



# Anas SpA

Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

## S.S. 131 di "Carlo Felice"

Adeguamento e messa in sicurezza della S.S.131  
 Risoluzione dei nodi critici – 1° stralcio  
 dal km 158+000 al km 162+700

PROGETTO ESECUTIVO

CA283

PROGETTAZIONE: ANAS–Direzione Progettazione e Realizzazione Lavori

PROGETTISTI:

Dott. Ing. Achille DEVITOFRANCESCHI    Dott. Ing. Alessandro MICHELI  
 Ordine Ing. di Roma n. 19116            Ordine Ing. di Roma n. 19645

IL GEOLOGO

Dott. Geol. Serena MAJETTA  
 Ordine Geol. Lazio n. 928

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. Fabio QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Salvatore FRASCA

PROTOCOLLO

DATA

### OPERE D'ARTE SVINCOLO DI BONORVA SUD CAVALCAVIA AL km 0+941.500 DELLA S.S.131

RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

CODICE PROGETTO

PROGETTO            LIV. PROG.            N. PROG.

LOPLSP    E    1501

NOME FILE

T00\_CV01\_STR\_RE01\_A.docx

CODICE ELAB. T00CV01STRRE01

REVISIONE

A

SCALA:

—

D

C

B

A

REV.

DESCRIZIONE

DATA

REDATTO

VERIFICATO

APPROVATO



<b>INDICE</b>		<b>Pagina</b>
<b>1</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA</b>	<b>4</b>
1.1	DESCRIZIONE DELL'OPERA	4
<b>2</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E METODI DI CALCOLO</b>	<b>8</b>
3.1	MATERIALI IMPALCATO IN ACCIAIO – CALCESTRUZZO	8
3.1.1	Calcestruzzo	8
3.1.2	Acciaio	8
3.2	MATERIALI SOTTOSTRUTTURE	8
3.2.1	Calcestruzzo	8
3.2.2	Acciaio	8
3.3	VERIFICHE ALLO SLU (DM2008)	9
3.3.1	Calcestruzzi (NTC par.4.1.2.1.1.1)	9
3.3.2	Acciaio in barre (NTC par.4.1.2.1.1.3)	9
3.3.3	Acciaio da carpenteria (NTC par.4.2.4.1.1)	9
3.4	VERIFICHE ALLO SLE (DM2008)	10
3.4.1	Calcestruzzi	10
3.4.2	Acciaio in barre (NTC par.4.1.2.2.5.2)	10
<b>4</b>	<b>ANALISI DEI CARICHI</b>	<b>11</b>
4.1	PESI PROPRI	11
4.2	CARICHI PERMANENTI	11
4.3	RITIRO E VISCOSITA' CALCESTRUZZO	11
4.4	VARIAZIONI TERMICHE	12
4.5	SOVRACCARICHI ACCIDENTALI	12
4.6	FRENATURA	13
4.7	AZIONE CENTRIFUGA	13
4.8	AZIONE DEL VENTO	14
4.9	URTO SULLA BARRIERA SICURVIA	15
4.10	AZIONE SISMICA	15
4.10.1	Parametri azione sismica	15
4.10.2	Risultati analisi modale	18
4.11	COMBINAZIONI DI CARICO	22
4.11.1	Impalcato	22
4.11.2	Spalle	25
<b>5</b>	<b>MODELLO NUMERICO</b>	<b>27</b>

5.1	DESCRIZIONE	27
5.2	SOLLECITAZIONI ELEMENTARI	30
<b>6</b>	<b>VERIFICA IMPALCATO</b>	<b>36</b>
6.1	DESCRIZIONE DELLE SEZIONI E DEI CONCI	36
6.2	CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI LORDE	39
6.2.1	Elemento T1- Sezione di appoggio spalla	40
6.2.2	Elemento T5- Sezione di giunto S01-S02	41
6.2.3	Elemento T10- Sezione di giunto S02-S05	42
6.2.4	Elemento T12- Sezione di mezzeria campata	43
6.3	CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI	44
6.3.1	Elemento T1- Sezione di appoggio spalla	45
6.3.2	Elemento T5- Sezione di giunto S01-S02	50
6.3.3	Elemento T10- Sezione di giunto S02-S05	55
6.3.4	Elemento T12- Sezione di mezzeria campata	60
6.4	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	65
6.4.1	Verifica tensioni slu estradosso/intradosso piattabande travi principali	65
6.4.2	Verifica tensioni slu estradosso/intradosso anima travi principali	68
6.4.3	Verifiche a taglio travi principali	71
6.4.4	Verifica delle unioni saldate	75
6.4.5	Verifica irrigiditori trasversali	78
6.4.6	Verifica dei connettori	80
6.4.7	Verifiche armatura longitudinale della soletta	83
6.4.8	Verifiche calcestruzzo della soletta	86
6.5	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FATICA	89
6.6	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	93
6.6.1	Sollecitazioni, tensioni, scorrimenti e apertura fessure	93
6.6.2	Verifica delle tensioni sul calcestruzzo	110
6.6.3	Verifica dell'armatura longitudinale soletta	115
6.6.4	Verifica delle deformazioni	118
6.6.5	Calcolo delle contromonte	121
6.7	VERIFICA SOLETTA (EFFETTI LOCALI)	122
6.7.1	Verifica Predalle (Fase I)	122
6.7.2	Verifica Soletta (Fase II)	124
<b>7</b>	<b>APPARECCHI D'APPOGGIO E GIUNTI</b>	<b>156</b>
7.1	GIUNTI	156
7.1.1	Spostamenti dell'isolatore $\Delta L$ (sismica)	156
7.1.2	Variazione termica	156
7.1.3	Variabilità spaziale del moto	156
7.2	APPARECCHI D'APPOGGIO	159
<b>8</b>	<b>VERIFICA SPALLE</b>	<b>163</b>
8.1	SPALLA SP1	163
8.1.1	ANALISI DEI CARICHI	163
8.1.2	SOLLECITAZIONI RISULTANTI – VALORI CARATTERISTICI	173

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

---

8.1.3	SOLLECITAZIONI RISULTANTI – COMBINAZIONI – MURO FRONTALE	174
8.1.4	SOLLECITAZIONI RISULTANTI – COMBINAZIONI – PLINTO DI FONDAZIONE	175
8.1.5	VERIFICHE STRUTTURALI	176
8.1.6	VERIFICHE GEOTECNICHE	187
8.1.7	VERIFICHE MURI ANDATORI	188

## 1 DESCRIZIONE DELL'OPERA

Nella presente relazione si riportano i calcoli eseguiti sulle sottostrutture e sull'impalcato del cavalcavia del nuovo svincolo di Bonorva Sud al km 158+950 da realizzarsi nell'ambito dei lavori di adeguamento e messa in sicurezza della s.s. 131, risoluzione dei nodi critici 1° stralcio dal km 158+000 al km 162+700.

### 1.1 Descrizione dell'opera

Il tracciato si sviluppa planimetricamente in corrispondenza di un rettilineo mentre altimetricamente la livelletta si compone di un breve tratto a pendenza costante pari a e da un raccordo verticale di raggio 1300m.

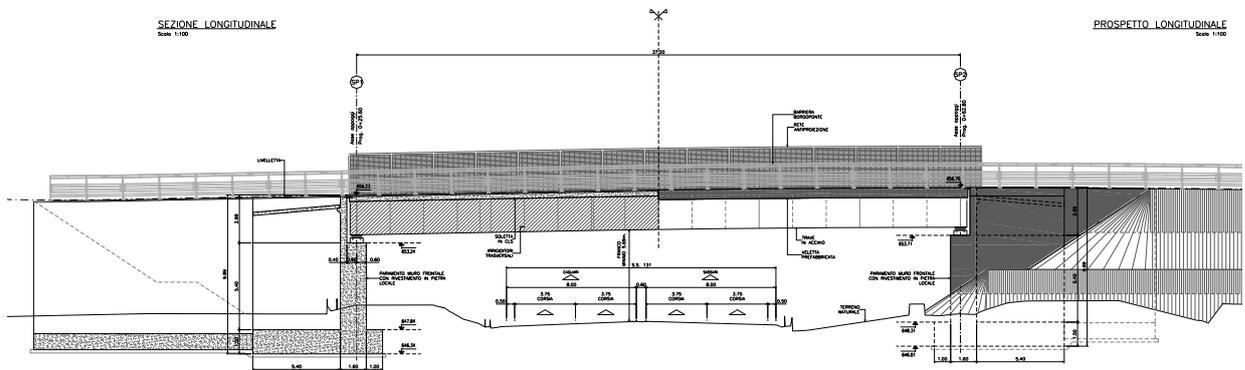


Figura 1: Profilo longitudinale del cavalcavia

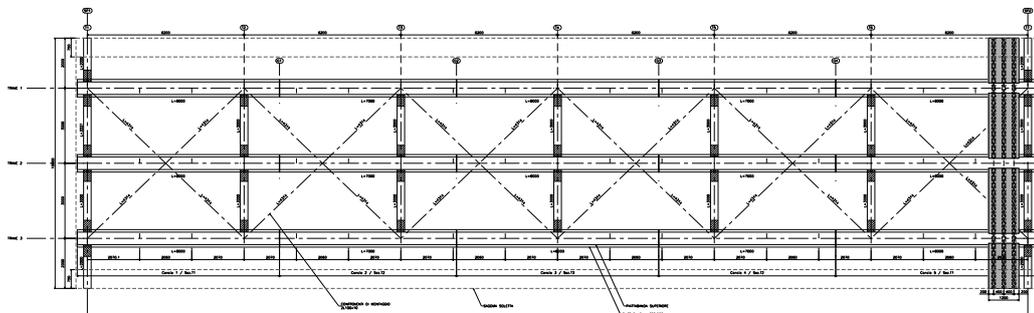


Figura 2: Pianta impalcato

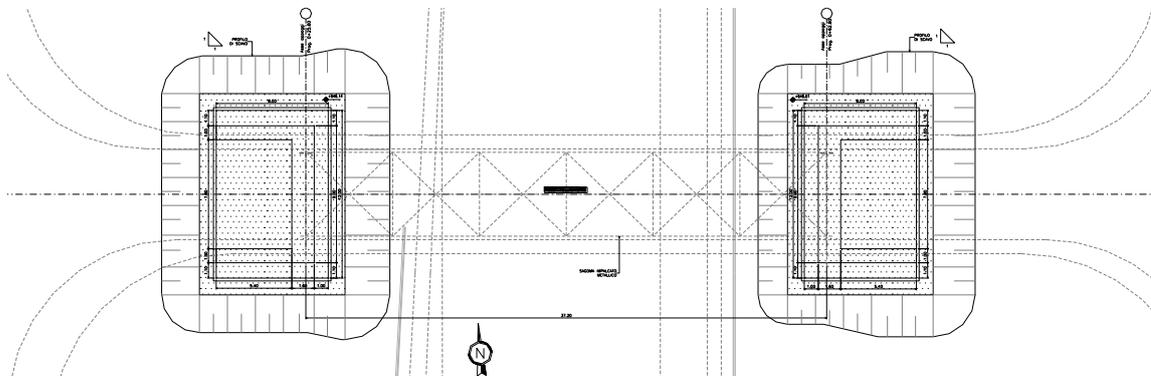


Figura 3: Pianta delle fondazioni

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 2.0m ad interasse di 3.0m. La ripartizione trasversale dei carichi sulle travi principali è resa possibile tramite traversi metallici a parete piena disposti ad interasse di 6.20m e realizzati con profili saldati a doppio T imbullonati alle nervature verticali delle travi stesse.

La soletta misura una larghezza pari a 10.0m di cui 8.50m costituiscono la sede stradale mentre due cordoli esterni di larghezza 75cm, che ospitano le barriere bordo ponte e una rete antiproiezione di 2.0m 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 30cm ed è realizzata con predalles prefabbricate autoportanti di spessore 7.0cm su cui viene successivamente eseguito il getto di completamento della soletta.

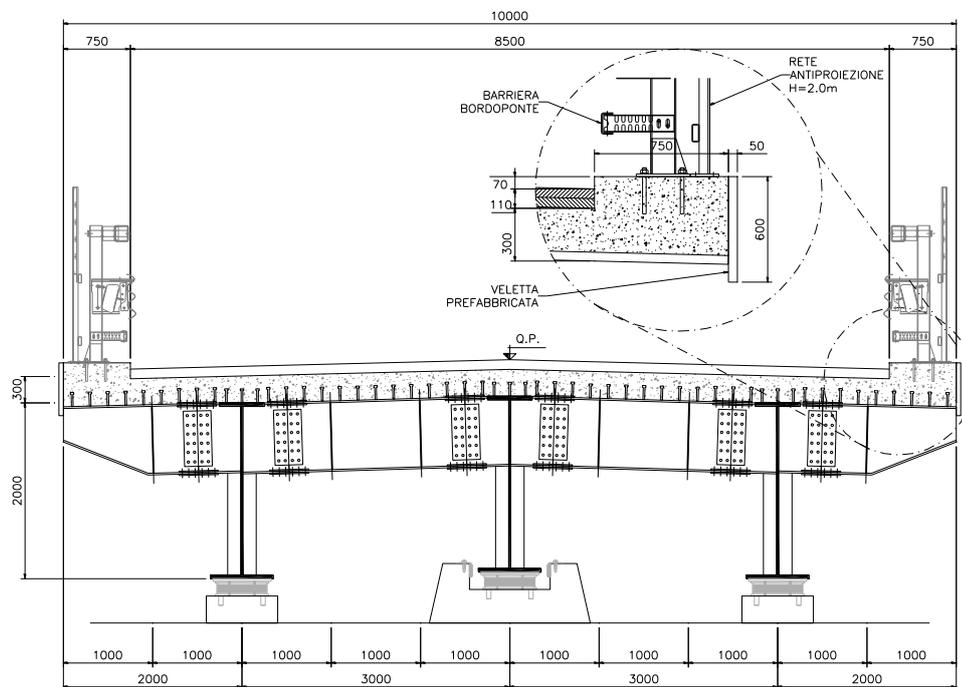


Figura 4: Sezione trasversale dell'impalcato

L'impalcato è vincolato alle sottostrutture mediante apparecchi di isolatori elastomerici.

Entrambe le spalle sono costituite da un muro paraghiaia di spessore pari a 0.40m e altezza massima pari a circa 3.0m, da un paramento frontale di spessore pari a 1.60m e altezza pari a 5.40m e da una zattera di fondazione di dimensioni in pianta 8.00m x 12.00m e altezza pari a 1.50m.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

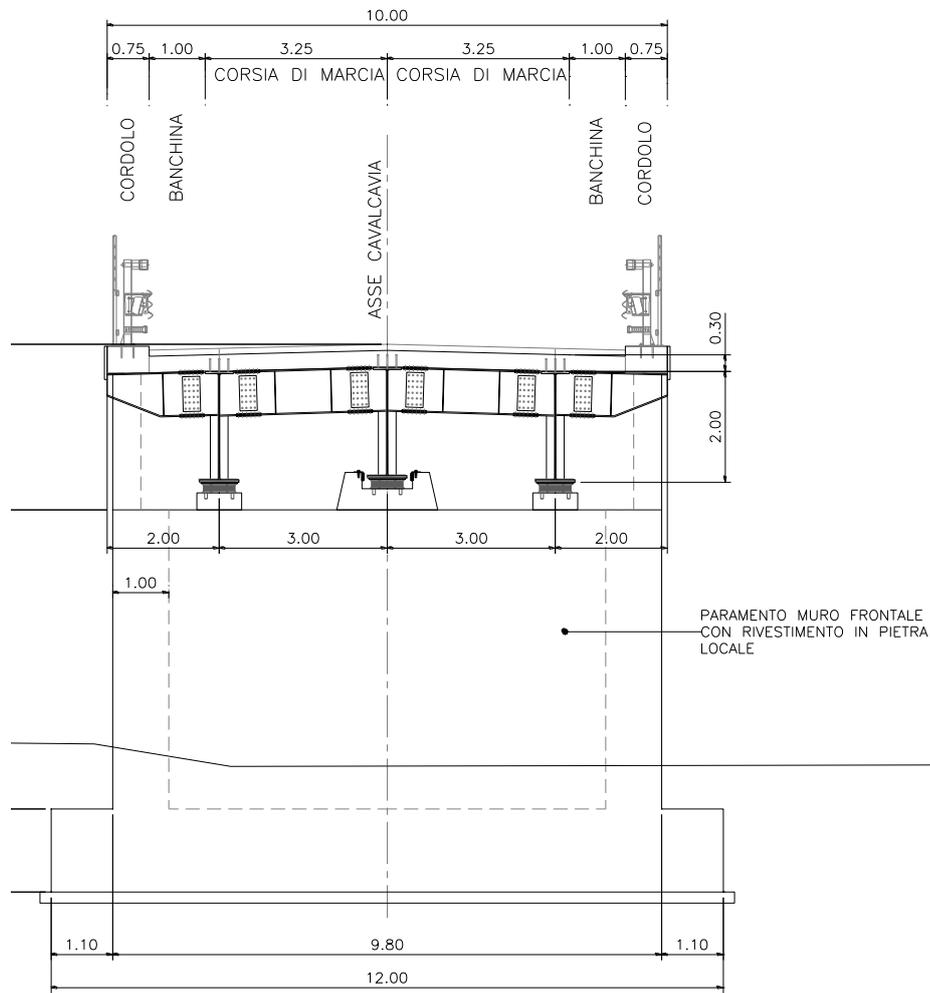


Figura 5: Sezione trasversale Spalla

## 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.
- Decreto Ministero Infrastrutture 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.
- Circolare Ministero Infrastrutture 02 febbraio.2009 n.617 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 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 travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante e procedure per il rilascio dell'autorizzazione all'impiego” riferito al punto 4.6 del DM 14.1.2008 Norme tecniche per le costruzioni, approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori pubblici, con voto n.116/2009.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI E METODI DI CALCOLO

#### 3.1 MATERIALI IMPALCATO IN ACCIAIO – CALCESTRUZZO

##### 3.1.1 Calcestruzzo

CLS per soletta	C 32/40
CLS per lastre prefabbricate	C 40/50

##### 3.1.2 Acciaio

Acciaio per armatura ordinaria	B450C	
Acciaio da carpenteria metallica	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 (D.M.14.1.2008).

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

#### 3.2 MATERIALI SOTTOSTRUTTURE

##### 3.2.1 Calcestruzzo

CLS per fondazioni spalle	C 25/30
CLS per elevazioni spalle	C 28/35

##### 3.2.2 Acciaio

Acciaio per armatura ordinaria	B450C
--------------------------------	-------

### 3.3 VERIFICHE ALLO SLU (DM2008)

#### 3.3.1 Calcestruzzi (NTC par.4.1.2.1.1.1)

$R_{ck}$  = Resistenza caratteristica cubica

$f_{ck}$  = Resistenza caratteristica cilindrica =  $R_{ck} \times 0.83$

$f_{cd}$  = Resistenza di calcolo cilindrica =  $\alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$

$\gamma_c$  = coefficiente di sicurezza = 1.5

TIPO CLS	$R_{ck}$ (Mpa)	$f_{ck}$ (Mpa)	$f_{cd}$ (Mpa)
Calcestruzzo C 25/30	30.0	25.00	14.44
Calcestruzzo C 28/35	35.0	28.00	16.46
Calcestruzzo C 32/40	40.0	32.00	18.81

#### 3.3.2 Acciaio in barre (NTC par.4.1.2.1.1.3)

$f_{yk}$  = Tensione caratteristica di snervamento = 450 Mpa

$f_{yd}$  = Resistenza di calcolo =  $f_{yk} / \gamma_s = 391.3$  Mpa

$\gamma_s$  = coefficiente di sicurezza = 1.15

#### 3.3.3 Acciaio da carpenteria (NTC par.4.2.4.1.1)

Per spessori  $t \leq 40$  mm

$f_{yk}$  = Tensione caratteristica di snervamento = 355 Mpa

$f_{yd}$  = Resistenza di calcolo =  $f_{yk} / \gamma_s = 338.1$  Mpa

$\gamma_s$  = coefficiente di sicurezza = 1.05 (Controllo tensionale)

Per spessori  $t > 40$  mm

$f_{yk}$  = Tensione caratteristica di snervamento = 335 Mpa

$f_{yd}$  = Resistenza di calcolo =  $f_{yk} / \gamma_s = 319.0$  Mpa

$\gamma_s$  = coefficiente di sicurezza = 1.05

### 3.4 VERIFICHE ALLO SLE (DM2008)

#### 3.4.1 Calcestruzzi

##### 3.4.1.1 *Verifica a Fessurazione (NTC par.4.1.2.2.4)*

(ambiente aggressivo)	QP	→ $W_k \leq 0.2\text{mm}$
	FR	→ $W_k \leq 0.3\text{mm}$
(ambiente ordinario)	QP	→ $W_k \leq 0.3\text{mm}$
	FR	→ $W_k \leq 0.4\text{mm}$

##### 3.4.1.2 *Verifica delle tensioni di esercizio (NTC par.4.1.2.2.5)*

La tensione massima del calcestruzzo deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_{cj} \leq 0.60 f_{ckj}$	(combinazione rara)
$\sigma_{cj} \leq 0.45 f_{ckj}$	(combinazione quasi permanente)

#### 3.4.2 Acciaio in barre (NTC par.4.1.2.2.5.2)

La tensione massima nell'acciaio deve rispettare la limitazione seguente:

$\sigma_a \leq 0.80 f_{yk} = 360.0 \text{ Mpa}$	(combinazione rara)
---	---------------------

## 4 ANALISI DEI CARICHI

### 4.1 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  $2.20 \text{ kN/mq}$ .

### 4.2 CARICHI PERMANENTI

Larghezza piattaforma	10.00 m
Larghezza cordolo SX	0.75 m
Larghezza cordolo DX	0.75 m
Larghezza pavimentato	8.50 m
Spessore soletta	0.30 m
Altezza cordolo oltre estradosso soletta	0.18 m
Pavimentazione	3.0 kN/mq
Arredi di margine	3.0 kN/ml

TIPOLOGIA CARICO	IMPALCATO B = 10.00 m		TRAVE
	kN/mq	kN/ml	kN/ml
G1 - Peso proprio travi e trasversi	2.20	22.00	7.33
G1 - Peso soletta	7.50	75.00	25.00
G2 – Permanenti portati - Pavimentazione	2.55	25.50	8.50
G2 – Permanenti portati - Cordoli	0.675	6.75	2.25
G2 – Permanenti portati - Velette, barriere e reti	0.8	8.00	2.67
<b>SOMMA PESI PROPRI E PERMANENTI PORTATI</b>	<b>13.73</b>	<b>137.25</b>	<b>45.75</b>

### 4.3 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 SVINCOLO BONORVA SUD

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:

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

dove:

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

$\epsilon_{od}$  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:

$$\epsilon_{od\infty} = k_1 \cdot \epsilon_{c0} \quad \epsilon_{c0} = -0.030 \quad \%$$

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

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

Umidità relativa = 75 %

Dimensione fittizia  $h_0 = 2 A_c / u =$   $A_c =$  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:

$$\epsilon_{ca\infty} = -2.5 (f_{ck} - 10) 10^{-6} = -0.0055 \quad \%$$

X = 0.8 Riduzione per additivi 100%

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

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

dove:

$$E_{rid} = E_{cm} / (1 + \chi \phi) = 13352 \text{ Mpa}$$

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.

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in)			
	Umidità Relativa (in %)			
	20	40	60	80
20	-0.62	-0.58	-0.49	-0.30
40	-0.48	-0.46	-0.38	-0.24
60	-0.38	-0.36	-0.30	-0.19
80	-0.30	-0.28	-0.24	-0.15

Tabella 11.2.Vb - Valori di  $k_1$

	$B_{sol}$ (m)	$A_c$ (m)	u (m)	$h_0$ (mm)	$k_1$ (m)	$\epsilon_{od}$ (%)	$\epsilon_{ca}$ (%)	$\epsilon_{cs}$ (%)	$\phi$	N (KN)	$N_{tr}$ (KN)	$M_{tr}$ (KNm)
<b>Camp.1 SA-SB</b>	10.00	3.00	15.60	385	0.729	-0.0222	-0.0055	-0.0277	1.872	-11078	-3693	-554

#### 4.4 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  $\pm 30^\circ\text{C}$ .

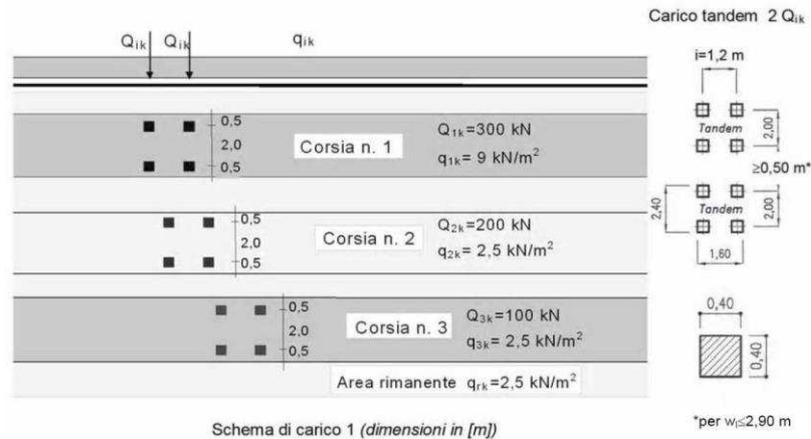
#### 4.5 SOVRACCARICHI ACCIDENTALI

L'analisi dei carichi mobili viene effettuata in accordo alle indicazioni del decreto ministeriale del 14 gennaio 2008 – "Approvazione delle nuove norme tecniche delle costruzioni".

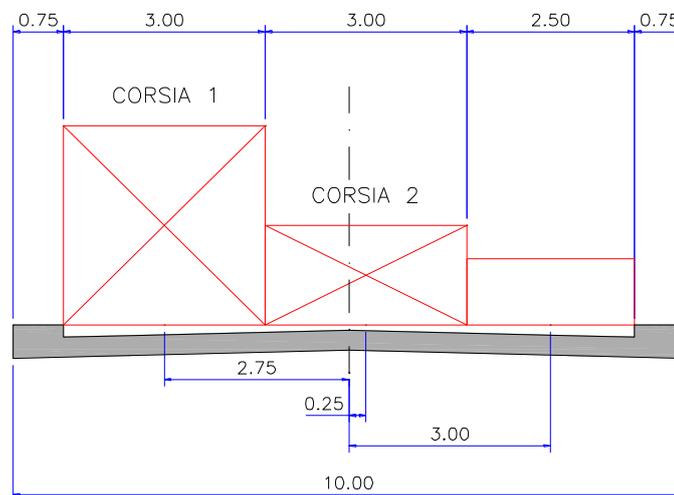
La sede stradale è composta da una carreggiata di larghezza media pari a 8.50m e da due cordoli laterali di sostegno delle barriere. La larghezza delle corsie convenzionali è pari a 3.00 m, per un totale di tre corsie e una zona rimanente di larghezza pari a  $8.50 - 2 \times 3.0 = 2.50$  m, disposte 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  $Q_{1k}$  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  $Q_{2k}$ ) e 2.5 kN/m<sup>2</sup> (carico ripartito  $q_{2k}$ );
- zona rimanente, occupata da una colonna di carico  $q_{Rk} = 2.5$  kN/m<sup>2</sup> nella zona di carreggiata non impegnata dai carichi precedenti.



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.



#### 4.6 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:

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

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

#### 4.7 AZIONE CENTRIFUGA

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

## 4.8 AZIONE DEL VENTO

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

#### CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD

REGIONE

SARDEGNA OCCIDENTALE

ZONA  
6



Quota sul livello del mare (m)

$a_s = 650.00$

Coefficiente di Topografia

$c_t = 1$

Classe di rugosità

D

Categoria di esposizione

II

Periodo di ritorno  $TR = 50$  anni

Parametri della velocità del vento legati alla regione:

$v_{b,0} = 28$  m/s  $a_0 = 500$  m  $k_a = 0.02$  1/s

Velocità di riferimento ( $TR=50$ )  $v_b(T_R=50) = 31.00$  m/s  $\alpha_R = 1.000$  ( )

**Velocità di riferimento (TR)**

$v_b(T_R) = 31.00$  m/s

**Pressione cinetica di riferimento**

$q_b = 600.63$  N/m<sup>2</sup>

$\rho_{aria} = 1.25$  kg/m<sup>3</sup>

Valutata la pressione cinetica di riferimento  $q_b$ , si ricava la pressione del vento alla quota  $z$  (altezza dal suolo).

$$p_f(z) = q_b c_e(z) c_f c_p$$

dove:

$c_p$  = Coefficiente di forma  $\tau = 1.000$   $\Theta(H < 40m) = 1$   $\xi = 1.3(T_s - 0.1T_s^2) = 1.170$

essendo l'effetto dei fenomeni dinamici  $> 1$ , si pone

$c_d$  = Coefficiente dinamico = 1.000

$c_e(z)$  = Coefficiente di esposizione =  $k_r^2 c_t \ln(z/z_0)(7 + c_t \ln(z/z_0))$  per  $z > z_{min}$

$c_e(z) = c_e(z_{min})$  per  $z < z_{min}$

con:  $k_r = 0.19$   $z_0 = 0.05$  m  $z_{min} = 4$  m

assunto  $q_b = 600.63$  N/m<sup>2</sup>  $q_d = 1.00$   $c_p = 1.0$

$z_{bar}$ (m)	$c_e(z)$	KN/mq
10.00	2.352	1.413

-----> Pressione di calcolo

Si tiene conto di una pressione del vento pari a 1.413 kN/mq, applicato su tutte le superfici e su un'impronta di carico di 3.0m al disopra del piano stradale.

#### 4.9 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.

#### 4.10 AZIONE SISMICA

##### 4.10.1 Parametri azione sismica

L'azione sismica è valutata con riferimento alle indicazioni del Decreto Ministeriale del 14.01.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", nel seguito brevemente NTC2008.

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  $V_R = V_N \cdot C_U = 100$  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,  $T_D = 4.0 \cdot a_g/g + 1.6$ .

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

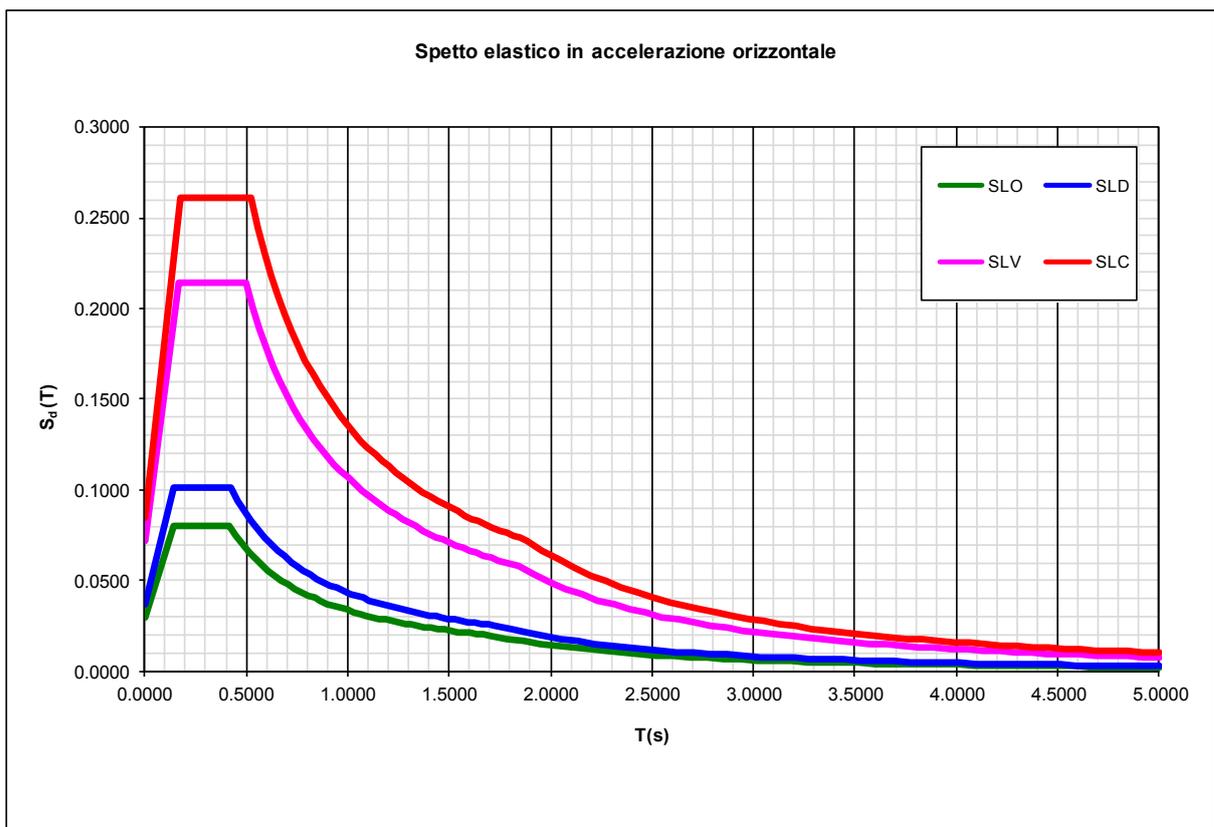


Figura 7: Spettri elastici utilizzati nell'analisi

TABELLA 2 NTC2008 (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

			$Pv_R$	$T_R$
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

#### 4.10.2 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	98.8844
MODALE	Acceleration	UY	100	98.9438
MODALE	Acceleration	UZ	99.9989	97.3208

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	0.894328	1.1182	7.0256	49.359
MODALE	Mode	2	0.886428	1.1281	7.0882	50.243
MODALE	Mode	3	0.523009	1.912	12.014	144.32
MODALE	Mode	4	0.353223	2.8311	17.788	316.42
MODALE	Mode	5	0.249488	4.0082	25.184	634.25
MODALE	Mode	6	0.101191	9.8823	62.092	3855.4
MODALE	Mode	7	0.086776	11.524	72.407	5242.8
MODALE	Mode	8	0.05335	18.744	117.77	13871
MODALE	Mode	9	0.051541	19.402	121.91	14861
MODALE	Mode	10	0.046267	21.614	135.8	18443
MODALE	Mode	11	0.035833	27.907	175.35	30747
MODALE	Mode	12	0.032821	30.468	191.44	36648
MODALE	Mode	13	0.030223	33.087	207.89	43219
MODALE	Mode	14	0.030168	33.148	208.27	43378
MODALE	Mode	15	0.025278	39.561	248.57	61786
MODALE	Mode	16	0.024887	40.182	252.47	63742
MODALE	Mode	17	0.024392	40.997	257.59	66352
MODALE	Mode	18	0.023169	43.161	271.19	73544
MODALE	Mode	19	0.022166	45.114	283.46	80349
MODALE	Mode	20	0.020378	49.072	308.33	95065

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

TABLE: Modal Participation Factors									
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	RX	RY	RZ
Text	Text	Unitless	Sec	KN-s2	KN-s2	KN-s2	KN-m-s2	KN-m-s2	KN-m-s2
MODALE	Mode	1	0.894328	6.428E-10	-22.695542	-4.389E-11	-0.446451	6.563E-10	-422.209176
MODALE	Mode	2	0.886428	22.694927	6.38E-10	0.000617	-3.263E-11	-1.345993	1.228E-08
MODALE	Mode	3	0.523009	-9.778E-12	0.006079	1.584E-12	-0.005014	-3.521E-11	-250.253399
MODALE	Mode	4	0.353223	-0.000589	-3.475E-11	20.444257	-5.105E-11	-381.162743	-1.461E-10
MODALE	Mode	5	0.249488	7.781E-12	-0.01446	7.125E-10	52.130366	-1.181E-08	-0.295012
MODALE	Mode	6	0.101191	0.053641	-7.964E-09	-0.070435	-1.072E-08	-189.266022	-4.325E-08
MODALE	Mode	7	0.086776	6.361E-09	0.001186	-9.092E-09	-0.016997	-1.067E-07	0.420151
MODALE	Mode	8	0.05335	-2.403E-07	-0.082268	-0.000001409	-4.59985	0.000018	-1.653841
MODALE	Mode	9	0.051541	-0.001358	8.937E-08	6.57895	7.015E-08	-120.54173	8.623E-07
MODALE	Mode	10	0.046267	-1.528E-07	-0.093693	-4.514E-07	16.206626	0.000003365	-1.887502
MODALE	Mode	11	0.035833	0.006224	2.897E-07	0.089426	7.916E-07	-1.971853	9.976E-07
MODALE	Mode	12	0.032821	0.156064	-0.000001855	0.023749	-0.000001834	-89.864291	-0.000023
MODALE	Mode	13	0.030223	8.765E-07	0.019033	-3.432E-07	-0.01497	0.000013	4.22365
MODALE	Mode	14	0.030168	-0.241684	-0.00000104	0.041662	-0.000001353	-2.626407	-0.000008779
MODALE	Mode	15	0.025278	-0.025593	-8.727E-08	-0.471462	3.821E-07	9.514323	-0.000013
MODALE	Mode	16	0.024887	1.529E-07	-0.000262	8.795E-07	0.09557	-0.000013	7.175109
MODALE	Mode	17	0.024392	0.013442	4.88E-08	3.318167	0.00000211	-65.567938	0.000018
MODALE	Mode	18	0.023169	0.005011	2.16E-08	-2.284515	0.000002055	40.42415	-0.000004819
MODALE	Mode	19	0.022166	6.671E-07	-0.587198	0.000000524	9.94708	0.000024	-12.521619
MODALE	Mode	20	0.020378	0.457276	-1.485E-07	-0.033365	0.000004708	1.276404	0.000007645

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

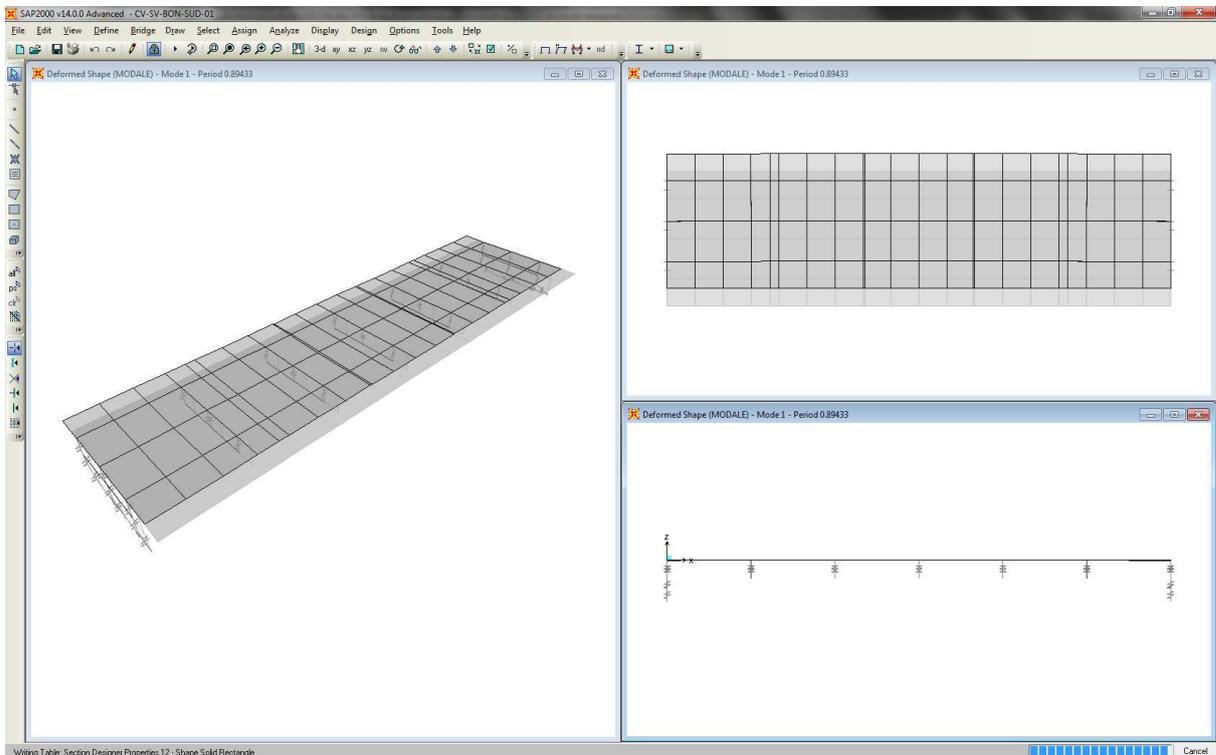


Figura 8: Deformata modale modo n°1

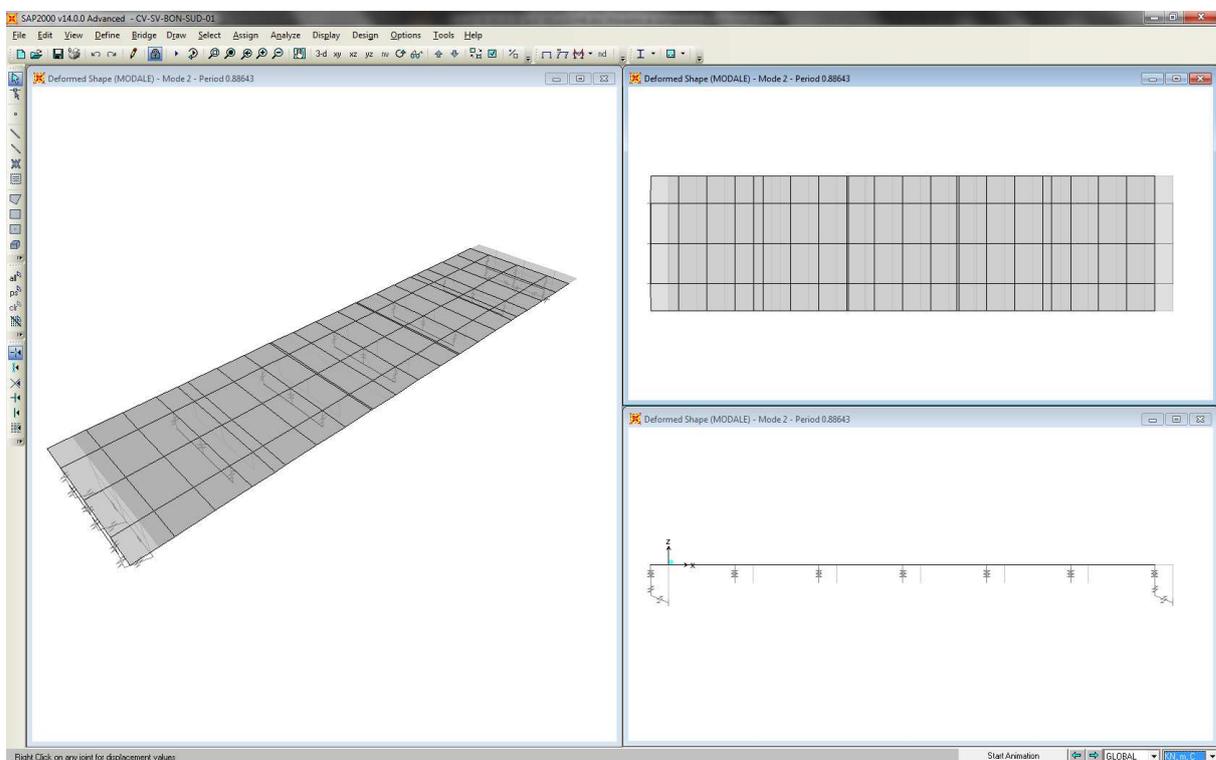


Figura 9: Deformata modale modo n°2

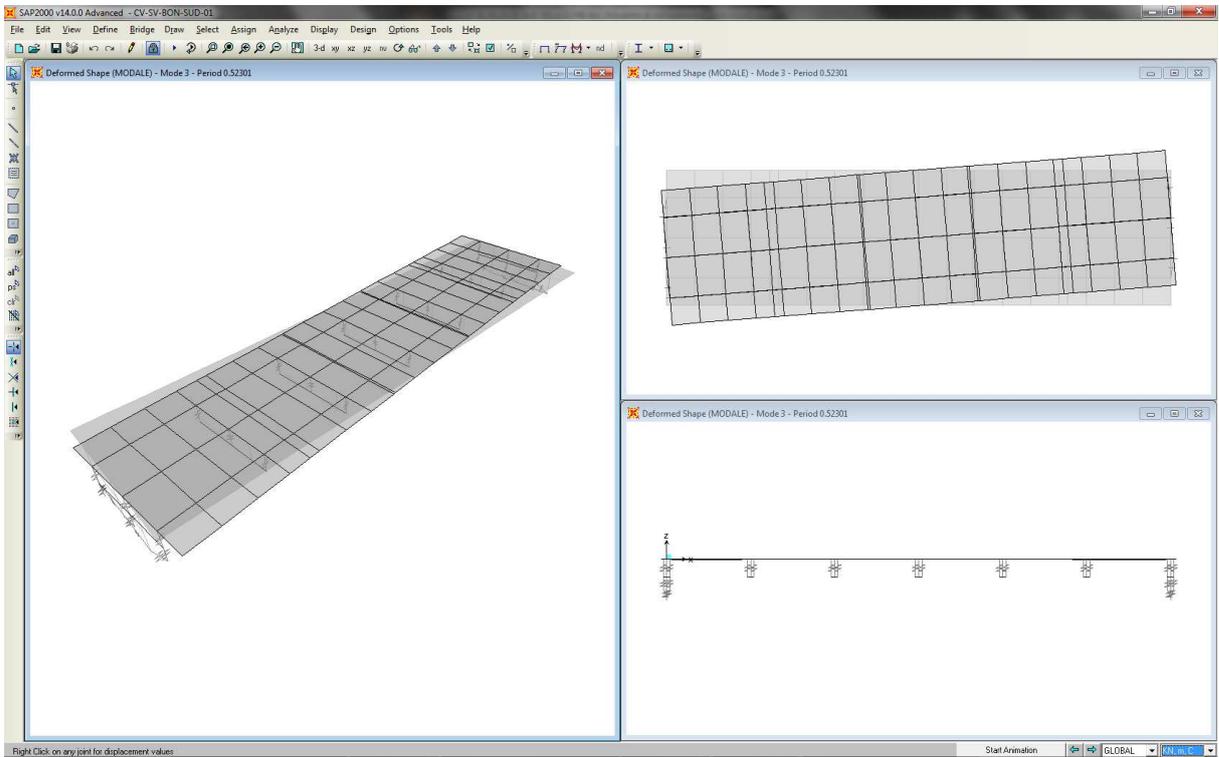


Figura 10: Deformata modale modo n°3

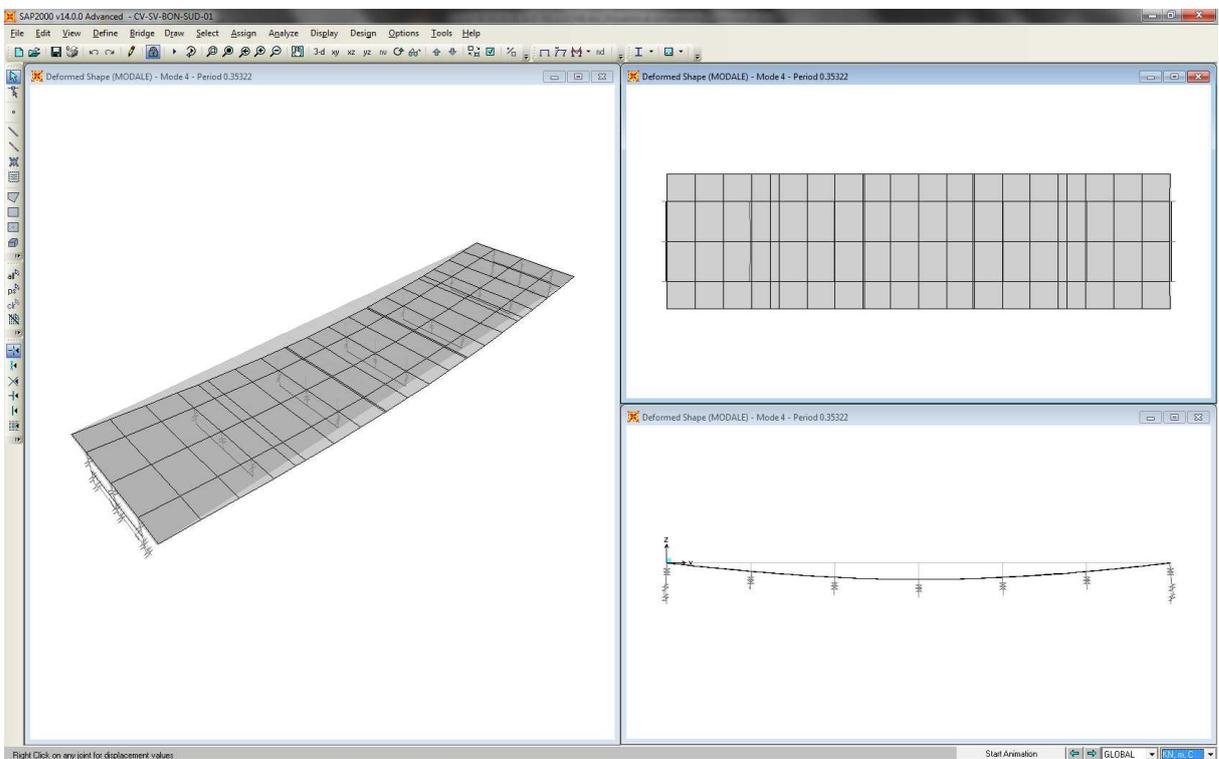


Figura 11: Deformata modale modo n°4

#### 4.11 COMBINAZIONI DI CARICO

Le condizioni di carico di cui ai paragrafi precedenti sono state combinate secondo quanto indicato dalle norme tecniche sulle costruzioni NTC2008.

