



# PROVINCIA DI BOLOGNA

*Settore Lavori Pubblici*

STRADA

***S.P. 569 "DI VIGNOLA "***

LAVORO

**COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA  
S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P. 78 NEI  
COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO**

ELABORATO

**VARIANTE ALLA S.P. N°569 "DI VIGNOLA"**

**PONTE TORRENTE SAMOGGIA Progr. km 8+168  
DOCUMENTO INTEGRATIVO**

PROGETTAZIONE GENERALE

PROGETTISTA

*Geom. Emanuele Tracchi*

*Dott. Ing. Marco Ferrarini*

*Dott. Ing. Chiara Ferrari*

*P.i.e. Stefano Romagnoli*

*Geom. Federico Vannucchi*

IL DIRIGENTE DEL SERVIZIO  
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

*Dott. Ing. Pietro Luminasi*

**Servizio  
Progettazione  
e Costruzioni  
Stradali**

DATA **FEBBRAIO 2013**

N.

**B.1.5**

SCALA

--

RIFERIMENTO :

**PROGETTO ESECUTIVO**

PROGETTAZIONE STRUTTURALE



**PIACENTINI  
INGEGNERI**

via Belvedere 6 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)



*(Ing. Luca Piacentini)*

**C**

REVISIONE

DATA

MODIFICA

**QUESTO DISEGNO E LA RELATIVA INVENZIONE SONO DI PROPRIETA' DELL'AMMINISTRAZIONE  
NON NE E' CONSENTITO L'UTILIZZO SE NON SU ESPLICITA AUTORIZZAZIONE  
OGNI DIRITTO A TALE RIGUARDO E' ESPRESSAMENTE RISERVATO ED ESCLUSIVO**

**S.P. n° 569 “DI VIGNOLA”**

**COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA  
S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P.67 E ALLA S.P. 78 NEI  
COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

**PONTE TORRENTE SAMOGGIA  
DOCUMENTO INTEGRATIVO**

---

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>INTEGRAZIONI ELABORATI DI PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
<b>3.</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI.....</b>	<b>24</b>

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## 1. INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto al fine di integrare gli elaborati di progetto relativi al Ponte sul Torrente Samoggia. Di seguito verranno elencati i documenti di progetto e per ognuno di essi sarà specificato il paragrafo e la relativa nota integrativa.

## 2. INTEGRAZIONI ELABORATI DI PROGETTO

### DOCUMENTO DI SINTESI B11

#### **Capitolo 1: Descrizione Generale della Struttura**

##### **Nota Integrativa**

I valori delle rigidezze traslazionali per i dispositivi elastomerici di spalle e pile non sono calcolati o dedotti da schede tecniche, bensì prescritti. E' cura della Direzione Lavori controllare che le caratteristiche dei dispositivi siano conformi a quelle prescritte.

Mediante analisi preliminari iterative si sono definiti i valori richiesti che sono compatibili con la resistenza delle sottostrutture in fase sismica e con l'esercizio dell'opera. Tali valori (comunque realistici per apparecchi delle dimensioni specificate nella tavola relativa) costituiscono la prestazione richiesta al sistema di isolamento, sarà cura del fornitore produrre appoggi conformi.

### **RELAZIONE COMPORTAMENTO SISMICO DELLA STRUTTURA E CALCOLO DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO B111**

#### **Paragrafo 5.4: Sistema di Vincolamento**

##### **Nota Integrativa**

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

I valori delle rigidezze traslazionali per i dispositivi elastomerici di spalle e pile non sono calcolati o dedotti da schede tecniche, bensì prescritti. E' cura della Direzione Lavori controllare che le caratteristiche dei dispositivi siano conformi a quelle prescritte.

Mediante analisi preliminari iterative si sono definiti i valori richiesti che sono compatibili con la resistenza delle sottostrutture in fase sismica e con l'esercizio dell'opera. Tali valori (comunque realistici per apparecchi delle dimensioni specificate nella tavola relativa) costituiscono la prestazione richiesta al sistema di isolamento, sarà cura del fornitore produrre appoggi conformi.

Come per le rigidezze traslazionali, anche lo smorzamento viscoso è una prestazione richiesta ( comunque realistica in quanto compresa nel range 10%-30% tipico degli isolatori elastomerici, o elastomerici con nucleo in piombo), non un valore dedotto.

Il valore della rigidezza verticale per isolatori con caratteristiche come quelle riportate nella tavola relativa G1428a deve rispettare il rapporto minimo di 800 rispetto alla rigidezza orizzontale.

Il sistema di isolamento progettato rispetta tutti i requisiti di applicabilità dell'analisi lineare, la variabilità dei parametri di rigidezza e dissipazione degli isolatori elastomerici con la deformazione sono conformi all'applicabilità dell'analisi lineare.

Come prescritto al 7.10.5.2 NTC2008, il comportamento del sistema di isolamento può essere modellato come lineare equivalente se sono soddisfatte le seguenti condizioni:

- la rigidezza equivalente del sistema di isolamento è almeno pari al 50% della rigidezza secante per cicli con spostamento pari al 20% dello spostamento di riferimento;
- lo smorzamento lineare equivalente del sistema di isolamento è inferiore al 30%;
- le caratteristiche forza-spostamento del sistema di isolamento non variano più del 10% per effetto delle variazioni della velocità di deformazione, in un campo del +/- 30% intorno al valore di progetto, e dell'azione verticale sui dispositivi, nel campo di variabilità di progetto;
- l'incremento della forza nel sistema di isolamento per spostamenti tra  $0.5d_{dc}$  e

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

ddc, essendo ddc lo spostamento del centro di rigidezza dovuto all'azione sismica, è almeno pari al 2.5% del peso totale della sovrastruttura.

E' cura della Direzione Lavori controllare le qualità della fornitura.

Gli isolatori fissi sono stati modellati ciascuno con due molle di rigidezza uguale disposte secondo le due direzioni orizzontali longitudinale e trasversale, gli isolatori con slitta con una sola molla trasversale mentre è stato liberato il grado di libertà traslazionale longitudinale.

### **Paragrafo 6.1: Geometria**

#### **Nota Integrativa**

Il modello agli elementi finiti implementato rispetta la prescrizione al 7.9.3 NTC2008 relativa alla eccentricità accidentale.

### **Paragrafo 7.1: Analisi Modale**

#### **Nota Integrativa**

Come prescritto al 7.3.3.1 NTC2008, sono stati presi in considerazione tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e, comunque, un numero di modi tale che la massa partecipante totale sia superiore all'85%.

## **RELAZIONE DI CALCOLO PILE B114**

### **Paragrafo 5.2: Dati relativi all'impalcato (Azioni trasmesse dall'impalcato-Pesi Permanenti)**

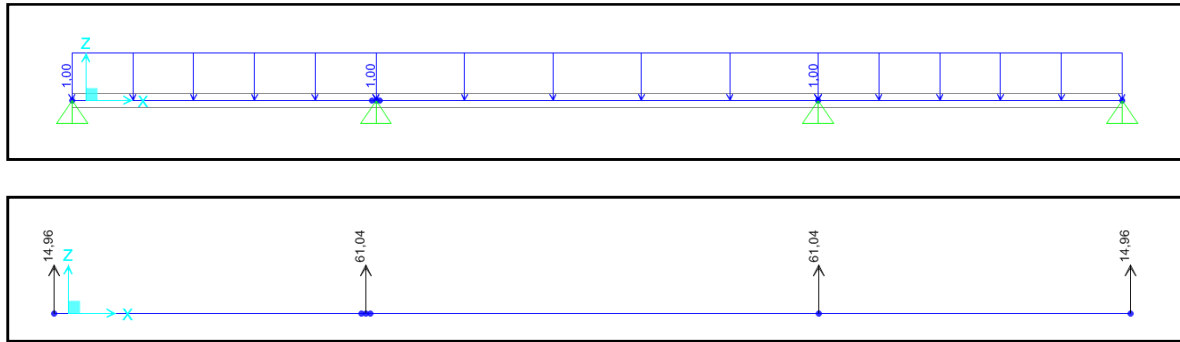
#### **Nota Integrativa**

I carichi permanenti agenti sulla pila sono stati calcolati con le lunghezze di afferenza. Si è costruito un modello monofilare di impalcato semplicemente appoggiato su pile e spalle. Si è caricato tale modello con un carico uniforme diretto verso il basso pari a 1kN/m. Le

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

reazioni vincolari che nascono come conseguenza di tale caricamento in corrispondenza degli appoggi di pila e spalla costituiscono le rispettive lunghezze di afferenza.