##### 4.11.1 Impalcato

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

COD	40	CC1	CC2	CC3	CC4	CC5	CC6	CC7	CC8	CC9	CC10	CC11	CC12
1	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
2	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
3	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
4	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
5	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
6	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
7	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
8	Q1-MOBILI-KK	1.35				1.35				1.35			
9	Q1-MOBILI-KK		1.35				1.35				1.35		
10	Q1-MOBILI-KK			1.35				1.35				1.35	
11	Q1-MOBILI-KK				1.35				1.35				1.35
12	Q1-MOBILI-FQ	0.00				0.00				0.00			
13	Q1-MOBILI-FQ		0.00				0.00				0.00		
14	Q1-MOBILI-FQ			0.00				0.00				0.00	
15	Q1-MOBILI-FQ				0.00				0.00				0.00
16	Q1-MOBILI-FT	0.00				0.00				0.00			
17	Q1-MOBILI-FT		0.00				0.00				0.00		
18	Q1-MOBILI-FT			0.00				0.00				0.00	
19	Q1-MOBILI-FT				0.00				0.00				0.00
20	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
21	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
22	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
23	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
24	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

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COD	40	CC13	CC14	CC15	CC16	CC17	CC18	CC19	CC20	CC21	CC22	CC23	CC24
1	G1-ACCIAIO	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	G1-SOLETTA	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	G2-PERMANENTI	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4	E1-DISTORSIONI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
5	E2-RITIRO	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
6	E3-TERMICA	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	0.60	0.60	0.60	0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60
7	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
8	Q1-MOBILI-KK	1.35				1.00				1.00			
9	Q1-MOBILI-KK		1.35				1.00				1.00		
10	Q1-MOBILI-KK			1.35				1.00				1.00	
11	Q1-MOBILI-KK				1.35				1.00				1.00
12	Q1-MOBILI-FQ	0.00				0.00				0.00			
13	Q1-MOBILI-FQ		0.00				0.00				0.00		
14	Q1-MOBILI-FQ			0.00				0.00				0.00	
15	Q1-MOBILI-FQ				0.00				0.00				0.00
16	Q1-MOBILI-FT	0.00				0.00				0.00			
17	Q1-MOBILI-FT		0.00				0.00				0.00		
18	Q1-MOBILI-FT			0.00				0.00				0.00	
19	Q1-MOBILI-FT				0.00				0.00				0.00
20	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
21	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
22	Q5-VENTO-C	-0.90	-0.90	-0.90	-0.90	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60
23	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
24	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

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

COD	40	CC25	CC26	CC27	CC28	CC29	CC30	CC31	CC32	CC33	CC34	CC35	CC36
1	G1-ACCIAIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
2	G1-SOLETTA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
3	G2-PERMANENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
4	E1-DISTORSIONI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
5	E2-RITIRO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
6	E3-TERMICA	0.50	0.50	0.50	0.50	-0.50	-0.50	-0.50	-0.50	0.50	-0.50	0.00	0.00
7	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
8	Q1-MOBILI-KK	0.00				0.00				0.00	0.00	0.00	
9	Q1-MOBILI-KK		0.00				0.00						0.00
10	Q1-MOBILI-KK			0.00				0.00					
11	Q1-MOBILI-KK				0.00				0.00				
12	Q1-MOBILI-FQ	1.00				1.00				0.00	0.00	0.00	
13	Q1-MOBILI-FQ		1.00				1.00						0.00
14	Q1-MOBILI-FQ			1.00				1.00					
15	Q1-MOBILI-FQ				1.00				1.00				
16	Q1-MOBILI-FT	0.00				0.00				0.00	0.00	1.00	
17	Q1-MOBILI-FT		0.00				0.00						1.00
18	Q1-MOBILI-FT			0.00				0.00					
19	Q1-MOBILI-FT				0.00				0.00				
20	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
21	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
22	Q5-VENTO-C	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	-0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
23	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
24	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

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.

#### 4.11.2 Spalle

Le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite di esercizio (deformazioni, controllo tensionale e fessurazione) sono le seguenti:

COND	SLE_COMBINAZIONE CARATTERISTICA (RARA)							SLE_FREQUENTE E QUASI PERMANENTE			
	SLE_R_P	SLE_T	SLE_R_VS	SLE_R_VC	SLE_R_1	SLE_R_2a	SLE_R_2b	SLE_F_P	SLE_F_VS	SLE_F_VC	SLE_F_1
G1-PESO ACCIAIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-PESO SOLETTA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-PESO PILE E SPALLE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-CARICHI PERMANENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E1-DISTORSIONI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2-RITIRO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E3-TERMICA UNIFORME/DIFF		1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60		0.50	0.50	0.50
E4-CEDIMENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1-MOBILI-Val. caratteristici					1.00						
Q1-MOBILI-Val. frequenti				1.00		1.00	1.00				1.00
Q3-FRENATURA						1.00					
Q4-CENTRIFUGA							1.00				
Q5-VENTO Impalcato scarico			1.00						0.20		
Q5-VENTO Impalcato carico				1.00	0.60	0.60	0.60			0.20	
Q6-SISMA dir. Longitudinale											
Q6-SISMA dir. Trasversale											
Q6-SISMA dir. Verticale											
Peso spalla	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso rinterro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta del terreno	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Accidentale su spalla				1.00	1.00	1.00	1.00				1.00
Frenatura su spalla						1.00					
Spinta terreno in fase sismica											
Sovraspinta sismica spalla L											
Sovraspinta sismica spalla T											
Sovraspinta sismica spalla V											
Sovraspinta sismica rint L											
Sovraspinta sismica rint T											
Sovraspinta sismica rint V											

Le combinazioni utilizzate per le verifiche allo stato limite ultimo (Controllo di resistenza allo SLU) sono le seguenti:

COND	SLU_STR							SLU_SISMICA					
	SLU_P	SLU_T	SLU_VS	SLU_VC	SLU_1	SLU_2a	SLU_2b	SLU_SL1	SLU_SL2	SLU_ST1	SLU_ST2	SLU_V1	SLU_V2
G1-PESO ACCIAIO	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-PESO SOLETTA	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-PESO PILE E SPALLE	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-CARICHI PERMANENTI	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E1-DISTORSIONI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2-RITIRO	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E3-TERMICA UNIFORME/DIFF		1.20	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
E4-CEDIMENTI	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1-MOBILI-Val. caratteristici					1.35								
Q1-MOBILI-Val. frequenti				1.35		1.35	1.35						
Q3-FRENATURA						1.35							
Q4-CENTRIFUGA							1.35						
Q5-VENTO Impalcato scarico			1.50										
Q5-VENTO Impalcato carico				1.50	0.90	0.90	0.90						
Q6-SISMA dir. Longitudinale								1.00	-1.00	0.30	-0.30	0.30	-0.30
Q6-SISMA dir. Trasversale								0.30	-0.30	1.00	-1.00	0.30	-0.30
Q6-SISMA dir. Verticale								0.30	-0.30	0.30	-0.30	1.00	-1.00
Peso spalla	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso rinterro	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta del terreno	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Accidentale su spalla				1.35	1.35	1.35	1.35						
Frenatura su spalla						1.35							
Spinta terreno in fase sismica								1.00		1.00		1.00	
Sovraspinta sismica spalla L								1.00	-1.00	0.30	-0.30	0.30	-0.30
Sovraspinta sismica spalla T								0.30	-0.30	1.00	-1.00	0.30	-0.30
Sovraspinta sismica spalla V								0.30	-0.30	0.30	-0.30	1.00	-1.00
Sovraspinta sismica rint L								1.00		0.30		0.30	
Sovraspinta sismica rint T								0.30	-0.30	1.00	-1.00	0.30	-0.30
Sovraspinta sismica rint V								0.30	-0.30	0.30	-0.30	1.00	-1.00

Le combinazioni utilizzate per le verifiche geotecniche sono le seguenti:

COND	SLU_GEO						
	SLU_G_P	SLU_T	SLU_G_VS	SLU_G_VC	SLU_G_1	SLU_G_2a	SLU_G_2b
G1-PESO ACCIAIO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-PESO SOLETTA	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G1-PESO PILE E SPALLE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
G2-CARICHI PERMANENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E1-DISTORSIONI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2-RITIRO	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E3-TERMICA UNIFORME/DIFF		1.00	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
E4-CEDIMENTI	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Q1-MOBILI-Val. caratteristici					1.15		
Q1-MOBILI-Val. frequenti				1.15		1.15	1.15
Q3-FRENATURA						1.15	
Q4-CENTRIFUGA							1.15
Q5-VENTO Impalcato scarico			1.30				
Q5-VENTO Impalcato carico				1.30	0.78	0.78	0.78
Q6-SISMA dir. Longitudinale							
Q6-SISMA dir. Trasversale							
Q6-SISMA dir. Verticale							
Peso spalla	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Peso rinterro	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Spinta del terreno	1.20	1.20	1.20	1.20	1.00	1.00	1.00
Accidentale su spalla				1.38	1.38	1.38	1.38
Frenatura su spalla						1.15	
Spinta terreno in fase sismica							
Sovraspinta sismica spalla L							
Sovraspinta sismica spalla T							
Sovraspinta sismica spalla V							
Sovraspinta sismica rint L							
Sovraspinta sismica rint T							
Sovraspinta sismica rint V							

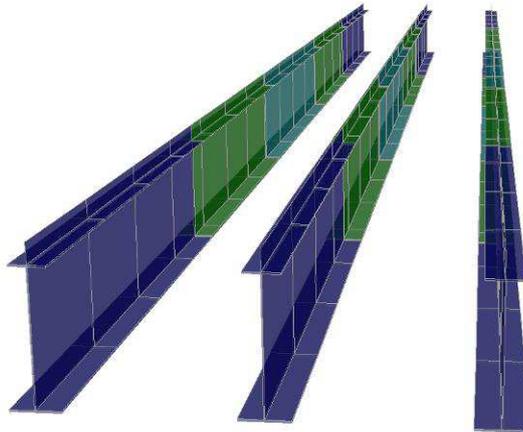
## 5 MODELLO NUMERICO

### 5.1 DESCRIZIONE

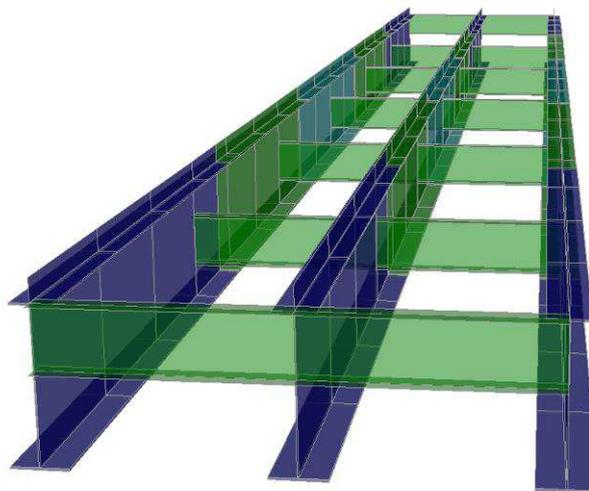
Per l'intera struttura è stato definito un modello numerico rappresentativo con il programma di calcolo agli elementi finiti "Sap2000" della Computer and Structures Inc.

I vari elementi costituenti il modello sono i seguenti:

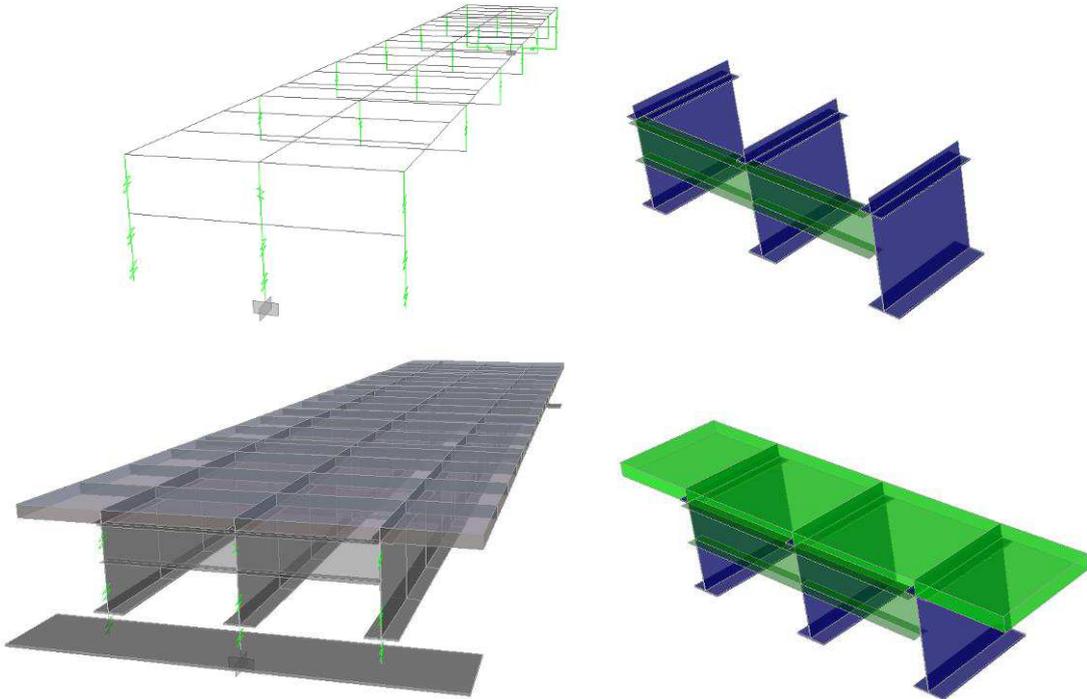
- Travi e soletta – Grigliato di aste costituite da elementi frame aventi l'inerzia delle sezioni costituita dalle travi d'acciaio e dalla soletta omogeneizzata. Su ciascuna asta sono stati assegnati i carichi precedentemente descritti e le linee di transito su cui muovono le azioni dovute al traffico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



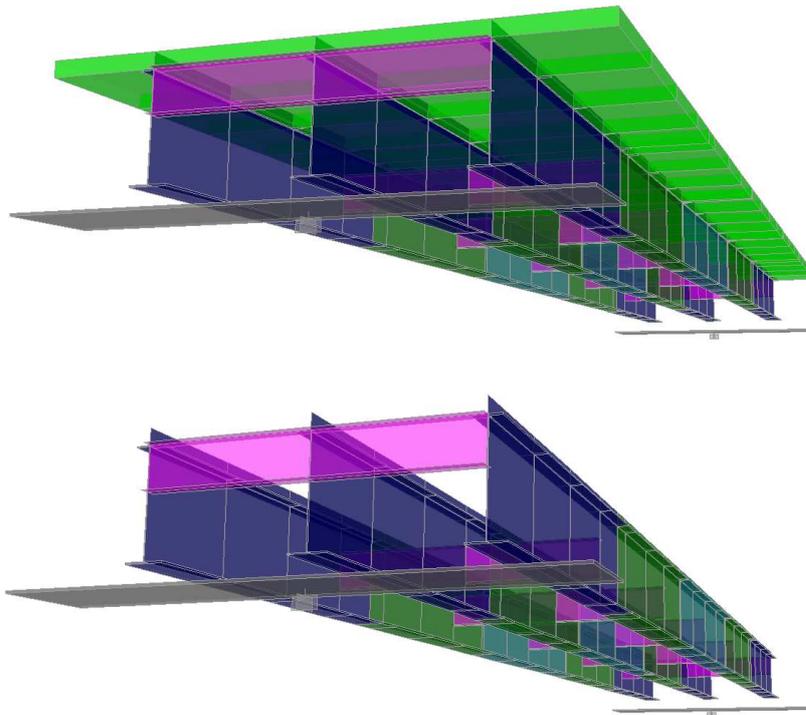
- Diaframmi – Aste continue costituite da elementi frame aventi le caratteristiche inerziali dei profilati a parete piena costituenti i diaframmi.



- 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.



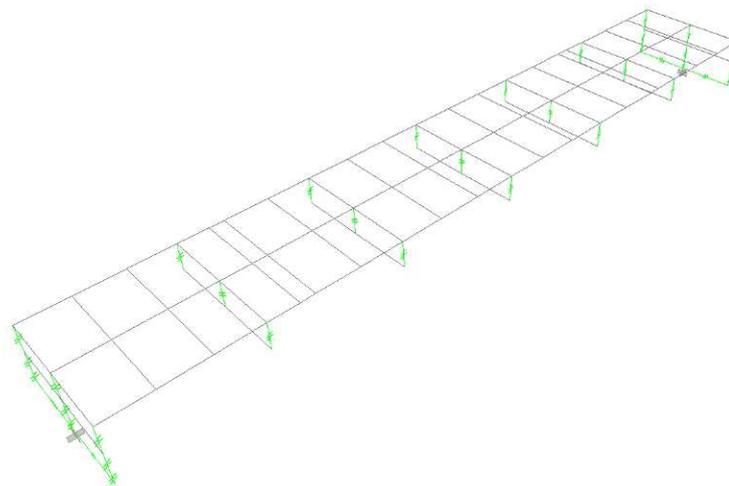
- Appoggi – Sono schematizzati con elementi link di rigidezza pari a 4330 KN/m. I link sono collegati alle travi e al piano appoggi mediante elementi rigidi.
- Spalle – costituiscono un semplice vincolo d'appoggio per l'intero modello



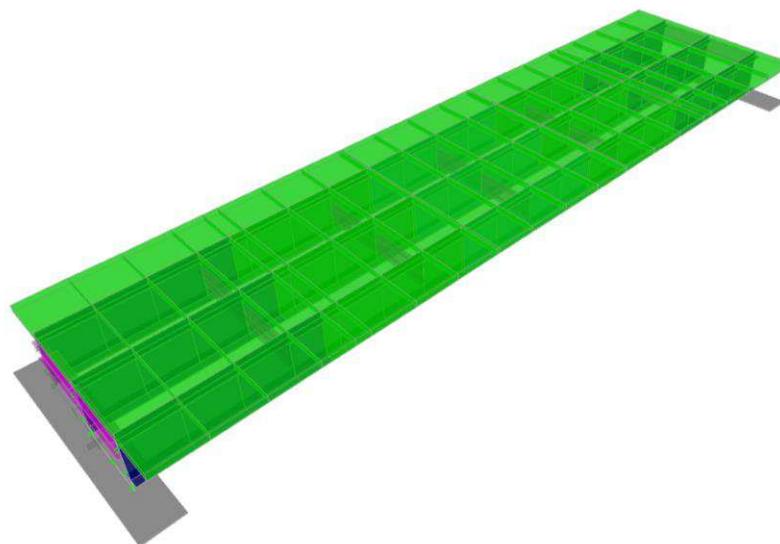
Per tener conto delle fasi costruttive, sono state definite all'interno del modello 4 fasi con tre tipi di sezioni reagenti e relativi carichi:

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 ( $n=E_a/E_{c,r}$ ) 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)*

## 5.2 SOLLECITAZIONI ELEMENTARI

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

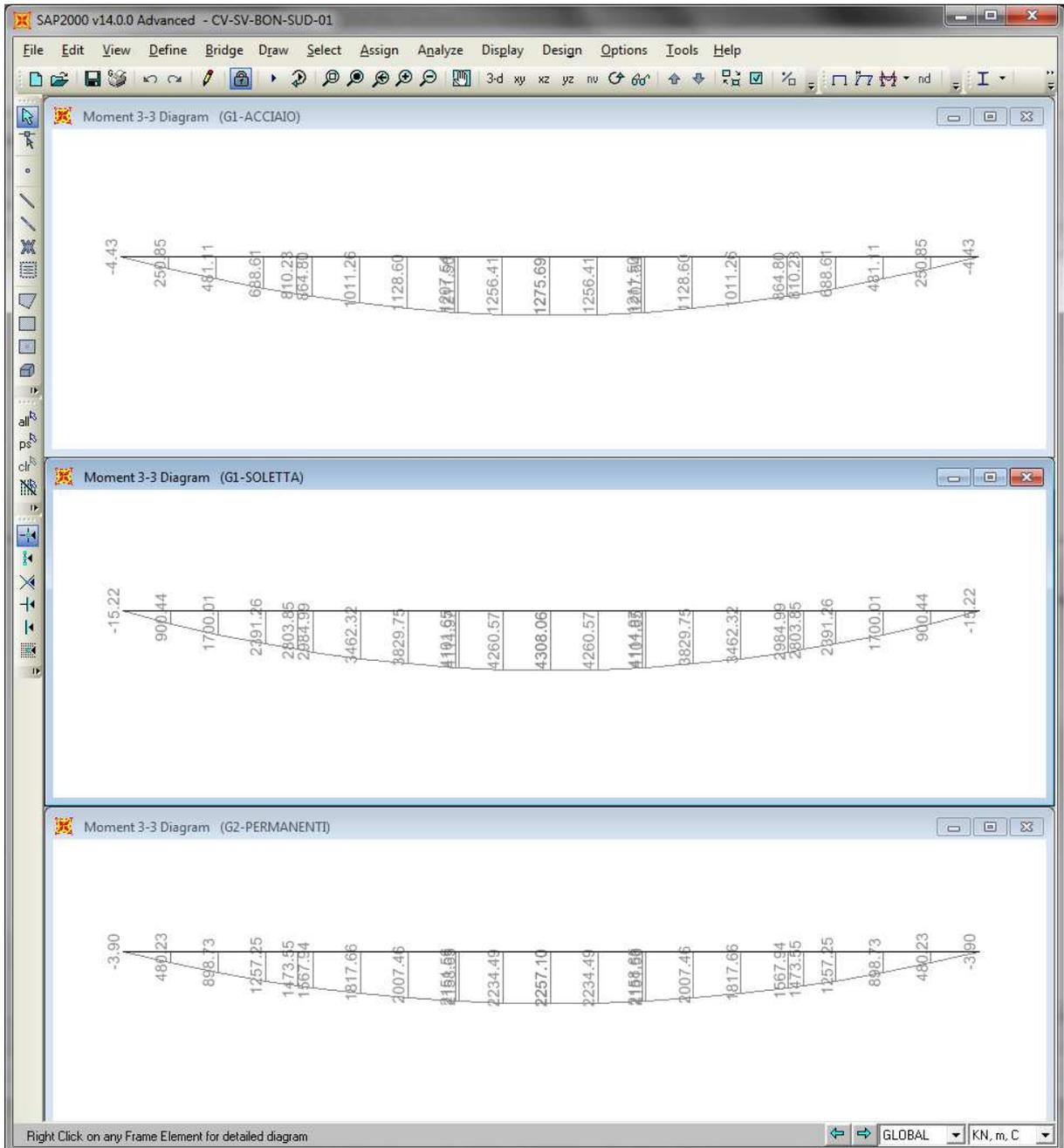


Figura 14: Momento flettente M33 – trave 1 – sollecitazioni elementari

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" – ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
 PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

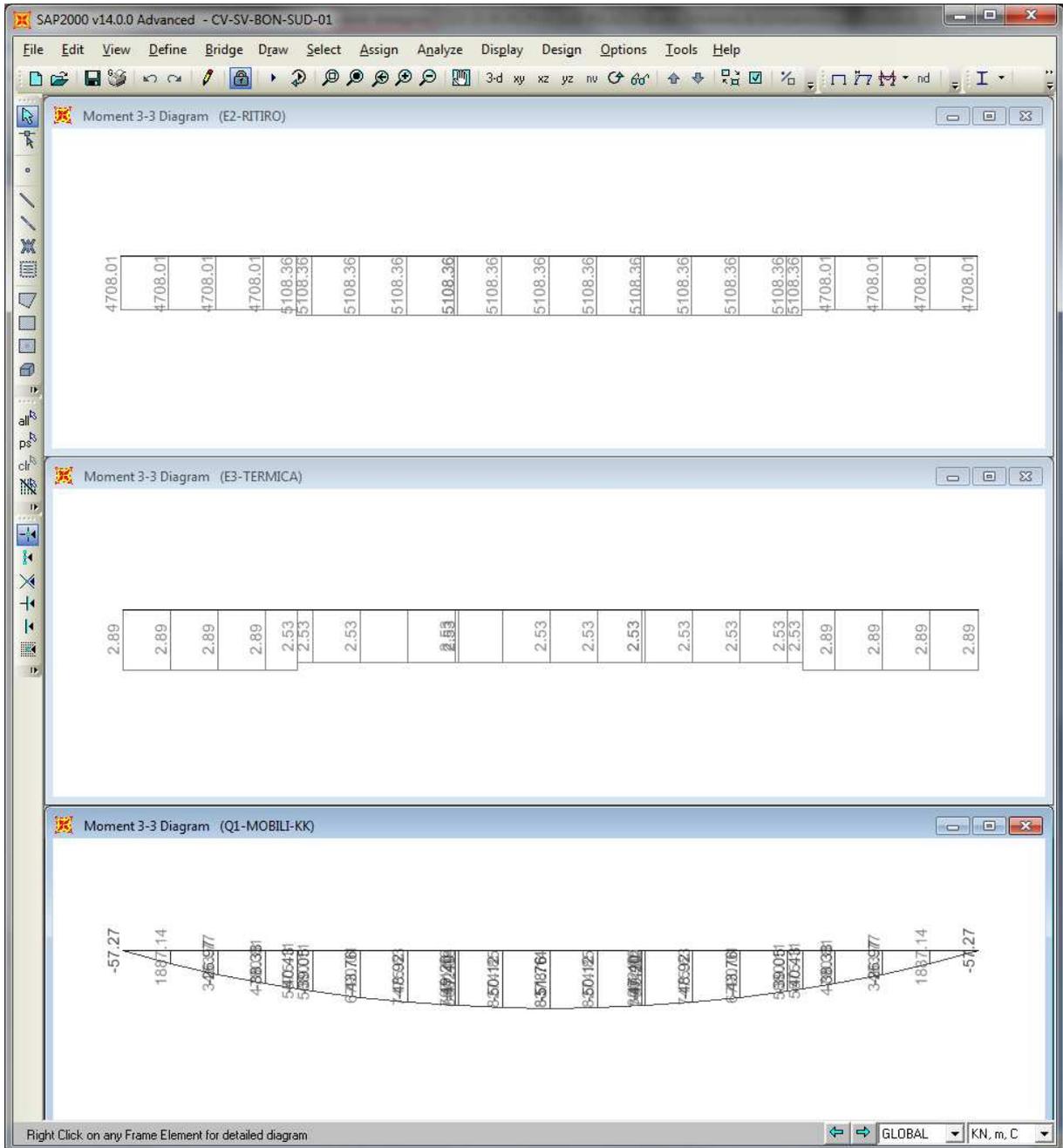


Figura 15: Momento flettente M33 – trave 1 – sollecitazioni elementari

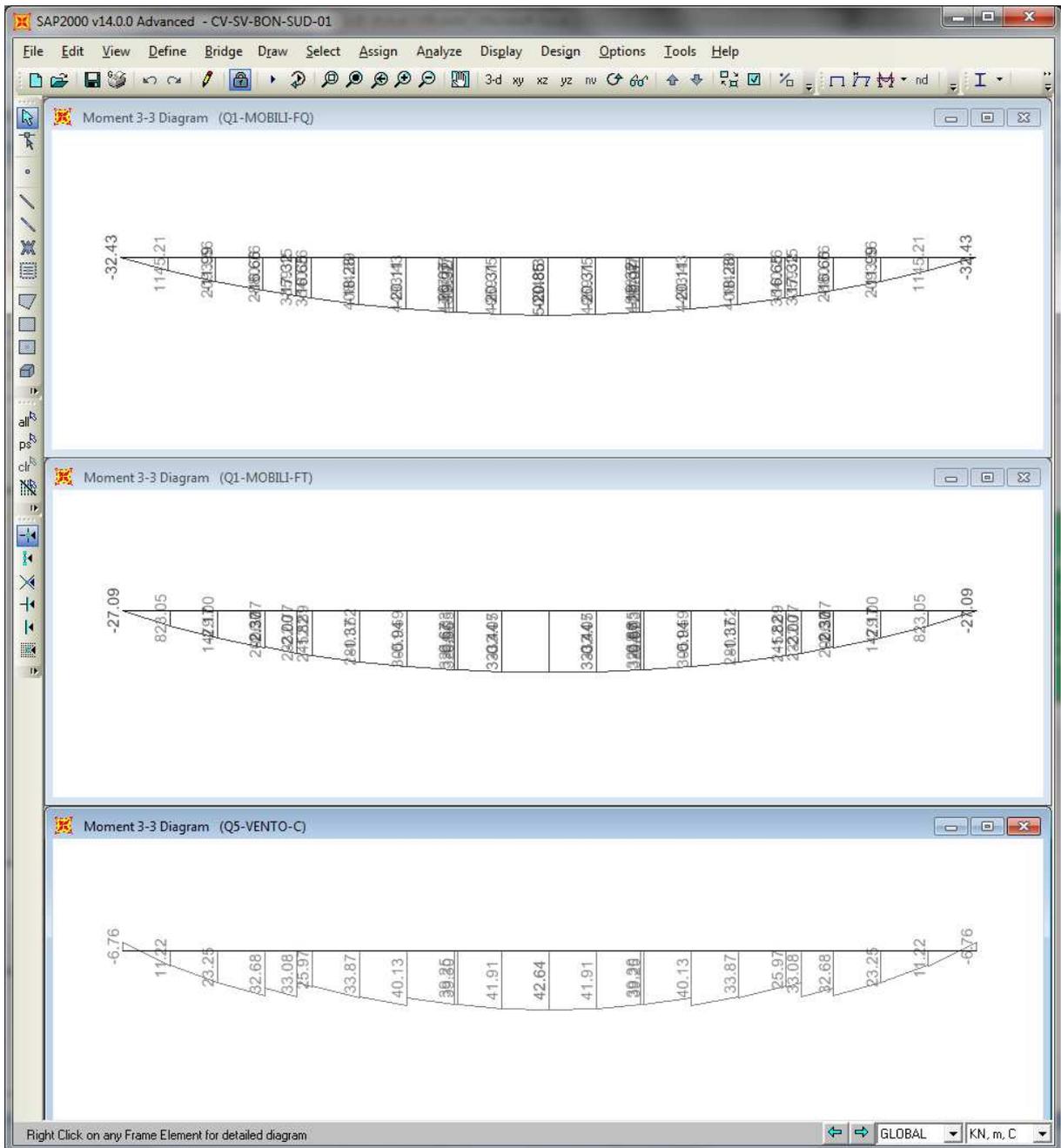


Figura 16: Momento flettente M33 – trave 1 – sollecitazioni elementari

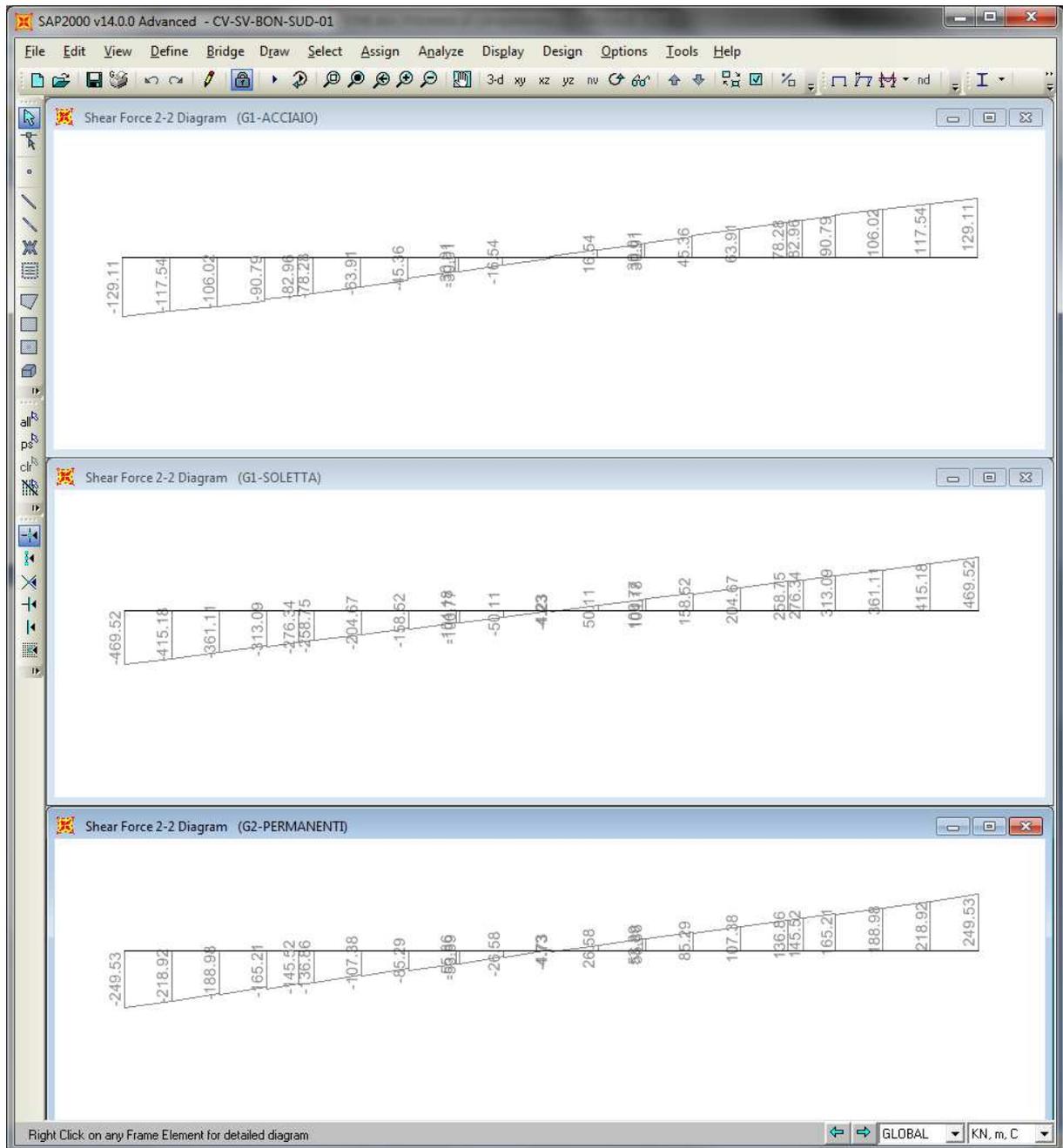


Figura 17: Taglio V22 – trave 1 – sollecitazioni elementari

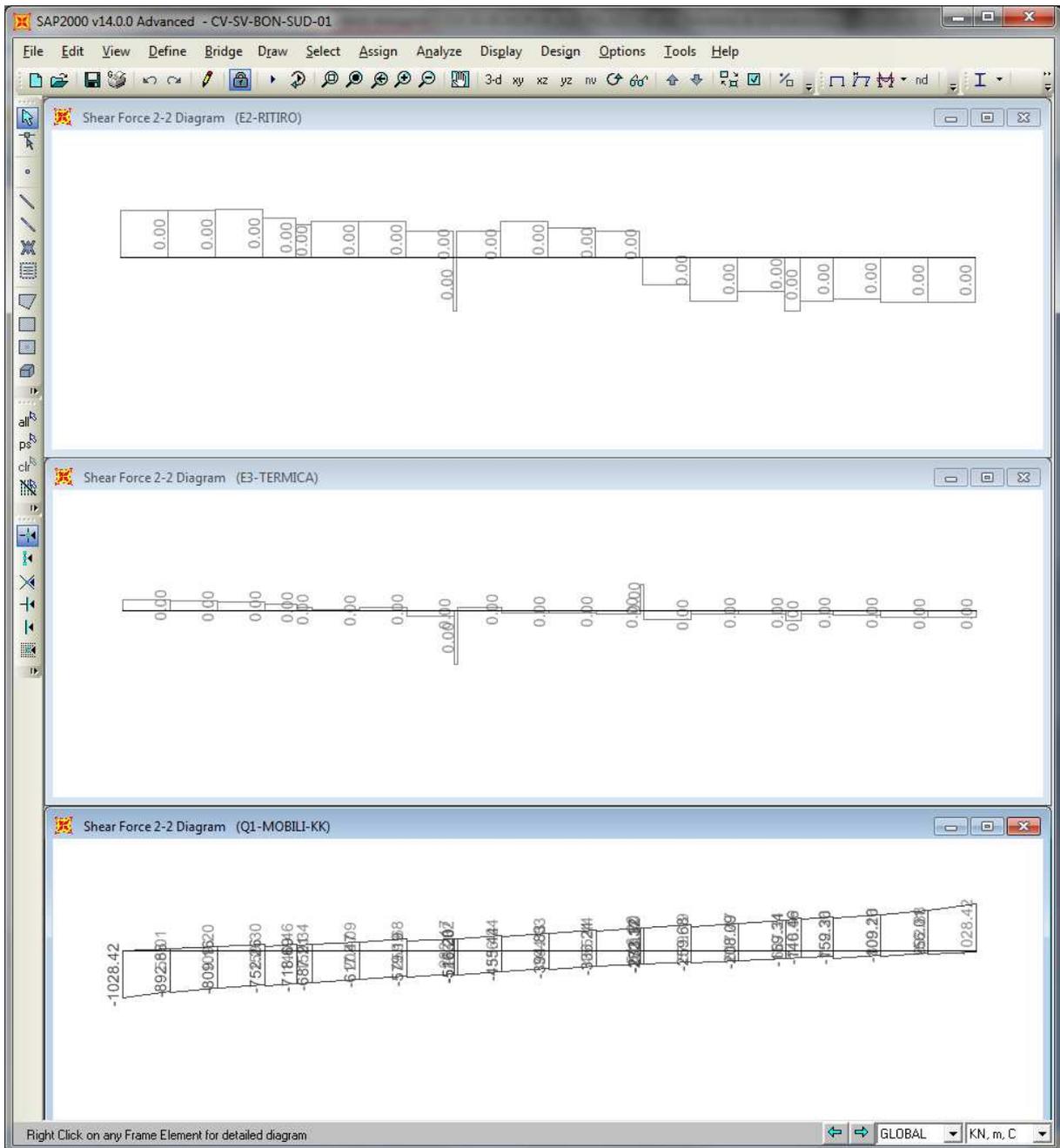


Figura 18: Taglio V22 – trave 1 – sollecitazioni elementari

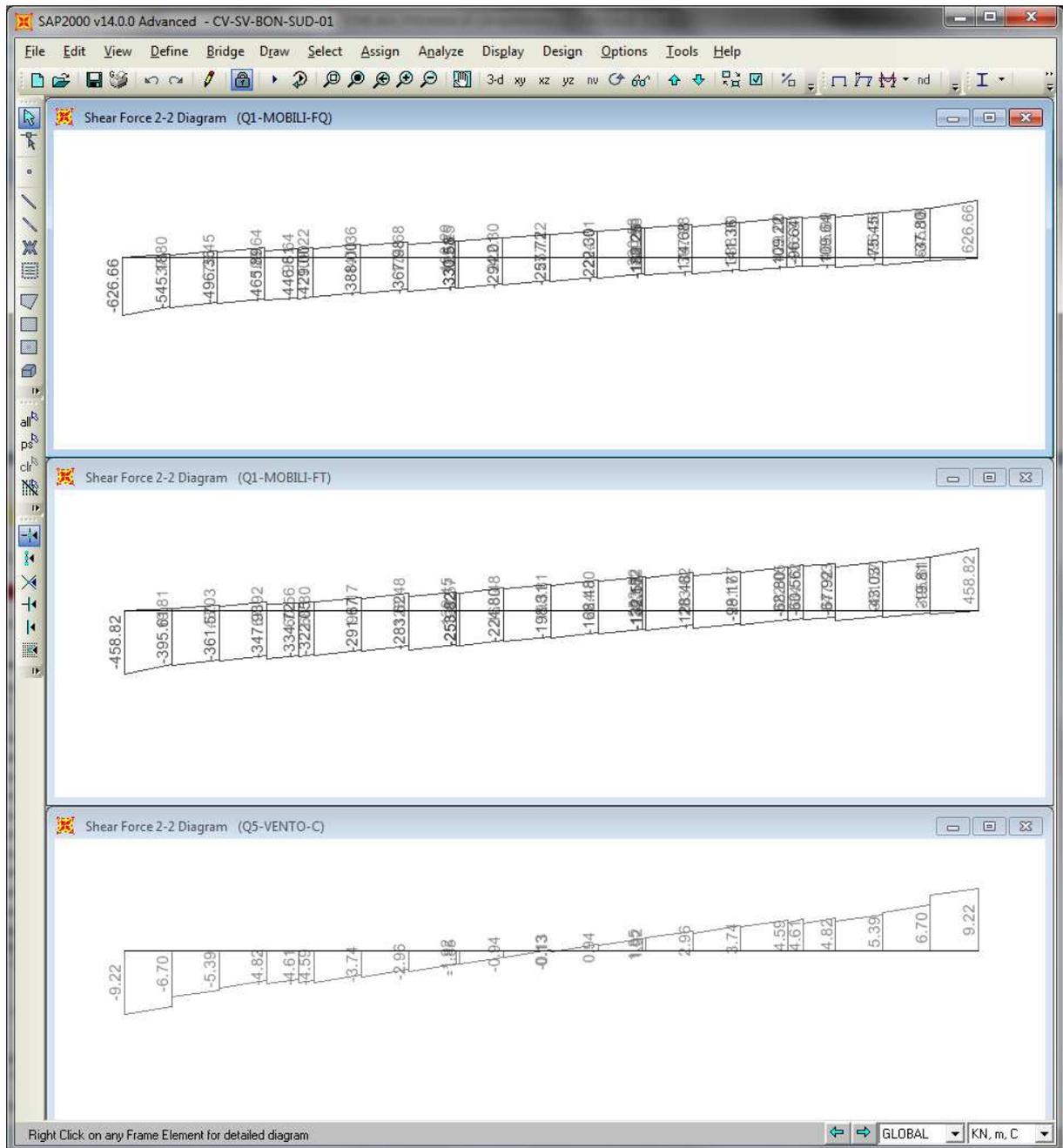


Figura 19: Taglio V22 – trave 1 – sollecitazioni elementari

## 6 VERIFICA IMPALCATO

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

### 6.1 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;
- $h_t$  è l'altezza della trave metallica;
- $h_s$  è lo spessore della soletta.

	S01	S02	S03
<b>bi</b>	700	700	700
<b>ti</b>	30	50	50
<b>bir</b>			
<b>tir</b>			
<b>tw</b>	16	16	16
<b>bsr</b>			
<b>tsr</b>			
<b>bs</b>	500	500	500
<b>ts</b>	25	30	30
<b>ht</b>	2000	2000	2000
<b>hs</b>	300	300	300

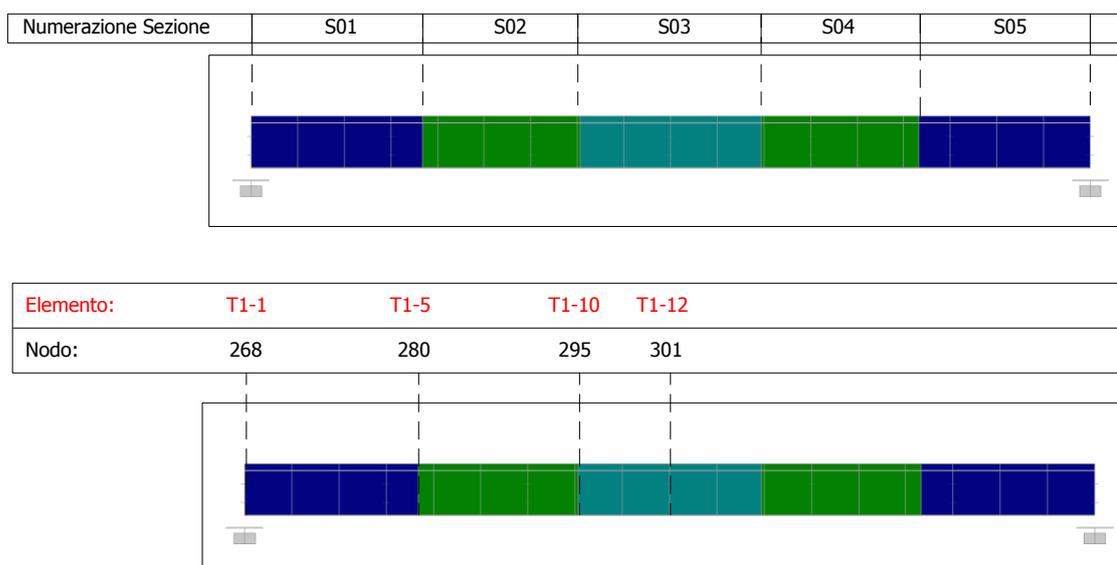
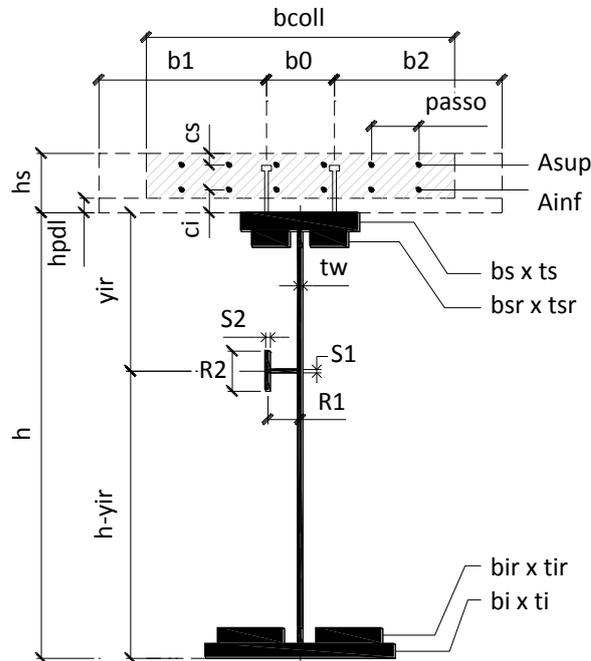


Figura 20: numerazione conci di trave

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



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

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

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

passo è il passo dei ferri di armatura della 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;

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

$h_{var}$  è l'altezza della trave (dato compilato nel caso di trave ad altezza variabile);

CLS 1 = presente soletta collaborante ai fini dell'analisi di cui al 4.3.2.2.1 delle NTC.

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" – ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
 PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

X (mm)	elem	Nodo	Camp	b1 (mm)	b0 (mm)	b2 (mm)	Bcoll (mm)	Ainf (mmq)	Asup (mmq)	passo (mm)	ci (mm)	cs (mm)	Sez	CLS	AW (mm)	hvar
0	T1-1	268	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
2070	T1-1	271	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
2070	T1-2	271	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
4130	T1-2	274	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
4130	T1-3	274	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
6200	T1-3	277	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
6200	T1-4	277	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
7600	T1-4	280	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
7600	T1-5	280	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
8270	T1-5	283	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
8270	T1-6	283	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
10330	T1-6	286	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
10330	T1-7	286	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
12400	T1-7	289	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
12400	T1-8	289	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
14470	T1-8	292	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
14470	T1-9	292	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
14600	T1-9	295	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
14600	T1-10	295	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
16530	T1-10	298	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
16530	T1-11	298	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
18600	T1-11	301	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
18600	T1-12	301	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
20670	T1-12	304	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
20670	T1-13	304	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
22600	T1-13	307	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S03	1	2070	2000
22600	T1-14	307	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
22730	T1-14	310	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
22730	T1-15	310	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
24800	T1-15	313	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
24800	T1-16	313	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
26870	T1-16	316	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
26870	T1-17	316	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
28930	T1-17	358	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
28930	T1-18	358	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
29600	T1-18	361	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S02	1	2070	2000
29600	T1-19	361	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
31000	T1-19	364	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
31000	T1-20	364	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
33070	T1-20	367	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
33070	T1-21	367	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
35130	T1-21	370	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
35130	T1-22	370	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000
37200	T1-22	373	1	1800	400	1300	3500	113	113	200	80	50	S01	1	2070	2000

## 6.2 Caratteristiche di inerzia delle sezioni lorde

Si riportano di seguito le caratteristiche inerziali delle sezioni lorde degli elementi mostrati in Figura 22, 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:

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

Ove:  $\chi = 0.8$

$\phi = 1.892$

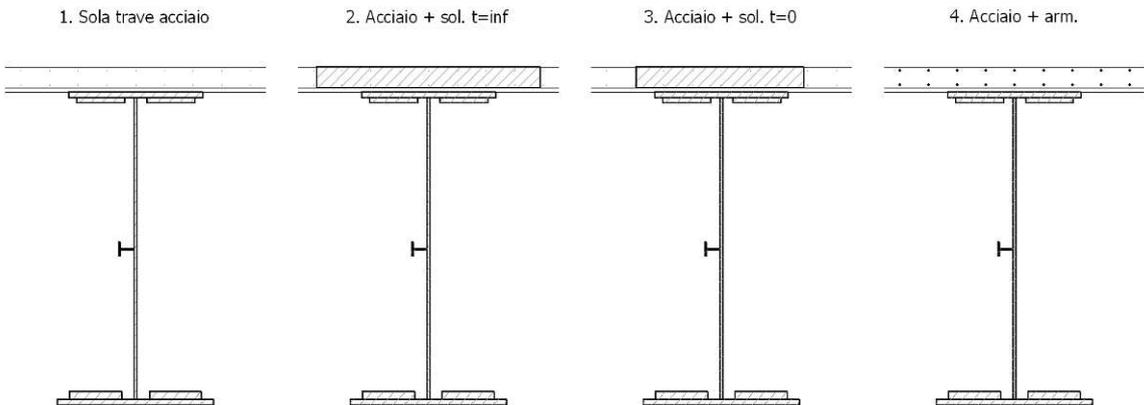


Figura 21: Configurazioni di calcolo

Elemento:	T1-1	T1-5	T1-10	T1-12
Nodo:	268	280	295	301

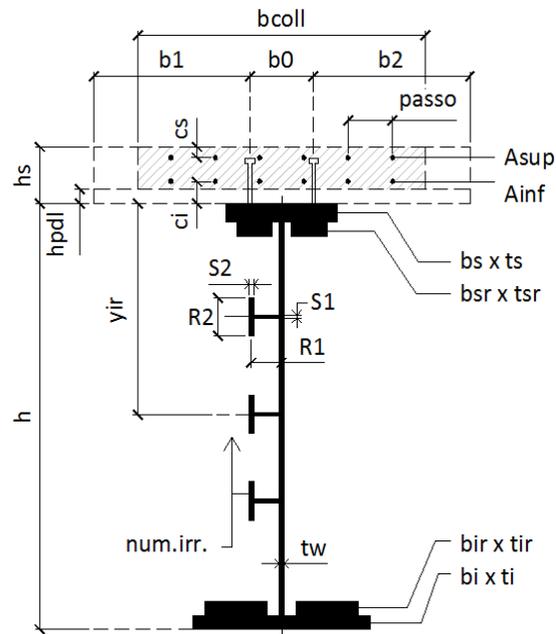
Figura 22: Sezioni di dettaglio



6.2.2 Elemento T5- Sezione di giunto S01-S02

CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI LORDE

X (mm)	7600	$b_1$ (mm)	700
Asta N.	T1-5	$t_f$ (mm)	50
Nodo	280	$b_p$ (mm)	
Campata	1	$t_p$ (mm)	
$b_1$ (mm)	1800	$t_w$ (mm)	16
$b_0$ (mm)	400	$b_{sr}$ (mm)	
$b_2$ (mm)	1300	$t_{sr}$ (mm)	
$B_{coll}$ (mm)	3500	$b_s$ (mm)	500
$A_{inf}$ (mmq)	113	$t_s$ (mm)	30
$A_{sup}$ (mmq)	113	h (mm)	2000
passo (mm)	200	num. irr.	-
$c_1$ (mm)	80	Air (mmq)	-
$c_s$ (mm)	50	R1 (mm)	-
Sez Tipo	502	S1 (mm)	-
Cls analisi	1	R2 (mm)	-
Posizione	9	S2 (mm)	-

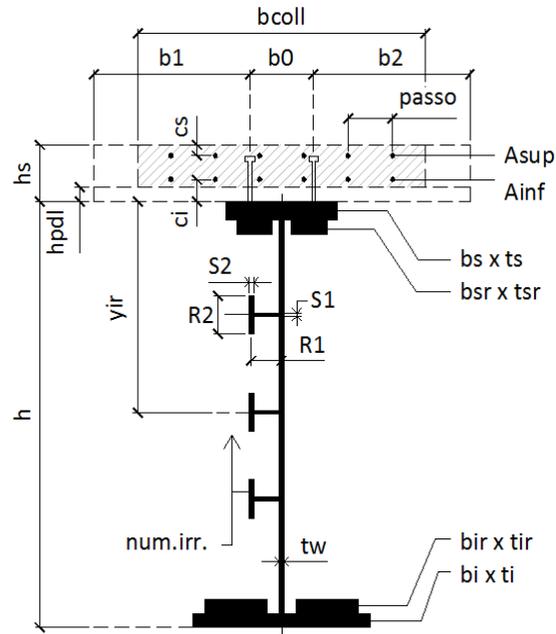


Grandezza	UM	Descrizione	Sola trave acciaio	Acciaio + sol. t=inf	Acciaio + sol. t=0	Acciaio + arm.
n	-	Coeff.di omog. acciaio-clt	-	15.83	6.298	-
A	mm <sup>2</sup>	Area sezione omog.	80720	149900	248625	84675
AR	mm <sup>2</sup>	Area di ritiro CLS	-	1032500	1032500	1032500
Yinf	mm	Pos.inf baricentro	764	1405	1702	830
Ysup	mm	Pos.sup baricentro	1236	895	598	1470
J	mm <sup>4</sup>	Mom.inerzia sezione	52781501559	1.2517E+11	1.59128E+11	60209434069
AT	mm <sup>2</sup>	Area di taglio	30720	30720	30720	30720
Wpi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.piatt.inf.	69077760	89077214	93498735	72583288
Wwi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.anima inf.	73914540	92363755	96328721	77238916
Wws	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.anima sup.	43768957	221610450	593605293	52793157
Wps	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.piatt.sup.	42706528	210433403	533860560	51440039
Wci / n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.cls inf.	-	208679260	525053037	51221234
Wsi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.arm.inf.	-	185486436	420895349	48149135
Wss	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.arm.sup.	-	148161617	290342485	42386742
Wcs / n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.cls sup.	-	139882752	266069230	40945484
S/J	mm <sup>-1</sup>	S/J per calcolo connettori	-	0.00041343	0.00047573	0.00008772

6.2.3 Elemento T10- Sezione di giunto S02-S05

CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI LORDE

X (mm)	14600	$b_1$ (mm)	700
Asta N.	T1-10	$t_f$ (mm)	50
Nodo	295	$b_p$ (mm)	
Campata	1	$t_p$ (mm)	
$b_1$ (mm)	1800	$t_w$ (mm)	16
$b_0$ (mm)	400	$b_{sr}$ (mm)	
$b_2$ (mm)	1300	$t_{sr}$ (mm)	
$B_{coll}$ (mm)	3500	$b_s$ (mm)	500
$A_{inf}$ (mmq)	113	$t_s$ (mm)	30
$A_{sup}$ (mmq)	113	h (mm)	2000
passo (mm)	200	num. irr.	-
$c_1$ (mm)	80	Air (mmq)	-
$c_s$ (mm)	50	R1 (mm)	-
Sez Tipo	503	S1 (mm)	-
Cls analisi	1	R2 (mm)	-
Posizione	19	S2 (mm)	-

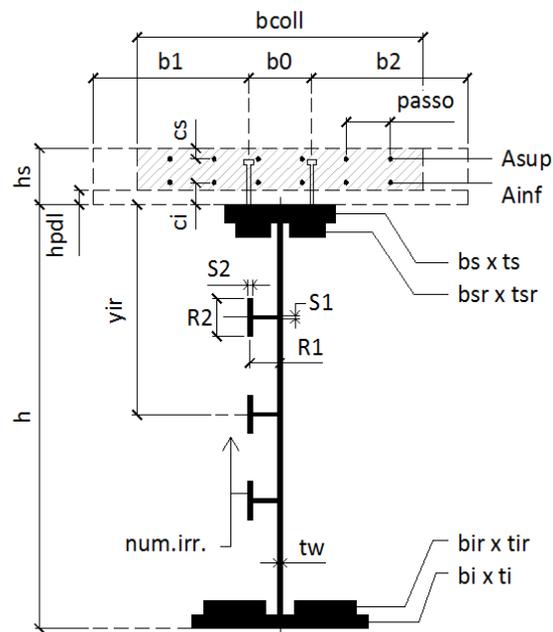


Grandezza	UM	Descrizione	Sola trave acciaio	Acciaio + sol. t=inf	Acciaio + sol. t=0	Acciaio + arm.
n	-	Coeff. di omog. acciaio-clc	-	15.83	6.298	-
A	mm <sup>2</sup>	Area sezione omog.	80720	149900	248625	84675
AR	mm <sup>2</sup>	Area di ritiro CLS	-	1032500	1032500	1032500
Yinf	mm	Pos. inf baricentro	764	1405	1702	830
Ysup	mm	Pos. sup baricentro	1236	895	598	1470
J	mm <sup>4</sup>	Mom. inerzia sezione	52781501559	1.2517E+11	1.59128E+11	60209434069
AT	mm <sup>2</sup>	Area di taglio	30720	30720	30720	30720
Wpi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. piatt. inf.	69077760	89077214	93498735	72583288
Wwi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. anima inf.	73914540	92363755	96328721	77238916
Wws	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. anima sup.	43768957	221610450	593605293	52793157
Wps	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. piatt. sup.	42706528	210433403	533860560	51440039
Wci / n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. cls inf.	-	208679260	525053037	51221234
Wsi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. arm. inf.	-	185486436	420895349	48149135
Wss	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. arm. sup.	-	148161617	290342485	42386742
Wcs / n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res. cls sup.	-	139882752	266069230	40945484
S/J	mm <sup>-1</sup>	S/J per calcolo connettori	-	0.00041343	0.00047573	0.00008772

### 6.2.4 Elemento T12- Sezione di mezzeria campata

#### CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI LORDE

X (mm)	18600	b <sub>i</sub> (mm)	700
Asta N.	T1-12	t <sub>f</sub> (mm)	50
Nodo	301	b <sub>ir</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)	1300	t <sub>sr</sub> (mm)	
B <sub>coll</sub> (mm)	3500	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.	-
c <sub>i</sub> (mm)	80	A <sub>ir</sub> (mmq)	-
c <sub>s</sub> (mm)	50	R1 (mm)	-
Sez Tipo	503	S1 (mm)	-
Cls analisi	1	R2 (mm)	-
Posizione	23	S2 (mm)	-



Grandezza	UM	Descrizione	Sola trave acciaio	Acciaio + sol. t=inf	Acciaio + sol. t=0	Acciaio + arm.
n	-	Coeff.di omog. acciaio-cla	-	15.83	6.298	-
A	mm <sup>2</sup>	Area sezione omog.	80720	149900	248625	84675
AR	mm <sup>2</sup>	Area di ritiro CLS	-	1032500	1032500	1032500
Yinf	mm	Pos.inf baricentro	764	1405	1702	830
Ysup	mm	Pos.sup baricentro	1236	895	598	1470
J	mm <sup>4</sup>	Mom.inerzia sezione	52781501559	1.2517E+11	1.59128E+11	60209434069
AT	mm <sup>2</sup>	Area di taglio	30720	30720	30720	30720
Wpi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.piatt.inf.	69077760	89077214	93498735	72583288
Wwi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.anima inf.	73914540	92363755	96328721	77238916
Wws	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.anima sup.	43768957	221610450	593605293	52793157
Wps	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.piatt.sup.	42706528	210433403	533860560	51440039
Wci / n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.cls inf.	-	208679260	525053037	51221234
Wsi	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.arm.inf.	-	185486436	420895349	48149135
Wss	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.arm.sup.	-	148161617	290342485	42386742
Wcs / n	mm <sup>3</sup>	Modulo di res.cls sup.	-	139882752	266069230	40945484
S/J	mm <sup>-1</sup>	S/J per calcolo connettori	-	0.00041343	0.00047573	0.00008772

### 6.3 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.

La presenza dell'irrigiditore longitudinale, se presente, 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.

I dettagli relativi alle caratteristiche di inerzia delle sezioni efficaci si trovano nell'allegato tabulato di calcolo.

Si riportano, per le sezioni di cui al paragrafo 6.2, 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.

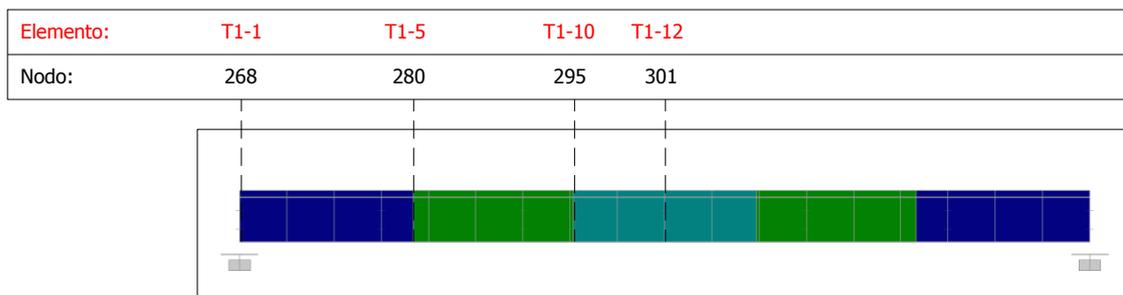


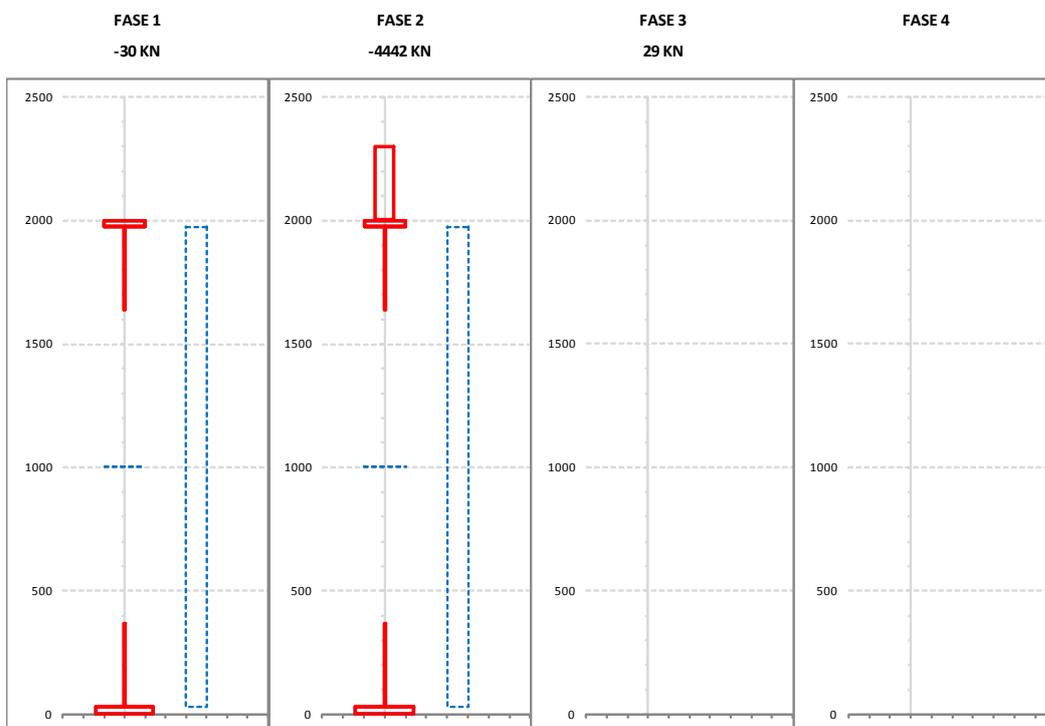
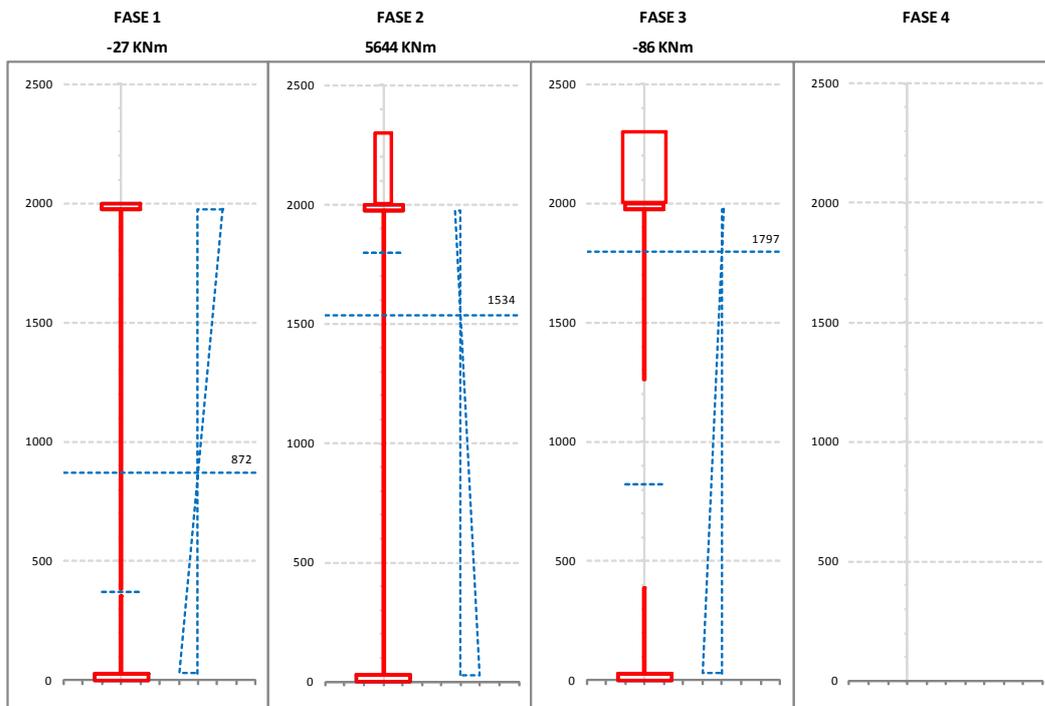
Figura 23: Sezioni di dettaglio

Con la convenzione che sollecitazioni di compressione sono riportate con segno negativo; sollecitazioni di trazione sono riportate con segno positivo.

6.3.1 Elemento T1- Sezione di appoggio spalla

CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI

Asta N.	T1-1	Sezione	S01	Num.CMB	8	h(mm)	hw(mm)	ts(mm)	ti(mm)	tw(mm)
Nodo	268	Pos.	1			2000	1945	25	30	16



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		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 1	bpan	[mm]	1945		1945		1945	1945		
	ys_pan	[mm]	25		25		25	25		
	yi_pan	[mm]	1970		1970		1970	1970		
	$\psi$	[-]	-1.310		-0.101		1.000	1.000		
	bc	[mm]	842		1767		1945	1945		
	bt	[mm]	1103		178		0	0		
	beff	[mm]	814		895		678	678		
	$\lambda p$	[-]	0.931		1.800		2.630	2.630		
	$\rho$	[-]	0.966		0.506		0.348	0.348		
	$K\sigma$	[-]	31.900		8.543		4.000	4.000		
	bei	[mm]	326		358		339	339		
	bes	[mm]	1591		715		339	339		
	bei_L	[mm]	337		707		973	973		
	bes_L	[mm]	1608		1238		973	973		
y_foro	[mm]	370		824		1003	1003			
b_foro	[mm]	28		872		1267	1267			
AREA COMPRESSA LOCALE	ys_loc	[mm]	384	1799	1260		1636	1636		
	yi_loc	[mm]	356	1799	388		369	369		
	ys_asse	[mm]	370	1799	824		1003	1003		
	yi_asse	[mm]	370	1799	824		1003	1003		

		CALCOLO COEFFICIENTE $\rho_c$ ANIMA ED IRRIGIDITORI COMPRESI								
		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> ]								
	$\beta$	[-]								
	$\lambda p$	[-]								
	$\rho p$	[-]								
	$\xi$	[-]								
	$\rho/\rho_c$	[-]	<b>0.966</b>	<b>1.000</b>	<b>0.506</b>		<b>0.348</b>	<b>0.348</b>		

		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
	pp_sup	[-]					1.000			
	pp_inf	[-]	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	-		15.83	6.30					
Area sezione omog.	A	[mm <sup>2</sup> ]				44280	113460	232525		
Pos.inf baricentro	Yinf	[mm]	876	1534	1860					
Pos.sup baricentro	Ysup	[mm]	1124	766	440					
Mom.inerzia sezione	J	[mm <sup>4</sup> ]	4.12E+10	9.67E+10	1.04E+11					
Modulo di res.piatt.inf.	Wpi	[mm <sup>3</sup> ]	4.70E+07	6.30E+07	5.59E+07					
Modulo di res.anima inf.	Wwi	[mm <sup>3</sup> ]	4.86E+07	6.42E+07	5.68E+07					
Modulo di res.anima sup.	Wws	[mm <sup>3</sup> ]	3.75E+07	2.19E+08	9.00E+08					
Modulo di res.piatt.sup.	Wps	[mm <sup>3</sup> ]	3.66E+07	2.08E+08	7.40E+08					
Modulo di res.cls inf.	Wci / n	[mm <sup>3</sup> ]		2.05E+08	7.14E+08					
Modulo di res.arm.inf.	Wsi	[mm <sup>3</sup> ]		1.77E+08	4.71E+08					
Modulo di res.arm.sup.	Wss	[mm <sup>3</sup> ]		1.35E+08	2.66E+08					
Modulo di res.cls sup.	Wcs / n	[mm <sup>3</sup> ]		1.26E+08	2.36E+08					
S/J per calcolo connettori	S/J	[mm <sup>-1</sup> ]		4.43E-04	4.74E-04					

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-1 Nodo 268 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	45	6	5	-	-	-	339	-1177	2388
SLU_TRAVE	2	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	37	-1397	-44	-	-	-	312	-2579	2371
SLU_TRAVE	3	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	44	-497	10	-	-	-	341	-1680	2390
SLU_TRAVE	4	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	35	-879	-81	-	-	-	293	-2061	2358
SLU_TRAVE	5	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	39	6	0	-	-	-	335	-1177	2386
SLU_TRAVE	6	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	31	-1397	-49	-	-	-	308	-2579	2369
SLU_TRAVE	7	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	39	-497	5	-	-	-	337	-1680	2388
SLU_TRAVE	8	-3.8	-30	-808	-27	-4442	-374	5644	29	-879	-86	-	-	-	289	-2061	2356
SLU_TRAVE	9	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	39	-369	0	6	-1177	-27
SLU_TRAVE	10	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	31	-1771	-50	-6	-2579	-70
SLU_TRAVE	11	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	38	-871	4	6	-1680	-23
SLU_TRAVE	12	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	29	-1253	-87	-12	-2061	-102
SLU_TRAVE	13	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	33	-369	-6	0	-1177	-31
SLU_TRAVE	14	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	25	-1771	-55	-12	-2579	-74
SLU_TRAVE	15	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	33	-871	-1	0	-1680	-27
SLU_TRAVE	16	0	-30	-808	-27	-	-	-	-	-	-	23	-1253	-92	-18	-2061	-106

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-1 Nodo 268 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
FATICA	35	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	1	0	0	1	0
FATICA	36	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-2	-459	-14	-3	-459	-12
FATICA	37	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	-173	0	0	-173	0
FATICA	38	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-3	-270	-27	-6	-270	-24

**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 LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	1	-25.97	-12.03	0.18			-37.82	45.06
		MIN	2	-25.97	-12.03	-44.88			-82.88	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	-1.25	50.45	0.34			49.54	52.33
		MIN	16	-1.25			-1.54		-2.79	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	6	45.00	52.97	77.74			175.70	110.18
		MIN	13	45.00			20.53		65.52	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	2	44.98	68.13	77.74			190.85	125.34
		MIN	9	44.98			20.53		65.51	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	16	0.04			2.37		2.41	68.54
		MIN	7	0.04	-66.33	0.16			-66.13	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	4		-4.21	0.04		4.29	0.13	0.13
		MIN	9							
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	16	-0.69			2.52		1.84	73.37
		MIN	7	-0.69	-71.00	0.15			-71.53	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	16	-0.69			2.85		2.17	83.63
		MIN	7	-0.69	-80.93	0.15			-81.46	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	9							0.98
		MIN	7		-5.30	0.02		4.29	-0.98	
Q (KN/m)	SLU_TRAVE	MAX	9		-171.98	2.56			-169.43	669.70
		MIN	2		-177.35	-661.77			-839.12	
wd (mm)	SLU_TRAVE	MAX	16				0.01		0.01	0.01
		MIN	1							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

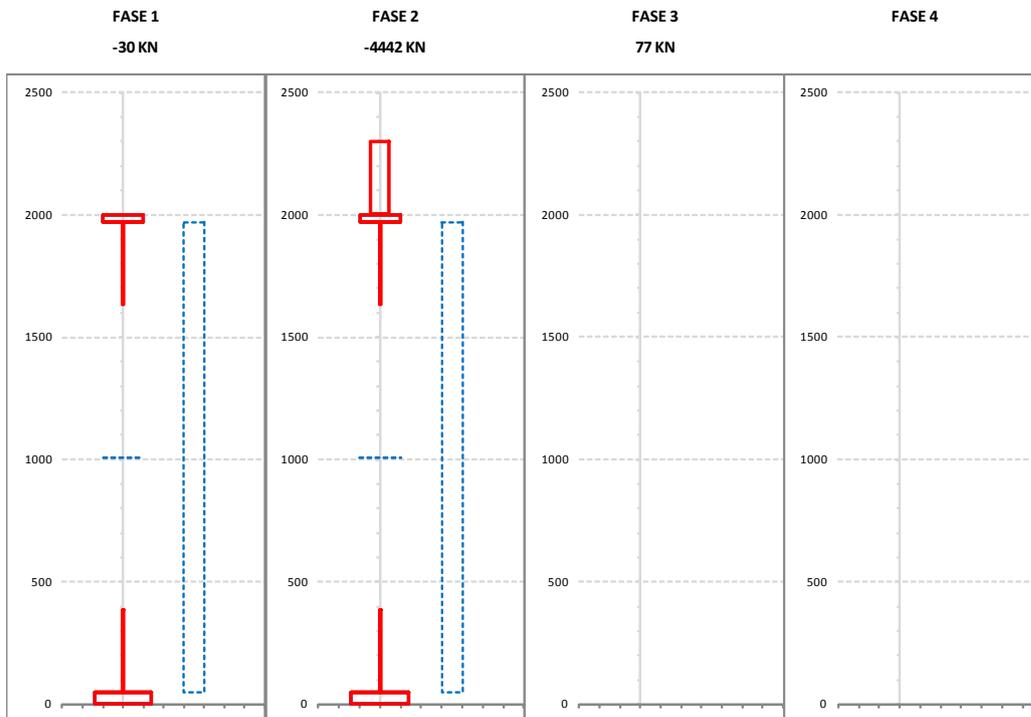
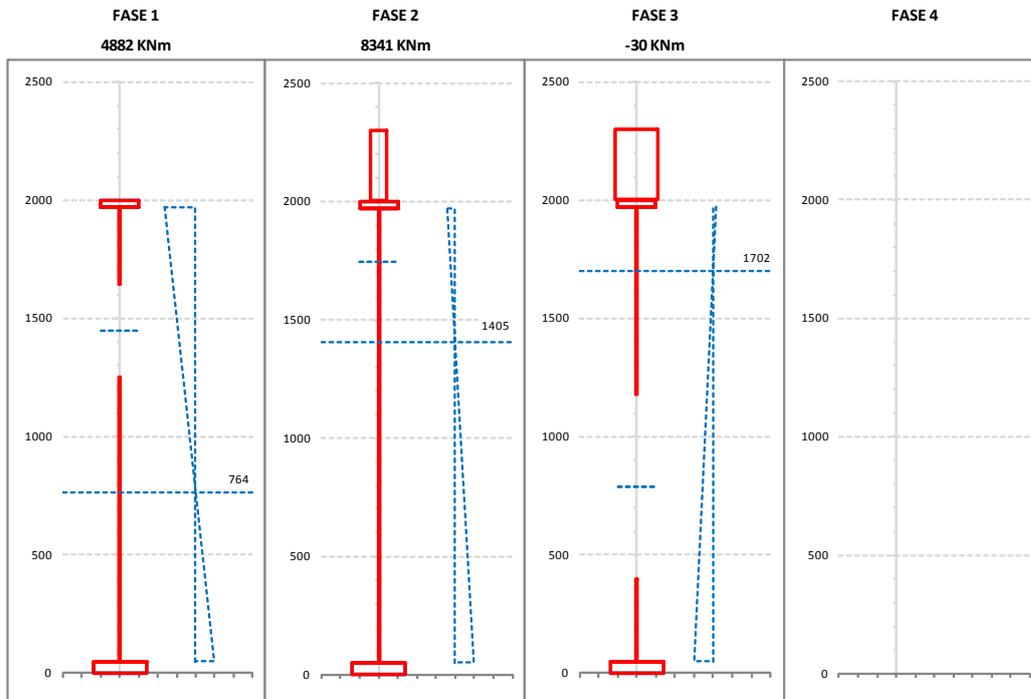
Asta N.	T1-1	Sezione	S01	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	268	Posizione	1	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35				0.03		0.03	14.77
		MIN	36				-14.74		-14.74	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35				0.00		0.00	0.63
		MIN	38				-0.62		-0.62	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36				25.54		25.54	25.49
		MIN	35				0.05		0.05	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36				25.54		25.54	25.49
		MIN	35				0.05		0.05	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.53		0.53	0.53
		MIN	35				0.00		0.00	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35							
		MIN	35							
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.58		0.58	0.58
		MIN	35				0.00		0.00	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.67		0.67	0.68
		MIN	35				0.00		0.00	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35							
		MIN	35							
Q (KN/m)	FATICA	MAX	35			0.40			0.37	228.58
		MIN	36			-228.21			-228.21	
wd (mm)	FATICA	MAX	38				0.00		0.00	0.00
		MIN	35							

6.3.2 Elemento T5- Sezione di giunto S01-S02

CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI

Asta N.	T1-5	Sezione	S02	Num.CMB	8	h(mm)	hw(mm)	ts(mm)	ti(mm)	tw(mm)
Nodo	280	Pos.	9			2000	1920	30	50	16



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		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 1	bpan	[mm]	1920	1920	1920		1920	1920		
	ys_pan	[mm]	30	30	30		30	30		
	yi_pan	[mm]	1950	1950	1950		1950	1950		
	$\psi$	[-]	-0.592	-2.399	-0.162		1.000	1.000		
	bc	[mm]	1206	565	1652		1920	1920		
	bt	[mm]	714	1355	268		0	0		
	beff	[mm]	810	565	872		677	677		
	$\lambda p$	[-]	1.343	0.625	1.723		2.597	2.597		
	$\rho$	[-]	0.671	1.000	0.528		0.352	0.352		
	$K\sigma$	[-]	14.964	69.101	9.088		4.000	4.000		
	bei	[mm]	1200	1694	349		338	338		
	bes	[mm]	324	226	791		338	338		
	bei_L	[mm]	1438	1694	661		960	960		
	bes_L	[mm]	482	226	1259		960	960		
y_foro	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			
b_foro	[mm]	396	0	780		1243	1243			
ys_loc	[mm]	1646	1744	1179		1632	1632			
yi_loc	[mm]	1250	1744	399		388	388			
ys_asse	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			
yi_asse	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			

		CALCOLO COEFFICIENTE $\rho_C$ ANIMA ED IRRIGIDITORI COMPRESI								
		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> ]								
	$\beta$	[-]								
	$\lambda p$	[-]								
	$\rho p$	[-]								
	$\xi$	[-]								
	$\rho/\rho_C$	[-]	<b>0.671</b>	<b>1.000</b>	<b>0.528</b>		<b>0.352</b>	<b>0.352</b>		

		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
	pp_sup	[-]	1.000				1.000			
	pp_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	-		15.83	6.30					
Area sezione omog.	A	[mm <sup>2</sup> ]					60828	130008	248625	
Pos.inf baricentro	Yinf	[mm]	706	1405	1750					
Pos.sup baricentro	Ysup	[mm]	1294	895	550					
Mom.inerzia sezione	J	[mm <sup>4</sup> ]	4.95E+10	1.25E+11	1.48E+11					
Modulo di res.piatt.inf.	Wpi	[mm <sup>3</sup> ]	7.01E+07	8.91E+07	8.43E+07					
Modulo di res.anima inf.	Wwi	[mm <sup>3</sup> ]	7.55E+07	9.24E+07	8.68E+07					
Modulo di res.anima sup.	Wws	[mm <sup>3</sup> ]	3.91E+07	2.22E+08	6.71E+08					
Modulo di res.piatt.sup.	Wps	[mm <sup>3</sup> ]	3.82E+07	2.10E+08	5.91E+08					
Modulo di res.cls inf.	Wci / n	[mm <sup>3</sup> ]		2.09E+08	5.79E+08					
Modulo di res.arm.inf.	Wsi	[mm <sup>3</sup> ]		1.85E+08	4.47E+08					
Modulo di res.arm.sup.	Wss	[mm <sup>3</sup> ]		1.48E+08	2.95E+08					
Modulo di res.cls sup.	Wcs / n	[mm <sup>3</sup> ]		1.40E+08	2.68E+08					
S/J per calcolo connettori	S/J	[mm <sup>-1</sup> ]		4.13E-04	4.58E-04					

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-5 Nodo 280 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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	-5.4	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	79	173	3514	-	-	-	2724	-530	9565
SLU_TRAVE	2	-6.4	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	73	-974	6918	-	-	-	4341	-1678	10694
SLU_TRAVE	3	-6.6	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	73	-934	7513	-	-	-	4624	-1638	10891
SLU_TRAVE	4	-4.3	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	83	2	-26	-	-	-	1041	-702	8391
SLU_TRAVE	5	-5.4	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	74	173	3509	-	-	-	2719	-530	9564
SLU_TRAVE	6	-6.4	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	67	-974	6913	-	-	-	4337	-1678	10693
SLU_TRAVE	7	-6.6	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	67	-934	7508	-	-	-	4620	-1638	10890
SLU_TRAVE	8	-4.3	-30	-485	4882	-4442	-218	8341	77	2	-30	-	-	-	1037	-702	8389
SLU_TRAVE	9	-1.7	-30	-485	4882	-6	-218	2211	79	173	3514	-	-	-	2578	-530	6980
SLU_TRAVE	10	-2.7	-30	-485	4882	-6	-218	2211	73	-974	6918	-	-	-	4195	-1678	8109
SLU_TRAVE	11	-2.9	-30	-485	4882	-6	-218	2211	73	-934	7513	-	-	-	4478	-1638	8307
SLU_TRAVE	12	-0.6	-30	-485	4882	-6	-218	2211	83	2	-26	-	-	-	895	-702	5806
SLU_TRAVE	13	-1.7	-30	-485	4882	-6	-218	2211	74	173	3509	-	-	-	2574	-530	6979
SLU_TRAVE	14	-2.7	-30	-485	4882	-6	-218	2211	67	-974	6913	-	-	-	4191	-1678	8108
SLU_TRAVE	15	-2.9	-30	-485	4882	-6	-218	2211	67	-934	7508	-	-	-	4474	-1638	8305
SLU_TRAVE	16	-0.6	-30	-485	4882	-6	-218	2211	77	2	-30	-	-	-	891	-702	5805

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-5 Nodo 280 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
FATICA	35	-0.4	0	0	0	0	0	0	-1	57	1173	-	-	-	558	57	389
FATICA	36	-0.7	0	0	0	0	0	0	-3	-335	2267	-	-	-	1078	-335	752
FATICA	37	-0.7	0	0	0	0	0	0	-3	-251	2318	-	-	-	1102	-251	769
FATICA	38	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-2	0	0	-2

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-5	Sezione	S02	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	280	Posizione	9	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	1	-15.79	-7.11	5.63			-17.26	37.35
		MIN	2	-15.79	-7.11	-31.72			-54.61	
$\sigma_{pi}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	3	69.14	59.47	80.65			209.26	115.39
		MIN	16	69.14	24.77	-0.05			93.86	
$\sigma_{wi}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	3	69.79	57.47	94.36			221.62	124.85
		MIN	12	69.79	26.87	0.11			96.77	
$\sigma_{ws}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	6	128.19	72.85	56.10			257.15	112.72
		MIN	16	128.19	15.87	0.37			144.43	
$\sigma_{ps}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	12	-128.20	-10.55	0.38			-138.38	77.42
		MIN	7	-128.20	-73.80	-13.79			-215.80	
$\sigma_{ci}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	4		-4.68	0.06		4.29	-0.33	2.57
		MIN	15		-0.67	-2.23			-2.90	
$\sigma_{si}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.50	-11.97	0.39			-12.07	85.13
		MIN	7	-0.50	-79.13	-17.57			-97.20	
$\sigma_{ss}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.50	-14.97	0.42			-15.05	101.50
		MIN	7	-0.50	-90.46	-25.59			-116.55	
$\sigma_{cs}$ (N/mmq)	SLU_TRAVE	MAX	12		-1.00	0.07			-0.93	5.14
		MIN	7		-5.93	-4.44		4.29	-6.07	
Q (KN/m)	SLU_TRAVE	MAX	1		-103.84	82.32			-21.53	545.86
		MIN	2		-103.84	-463.55			-567.39	
wd (mm)	SLU_TRAVE	MAX	1							
		MIN	1							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-5

Sezione

S02

Valori calcolati con inerzie EFFICACI

Nodo

280

Posizione

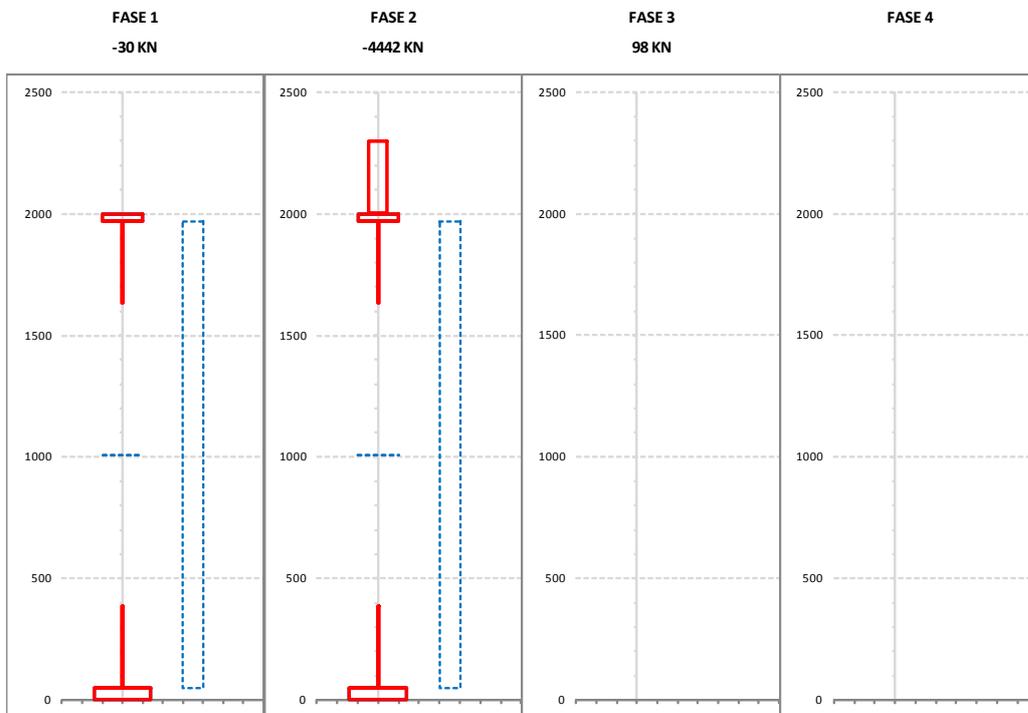
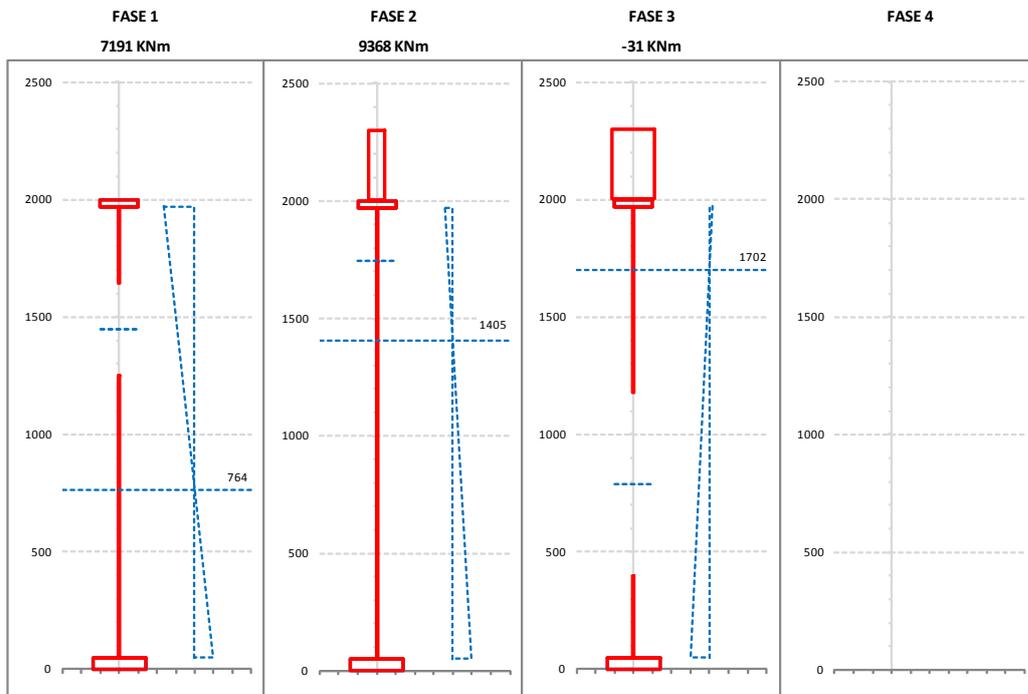
9

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35			1.84			1.84	12.74
		MIN	36			-10.90			-10.90	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	37			24.78			24.78	24.81
		MIN	38				-0.03		-0.03	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36			30.16			30.16	30.13
		MIN	38				0.03		0.03	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36			19.26			19.26	19.22
		MIN	38				0.04		0.04	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.04		0.04	4.39
		MIN	37			-4.35			-4.35	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38							0.70
		MIN	37			-0.70			-0.70	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.04		0.04	5.56
		MIN	37			-5.52			-5.52	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.05		0.05	8.04
		MIN	37			-8.00			-8.00	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38							1.39
		MIN	37			-1.39			-1.39	
Q (KN/m)	FATICA	MAX	35			26.90			26.90	186.14
		MIN	36			-159.24			-159.24	
wd (mm)	FATICA	MAX	38				0.00		0.00	0.00
		MIN	35							

6.3.3 Elemento T10- Sezione di giunto S02-S05

CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI

Asta N.	T1-10	Sezione	S03	Num.CMB	8	h(mm)	hw(mm)	ts(mm)	ti(mm)	tw(mm)
Nodo	295	Pos.	19			2000	1920	30	50	16



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		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 1	bpan	[mm]	1920	1920	1920		1920	1920		
	ys_pan	[mm]	30	30	30		30	30		
	yi_pan	[mm]	1950	1950	1950		1950	1950		
	$\psi$	[-]	-0.592	-2.399	-0.162		1.000	1.000		
	bc	[mm]	1206	565	1652		1920	1920		
	bt	[mm]	714	1355	268		0	0		
	beff	[mm]	810	565	872		677	677		
	$\lambda p$	[-]	1.343	0.625	1.723		2.597	2.597		
	$\rho$	[-]	0.671	1.000	0.528		0.352	0.352		
	$K\sigma$	[-]	14.964	69.101	9.088		4.000	4.000		
	bei	[mm]	1200	1694	349		338	338		
	bes	[mm]	324	226	791		338	338		
	bei_L	[mm]	1438	1694	661		960	960		
	bes_L	[mm]	482	226	1259		960	960		
y_foro	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			
b_foro	[mm]	396	0	780		1243	1243			
ys_loc	[mm]	1646	1744	1179		1632	1632			
yi_loc	[mm]	1250	1744	399		388	388			
ys_asse	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			
yi_asse	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			

		CALCOLO COEFFICIENTE $\rho_c$ ANIMA ED IRRIGIDITORI COMPRESI								
		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> ]								
	$\beta$	[-]								
	$\lambda p$	[-]								
	$\rho p$	[-]								
	$\xi$	[-]								
	$\rho/\rho_c$	[-]	<b>0.671</b>	<b>1.000</b>	<b>0.528</b>		<b>0.352</b>	<b>0.352</b>		

		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
	pp_sup	[-]	1.000				1.000			
	pp_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	-		15.83	6.30					
Area sezione omog.	A	[mm <sup>2</sup> ]					60828	130008	248625	
Pos.inf baricentro	Yinf	[mm]	706	1405	1750					
Pos.sup baricentro	Ysup	[mm]	1294	895	550					
Mom.inerzia sezione	J	[mm <sup>4</sup> ]	4.95E+10	1.25E+11	1.48E+11					
Modulo di res.piatt.inf.	Wpi	[mm <sup>3</sup> ]	7.01E+07	8.91E+07	8.43E+07					
Modulo di res.anima inf.	Wwi	[mm <sup>3</sup> ]	7.55E+07	9.24E+07	8.68E+07					
Modulo di res.anima sup.	Wws	[mm <sup>3</sup> ]	3.91E+07	2.22E+08	6.71E+08					
Modulo di res.piatt.sup.	Wps	[mm <sup>3</sup> ]	3.82E+07	2.10E+08	5.91E+08					
Modulo di res.cls inf.	Wci / n	[mm <sup>3</sup> ]		2.09E+08	5.79E+08					
Modulo di res.arm.inf.	Wsi	[mm <sup>3</sup> ]		1.85E+08	4.47E+08					
Modulo di res.arm.sup.	Wss	[mm <sup>3</sup> ]		1.48E+08	2.95E+08					
Modulo di res.cls sup.	Wcs / n	[mm <sup>3</sup> ]		1.40E+08	2.68E+08					
S/J per calcolo connettori	S/J	[mm <sup>-1</sup> ]		4.13E-04	4.58E-04					

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-10 Nodo 295 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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	-6.8	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	98	367	7134	-	-	-	4877	110	13508
SLU_TRAVE	2	-7.3	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	96	-699	8863	-	-	-	5698	-956	14081
SLU_TRAVE	3	-7.9	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	95	-579	10841	-	-	-	6639	-836	14737
SLU_TRAVE	4	-4.6	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	104	0	-26	-	-	-	1472	-257	11132
SLU_TRAVE	5	-6.8	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	92	367	7130	-	-	-	4873	110	13506
SLU_TRAVE	6	-7.3	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	90	-699	8859	-	-	-	5694	-956	14079
SLU_TRAVE	7	-7.9	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	89	-579	10836	-	-	-	6635	-836	14735
SLU_TRAVE	8	-4.6	-30	-177	7191	-4442	-81	9368	98	0	-31	-	-	-	1468	-257	11131
SLU_TRAVE	9	-3.1	-30	-177	7191	-6	-81	3238	98	367	7134	-	-	-	4731	110	10923
SLU_TRAVE	10	-3.6	-30	-177	7191	-6	-81	3238	96	-699	8863	-	-	-	5553	-956	11496
SLU_TRAVE	11	-4.2	-30	-177	7191	-6	-81	3238	95	-579	10841	-	-	-	6493	-836	12152
SLU_TRAVE	12	-0.9	-30	-177	7191	-6	-81	3238	104	0	-26	-	-	-	1326	-257	8547
SLU_TRAVE	13	-3.1	-30	-177	7191	-6	-81	3238	92	367	7130	-	-	-	4727	110	10921
SLU_TRAVE	14	-3.6	-30	-177	7191	-6	-81	3238	90	-699	8859	-	-	-	5549	-956	11494
SLU_TRAVE	15	-4.2	-30	-177	7191	-6	-81	3238	89	-579	10836	-	-	-	6489	-836	12150
SLU_TRAVE	16	-0.9	-30	-177	7191	-6	-81	3238	98	0	-31	-	-	-	1322	-257	8546

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-10 Nodo 295 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
FATICA	35	-0.7	0	0	0	0	0	0	-2	133	2455	-	-	-	1167	133	814
FATICA	36	-0.9	0	0	0	0	0	0	-3	-254	3093	-	-	-	1470	-254	1026
FATICA	37	-1	0	0	0	0	0	0	-3	-85	3248	-	-	-	1544	-85	1077
FATICA	38	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	-1	0	0	-1

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-10	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	295	Posizione	19	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	1	-5.75	-2.63	11.96			3.58	34.70
		MIN	2	-5.75	-2.63	-22.74			-31.12	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	102.07	71.00	116.33			289.40	151.00
		MIN	16	102.07	36.30	0.03			138.40	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	95.33	67.41	117.54			280.28	149.61
		MIN	16	95.33	35.31	0.04			130.67	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	6	184.49	76.58	41.99			303.06	102.78
		MIN	16	184.49	15.35	0.44			200.28	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-188.58	-15.43	0.46			-203.55	83.65
		MIN	7	-188.58	-78.68	-19.94			-287.21	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	4		-4.99	0.07		4.29	-0.63	3.58
		MIN	15		-0.98	-3.22			-4.20	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.50	-17.50	0.48			-17.52	93.03
		MIN	7	-0.50	-84.67	-25.39			-110.56	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.50	-21.90	0.51			-21.89	112.97
		MIN	7	-0.50	-97.40	-36.97			-134.86	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12		-1.47	0.08			-1.38	7.12
		MIN	7		-6.39	-6.41		4.29	-8.51	
Q (KN/m)	SLU_TRAVE	MAX	1		-38.46	174.74			136.29	507.06
		MIN	2		-38.46	-332.32			-370.78	
wd (mm)	SLU_TRAVE	MAX	1							
		MIN	1							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

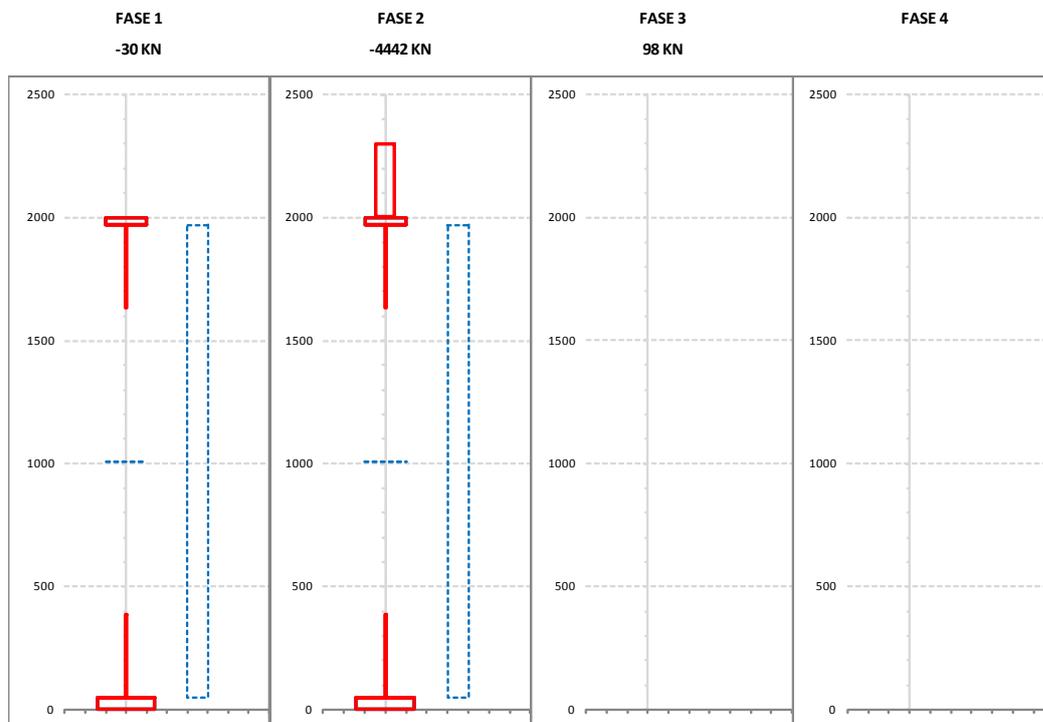
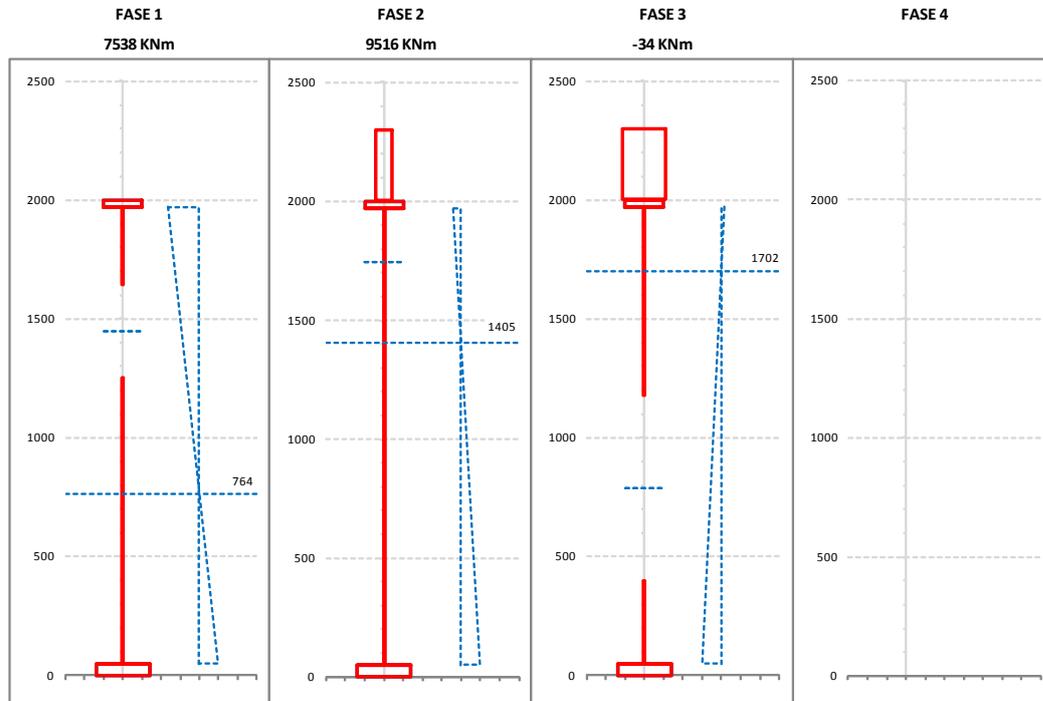
Asta N.	T1-10	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	295	Posizione	19	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35			4.32			4.32	12.58
		MIN	36			-8.26			-8.26	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	37			34.73			34.73	34.74
		MIN	38				-0.01		-0.01	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36			35.14			35.14	35.13
		MIN	38				0.01		0.01	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36			15.23			15.23	15.22
		MIN	38				0.01		0.01	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.01		0.01	6.11
		MIN	37			-6.10			-6.10	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38							0.98
		MIN	37			-0.98			-0.98	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.01		0.01	7.74
		MIN	37			-7.73			-7.73	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.02		0.02	11.21
		MIN	37			-11.20			-11.20	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38							1.94
		MIN	37			-1.94			-1.94	
Q (KN/m)	FATICA	MAX	35			63.07			63.07	183.82
		MIN	36			-120.75			-120.75	
wd (mm)	FATICA	MAX	38				0.00		0.00	0.00
		MIN	35							