I carichi mobili sono stati disposti con la configurazione che massimizza lo scarico sulla pila. Gli schemi grafici sono stati omessi per brevità

### **Paragrafo 5.3: Dati relativi alla pila (azioni orizzontali longitudinali)**

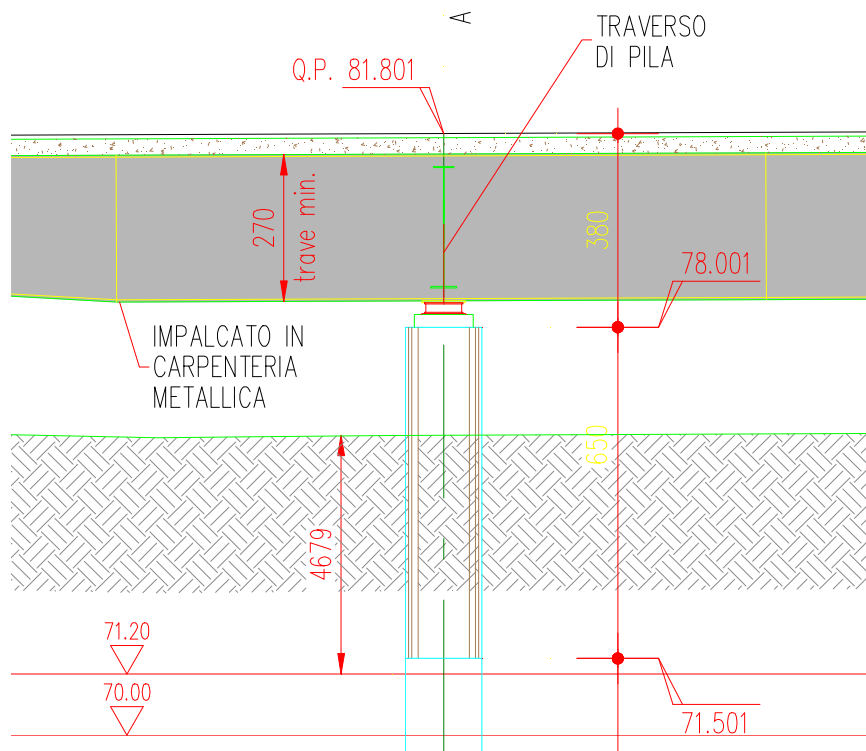
#### **Nota Integrativa**

Dalla relazione di compatibilità idraulica allegata si evince una quota di scalzamento assoluta, massima per la pila A pari a 71.2mslm. Rispetto al piano di campagna, per tale quota, si ha un valore di scalzamento di 4.68m come evidenziato nella figura sottostante.

Avendo assunto in fase di progettazione un valore massimo di scalzamento rispetto al piano di campagna pari a 5.75m > 4.68m, tutte le valutazioni condotte in fase di progettazione assumendo 5.75m sono a favore di sicurezza in quanto assumere un valore di scalzamento maggiore conduce a sollecitazioni maggiori sulle strutture. Si ritengono pertanto tutte le valutazioni corrette da un punto di vista progettuale.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA





**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Paragrafo 6.1: Verifica Pila (verifiche agli stati limite ultimi – verifica a pressoflessione in condizioni statiche – verifica a pressoflessione in condizioni sismiche)**

**Nota Integrativa**

I domini di resistenza a pressoflessione deviata (domini di Bresler) sono stati graficati per il valore minimo di sforzo normale relativo alle combinazioni indagate. Tale operazione risulta a favore di sicurezza poiché il dominio di resistenza in questione si riduce al diminuire dello sforzo normale. Risulta perciò evidente che se gli stati di sollecitazione ricadono all'interno del dominio così tracciato, a maggior ragione saranno compresi in domini graficati per valori di  $N$  più elevati; le verifiche saranno così soddisfatte per ogni combinazione di carico.

**Paragrafo 6.1: Verifica Pila (verifica a taglio in direzione longitudinale – verifica a taglio in direzione trasversale)**

**Nota Integrativa**

Le caratteristiche relative all'armatura trasversale (staffe) non vengono riportate in quanto la verifica della sezione è soddisfatta senza armatura a taglio, quindi numericamente non sono significativi diametro e passo delle staffe.

$\rho_{sw,min}$	Percentuale di armatura minima <u>per le travi</u> (formula 9.5 EC2)	
$s_{l,max}$	Passo delle staffe minimo <u>per le travi</u> (formula 9.6 EC2)	cm
$A_{sw,min}$	Area di armatura minima <u>per le travi</u> funzione di $\rho_{sw,min}$	$cm^2/s_{l,max}$

Sono indicazioni di armatura minima date dall'Eurocodice per le travi, non significative in questo caso per la pila.

Anche se sono presenti armature a taglio, la verifica è stata condotta ampiamente a favore di sicurezza, trascurandole.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### **Paragrafo 6.1: Verifica Pila (verifica a fessurazione-sezione massimo taglio z=-5.76m – Combinazione Q.P.)**

#### **Nota Integrativa**

La figura riportata mostra la tensione di trazione sul calcestruzzo, che risulta essere inferiore alla sua resistenza a trazione. Per tale ragione il calcestruzzo non è fessurato.

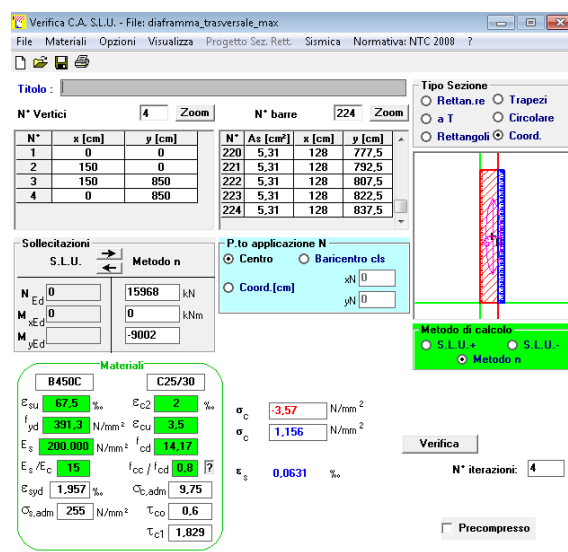
Come dal normativa si è assunto il limite di resistenza a trazione per la sezione pari a

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1.2} = \frac{0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}}{1.2} = \frac{0.3 \cdot 28^{2/3}}{1.2} = 2.3 \text{ MPa}$$

Come indicato nella formula 4.1.37 delle NTC.

**Sezione Massimo Taglio z= -5.76 m**

**Combinazione Q.P.:**



Verifica C.A. S.L.U. - File: diaframma\_trasversale\_max

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

TITOLO :

N° Vertici 4 Zoom N° barre 224 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	150	0
3	150	850
4	0	850

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
220	5.31	128	777.5
221	5.31	128	792.5
222	5.31	128	807.5
223	5.31	128	822.5
224	5.31	128	837.5

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N Ed 15968 kN  
M Ed 0 kNm  
V Ed -9002

Materiali

B450C C25/30

$\sigma_{su}$  67.5 %  $\sigma_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\sigma_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\sigma_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

P.to applicazione N  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo  
☒ S.L.U. ☐ S.L.U. ☐ Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 4

Precompresso

1.156 < 2.3 sezione non fessurata

### **Paragrafo 6.1: Verifica Pila (verifica a fessurazione-sezione massimo taglio z=-5.76m – Combinazione Frequente)**

#### **Nota Integrativa**

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

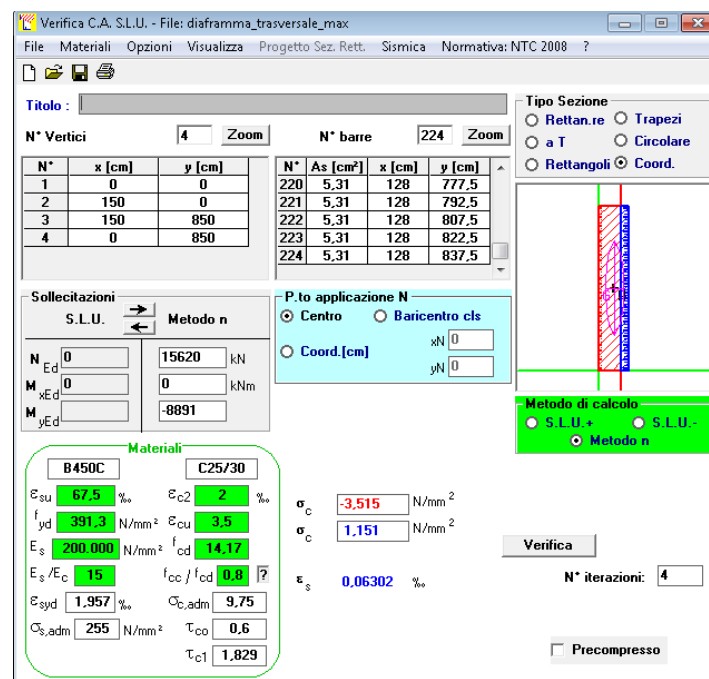
La figura riportata mostra la tensione di trazione sul calcestruzzo, che risulta essere inferiore alla sua resistenza a trazione. Per tale ragione il calcestruzzo non è fessurato.

Come dal normativa si è assunto il limite di resistenza a trazione per la sezione pari a

$$\sigma_t = \frac{f_{ctm}}{1.2} = \frac{0.3 \cdot f_{ck}^{2/3}}{1.2} = \frac{0.3 \cdot 28^{2/3}}{1.2} = 2.3 MPa$$

Come indicato nella formula 4.1.37 delle NTC.

### Combinazione Frequente:



Verifica C.A. S.L.U. - File: diaframma\_trasversale\_max

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo:

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 224 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]
1	0	0
2	150	0
3	150	850
4	0	850

N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
220	5.31	128	777.5
221	5.31	128	792.5
222	5.31	128	807.5
223	5.31	128	822.5
224	5.31	128	837.5

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
 M<sub>Ed</sub>: 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: -8891

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls  
 Coord.[cm]: xN 0 yN 0

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

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

Materiali: B450C C25/30

ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 391.3 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 14.17  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>: 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>: 0.8  
 ε<sub>syd</sub>: 1.957 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 9.75  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.6  
 τ<sub>c1</sub>: 1.829

σ<sub>c</sub>: -3.515 N/mm²  
 σ<sub>c</sub>: 1.151 N/mm²  
 ε<sub>s</sub>: 0.06302 ‰

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

1.151 < 2.3 sezione non fessurata

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## RELAZIONE SUI MATERIALI B12

### Capitolo 1: Premessa

#### Nota Integrativa

Le caratteristiche degli appoggi elastomerici sono riportate nella tavola dedicata G1428a. Il prodotto è industriale e quindi sarà il fornitore a garantire le prestazioni richieste con i materiali che lui stesso utilizza.. Comunque l'indicazione di appoggi con marcatura CE implica la conformità del prodotto alle prescrizioni della norma.

## RELAZIONE DI CALCOLO IMPALCATO B115

### Azione di frenamento o di accelerazione dei veicoli (q3)

La massima azione di frenamento calcolata secondo la relazione prescritta dal DM 14.01.08 a paragrafo 5.1.3.5 vale 772 kN.

Tale azione si traduce in uno sforzo assiale di compressione analogo a quello che deriva dal ritiro e dalla variazione termica differenziale

Ritiro 4540 kN per trave

Variazione termica differenziale 7264 kN per trave

Azione di frenamento  $772 / 3 = 258$  kN per trave

L'azione di frenamento corrisponde al 2,2% delle azioni che procurano lo stesso effetto sulla struttura (variazione termica differenziale e ritiro) pertanto tale azione si è considerata trascurabile. Tuttavia questa differenza rientra nelle assunzioni a favore di sicurezza fatte nel calcolo delle due azioni menzionate, infatti nel ritiro e nella variazione termica è stata assunta una larghezza di afferenza pari alla massima possibile su tutto l'impalcato di 5673. Se si fosse considerata una larghezza di afferenza media di  $(5673+4000)/2 = 4836$ mm si avrebbe:

Ritiro 3870 kN per trave

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Variazione termica differenziale                      6192 kN per trave

Per una differenza nei due casi di:  $11804 - 10062 = 1742 \text{ kN}$  in più per trave che compensa ampiamente il frenamento.

### **Azione centrifuga (q4)**

Il massimo raggio di curvatura per il calcolo dell'azione centrifuga è 500 m, la forza trasversale q4 calcolata come al punto 5.1.3.6 vale:

$$40 \cdot 1200 / 500 = 96 \text{ kN}$$

Ipotizzando ampiamente a favore di sicurezza che tale forza sia assorbita dalla sola soletta in semplice appoggio nella campata in cui si sviluppa (44m) si ha un momento in trasversale pari a:

$$96 \times 44 / 4 = 1056 \text{ kNm}$$

Supponendo la minima larghezza trasversale della sezione di 10m con uno spessore minimo della soletta di 30 cm si ha un modulo di resistenza pari a

$$W = 0.3 \times 10^2 / 6 = 5 \text{ m}^3$$

La tensione sul calcestruzzo in trazione e compressione vale:

$$\sigma = 0.21 \text{ MPa}$$

per tale sollecitazione il cls non si fessura e si conferma l'ipotesi di sezione interamente reagente. L'incremento di tensione nella soletta relativa all'azione centrifuga è del tutto trascurabile.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### **Carichi accidentali**

Relativamente ai carichi mobili si fa riferimento a quanto prescritto dal NTC 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" al punto 5.1.3.3. Compatibilmente con la larghezza della carreggiata compresa tra le barriere di protezione, si sono individuate 3 corsie convenzionali di larghezza pari a 3.0 m ciascuna ed una zona rimanente di 0.75m su cui transitano gli schemi di carico previsti dalla normativa e al di fuori delle barriere di protezione due marciapiedi su cui transita la folla (schema di carico 5).

Per ottenere le massime sollecitazioni sorgenti in corrispondenza della trave, si sono disposte le colonne in posizione eccentrica.

Le colonne di carico, come definite dalla normativa, presentano i seguenti valori:

Corsia convenzionale n°1:

$$Q_{1,k} = 300 \text{ kN}$$

$$q_{1,k} = 9 \text{ kN/m}^2$$

Corsia convenzionale n°2:

$$Q_{2,k} = 200 \text{ kN}$$

$$q_{2,k} = 2.5 \text{ kN/m}^2$$




Corsia convenzionale n°3:

$$Q_{3,k} = 100 \text{ kN}$$

$$q_{3,k} = 2.5 \text{ kN/m}^2$$

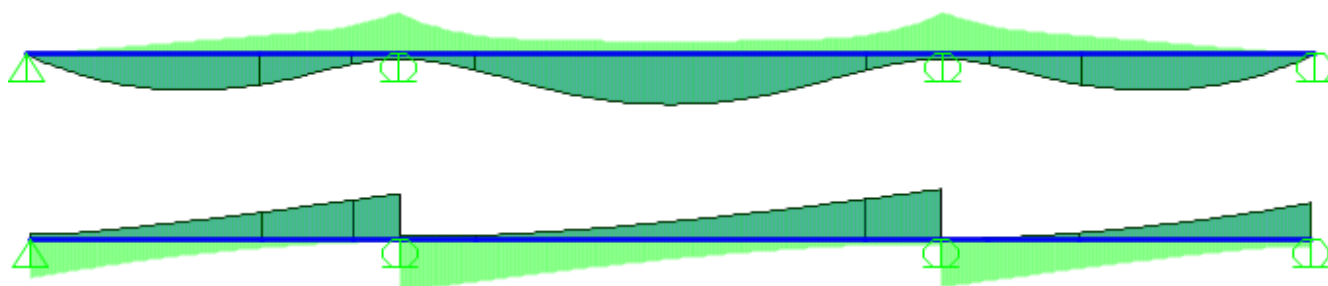
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$Q_{ik}$		$Q_{ik}$	$q_{ik}$		
		0,5 2,0 0,5	Corsia n. 1	$Q_{1k}=300 \text{ kN}$ $q_{1k}=9 \text{ kN/m}^2$	
		0,5 2,0 0,5	Corsia n. 2	$Q_{2k}=200 \text{ kN}$ $q_{2k}=2,5 \text{ kN/m}^2$	
		0,5 2,0 0,5	Corsia n. 3	$Q_{3k}=100 \text{ kN}$ $q_{3k}=2,5 \text{ kN/m}^2$	
Area rimanente				$q_{rk}=2,5 \text{ kN/m}^2$	

Le sollecitazioni sugli elementi dell'impalcato relativi alle azioni dei carichi accidentali sono state dedotte dal modello di calcolo monodimensionale.

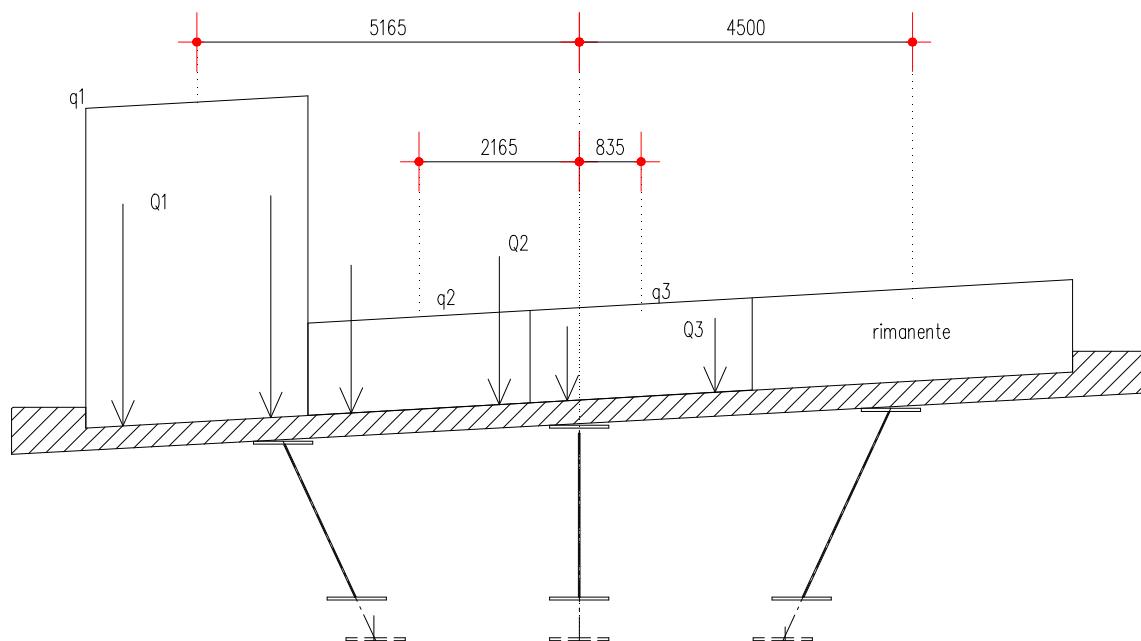
Le combinazioni di carico che massimizzano le sollecitazioni sono state ottenute automaticamente attraverso lo strumento carichi mobili di sap2000. Tale funzione consente di ottenere l'involuppo delle sollecitazioni per tutte le posizioni possibili dei carichi accidentali. Di seguito si riporta il diagramma d'involuppo delle sollecitazioni per il momento ed il taglio.