6.3.4 Elemento T12- Sezione di mezzeria campata

CARATTERISTICHE DI INERZIA DELLE SEZIONI EFFICACI

Asta N.	T1-12	Sezione	S03	Num.CMB	8	h(mm)	hw(mm)	ts(mm)	ti(mm)	tw(mm)
Nodo	301	Pos.	23			2000	1920	30	50	16



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

		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 1	bpan	[mm]	1920	1920	1920		1920	1920		
	ys_pan	[mm]	30	30	30		30	30		
	yi_pan	[mm]	1950	1950	1950		1950	1950		
	ψ	[-]	-0.592	-2.399	-0.162		1.000	1.000		
	bc	[mm]	1206	565	1652		1920	1920		
	bt	[mm]	714	1355	268		0	0		
	beff	[mm]	810	565	872		677	677		
	λp	[-]	1.343	0.625	1.723		2.597	2.597		
	ρ	[-]	0.671	1.000	0.528		0.352	0.352		
	Kα	[-]	14.964	69.101	9.088		4.000	4.000		
	bei	[mm]	1200	1694	349		338	338		
	bes	[mm]	324	226	791		338	338		
	bei_L	[mm]	1438	1694	661		960	960		
	bes_L	[mm]	482	226	1259		960	960		
y_foro	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			
b_foro	[mm]	396	0	780		1243	1243			
ys_loc	[mm]	1646	1744	1179		1632	1632			
yi_loc	[mm]	1250	1744	399		388	388			
ys_asse	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			
yi_asse	[mm]	1448	1744	789		1010	1010			

		CALCOLO COEFFICIENTE pc ANIMA ED IRRIGIDITORI COMPRESI								
		u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
			FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
	ψ_plate	[-]								
	A_eff_loc	[mm <sup>2</sup> ]								
	A_c_loc	[mm <sup>2</sup> ]								
	β	[-]								
	λp	[-]								
	ρp	[-]								
	ξ	[-]								
	ρ/ρC	[-]	<b>0.671</b>	<b>1.000</b>	<b>0.528</b>		<b>0.352</b>	<b>0.352</b>		

		CALCOLO ρ PIATTABANDE								
		u.m.	MOMENTO FLETTENTE				SFORZO NORMALE			
			FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4	FASE 1	FASE 2	FASE 3	FASE 4
	pp_sup	[-]	1.000				1.000			
	pp_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	-		15.83	6.30					
Area sezione omog.	A	[mm <sup>2</sup> ]					60828	130008	248625	
Pos.inf baricentro	Yinf	[mm]	706	1405	1750					
Pos.sup baricentro	Ysup	[mm]	1294	895	550					
Mom.inerzia sezione	J	[mm <sup>4</sup> ]	4.95E+10	1.25E+11	1.48E+11					
Modulo di res.piatt.inf.	Wpi	[mm <sup>3</sup> ]	7.01E+07	8.91E+07	8.43E+07					
Modulo di res.anima inf.	Wwi	[mm <sup>3</sup> ]	7.55E+07	9.24E+07	8.68E+07					
Modulo di res.anima sup.	Wws	[mm <sup>3</sup> ]	3.91E+07	2.22E+08	6.71E+08					
Modulo di res.piatt.sup.	Wps	[mm <sup>3</sup> ]	3.82E+07	2.10E+08	5.91E+08					
Modulo di res.cls inf.	Wci / n	[mm <sup>3</sup> ]		2.09E+08	5.79E+08					
Modulo di res.arm.inf.	Wsi	[mm <sup>3</sup> ]		1.85E+08	4.47E+08					
Modulo di res.arm.sup.	Wss	[mm <sup>3</sup> ]		1.48E+08	2.95E+08					
Modulo di res.cls sup.	Wcs / n	[mm <sup>3</sup> ]		1.40E+08	2.68E+08					
S/J per calcolo connettori	S/J	[mm <sup>-1</sup> ]		4.13E-04	4.58E-04					

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-12      Nodo 301      (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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	-7.3	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	97	519	8774	-	-	-	5718	509	14461
SLU_TRAVE	2	-7.1	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	97	-533	7964	-	-	-	5332	-543	14192
SLU_TRAVE	3	-8.1	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	94	353	11351	-	-	-	6943	343	15316
SLU_TRAVE	4	-4.7	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	104	-2	-29	-	-	-	1532	-12	11541
SLU_TRAVE	5	-7.3	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	91	519	8770	-	-	-	5713	509	14459
SLU_TRAVE	6	-7.1	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	91	-533	7960	-	-	-	5328	-543	14191
SLU_TRAVE	7	-8.1	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	88	353	11347	-	-	-	6939	343	15314
SLU_TRAVE	8	-4.7	-30	-3	7538	-4442	-7	9516	98	-2	-34	-	-	-	1528	-12	11539
SLU_TRAVE	9	-3.6	-30	-3	7538	-6	-7	3386	97	519	8774	-	-	-	5572	509	11876
SLU_TRAVE	10	-3.4	-30	-3	7538	-6	-7	3386	97	-533	7964	-	-	-	5187	-543	11607
SLU_TRAVE	11	-4.4	-30	-3	7538	-6	-7	3386	94	353	11351	-	-	-	6797	343	12731
SLU_TRAVE	12	-1	-30	-3	7538	-6	-7	3386	104	-2	-29	-	-	-	1386	-12	8956
SLU_TRAVE	13	-3.6	-30	-3	7538	-6	-7	3386	91	519	8770	-	-	-	5568	509	11875
SLU_TRAVE	14	-3.4	-30	-3	7538	-6	-7	3386	91	-533	7960	-	-	-	5182	-543	11606
SLU_TRAVE	15	-4.4	-30	-3	7538	-6	-7	3386	88	353	11347	-	-	-	6793	343	12729
SLU_TRAVE	16	-1	-30	-3	7538	-6	-7	3386	98	-2	-34	-	-	-	1382	-12	8955

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-12      Nodo 301      (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
FATICA	35	-0.9	0	0	0	0	0	0	-3	189	3075	-	-	-	1462	189	1020
FATICA	36	-0.9	0	0	0	0	0	0	-3	-198	2834	-	-	-	1347	-198	940
FATICA	37	-1	0	0	0	0	0	0	-3	-38	3324	-	-	-	1580	-38	1103
FATICA	38	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-12	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	301	Posizione	23	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	1	-0.09	-0.23	16.90			16.58	34.26
		MIN	2	-0.09	-0.23	-17.36			-17.68	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	107.03	72.66	121.78			301.47	156.49
		MIN	16	107.03	37.96	-0.01			144.98	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	3	99.41	68.86	119.89			288.15	152.03
		MIN	16	99.41	36.61	0.11			136.13	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	6	193.10	77.11	32.77			302.97	94.09
		MIN	16	193.10	15.33	0.46			208.88	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-197.67	-16.14	0.47			-213.33	84.62
		MIN	7	-197.67	-79.39	-20.90			-297.95	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	4		-5.04	0.07		4.29	-0.67	3.73
		MIN	15		-1.03	-3.38			-4.40	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.50	-18.30	0.48			-18.31	94.26
		MIN	7	-0.50	-85.47	-26.60			-112.57	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12	-0.50	-22.90	0.52			-22.88	114.74
		MIN	7	-0.50	-98.39	-38.72			-137.61	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLU_TRAVE	MAX	12		-1.53	0.08			-1.45	7.43
		MIN	7		-6.46	-6.72		4.29	-8.88	
Q (KN/m)	SLU_TRAVE	MAX	1		-3.38	247.00			243.62	500.63
		MIN	2		-3.38	-253.63			-257.01	
wd (mm)	SLU_TRAVE	MAX	1							
		MIN	1							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-12

Sezione

S03

Valori calcolati con inerzie EFFICACI

Nodo

301

Posizione

23

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	35			6.17			6.17	12.62
		MIN	36			-6.46			-6.46	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	37			35.54			35.54	35.55
		MIN	38				0.00		0.00	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	37			34.56			34.56	34.56
		MIN	38				0.01		0.01	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	36			12.16			12.16	12.15
		MIN	38				0.01		0.01	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.01		0.01	6.24
		MIN	37			-6.24			-6.24	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38							1.01
		MIN	37			-1.01			-1.01	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.01		0.01	7.92
		MIN	37			-7.91			-7.91	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38				0.01		0.01	11.47
		MIN	37			-11.46			-11.46	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	FATICA	MAX	38							1.99
		MIN	37			-1.99			-1.99	
Q (KN/m)	FATICA	MAX	35			90.11			90.11	184.46
		MIN	36			-94.34			-94.34	
wd (mm)	FATICA	MAX	38				0.00		0.00	0.00
		MIN	35							

## 6.4 Verifiche agli stati limite ultimi

### 6.4.1 Verifica tensioni slu estradosso/intradosso piattabande travi principali

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

Nel primo 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 secondo 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:

$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1.05} = 338.10 N / mm^2, \quad \text{per spessori minori uguali a 40mm}$$

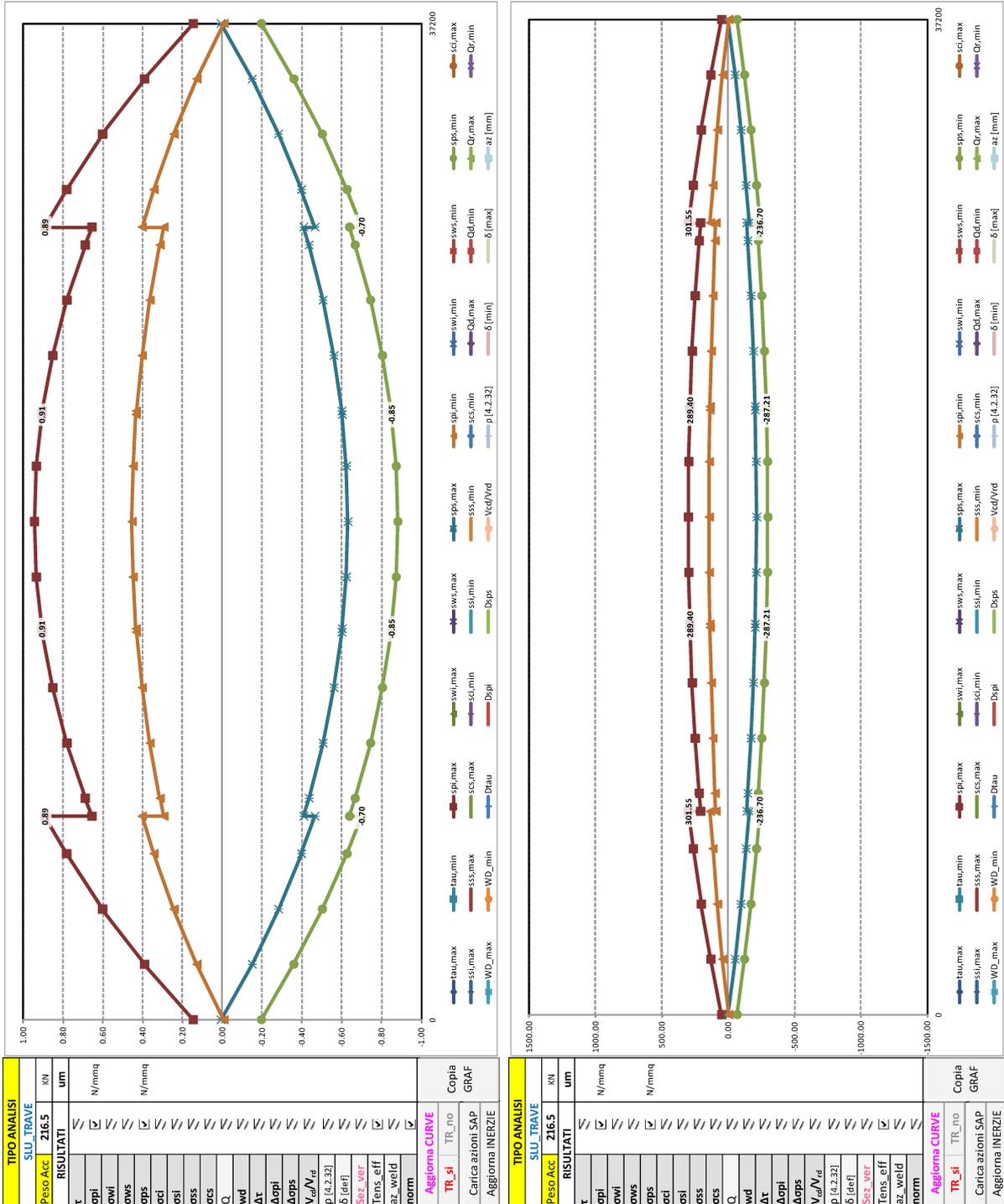
$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{335}{1.05} = 319.05 N / mm^2, \quad \text{per spessori maggiori a 40mm}$$

con  $\gamma_{M0}=1.05$

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

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLU_TRAVE		
X(mm)	elem	Nodo	spl,max	sps,max	spl,min	sps,min
0	T1-1	268	49.54	2.41	-2.79	-66.13
2070	T1-1	271	132.65	-50.65	43.21	-121.38
2070	T1-2	271	132.04	-50.65	43.31	-121.31
4130	T1-2	274	204.02	-95.38	82.20	-169.78
4130	T1-3	274	203.38	-95.39	82.30	-169.71
6200	T1-3	277	264.93	-134.37	116.03	-211.83
6200	T1-4	277	264.42	-134.21	116.21	-211.58
7600	T1-4	280	301.55	-157.41	136.41	-236.70
7600	T1-5	280	209.26	-138.38	93.86	-215.80
8270	T1-5	283	220.16	-147.28	99.92	-225.55
8270	T1-6	283	219.78	-147.29	99.98	-225.48
10330	T1-6	286	249.59	-171.09	116.15	-251.67
10330	T1-7	286	249.26	-171.10	116.20	-251.62
12400	T1-7	289	272.08	-189.56	128.67	-271.89
12400	T1-8	289	271.85	-189.47	128.74	-271.74
14470	T1-8	292	288.51	-202.89	137.92	-286.47
14470	T1-9	292	288.33	-202.89	137.95	-286.44
14600	T1-9	295	289.40	-203.55	138.40	-287.21
14600	T1-10	295	289.40	-203.55	138.40	-287.21
16530	T1-10	298	298.30	-210.82	143.33	-295.17
16530	T1-11	298	298.22	-210.82	143.35	-295.15
18600	T1-11	301	301.47	-213.33	144.98	-297.95
18600	T1-12	301	301.47	-213.33	144.98	-297.95
20670	T1-12	304	298.22	-210.82	143.35	-295.15
20670	T1-13	304	298.30	-210.82	143.33	-295.17
22600	T1-13	307	289.40	-203.55	138.40	-287.21
22600	T1-14	307	289.40	-203.55	138.40	-287.21
22730	T1-14	310	288.33	-202.89	137.95	-286.44
22730	T1-15	310	288.51	-202.89	137.92	-286.47
24800	T1-15	313	271.85	-189.47	128.74	-271.74
24800	T1-16	313	272.08	-189.56	128.67	-271.89
26870	T1-16	316	249.26	-171.10	116.20	-251.62
26870	T1-17	316	249.59	-171.09	116.15	-251.67
28930	T1-17	358	219.78	-147.29	99.98	-225.48
28930	T1-18	358	220.16	-147.28	99.92	-225.55
29600	T1-18	361	209.26	-138.38	93.86	-215.80
29600	T1-19	361	301.55	-157.41	136.41	-236.70
31000	T1-19	364	264.42	-134.21	116.21	-211.58
31000	T1-20	364	264.93	-134.37	116.03	-211.83
33070	T1-20	367	203.38	-95.39	82.30	-169.71
33070	T1-21	367	204.02	-95.38	82.20	-169.78
35130	T1-21	370	132.04	-50.65	43.31	-121.31
35130	T1-22	370	132.65	-50.65	43.21	-121.38
37200	T1-22	373	49.54	2.41	-2.79	-66.13

#### 6.4.2 Verifica tensioni slw estradosso/intradosso anima travi principali

Di seguito si riportano i grafici relativi alle verifiche condotte agli stati limite ultimi all'intradosso e all'estradosso dell'anima.

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

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

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

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

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

Nel secondo 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:

$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{355}{1.05} = 338.10 N / mm^2, \quad \text{per spessori minori uguali a 40mm}$$

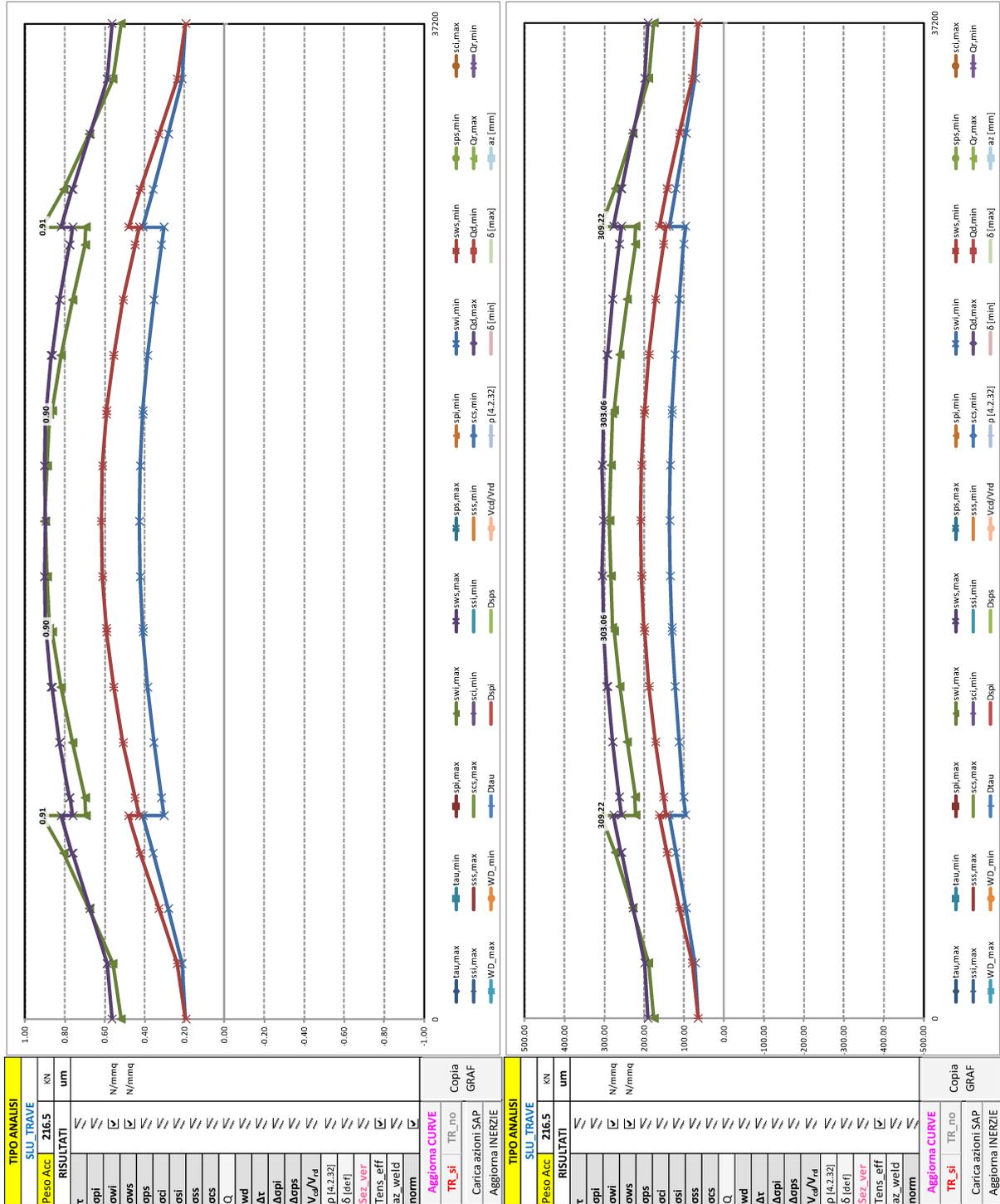
$$\sigma_{lim} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{335}{1.05} = 319.05 N / mm^2, \quad \text{per spessori maggiori a 40mm}$$

con  $\gamma_{M0}=1.05$

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

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLU_TRAVE		
X(mm)	elem	Nodo	swi,max	sws,max	swi,min	sws,min
0	T1-1	268	175.70	190.85	65.52	65.51
2070	T1-1	271	189.69	199.05	72.17	80.16
2070	T1-2	271	189.61	199.33	72.08	80.10
4130	T1-2	274	229.51	227.72	94.98	111.26
4130	T1-3	274	229.29	228.15	94.94	111.27
6200	T1-3	277	272.70	256.81	121.09	142.66
6200	T1-4	277	272.67	258.68	121.10	143.15
7600	T1-4	280	309.22	276.94	138.04	162.63
7600	T1-5	280	221.62	257.15	96.77	144.43
8270	T1-5	283	222.96	262.23	101.05	151.76
8270	T1-6	283	222.71	262.92	101.02	151.82
10330	T1-6	286	243.26	279.18	113.09	171.78
10330	T1-7	286	243.13	279.83	113.08	171.84
12400	T1-7	289	261.57	291.88	122.90	187.68
12400	T1-8	289	261.66	294.30	122.95	188.10
14470	T1-8	292	275.51	301.52	130.27	199.67
14470	T1-9	292	275.48	302.39	130.31	199.71
14600	T1-9	295	280.28	303.06	130.67	200.28
14600	T1-10	295	280.28	303.06	130.67	200.28
16530	T1-10	298	283.84	304.78	134.72	206.62
16530	T1-11	298	283.80	305.51	134.72	206.64
18600	T1-11	301	286.86	302.97	136.13	208.88
18600	T1-12	301	288.15	302.97	136.13	208.88
20670	T1-12	304	283.80	305.51	134.72	206.64
20670	T1-13	304	283.84	304.78	134.72	206.62
22600	T1-13	307	280.28	303.06	130.67	200.28
22600	T1-14	307	280.28	303.06	130.67	200.28
22730	T1-14	310	275.48	302.39	130.31	199.71
22730	T1-15	310	275.51	301.52	130.27	199.67
24800	T1-15	313	261.66	294.30	122.95	188.10
24800	T1-16	313	261.57	291.88	122.90	187.68
26870	T1-16	316	243.13	279.83	113.08	171.84
26870	T1-17	316	243.26	279.18	113.09	171.78
28930	T1-17	358	222.71	262.92	101.02	151.82
28930	T1-18	358	222.96	262.23	101.05	151.76
29600	T1-18	361	221.62	257.15	96.77	144.43
29600	T1-19	361	309.22	276.94	138.04	162.63
31000	T1-19	364	272.67	258.68	121.10	143.15
31000	T1-20	364	272.70	256.81	121.09	142.66
33070	T1-20	367	229.29	228.15	94.94	111.27
33070	T1-21	367	229.51	227.72	94.98	111.26
35130	T1-21	370	189.61	199.33	72.08	80.10
35130	T1-22	370	189.69	199.05	72.17	80.16
37200	T1-22	373	175.70	190.85	65.52	65.51

#### 6.4.3 Verifiche a taglio travi principali

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 (taglio sollecitante minore del taglio resistente).

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

$x$  è l'ascissa dei pannelli d'anima;

$\tau$  è la tensione di taglio;

$A_T$  è l'area di taglio;

$A$  è l'interasse 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):

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

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;

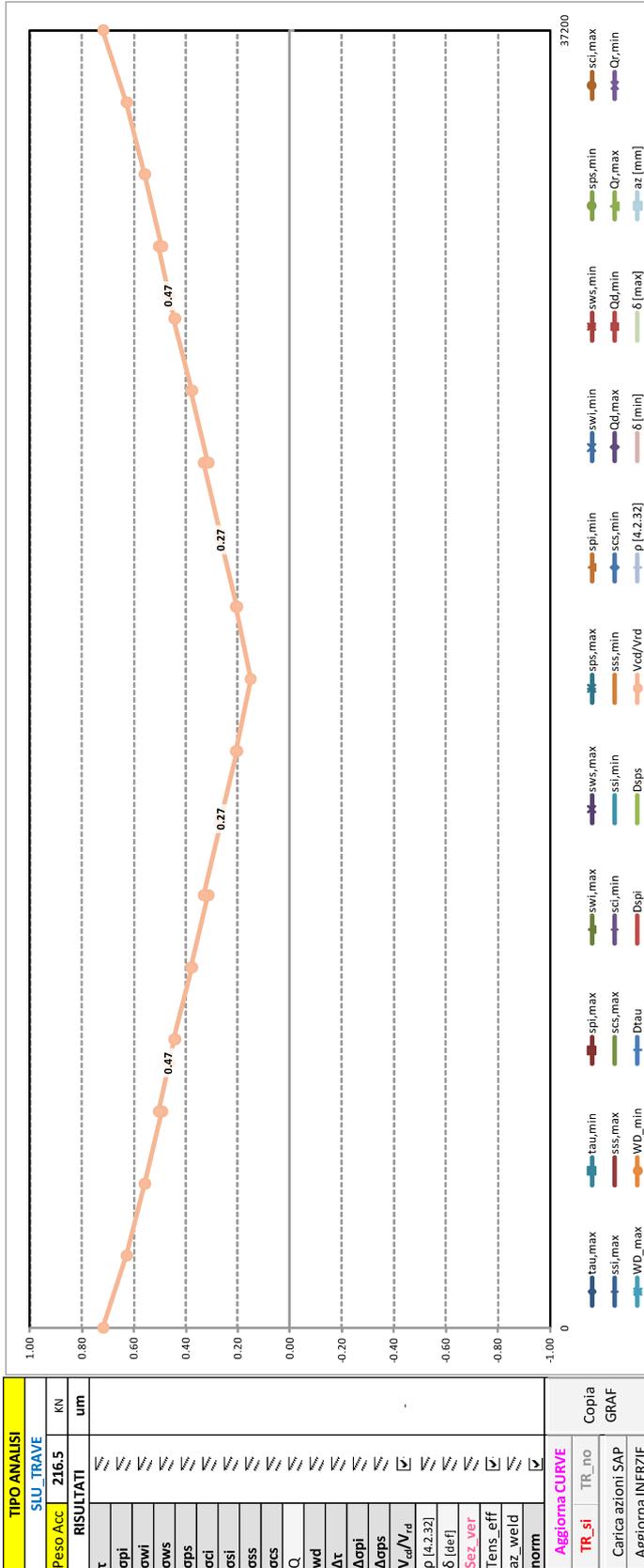
$t$  è lo spessore del pannello d'anima;

$\gamma_{M1} = 1.10$  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 1.0.

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLU_TRAVE
X(mm)	elem	Nodo	Vcd/Vrd	
0	T1-1	268	0.72	
2070	T1-1	271	0.63	
2070	T1-2	271	0.63	
4130	T1-2	274	0.56	
4130	T1-3	274	0.56	
6200	T1-3	277	0.49	
6200	T1-4	277	0.51	
7600	T1-4	280	0.46	
7600	T1-5	280	0.47	
8270	T1-5	283	0.44	
8270	T1-6	283	0.45	
10330	T1-6	286	0.38	
10330	T1-7	286	0.38	
12400	T1-7	289	0.31	
12400	T1-8	289	0.33	
14470	T1-8	292	0.26	
14470	T1-9	292	0.27	
14600	T1-9	295	0.27	
14600	T1-10	295	0.27	
16530	T1-10	298	0.20	
16530	T1-11	298	0.21	
18600	T1-11	301	0.15	
18600	T1-12	301	0.15	
20670	T1-12	304	0.21	
20670	T1-13	304	0.20	
22600	T1-13	307	0.27	
22600	T1-14	307	0.27	
22730	T1-14	310	0.27	
22730	T1-15	310	0.26	
24800	T1-15	313	0.33	
24800	T1-16	313	0.31	
26870	T1-16	316	0.38	
26870	T1-17	316	0.38	
28930	T1-17	358	0.45	
28930	T1-18	358	0.44	
29600	T1-18	361	0.47	
29600	T1-19	361	0.46	
31000	T1-19	364	0.51	
31000	T1-20	364	0.49	
33070	T1-20	367	0.56	
33070	T1-21	367	0.56	
35130	T1-21	370	0.63	
35130	T1-22	370	0.63	
37200	T1-22	373	0.72	

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	AT(mmq)	A(mm)	hw(mm)	Modalità collasso	$\kappa\tau$	$\sigma E$ (Mpa)	$\tau_{crit}$ (Mpa)	$\lambda w$	$\chi w$	hp(mm)	$V_{bcd}$	$V_{bwrd}$	$V_{bcd}/V_{bwrd}$	$V_{c,RD}$	$V_{bcd}/V_{c,RD}$	$\rho$
0	T1-1	268	83	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2579	3590	0.72	6 075	0.42	-
2070	T1-1	271	72	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2253	3590	0.63	6 075	0.37	-
2070	T1-2	271	73	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2259	3590	0.63	6 075	0.37	-
4130	T1-2	274	64	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2002	3590	0.56	6 075	0.33	-
4130	T1-3	274	65	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2011	3590	0.56	6 075	0.33	-
6200	T1-3	277	57	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	1766	3590	0.49	6 075	0.29	-
6200	T1-4	277	58	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	1813	3590	0.51	6 075	0.30	-
7600	T1-4	280	53	2	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	1663	3590	0.46	6 075	0.27	-
7600	T1-5	280	55	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1678	3571	0.47	5 997	0.28	-
8270	T1-5	283	51	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1577	3571	0.44	5 997	0.26	-
8270	T1-6	283	52	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1592	3571	0.45	5 997	0.27	-
10330	T1-6	286	44	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1346	3571	0.38	5 997	0.22	-
10330	T1-7	286	44	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1361	3571	0.38	5 997	0.23	-
12400	T1-7	289	36	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1121	3571	0.31	5 997	0.19	-
12400	T1-8	289	39	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1188	3571	0.33	5 997	0.20	-
14470	T1-8	292	31	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	945	3571	0.26	5 997	0.16	-
14470	T1-9	292	31	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	965	3571	0.27	5 997	0.16	-
14600	T1-9	295	31	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	956	3571	0.27	5 997	0.16	-
14600	T1-10	295	31	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	956	3571	0.27	5 997	0.16	-
16530	T1-10	298	24	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	727	3571	0.20	5 997	0.12	-
16530	T1-11	298	24	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	746	3571	0.21	5 997	0.12	-
18600	T1-11	301	18	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	543	3571	0.15	5 997	0.09	-
18600	T1-12	301	18	2	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	543	3571	0.15	5 997	0.09	-
20670	T1-12	304	24	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	746	3571	0.21	5 997	0.12	-
20670	T1-13	304	24	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	727	3571	0.20	5 997	0.12	-
22600	T1-13	307	31	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	956	3571	0.27	5 997	0.16	-
22600	T1-14	307	31	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	956	3571	0.27	5 997	0.16	-
22730	T1-14	310	31	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	965	3571	0.27	5 997	0.16	-
22730	T1-15	310	31	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	945	3571	0.26	5 997	0.16	-
24800	T1-15	313	39	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1188	3571	0.33	5 997	0.20	-
24800	T1-16	313	36	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1121	3571	0.31	5 997	0.19	-
26870	T1-16	316	44	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1361	3571	0.38	5 997	0.23	-
26870	T1-17	316	44	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1346	3571	0.38	5 997	0.22	-
28930	T1-17	358	52	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1592	3571	0.45	5 997	0.27	-
28930	T1-18	358	51	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1577	3571	0.44	5 997	0.26	-
29600	T1-18	361	55	1	30720	2070	1920	Crisi pannello n. 1	8.78	13.19	115.86	1.33	0.62	1920	1678	3571	0.47	5 997	0.28	-
29600	T1-19	361	53	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	1663	3590	0.46	6 075	0.27	-
31000	T1-19	364	58	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	1813	3590	0.51	6 075	0.30	-
31000	T1-20	364	57	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	1766	3590	0.49	6 075	0.29	-
33070	T1-20	367	65	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2011	3590	0.56	6 075	0.33	-
33070	T1-21	367	64	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2002	3590	0.56	6 075	0.33	-
35130	T1-21	370	73	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2259	3590	0.63	6 075	0.37	-
35130	T1-22	370	72	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2253	3590	0.63	6 075	0.37	-
37200	T1-22	373	83	1	31120	2070	1945	Crisi pannello n. 1	8.87	12.86	114.06	1.34	0.62	1945	2579	3590	0.72	6 075	0.42	-

#### 6.4.4 Verifica delle unioni saldate

Si riportano di seguito le verifiche della saldatura dell'anima della trave di impalcato con le piattabande.

Le verifiche delle saldature sono state condotte verificando che, in accordo al paragrafo 4.2.8.2.4 delle Norme Tecniche:

$$\frac{F_{w,Ed}}{F_{w,Rd}} \leq 1$$

Dove:

$F_{w,Ed}$  è la forza di calcolo che sollecita il cordone d'angolo per unità di lunghezza;

$F_{w,Rd} = \frac{a \cdot f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}$  è la resistenza di calcolo del cordone d'angolo per unità di lunghezza.

$a$  è l'altezza di gola della saldatura;

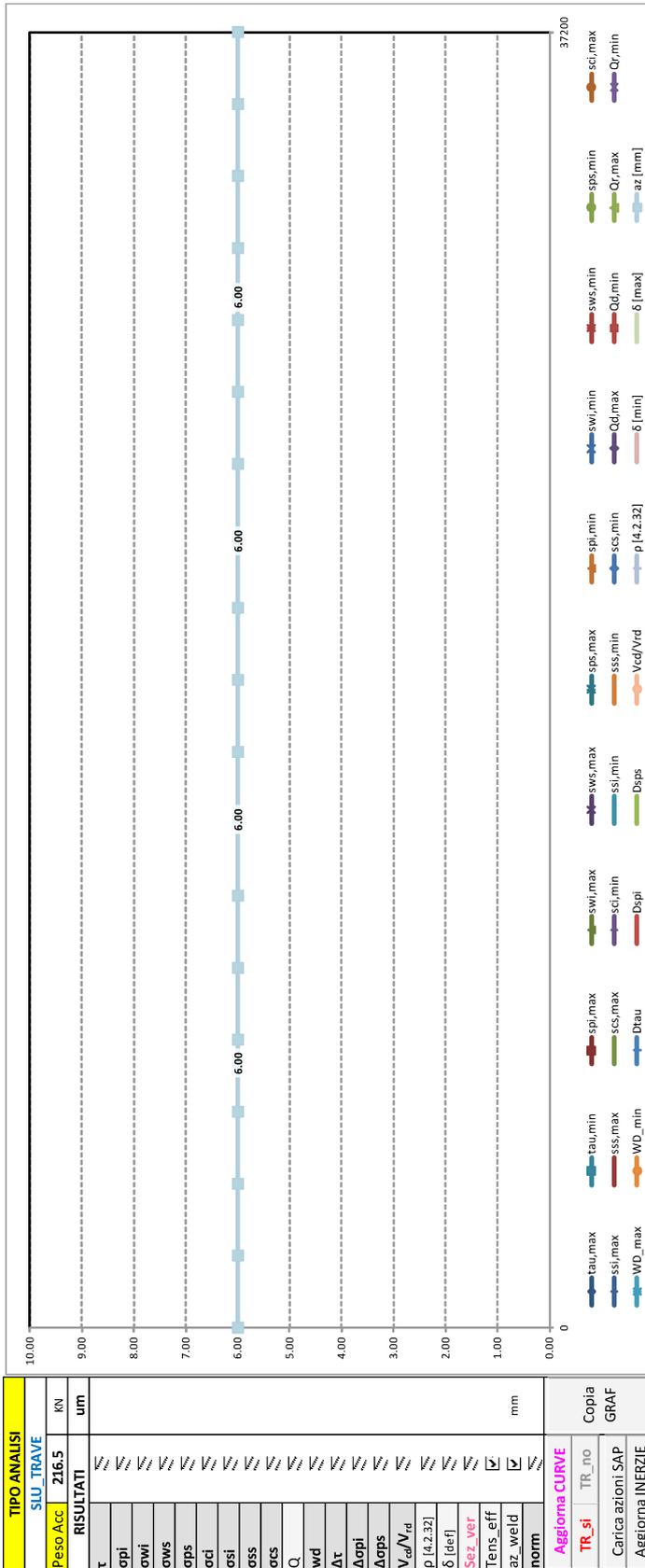
$f_{tk}$  è la resistenza a rottura del più debole degli elementi collegati;

$\beta = 0.90$  per acciaio S355;

$\gamma_{M2} = 1.25$  è il coefficiente di sicurezza.

Di seguito si riportano il grafico illustrante il valore della sezione di gola "az" del cordone d'angolo e il relativo tabulato.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLU_TRAVE
X(mm)	elem	Nodo	az [mm]	
0	T1-1	268	6.00	
2070	T1-1	271	6.00	
2070	T1-2	271	6.00	
4130	T1-2	274	6.00	
4130	T1-3	274	6.00	
6200	T1-3	277	6.00	
6200	T1-4	277	6.00	
7600	T1-4	280	6.00	
7600	T1-5	280	6.00	
8270	T1-5	283	6.00	
8270	T1-6	283	6.00	
10330	T1-6	286	6.00	
10330	T1-7	286	6.00	
12400	T1-7	289	6.00	
12400	T1-8	289	6.00	
14470	T1-8	292	6.00	
14470	T1-9	292	6.00	
14600	T1-9	295	6.00	
14600	T1-10	295	6.00	
16530	T1-10	298	6.00	
16530	T1-11	298	6.00	
18600	T1-11	301	6.00	
18600	T1-12	301	6.00	
20670	T1-12	304	6.00	
20670	T1-13	304	6.00	
22600	T1-13	307	6.00	
22600	T1-14	307	6.00	
22730	T1-14	310	6.00	
22730	T1-15	310	6.00	
24800	T1-15	313	6.00	
24800	T1-16	313	6.00	
26870	T1-16	316	6.00	
26870	T1-17	316	6.00	
28930	T1-17	358	6.00	
28930	T1-18	358	6.00	
29600	T1-18	361	6.00	
29600	T1-19	361	6.00	
31000	T1-19	364	6.00	
31000	T1-20	364	6.00	
33070	T1-20	367	6.00	
33070	T1-21	367	6.00	
35130	T1-21	370	6.00	
35130	T1-22	370	6.00	
37200	T1-22	373	6.00	

#### 6.4.5 Verifica irrigiditori trasversali

Si riportano nelle seguenti tabelle, 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.

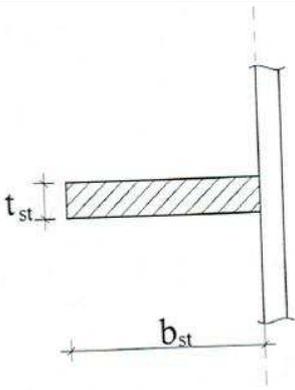
Nel dettaglio, trattandosi di irrigiditori aperti, la verifica di stabilità può considerarsi soddisfatta se:

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

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:

	$I_p = \frac{b_{st}^3 \cdot t_{st}}{3} + \frac{t_{st}^3 \cdot b_{st}}{12} \approx \frac{b_{st}^3 \cdot t_{st}}{3}$ $I_t = \frac{b_{st} \cdot t_{st}^3}{3}$ $\frac{I_t}{I_p} = \left( \frac{t_{st}}{b_{st}} \right)^2 \geq \frac{5.3 \cdot f_y}{E}$ $\frac{b_{st}}{t_{st}} \leq \sqrt{\frac{E}{5.3 \cdot f_y}} = 10.5(S355)$
--	---

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" – ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
 PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

CHECK IRRIGIDITORI TRASVERSALI				NON RIGIDI		CONTROLLO TORSIONALE					VERIFICA SENZA Nst		
X(mm)	elem	Nodo	It	Ip	Iw	lung (mm)	passo (mm)	It/Ip > 5.3 fy/E	$\sigma_{crit\_1} > \theta fy$	$\sigma_{crit\_2} > \theta fy$	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	15748608	449460	ok
2070	T1-1	271	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	724198	ok
2070	T1-2	271	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	724117	ok
4130	T1-2	274	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	965809	ok
4130	T1-3	274	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	965726	ok
6200	T1-3	277	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	1176375	ok
6200	T1-4	277	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	1176288	ok
7600	T1-4	280	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	1301623	ok
7600	T1-5	280	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1161488	ok
8270	T1-5	283	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1209127	ok
8270	T1-6	283	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1209017	ok
10330	T1-6	286	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1336556	ok
10330	T1-7	286	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1336461	ok
12400	T1-7	289	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1435389	ok
12400	T1-8	289	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1435296	ok
14470	T1-8	292	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1507074	ok
14470	T1-9	292	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1507023	ok
14600	T1-9	295	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1510631	ok
14600	T1-10	295	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1510631	ok
16530	T1-10	298	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1549517	ok
16530	T1-11	298	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1549492	ok
18600	T1-11	301	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1563074	ok
18600	T1-12	301	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1563074	ok
20670	T1-12	304	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1549492	ok
20670	T1-13	304	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1549517	ok
22600	T1-13	307	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1510631	ok
22600	T1-14	307	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1510631	ok
22730	T1-14	310	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1507023	ok
22730	T1-15	310	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1507074	ok
24800	T1-15	313	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1435296	ok
24800	T1-16	313	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1435389	ok
26870	T1-16	316	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1336461	ok
26870	T1-17	316	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1336556	ok
28930	T1-17	358	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1209017	ok
28930	T1-18	358	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1209127	ok
29600	T1-18	361	168 750	16 917 188	0	1 920	2 070	ok	ns	ns	15748608	1161488	ok
29600	T1-19	361	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	1301623	ok
31000	T1-19	364	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	1176288	ok
31000	T1-20	364	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	1176375	ok
33070	T1-20	367	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	965726	ok
33070	T1-21	367	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	965809	ok
35130	T1-21	370	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	724117	ok
35130	T1-22	370	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	724198	ok
37200	T1-22	373	168 750	16 917 188	0	1 945	2 070	ok	ns	ns	15748608	449460	ok

#### 6.4.6 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:

- $\gamma_V$  è il fattore parziale, pari a 1.25;  
 $f_t$  è la resistenza a rottura dell'acciaio del piolo;  
 $f_{ck}$  è la resistenza cilindrica del calcestruzzo della soletta;  
 $d$  è il diametro del piolo;  
 $h_{sc}$  è l'altezza del piolo dopo la saldatura.  
 $\alpha = \begin{matrix} 0.2 \cdot (h_{sc} / d + 1) & \text{per } 3 \leq h_{sc} / d \leq 4 \\ 1.0 & \text{per } h_{sc} / d > 4 \end{matrix}$

Di seguito si riportano il grafico delle verifiche effettuate e il relativo tabulato di dettaglio, 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:

$i$  è l'interasse longitudinale tra i pioli.

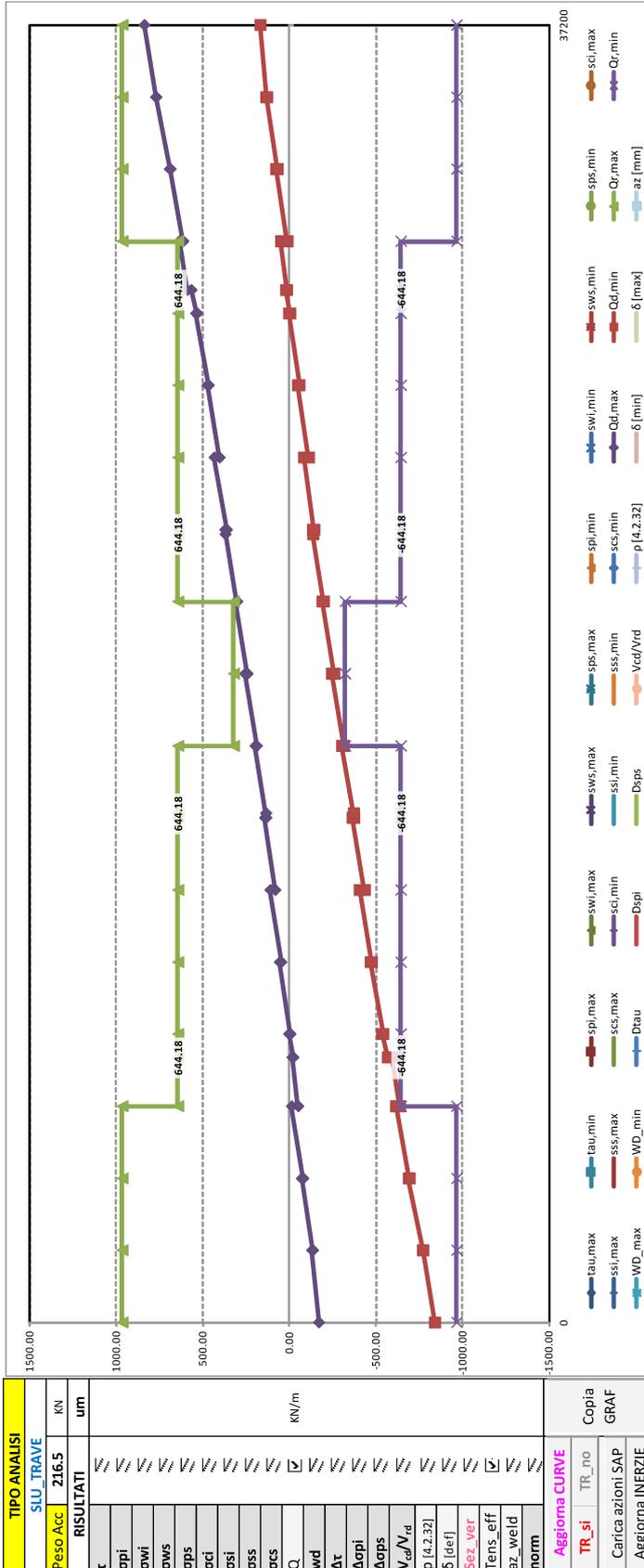
Le verifiche si intendono soddisfatte se:

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

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

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLU_TRAVE				
X(mm)	elem	Nodo	Qd,max	Qd,min	Qr,max	Qr,min	numpioli	
0	T1-1	268	-169.43	-839.12	966.27	-966.27	3.00	
2070	T1-1	271	-130.02	-769.84	966.27	-966.27	3.00	
2070	T1-2	271	-135.03	-772.79	966.27	-966.27	3.00	
4130	T1-2	274	-69.91	-688.23	966.27	-966.27	3.00	
4130	T1-3	274	-78.49	-692.94	966.27	-966.27	3.00	
6200	T1-3	277	-12.72	-614.53	966.27	-966.27	3.00	
6200	T1-4	277	-49.55	-636.24	644.18	-644.18	2.00	
7600	T1-4	280	-15.12	-591.39	644.18	-644.18	2.00	
7600	T1-5	280	-21.53	-567.39	644.18	-644.18	2.00	
8270	T1-5	283	3.90	-533.87	644.18	-644.18	2.00	
8270	T1-6	283	-3.89	-540.98	644.18	-644.18	2.00	
10330	T1-6	286	56.70	-467.62	644.18	-644.18	2.00	
10330	T1-7	286	48.38	-474.80	644.18	-644.18	2.00	
12400	T1-7	289	111.35	-405.04	644.18	-644.18	2.00	
12400	T1-8	289	82.30	-434.11	644.18	-644.18	2.00	
14470	T1-8	292	141.89	-362.63	644.18	-644.18	2.00	
14470	T1-9	292	134.86	-372.21	644.18	-644.18	2.00	
14600	T1-9	295	136.29	-370.78	644.18	-644.18	2.00	
14600	T1-10	295	136.29	-370.78	644.18	-644.18	2.00	
16530	T1-10	298	197.96	-303.23	644.18	-644.18	2.00	
16530	T1-11	298	189.48	-311.87	322.09	-322.09	1.00	
18600	T1-11	301	257.01	-243.62	322.09	-322.09	1.00	
18600	T1-12	301	243.62	-257.01	322.09	-322.09	1.00	
20670	T1-12	304	311.87	-189.48	322.09	-322.09	1.00	
20670	T1-13	304	303.23	-197.96	644.18	-644.18	2.00	
22600	T1-13	307	370.78	-136.29	644.18	-644.18	2.00	
22600	T1-14	307	370.78	-136.29	644.18	-644.18	2.00	
22730	T1-14	310	372.21	-134.86	644.18	-644.18	2.00	
22730	T1-15	310	362.63	-141.89	644.18	-644.18	2.00	
24800	T1-15	313	434.11	-82.30	644.18	-644.18	2.00	
24800	T1-16	313	405.04	-111.35	644.18	-644.18	2.00	
26870	T1-16	316	474.80	-48.38	644.18	-644.18	2.00	
26870	T1-17	316	467.62	-56.70	644.18	-644.18	2.00	
28930	T1-17	358	540.98	3.89	644.18	-644.18	2.00	
28930	T1-18	358	533.87	-3.90	644.18	-644.18	2.00	
29600	T1-18	361	567.39	21.53	644.18	-644.18	2.00	
29600	T1-19	361	591.39	15.12	644.18	-644.18	2.00	
31000	T1-19	364	636.24	49.55	644.18	-644.18	2.00	
31000	T1-20	364	614.53	12.72	966.27	-966.27	3.00	
33070	T1-20	367	692.94	78.49	966.27	-966.27	3.00	
33070	T1-21	367	688.23	69.91	966.27	-966.27	3.00	
35130	T1-21	370	772.79	135.03	966.27	-966.27	3.00	
35130	T1-22	370	769.84	130.02	966.27	-966.27	3.00	
37200	T1-22	373	839.12	169.43	966.27	-966.27	3.00	

#### 6.4.7 Verifiche armatura longitudinale della soletta

Di seguito si riportano i grafici delle tensioni massime e minime 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.