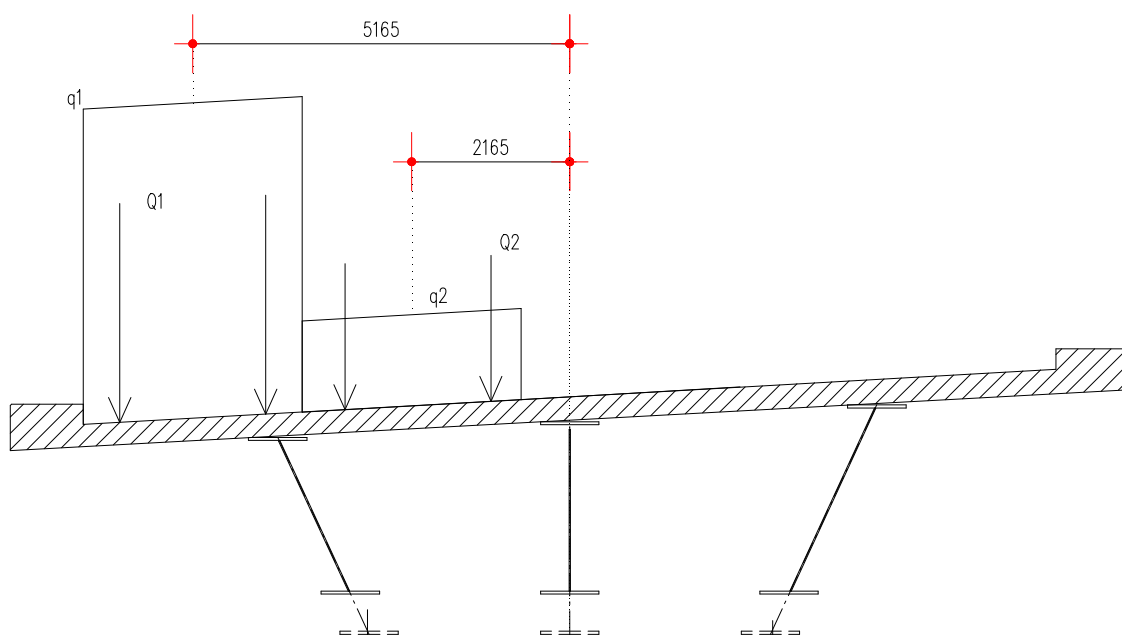
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Posizione trasversale che massimizza il carico sulle travi**



**Posizione trasversale che massimizza la torsione sui controventi e sui diaframmi.**





**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

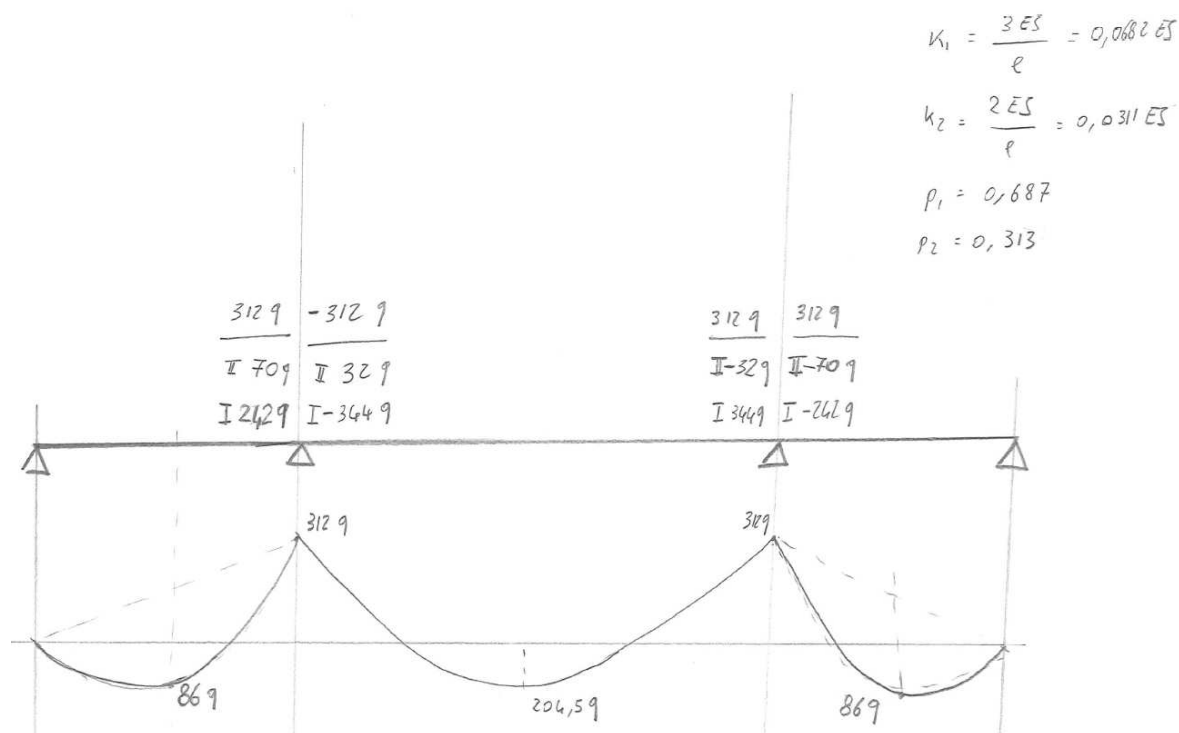
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### Verifica a instabilità flessione-torsionale

Per la trave composta è possibile omettere la verifica ad instabilità flessione torsionale come indicato nella circolare applicativa al punto C.4.3.4.4

### Controlli manuali delle sollecitazioni

La verifica manuale è stata condotta per carichi distribuiti uniformi sfruttando la condizione di simmetria



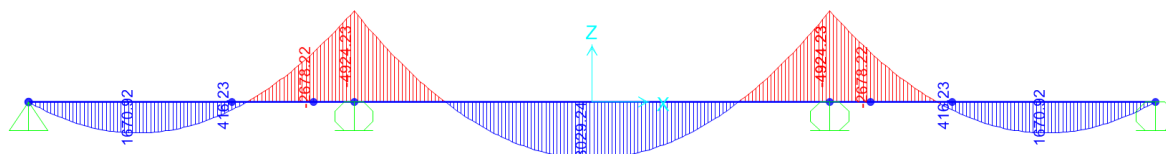
I momenti agli appoggi e nelle mezzerie per i pesi proprio di acciaio e soletta valgono:

Carico kN/m	Momento agli appoggi kNm	Momento campata laterale kNm	Momento campata centrale kNm
15.4	4804.8	1324.4	3149.3
40.9	12760.8	3517.4	8364.05

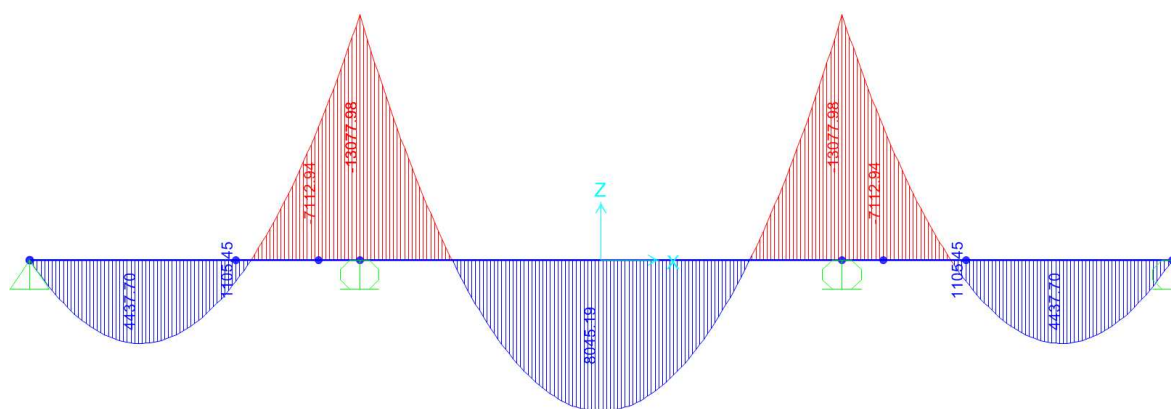
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Peso proprio metallo  $q=15.40\text{kN/m}$  da analisi dei carichi



Peso proprio soletta  $q=40.90\text{kN/m}$  da analisi dei carichi



Le variazioni tra il modello SAP ed il calcolo manuale sono dovute all'assunzione di sezione costante nel calcolo manuale.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE** : PROVINCIA DI BOLOGNA

## Controllo manuale delle verifiche

Si riporta a titolo di esempio il controllo manuale della verifica a taglio della spalla A\_Sez1