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

La resistenza di calcolo a trazione dell'acciaio (paragrafo 4.1.2.1.1.2 delle NTC) è pari a:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{450}{1.15} = 391.30 \frac{N}{mm^2}$$

Dove:

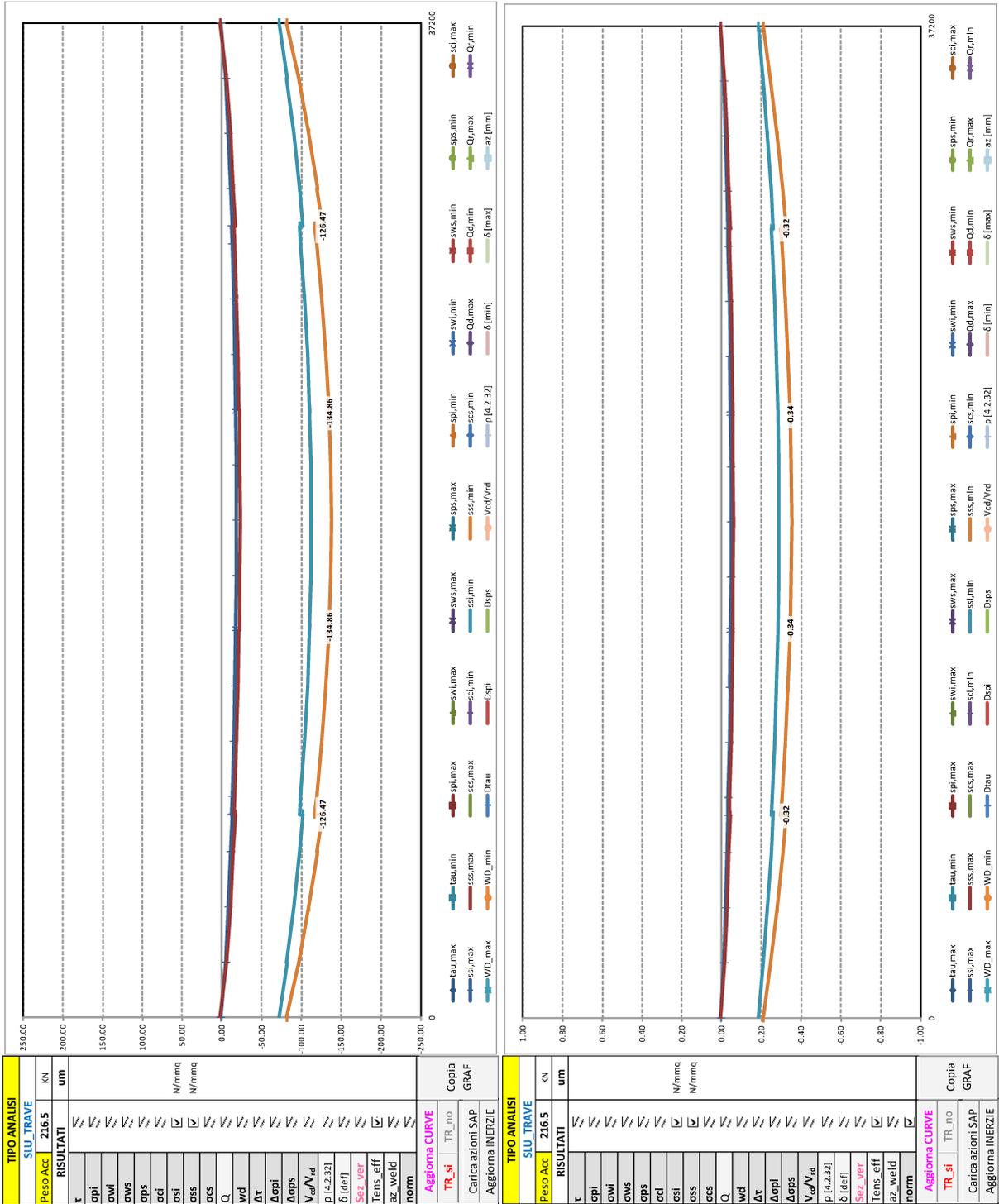
$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$  è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio;

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

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

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLU_TRAVE		
X(mm)	elem	Nodo	ssi,max	sss,max	ssi,min	sss,min
0	T1-1	268	1.84	2.17	-71.53	-81.46
2070	T1-1	271	-4.60	-5.85	-81.73	-96.58
2070	T1-2	271	-4.61	-5.87	-81.63	-96.43
4130	T1-2	274	-8.13	-10.48	-90.36	-109.37
4130	T1-3	274	-8.14	-10.50	-90.26	-109.21
6200	T1-3	277	-11.15	-14.43	-97.65	-120.16
6200	T1-4	277	-10.99	-14.27	-97.37	-119.81
7600	T1-4	280	-12.81	-16.66	-101.86	-126.47
7600	T1-5	280	-12.07	-15.05	-97.20	-116.55
8270	T1-5	283	-12.83	-16.00	-99.03	-119.06
8270	T1-6	283	-12.84	-16.01	-98.95	-118.93
10330	T1-6	286	-14.85	-18.53	-103.99	-125.84
10330	T1-7	286	-14.86	-18.54	-103.92	-125.74
12400	T1-7	289	-16.39	-20.44	-107.74	-130.97
12400	T1-8	289	-16.30	-20.35	-107.58	-130.78
14470	T1-8	292	-17.46	-21.81	-110.40	-134.64
14470	T1-9	292	-17.47	-21.82	-110.36	-134.59
14600	T1-9	295	-17.52	-21.89	-110.56	-134.86
14600	T1-10	295	-17.52	-21.89	-110.56	-134.86
16530	T1-10	298	-18.14	-22.66	-112.05	-136.90
16530	T1-11	298	-18.14	-22.66	-112.03	-136.87
18600	T1-11	301	-18.31	-22.88	-112.57	-137.61
18600	T1-12	301	-18.31	-22.88	-112.57	-137.61
20670	T1-12	304	-18.14	-22.66	-112.03	-136.87
20670	T1-13	304	-18.14	-22.66	-112.05	-136.90
22600	T1-13	307	-17.52	-21.89	-110.56	-134.86
22600	T1-14	307	-17.52	-21.89	-110.56	-134.86
22730	T1-14	310	-17.47	-21.82	-110.36	-134.59
22730	T1-15	310	-17.46	-21.81	-110.40	-134.64
24800	T1-15	313	-16.30	-20.35	-107.58	-130.78
24800	T1-16	313	-16.39	-20.44	-107.74	-130.97
26870	T1-16	316	-14.86	-18.54	-103.92	-125.74
26870	T1-17	316	-14.85	-18.53	-103.99	-125.84
28930	T1-17	358	-12.84	-16.01	-98.95	-118.93
28930	T1-18	358	-12.83	-16.00	-99.03	-119.06
29600	T1-18	361	-12.07	-15.05	-97.20	-116.55
29600	T1-19	361	-12.81	-16.66	-101.86	-126.47
31000	T1-19	364	-10.99	-14.27	-97.37	-119.81
31000	T1-20	364	-11.15	-14.43	-97.65	-120.16
33070	T1-20	367	-8.14	-10.50	-90.26	-109.21
33070	T1-21	367	-8.13	-10.48	-90.36	-109.37
35130	T1-21	370	-4.61	-5.87	-81.63	-96.43
35130	T1-22	370	-4.60	-5.85	-81.73	-96.58
37200	T1-22	373	1.84	2.17	-71.53	-81.46

#### 6.4.8 Verifiche calcestruzzo della soletta

Analogamente, di seguito si riportano i grafici delle tensioni massime e minime presenti nel calcestruzzo della soletta, nei lembi 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 inferiore).

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

La resistenza di calcolo a compressione (paragrafo 4.1.2.1.1.1 delle NTC) è pari a:

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

Dove:

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

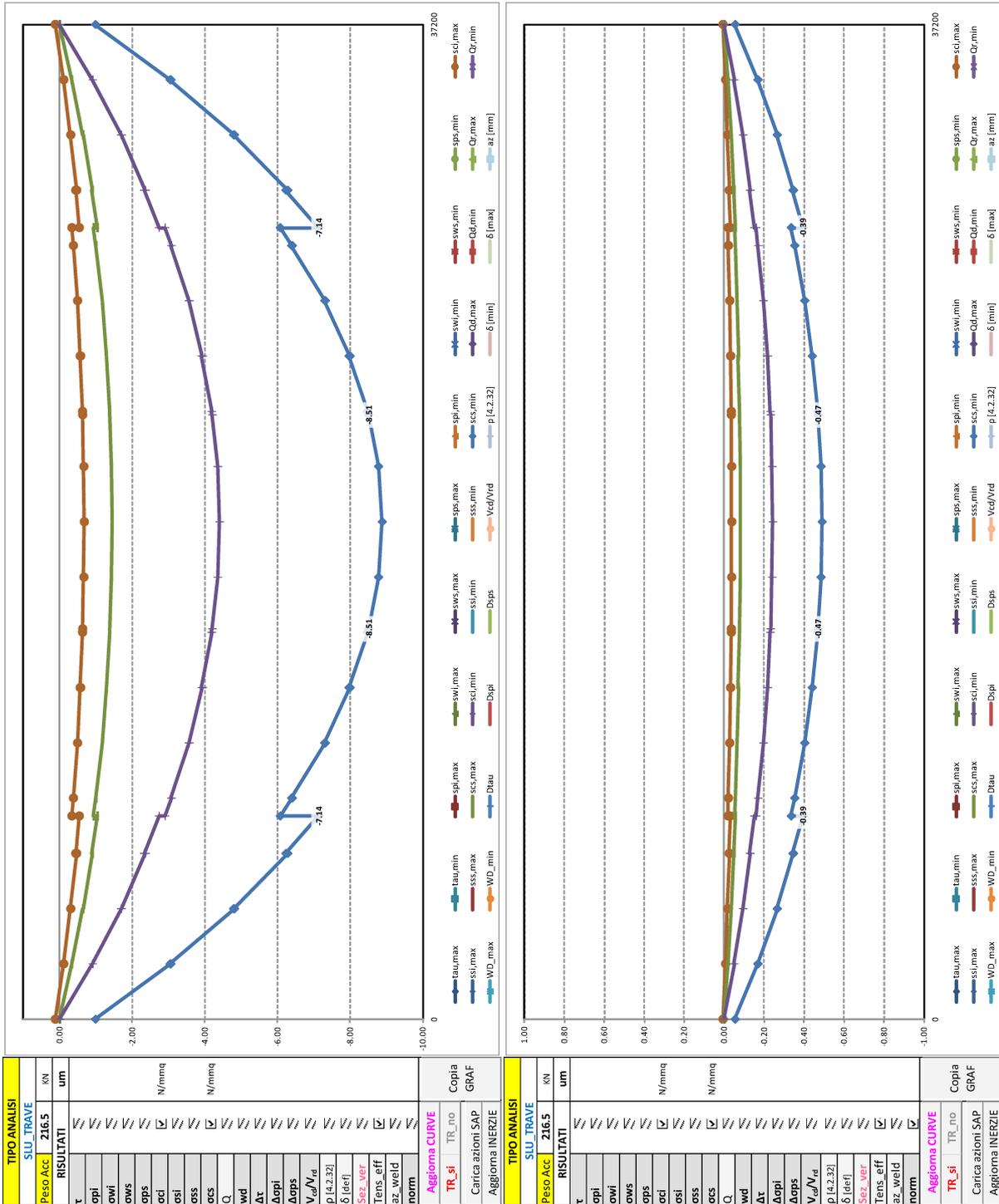
$f_{ck} = 32 \text{ N/mm}^2$  è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni;

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

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

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLU_TRAVE			
X(mm)	elem	Nodo	sci,max	scs,max	sci,min	scs,min	
0	T1-1	268	0.13	0.00	0.00	-0.98	
2070	T1-1	271	-0.11	-0.33	-0.91	-3.06	
2070	T1-2	271	-0.11	-0.33	-0.90	-3.03	
4130	T1-2	274	-0.30	-0.64	-1.70	-4.81	
4130	T1-3	274	-0.30	-0.64	-1.69	-4.78	
6200	T1-3	277	-0.46	-0.90	-2.36	-6.28	
6200	T1-4	277	-0.44	-0.88	-2.32	-6.22	
7600	T1-4	280	-0.54	-1.04	-2.73	-7.14	
7600	T1-5	280	-0.33	-0.93	-2.90	-6.07	
8270	T1-5	283	-0.37	-1.00	-3.08	-6.40	
8270	T1-6	283	-0.38	-1.00	-3.07	-6.38	
10330	T1-6	286	-0.49	-1.17	-3.57	-7.31	
10330	T1-7	286	-0.49	-1.17	-3.56	-7.29	
12400	T1-7	289	-0.57	-1.29	-3.93	-8.00	
12400	T1-8	289	-0.56	-1.28	-3.91	-7.96	
14470	T1-8	292	-0.62	-1.38	-4.19	-8.48	
14470	T1-9	292	-0.63	-1.38	-4.18	-8.47	
14600	T1-9	295	-0.63	-1.38	-4.20	-8.51	
14600	T1-10	295	-0.63	-1.38	-4.20	-8.51	
16530	T1-10	298	-0.66	-1.43	-4.35	-8.78	
16530	T1-11	298	-0.66	-1.43	-4.35	-8.77	
18600	T1-11	301	-0.67	-1.45	-4.40	-8.88	
18600	T1-12	301	-0.67	-1.45	-4.40	-8.88	
20670	T1-12	304	-0.66	-1.43	-4.35	-8.77	
20670	T1-13	304	-0.66	-1.43	-4.35	-8.78	
22600	T1-13	307	-0.63	-1.38	-4.20	-8.51	
22600	T1-14	307	-0.63	-1.38	-4.20	-8.51	
22730	T1-14	310	-0.63	-1.38	-4.18	-8.47	
22730	T1-15	310	-0.62	-1.38	-4.19	-8.48	
24800	T1-15	313	-0.56	-1.28	-3.91	-7.96	
24800	T1-16	313	-0.57	-1.29	-3.93	-8.00	
26870	T1-16	316	-0.49	-1.17	-3.56	-7.29	
26870	T1-17	316	-0.49	-1.17	-3.57	-7.31	
28930	T1-17	358	-0.38	-1.00	-3.07	-6.38	
28930	T1-18	358	-0.37	-1.00	-3.08	-6.40	
29600	T1-18	361	-0.33	-0.93	-2.90	-6.07	
29600	T1-19	361	-0.54	-1.04	-2.73	-7.14	
31000	T1-19	364	-0.44	-0.88	-2.32	-6.22	
31000	T1-20	364	-0.46	-0.90	-2.36	-6.28	
33070	T1-20	367	-0.30	-0.64	-1.69	-4.78	
33070	T1-21	367	-0.30	-0.64	-1.70	-4.81	
35130	T1-21	370	-0.11	-0.33	-0.90	-3.03	
35130	T1-22	370	-0.11	-0.33	-0.91	-3.06	
37200	T1-22	373	0.13	0.00	0.00	-0.98	

## 6.5 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI FATICA

Si riportano i risultati delle verifiche a fatica, condotte in corrispondenza della saldatura tra l'irrigidente trasversale e la 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  $\Delta\tau$ , definita nella tabella seguente (paragrafo C.4.2.4.1.4 della Circolare):

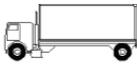
Classe del dettaglio	Dettaglio costruttivo	Descrizione	Requisiti
100		6) e 7) Prodotti laminati e estrusi (come quelli di tabella C4.2.XVII.a) soggetti a tensioni tangenziali	$\Delta\tau$ calcolati con $\Delta\tau = \frac{\Delta V \cdot S(t)}{I \cdot t}$

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 il massimo delta 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 del  $\sigma_{\max}$  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
		1,30	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

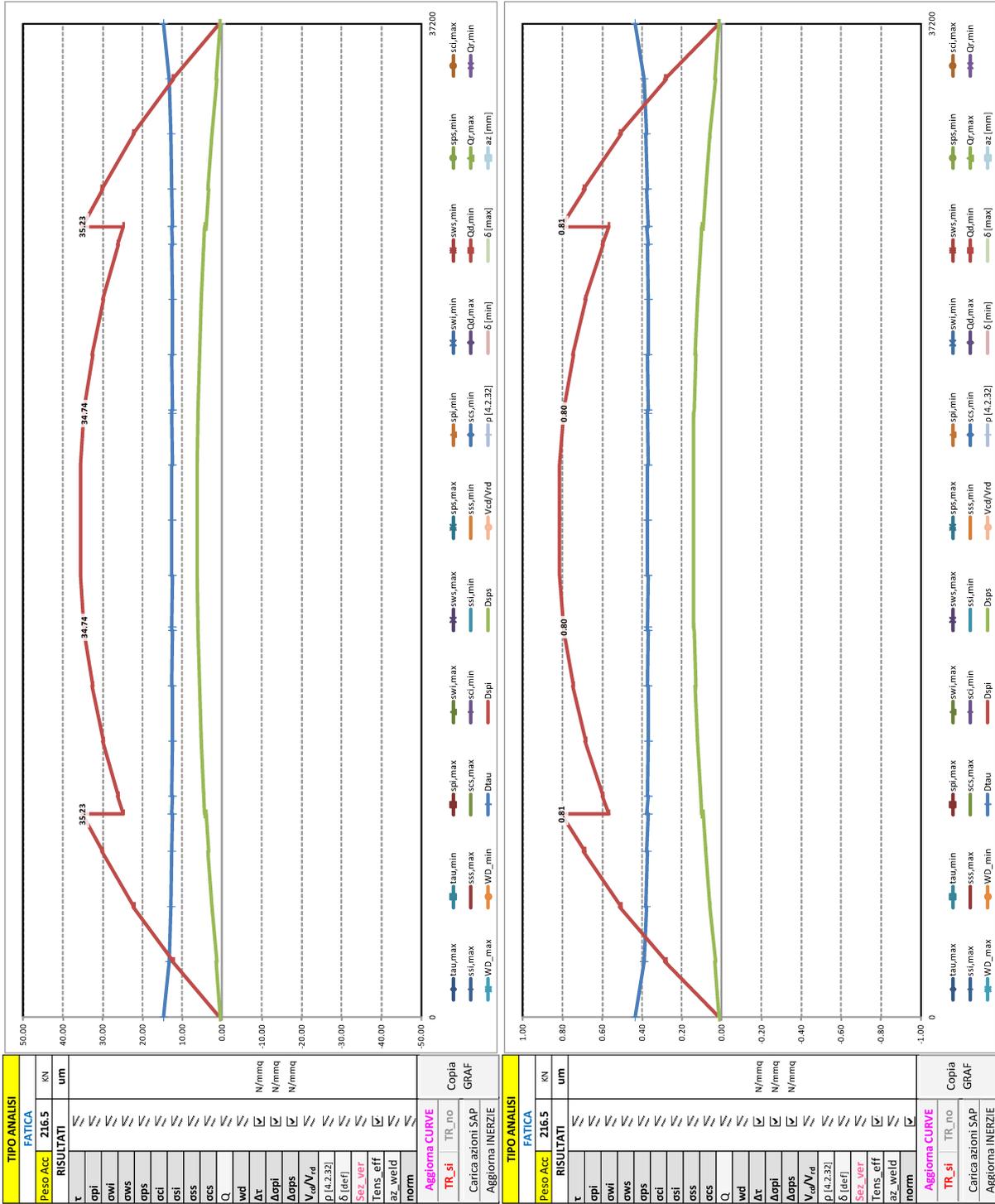
Nel primo grafico si riportano i valori assoluti delle variazioni di tensione; Nel secondo grafico si riportano, delle suddette grandezze, i valori normalizzati rispetto ai valori resistenti.

Si sottolinea che nel grafico sono riportati i valori "continui" letti su tutta la trave, ma che i valori significativi ai fini delle verifiche sono quelli letti in corrispondenza delle saldature tra irrigidente trasversale e piattabanda inferiore.

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" – ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
 PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		FATICA	
X(mm)	elem	Nodo	Dtau	Dspi	Dsps
0	T1-1	268	14.77	0.63	0.53
2070	T1-1	271	13.24	12.44	1.45
2070	T1-2	271	13.26	12.20	1.42
4130	T1-2	274	12.84	22.35	2.58
4130	T1-3	274	12.85	22.09	2.55
6200	T1-3	277	12.66	30.31	3.49
6200	T1-4	277	12.74	30.07	3.46
7600	T1-4	280	12.50	35.23	4.04
7600	T1-5	280	12.74	24.81	4.39
8270	T1-5	283	12.51	26.25	4.64
8270	T1-6	283	12.57	26.09	4.61
10330	T1-6	286	12.47	29.97	5.29
10330	T1-7	286	12.49	29.84	5.26
12400	T1-7	289	12.54	32.64	5.75
12400	T1-8	289	12.65	32.53	5.73
14470	T1-8	292	12.52	34.69	6.10
14470	T1-9	292	12.58	34.62	6.09
14600	T1-9	295	12.58	34.74	6.11
14600	T1-10	295	12.58	34.74	6.11
16530	T1-10	298	12.54	35.69	6.27
16530	T1-11	298	12.57	35.64	6.26
18600	T1-11	301	12.62	35.55	6.24
18600	T1-12	301	12.62	35.55	6.24
20670	T1-12	304	12.57	35.64	6.26
20670	T1-13	304	12.54	35.69	6.27
22600	T1-13	307	12.58	34.74	6.11
22600	T1-14	307	12.58	34.74	6.11
22730	T1-14	310	12.58	34.62	6.09
22730	T1-15	310	12.52	34.69	6.10
24800	T1-15	313	12.65	32.53	5.73
24800	T1-16	313	12.54	32.64	5.75
26870	T1-16	316	12.49	29.84	5.26
26870	T1-17	316	12.47	29.97	5.29
28930	T1-17	358	12.57	26.09	4.61
28930	T1-18	358	12.51	26.25	4.64
29600	T1-18	361	12.74	24.81	4.39
29600	T1-19	361	12.50	35.23	4.04
31000	T1-19	364	12.74	30.07	3.46
31000	T1-20	364	12.66	30.31	3.49
33070	T1-20	367	12.85	22.09	2.55
33070	T1-21	367	12.84	22.35	2.58
35130	T1-21	370	13.26	12.20	1.42
35130	T1-22	370	13.24	12.44	1.45
37200	T1-22	373	14.77	0.63	0.53

## 6.6 VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO

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

Si riportano, per le sezioni di cui al paragrafo 6.2, i risultati delle tensioni, in termini di tensioni efficaci, per le varie combinazioni agli stati limite di esercizio (combinazione rara, frequente e quasi permanente), con riferimento alle quattro configurazioni illustrate al medesimo paragrafo.

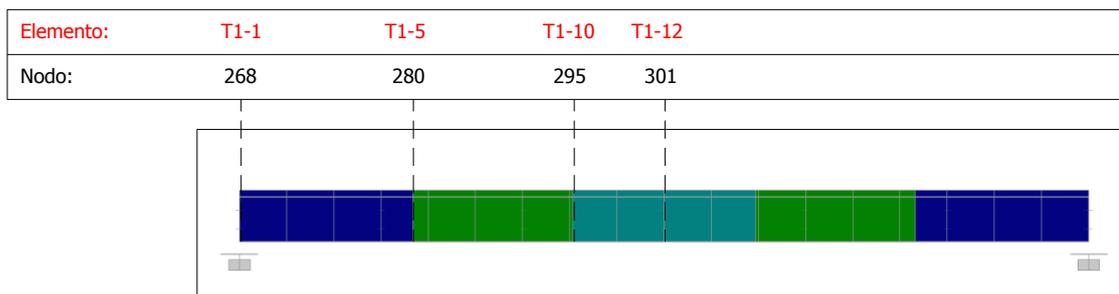


Figura 24: Sezioni di dettaglio

Con la convenzione che sollecitazioni di compressione sono riportate con segno negativo; sollecitazioni di trazione sono riportate con segno positivo.

6.6.1.1 Elemento T1- Sezione di appoggio spalla

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-1 Nodo 268 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_RR	17	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	30	5	4	-	-	-	284	-843	1993
SLE_RR	18	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	24	-1034	-32	-	-	-	264	-1882	1980
SLE_RR	19	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	30	-368	8	-	-	-	285	-1216	1994
SLE_RR	20	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	23	-650	-60	-	-	-	250	-1499	1971
SLE_RR	21	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	26	5	1	-	-	-	281	-843	1992
SLE_RR	22	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	20	-1034	-36	-	-	-	261	-1882	1979
SLE_RR	23	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	26	-368	4	-	-	-	283	-1216	1993
SLE_RR	24	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	19	-650	-63	-	-	-	247	-1499	1970

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-1 Nodo 268 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_FQ	25	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	11	3	3	-	-	-	278	-845	1992
SLE_FQ	26	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	8	-629	-12	-	-	-	270	-1477	1987
SLE_FQ	27	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	11	-265	5	-	-	-	279	-1113	1993
SLE_FQ	28	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	7	-353	-32	-	-	-	259	-1201	1980
SLE_FQ	29	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	8	3	0	-	-	-	275	-845	1991
SLE_FQ	30	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	5	-629	-15	-	-	-	267	-1477	1986
SLE_FQ	31	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	8	-265	2	-	-	-	277	-1113	1992
SLE_FQ	32	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	4	-353	-35	-	-	-	257	-1201	1979

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-1 Nodo 268 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_QP	33	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	2	0	1	-	-	-	275	-848	1992
SLE_QP	34	-3.2	-22	-599	-20	-3701	-250	4704	-2	0	-1	-	-	-	272	-848	1991

**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 LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	17	-19.24	-8.02	0.15			-27.10	33.38
		MIN	18	-19.24	-8.02	-33.23			-60.48	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	-0.93	42.07	0.24			41.38	1.29
		MIN	24	-0.93	42.07	-1.05			40.09	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	22	33.33	42.92	57.55			133.80	57.26
		MIN	21	33.33	42.92	0.29			76.54	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	18	33.32	55.81	57.55			146.68	57.26
		MIN	21	33.32	55.81	0.29			89.41	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	0.03	-55.27	0.18			-55.06	0.07
		MIN	23	0.03	-55.27	0.10			-55.14	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-3.51	0.03		3.58	0.10	0.01
		MIN	23		-3.51	0.02		3.58	0.09	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.51	-59.16	0.22			-59.45	0.12
		MIN	23	-0.51	-59.16	0.10			-59.57	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.51	-67.44	0.32			-67.62	0.23
		MIN	23	-0.51	-67.44	0.09			-67.85	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-4.41	0.06		3.58	-0.78	0.04
		MIN	23		-4.41	0.01		3.58	-0.82	
Q (KN/m)	SLE_RR	MAX	17		-125.23	2.38			-122.86	485.29
		MIN	18		-118.23	-489.91			-608.15	
wd (mm)	SLE_RR	MAX	17							
		MIN	17							

**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 LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	25	-19.24	-8.02	0.09			-27.17	20.28
		MIN	26	-19.24	-8.02	-20.20			-47.45	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	-0.93	42.07	0.12			41.26	0.74
		MIN	32	-0.93	42.07	-0.62			40.52	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	26	33.33	42.92	34.98			111.23	34.83
		MIN	29	33.33	42.92	0.15			76.40	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	26	33.32	55.81	34.98			124.11	34.83
		MIN	29	33.32	55.81	0.15			89.28	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	0.03	-55.27	0.07			-55.17	0.04
		MIN	31	0.03	-55.27	0.03			-55.21	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-3.51	0.01		3.58	0.08	0.01
		MIN	31		-3.51	0.00		3.58	0.07	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.51	-59.16	0.10			-59.57	0.07
		MIN	31	-0.51	-59.16	0.03			-59.64	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.51	-67.44	0.15			-67.79	0.13
		MIN	31	-0.51	-67.44	0.02			-67.92	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-4.41	0.03		3.58	-0.81	0.02
		MIN	31		-4.41	0.00		3.58	-0.83	
Q (KN/m)	SLE_FQ	MAX	29		-114.66	1.25			-113.41	302.63
		MIN	26		-118.23	-297.80			-416.04	
wd (mm)	SLE_FQ	MAX	25							
		MIN	25							

**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 LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-19.24	-8.02				-27.25	
		MIN	33	-19.24	-8.02				-27.25	
$\sigma_{pi}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.93	42.07	0.03			41.17	0.06
		MIN	34	-0.93	42.07	-0.03			41.11	
$\sigma_{wi}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	34	33.33	42.92	0.03			76.28	0.00
		MIN	33	33.33	42.92	0.03			76.27	
$\sigma_{ws}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	34	33.32	55.81	0.01			89.13	0.00
		MIN	33	33.32	55.81	0.01			89.13	
$\sigma_{ps}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	0.03	-55.27	0.01			-55.24	0.01
		MIN	34	0.03	-55.27	-0.01			-55.25	
$\sigma_{ci}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33		-3.51	0.00		3.58	0.07	0.00
		MIN	34		-3.51	0.00		3.58	0.07	
$\sigma_{si}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.51	-59.16	0.00			-59.67	0.01
		MIN	34	-0.51	-59.16	-0.01			-59.68	
$\sigma_{ss}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33	-0.51	-67.44	0.00			-67.94	0.00
		MIN	34	-0.51	-67.44	0.00			-67.95	
$\sigma_{cs}$ (N/mmq)	SLE_QP	MAX	33		-4.41	0.00		3.58	-0.84	0.00
		MIN	34		-4.41	0.00		3.58	-0.84	
Q (KN/m)	SLE_QP	MAX	34		-118.23				-118.23	7.00
		MIN	33		-125.23				-125.23	
wd (mm)	SLE_QP	MAX	33							
		MIN	33							

6.6.1.2 Elemento T5- Sezione di giunto S01-S02

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-5 Nodo 280 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_RR	17	-4.3	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	53	128	2601	-	-	-	1961	-376	7255
SLE_RR	18	-5.1	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	48	-721	5123	-	-	-	3159	-1226	8091
SLE_RR	19	-5.2	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	48	-692	5563	-	-	-	3368	-1197	8237
SLE_RR	20	-3.5	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	55	2	-21	-	-	-	714	-503	6385
SLE_RR	21	-4.3	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	49	128	2598	-	-	-	1958	-376	7254
SLE_RR	22	-5.1	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	44	-721	5120	-	-	-	3156	-1226	8090
SLE_RR	23	-5.2	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	44	-692	5560	-	-	-	3366	-1197	8236
SLE_RR	24	-3.5	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	51	2	-24	-	-	-	711	-503	6384

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-5 Nodo 280 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_FQ	25	-4.1	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	18	89	1817	-	-	-	1576	-415	6995
SLE_FQ	26	-4.5	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	15	-448	3161	-	-	-	2215	-953	7440
SLE_FQ	27	-4.6	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	16	-432	3351	-	-	-	2305	-937	7503
SLE_FQ	28	-3.5	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	19	1	-10	-	-	-	708	-504	6389
SLE_FQ	29	-4.1	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	14	89	1814	-	-	-	1574	-415	6994
SLE_FQ	30	-4.5	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	12	-448	3158	-	-	-	2212	-953	7440
SLE_FQ	31	-4.6	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	12	-432	3348	-	-	-	2303	-937	7503
SLE_FQ	32	-3.5	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	16	1	-12	-	-	-	705	-504	6388

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-5 Nodo 280 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_QP	33	-3.6	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	2	0	1	-	-	-	707	-505	6392
SLE_QP	34	-3.6	-22	-359	3617	-3701	-146	6582	-2	0	-1	-	-	-	705	-505	6392

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-5

Sezione

S02

Valori calcolati con inerzie EFFICACI

Nodo

280

Posizione

9

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	17	-11.70	-4.74	4.18			-12.25	27.67
		MIN	18	-11.70	-4.74	-23.49			-39.92	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	51.22	45.43	59.70			156.34	59.77
		MIN	24	51.22	45.43	-0.08			96.57	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	51.70	43.58	69.85			165.13	69.76
		MIN	20	51.70	43.58	0.09			95.37	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	22	94.96	58.74	41.55			195.24	41.29
		MIN	24	94.96	58.74	0.26			153.96	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-94.96	-59.74	0.26			-154.45	10.49
		MIN	23	-94.96	-59.74	-10.24			-164.95	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-3.79	0.04		3.58	-0.17	1.69
		MIN	23		-3.79	-1.65		3.58	-1.87	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.37	-63.95	0.27			-64.05	13.30
		MIN	23	-0.37	-63.95	-13.03			-77.35	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.37	-72.89	0.29			-72.97	19.27
		MIN	23	-0.37	-72.89	-18.97			-92.23	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-4.77	0.05		3.58	-1.15	3.34
		MIN	23		-4.77	-3.29		3.58	-4.48	
Q (KN/m)	SLE_RR	MAX	17		-69.23	61.12			-8.11	404.34
		MIN	18		-69.23	-343.22			-412.45	
wd (mm)	SLE_RR	MAX	17							
		MIN	17							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-5	Sezione	S02	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	280	Posizione	9	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	25	-11.70	-4.74	2.91			-13.52	17.48
		MIN	26	-11.70	-4.74	-14.58			-31.01	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	51.22	45.43	35.90			132.55	35.98
		MIN	32	51.22	45.43	-0.08			96.57	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	51.70	43.58	42.52			137.79	42.46
		MIN	28	51.70	43.58	0.05			95.33	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	30	94.96	58.74	25.79			179.49	25.70
		MIN	32	94.96	58.74	0.09			153.79	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-94.96	-59.74	0.09			-154.61	6.32
		MIN	31	-94.96	-59.74	-6.22			-160.93	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-3.79	0.01		3.58	-0.20	1.02
		MIN	31		-3.79	-1.00		3.58	-1.22	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.37	-63.95	0.10			-64.22	8.01
		MIN	31	-0.37	-63.95	-7.91			-72.23	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.37	-72.89	0.11			-73.15	11.59
		MIN	31	-0.37	-72.89	-11.48			-84.74	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-4.77	0.02		3.58	-1.18	2.01
		MIN	31		-4.77	-1.99		3.58	-3.18	
Q (KN/m)	SLE_FQ	MAX	25		-69.23	42.51			-26.72	255.51
		MIN	26		-69.23	-213.00			-282.23	
wd (mm)	SLE_FQ	MAX	25							
		MIN	25							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-5	Sezione	S02	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	280	Posizione	9	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-11.70	-4.74				-16.43	
		MIN	33	-11.70	-4.74				-16.43	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	51.22	45.43	0.02			96.67	0.04
		MIN	34	51.22	45.43	-0.02			96.62	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	34	51.70	43.58	0.02			95.30	0.00
		MIN	33	51.70	43.58	0.02			95.30	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	94.96	58.74	0.01			153.70	
		MIN	33	94.96	58.74	0.01			153.70	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-94.96	-59.74	0.00			-154.70	0.01
		MIN	34	-94.96	-59.74	-0.01			-154.71	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33		-3.79	0.00		3.58	-0.21	0.00
		MIN	34		-3.79	0.00		3.58	-0.21	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-0.37	-63.95	0.00			-64.32	0.01
		MIN	34	-0.37	-63.95	0.00			-64.32	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-0.37	-72.89	0.00			-73.26	0.00
		MIN	34	-0.37	-72.89	0.00			-73.26	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33		-4.77	0.00		3.58	-1.19	0.00
		MIN	34		-4.77	0.00		3.58	-1.19	
Q (KN/m)	SLE_QP	MAX	34		-66.68				-66.68	2.55
		MIN	33		-69.23				-69.23	
wd (mm)	SLE_QP	MAX	33							
		MIN	33							

6.6.1.3 Elemento T10- Sezione di giunto S02-S05

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-10 Nodo 295 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_RR	17	-5.3	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	65	272	5282	-	-	-	3523	88	10143
SLE_RR	18	-5.7	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	63	-517	6562	-	-	-	4132	-702	10568
SLE_RR	19	-6.1	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	62	-428	8027	-	-	-	4828	-613	11053
SLE_RR	20	-3.7	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	69	0	-22	-	-	-	1001	-184	8383
SLE_RR	21	-5.3	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	61	272	5279	-	-	-	3520	88	10142
SLE_RR	22	-5.7	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	59	-517	6559	-	-	-	4129	-702	10566
SLE_RR	23	-6.1	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	59	-428	8024	-	-	-	4826	-613	11052
SLE_RR	24	-3.7	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	65	0	-25	-	-	-	998	-184	8382

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-10 Nodo 295 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_FQ	25	-4.8	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	21	182	3518	-	-	-	2670	-3	9558
SLE_FQ	26	-5	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	20	-331	4169	-	-	-	2979	-516	9774
SLE_FQ	27	-5.2	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	20	-286	4818	-	-	-	3288	-471	9989
SLE_FQ	28	-3.7	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	24	0	-10	-	-	-	992	-185	8387
SLE_FQ	29	-4.8	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	18	182	3516	-	-	-	2668	-3	9557
SLE_FQ	30	-5	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	17	-331	4166	-	-	-	2977	-516	9773
SLE_FQ	31	-5.2	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	17	-286	4815	-	-	-	3286	-471	9988
SLE_FQ	32	-3.7	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	21	0	-13	-	-	-	990	-185	8387

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-10 Nodo 295 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_QP	33	-3.8	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	2	0	1	-	-	-	990	-185	8391
SLE_QP	34	-3.8	-22	-131	5326	-3701	-54	7267	-2	0	-1	-	-	-	988	-185	8390

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-10	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	295	Posizione	19	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	17	-4.26	-1.75	8.86			2.85	25.70
		MIN	18	-4.26	-1.75	-16.84			-22.85	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	75.61	53.12	86.11			214.83	86.15
		MIN	24	75.61	53.12	-0.04			128.69	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	70.61	50.31	87.01			207.92	86.98
		MIN	20	70.61	50.31	0.03			120.95	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	22	136.66	61.33	31.11			229.10	30.81
		MIN	24	136.66	61.33	0.30			198.29	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-139.69	-63.00	0.32			-202.37	15.11
		MIN	23	-139.69	-63.00	-14.80			-217.48	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-4.00	0.05		3.58	-0.37	2.44
		MIN	23		-4.00	-2.39		3.58	-2.81	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.37	-67.64	0.33			-67.68	19.16
		MIN	23	-0.37	-67.64	-18.83			-86.84	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.37	-77.51	0.35			-77.53	27.76
		MIN	23	-0.37	-77.51	-27.40			-105.28	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-5.08	0.06		3.58	-1.45	4.81
		MIN	23		-5.08	-4.75		3.58	-6.25	
Q (KN/m)	SLE_RR	MAX	17		-25.64	129.50			103.86	375.60
		MIN	18		-25.64	-246.10			-271.74	
wd (mm)	SLE_RR	MAX	17							
		MIN	17							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-10	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	295	Posizione	19	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	25	-4.26	-1.75	5.92			-0.09	16.69
		MIN	26	-4.26	-1.75	-10.77			-16.78	
opi (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	75.61	53.12	51.61			180.34	51.68
		MIN	32	75.61	53.12	-0.07			128.66	
owi (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	70.61	50.31	52.64			173.55	52.61
		MIN	28	70.61	50.31	0.02			120.94	
ows (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	30	136.66	61.33	19.91			217.90	19.81
		MIN	32	136.66	61.33	0.10			198.09	
ops (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-139.69	-63.00	0.11			-202.57	9.07
		MIN	31	-139.69	-63.00	-8.95			-211.64	
oci (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-4.00	0.02		3.58	-0.40	1.46
		MIN	31		-4.00	-1.45		3.58	-1.87	
osi (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.37	-67.64	0.12			-67.89	11.49
		MIN	31	-0.37	-67.64	-11.37			-79.38	
oss (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.37	-77.51	0.13			-77.75	16.65
		MIN	31	-0.37	-77.51	-16.52			-94.40	
ocs (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-5.08	0.02		3.58	-1.48	2.88
		MIN	31		-5.08	-2.86		3.58	-4.37	
Q (KN/m)	SLE_FQ	MAX	25		-25.64	86.53			60.89	243.97
		MIN	26		-25.64	-157.44			-183.08	
wd (mm)	SLE_FQ	MAX	25							
		MIN	25							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-10	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	295	Posizione	19	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-4.26	-1.75				-6.01	
		MIN	33	-4.26	-1.75				-6.01	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	75.61	53.12	0.02			128.75	0.04
		MIN	34	75.61	53.12	-0.02			128.70	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	34	70.61	50.31	0.02			120.94	0.00
		MIN	33	70.61	50.31	0.02			120.94	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	136.66	61.33	0.01			198.00	
		MIN	33	136.66	61.33	0.01			198.00	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-139.69	-63.00	0.00			-202.68	0.01
		MIN	34	-139.69	-63.00	-0.01			-202.69	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33		-4.00	0.00		3.58	-0.42	0.00
		MIN	34		-4.00	0.00		3.58	-0.42	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-0.37	-67.64	0.00			-68.01	0.01
		MIN	34	-0.37	-67.64	0.00			-68.02	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-0.37	-77.51	0.00			-77.88	0.00
		MIN	34	-0.37	-77.51	0.00			-77.88	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33		-5.08	0.00		3.58	-1.50	0.00
		MIN	34		-5.08	0.00		3.58	-1.50	
Q (KN/m)	SLE_QP	MAX	34		-24.69				-24.69	0.95
		MIN	33		-25.64				-25.64	
wd (mm)	SLE_QP	MAX	33							
		MIN	33							

6.6.1.4 *Elemento T12- Sezione di mezzeria campata*

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-12 **Nodo** 301 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_RR	17	-5.7	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	64	385	6497	-	-	-	4141	378	10845
SLE_RR	18	-5.5	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	64	-395	5896	-	-	-	3856	-402	10645
SLE_RR	19	-6.3	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	62	262	8405	-	-	-	5049	255	11478
SLE_RR	20	-3.7	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	69	-1	-25	-	-	-	1041	-8	8681
SLE_RR	21	-5.7	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	60	385	6494	-	-	-	4139	378	10843
SLE_RR	22	-5.5	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	60	-395	5893	-	-	-	3853	-402	10644
SLE_RR	23	-6.3	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	58	262	8402	-	-	-	5046	255	11477
SLE_RR	24	-3.7	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	65	-1	-28	-	-	-	1038	-8	8680

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-12 **Nodo** 301 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_FQ	25	-5.1	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	21	251	4223	-	-	-	3045	244	10090
SLE_FQ	26	-4.9	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	21	-258	3819	-	-	-	2854	-265	9957
SLE_FQ	27	-5.3	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	20	196	5044	-	-	-	3436	190	10363
SLE_FQ	28	-3.8	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	24	0	-11	-	-	-	1032	-7	8686
SLE_FQ	29	-5.1	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	17	251	4220	-	-	-	3043	244	10089
SLE_FQ	30	-4.9	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	17	-258	3817	-	-	-	2851	-265	9956
SLE_FQ	31	-5.3	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	17	196	5041	-	-	-	3434	190	10362
SLE_FQ	32	-3.8	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	21	0	-14	-	-	-	1030	-7	8685

**SOLLECITAZIONI COMBinate PER VERIFICHE ASTA**

Asta N. T1-12 **Nodo** 301 (\*) tensione di compressione nella soletta al netto del ritiro isostatico

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)
SLE_QP	33	-3.8	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	2	0	1	-	-	-	1031	-7	8690
SLE_QP	34	-3.8	-22	-2	5584	-3701	-5	7365	-2	0	-1	-	-	-	1029	-7	8689

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-12	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	301	Posizione	23	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	17	-0.07	-0.15	12.52			12.30	25.37
		MIN	18	-0.07	-0.15	-12.86			-13.08	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	79.28	54.22	90.15			223.65	90.21
		MIN	24	79.28	54.22	-0.07			133.43	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	19	73.64	51.28	88.74			213.66	88.66
		MIN	20	73.64	51.28	0.08			124.99	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	22	143.03	61.70	24.28			229.02	23.97
		MIN	24	143.03	61.70	0.31			205.05	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-146.42	-63.47	0.32			-209.56	15.83
		MIN	23	-146.42	-63.47	-15.51			-225.39	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-4.03	0.05		3.58	-0.40	2.56
		MIN	23		-4.03	-2.50		3.58	-2.96	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.37	-68.17	0.33			-68.21	20.06
		MIN	23	-0.37	-68.17	-19.73			-88.27	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20	-0.37	-78.18	0.36			-78.18	29.07
		MIN	23	-0.37	-78.18	-28.71			-107.25	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_RR	MAX	20		-5.12	0.06		3.58	-1.49	5.04
		MIN	23		-5.12	-4.98		3.58	-6.52	
Q (KN/m)	SLE_RR	MAX	17		-2.25	182.96			180.71	370.84
		MIN	18		-2.25	-187.87			-190.12	
wd (mm)	SLE_RR	MAX	17							
		MIN	17							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.

T1-12

Sezione

S03

Valori calcolati con inerzie EFFICACI

Nodo

301

Posizione

23

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	-0.07	-0.15	8.16			7.94	16.55
		MIN	26	-0.07	-0.15	-8.39			-8.61	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	79.28	54.22	54.03			187.53	54.10
		MIN	32	79.28	54.22	-0.08			133.42	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	27	73.64	51.28	53.60			178.52	53.56
		MIN	28	73.64	51.28	0.04			124.96	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	30	143.03	61.70	15.86			220.60	15.76
		MIN	32	143.03	61.70	0.11			204.84	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-146.42	-63.47	0.12			-209.77	9.49
		MIN	31	-146.42	-63.47	-9.38			-219.26	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-4.03	0.02		3.58	-0.43	1.53
		MIN	31		-4.03	-1.51		3.58	-1.97	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.37	-68.17	0.12			-68.42	12.03
		MIN	31	-0.37	-68.17	-11.91			-80.45	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28	-0.37	-78.18	0.13			-78.41	17.43
		MIN	31	-0.37	-78.18	-17.30			-95.84	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_FQ	MAX	28		-5.12	0.02		3.58	-1.53	3.02
		MIN	31		-5.12	-3.00		3.58	-4.55	
Q (KN/m)	SLE_FQ	MAX	25		-2.25	119.24			116.99	241.86
		MIN	26		-2.25	-122.62			-124.87	
wd (mm)	SLE_FQ	MAX	25							
		MIN	25							

**CALCOLO TENSIONI, SCORRIMENTI, APERTURA FESSURE**

Asta N.	T1-12	Sezione	S03	Valori calcolati con inerzie EFFICACI
Nodo	301	Posizione	23	

GRANDEZZA	TIPO COMB.	VALORE	COMB.	SOLO ACCIAIO	ACCIAIO+SOL T=INF	ACCIAIO+SO LT=0	ACCIAIO+AR M.SOL.	RITIRO ISOST. SOLETTA	TOTALI	VAR.
$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-0.07	-0.15				-0.22	
		MIN	33	-0.07	-0.15				-0.22	
$\sigma_{pi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	79.28	54.22	0.02			133.52	0.04
		MIN	34	79.28	54.22	-0.02			133.48	
$\sigma_{wi}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	34	73.64	51.28	0.02			124.94	0.00
		MIN	33	73.64	51.28	0.02			124.94	
$\sigma_{ws}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	143.03	61.70	0.01			204.74	
		MIN	33	143.03	61.70	0.01			204.74	
$\sigma_{ps}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-146.42	-63.47	0.00			-209.88	0.01
		MIN	34	-146.42	-63.47	-0.01			-209.89	
$\sigma_{ci}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33		-4.03	0.00		3.58	-0.45	0.00
		MIN	34		-4.03	0.00		3.58	-0.45	
$\sigma_{si}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-0.37	-68.17	0.00			-68.54	0.01
		MIN	34	-0.37	-68.17	0.00			-68.55	
$\sigma_{ss}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33	-0.37	-78.18	0.00			-78.54	0.00
		MIN	34	-0.37	-78.18	0.00			-78.55	
$\sigma_{cs}$ (N/mm <sup>2</sup> )	SLE_QP	MAX	33		-5.12	0.00		3.58	-1.55	0.00
		MIN	34		-5.12	0.00		3.58	-1.55	
Q (KN/m)	SLE_QP	MAX	34		-2.17				-2.17	0.08
		MIN	33		-2.25				-2.25	
wd (mm)	SLE_QP	MAX	33							
		MIN	33							

### 6.6.2 Verifica delle tensioni sul calcestruzzo

Di seguito si riportano i grafici delle tensioni massime e minime agli stati limite di esercizio, presenti sul calcestruzzo della soletta, nel 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:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} = 0.60 \times 32 = 19.20 \text{ N/mm}^2 \quad \text{per combinazione caratteristica (rara);}$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} = 0.45 \times 32 = 14.40 \text{ N/mm}^2 \quad \text{per combinazione quasi permanente.}$$

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 massimi e minimi delle tensioni nel calcestruzzo;

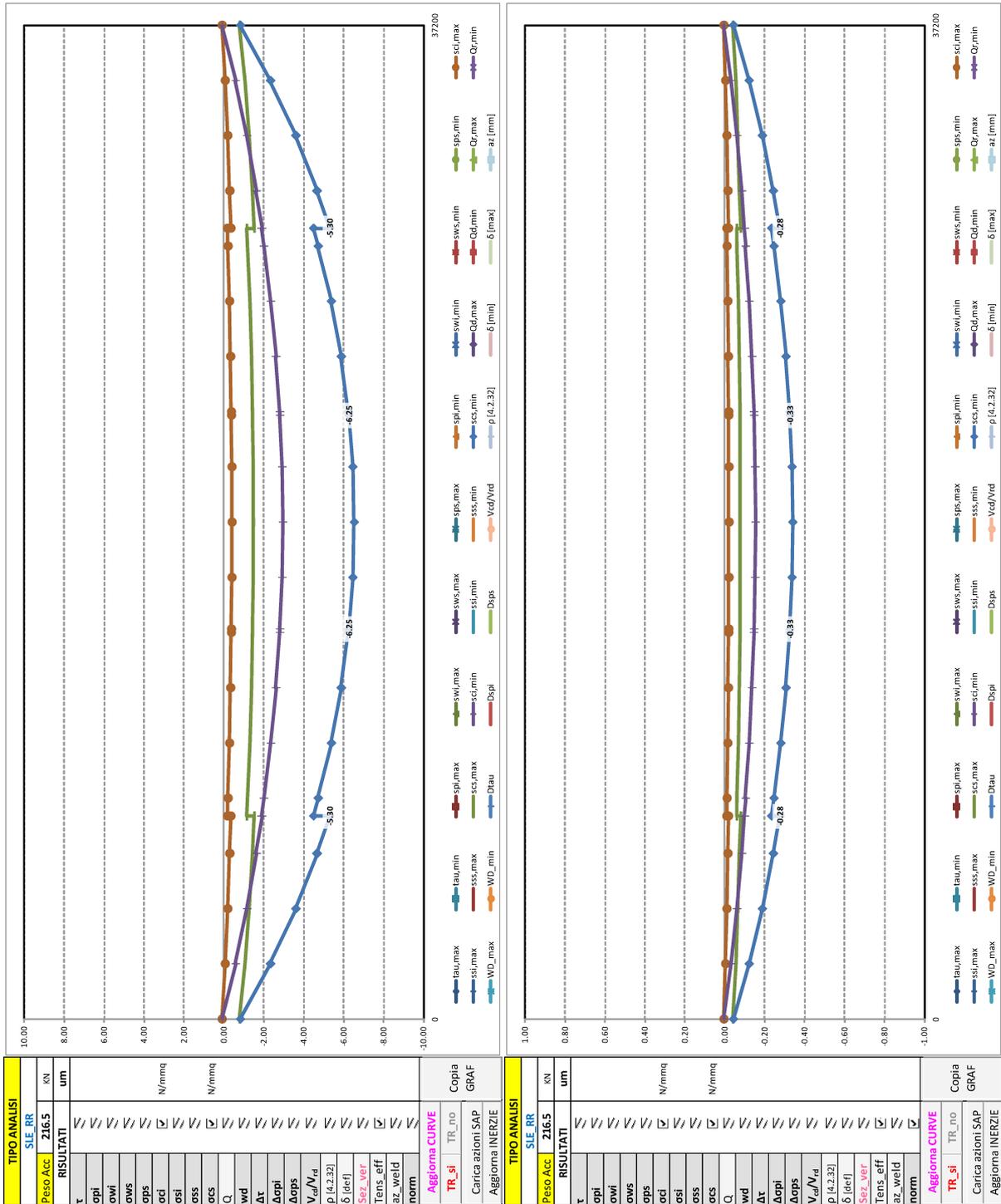
Combinazione caratteristica (rara) - valori normalizzati delle tensioni nel calcestruzzo;

Combinazione quasi permanente - valori massimi e minimi delle tensioni nell'acciaio;

Combinazione quasi permanente - valori normalizzati delle tensioni nell'acciaio.