Sezioni e combinazioni di progetto		Sollecitazioni				Effetti primari del ritiro e della variazione termica				
Sezione	Combinazione	Fase	N	V	M	T	ε	N	M	γψ
Spalla_Sez1	SLU fond., Mmax	1	0.00E+000	1.12E+006	0.00E+000	0.00E+000				
	SLU fond., Mmin									
	SLU fond., Vmax	2a	0.00E+000	3.77E+005	0.00E+000	0.00E+000	-3E-4	-4.48E+6	-2.27E+6	0
	SLU fond., Vmin	2b	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000				
	SLS carat., Mmax	Rit.Iso	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000	0E+00	0E+00	0E+00	0
	SLS carat., Mmin									
	SLS carat., Vmax	2c	0.00E+000	2.28E+004	0.00E+000	0.00E+000				
	SLS carat., Vmin	3a	5.23E+006	7.35E+004	2.21E+006	0.00E+000				
	SLS freq., Mmax	DT.Iso	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000	0.00E+000				
	SLS freq., Mmin	3b	0.00E+000	1.38E+006	0.00E+000	0.00E+000				
Totale			5.23E+006	2.97E+006	2.21E+006	0.00E+000				

Momenti aggiuntivi per shift asse neutro						
	Fase 1	Fase 2a	Fase 2b	Fase 2c	Fase 3a	Fase 3b
Cracked	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00
Uncracked	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00	0E+00

Verifica plastica		Tensioni		Taglio		Caratt. geometriche 0		Caratt. geometriche 1		Caratt. geometriche 2		Diagrammi Mpl-N		Pioli. SLU, SLS		SLE. Web Breathing		SLF 1		SLF 2					
<div> <div> <p>Taglio plastico</p> <math display="block">V_{pl,Rd} = \frac{\eta h_w t_w (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = 8.608E+6 \text{ N}</math> <p>gammaM0=1.05      fyw=355 N/mm<sup>2</sup></p> </div> <div> <p>Test Shear Buckling</p> <table border="1"> <tr> <td><math>\frac{h_w}{t_w}</math></td> <td><math>\frac{31}{\eta} \varepsilon_w \sqrt{K_z}</math></td> </tr> <tr> <td>143.551</td> <td>59.931</td> </tr> </table> <p>=&gt; Verifica NECESSARIA</p> <p>a/tw= 1.197      Isl= 0E+00 mm<sup>4</sup></p> <p>eta= 1.2      Ktausl= 0</p> <p>Epsw= 0.814      Ktau= 8.13</p> </div> </div>																						$\frac{h_w}{t_w}$	$\frac{31}{\eta} \varepsilon_w \sqrt{K_z}$	143.551	59.931
$\frac{h_w}{t_w}$	$\frac{31}{\eta} \varepsilon_w \sqrt{K_z}$																								
143.551	59.931																								
<div> <div> <p>Resistenza Shear Buckling</p> <math display="block">V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = 3.783E+6 \text{ N}</math> <math display="block">V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} = 3.436E+6 \text{ N}</math> <math display="block">V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left( 1 - \left( \frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) = 3.462E+5 \text{ N}</math> <p>chiw= 0.502      Appoggio: NON RIGIDO</p> <p>lambdaw= 1.654      MEd,eq= 1.187E+7 Nm</p> <p>c= 738.586      Mf,Rd= 2.712E+7 Nm</p> <p>taucr= 74.96 N/mm<sup>2</sup>      MEd/MfRd= 0.438</p> </div> <div> <p>Verifica a taglio</p> <math display="block">\frac{V_{Ed}}{\min(V_{b,Rd}, V_{pl,Rd})} = 0.87 \leq 1 \text{ (VERIFICA SODDISFATTA)}</math> <p>Interazione Taglio-Momento</p> <math display="block">\frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} = 0.44 &lt; 1 \quad \bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = 0.95 &gt; 0.5</math> <p>NON C'E' INTERAZIONE</p> </div> </div>																									

## Resistenza a taglio

A seguito di chiarimento con la casa produttrice del software di verifica, si appurato che non c'è nessun errore nella schermata del software, semplicemente, il taglio resistente per una trave ad anima inclinata è stato assunto come proiezione sulla verticale del taglio resistente lungo la direzione dell'anima. Ogni valore è infatti stato corretto mediante il fattore  $\cos(24.8)=0.9077$  che è proprio la differenza che si osserva nel coefficiente di utilizzo della sezione. Quest'assunzione è sempre a favore di sicurezza nella verifica a taglio della sezione. Si ritiene opportuno modificare la relazione di calcolo inserendo una nota, prima delle verifiche sezionali, che chiarisce la differenza riscontrata.

Valutazione della necessità di calcolo della resistenza a Shear buckling

$$h_w/t_w = 143.551 > 31/\eta \cdot \varepsilon_w \cdot (K_z)^{0.5} = 59.931 \quad \text{Verifica a Shear Buckling: NECESSARIA}$$

Resistenza a taglio Shear buckling:

$$V_{b,Rd} = (V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}) = \left( \frac{\chi_w \cdot f_{yw} \cdot h_w \cdot t}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M1}} + \frac{b_f \cdot t_f^2 \cdot f_{yf}}{c \cdot \gamma_{M1}} \left( 1 - \left( \frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right) \right)$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$$V_{b,Rd} = \left( \frac{0.502 \cdot 355 \cdot \left( \frac{2085}{\cos 24.8} \right) \cdot 16}{\sqrt{3} \cdot 1.1} + \frac{800 \cdot 35^2 \cdot 355}{738.586 \cdot 1.1} (1 - (0.438)^2) \right)$$

$$V_{b,Rd} = (3.436E6 + 3.462E5) = 3.783E6N$$

Proiettando la resistenza al taglio dalla direzione d'inclinazione dell'anima alla direzione verticale si ha:

$$V_{b,Rd} = 3.783E6 \cdot \cos(24.8) = 3.433E6N$$

Essendo:

$$a/h_w = 1.197, \quad \eta = 1.2, \quad K_\tau = 8.13$$

$$\chi_w = 0.502, \quad \lambda_w = 1.654, \quad \tau_{cr} = 75, \quad C = 738.6$$

$$M_{Ed} = M_{Ed,eq} = 1.187E+7 \text{ Nm}, \quad M_{f,Rd} = 2.712E+7 \text{ Nm}, \quad M_{Ed}/M_{f,Rd} = 0.438$$

Resistenza plastica:  **$V_{pl,Rd} = 8.608E+6 \text{ N}$**

Resistenza a taglio:  **$V_{Rd} = \min(V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}) = 3.433E+6$**

Coefficienti di utilizzo

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{Rd} = 0.866, \quad (=> \text{VERIFICA SODDISFATTA})$$

$$\eta_3 = V_{Ed}/V_{bw,Rd} = 0.953, \quad \eta_1 = \max(\eta_i) = 0.112$$

### **$M_{Ed} = M_{Ed,eq}$**

Il momento equivalente entra nel calcolo del taglio resistente per tenere in conto del contributo delle piattebande in  $V_{b,Rd}$ . Tale contributo è in generale (ed anche nel nostro caso come si evince dai calcoli precedenti) un ordine di grandezza inferiore rispetto al contributo principale dell'anima. Pertanto potrebbe esser trascurato, senza inficiare il risultato della verifica e questo è stato già scritto matematicamente nelle revisioni precedenti come si evidenzia in giallo qui sopra.

$V_{bw,Rd}$  è il contributo di resistenza al taglio della sola anima.

Tuttavia nel seguito si cercherà di spiegare la motivazione dell'utilizzo di  $M_{eq}$  in luogo di  $M_{Ed}$

In un calcolo per fasi, in campo elastico lineare, la tensione nelle piattebande è il risultato di un accumulo di diversi momenti (la cui somma è quella di  $M_{Ed}$ ) divisi per i relativi moduli di resistenza.

Dividendo il momento finale per il  $W$  finale non si ottiene pertanto la stessa tensione nella piattabanda che si otterrebbe con un corretto calcolo per fasi.

Siccome il contributo della resistenza al taglio delle ali è legata al livello tensionale al quale queste lavorano, si è ritenuto opportuno, appoggiandosi al commentario all'Eurocodice 4 per i ponti (EN1994-2 par. 6.2.2.4 (3) e Commentario "Designers' Guide to EN 1994-2...") per il calcolo del momento da utilizzare nella verifica. Il commentario suggerisce di utilizzare un momento equivalente che dia, sulle piattebande, uno stato tensionale uguale (equivalente) alla tensione finale data dall'accumulo delle fasi.

Si è assunto arbitrariamente di prendere la tensione nella massima tra le due piattebande (a favore di sicurezza) in fase finale e moltiplicarla per il  $W$  finale della sezione così che si avrà un momento flettente che darà sulle piattebande una tensione uguale a quella dell'accumulo delle fasi.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

La procedura per calcolare il momento equivalente (riportata anche nelle revisioni precedenti) è la seguente:

Per sezioni in classe 4

$M_{eq} = W_{eff} * \sigma_{eff}$  nella fibra 0 (intradosso 2T) oppure 4 (estradosso 2T) che presenta il coefficiente di utilizzo maggiore

Per sezioni in classe 1,2,3

$M_{eq} = W * \sigma$  nella fibra 0 (intradosso 2T) oppure 4 (estradosso 2T) che presenta il coefficiente di utilizzo maggiore

Inoltre il W è quello della sezione in Fas3 interamente reagente oppure della sezione fessurata, a seconda dell'effettivo stato della sezione in fase 3.