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

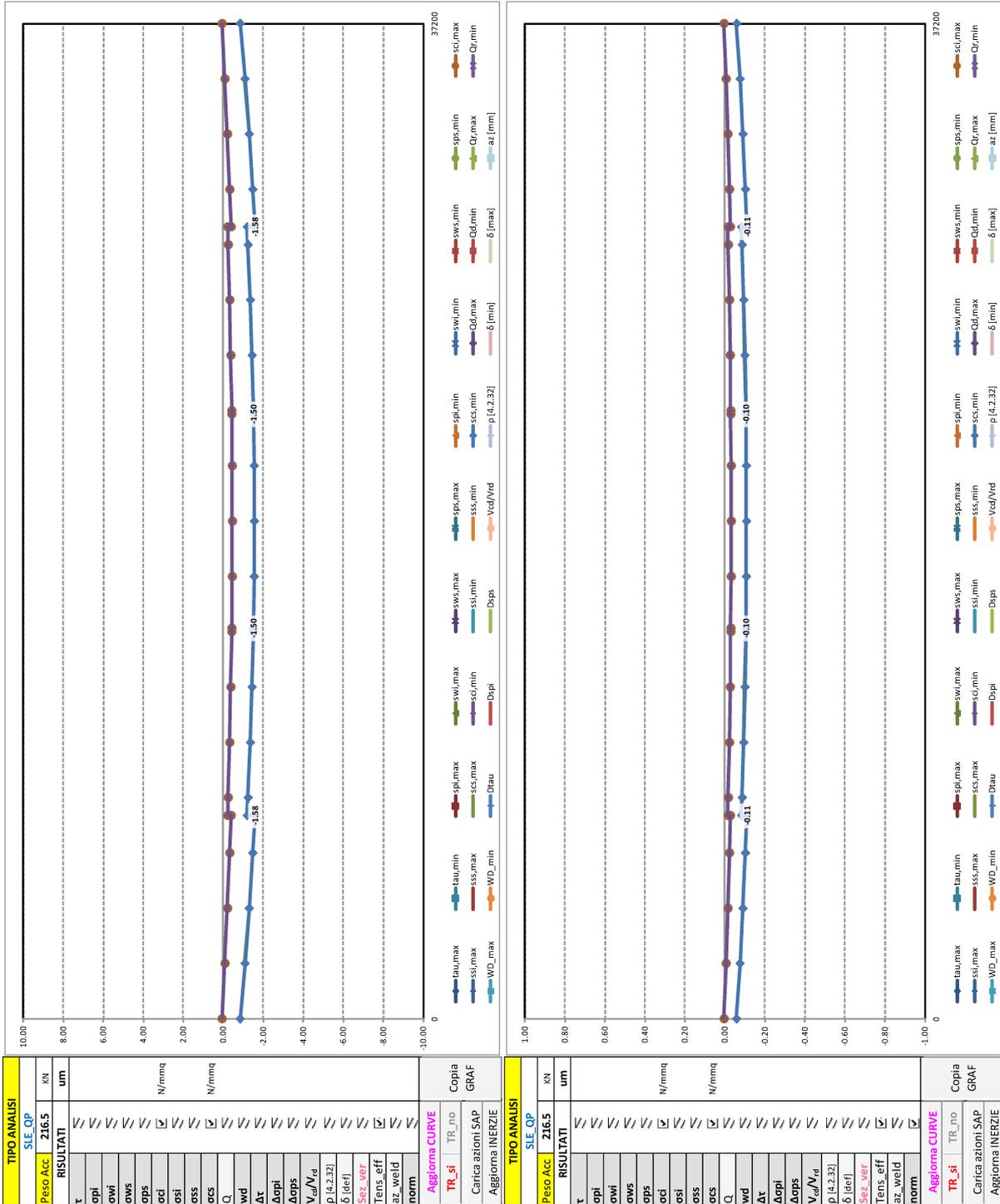
CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLE_RR			
X(mm)	elem	Nodo	sci,max	scs,max	sci,min	scs,min	
0	T1-1	268	0.10	-0.78	0.09	-0.82	
2070	T1-1	271	-0.06	-1.05	-0.59	-2.34	
2070	T1-2	271	-0.06	-1.06	-0.58	-2.32	
4130	T1-2	274	-0.18	-1.26	-1.16	-3.61	
4130	T1-3	274	-0.19	-1.26	-1.15	-3.59	
6200	T1-3	277	-0.29	-1.44	-1.64	-4.68	
6200	T1-4	277	-0.28	-1.42	-1.61	-4.64	
7600	T1-4	280	-0.34	-1.53	-1.91	-5.30	
7600	T1-5	280	-0.17	-1.15	-1.87	-4.48	
8270	T1-5	283	-0.20	-1.19	-2.00	-4.73	
8270	T1-6	283	-0.20	-1.19	-1.99	-4.71	
10330	T1-6	286	-0.28	-1.30	-2.35	-5.38	
10330	T1-7	286	-0.28	-1.30	-2.34	-5.37	
12400	T1-7	289	-0.33	-1.39	-2.62	-5.88	
12400	T1-8	289	-0.32	-1.38	-2.60	-5.86	
14470	T1-8	292	-0.37	-1.44	-2.80	-6.23	
14470	T1-9	292	-0.37	-1.44	-2.80	-6.23	
14600	T1-9	295	-0.37	-1.45	-2.81	-6.25	
14600	T1-10	295	-0.37	-1.45	-2.81	-6.25	
16530	T1-10	298	-0.39	-1.48	-2.92	-6.45	
16530	T1-11	298	-0.39	-1.48	-2.91	-6.45	
18600	T1-11	301	-0.40	-1.49	-2.96	-6.52	
18600	T1-12	301	-0.40	-1.49	-2.96	-6.52	
20670	T1-12	304	-0.39	-1.48	-2.91	-6.45	
20670	T1-13	304	-0.39	-1.48	-2.92	-6.45	
22600	T1-13	307	-0.37	-1.45	-2.81	-6.25	
22600	T1-14	307	-0.37	-1.45	-2.81	-6.25	
22730	T1-14	310	-0.37	-1.44	-2.80	-6.23	
22730	T1-15	310	-0.37	-1.44	-2.80	-6.23	
24800	T1-15	313	-0.32	-1.38	-2.60	-5.86	
24800	T1-16	313	-0.33	-1.39	-2.62	-5.88	
26870	T1-16	316	-0.28	-1.30	-2.34	-5.37	
26870	T1-17	316	-0.28	-1.30	-2.35	-5.38	
28930	T1-17	358	-0.20	-1.19	-1.99	-4.71	
28930	T1-18	358	-0.20	-1.19	-2.00	-4.73	
29600	T1-18	361	-0.17	-1.15	-1.87	-4.48	
29600	T1-19	361	-0.34	-1.53	-1.91	-5.30	
31000	T1-19	364	-0.28	-1.42	-1.61	-4.64	
31000	T1-20	364	-0.29	-1.44	-1.64	-4.68	
33070	T1-20	367	-0.19	-1.26	-1.15	-3.59	
33070	T1-21	367	-0.18	-1.26	-1.16	-3.61	
35130	T1-21	370	-0.06	-1.06	-0.58	-2.32	
35130	T1-22	370	-0.06	-1.05	-0.59	-2.34	
37200	T1-22	373	0.10	-0.78	0.09	-0.82	

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLE_QP			
X(mm)	elem	Nodo	sci,max	scs,max	sci,min	scs,min	
0	T1-1	268	0.07	-0.84	0.07	-0.84	
2070	T1-1	271	-0.08	-1.08	-0.08	-1.08	
2070	T1-2	271	-0.08	-1.08	-0.08	-1.08	
4130	T1-2	274	-0.21	-1.29	-0.21	-1.29	
4130	T1-3	274	-0.21	-1.29	-0.21	-1.29	
6200	T1-3	277	-0.32	-1.47	-0.32	-1.47	
6200	T1-4	277	-0.32	-1.47	-0.32	-1.47	
7600	T1-4	280	-0.38	-1.58	-0.39	-1.58	
7600	T1-5	280	-0.21	-1.19	-0.21	-1.19	
8270	T1-5	283	-0.24	-1.24	-0.24	-1.24	
8270	T1-6	283	-0.24	-1.24	-0.24	-1.24	
10330	T1-6	286	-0.32	-1.35	-0.32	-1.35	
10330	T1-7	286	-0.32	-1.35	-0.32	-1.35	
12400	T1-7	289	-0.37	-1.43	-0.38	-1.44	
12400	T1-8	289	-0.37	-1.43	-0.38	-1.44	
14470	T1-8	292	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
14470	T1-9	292	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
14600	T1-9	295	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
14600	T1-10	295	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
16530	T1-10	298	-0.44	-1.54	-0.45	-1.54	
16530	T1-11	298	-0.44	-1.54	-0.45	-1.54	
18600	T1-11	301	-0.45	-1.55	-0.45	-1.55	
18600	T1-12	301	-0.45	-1.55	-0.45	-1.55	
20670	T1-12	304	-0.44	-1.54	-0.45	-1.54	
20670	T1-13	304	-0.44	-1.54	-0.45	-1.54	
22600	T1-13	307	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
22600	T1-14	307	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
22730	T1-14	310	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
22730	T1-15	310	-0.42	-1.50	-0.42	-1.50	
24800	T1-15	313	-0.37	-1.43	-0.38	-1.44	
24800	T1-16	313	-0.37	-1.43	-0.38	-1.44	
26870	T1-16	316	-0.32	-1.35	-0.32	-1.35	
26870	T1-17	316	-0.32	-1.35	-0.32	-1.35	
28930	T1-17	358	-0.24	-1.24	-0.24	-1.24	
28930	T1-18	358	-0.24	-1.24	-0.24	-1.24	
29600	T1-18	361	-0.21	-1.19	-0.21	-1.19	
29600	T1-19	361	-0.38	-1.58	-0.39	-1.58	
31000	T1-19	364	-0.32	-1.47	-0.32	-1.47	
31000	T1-20	364	-0.32	-1.47	-0.32	-1.47	
33070	T1-20	367	-0.21	-1.29	-0.21	-1.29	
33070	T1-21	367	-0.21	-1.29	-0.21	-1.29	
35130	T1-21	370	-0.08	-1.08	-0.08	-1.08	
35130	T1-22	370	-0.08	-1.08	-0.08	-1.08	
37200	T1-22	373	0.07	-0.84	0.07	-0.84	

### 6.6.3 Verifica dell'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:

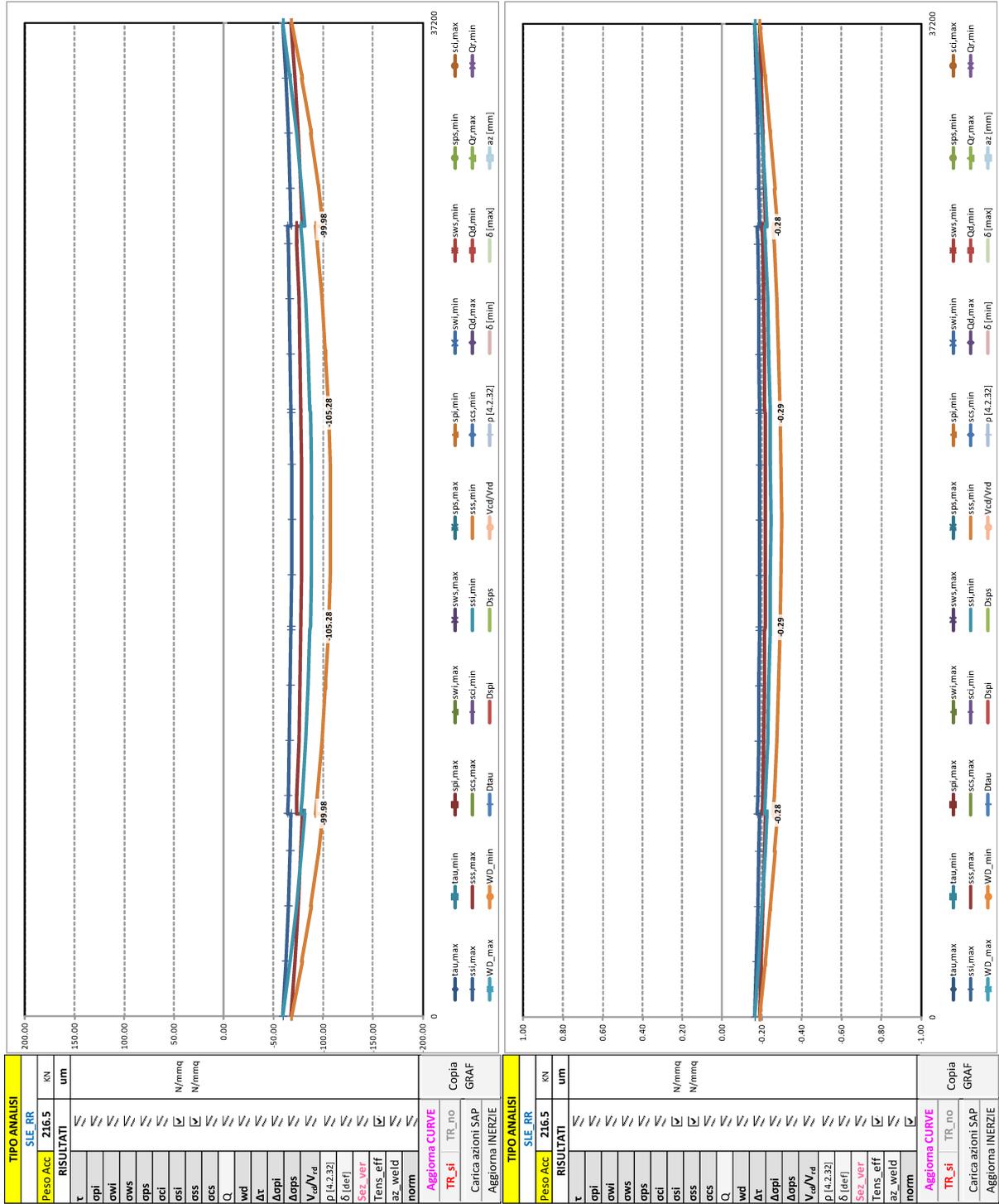
$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} = 0.80 \times 450 = 360 \text{ N/mm}^2$$

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 (tensione sollecitante minore della tensione resistente).

Segue un tabulato di dettaglio delle verifiche.

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		SLE_RR			
X(mm)	elem	Nodo	ssi,max	sss,max	ssi,min	sss,min	
0	T1-1	268	-59.45	-67.62	-59.57	-67.85	
2070	T1-1	271	-62.26	-71.38	-66.82	-78.65	
2070	T1-2	271	-62.27	-71.39	-66.75	-78.53	
4130	T1-2	274	-64.61	-74.46	-72.95	-87.77	
4130	T1-3	274	-64.62	-74.47	-72.87	-87.65	
6200	T1-3	277	-66.62	-77.09	-78.12	-95.46	
6200	T1-4	277	-66.52	-76.98	-77.93	-95.22	
7600	T1-4	280	-67.73	-78.57	-81.12	-99.98	
7600	T1-5	280	-64.05	-72.97	-77.35	-92.23	
8270	T1-5	283	-64.56	-73.60	-78.65	-94.02	
8270	T1-6	283	-64.56	-73.61	-78.59	-93.93	
10330	T1-6	286	-65.90	-75.28	-82.17	-98.86	
10330	T1-7	286	-65.91	-75.30	-82.12	-98.78	
12400	T1-7	289	-66.92	-76.56	-84.84	-102.51	
12400	T1-8	289	-66.86	-76.50	-84.72	-102.38	
14470	T1-8	292	-67.64	-77.47	-86.73	-105.13	
14470	T1-9	292	-67.64	-77.48	-86.70	-105.09	
14600	T1-9	295	-67.68	-77.53	-86.84	-105.28	
14600	T1-10	295	-67.68	-77.53	-86.84	-105.28	
16530	T1-10	298	-68.09	-78.04	-87.90	-106.74	
16530	T1-11	298	-68.09	-78.04	-87.89	-106.72	
18600	T1-11	301	-68.21	-78.18	-88.27	-107.25	
18600	T1-12	301	-68.21	-78.18	-88.27	-107.25	
20670	T1-12	304	-68.09	-78.04	-87.89	-106.72	
20670	T1-13	304	-68.09	-78.04	-87.90	-106.74	
22600	T1-13	307	-67.68	-77.53	-86.84	-105.28	
22600	T1-14	307	-67.68	-77.53	-86.84	-105.28	
22730	T1-14	310	-67.64	-77.48	-86.70	-105.09	
22730	T1-15	310	-67.64	-77.47	-86.73	-105.13	
24800	T1-15	313	-66.86	-76.50	-84.72	-102.38	
24800	T1-16	313	-66.92	-76.56	-84.84	-102.51	
26870	T1-16	316	-65.91	-75.30	-82.12	-98.78	
26870	T1-17	316	-65.90	-75.28	-82.17	-98.86	
28930	T1-17	358	-64.56	-73.61	-78.59	-93.93	
28930	T1-18	358	-64.56	-73.60	-78.65	-94.02	
29600	T1-18	361	-64.05	-72.97	-77.35	-92.23	
29600	T1-19	361	-67.73	-78.57	-81.12	-99.98	
31000	T1-19	364	-66.52	-76.98	-77.93	-95.22	
31000	T1-20	364	-66.62	-77.09	-78.12	-95.46	
33070	T1-20	367	-64.62	-74.47	-72.87	-87.65	
33070	T1-21	367	-64.61	-74.46	-72.95	-87.77	
35130	T1-21	370	-62.27	-71.39	-66.75	-78.53	
35130	T1-22	370	-62.26	-71.38	-66.82	-78.65	
37200	T1-22	373	-59.45	-67.62	-59.57	-67.85	

#### 6.6.4 Verifica delle deformazioni

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.

La deformazione verticale massima ammissibile è pari ad 1/400 della luce massima.

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

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

$$\text{Si ha: } \delta_{\text{vert,max}} = 45.29\text{mm} < 37200/400 = 93.0 \text{ mm}$$

Segue il relativo tabulato di dettaglio, ove le deformazioni si intendono espresse in [mm].



CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

TABULATO CURVE		TIPO ANALISI		DEFORMAZIONE
X(mm)	elem	Nodo	$\delta$ [min]	$\delta$ [max]
0	T1-1	268	-0.30	0.00
2070	T1-1	271	-8.60	-1.79
2070	T1-2	271	-8.60	-1.79
4130	T1-2	274	-16.43	-3.37
4130	T1-3	274	-16.43	-3.37
6200	T1-3	277	-23.59	-4.74
6200	T1-4	277	-23.59	-4.74
7600	T1-4	280	-27.92	-5.55
7600	T1-5	280	-27.92	-5.55
8270	T1-5	283	-29.83	-5.90
8270	T1-6	283	-29.83	-5.90
10330	T1-6	286	-35.12	-6.84
10330	T1-7	286	-35.12	-6.84
12400	T1-7	289	-39.43	-7.58
12400	T1-8	289	-39.43	-7.58
14470	T1-8	292	-42.62	-8.11
14470	T1-9	292	-42.62	-8.11
14600	T1-9	295	-42.79	-8.13
14600	T1-10	295	-42.79	-8.13
16530	T1-10	298	-44.63	-8.42
16530	T1-11	298	-44.63	-8.42
18600	T1-11	301	-45.29	-8.52
18600	T1-12	301	-45.29	-8.52
20670	T1-12	304	-44.63	-8.42
20670	T1-13	304	-44.63	-8.42
22600	T1-13	307	-42.79	-8.13
22600	T1-14	307	-42.79	-8.13
22730	T1-14	310	-42.62	-8.11
22730	T1-15	310	-42.62	-8.11
24800	T1-15	313	-39.43	-7.58
24800	T1-16	313	-39.43	-7.58
26870	T1-16	316	-35.12	-6.84
26870	T1-17	316	-35.12	-6.84
28930	T1-17	358	-29.83	-5.90
28930	T1-18	358	-29.83	-5.90
29600	T1-18	361	-27.92	-5.55
29600	T1-19	361	-27.92	-5.55
31000	T1-19	364	-23.59	-4.74
31000	T1-20	364	-23.59	-4.74
33070	T1-20	367	-16.43	-3.37
33070	T1-21	367	-16.43	-3.37
35130	T1-21	370	-8.60	-1.79
35130	T1-22	370	-8.60	-1.79
37200	T1-22	373	-0.30	0.00



## 6.7 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".

### 6.7.1 Verifica Predalle (Fase I)

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

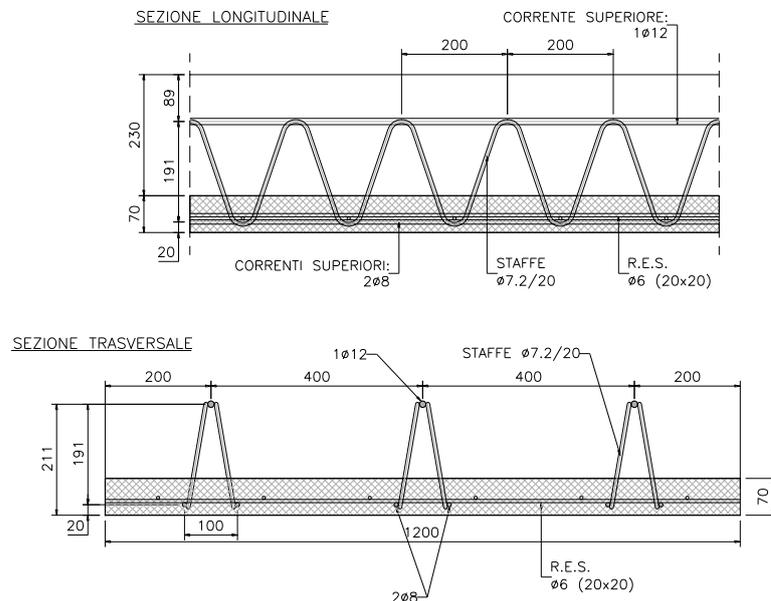


Figura 25: Lastra metallica

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

Ogni traliccio è costituito da 2 $\Phi 8$  inferiori + 1 $\Phi 12$  superiore e  $\Phi 7.2/20$  come ferri diagonali resistenti a taglio; lo spessore della predalle è pari a 7 cm ed è armata anche da una rete elettrosaldata  $\Phi 6/20 \times 20$ .

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

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

**CARATTERISTICHE MATERIALI**

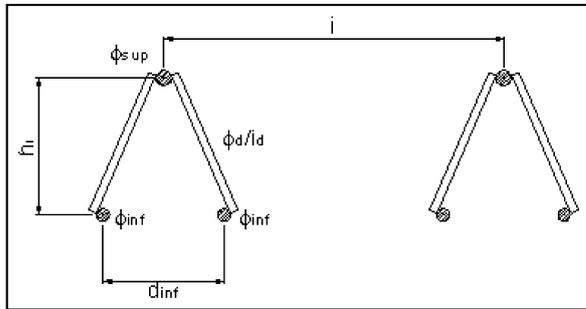
<b>Progetto</b>		SLU	
Peso specifico c.a.	$\gamma$	25	(kN/m <sup>3</sup> )
R <sub>ck</sub>		40	(MPa)
f <sub>ck</sub>		33.2	(MPa)
E <sub>acciaio</sub>		210000	(MPa)

Fe	B450C
f <sub>yk</sub>	450
$\gamma_{fpp}$	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		205
Diametro corrente superiore $\phi_{sup}$	1	12.0
Diametro diagonali $\phi_d$	2	7.2
Diametro corrente inferiore $\phi_{inf}$	2	8.0
Distanza correnti inferiori d <sub>inf</sub>		10.8
Altezza h <sub>t</sub> fra correnti sup. e inf.		19.1
Interasse diagonali d <sub>d</sub>	lc	20.0
Fattore di imperfezione $\alpha$		0.49
Accidentale in fase di getto		0.00



Carico totale x $\gamma_f$	13.19
Fasi di getto sbalzi	si

<u>Luci effettive</u>	
Sbalzo sx	2.000
Sbalzo dx	2.000
Cordolo sx	0.750
Cordolo dx	0.750
Campata 1	3.000

<u>Luci di calcolo</u>	
Sbalzo sx	1.25
Sbalzo dx	1.25
Campata 1	2.6

**Corrente superiore**

Diametro corrente superiore $\phi_{sup}$	1	12	mm
Area barra compressa	A	1.131	cm <sup>2</sup>
Momento d'inerzia barra	Jb	0.1018	cm <sup>4</sup>
Raggio di inerzia	i	0.30	cm
Luce di inflessione (b=1)	L <sub>0</sub>	20.0	cm
Snellezza	$\lambda$	66.7	( )
$N_{cr} = \pi^2 EJ / L_0^2$	N <sub>cr</sub>	52.7	KN
Snellezza adimensionale	$\lambda\alpha$	0.982	( )
	$\Phi$	1.174	
Coefficiente di instabilità	$\chi$	0.550	( )
$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$	N <sub>b,Rd</sub>	-24.4	KN
$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{m0}$	N <sub>c,Rd</sub>	44.3	KN

**Correnti inferiori**

Diametro corrente inferiore $\phi_{inf}$	2	8
Area barra	A	0.503
Momento d'inerzia barra	Jb	0.0201
Raggio di inerzia	i	0.20
Luce di inflessione (b=1)	L <sub>0</sub>	0.2
Snellezza	$\lambda$	1.0
$N_{cr} = \pi^2 EJ / L_0^2$	N <sub>cr</sub>	104181.1
Snellezza adimensionale	$\lambda\alpha$	0.015
	$\Phi$	0.455
Coefficiente di instabilità	$\chi$	1.000
$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$	N <sub>b,Rd</sub>	-19.7
$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{m0}$	N <sub>c,Rd</sub>	19.7

**Barre inclinate**

Diametro diagonali $\phi_d$	2	7.2	mm
angolo in sezione	$\alpha$	15.79	°
angolo in profilo	$\beta$	27.63	°
Area barra compressa	A	0.407	cm <sup>2</sup>
Momento d'inerzia barra	Jb	0.0132	cm <sup>4</sup>
Raggio di inerzia	i	0.18	cm
Luce di inflessione (b=1)	lc	22.23	cm
Snellezza	$\lambda$	123.5	( )
$N_{cr} = \pi^2 EJ / L_0^2$	N <sub>cr</sub>	5.5	KN
Snellezza adimensionale	$\lambda\alpha$	1.819	( )
	$\Phi$	2.552	
Coefficiente di instabilità	$\chi$	0.230	( )
$N_{b,Rd} = \chi A f_{yk} / \gamma_{m1}$	N <sub>b,Rd</sub>	-3.7	KN
$N_{c,Rd} = A f_{yk} / \gamma_{m0}$	N <sub>c,Rd</sub>	15.9	KN

**Traliccio complessivo**

Momento d'inerzia orizzontale	Jsup	91.47
	Jinf	102.83
	Jx	194.3
Area	A	2.14
Distanza baricentro barre inf.	Ygi	10.1
Distanza baricentro barre sup.	Ygs	9.0
Modulo di resistenza inf.	Wi	19.215
Modulo di resistenza sup.	Ws	21.617

#### STATO TENSIONALE

##### Sbalzo sx

Momento negativo sul singolo traliccio	-4.59	KNm			
$N_{eds}$ = Sforzo normale nel corrente sup.	<b>24.0</b>	KN	<	$N_{c,Rd} = 44.3$ KN	OK
$N_{edi}$ = Sforzo normale nel corrente inf.	<b>-12.0</b>	KN	>	$N_{b,Rd} = -19.7$ KN	OK
Taglio sul singolo traliccio	6.20	KN			
$N_{edd}$ = Sforzo normale nel diagonale	<b>-3.64</b>	KN	>	$N_{b,Rd} = -3.7$ KN	OK

##### Sbalzo dx

Momento negativo sul singolo traliccio	-4.59	KNm			
$N_{eds}$ = Sforzo normale nel corrente sup.	<b>24.0</b>	KN	<	$N_{c,Rd} = 44.3$ KN	OK
$N_{edi}$ = Sforzo normale nel corrente inf.	<b>-12.0</b>	KN	>	$N_{b,Rd} = -19.7$ KN	OK
Taglio sul singolo traliccio	6.20	KN			
$N_{edd}$ = Sforzo normale nel diagonale	<b>-3.64</b>	KN	>	$N_{b,Rd} = -3.7$ KN	OK

##### Campata

Momento positivo sul singolo traliccio	3.71	KNm			
$N_{eds}$ = Sforzo normale nel corrente sup.	<b>-19.4</b>	KN	>	$N_{b,Rd} = -24.4$ KN	OK
$N_{edi}$ = Sforzo normale nel corrente inf.	<b>9.7</b>	KN	<	$N_{c,Rd} = 19.7$ KN	OK
Taglio sul singolo traliccio	5.71	KN			
$N_{edd}$ = Sforzo normale nel diagonale	<b>-3.35</b>	KN	>	$N_{b,Rd} = -3.7$ KN	OK

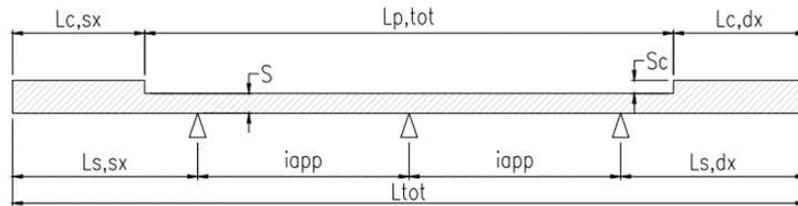
#### 6.7.2 Verifica Soletta (Fase II)

La soletta ha larghezza complessiva pari a 1000 cm; gli sbalzi laterali sono larghi 200 e 200 cm, i cordoli sono larghi 75 e 75 cm mentre la larghezza pavimentata è pari a 850 cm. Le caratteristiche della soletta sono di seguito elencate.

#### Geometria

$L_{TOT}$ =	larghezza totale soletta	[cm]	1000
$i_{app}$ =	interasse appoggi	[cm]	300
$L_{s, SX}$ =	larghezza sbalzo sinistro	[cm]	200
$L_{s, DX}$ =	larghezza sbalzo destro	[cm]	200
$s_r$ =	spessore soletta	[cm]	23
$h_p$ =	altezza predalle	[cm]	7
$s$ =	spessore totale	[cm]	30
$s_p$ =	spessore pavimentazione	[cm]	11
$L_{P, TOT}$ =	larghezza pavimentato	[cm]	850
$L_{C, SX}$ =	larghezza cordolo sinistro	[cm]	75
$L_{C, DX}$ =	larghezza cordolo destro	[cm]	75
$s_c$ =	spessore cordolo	[cm]	18
$L_{S, car, SX}$ =	larghezza sbalzo carrabile sinistro	[cm]	125
$L_{S, car, DX}$ =	larghezza sbalzo carrabile destro	[cm]	125
$L_{S, car, AP, SX}$ =	larghezza carrabile tra appoggi lato sinistro	[cm]	300
$L_{S, car, AP, DX}$ =	larghezza carrabile tra appoggi lato destro	[cm]	300
Zona di soletta			Campata

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO



**Scelta degli stati limite di fessurazione**

Condizioni ambientali	Aggressive
Combinazione di azioni	Limiti [mm]
Frequente	0.3
Quasi permanente	0.2
STATO LIMITE DI APERTURA FESSURE: limiti	
w <sub>1</sub> [mm]	0.2
w <sub>2</sub> [mm]	0.3
w <sub>3</sub> [mm]	0.4

**Analisi dei carichi**

**Carichi permanenti**

Peso proprio soletta	[kN/m]	7.5
Peso proprio cordoli	[kN/m]	4.5
Peso pavimentazione	[kN/m]	2.2
Peso barriere sicurezza	[kN]	1.5
Peso velette	[kN]	1.2

**Carichi mobili**

w =	larghezza carreggiata	[m]	8.5
n <sub>L</sub> =	numero corsie convenzionali		2
w <sub>c</sub> =	larghezza di una corsia convenz.	[m]	3
w <sub>R</sub> =	larghezza zona rimanente	[m]	2.5

**Schema di carico 1**

∅	incremento dinamico		1
∅ <sub>d</sub>	incremento dinamico discontinuità		1
α	coefficiente riduttivo per effetti locali		1
Q <sub>1K</sub> =	carico asse corsia 1	[kN]	300
Q <sub>2K</sub> =	carico asse corsia 2	[kN]	200
Q <sub>3K</sub> =	carico asse corsia 3	[kN]	0
lato impronta parallelo asse longitudinale ponte		[m]	0.4
lato impronta parallelo asse trasversale ponte		[m]	0.4
distanza longitudinale tra gli assi		[m]	1.2
distanza trasversale tra le file di ruote		[m]	2
q <sub>1K</sub> =	UDL corsia 1	[kN/m <sup>2</sup> ]	9
q <sub>2K</sub> =	UDL corsia 2	[kN/m <sup>2</sup> ]	2.5
q <sub>3K</sub> =	UDL corsia 3	[kN/m <sup>2</sup> ]	2.5
q <sub>iK</sub> =	UDL altre corsie	[kN/m <sup>2</sup> ]	2.5

**Schema di carico 2**

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Q <sub>2</sub> =	carico asse autonomo	[kN]	400
	lato impronta parallelo asse longitudinale ponte	[m]	0.35
	lato impronta parallelo asse trasversale ponte	[m]	0.6
	distanza longitudinale tra gli assi	[m]	0
	distanza trasversale tra le file di ruote	[m]	2

Schema di carico 4			
Q <sub>4</sub> =	carico concentrato	[kN]	10
	lato impronta parallelo asse longitudinale ponte	[m]	0.7
	lato impronta parallelo asse trasversale ponte	[m]	0.7

Schema di carico 5			
q <sub>5</sub> =		[kN/m <sup>2</sup> ]	2.5

**Analisi strutturale - valutazione diffusione carichi concentrati**

*Sezione di verifica: sbalzo sinistro*

Schema di carico 1		Scenario 1	Scenario 2
Distanza 1 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	1.1	0.5
Distanza 2 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	0.0	0.0
Distanza 3 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	0.0	0.0
Distanza 4 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	0.0	0.0
Riduzione taglio per carichi in prossimità appoggio		SI	
Lunghezza di diffusione 1 <sup>a</sup> fila	[m]	4.22	3.12
Lunghezza di diffusione 2 <sup>a</sup> fila	[m]	0.00	0.00
Lunghezza di diffusione 3 <sup>a</sup> fila	[m]	0.00	0.00
Lunghezza di diffusione 4 <sup>a</sup> fila	[m]	0.00	0.00

Schema di carico 2		Scenario 1	Scenario 2
Distanza prima ruota da sezione verifica	[m]	1.0	0.5
Distanza seconda ruota da sezione di verifica	[m]	0.0	0.0
Riduzione taglio per carichi in prossimità appoggio		SI	
Lunghezza di diffusione prima ruota	[m]	2.77	1.87
Lunghezza di diffusione seconda ruota	[m]	0.00	0.00

*Sezione di verifica: sbalzo destro*

Schema di carico 1		Scenario 1	Scenario 2
Distanza 1 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	1.1	0.5
Distanza 2 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	0.0	0.0
Distanza 3 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	0.0	0.0
Distanza 4 <sup>a</sup> fila ruote da sezione verifica	[m]	0.0	0.0
Riduzione taglio per carichi in prossimità appoggio		SI	
Lunghezza di diffusione 1 <sup>a</sup> fila	[m]	4.22	3.12
Lunghezza di diffusione 2 <sup>a</sup> fila	[m]	0.00	0.00
Lunghezza di diffusione 3 <sup>a</sup> fila	[m]	0.00	0.00
Lunghezza di diffusione 4 <sup>a</sup> fila	[m]	0.00	0.00

Schema di carico 2		Scenario 1	Scenario 2
Distanza prima ruota da sezione verifica	[m]	1.0	0.5
Distanza seconda ruota da sezione di verifica	[m]	0.0	0.0

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Riduzione taglio per carichi in prossimità appoggio			SI	
Lunghezza di diffusione prima ruota	[m]	2.77	2.77	1.87
Lunghezza di diffusione seconda ruota	[m]	0.00	0.00	0.00

*Sezione di verifica: sezione max M+*

Lato SX

Schema di carico 1

Ls <sub>car, DX</sub> =	larghezza carrabile tra appoggi	[m]	3.0
numero file di ruote potenzialmente tra gli appoggi			2
Distanza 1ª fila ruote da linea appoggio (sx)		[m]	1.5
Distanza 2ª fila ruote da linea appoggio (sx)		[m]	0.0
Distanza 3ª fila ruote da linea appoggio (dx)		[m]	0.5
Distanza 4ª fila ruote da linea appoggio (dx)		[m]	0.0
Distanza 5ª fila ruote da linea appoggio (sx)		[m]	0.0
Distanza 6ª fila ruote da linea appoggio (sx)		[m]	0.0

Lunghezza di diffusione 1ª fila	[m]	3.62
Lunghezza di diffusione 2ª fila	[m]	0.00
Lunghezza di diffusione 3ª fila	[m]	3.12
Lunghezza di diffusione 4ª fila	[m]	0.00
Lunghezza di diffusione 5ª fila	[m]	0.00
Lunghezza di diffusione 6ª fila	[m]	0.00

Schema di carico 2

Distanza prima ruota da linea appoggio (sx)	[m]	1.5
Distanza seconda ruota da linea appoggio (sx)	[m]	0.0
Lunghezza di diffusione prima ruota	[m]	2.37
Lunghezza di diffusione seconda ruota	[m]	0.00

*Sezione di verifica: taglio massimo su appoggio intermedio*

Tale sezione è collocata ad una distanza non minore di  $2d = 36$  cm (con  $d$  = altezza utile della sezione) dall'appoggio, poiché carichi applicati alla distanza  $a < 2d$  dall'appoggio possono essere ridotti del rapporto  $a/2d$  (situazione meno gravosa rispetto a quella in cui ci si pone).

Schema di carico 1

Distanza 1ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	0.56
Distanza 2ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	2.56
Distanza 3ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	0.00
Distanza 4ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	0.00
Distanza 5ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	0.00
Distanza 6ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	0.00

Lunghezza di diffusione 1ª fila	[m]	3.24
Lunghezza di diffusione 2ª fila	[m]	3.00
Lunghezza di diffusione 3ª fila	[m]	0.00
Lunghezza di diffusione 4ª fila	[m]	0.00
Lunghezza di diffusione 5ª fila	[m]	0.00
Lunghezza di diffusione 6ª fila	[m]	0.00

Schema di carico 2

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

Distanza 1ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	0.66
Distanza 2ª fila ruote da linea appoggio (sx)	[m]	2.66
Lunghezza di diffusione prima ruota	[m]	2.19
Lunghezza di diffusione seconda ruota	[m]	2.37

**Sezione di verifica: sezione max M- su appoggio intermedio**

Schema di carico 1

LS <sub>car, DX</sub> =	larghezza carrabile tra appoggi	[m]	3.0
numero file di ruote tra gli appoggi			2
Distanza 1ª fila ruote da linea appoggio (a sx)	[m]	1.2	
Distanza 2ª fila ruote da linea appoggio (a sx)	[m]	0.0	
Distanza 3ª fila ruote da linea appoggio (a dx)	[m]	1.2	
Distanza 4ª fila ruote da linea appoggio (a dx)	[m]	0.0	
Distanza 5ª fila ruote da linea appoggio (a sx)	[m]	2.0	
Distanza 6ª fila ruote da linea appoggio (a sx)	[m]	4.0	
Lunghezza di diffusione 1ª fila	[m]	3.62	
Lunghezza di diffusione 2ª fila	[m]	0.00	
Lunghezza di diffusione 3ª fila	[m]	3.62	
Lunghezza di diffusione 4ª fila	[m]	0.00	
Lunghezza di diffusione 5ª fila	[m]	3.62	
Lunghezza di diffusione 6ª fila	[m]	3.62	

Schema di carico 2

Distanza prima ruota da linea appoggio (sx)	[m]	1.2
Distanza seconda ruota da linea appoggio (sx)	[m]	0.0
Lunghezza di diffusione prima ruota	[m]	2.37
Lunghezza di diffusione seconda ruota	[m]	0.00

**Analisi strutturale - Sollecitazioni e combinazioni**

$\gamma_{g1}$	1.35
$\gamma_{g2}$	1.35
$\gamma_{q1}$	1.35
$\gamma_{vento}$	1.5
$\psi_{TS}$	0.75
$\psi_{UDL}$	0.4
$\psi_{VENTO}$	0.6
$\psi_{local\ action}$	1
$\psi_{global\ action}$	0.4

**Sezione di verifica: sbalzo sinistro**

M <sub>pp</sub>	[kNm/m]	-15.0
M <sub>Spp</sub>	[kNm/m]	-11.5
M <sub>mobili</sub>	[kNm/m]	-84.7
M <sub>vento</sub>	[kNm/m]	0.0
M <sub>SLU</sub>	[kNm/m]	-150.1
M <sub>SLE,F</sub>	[kNm/m]	-86.5
M <sub>SLE,QP</sub>	[kNm/m]	-26.5
M <sub>SLE,Rara</sub>	[kNm/m]	-111.2

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$V_{pp}$	[kN/m]	15.0
$V_{Spp}$	[kN/m]	8.8
$V_{mobili}$	[kN/m]	109.3
$V_{SLU}$	[kN/m]	179.7

*Sezione di verifica: sbalzo destro*

$M_{pp}$	[kNm/m]	-15.0
$M_{Spp}$	[kNm/m]	-11.5
$M_{mobili}$	[kNm/m]	-84.7
$M_{vento}$	[kNm/m]	0.0
$M_{SLU}$	[kNm/m]	-150.1
$M_{SLE,F}$	[kNm/m]	-86.5
$M_{SLE,QP}$	[kNm/m]	-26.5
$M_{SLE,Rara}$	[kNm/m]	-111.2
$V_{pp}$	[kN/m]	15.0
$V_{Spp}$	[kN/m]	8.8
$V_{mobili}$	[kN/m]	109.3
$V_{SLU}$	[kN/m]	179.7

*Sezione di verifica: max M+*

$M_{pp}$	[kNm/m]	1.0
$M_{Spp}$	[kNm/m]	-1.5
$M_{mobili, locale}$	[kNm/m]	71.3
$M_{mobili, globale}$	Calcolo automatico	[kNm/m] 151.2
$M_{mobili}$	[kNm/m]	131.8
$M_{SLU}$	[kNm/m]	177.3
$M_{SLE,F}$	[kNm/m]	50.3
$M_{SLE,QP}$	[kNm/m]	-0.5
$M_{SLE,Rara}$	[kNm/m]	70.8

*Sezione di verifica: taglio massimo su appoggio intermedio*

$V_{pp}$	[kN/m]	14.1
$V_{Spp}$	[kN/m]	4.5
$V_{mobili, locale}$	[kN/m]	113.6
$V_{mobili, globale}$	Calcolo automatico	[kN/m] 100.8
$V_{mobili}$	[kN/m]	153.9
$V_{SLU}$	[kN/m]	232.8

*Sezione di verifica: max M- su appoggio intermedio*

$M_{pp}$	[kNm/m]	-0.9
$M_{Spp}$	[kNm/m]	3.3
$M_{mobili, locale}$	[kNm/m]	-46.2
$M_{mobili, globale}$	Calcolo automatico	[kNm/m] -151.2
$M_{mobili}$	[kNm/m]	-106.7
$M_{SLU}$	[kNm/m]	-141.0
$M_{SLE,F}$	[kNm/m]	-30.1
$M_{SLE,QP}$	[kNm/m]	2.3
$M_{SLE,Rara}$	[kNm/m]	-43.9

*Riepilogo sollecitazioni SLU*

---

max $M_{SLU}$	[kNm/m]	177.3
min $M_{SLU}$	[kNm/m]	-150.1
max $V_{SLU}$	[kN/m]	232.8

---

*Riepilogo sollecitazioni SLE*

---

max $M_{SLE, QP}$	[kNm/m]	2.3
min $M_{SLE, QP}$	[kNm/m]	-26.5
max $M_{SLE, F}$	[kNm/m]	50.3
min $M_{SLE, F}$	[kNm/m]	-86.5
max $M_{SLE, Rara}$	[kNm/m]	70.8
min $M_{SLE, Rara}$	[kNm/m]	-111.2

---

## VERIFICHE A FLESSIONE

### Resistenza a flessione - armature trasversali

Sezione di verifica: sbalzo sinistro		
<b>Geometria</b>		
b =	larghezza sezione	1000 [mm]
h =	altezza sezione	300 [mm]
c' =	copriferro superiore	40 [mm]
c =	copriferro inferiore	40 [mm]
d =	altezza utile sezione	250 [mm]

### Armature superiori

n =	numero	5
Ø =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	200 [mm]
n =	numero	2.5
Ø =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	400 [mm]
$A_s'$ =	area armatura superiore	2356 [mm <sup>2</sup> ]
yn =	asse neutro da intradosso	62.8 [mm]
ynb =	asse neutro bilanciata da intradosso	163.1 [mm]

**Duttile**

### Verifica soletta a momento negativo

$M_{Sd}$ =	momento sollecitante	-150 [kNm/m]
$M_{Rd}$ =	momento resistente	-207 [kNm/m]

**Verificato**

Sezione di verifica: sbalzo destro		
<b>Geometria</b>		
b =	larghezza sezione	1000 [mm]
h =	altezza sezione	300 [mm]
c' =	copriferro di calcolo superiore	40 [mm]
c =	copriferro di calcolo inferiore	40 [mm]
d =	altezza utile sezione	250 [mm]

### Armature superiori

n =	numero	5
Ø =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	200 [mm]
n =	numero	2.5

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\varnothing$ =	diametro	20	[mm]
i =	interasse	400	[mm]
$A_s'$ =	area armatura superiore	2356	[mm <sup>2</sup> ]
yn =	asse neutro da intradosso	63.6	[mm]
ynb =	asse neutro bilanciata da intradosso	163.1	[mm]

**Duttile**

**Verifica soletta a momento negativo**

$M_{Sd}$ =	momento sollecitante	-150	[kNm/m]
$M_{Rd}$ =	momento resistente	-207	[kNm/m]

**Verificato**

**Sezione di verifica: max M+**

**Geometria**

b =	larghezza sezione	1000	[mm]
h =	altezza sezione	230	[mm]
c' =	copriferro di calcolo superiore	40	[mm]
c =	copriferro di calcolo inferiore	40	[mm]
d =	altezza utile sezione	180	[mm]

**Armature inferiori**

n =	numero	5	
$\varnothing$ =	diametro	20	[mm]
i =	interasse	200	[mm]
n =	numero	5	
$\varnothing$ =	diametro	24	[mm]
i =	interasse	200	[mm]
$A_s'$ =	area armatura inferiore	3833	[mm <sup>2</sup> ]
yn =	asse neutro da estradosso	102.1	[mm]
ynb =	asse neutro bilanciata da estradosso	117.5	[mm]

**Duttile**

**Verifica soletta a momento positivo**

$M_{Sd}$ =	momento sollecitante	177	[kNm/m]
$M_{Rd}$ =	momento resistente	208	[kNm/m]

**Verificato**

**Sezione di verifica: max M- su appoggio intermedio**

**Geometria**

b =	larghezza sezione	1000	[mm]
h =	altezza sezione	300	[mm]
c' =	copriferro di calcolo superiore	40	[mm]

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

---

c =	copriferro di calcolo inferiore	40 [mm]
d =	altezza utile sezione	250 [mm]

---

**Armature superiori**

---

n =	numero	5
∅ =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	200 [mm]
n =	numero	2.5
∅ =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	400 [mm]
$A_s'$ =	area armatura superiore	2356 [mm <sup>2</sup> ]
yn =	asse neutro da intradosso	63.6 [mm]
ynb =	asse neutro bilanciata da intradosso	163.1 [mm]

---

**Duttile**

**Verifica soletta a momento negativo**

---

$M_{Sd}$ =	momento sollecitante	-141 [kNm/m]
$M_{Rd}$ =	momento resistente	-207 [kNm/m]