Per la sezione Spalla\_Sez1 si ha:

Classe 4 e sezione fessurata

$E_{ta}(4) = 0.11$   $\sigma_{eff}(4) = 38 \text{ N/mm}^2$

$W_{eff}(4) = 3.126E+8$  (cracked)

$M_{eq} = 38 * 3.126E8 = 1.188E10 \text{ Nmm}$

Riferimenti normativi:

EN1994-2 par. 6.2.2.4 (3) e Commentario "Designers' Guide to EN 1994-2..."

### **Momento resistente della sezione senza anima (MfRd)**

Tiene in conto anche dell'armatura superiore della soletta, si allega un test di validazione di PontiEC4, del quale è stato svolto manualmente il calcolo di MfRd

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

I riferimenti alle formule utilizzate sono i seguenti:

### Taglio plastico

Si riporta il calcolo in accordo a EN 1993-1-1, 6.2.6

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} \quad \left| \quad \text{EN 1993-1-1, 6.2.6} \right.$$

$$A_v = \eta h_w t_w$$

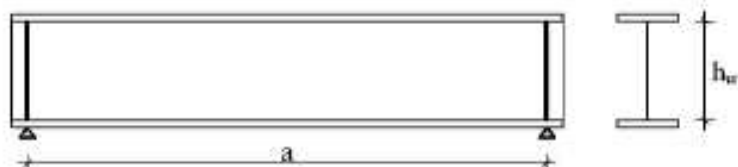
### Resistenza Shear Buckling

Si riporta il test sulla necessità di effettuare o meno la verifica a shear buckling in accordo a EN 1993-1-5, 5.1. Una scritta in rosso indica se la sezione va verificata anche a shear buckling.

Il limite di snellezza oltre il quale effettuare tale verifica è espresso con la sua formulazione più generale, relativa ad anime irrigidite:

$$\frac{h_w}{t} \leq \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_r} \quad \left| \quad \text{EN 1993-1-5, §5.1} \right.$$

Per anime non irrigidite si ha:



$$\frac{a}{h_w} \gg 1,0 \Rightarrow k_r = 5,34$$

$$\frac{h_w}{t} \leq \frac{72}{\eta} \varepsilon$$

Per il calcolo di  $k_r$  si ha:

- in assenza di irrigidimenti longitudinali, oppure con più di 2 irrigidimenti longitudinali,

oppure con 1 o 2 irrigidimenti longitudinali ed  $\frac{a}{h_w} \geq 3$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$$k_{\tau} = 5,34 + 4,00 \left( \frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{\tau st} \quad \text{when} \quad \frac{a}{h_w} \geq 1,0$$

$$k_{\tau} = 4,00 + 5,34 \left( \frac{h_w}{a} \right)^2 + k_{\tau st} \quad \text{when} \quad \frac{a}{h_w} < 1,0$$

$$k_{\tau st} = 9 \left( \frac{h_w}{a} \right)^2 \sqrt[4]{\left( \frac{I_{st}}{t^3 h_w} \right)^3} \geq \frac{2,1}{t} \sqrt[3]{\frac{I_{st}}{h_w}}$$

EN 1993-1-5, A.3(1)

- in presenza di 1 o 2 irrigidimenti longitudinali ed  $\frac{a}{h_w} < 3$  :

$$k_{\tau} = 4,1 + \frac{6,3 + 0,18 \frac{I_{st}}{t^3 h_w}}{a^3} + 2,2 \sqrt[3]{\frac{I_{st}}{t^3 h_w}}$$

EN 1993-1-5, A.3(2)

Il calcolo della resistenza a shear buckling è effettuata secondo EN 1993-1-5, 5.2 e 5.4

$$V_{b,Rd} = V_{tw,Rd} + V_{bf,Rd} \leq \frac{\eta f_{yw} h_w t}{\sqrt{3} \gamma_{M1}}$$

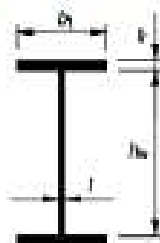
EN 1993-1-5, 5.2

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

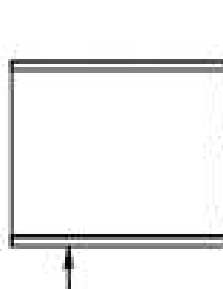
$$V_{bf,Rd} = \frac{b_f t_f^2 f_{yf}}{c \gamma_{M1}} \left( 1 - \left( \frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \right)^2 \right)$$

EN 1993-1-5, 5.4

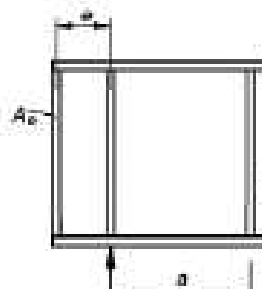
Per il calcolo di  $\chi_w$  si ha:



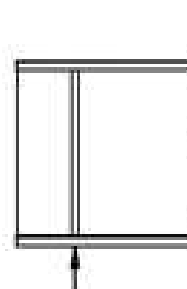
Cross section notations



a) No end post



b) Rigid end post



c) Non-rigid end post

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

	Rigid end post	Non-rigid end post
$\bar{\lambda}_w < 0,83 / \eta$	$\eta$	$\eta$
$0,83 / \eta \leq \bar{\lambda}_w < 1,08$	$0,83 / \bar{\lambda}_w$	$0,83 / \bar{\lambda}_w$
$\bar{\lambda}_w \geq 1,08$	$1,37 / (0,7 + \bar{\lambda}_w)$	$0,83 / \bar{\lambda}_w$

EN 1993-1-5,  
§5.3, Tab. 5.1

#### Verifica a taglio

Nel caso in cui risulta necessaria anche la verifica a shear buckling si ha:

$$\frac{V_{Ed}}{\min\{V_{pl,Rd}, V_{b,Rd}\}} \leq 1,00$$

Se non è necessaria anche la verifica a shear buckling:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} \leq 1,00$$

#### Interazione Momento flettente-Taglio

L'interazione fra momento flettente e taglio è verificata in accordo ad EN 1993-1-5, 7.1(1) se contemporaneamente si ha:

$$\bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bv,Rd}} > 0,5$$

$$\bar{\eta}_1 = \frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} \geq \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}} \Rightarrow \frac{M_{Ed}}{M_{f,Rd}} \geq 1,0$$

L'interazione è valutata come:

$$\bar{\eta}_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) (2\bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0 \quad \left| \quad \begin{array}{l} \text{EN 1993-1-5,} \\ \text{§7.1(1)} \end{array} \right.$$

A favore di sicurezza, anche se non esplicitamente richiesto dall'Eurocodice, per sezioni in classe 3 e 4, alla formula precedente si è sostituita una formula analoga in cui il coefficiente di utilizzo a flessione è valutato elasticamente:

$$\eta_1 + \left(1 - \frac{M_{f,Rd}}{M_{pl,Rd}}\right) (2\bar{\eta}_3 - 1)^2 \leq 1,0$$

$$\eta_1 = \max(\eta_i)$$

**Nota:** La verifica dell'interazione Momento-Taglio dovrebbe essere svolta in tutte le sezioni



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

## Verifiche a Fatica

Si riportano a titolo esemplificativo le verifiche a fatica della sezione pila 1. Le tensioni sono calcolate facendo transitare sull'impalcato lo schema di carico per le verifiche a fatica dettagliatamente descritto in relazione di calcolo. Le tensioni punto per punto hanno il significato riportato in relazione di calcolo impalcato B115.

$$\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E,2} \leq \frac{\Delta \sigma_c}{\gamma_{Mf}} \quad \left| \quad \text{EN1993-2, 9.5, Eq. (8.1)} \right.$$

$\gamma_{Ff}, \gamma_{Mf}$  fattori di sicurezza parziali (input nel form Materiali)

$\Delta \sigma_c, \Delta \tau_c$  Tensioni ammissibile a fatica

$\Delta \sigma_{E,2} = \lambda |\sigma_{\max,f} - \sigma_{\min,f}|$  è la variazione di tensione equivalente

$\sigma_{\max,f}, \sigma_{\min,f}$  sono le tensioni massima e minima indotte dalle azioni di fatica, ovvero "Combinazione di base dei carichi non ciclici + Azioni da traffico"

$\lambda = \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4$  è il fattore equivalente di danno (cfr EN 1993-2, 9.5.2 per ponti stradali ed EN 1993-2, 9.5.3 per ponti ferroviari)

I risultati sono riassunti in formato tabellare.