---

**Verificato**

**VERIFICHE A TAGLIO**

**Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

			Su appoggio int.	Sbalzo sx	Sbalzo dx
$b_w$ =	larghezza sezione	[mm]	1000	1000	1000
$h$ =	altezza sezione	[mm]	300	300	300
$d$ =	altezza utile sezione	[mm]	250	250	250
$A_{sl}$ =	armatura armatura tesa ancorata oltre la sezione considerata	[mm <sup>2</sup> ]	2356	2356	2356
$\rho_1$ =	rapporto geometrico di armatura longitudinale		0.009	0.009	0.009
$\sigma_{cp}$ =	tensione media di compressione nella sezione	[MPa]	0	0	0
$f_{ck}$ =	resistenza caratteristica cilindrica	[MPa]	32	32	32
$V_{Rd}$ =	resistenza a taglio	[kN]	320.6	320.6	320.6
$V_{Ed}$ =	sforzo di taglio massimo	[kN]	232.8	179.7	179.7
			<b>Verificato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Verificato</b>

**Geometria**

---

$L_{s, SX} =$	larghezza sbalzo sinistro	[cm]	200
$L_{s, DX} =$	larghezza sbalzo destro	[cm]	200
$s_r =$	spessore soletta	[cm]	23

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$h_p =$	altezza predalle	[cm]	7
$s =$	spessore totale	[cm]	30
$s_p =$	spessore pavimentazione	[cm]	11
$L_{P, TOT} =$	larghezza pavimentato	[cm]	850
$L_{C, SX} =$	larghezza cordolo sinistro	[cm]	75
$L_{C, DX} =$	larghezza cordolo destro	[cm]	75
$s_c =$	spessore cordolo	[cm]	18
$L_{S\ car, SX} =$	larghezza sbalzo carrabile sinistro	[cm]	125
$L_{S\ car, DX} =$	larghezza sbalzo carrabile destro	[cm]	125
$L_{S\ car, AP} =$	larghezza carrabile tra appoggi	[cm]	300
$H_B =$	altezza barriera di sicurezza	[cm]	150
$i_p =$	interasse paletti	[cm]	200
$d_p =$	distanza paletto da sezione incastro	[cm]	162.5
$B_P =$	lato piastra ancoraggio paletto	[cm]	30
$M_p =$	momento plasticizzazione paletto	[kNm]	50

**Analisi dei carichi**

*Carichi permanenti*

Peso proprio soletta	[kN/m]	7.5
Peso proprio cordoli	[kN/m]	4.5
Peso pavimentazione	[kN/m]	2.2
Peso barriere sicurezza	[kN]	1.5
Peso velette	[kN]	1.2

*Carico eccezionale da urto per traffico veicolare sopra i ponti*

$F_{HE} =$	forza orizzontale equivalente di collisione	[kN]	100
$b_{HE} =$	braccio forza orizzontale di collisione	[m]	1.0
$M =$	momento indotto dalla forza	[kNm]	100.0
$n_p =$	numero minimo paletti coinvolti		2.0
$B_D =$	lunghezza di soletta collaborante (globale)	[m]	5.3
$b_D =$	lunghezza di soletta collaborante (locale)	[m]	0.5

**Analisi strutturale - Sollecitazioni e combinazioni**

$\gamma_{g1}$		1
$\gamma_{g2}$		1
$\gamma_A$		1
$\gamma_Q$		1

**Verifica globale**

*Sezione di verifica: sbalzo sinistro*

$M_{pp}$	[kNm/m]	-15.0
----------	---------	-------

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$M_{Spp}$	[kNm/m]	-11.5
$M_{mobili}$	[kNm/m]	-84.7
$M_{FHE}$	[kNm/m]	-19.0
$M_{SLU}$	[kNm/m]	-130.2
$N_{FHE}$	[kN/m]	-19.0
$N_{SLU}$	[kN/m]	-19.0

*Sezione di verifica: sbalzo destro*

$M_{pp}$	[kNm/m]	-15.0
$M_{Spp}$	[kNm/m]	-11.5
$M_{mobili}$	[kN/m]	-84.7
$M_{FHE}$	[kNm/m]	-19.0
$M_{SLU}$	[kNm/m]	-130.2
$N_{FHE}$	[kN/m]	-19.0
$N_{SLU}$	[kN/m]	-19.0

**VERIFICHE A TENSO-FLESSIONE**

**Sezione di verifica: sbalzo sinistro**

**Geometria**

b =	larghezza sezione	1000 [mm]
h =	altezza sezione	300 [mm]
c' =	copriferro di calcolo superiore	40 [mm]
c =	copriferro di calcolo inferiore	40 [mm]
d =	altezza utile sezione	250 [mm]

**Armature superiori**

n =	numero	5
$\emptyset$ =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	200 [mm]
n =	numero	2.5
$\emptyset$ =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	400 [mm]
$A_s'$ =	area armatura superiore	2356.19 [mm <sup>2</sup> ]

**Verifica soletta a momento negativo e trazione**

$M_{Sd}$ =	momento sollecitante	-130 [kNm/m]
$N_{Sd}$ =	trazione	-19 [kN/m]
$M_{Rd}$ =	momento resistente	-198 [kNm/m]

**Verificato**

**Sezione di verifica: sbalzo destro**

**Geometria**

b =	larghezza sezione	1000 [mm]
h =	altezza sezione	300 [mm]
c' =	copriferro di calcolo superiore	40 [mm]
c =	copriferro di calcolo inferiore	40 [mm]
d =	altezza utile sezione	250 [mm]

**Armature superiori**

n =	numero	5
Ø =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	200 [mm]
n =	numero	2.5
Ø =	diametro	20 [mm]
i =	interasse	400 [mm]
A <sub>s</sub> ' =	area armatura superiore	2356.19 [mm <sup>2</sup> ]

**Verifica soletta a momento negativo e trazione**

M <sub>Sd</sub> =	momento sollecitante	-130 [kNm/m]
N <sub>Sd</sub> =	trazione	-19 [kN/m]
M <sub>Rd</sub> =	momento resistente	-198 [kNm/m]

**Verificato**

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" – ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

---

**VERIFICHE A FESSURAZIONE SBALZO SINISTRO**

**Combinazione di azioni** **Frequente**

*Stato limite di apertura delle fessure*

**ESTRADOSSO SOLETTA**

**Sollecitazioni di verifica**

$M_{Ed}$  = momento sollecitante massimo 86.5 [kNm]

**Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure**

h= altezza sezione 300 [mm]

d= altezza utile 250 [mm]

c = ricoprimento armatura 40 [mm]

*Armatura tesa*

n= numero barre 5

$\phi$  = diametro della barra 20 [mm]

n= numero barre 2.5

$\phi$  = diametro della barra 20 [mm]

$\phi_{eq}$  = diametro equivalente 20 [mm]

$A_s$  = area armatura tesa 2356 [mm<sup>2</sup>]

*Armatura compressa*

$A'_s$  = area armatura compressa 0 [mm<sup>2</sup>]

Durata carichi Breve

$k_T$  = coefficiente durata carichi 0.6

Tipo di barre Aderenza migliorata

$k_1$  = coefficiente aderenza barre 0.8

Sollecitazione Flessione

$k_2$  = coefficiente stato sollecitazione 0.5

$k_3$  3.4

$k_4$  0.425

$\alpha_e$  = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo 6.30

n= coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc 15

x= distanza asse neutro - lembo compresso 102.2 [mm]

$h_{eff}$ = altezza area efficace di cls teso attorno all'armatura 66 [mm]

$A_{c\ eff}$  =  $b\ h_{eff}$  = area efficace di cls teso attorno all'armatura 65930 [mm<sup>2</sup>]

$\rho_{eff}$  =  $A_s/A_{c\ eff}$  0.036

Spaziatura barre 133.3333333 [mm]

$5(c+\phi/2)$  250 [mm]

$\Delta s_{max}$  = distanza massima tra le fessure 231.1 [mm]

$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	1127881246 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	7.84 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel cls nella fibra più sollecitata	-15.17 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-170.00 [MPa]
$\varepsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.00049
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.11 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.30 [mm]

**Verificato**

### VERIFICHE A FESSURAZIONE SBALZO SINISTRO

Combinazione di azioni

Quasi permanente

*Stato limite di apertura delle fessure*

**ESTRADOSSO SOLETTA**

#### **Sollecitazioni di verifica**

$M_{Ed}$ = momento sollecitante massimo	26.5 [kNm]
---	------------

#### **Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure**

h = altezza sezione	300 [mm]
d = altezza utile	250 [mm]
c = ricoprimento armatura	40 [mm]
<i>Armatura tesa</i>	
n = numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
n = numero barre	2.5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
$\phi_{eq}$ = diametro equivalente	20 [mm]
$A_s$ = area armatura tesa	2356 [mm <sup>2</sup> ]
<i>Armatura compressa</i>	
$A'_s$ = area armatura compressa	0 [mm <sup>2</sup> ]
Durata carichi	Lunga
$k_T$ = coefficiente durata carichi	0.4
Tipo di barre	Aderenza migliorata
$k_1$ = coefficiente aderenza barre	0.8
Sollecitazione	Flessione
$k_2$ = coefficiente stato sollecitazione	0.5
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\alpha_e$ = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo	6.30
$n$ = coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc	15
$x$ = distanza asse neutro - lembo compresso	102.2 [mm]
$h_{eff}$ = altezza area efficace di clc teso attorno all'armatura	66 [mm]
$A_{c\ eff}$ = $b\ h_{eff}$ = area efficace di clc teso attorno all'armatura	65930 [mm <sup>2</sup> ]
$\rho_{eff} = A_s/A_{c\ eff}$	0.036
Spaziatura barre	133.3333333 [mm]
$5(c+\phi/2)$	250 [mm]
$\Delta s_{max}$ = distanza massima tra le fessure	231.1 [mm]
$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	1127881246 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel clc nella fibra piú sollecitata	2.40 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel clc nella fibra piú sollecitata	-4.64 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-52.04 [MPa]
$\epsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.000149
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.03 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.20 [mm]
	<b>Verificato</b>

**Verifica a fessurazione senza calcolo diretto**

**Tabella C4.1.II** Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

**VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO: SBALZO SINISTRO**

Combinazione di azioni	Rara
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	10.08 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-218.57 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	19.2 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>
Combinazione di azioni	Quasi permanente
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	2.40 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-52.04 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	14.40 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>

<b>ERIFICHE A FESSURAZIONE MEZZERIA</b>	
Combinazione di azioni	Frequente
<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	
<b>INTRADOSSO SOLETTA</b>	
<b>Sollecitazioni di verifica</b>	
$M_{Ed}$ = momento sollecitante massimo	50.3 [kNm]
<b>Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure</b>	
h= altezza sezione	230 [mm]
d= altezza utile	180 [mm]
c = ricoprimento armatura	47 [mm]
<i>Armatura tesa</i>	
n= numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
n= numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	24 [mm]
$\phi_{eq}$ = diametro equivalente	22 [mm]
$A_s$ = area armatura tesa	3833 [mm <sup>2</sup> ]
<i>Armatura compressa</i>	
$A'_s$ = area armatura compressa	0 [mm <sup>2</sup> ]
Durata carichi	Breve
$k_T$ = coefficiente durata carichi	0.6
Tipo di barre	Aderenza migliorata
$k_1$ = coefficiente aderenza barre	0.8
Sollecitazione	Flessione
$k_2$ = coefficiente stato sollecitazione	0.5
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425
$\alpha_e$ = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo	6.30
n= coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc	15
x= distanza asse neutro - lembo compresso	97.4 [mm]
$h_{eff}$ = altezza area efficace di cls teso attorno all'armatura	44 [mm]
$A_{c\ eff}$ = b $h_{eff}$ = area efficace di cls teso attorno all'armatura	44188 [mm <sup>2</sup> ]
$\rho_{eff}$ = $A_s/A_{c\ eff}$	0.087
Spaziatura barre	100 [mm]
$5(c+\phi/2)$	290.4545455 [mm]
$\Delta s_{max}$ = distanza massima tra le fessure	203.3 [mm]

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	700251575.5 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	6.99 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel cls nella fibra più sollecitata	-9.52 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-88.91 [MPa]
$\varepsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.00025
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.05 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.3 [mm]

Verificato

VERIFICHE A FESSURAZIONE MEZZERIA

Combinazione di azioni

Quasi permanente

Stato limite di apertura delle fessure

INTRADOSSO SOLETTA

Sollecitazioni di verifica

$M_{Ed}$ = momento sollecitante massimo	0.5 [kNm]
---	-----------

Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure

h = altezza sezione	230 [mm]
d = altezza utile	180 [mm]
c = ricoprimento armatura	47 [mm]
<i>Armatura tesa</i>	
n = numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
n = numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	24 [mm]
$\phi_{eq}$ = diametro equivalente	22.18181818 [mm]
$A_s$ = area armatura tesa	3833 [mm <sup>2</sup> ]
<i>Armatura compressa</i>	
$A'_s$ = area armatura compressa	0 [mm <sup>2</sup> ]
Durata carichi	Lunga
$k_T$ = coefficiente durata carichi	0.4
Tipo di barre	Aderenza migliorata
$k_1$ = coefficiente aderenza barre	0.8
Sollecitazione	Flessione
$k_2$ = coefficiente stato sollecitazione	0.5
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\alpha_e$ = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo	6.30
$n$ = coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc	15
$x$ = distanza asse neutro - lembo compresso	97.4 [mm]
$h_{eff}$ = altezza area efficace di clc teso attorno all'armatura	44 [mm]
$A_{c\ eff}$ = $b\ h_{eff}$ = area efficace di clc teso attorno all'armatura	44188 [mm <sup>2</sup> ]
$\rho_{eff} = A_s/A_{c\ eff}$	0.087
Spaziatura barre	100 [mm]
$5(c+\phi/2)$	290.4545455 [mm]
$\Delta s_{max}$ = distanza massima tra le fessure	203.3 [mm]
$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	700251575.5 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel clc nella fibra piú sollecitata	0.07 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel clc nella fibra piú sollecitata	-0.10 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-0.91 [MPa]
$\epsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.000003
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.001 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.2 [mm]

**Non si ha formazione delle fessure**

**Verifica a fessurazione senza calcolo diretto**

**Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III** Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_s = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

**VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO: MEZZERIA**

Combinazione di azioni	Rara
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	4.96 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-63.10 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	19.2 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>
Combinazione di azioni	Quasi permanente
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	0.07 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-0.91 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	14.40 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>

**VERIFICHE A FESSURAZIONE SEZIONE SU APPOGGIO INTERMEDIO**

Combinazione di azioni	Frequente
<b>Stato limite di apertura delle fessure</b>	
<b>ESTRADOSSO SOLETTA</b>	
<b>Sollecitazioni di verifica</b>	
$M_{Ed}$ = momento sollecitante massimo	30.1 [kNm]
<b>Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure</b>	
h= altezza sezione	300 [mm]
d= altezza utile	250 [mm]
c = ricoprimento armatura	40 [mm]
<i>Armatura tesa</i>	
n= numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
n= numero barre	200
$\phi$ = diametro della barra	2.5 [mm]
$\phi_{eq}$ = diametro equivalente	20 [mm]
$A_s$ = area armatura tesa	2356 [mm <sup>2</sup> ]
<i>Armatura compressa</i>	
$A'_s$ = area armatura compressa	0 [mm <sup>2</sup> ]
Durata carichi	Breve
$k_T$ = coefficiente durata carichi	0.6
Tipo di barre	Aderenza migliorata
$k_1$ = coefficiente aderenza barre	0.8
Sollecitazione	Flessione
$k_2$ = coefficiente stato sollecitazione	0.5
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425
$\alpha_e$ = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo	6.30
n= coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc	15
x= distanza asse neutro - lembo compresso	102.2 [mm]
$h_{eff}$ = altezza area efficace di cls teso attorno all'armatura	66 [mm]
$A_{c\ eff}$ = b $h_{eff}$ = area efficace di cls teso attorno all'armatura	65930 [mm <sup>2</sup> ]
$\rho_{eff}$ = $A_s/A_{c\ eff}$	0.036
Spaziatura barre	4.88 [mm]
$5(c+\phi/2)$	250 [mm]
$\Delta s_{max}$ = distanza massima tra le fessure	231.1 [mm]

$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	1127881246 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	2.73 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel cls nella fibra più sollecitata	-5.28 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-59.15 [MPa]
$\varepsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.00017
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.04 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.30 [mm]

**Verificato**

**VERIFICHE A FESSURAZIONE SEZIONE SU APPOGGIO INTERMEDIO**

Combinazione di azioni

Quasi permanente

*Stato limite di apertura delle fessure*

**ESTRADOSSO SOLETTA**

**Sollecitazioni di verifica**

$M_{Ed}$ = momento sollecitante massimo	2.3 [kNm]
---	-----------

**Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure**

h = altezza sezione	300 [mm]
d = altezza utile	250 [mm]
c = ricoprimento armatura	40 [mm]
<i>Armatura tesa</i>	
n = numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
n = numero barre	200
$\phi$ = diametro della barra	2.5 [mm]
$\phi_{eq}$ = diametro equivalente	20 [mm]
$A_s$ = area armatura tesa	2356 [mm <sup>2</sup> ]
<i>Armatura compressa</i>	
$A'_s$ = area armatura compressa	0 [mm <sup>2</sup> ]
Durata carichi	Lunga
$k_T$ = coefficiente durata carichi	0.4
Tipo di barre	Aderenza migliorata
$k_1$ = coefficiente aderenza barre	0.8
Sollecitazione	Flessione
$k_2$ = coefficiente stato sollecitazione	0.5
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\alpha_e$ = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo	6.30
$n$ = coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc	15
$x$ = distanza asse neutro - lembo compresso	102.2 [mm]
$h_{eff}$ = altezza area efficace di cls teso attorno all'armatura	66 [mm]
$A_{c\ eff}$ = $b\ h_{eff}$ = area efficace di cls teso attorno all'armatura	65930 [mm <sup>2</sup> ]
$\rho_{eff} = A_s/A_{c\ eff}$	0.036
Spaziatura barre	4.88 [mm]
$5(c+\phi/2)$	250 [mm]
$\Delta s_{max}$ = distanza massima tra le fessure	231.1 [mm]
$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	1127881246 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra piú sollecitata	0.21 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel cls nella fibra piú sollecitata	-0.41 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-4.57 [MPa]
$\epsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.000013
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.00 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.20 [mm]

**Non si ha formazione delle fessure**

**Verifica a fessurazione senza calcolo diretto**

**Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima s delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

**VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO: SEZ. SU APPOGGIO INTERMEDIO**

Combinazione di azioni	Rara
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	3.98 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-86.33 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	19.2 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>
Combinazione di azioni	Quasi permanente
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	0.21 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-4.57 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	14.40 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>

**VERIFICHE A FESSURAZIONE SBALZO DESTRO**

Combinazione di azioni

Frequente

*Stato limite di apertura delle fessure*

**ESTRADOSSO SOLETTA**

**Sollecitazioni di verifica**

$M_{Ed}$  = momento sollecitante massimo 86.5 [kNm]

**Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure**

h= altezza sezione 300 [mm]

d= altezza utile 250 [mm]

c = ricoprimento armatura 40 [mm]

*Armatura tesa*

n= numero barre 5

$\phi$  = diametro della barra 20 [mm]

n= numero barre 2.5

$\phi$  = diametro della barra 20 [mm]

$\phi_{eq}$  = diametro equivalente 20 [mm]

$A_s$  = area armatura tesa 2356 [mm<sup>2</sup>]

*Armatura compressa*

$A'_s$  = area armatura compressa 0 [mm<sup>2</sup>]

Durata carichi Breve

$k_T$  = coefficiente durata carichi 0.6

Tipo di barre Aderenza migliorata

$k_1$  = coefficiente aderenza barre 0.8

Sollecitazione Flessione

$k_2$  = coefficiente stato sollecitazione 0.5

$k_3$  3.4

$k_4$  0.425

$\alpha_e$  = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo 6.30

n= coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc 15

x= distanza asse neutro - lembo compresso 102.2 [mm]

$h_{eff}$ = altezza area efficace di cls teso attorno all'armatura 66 [mm]

$A_{c\ eff}$  =  $b h_{eff}$  = area efficace di cls teso attorno all'armatura 65930 [mm<sup>2</sup>]

$\rho_{eff}$  =  $A_s/A_{c\ eff}$  0.036

Spaziatura barre 133.3333333 [mm]

$5(c+\phi/2)$  250 [mm]

$\Delta s_{max}$  = distanza massima tra le fessure 231.1 [mm]

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	1127881246 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	7.84 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel cls nella fibra più sollecitata	-15.17 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-170.00 [MPa]
$\varepsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.00049
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.11 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.3 [mm]
	<b>Verificato</b>

**VERIFICHE A FESSURAZIONE SBALZO DESTRO**

Combinazione di azioni

Quasi permanente

*Stato limite di apertura delle fessure*

**ESTRADOSSO SOLETTA**

**Sollecitazioni di verifica**

$M_{Ed}$ = momento sollecitante massimo	26.5 [kNm]
---	------------

**Determinazione del valore di calcolo di apertura delle fessure**

h = altezza sezione	300 [mm]
d = altezza utile	250 [mm]
c = ricoprimento armatura	40 [mm]
<i>Armatura tesa</i>	
n = numero barre	5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
n = numero barre	2.5
$\phi$ = diametro della barra	20 [mm]
$\phi_{eq}$ = diametro equivalente	20 [mm]
$A_s$ = area armatura tesa	2356 [mm <sup>2</sup> ]
<i>Armatura compressa</i>	
$A'_s$ = area armatura compressa	0 [mm <sup>2</sup> ]
Durata carichi	Lunga
$k_T$ = coefficiente durata carichi	0.4
Tipo di barre	Aderenza migliorata
$k_1$ = coefficiente aderenza barre	0.8
Sollecitazione	Flessione
$k_2$ = coefficiente stato sollecitazione	0.5
$k_3$	3.4
$k_4$	0.425

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

$\alpha_e$ = rapporto modulo acciaio/calcestruzzo	6.30
$n$ = coefficiente omogeneizzazione acciaio-clc	15
$x$ = distanza asse neutro - lembo compresso	102.2 [mm]
$h_{eff}$ = altezza area efficace di clc teso attorno all'armatura	66 [mm]
$A_{c\ eff}$ = $b\ h_{eff}$ = area efficace di clc teso attorno all'armatura	65930 [mm <sup>2</sup> ]
$\rho_{eff} = A_s/A_{c\ eff}$	0.036
Spaziatura barre	133.3333333 [mm]
$5(c+\phi/2)$	250 [mm]
$\Delta s_{max}$ = distanza massima tra le fessure	231.1 [mm]
$J_{dd}$ = momento inerzia sezione omogeneizzata parzializzata	1127881246 [mm <sup>4</sup> ]
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel clc nella fibra piú sollecitata	2.40 [MPa]
$\sigma_t$ = tensione di trazione nel clc nella fibra piú sollecitata	-4.64 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-52.04 [MPa]
$\epsilon_{sm}$ = deformazione unitaria media delle barre di armatura	0.000149
$w_d$ = valore di calcolo dell'apertura delle fessure	0.03 [mm]
$w$ = valore limite di apertura delle fessure	0.2 [mm]
	<b>Verificato</b>

**Verifica a fessurazione senza calcolo diretto**

**Tabella C4.1.II Diametri massimi delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Diametro massimo $\phi$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	40	32	25
200	32	25	16
240	20	16	12
280	16	12	8
320	12	10	6
360	10	8	-

**Tabella C4.1.III Spaziatura massima delle barre per il controllo di fessurazione**

Tensione nell'acciaio $\sigma_s$ [MPa]	Spaziatura massima $s$ delle barre (mm)		
	$w_3 = 0,4$ mm	$w_2 = 0,3$ mm	$w_1 = 0,2$ mm
160	300	300	200
200	300	250	150
240	250	200	100
280	200	150	50
320	150	100	-
360	100	50	-

**VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO: SBALZO DESTRO**

Combinazione di azioni	Rara
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	10.08 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-218.57 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	19.2 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>
Combinazione di azioni	Quasi permanente
$\sigma_c$ = tensione di compressione nel cls nella fibra più sollecitata	2.40 [MPa]
$\sigma_s$ = tensione nell'armatura tesa considerando la sezione fessurata	-52.04 [MPa]
Massima tensione di compressione ammissibile nel calcestruzzo	14.40 [Mpa] <b>Verificato</b>
Massima tensione di trazione nell'acciaio	360 [Mpa] <b>Verificato</b>

## 7 APPARECCHI D'APPOGGIO E GIUNTI

### 7.1 GIUNTI

I varchi tra la soletta di impalcato e il muro paraghiaia della spalla e i relativi giunti di dilatazione sono stati dimensionati in modo da evitare il martellamento tra le travi e la spalla, con spostamenti valutati allo stato limite di collasso, di entità non inferiori alle corse attese dagli appoggi di cui al sottoparagrafo successivo.

In combinazione sismica l'escursione massima è stata valutata con la seguente espressione:

$$\Delta L(\pm) = \Delta L(\text{sismica}) + \Psi_2 \Delta L(T) + \Delta L(g)$$

		$\Delta t$ (mm)	$\Delta l$ (mm)
<b>Combinazione <math>\Delta l_{\max}</math></b>	<b>SLU-SLV</b>	$\pm 7$ mm	$\pm 39$ mm
<b>Combinazione <math>\Delta t_{\max}</math></b>		$\pm 29$ mm	$\pm 18$ mm
<b>Combinazione <math>\Delta l_{\max}</math></b>	<b>SLU-SLC</b>	$\pm 9$ mm	$\pm 47$ mm
<b>Combinazione <math>\Delta t_{\max}</math></b>		$\pm 37$ mm	$\pm 20$ mm

#### 7.1.1 Spostamenti dell'isolatore $\Delta L$ (sismica)

Il valore dello spostamento assoluto è stato calcolato direttamente dal modello numerico dell'opera (utilizzando un programma agli elementi finiti SAP2000) attraverso un'analisi lineare dinamica con spettro di risposta di progetto allo stato limite di collasso.

#### 7.1.2 Variazione termica

Si assume per il coefficiente di dilatazione termica il valore  $\alpha = 1.0 \times 10^{-5}$

Si ipotizza una variazione termica  $\Delta t = \pm 30^\circ\text{C}$ .

Detta L la distanza tra il punto fisso e il giunto considerato, distanza tra il baricentro termico individuato in prossimità della mezzeria del cavalcavia e la spalla, risulta:

$$\Delta L(t) = \alpha \times \Delta t \times L$$

#### 7.1.3 Variabilità spaziale del moto

Per tener conto della variabilità spaziale del moto si è operato nel rispetto di quanto prescritto dalle norme tecniche NTC2008:

### 7.1.3.1 Spalla

#### Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno (§ 3.2.3.3 NTC 2008)

Spalla

dati:

$a_g/g$  (SLV) = 0.060 (accelerazione massima su sito di riferimento rigido orizzontale)

$a_g$  (m/s<sup>2</sup>) = 0.588

S (adim) = 1.200 (suolo categoria B)

$T_C$  (sec) = 0.498

$T_D$  (sec) = 1.840

si ricavano:

$d_g = m$  0.016  $d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$  è lo spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo [3.2.15]

$v_g = m/s$  0.056  $v_g = 0,16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C$  è la velocità orizzontale massima del suolo [3.2.15]

#### Spostamento assoluto e relativo del terreno (§ 3.2.5.2 NTC 2008)

dati i valori di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo determinati nei punti i e j:

$d_{gi} = m$  0.016

$d_{gj} = m$  0.016

si determina il seguente valore di spostamento relativo:

$d_{ij \max} = m$  0.029

data la distanza:

$x = m$  37.20

si determina il seguente valore di spostamento relativo tra due punti a distanza x:

$d_{ij}(x) = m$  0.0052  $d_{ij}(x) = mm$  5.2 ← formula [3.2.19]

con:

$v_s = m/s$  500.00 velocità rilevata di propagazione delle onde di taglio

$d_{ij0}(x) = m$  0.00 spostamento tra due punti a piccola distanza

**Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno (§ 3.2.3.3 NTC 2008)**

**Spalla**

dati:

$a_g/g$  (SLC) = 0.071 (accelerazione massima su sito di riferimento rigido orizzontale)

$a_g$  (m/s<sup>2</sup>) = 0.696

S (adim) = 1.200 (suolo categoria B)

$T_C$  (sec) = 0.521

$T_D$  (sec) = 1.884

si ricavano:

$d_g = m$  0.0205  $d_g = 0.025 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C \cdot T_D$  è lo spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo [3.2.15]

$v_g = m/s$  0.0697  $v_g = 0,16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_C$  è la velocità orizzontale massima del suolo [3.2.15]

**Spostamento assoluto e relativo del terreno (§ 3.2.5.2 NTC 2008)**

dati i valori di spostamento assoluto orizzontale massimo del suolo determinati nei punti i e j:

$d_{gi} = m$  0.0205

$d_{gj} = m$  0.0205

si determina il seguente valore di spostamento relativo:

$d_{ij \max} = m$  0.0362

data la distanza:

$x = m$  37.20

si determina il seguente valore di spostamento relativo tra due punti a distanza x:

$d_{ij}(x) = m$  0.0067  $d_{ij}(x) = mm$  6.7 ← formula [3.2.19]

con:

$v_s = m/s$  500.00 velocità rilevata di propagazione delle onde di taglio

$d_{ij0}(x) = m$  0.00 spostamento tra due punti a piccola distanza

## 7.2 APPARECCHI D'APPOGGIO

Lo schema di vincolo del cavalcavia prevede l'utilizzo su tutte le sottostrutture di apparecchi d'appoggio strutturali in elastomero armato (volume comprensivo delle piastre circa 18.5dmc per appoggio).

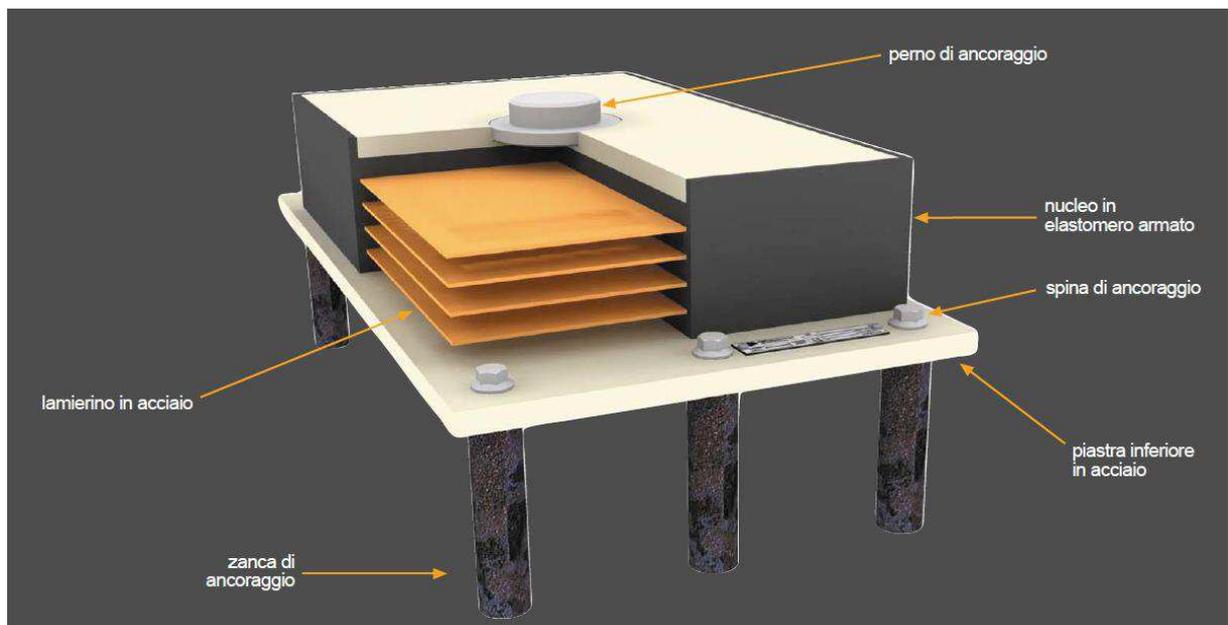


Figura 26: Appoggio in elastomero armato

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  $F_{xy}$  limite = 170 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.

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" - ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
 PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

**AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE ESTERNA Max P - SPALLA SP1 - CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD**

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD

NUM.LINK

POSIZIONE

CARICHI MOBILI

CARICO ACCIDENTALE ECCENTRICO

10001	TIPO PILA	SPALLA
j	ISO	SP1-DX
Min	P	

	TI [KN]	Tt [KN]	N [KN]
SLS (MAX) -->	127	48	-1907
SLS (MIN) -->	30	0	-845
SLU (MAX) -->	169	100	-2615
SLU (MIN) -->	13	0	-594

**AZIONI TOTALI SULL'APPOGGIO**

Descrizione	SOLLECITAZIONI		
	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]
G1-ACCIAIO	-128	0	5
G1-SOLETTA	-470	0	17
G2-PERMANENTI	-249	0	4
E1-DISTORSIONI	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4
E3-TERMICA-U	0	0	28
E4-CEDIMENTI	0	0	0
Q1-MOBILI-KK	-1043	0	6
Q1-MOBILI-FQ	-629	0	3
Q3-FRENATURA	3	0	77
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0
Q5-VENTO-S	2	22	0
Q5-VENTO-C	-29	47	0
Q7-ATTRITO-P	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0
SLC-L	16	0	129
SLC-T	144	127	0
SLC-V	18	0	1
Q6-SISMA_L	12	0	101
Q6-SISMA_T	113	100	0
Q6-SISMA_V	18	0	1

SPOSTAMENTI		
Δt	Δl	Δ
[mm]	[mm]	[mm]
0	1	1
0	4	4
0	1	1
0	0	0
0	1	1
0	7	7
0	0	0
0	1	1
0	18	18
0	0	0
5	0	5
11	0	11
0	0	0
0	30	30
29	0	29
0	0	0
0	23	23
23	0	23
0	0	0

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

Combinazione	SOLLECITAZIONI		
	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]
SLE_R_P	-847	0	30
SLE_T	-847	0	47
SLE_R_VS	-845	22	47
SLE_R_VC	-1504	48	50
SLE_R_1	-1907	29	53
SLE_R_2a	-1489	29	127
SLE_R_2b	-1493	29	50
SLE_F_P	-847	0	30
SLE_F_VS	-846	4	44
SLE_F_VC	-853	10	44
SLE_F_1	-1475	0	47
SLU_P_1	-1181	0	41
SLU_T_1	-1181	0	75
SLU_VS_1	-1177	34	61
SLU_VC_1	-2072	71	65
SLU_1_1	-2615	43	69
SLU_2a_1	-2051	43	169
SLU_2b_1	-2055	43	65
SLU_P_2	-598	0	27
SLU_T_2	-598	0	61
SLU_VS_2	-594	34	47
SLU_VC_2	-641	71	47
SLU_1_2	-624	43	47
SLU_2a_2	-1468	43	155
SLU_2b_2	-1472	43	51
SLV_SX1	-795	30	146
SLV_SX2	-898	30	57
SLV_SY1	-725	100	75
SLV_SY2	-969	100	13
SLV_Z1	-792	30	75
SLV_Z2	-902	30	13
SLC_SX1	-783	38	173
SLC_SX2	-911	38	85
SLC_SY1	-693	127	83
SLC_SY2	-1001	127	5
SLC_SZ1	-781	38	84
SLC_SZ2	-913	38	5

SPOSTAMENTI		
Δt	Δl	Δ
[mm]	[mm]	[mm]
0	7	7
0	11	11
5	11	12
11	12	16
7	12	14
7	29	30
7	12	13
0	7	7
1	10	10
2	10	10
0	11	11
0	9	9
0	17	17
8	14	16
17	15	22
10	16	19
10	39	40
10	15	18
0	6	6
0	14	14
8	11	13
16	11	20
10	11	15
10	36	37
10	12	15
7	34	34
7	13	15
23	17	29
23	3	23
7	17	19
7	3	8
9	40	41
9	20	21
29	19	35
29	1	29
9	19	21
9	1	9

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" - ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
 PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

**AZIONI SULL'APPOGGIO - TRAVE CENTRALE - SPALLA SP1 - CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD**

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD

NUM.LINK

POSIZIONE

CARICHI MOBILI

CARICO ACCIDENTALE CENTRATO

10002	TIPO PILA	SPALLA
J	ISO	SP1-CEN
Min	P	

	TI [KN]	Tt [KN]	N [KN]
SLS (MAX) -->	125	47	-1626
SLS (MIN) -->	30	0	-819
SLU (MAX) -->	166	100	-2229
SLU (MIN) -->	13	0	-588

**AZIONI TOTALI SULL'APPOGGIO**

Descrizione	SOLLECITAZIONI		
	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]
G1-ACCIAIO	-132	0	5
G1-SOLETTA	-456	0	17
G2-PERMANENTI	-232	0	4
E1-DISTORSIONI	0	0	0
E2-RITIRO	0	0	4
E3-TERMICA-U	0	0	28
E4-CEDIMENTI	0	0	0
Q1-MOBILI-KCEN	-806	0	3
Q1-MOBILI-FQCEN	-504	0	1
Q3-FRENATURA	3	0	77
Q4-CENTRIFUGA	0	0	0
Q5-VENTO-S	0	22	0
Q5-VENTO-C	0	47	0
Q7-ATTRITO-P	0	0	0
Q7-ATTRITO-Q	0	0	0
SLC-L	15	0	129
SLC-T	0	128	0
SLC-V	17	0	1
Q6-SISMA_L	11	0	101
Q6-SISMA_T	0	100	0
Q6-SISMA_V	17	0	1

SPOSTAMENTI		
Δt	Δl	Δ
[mm]	[mm]	[mm]
0	1	1
0	4	4
0	1	1
0	0	0
0	1	1
0	7	7
0	0	0
0	1	1
0	18	18
0	0	0
5	0	5
11	0	11
0	0	0
0	30	30
30	0	30
0	0	0
0	23	23
23	0	23
0	0	0

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

Combinazione	SOLLECITAZIONI		
	P <sub>max</sub> [KN]	Tt [KN]	TI [KN]
SLE_R_P	-819	0	30
SLE_T	-819	0	47
SLE_R_VS	-819	22	47
SLE_R_VC	-1324	47	48
SLE_R_1	-1626	28	50
SLE_R_2a	-1320	28	125
SLE_R_2b	-1324	28	48
SLE_F_P	-819	0	30
SLE_F_VS	-819	4	44
SLE_F_VC	-819	9	44
SLE_F_1	-1324	0	46
SLU_P_1	-1141	0	41
SLU_T_1	-1141	0	74
SLU_VS_1	-1141	34	61
SLU_VC_1	-1822	71	63
SLU_1_1	-2229	43	65
SLU_2a_1	-1817	43	166
SLU_2b_1	-1822	43	63
SLU_P_2	-588	0	27
SLU_T_2	-588	0	61
SLU_VS_2	-588	34	47
SLU_VC_2	-588	71	47
SLU_1_2	-588	43	47
SLU_2a_2	-1264	43	153
SLU_2b_2	-1269	43	49
SLV_SX1	-803	30	145
SLV_SX2	-836	30	57
SLV_SY1	-811	100	75
SLV_SY2	-828	100	14
SLV_Z1	-798	30	75
SLV_Z2	-840	30	13
SLC_SX1	-799	38	173
SLC_SX2	-839	38	85
SLC_SY1	-810	128	83
SLC_SY2	-829	128	5
SLC_SZ1	-797	38	83
SLC_SZ2	-841	38	5

SPOSTAMENTI		
Δt	Δl	Δ
[mm]	[mm]	[mm]
0	7	7
0	11	11
5	11	12
11	11	16
7	12	13
7	29	30
7	11	13
0	7	7
1	10	10
2	10	10
0	11	11
0	9	9
0	17	17
8	14	16
16	14	22
10	15	18
10	38	40
10	14	18
0	6	6
0	14	14
8	11	13
16	11	20
10	11	15
10	35	37
10	11	15
7	34	34
7	13	15
23	17	29
23	3	23
7	17	19
7	3	8
9	40	41
9	20	22
30	19	35
30	1	30
9	19	21
9	1	9

S.S. 131 DI "CARLO FELICE" – ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLA S.S. 131 RISOLUZIONE DEI NODI CRITICI 1° STRALCIO DAL KM 158+000 AL KM 162+700  
 PROGETTO ESECUTIVO

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

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

Variabilità spaziale del moto spostamento relativo

SLV= 5.2 mm

SLC= 6.7 mm

		COMB	P=N (KN)	V3=Tt (KN)	V2=TI (KN)
Combinazione N <sub>max</sub>	SLS	SLE_R_1	-1907	29	53
		SLE_R_VS	-845	22	47
		SLE_R_2a	-1489	29	127
		SLE_R_VC	-1504	48	50
Combinazione N <sub>min</sub>	SLU-STR	SLU_1_1	-2615	43	69
		SLU_VS_2	-594	34	47
		SLU_2a_1	-2051	43	169
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU-STR	SLU_VC_1	-2072	71	65
		SLV_SY2	-969	100	13
		SLV_SY1	-725	100	75
Combinazione N <sub>min</sub>	SLU-SLV	SLV_SX1	-795	30	146
		SLV_SY1	-725	100	75
		SLC_SY2	-1001	127	5
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU-SLV	SLC_SY1	-693	127	83
		SLC_SX1	-783	38	173
		SLC_SY1	-693	127	83

Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
6.7	12.3	14.0
5.2	10.9	12.0
6.6	29.3	30.0
11.0	11.6	16.0
10.0	16.0	18.9
7.7	10.9	13.4
9.9	38.9	40.2
16.5	15.0	22.3
23.1	8.3	24.5
23.1	22.6	32.3
6.9	38.9	39.5
28.3	17.3	33.2
29.4	7.8	30.4
29.4	25.9	39.2
8.8	46.7	47.5
36.1	19.3	40.9

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

Variabilità spaziale del moto spostamento relativo

SLV= 5.2 mm

SLC= 6.7 mm

		COMB	P=N (KN)	V3=Tt (KN)	V2=TI (KN)
Combinazione N <sub>max</sub>	SLS	SLE_R_1	-1626	28	50
		SLE_R_P	-819	0	30
		SLE_R_2a	-1320	28	125
		SLE_R_VC	-1324	47	48
Combinazione N <sub>min</sub>	SLU-STR	SLU_1_1	-2229	43	65
		SLU_P_2	-588	0	27
		SLU_2a_1	-1817	43	166
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU-STR	SLU_VC_1	-1822	71	63
		SLV_Z2	-840	30	13
		SLV_Z1	-798	30	75
Combinazione N <sub>min</sub>	SLU-SLV	SLV_SX1	-803	30	145
		SLV_SY1	-811	100	75
		SLC_SZ2	-841	38	5
Combinazione T <sub>max</sub>	SLU-SLV	SLC_SZ1	-797	38	83
		SLC_SX1	-799	38	173
		SLC_SY1	-810	128	83

Δt (mm)	Δl (mm)	Δ (mm)
6.6	11.6	13.4
0.0	6.9	6.9
6.6	28.9	29.6
11.0	11.2	15.6
9.9	15.1	18.1
0.0	6.2	6.2
9.9	38.4	39.7
16.4	14.5	21.9
6.9	8.3	10.8
6.9	22.6	23.6
6.9	38.8	39.4
28.4	17.2	33.2
8.9	7.8	11.8
8.9	25.9	27.4
8.9	46.6	47.5
36.2	19.1	40.9

## 8 VERIFICA SPALLE

### 8.1 SPALLA SP1

#### 8.1.1 ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito il calcolo delle azioni, combinate agli stati limite ultimi e agli stati limite di esercizio, agenti sulla spalla 1 e che si ritengono valide anche per la spalla SP2 uguale in altezza, larghezza e lunghezza.