### Tensioni normali sulla sezione lorda (Comb. Mmax)

	F. 1	F. 2a Non Fess.	F. 2a Fess.	F. 2b Non Fess.	F. 2b Fess.	F. 2c Non Fess.	F. 2c Fess.	F. 3a Non Fess.	F. 3a Fess.	F. 3b Non Fess. Max	F. 3b Fess. Max	F. 3b Non Fess. Min	F. 3b Fess. Min	Totale Non Fess. Max	Totale Fess. Max	Totale Non Fess. Min	Totale Fess. Min	$\Delta \sigma$ $\Delta \tau$
$\sigma_8$	0	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	-0.1	0	0.9	0	0.5	0	0
$\sigma_7$	0	9.8	12.7	0	0	0	0	0	0	1.9	3.5	-0.4	-0.8	11.7	16.2	9.4	11.9	4.5
$\sigma_6$	0	6.6	9.2	0	0	0	0	0	0	1.1	2.6	-0.2	-0.6	7.7	11.8	6.4	8.7	3.1
$\sigma_5$	0	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0.5	0	0.3	0	0
$\sigma_4$	147.8	5.4	7.9	0	0	0	0	0	0	0.8	2.2	-0.2	-0.5	154	157.9	153	155.2	2.7
$\sigma_3$	143.9	4.9	7.4	0	0	0	0	0	0	0.7	2	-0.1	-0.4	149.5	153.3	148.7	150.8	2.5
$\sigma_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\sigma_1$	-107.6	-27	-27.5	0	0	0	0	0	0	-7.3	-7.6	1.6	1.7	-141.9	-142.7	-133	-133.4	9.3
$\sigma_0$	-113.4	-27.7	-28.3	0	0	0	0	0	0	-7.5	-7.9	1.6	1.7	-148.6	-149.6	-139.5	-140	9.6
$\tau_4$	0	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2
$\tau_3$	17	8.3	8.2	0	0	0	0	0	0	-0.4	-0.4	4.2	4.1	24.9	24.9	29.6	29.6	4.6
$\tau_2$	27.8	8.4	8.4	0	0	0	0	0	0	-0.4	-0.4	4.2	4.2	35.8	35.8	40.4	40.4	4.6
$\tau_1$	21.8	5.4	5.5	0	0	0	0	0	0	-0.2	-0.3	2.6	2.8	26.9	26.9	29.8	29.8	2.9
$\tau_0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

### NOTE

- 1) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 max = 0.91 N/mm<sup>2</sup>
- 2) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 max = 0.53 N/mm<sup>2</sup>  
La sezione a fine fase 3 max e' stata considerata: Fessurata ( m.)
- 3) Tensione totale all'estradosso soletta alla fine della fase 3 min = 0.5 N/mm<sup>2</sup>
- 4) Tensione totale all'intradosso soletta alla fine della fase 3 min = 0.32 N/mm<sup>2</sup>  
La sezione a fine fase 3 min e' stata considerata: Fessurata ( m.)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Dati di calcolo per i coefficienti di sicurezza e i fattori equivalenti di danno**

Coefficienti parziali di sicurezza per la carpenteria:	$\gamma_{Ft}$	1
	$\gamma_{Mf}$	1.35
Fattore equivalente di danno per flessione per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$1.945 \times 0.848 \times 1 \times 1 = 1.649 < 2.241$ (Appoggio)
Fattore equivalente di danno per taglio per la carpenteria:	$\lambda = \lambda_1 * \lambda_2 * \lambda_3 * \lambda_4 =$	$2.05 \times 0.848 \times 1 \times 1 = 1.738$ (Appoggio)
Dati per il calcolo di $\lambda_1$	Collocazione della sezione:	(Appoggio)
	Luce per il momento (m):	54.5
	Luce per il taglio (m):	65
Dati per il calcolo di $\lambda_2$	$Q_0$ (kN)	480
	$N_0$	500000
	$N_{obs}$	500000
	$Q_{ml}$ (kN)	0
	Categoria di traffico (Table 4.5n - EN 1991-2):	Roads and motorways with medium flow rates of lorries
	Distribuzione del traffico (Table 4.7 - EN 1991-2):	Medium distance (40% Q1, 10% Q2, 30% Q3, 15% Q4, 5% Q5)
Dati per il calcolo di $\lambda_3$	Vita di progetto in anni:	100

**Verifica a fatica dei dettagli di carpenteria****Coefficienti di utilizzo (Comb. Mmax)**

	$\gamma_{Ft} \Delta \sigma_{E,2}$	$\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}$	c.u. <1 verificato
Piattabanda superiore	4.4	103.704	0.042
Piattabanda inferiore	15.78	103.704	0.152
Anima	8.038	74.074	0.109
Giunzione piattabanda superiore			
Giunzione piattabanda inferiore			
Attacco anima-piattabanda superiore	4.099	82.963	0.049
Attacco anima-piattabanda inferiore	15.332	82.963	0.185
Attacco irrigidente verticale - anima	15.332	59.259	0.259
Attacco irrigidente verticale - piattabanda superiore	4.099	59.259	0.069
Attacco irrigidente verticale - piattabanda inferiore	15.332	59.259	0.259
Attacco irrigidente longitudinale 1 - anima	10.549	41.481	0.254
Attacco irrigidente longitudinale 2 - anima			

**Accettazione dei risultati e delle verifiche.**

E' stato inserito in relazione la dichiarazione di soddisfacimento delle verifiche per ciascuna verifica tensionale. Il valore della resistenza del metallo si deduce dai paragrafi 3.1 e 4.2.

$f_{yk}=355$  MPa

$f_{yd}=355/1.05=338$  MPa Per quanto riguarda lo SLU

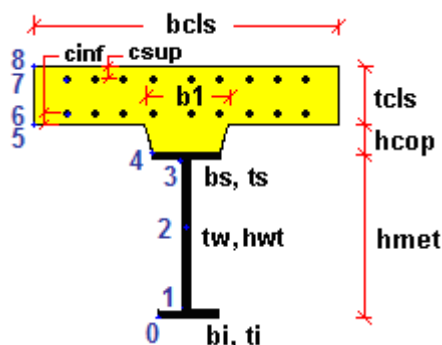
$f_{yd}=355$  per quanto riguarda lo SLE (vedi EC3 parte 2 paragrafo 7.3)

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### Spiegazioni delle verifiche tensionali

Come già illustrato nella relazione di calcolo dell'impalcato a pag 46 paragrafo 7.10.2, i pedici delle tensioni sono riconducibili a questo schema della sezione mista.



### Tensioni sulla sezione: Condizione massima compresione

	F1	F2a	F.	F2b	F.	F2c	F.	F3a	F.	F3b	F.	F3 tot
$\sigma_8$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\sigma_7$	0	0	0	0	0	0	0	43.3	0	0	0	43.3
$\sigma_6$	0	0	0	0	0	0	0	39.4	0	0	0	39.4
$\sigma_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\sigma_4$	0	0	0	0	0	0	0	38	0	0	0	38
$\sigma_3$	0	0	0	0	0	0	0	37.5	0	0	0	37.5
$\sigma_2$	0	0	0	0	0	0	0	30.9	0	0	0	30.9
$\sigma_1$	0	0	0	0	0	0	0	6.8	0	0	0	6.8
$\sigma_0$	0	0	0	0	0	0	0	6.3	0	0	0	6.3

$$38 < 355 / 1.05 = 338 \text{ Verificato}$$

Le fasi sono descritte nello stesso paragrafo della relazione di calcolo e anche queste si riportano anche qui.

Nelle tabelle di verifica, le sollecitazioni sono raggruppate nelle seguenti fasi:

FASE1 (F1): Pesi strutturali

FASE2a (F2a): Pesi permanenti

FASE2b (F2b): Ritiro

FASE2c (F2c): Cedimenti, variazione termica stagionale, Spinta delle terre e sovraccarico

FASE3a (F3a): Variazione termica giornaliera

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

FASE3b (F3b): Traffico, frenatura e vento

F. sta per soletta fessurata, sono le tensioni relative alla condizione di soletta fessurata.

Inoltre,

$\sigma$  rappresenta la tensione normale al piano di sezione

$\tau$  rappresenta la tensione tangenziale al piano di tensione

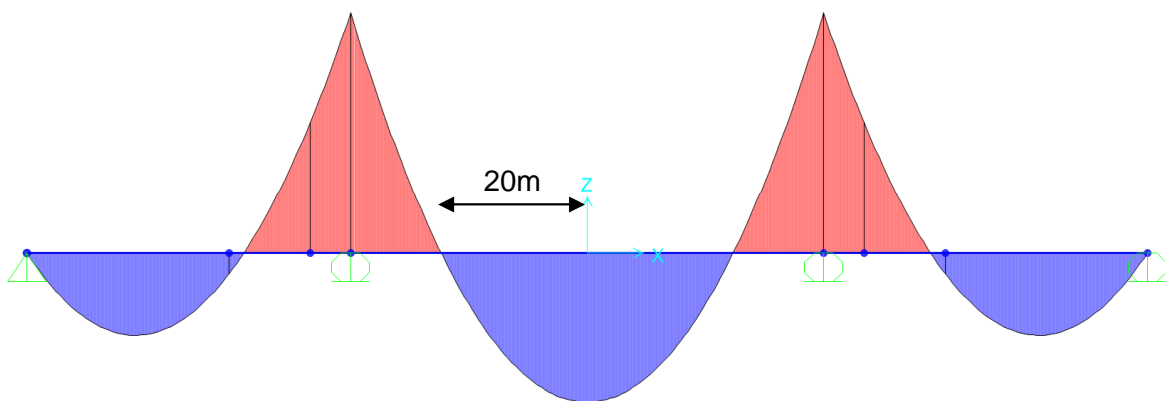
Nell'esempio sopra riportato la verifica è da intendersi come segue:

$$\sigma_{\text{sollecitante}} \text{ (ricavabile dalla tabella)} \quad 38 < \sigma_{\text{resistente}} = 335/1.05 = 338 \text{ Verificato}$$