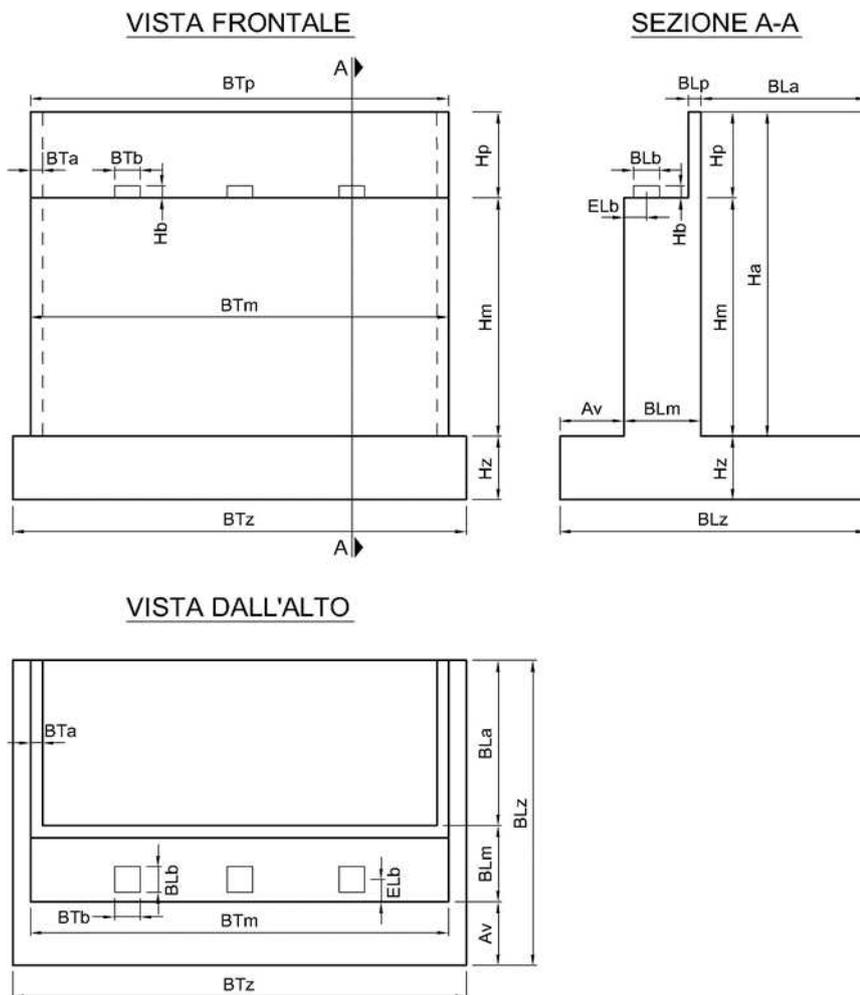
#### GEOMETRIA

Aggetto valle muro

$A_v$

[m]

1



#### ANALISI DEI CARICHI E DELLE SOLLECITAZIONI

## AZIONI VERTICALI PROVENIENTI DALLA SPALLA

### **Peso proprio spalla**

#### **Paraghiaia**

spessore	$b_{Lp}$	[m]	0.40
altezza	$h_p$	[m]	2.90
lunghezza	$b_{Tp}$	[m]	9.80
peso	$W_p$	[kN]	<b>284</b>
eccentricità muro	$e_{Lm}$	[m]	-0.60
momento muro frontale	$M_{Tm}$	[kNm]	<b>-171</b>
eccentricità fondazione	$e_{Lz}$	[m]	1.60
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	<b>455</b>

#### **Muro frontale**

spessore	$b_{Lm}$	[m]	1.60
altezza	$h_m$	[m]	5.40
lunghezza	$b_{Tm}$	[m]	9.80
peso	$W_m$	[kN]	<b>2117</b>
eccentricità fondazione	$e_{Lz}$	[m]	2.20
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	<b>4657</b>
altezza totale	$H_{tot}$	[m]	9.80

#### **Muri andatori**

spessore medio	$b_{Ta}$	[m]	0.75
larghezza	$b_{La}$	[m]	5.40
altezza	$h_a$	[m]	8.30
numero			2
peso	$W_a$	[kN]	<b>1681</b>
eccentricità fondazione	$e_{Lz}$	[m]	-1.30
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	<b>-2185</b>

#### **Zattera di fondazione**

spessore	$h_z$	[m]	1.50
larghezza	$b_{Lz}$	[m]	8.00
lunghezza	$b_{Tz}$	[m]	12.00
peso	$W_f$	[kN]	<b>3600</b>

#### **Terreno di rinterro**

peso specifico	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20.0
larghezza	$b_{Lr}$	[m]	5.40

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

---

lunghezza	$b_{Tr}$	[m]	8.30
altezza	$h_r$	[m]	8.30
peso	$W_r$	[kN]	<b>7440</b>
eccentricità fondazione	$e_{Lz}$	[m]	-1.30
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	<b>-9672</b>

---

***Sovraccarichi permanenti portati***

peso pavimentazione	spp	[kN/m <sup>2</sup> ]	3.0
larghezza	$b_L$	[m]	5.40
lunghezza	$b_T$	[m]	9.80
peso	W	[kN]	<b>159</b>
eccentricità fondazione	$e_{Lz}$	[m]	-1.30
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	<b>-206</b>

---

***Sovraccarichi variabili sulla spalla***

peso carichi variabili		[kN/m <sup>2</sup> ]	20
larghezza	$b_L$	[m]	5.40
lunghezza	$b_T$	[m]	9.80
peso	W	[kN]	<b>1058</b>
eccentricità fondazione	$e_{Lz}$	[m]	-1.30
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	<b>-1376</b>

---

## AZIONI VERTICALI PROVENIENTI DALL'IMPALCATO

### Geometria impalcato

luce campata di riva	L	[m]	38
coefficiente di influenza verticale	$\alpha_v$		0.5
eccentricità muro	$e_{Lm}$	[m]	0.60
eccentricità fondazione	$e_{Lz}$	[m]	2.40

### Carichi permanenti strutturali

pesi propri	ppt	[kN/m]	140.0
reazione totale	$W_{pp}$	[kN]	2660
momento muro di paramento	$M_{Tm}$	[kNm]	532
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	6384

### Carichi mobili (Qik e qik)

larghezza carreggiata	w	[m]	8.5
eccentricità asse carreggiata	$e_T$	[m]	0
numero corsie convenzionali	$n_L$		2
larghezza di una corsia	$w_c$	[m]	3
larghezza zona rimanente	$w_R$	[m]	2.5

componente da massimizzare

max N e MT    max ML

#### CARICO ASSE (TS)

carico asse corsia 1	$Q_{1K}$	[kN]	300	300
carico asse corsia 2	$Q_{2K}$	[kN]	200	0
carico asse corsia 3	$Q_{3K}$	[kN]	0	0

#### CARICO DISTRIBUITO (UDL)

UDL corsia 1	$q_{1K}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	9	9
UDL corsia 2	$q_{2K}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2.5	0
UDL corsia 3	$q_{3K}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0	0
UDL altre corsie	$q_{iK}$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2.5	0

ecc corsia 1		[m]	2.750	2.750
ecc corsia 2		[m]	-0.250	-0.250
ecc corsia 3		[m]		
ecc corsia 4		[m]	2.75	
M UDL 1		[kNm/m]	74.3	74.3
M UDL 2		[kNm/m]	-1.9	0.0
M UDL 3		[kNm/m]	0.0	0.0
M UDL 4		[kNm/m]	17.2	0.0
M UDL		[kNm]	1701.7	1410.8
M TS1		[kNm]	1650	1650

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

M TS2		[kNm]	-100	0
M TS3		[kNm]	0	0
M TS		[kNm]	1550	1650
Reazione verticale	N	[kN]	<b>1774</b>	<b>1113</b>
Momento trasversale muro frontale	M <sub>Tm</sub>	[kNm]	<b>355</b>	<b>223</b>
Momento trasversale fondazione	M <sub>Tz</sub>	[kNm]	<b>4258</b>	<b>2671</b>
Momento longitudinale	M <sub>L</sub>	[kNm]	<b>3252</b>	<b>3061</b>
coefficiente di combinazione	ψ <sub>0</sub>		<b>0.57</b>	<b>0.59</b>

**AZIONI ORIZZONTALI PROVENIENTI DALLA SPALLA**

***Spinta del cuneo di terreno***

parametri geotecnici	M2		
coefficiente parziale di sicurezza	γ <sub>φ'</sub>		1.25
angolo di attrito del terreno - valore caratteristico	φ' <sub>k</sub>	[deg]	35
angolo di attrito del terreno - valore di progetto	φ' <sub>d</sub>	[deg]	29
angolo di attrito terreno-parete	δ	[deg]	19.5
coefficiente di spinta attiva	K <sub>a</sub>		0.3060
componente orizzontale del coefficiente di spinta	K <sub>ah</sub>		0.2885
altezza di terreno non spingente	h	[m]	0
spinta terreno su muro	S <sub>m</sub>	[kN]	<b>1947</b>
eccentricità muro	e <sub>vm</sub>	[m]	2.77
momento muro frontale	M <sub>Tm</sub>	[kNm]	<b>5388</b>
spinta terreno su muro+fondazione	S <sub>z</sub>	[kN]	<b>2715</b>
eccentricità fondazione	e <sub>vz</sub>	[m]	3.27
forza di attrito terreno su muro+fondazione	N <sub>z</sub>	[kN]	<b>962</b>
eccentricità fondazione	e <sub>Tz</sub>	[m]	-4.0
momento intradosso zattera	M <sub>Tz</sub>	[kNm]	<b>5022</b>

***Sovraccarichi permanenti portati***

carico uniforme	q	[kN/m <sup>2</sup> ]	3.0
spinta terreno su muro	S <sub>m</sub>	[kN]	<b>70</b>
eccentricità muro	e <sub>vm</sub>	[m]	4.2
momento muro frontale	M <sub>Tm</sub>	[kNm]	<b>292</b>
spinta terreno su muro+fondazione	S <sub>z</sub>	[kN]	<b>83</b>
eccentricità fondazione	e <sub>vz</sub>	[m]	4.9
forza di attrito terreno su muro+fondazione	N <sub>z</sub>	[kN]	<b>29</b>
eccentricità fondazione	e <sub>Tz</sub>	[m]	-4.0
momento intradosso zattera	M <sub>Tz</sub>	[kNm]	<b>289</b>

***Sovraccarichi variabili sulla spalla***

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

carico uniforme	q	[kN/m <sup>2</sup> ]	20
spinta terreno su muro	S <sub>m</sub>	[kN]	<b>469</b>
eccentricità muro	e <sub>vm</sub>	[m]	4.2
momento muro frontale	M <sub>Tm</sub>	[kNm]	<b>1947</b>
spinta terreno su muro+fondazione	S <sub>z</sub>	[kN]	<b>554</b>
eccentricità fondazione	e <sub>vz</sub>	[m]	4.9
forza di attrito terreno su muro+fondazione	N <sub>z</sub>	[kN]	<b>196</b>
eccentricità fondazione	e <sub>Tz</sub>	[m]	-4.0
momento intradosso zattera	M <sub>Tz</sub>	[kNm]	<b>1930</b>

**AZIONI ORIZZONTALI PROVENIENTI DALL'IMPALCATO**

**Attrito dei vincoli**

tipologia appoggio longitudinale			ISOLATORE
sforzamento normale permanente	N <sub>pp</sub>	[kN]	2660
sforzamento normale permanente non strutturale	N <sub>spp</sub>	[kN]	0
sforzamento normale variabile	N <sub>q</sub>	[kN]	1774
coefficiente di attrito	μ		0.03
attrito carichi permanenti	V <sub>L,pp</sub>	[kN]	<b>80</b>
attrito carichi permanenti non strutturali	V <sub>L,spp</sub>	[kN]	<b>0</b>
attrito carichi variabili	V <sub>q</sub>	[kN]	<b>53</b>
altezza baggiolo	h <sub>b</sub>	[m]	0.50
eccentricità muro	e <sub>vm</sub>	[m]	5.9
momento muro frontale carichi permanenti	M <sub>Tm,pp</sub>	[kN]	<b>471</b>
momento muro frontale permanenti non strutturali	M <sub>Tm,spp</sub>	[kN]	<b>0</b>
momento muro frontale carichi variabili	M <sub>Tm,q</sub>	[kN]	<b>314</b>
eccentricità fondazione	e <sub>vz</sub>	[m]	7.4
momento intradosso zattera carichi permanenti	M <sub>Tz,pp</sub>	[kN]	<b>591</b>
momento intradosso zattera permanenti non strutturali	M <sub>Tz,spp</sub>	[kN]	<b>0</b>
momento intradosso zattera carichi variabili	M <sub>Tz,q</sub>	[kN]	<b>394</b>

**Azione di frenamento o accelerazione**

azione di frenamento e accelerazione	V <sub>L</sub>	[kN]	231
lunghezza totale impalcato	L <sub>tot</sub>	[m]	38
coefficiente di influenza orizzontale	α <sub>h</sub>		0.50
eccentricità muro	e <sub>vm</sub>	[m]	5.9
momento muro frontale	M <sub>Tm</sub>	[kN]	<b>1365</b>
eccentricità fondazione	e <sub>vz</sub>	[m]	7.4
momento intradosso zattera	M <sub>Tz</sub>	[kN]	<b>1712</b>

### **Vento trasversale**

pressione del vento	$q_w$	[kN/m <sup>2</sup> ]	2.50
altezza superficie investita	$h_w$	[m]	5.50
lunghezza totale impalcato	L	[m]	38
coefficiente di influenza orizzontale	$\alpha_h$		0.5
azione trasversale del vento	$V_T$	[kN]	261
eccentricità muro	$e_{vm}$	[m]	5.9
momento muro frontale	$M_{Lm}$	[kN]	1541
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	7.4
momento intradosso zattera	$M_{Lz}$	[kN]	1933

### **AZIONI SISMICHE**

#### **Valutazione dell'azione sismica**

##### PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

vita nominale	$V_N$	anni	50
Classe d'uso			IV
coefficiente d'uso	$C_U$		2
periodo di riferimento per l'azione sismica	$V_R$	anni	100
Stato limite ultimo di salvaguardia della vita SLV			
probabilità di superamento nel periodo di riferimento	$P_{VR}$		10%
Periodo di ritorno dell'azione sismica	$T_R$	anni	949

##### PARAMETRI CHE DEFINISCONO L'AZIONE SISMICA

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_g$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.589
coefficiente di amplificazione spettrale massima	$F_0$		2.416
periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale	$T_C^*$	[s]	0.358

##### CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI STRATIGRAFICHE

###### *Categoria di sottosuolo*

coefficiente di amplificazione stratigrafica	$S_S$		1.20
coefficiente di sottosuolo	$C_C$		1.35

###### *Categoria topografica*

coefficiente di amplificazione topografica	$S_T$		1.00
$S_S \times S_T$	S		1.200
coefficiente di smorzamento viscoso	$\xi$		5%
$\sqrt{(10/(5+\xi))}$	$\eta$		1.00

##### SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE

###### *Componenti orizzontali*

periodo di inizio tratto a $v = \text{cost}$	$T_C$	s	0.48
--	-------	---	------

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

periodo di inizio tratto ad a = cost	$T_B$	s	0.16
periodo di inizio tratto a s = cost	$T_D$	s	1.84

*Componenti verticali*

coefficiente di amplificazione spettrale massima	$F_v$		0.80
periodo di inizio tratto a v = cost	$T_C$	s	0.15
periodo di inizio tratto ad a = cost	$T_B$	s	0.05
periodo di inizio tratto a s = cost	$T_D$	s	1.00

PARAMETRI DI ANALISI

accelerazione orizzontale massima al sito	$a_{max}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.706
fattore di struttura	q		1
coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima	$\beta_m$		1.00
coefficiente sismico orizzontale	$k_h = \beta_m \times a_{max} / g$		0.072
coefficiente sismico verticale	$k_v = \pm k_h/2$		0.036

**Impalcato**

peso proprio impalcato + carichi permanenti portati	p	[kN/m]	140
peso totale impalcato	$W_{tot}$	[kN]	5320
periodo fondamentale longitudinale	$T_L$	[s]	0.90
accelerazione spettrale longitudinale	$S_{eL}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.9
forza sismica longitudinale su spalla	$F_L$	[kN]	251
coefficiente di influenza longitudinale	$\alpha_{hL}$		0.50
coefficiente di influenza trasversale	$\alpha_{hT}$		0.50
periodo fondamentale trasversale	$T_T$	[s]	0.90
accelerazione spettrale trasversale	$S_{eT}$	[m/s <sup>2</sup> ]	0.9
forza sismica trasversale su spalla	$F_T$	[kN]	251
eccentricità muro	$e_{vm}$	[m]	5.9
momento muro frontale	$M_{Tm}$	[kN]	1483
momento muro frontale	$M_{Lm}$	[kN]	1483
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	7.4
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kN]	1861
momento intradosso zattera	$M_{Lz}$	[kN]	1861

**Paraghiaia**

peso	$W_p$	[kN]	284
forza sismica	$F_L = F_T$	[kN]	20
eccentricità muro	$e_{vm}$	[m]	6.9
momento muro frontale	$M_{Tm} =$ $M_{Lm}$	[kN]	140
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	8.4
momento intradosso zattera	$M_{Tz} =$	[kN]	171

	$M_{Lz}$			
<b>Muro frontale</b>				
peso	$W_p$	[kN]	2117	
forza sismica	$F_L = F_T$	[kN]	<b>152</b>	
eccentricità muro	$e_{vm}$	[m]	2.7	
momento muro frontale	$M_{Tm} =$ $M_{Lm}$	[kN]	<b>412</b>	
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	4.2	
momento intradosso zattera	$M_{Tz} =$ $M_{Lz}$	[kN]	<b>640</b>	
<b>Muri andatori</b>				
peso	$W_p$	[kN]	1681	
forza sismica	$F_L = F_T$	[kN]	<b>121</b>	
eccentricità muro	$e_{vm}$	[m]	2.7	
momento muro frontale	$M_{Tm} =$ $M_{Lm}$	[kN]	<b>327</b>	
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	4.2	
momento intradosso zattera	$M_{Tz} =$ $M_{Lz}$	[kN]	<b>508</b>	
<b>Zattera di fondazione</b>				
peso	$W_p$	[kN]	3600	
forza sismica	$F_L = F_T$	[kN]	<b>259</b>	
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	0.8	
momento intradosso zattera	$M_{Tz} =$ $M_{Lz}$	[kN]	<b>194</b>	
<b>Terreno di rinterro</b>				
peso	$W_p$	[kN]	7440	
forza sismica	$F_L = F_T$	[kN]	<b>536</b>	
eccentricità muro	$e_{vm}$	[m]	2.7	
momento muro frontale	$M_{Tm} =$ $M_{Lm}$	[kN]	<b>1446</b>	
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	4.2	
momento intradosso zattera	$M_{Tz} =$ $M_{Lz}$	[kN]	<b>2250</b>	
<b>Cuneo di terreno</b>				
			<b>1+k<sub>v</sub></b>	<b>1-k<sub>v</sub></b>
			1.036	0.96
metodo di analisi		Mononobe- Okabe		
angolo di attrito del terreno	$\varphi'k$	[deg]	29	29
angolo di attrito terreno-parete	$\delta$	[deg]	20	20
angolo sismico	$\theta$	[deg]	3.98	4.27
coefficiente di spinta attiva	$K_a$		0.3527	0.3565
componente orizzontale del coefficiente di spinta	$K_{ah}$		0.3325	0.3361
incremento di coefficiente di spinta in fase sismica	$\Delta K_{ah}$		0.0440	0.0476
spinta terreno su muro	$S_m$	[kN]	<b>308</b>	<b>310</b>

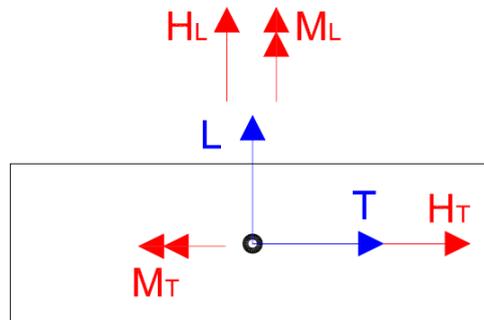
CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

---

eccentricità muro	$e_{vm}$	[m]	2.77	2.77
momento muro frontale	$M_{Tm}$	[kNm]	<b>851</b>	<b>857</b>
spinta terreno su muro+fondazione	$S_z$	[kN]	<b>429</b>	<b>432</b>
eccentricità fondazione	$e_{vz}$	[m]	3.3	3.3
momento intradosso zattera	$M_{Tz}$	[kNm]	<b>1402</b>	<b>1410</b>

---

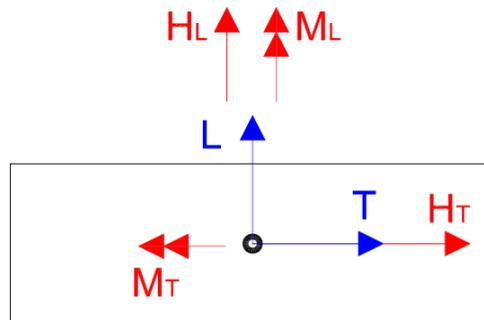
8.1.2 SOLLECITAZIONI RISULTANTI – VALORI CARATTERISTICI



<u>BASE MURO FRONTALE</u>		N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
<b>STATICA</b>						
peso proprio spalla	<b>g1</b>	2401	0	0	0	-171
spinte terreno di rinterro	<b>g4</b>	0	1947	0	0	5388
spinta sovraccarichi permanenti	<b>g5</b>	0	70	0	0	292
spinta sovraccarichi variabili	<b>q2</b>	0	469	0	0	1947
carichi permanenti strutturali su impalcato	<b>r1</b>	2660	0	0	0	532
carichi permanenti portati su impalcato	<b>r2</b>	0	0	0	0	0
attrito dei vincoli	<b>r3</b>	0	80	0	0	471
carichi mobili su impalcato - max N e M <sub>T</sub>	<b>r4</b>	1774	0	0	3252	355
carichi mobili su impalcato - max M <sub>L</sub>	<b>r5</b>	1113	0	0	3061	223
frenatura / accelerazione	<b>f</b>	0	231	0	0	1365
vento trasversale	<b>w</b>	0	0	261	1541	0
<b>totale</b>		<b>7948</b>	<b>2798</b>	<b>261</b>	<b>7854</b>	<b>10402</b>

<u>INTRADOSSO ZATTERA</u>		N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
<b>STATICA</b>						
peso proprio spalla	<b>g1</b>	7682	0	0	0	2927
peso proprio terreno di rinterro	<b>g2</b>	7440	0	0	0	-9672
sovraccarichi permanenti su spalla	<b>g3</b>	159	0	0	0	-206
spinte terreno di rinterro	<b>g4</b>	962	2715	0	0	5022
spinta sovraccarichi permanenti	<b>g5</b>	29	83	0	0	289
sovraccarichi variabili su spalla	<b>q1</b>	1058	0	0	0	-1376
spinta sovraccarichi variabili	<b>q2</b>	196	554	0	0	1930
carichi permanenti strutturali su impalcato	<b>r1</b>	2660	0	0	0	6384
carichi permanenti portati su impalcato	<b>r2</b>	0	0	0	0	0
attrito dei vincoli	<b>r3</b>	0	80	0	0	591
carichi mobili su impalcato - max N e M <sub>T</sub>	<b>r4</b>	1774	0	0	3252	4258
carichi mobili su impalcato - max M <sub>L</sub>	<b>r5</b>	1113	0	0	3061	2671
frenatura / accelerazione	<b>f</b>	0	231	0	0	1712
vento trasversale	<b>w</b>	0	0	261	1933	0
<b>totale</b>		<b>23074</b>	<b>3663</b>	<b>261</b>	<b>8246</b>	<b>14530</b>

8.1.3 SOLLECITAZIONI RISULTANTI – COMBINAZIONI – MURO FRONTALE



STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Sollecitazioni base muro frontale

combinazione	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	5061	1650	0	0	5251
2	6835	1881	261	4793	6971
3	6067	2015	157	2768	6968
4	6067	1650	261	3385	5452
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>6835</b>	<b>1881</b>	<b>261</b>	<b>4793</b>	<b>6971</b>

STATO LIMITE ULTIMO

Sollecitazioni base muro frontale

combinazione A1-M1	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	6832	2227	0	0	7089
2	9228	2574	392	6702	9615
3	8190	2775	235	3876	9633
4	8190	2227	392	4800	7361
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>8190</b>	<b>2775</b>	<b>235</b>	<b>3876</b>	<b>9633</b>

combinazione A2-M2	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	5061	2098	0	0	6512
2	7101	2398	340	5743	8695
3	6218	2708	204	3322	9276
4	6218	2098	340	4123	6744
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>6218</b>	<b>2708</b>	<b>204</b>	<b>3322</b>	<b>9276</b>

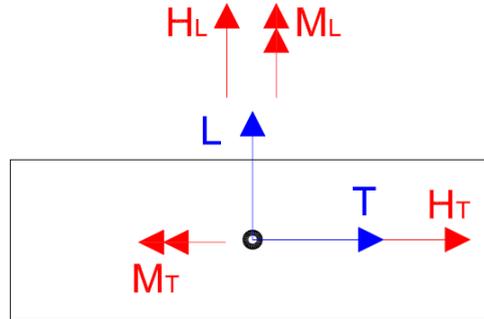
  

combinazione sismica 1 + k <sub>v</sub>	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
S <sub>L</sub>	2487	3844	288	1044	12059
S <sub>T</sub>	2487	2957	960	3481	9025
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>2487</b>	<b>3844</b>	<b>288</b>	<b>1044</b>	<b>12059</b>

combinazione sismica 1 - k <sub>v</sub>	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
S <sub>L</sub>	2315	3667	288	1044	11527
S <sub>T</sub>	2315	2779	960	3481	8490
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>2315</b>	<b>3667</b>	<b>288</b>	<b>1044</b>	<b>11527</b>

8.1.4 SOLLECITAZIONI RISULTANTI – COMBINAZIONI – PLINTO DI FONDAZIONE



**STATO LIMITE DI ESERCIZIO**

**Sollecitazioni intradosso zattera**

combinazione	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	18880	2257	0	0	3483
2	20654	2488	261	5185	9453
3	21130	2688	157	3003	5890
4	19885	2257	261	3776	5897
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>20654</b>	<b>2488</b>	<b>261</b>	<b>5185</b>	<b>9453</b>

**STATO LIMITE ULTIMO**

**Sollecitazioni intradosso zattera**

combinazione A1-M1	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	25488	3047	0	0	4703
2	27883	3393	392	7290	13019
3	28712	3693	235	4228	7950
4	26845	3047	392	5388	7961
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>27883</b>	<b>3393</b>	<b>392</b>	<b>7290</b>	<b>13019</b>

combinazione A2-M2	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	18932	2878	0	0	5335
2	20972	3179	340	6253	12457
3	21719	3598	204	3628	8831
4	20088	2878	340	4633	8110
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>20972</b>	<b>3179</b>	<b>340</b>	<b>6253</b>	<b>12457</b>

combinazione sismica 1 + k <sub>v</sub>	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
S <sub>L</sub>	19613	4668	402	1687	11941
S <sub>T</sub>	19613	3430	1340	5624	7023
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>19613</b>	<b>4668</b>	<b>402</b>	<b>1687</b>	<b>11941</b>

combinazione sismica 1 - k <sub>v</sub>	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
S <sub>L</sub>	18250	4469	402	1687	11608
S <sub>T</sub>	18250	3229	1340	5624	6684
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>18250</b>	<b>4469</b>	<b>402</b>	<b>1687</b>	<b>11608</b>

### 8.1.5 VERIFICHE STRUTTURALI

#### 8.1.5.1 MURO FRONTALE

##### VERIFICA A PRESSOFLESSIONE

<b>Comb -AIMI-</b>			
Sup 1	48 $\phi$ 20	As =	150.80
inf 1	48 $\phi$ 26	As =	254.85
inf 2	40 $\phi$ 26	As =	212.37

<b>Comb - Sismica 1+kv -</b>			
Sup 1	48 $\phi$ 20	As =	150.80
inf 1	48 $\phi$ 26	As =	254.85
inf 2	40 $\phi$ 26	As =	212.37

**Comb - Sismica 1-kv -**

Sup 1	48 φ 20	As =	150.80
inf 1	48 φ 26	As =	254.85
inf 2	40 φ 26	As =	212.37

**VERIFICA A TAGLIO**

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

**Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

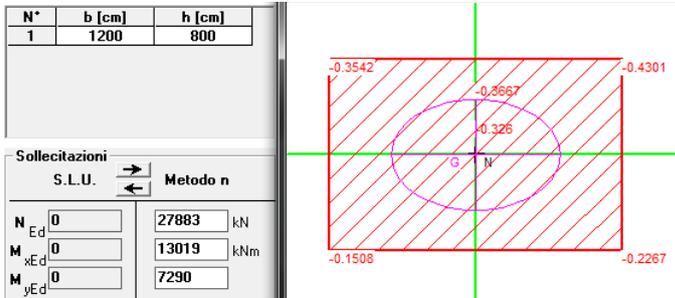
larghezza sezione	$b_w$	[mm]	9800
altezza sezione	$h$	[mm]	1600
altezza utile sezione	$d$	[mm]	1526
armatura longitudinale	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	51500
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_l$		0.003
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	[MPa]	0.16
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	29
resistenza a taglio	$V_{Rd}$	[kN]	<b>5623</b>
sfuerzo di taglio massimo	$V_{Ed}$	[kN]	<b>3844</b>

**verificato**

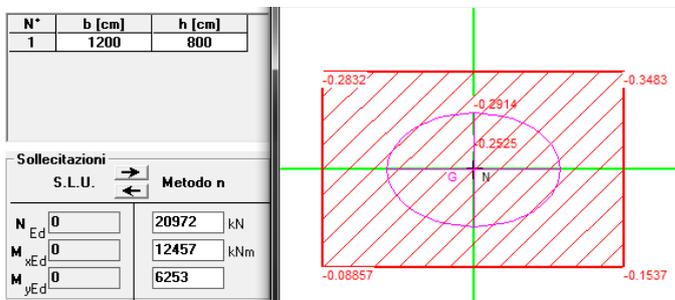
**PLINTO DI FONDAZIONE**

Si riportano di seguito i calcoli delle pressioni sul terreno.

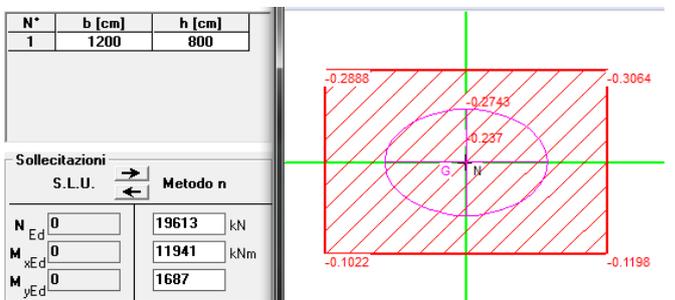
**Cobinazione A1-M1**



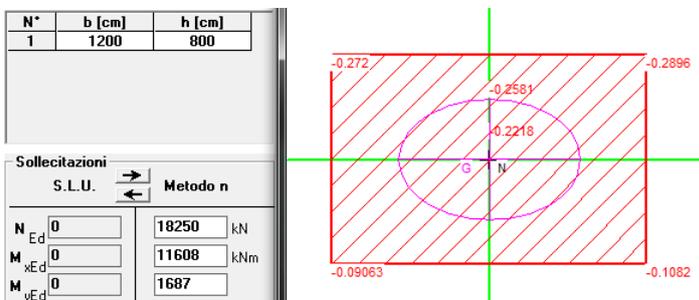
**Cobinazione A2-M2**



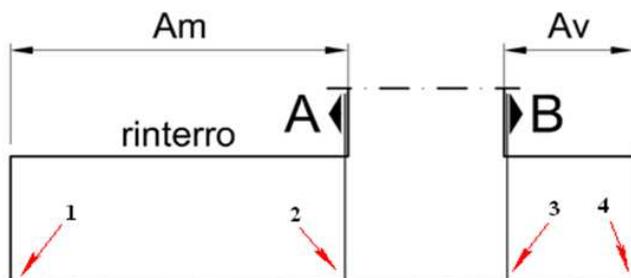
**Cobinazione SISMICA 1+kv**



**Cobinazione SISMICA 1-kv**



### VERIFICA ZATTERA



#### Verifica sezione A

aggetto valle muro	$A_v$	[m]	1.0
aggetto monte muro	$A_m$	[m]	5.4
coeff. parziale peso zattera e rinterro	$\gamma$		1.35
coeff. parziale sovraccarico	$\gamma$		1.50
peso rinterro	$p_r$	[kN/m/m]	169
peso zattera	$p_z$	[kN/m/m]	38
sovraccarico su rinterro	$q$	[kN/m/m]	20
Tensione nel terreno nel punto 1	$\sigma_1$	[Mpa/m]	0.151
Tensione nel terreno nel punto 2	$\sigma_2$	[Mpa/m]	0.326
Momento flettente in sezione A	$M_A$	[kNm/m]	1453
Taglio in sezione A	$V_A$	[kN/m]	381

#### Verifica a flessione

##### grandezze di progetto

##### calcestruzzo

resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	[MPa]	16.5
deformazione ultima per compressione	$\epsilon_{cu}$		0.0035

##### acciaio

tensione caratteristica di snervamento	$f_{yd}$	[MPa]	391
deformazione allo sverramento	$\epsilon_{sy}$		0.0019

##### geometria sezione

larghezza sezione	$b$	[m]	1.0
altezza sezione	$h$	[m]	1.5

##### armatura tesa

##### strato 1

diametro armatura	$\phi$	[mm]	26
interasse barre	$i\phi$	[mm]	200
numero barre	$n\phi$		5
copriferro di calcolo strato 1	$c'_1$	[mm]	70
area armatura superiore strato 1	$A'_{s1}$	[mm <sup>2</sup> ]	2655

##### strato 2

diametro armatura	$\phi$	[mm]	26
interasse barre	$i\phi$	[mm]	200

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

numero barre	$n\phi$		5
copriferro di calcolo strato 2	$c'2$	[mm]	122
area armatura superiore strato 2	$A'_{s2}$	[mm <sup>2</sup> ]	2655
area armatura superiore	$A'_s$	[mm <sup>2</sup> ]	5309
momento resistente	$M_{Rd}$	[kNm]	<b>2674</b>
momento sollecitante	$M_{Ed}$	[kNm]	<b>1453</b>

**verifica**

**Verifica a taglio**

**Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

larghezza sezione	$b_w$	[mm]	1000
altezza sezione	$h$	[mm]	1500
altezza utile sezione	$d$	[mm]	1378
armatura longitudinale	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	5309
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_l$		0.004
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	[MPa]	0
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	29
resistenza a taglio	$V_{Rd}$	[kN]	<b>511</b>
sforzo di taglio massimo	$V_{Ed}$	[kN]	<b>381</b>

**verificato**

**Verifica sezione B**

aggetto valle muro	$A_v$	[m]	1.00
aggetto monte muro	$A_m$	[m]	5.4
coeff. parziale peso zattera e rinterro	$\gamma$		1.00
coeff. parziale sovraccarico	$\gamma$		0.00
peso rinterro	$p_r$	[kN/m/m]	0
peso zattera	$p_z$	[kN/m/m]	38
sovraccarico su rinterro	$q$	[kN/m/m]	0
Tensione nel terreno nel punto 3	$\sigma_3$	[Mpa/m]	367
Tensione nel terreno nel punto 4	$\sigma_4$	[Mpa/m]	430
Momento flettente in sezione B	$M_B$	[kNm/m]	185
Taglio in sezione B	$V_B$	[kN/m]	360

**Verifica a flessione**

**grandezze di progetto**

**calcestruzzo**

resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}$	[MPa]	16.5
deformazione ultima per compressione	$\epsilon_{cu}$		0.0035
<b>acciaio</b>			
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yd}$	[MPa]	391
deformazione allo sverramento	$\epsilon_{sy}$		0.0019

### geometria sezione

larghezza sezione	b	[m]	1.0
altezza sezione	h	[m]	1.5

### armatura tesa

#### strato 1

diametro armatura	$\phi$	[mm]	26
interasse barre	$i\phi$	[mm]	200
numero barre	$n\phi$		5
copriferro di calcolo strato 1	$c'_1$	[mm]	70
area armatura superiore strato 1	$A'_{s1}$	[mm <sup>2</sup> ]	2655

#### strato 2

diametro armatura	$\phi$	[mm]	0
interasse barre	$i\phi$	[mm]	100
numero barre	$n\phi$		10
copriferro di calcolo strato 2	$c'_2$	[mm]	70
area armatura superiore strato 2	$A'_{s2}$	[mm <sup>2</sup> ]	0
area armatura superiore	$A'_s$	[mm <sup>2</sup> ]	2655

momento resistente	$M_{Rd}$	[kNm]	<b>1337</b>
momento sollecitante	$M_{Ed}$	[kNm]	<b>185</b>

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

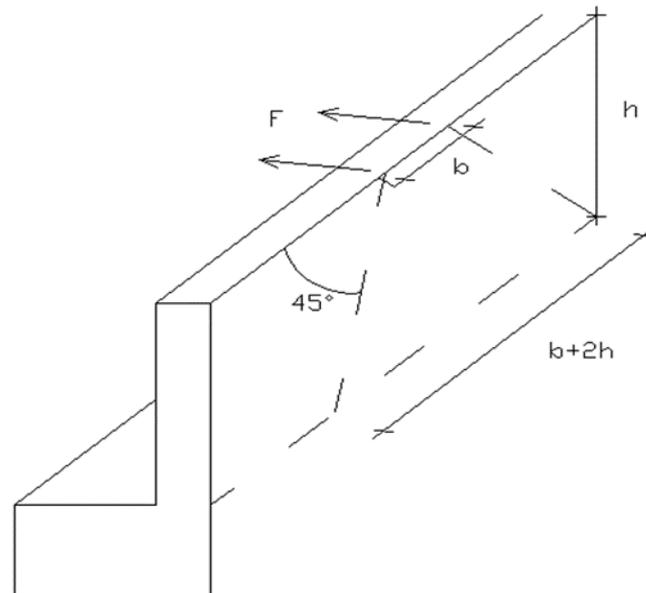
### Verifica a taglio

#### Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio

larghezza sezione	$b_w$	[mm]	1000
altezza sezione	h	[mm]	1500
altezza utile sezione	d	[mm]	1430
armatura longitudinale	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	2655
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_l$		0.002
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	[MPa]	0
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	29
resistenza a taglio	$V_{Rd}$	[kN]	<b>413</b>
sforzo di taglio massimo	$V_{Ed}$	[kN]	<b>360</b>

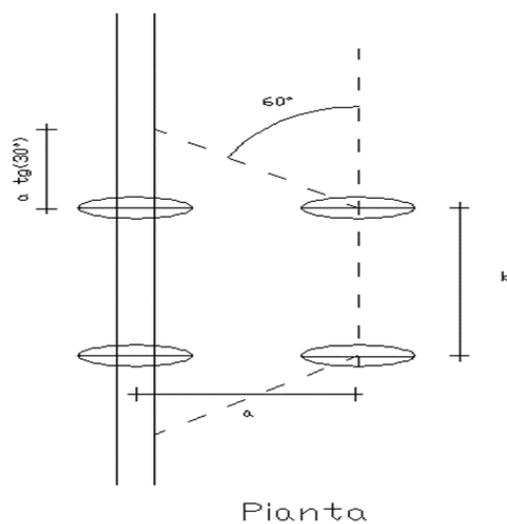
**verificato**

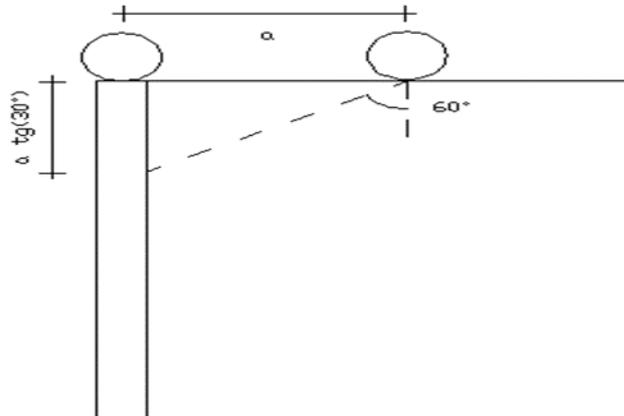
**VERIFICA MURO PARAGHIAIA**



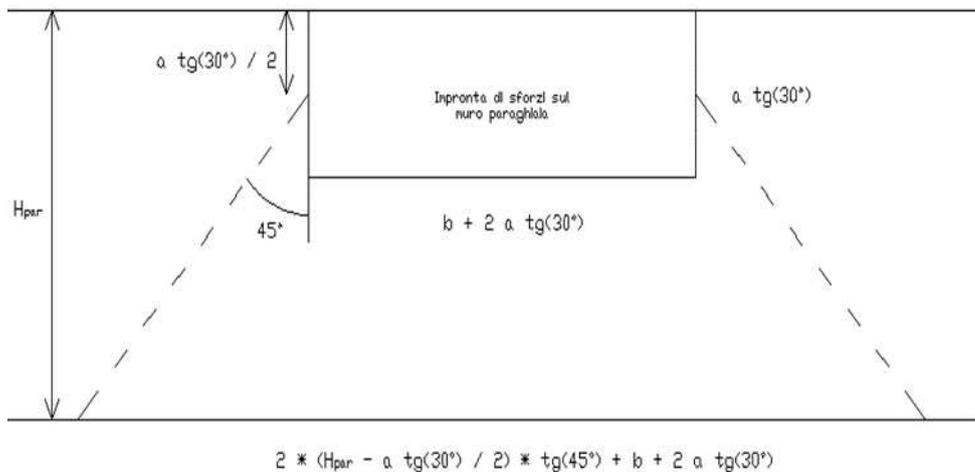
**Azioni dovute ai carichi mobili**

spessore	$b_{Lp}$	[m]	0.40
altezza	$h_p$	[m]	2.90
lunghezza	$b_{Tp}$	[m]	9.8
asse di carico	$Q_{1k}$	[kN]	300
azione di frenatura	$F$	[kN]	180
distanza ruote	$b$	[m]	2
distanza assi	$a$	[m]	1.20
momento muro paraghiaia	$M_{Tp1}$	[kNm/m]	-66.9





Sezione



Prospetto del muro paraghiaia

proiezione verticale		[m]	0.69
proiezione in pianta		[m]	3.39
larghezza impronta	$L_{imp}$	[m]	8.49
momento muro paraghiaia	$M_{Tp2}$	[kNm/m]	-54.12
riduzione sforzo normale dovuto all'asse di carico	$\alpha_{qk1}$		0.8
sforzo normale dovuto all'asse	$N$	[kN]	30.8
taglio totale	$T$	[kN]	44.3
momento totale	$M_{tot}$	[kNm/m]	-121.0
<b>Azioni trasmesse dal terreno</b>			
peso specifico	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

carico uniforme sovraccarico	q	[kN/m <sup>2</sup> ]	20	
coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_{\phi'}$		1.25	
angolo di attrito del terreno - valore caratteristico	$\phi'_k$	[deg]	35	
angolo di attrito del terreno - valore di progetto	$\phi'_k$	[deg]	29	
angolo di attrito terreno-parete	$\delta$	[deg]	19.5	
coefficiente spinta attiva orizzontale	ka		0.3	
spinta attiva terreno	S <sub>a,t</sub>	[kN]	237.7	
spinta attiva sovraccarico	S <sub>a,s</sub>	[kN]	164.0	
eccentricità spinta terreno	e <sub>Sa,t</sub>	[m]	1.0	
eccentricità spinta sovraccarico	e <sub>Sa,s</sub>	[m]	1.5	
momento spinta terreno	M <sub>t</sub>	[kNm/m]	-23.5	
momento spinta sovraccarico	M <sub>s</sub>	[kNm/m]	-24.3	
<b>Condizione sismica</b>				
peso paragliaia	W <sub>p</sub>	[kN]	284	
forza sismica	F <sub>L</sub> = F <sub>T</sub>	[kN]	20	
eccentricità base paragliaia	e	[m]	1.5	
momento forza sismica	M <sub>s</sub>	[kNm/m]	-3.0	
accelerazione orizzontale massima al sito	a <sub>max</sub>	[m/s <sup>2</sup> ]	0.7	
fattore di struttura	q		1	
<b>Cuneo di terreno</b>			<b>1+k<sub>v</sub></b>	<b>1-k<sub>v</sub></b>
			1.04	0.96
metodo di analisi	Mononobe-Okabe			
angolo di attrito del terreno	$\phi'_k$	[deg]	29	29
angolo di attrito terreno-parete	$\delta$	[deg]	20	20
angolo sismico	$\theta$	[deg]	3.98	4.27
coefficiente di spinta attiva	K <sub>a</sub>		0.353	0.357
componente orizzontale del coefficiente di spinta	K <sub>ah</sub>		0.332	0.336
incremento di coefficiente di spinta in fase sismica	$\Delta K_{ah}$		0.044	0.048
spinta terreno su muro	S <sub>m</sub>	[kN]	<b>38</b>	<b>38</b>
eccentricità muro	e <sub>vm</sub>	[m]	0.97	0.97
momento spinta	M <sub>s</sub>	[kNm/m]	-3.71	-3.73
sforzo normale	N	[kN]	314.97	
taglio totale	T <sub>tot</sub>	[kN]	504.02	483.79
momento totale	M <sub>tot</sub>	[kNm]	-533.56	-533.79

**COMBINAZIONE AZIONI**

**STATO LIMITE ESERCIZIO**

<b>SLE</b>					
combo	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	284	402	0	0	-468
2	315	446	0	0	-1654
3	302	402	0	0	-468
4	302	402	0	0	-468
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>315</b>	<b>446</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1654</b>

**STATO LIMITE ULTIMO**

<b>A1-M1</b>					
combo	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	384	542	0	0	-631
2	425	609	0	0	-2411
3	384	542	0	0	-631
4	408	542	0	0	-631
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>425</b>	<b>609</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-2411</b>

<b>A2-M2</b>					
combo	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
1	284	402	0	0	-468
2	320	459	0	0	-2010
3	284	402	0	0	-468
4	305	402	0	0	-468
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>320</b>	<b>459</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-2010</b>

<b>1 + kv</b>					
combo	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
SL	294	520	0	0	-1779
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>294</b>	<b>520</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1779</b>

<b>1 - kv</b>					
combo	N [kN]	V <sub>L</sub> [kN]	V <sub>T</sub> [kN]	M <sub>L</sub> [kNm]	M <sub>T</sub> [kNm]
SL	274	488	0	0	-1660
<b>M<sub>T,max</sub></b>	<b>274</b>	<b>488</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-1660</b>

**Verifica a presso-flessione**

**geometria sezione**

larghezza sezione	b <sub>Tm</sub>	[m]	9.8
altezza sezione	b <sub>Lm</sub>	[m]	0.4

**armatura compressa**

**strato 1**

diametro armatura	φ	[mm]	16
interasse barre	iφ	[mm]	200
numero barre	nφ		49
copriferro di calcolo strato 1	c' <sub>1</sub>	[mm]	43
area armatura compressa strato 1	A' <sub>s1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	9852
area armatura compressa	A' <sub>s</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	9852
rapporto geometrico di armatura	ρ' <sub>s</sub>		0.25%

**armatura tesa**

**strato 1**

diametro armatura	φ	[mm]	26
interasse barre	iφ	[mm]	200
numero barre	nφ		49
copriferro di calcolo strato 1	c <sub>1</sub>	[mm]	48
area armatura tesa strato 1	A <sub>s1</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	26016
area armatura tesa	A <sub>s</sub>	[mm <sup>2</sup> ]	26016

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

rapporto geometrico di armatura	$\rho_s$		0.66%
altezza utile	d	[mm]	352

**sollecitazioni massime**

<b>N<sub>MAX</sub></b>			
sforzo normale massimo	<b>N<sub>MAX</sub></b>	[kN]	<b>425</b>
momento flettente longitudinale	<b>M<sub>L</sub></b>	[kNm]	<b>0</b>
momento flettente trasversale	<b>M<sub>T</sub></b>	[kNm]	<b>-2411</b>
momento flettente resistente longitudinale	<b>M<sub>L, Rd</sub></b>	[kNm]	<b>2059</b>
momento flettente resistente trasversale	<b>M<sub>T, Rd</sub></b>	[kNm]	<b>3336</b>
<b>Verifica</b>			<b>SI</b>

<b>N<sub>MIN</sub></b>			
sforzo normale minimo	<b>N<sub>MIN</sub></b>	[kN]	<b>274</b>
momento flettente longitudinale	<b>M<sub>L</sub></b>	[kNm]	<b>0</b>
momento flettente trasversale	<b>M<sub>T</sub></b>	[kNm]	<b>-1660</b>
momento flettente resistente longitudinale	<b>M<sub>L, Rd</sub></b>	[kNm]	<b>1329</b>
momento flettente resistente trasversale	<b>M<sub>T, Rd</sub></b>	[kNm]	<b>3314</b>
<b>Verifica</b>			<b>SI</b>

<b>M<sub>TMAX</sub></b>			
sforzo normale minimo	<b>N<sub>MIN</sub></b>	[kN]	<b>425</b>
momento flettente longitudinale	<b>M<sub>L</sub></b>	[kNm]	<b>0</b>
momento flettente trasversale	<b>M<sub>TMAX</sub></b>	[kNm]	<b>-1660</b>
momento flettente resistente longitudinale	<b>M<sub>L, Rd</sub></b>	[kNm]	<b>2059</b>
momento flettente resistente trasversale	<b>M<sub>T, Rd</sub></b>	[kNm]	<b>3336</b>
<b>Verifica</b>			<b>SI</b>

**Verifica a taglio**

**Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

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

larghezza sezione	$b_w$	[mm]	9800
altezza sezione	h	[mm]	400
altezza utile sezione	d	[mm]	352
armatura longitudinale	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	26016
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_l$		0.008
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	[MPa]	0.11
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	29
resistenza a taglio	$V_{Rd}$	[kN]	<b>2088</b>
sforzo di taglio massimo	$V_{Ed}$	[kN]	<b>609</b>

**verificato**

8.1.6 VERIFICHE GEOTECNICHE

VERIFICHE DI EQUILIBRIO GLOBALI				
combinazione SLE				
SCORRIMENTO			RIBALTAMENTO	
Fres [kN]	Finst [kN]	Verifica	MT CR [kNm]	Verifica
15288.4	2256.7	SI	-64135.0	SI
16725.2	2501.6	SI	-63955.5	SI
17110.5	2692.3	SI	-69588.4	SI
16102.8	2271.7	SI	-65100.5	SI
combinazione A1-M1				
SCORRIMENTO			RIBALTAMENTO	
Fres [kN]	Finst [kN]	Verifica	MT CR [kNm]	Verifica
20639.4	3046.5	SI	-86582.3	SI
22579.0	3416.0	SI	-86057.5	SI
23250.3	3700.6	SI	-94617.5	SI
21738.8	3071.6	SI	-87885.7	SI
combinazione A2-M2				
SCORRIMENTO			RIBALTAMENTO	
Fres [kN]	Finst [kN]	Verifica	MT CR [kNm]	Verifica
12264.5	2877.9	SI	-62286.2	SI
13586.3	3196.7	SI	-61797.3	SI
14070.4	3604.0	SI	-68475.9	SI
13013.7	2897.9	SI	-63396.5	SI
combinazione sismica 1 + kv				
SCORRIMENTO			RIBALTAMENTO	
Fres [kN]	Finst [kN]	Verifica	MT CR [kNm]	Verifica
12706.0	4685.4	SI	-57473.1	SI
12706.0	3682.2	SI	-62882.9	SI
combinazione sismica 1 - kv				
SCORRIMENTO			RIBALTAMENTO	
Fres [kN]	Finst [kN]	Verifica	MT CR [kNm]	Verifica
11823.0	4487.4	SI	-52932.0	SI
11823.0	3496.1	SI	-58348.6	SI

### 8.1.7 VERIFICHE MURI ANDATORI

#### COMBINAZIONE DELLE AZIONI

combinazione carichi		A1+M1
coeff.parziale carichi permanenti	$\gamma_G$	1.35
coeff.parziale carichi variabili	$\gamma_Q$	1.35

#### ANALISI DEI CARICHI

##### **Muro andatore parte inferiore**

spessore	$b_{Ta}$	[m]	1.00
altezza	$h_a$	[m]	8.28
lunghezza	$b_{La}$	[m]	5.40
numero			2
peso	$W_{p1}$	[kN]	1509

##### **Muro andatore parte superiore**

spessore	$b_{Ta}$	[m]	0.75
altezza	$h_a$	[m]	0.02
lunghezza	$b_{La}$	[m]	5.40
numero			2
peso	$W_{p2}$	[kN]	3

##### **Spinta terreno su muro andatore**

angolo di attrito del terreno	$\phi'_k$	[deg]	35
coefficiente di spinta attiva	$K_a$		0.27
peso specifico	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20
spinta terreno su muro	$S_m$	[kN]	1361
carico uniforme sovraccarico	$q$	[kN/m <sup>2</sup> ]	20
spinta sovraccarico	$S_m$	[kN]	328

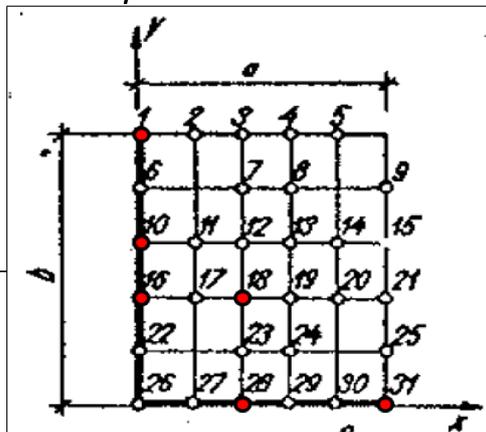
**CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI**

**Parametri tabelle Bares**

a [m]	5.40
b [m]	8.30
gamma= a/b	0.65

	UDL	TRIANG
qa <sup>2</sup> [kN]	158	1312
qb <sup>2</sup> [kN]	373	3099

**Coordinate punti caratteristici**



Punti	X [m]	Y [m]
1	0.00	8.30
10	0.00	4.98
16	0.00	3.32
18	2.16	3.32
28	2.16	0.00
31	5.40	0.00

**Calcolo sollecitazioni muro**

A1+M1			
Punti	Momento	[kNm/m]	
1	Mz	-238	
10	Mz	-236	
16	Mz	-187	
18	ML	35	
28	ML	-135	
31	ML	-225	

**Calcolo approssimato sollecitazioni mensola orizzontale**

Momento	Mz	[kNm/m]	549
Taglio	V <sub>T</sub>	[kN/m]	203

**VERIFICHE MURO ANDATORE**

**STATO LIMITE ULTIMO**

**Verifica a flessione orizzontale (armatura orizzontale)**

**geometria sezione**

larghezza sezione	b	[m]	1.0
altezza sezione	h	[m]	1.0

**armatura compressa**

diametro armatura	$\phi$	[mm]	20
interasse barre	$i\phi$	[mm]	200
numero barre	$n\phi$		5
copriferro di calcolo strato	c'	[mm]	90
area armatura compressa strato	$A'_s$	[mm <sup>2</sup> ]	1571

**armatura tesa**

diametro armatura	$\phi$	[mm]	26
interasse barre	$i\phi$	[mm]	200
numero barre	$n\phi$		5
copriferro di calcolo strato	c	[mm]	90
area armatura tesa strato	$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	2655

**sollecitazioni massime**

momento di progetto	$M_{Ed}$	[kNm/m]	<b>238</b>
momento resistente	$M_{Rd}$	[kNm/m]	<b>1278</b>

**verificato**

**Verifica a presso-flessione verticale (armatura verticale)**

**geometria sezione**

larghezza sezione	b	[m]	1.0
altezza sezione	h	[m]	1.0

**armatura compressa**

diametro armatura	$\phi$	[mm]	20
interasse barre	$i\phi$	[mm]	200
numero barre	$n\phi$		5
copriferro di calcolo strato	c'	[mm]	110
area armatura compressa strato	$A'_s$	[mm <sup>2</sup> ]	1571

**armatura tesa**

diametro armatura	$\phi$	[mm]	26
interasse barre	$i\phi$	[mm]	200
numero barre	$n\phi$		5
copriferro di calcolo strato	c	[mm]	110
area armatura compressa strato	$A_s$	[mm <sup>2</sup> ]	2655

**sollecitazioni massime**

CAVALCAVIA SVINCOLO BONORVA SUD - RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

sforzo normale massimo	$N_{Ed}$	[kN/m]	<b>280</b>
momento flettente longitudinale	$M_{Ed}$	[kNm/m]	<b>225</b>
momento flettente resistente longitudinale	$M_{L, Rd}$	[kNm]	<b>1030</b>
		<b>Verifica</b>	<b>SI</b>

**Verifica a taglio**

**Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio**

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

larghezza sezione	$b_w$	[mm]	1000
altezza sezione	$h$	[mm]	750
altezza utile sezione	$d$	[mm]	660
armatura longitudinale	$A_{sl}$	[mm <sup>2</sup> ]	2655
rapporto geometrico di armatura longitudinale	$\rho_l$		0.004
tensione media di compressione nella sezione	$\sigma_{cp}$	[MPa]	0.00
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	[MPa]	29
resistenza a taglio	$V_{Rd}$	[kN/m]	<b>279</b>
sforzo di taglio massimo	$V_{Ed}$	[kN/m]	<b>203</b>

**verificato**