### **Verifica dell'armatura trasversale della soletta**

Dalle tavole si deduce che l'armatura minima disposta trasversalmente sono 5 $\Phi$ 20

La distanza tra la sezione di momento massimo (mezzeria della campata lunga) e la sezione di momento nullo è 20m come si deduce dai diagrammi di sollecitazione. Da calcolo la base efficace è 4000 mm lo spessore della soletta è 320mm e la tensione media sulla piattabanda di calcestruzzo in mezzeria è 7.25 MPa.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

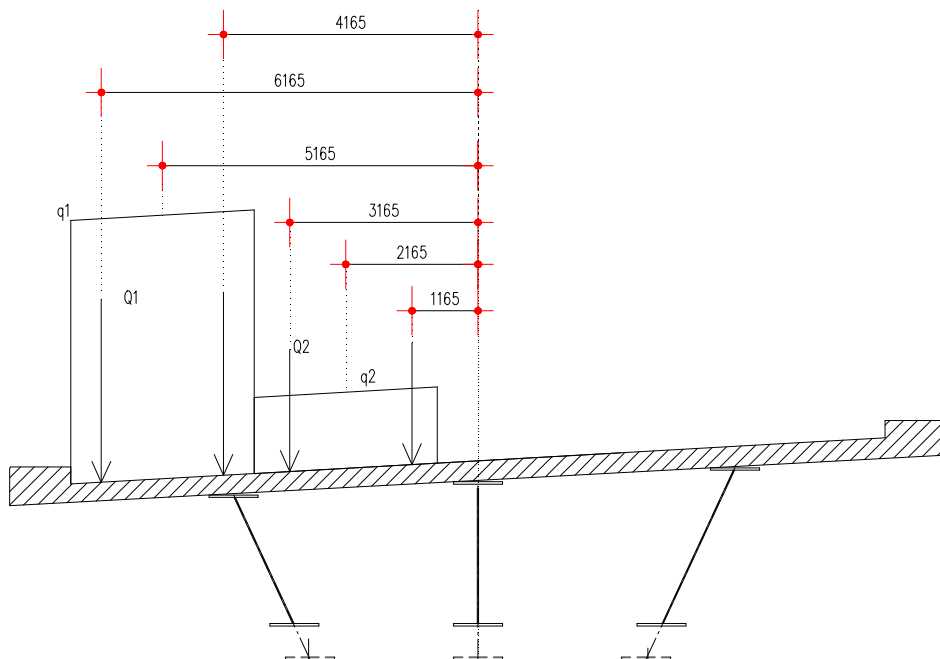
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$$v_{ED} = \frac{\Delta F_s}{\Delta x \cdot h_f} = \frac{4000 \cdot 320 \cdot 7.25}{20000 \cdot 320} = 1.45$$

$$\frac{A_{sf} \cdot f_{sk}}{\gamma_s \cdot s_f} = \frac{314 \cdot 450}{1.15 \cdot 200} = 614 \geq 1.45 \cdot 320 = 464 \quad \text{verificato}$$

$$v_{ED} = 1.45 \leq 0.3 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 0.3 \cdot \left(1 - \frac{32}{250}\right) \cdot \frac{32}{1.5} = 5.58 \quad \text{verificato}$$

### Verifica dei controventi:



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Lo squilibrio torsionale che nasce sull'impalcato dovuto all'eccentricità del carico, viene riequilibrato dall'azione dei diaframmi i quali riportano tale azione agli appoggi.

#### Azione torcente derivante dai carichi concentrati

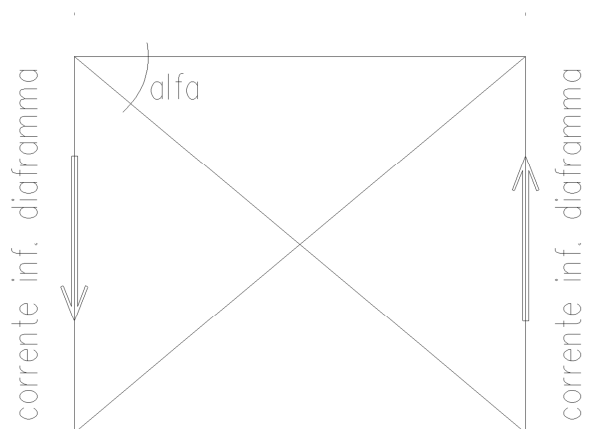
L'azione torcente concentrata si considera assorbita da soli due diaframmi, operando a favore di sicurezza.

#### Azione torcente derivante dai carichi distribuiti

L'azione torcente su un diaframma relativa agli accidentali distribuiti è pari al carico per l'interasse dei diaframmi per l'eccentricità del carico.

Tutti i carichi accidentali sono stati fattorizzati secondo normativa.

I controventi assorbono le azioni trasmesse dai diaframmi secondo il seguente schema:

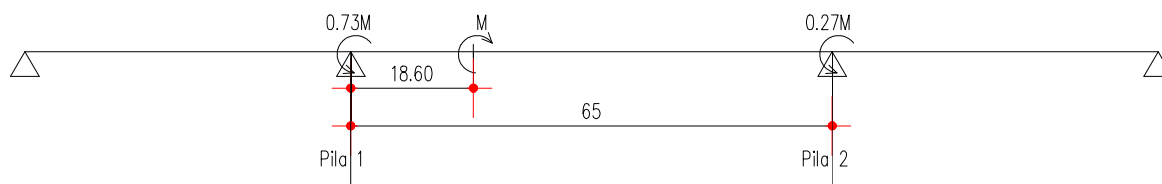


Pertanto, l'azione torcente distribuita si "accumula" sui controventi muovendosi verso l'appoggio (diaframma di testata).

Mentre per quanto riguarda l'azione torcente concentrata si fa riferimento al seguente schema che considera l'impalcato come una trave con momento torcente concentrato in cui gli appoggi sono considerati come vincoli torsionali perfetti. Pertanto il momento torcente dovuto al carico concentrato vale  $0.73 \times M$  fino a 18,6m e  $0,27 \times M$  fino all'altro appoggio. Questo è il massimo valore di momento torcente che sollecita il controvento tipico.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



I controventi adiacenti alle pile sono stati calcolati per l'intero momento torcente relativo al carico concentrato pensato agente adiacente all'appoggio.

**Viene dettagliato nel seguito il valore di  $\Delta M$  totale fattorizzato:**

interasse diaframmi 6.48

	carico kN/m	eccentricità m	momento torcente associato Mt	
q1	27	5.165	139.455	kNm/m
q2	7.5	2.165	16.2375	kNm/m
	kN			
Q1	300	6.165	1849.5	kNm
	300	4.165	1249.5	kNm
Q2	200	3.165	633	kNm
	200	1.165	233	kNm

Momento torcente dovuto al vento: 38.69 kNm/m

$$\Delta M \text{ fatt} = ((139.455 + 16.2375) \times 1.35 + 38.69 \times 1.5) \times 6.48 + (1849.5 + 1249.5 + 633 + 233) \times 1.35 / 2 = 1.74e3 + 2.68e3 = 4.41e3 \text{ kNm}$$

I carichi distribuiti vengono moltiplicati per l'interasse tra i 2 diaframmi successivi, i carichi concentrati si considerano applicati a metà tra 2 diaframmi (da cui deriva il diviso 2 del secondo termine)

Il calcolo esplicitato è per il diaframmi intermedi

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

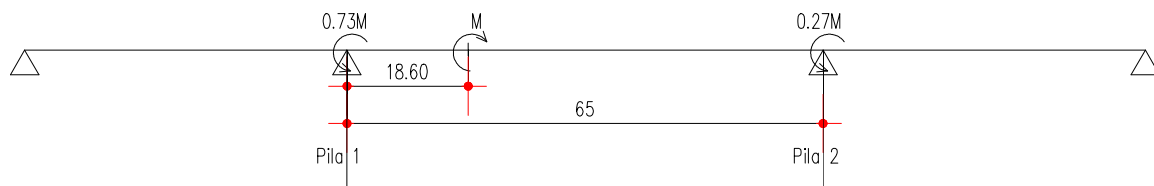
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Per i controventi tipici (intermedi) si ha:

lunghezza travata 65 m  
 Distanza dall'appoggio 18.6 m

$$\Delta M_{fatt} = ((139.455 + 16.2375) \times 1.35 + 38.69 \times 1.5) \times (65/2 - 18.6) + (1849.5 + 1249.5 + 633 + 233) \times 1.35 (1 - 18.6/65) = 7549 \text{ kNm}$$

(1-18.6/65) questo è il 71.4% (circa 73%) del momento torcente derivante dai carichi concentrati. per i diaframmi intermedi, per i soli carichi concentrati, la condizione peggiore è quando questi si trovano nella posizione indicata in figura



Per i controventi di pila si ha:

lunghezza travata 65 m  
 Distanza dall'appoggio 6.2 m

$$\Delta M_{fatt} = ((139.455 + 16.2375) \times 1.35 + 38.69 \times 1.5) \times (65/2 - 6.2) + (1849.5 + 1249.5 + 633 + 233) \times 1.35 = 12407 \text{ kNm}$$

### **Verifica delle aste tese dei controventi**

Si riportano a titolo d'esempio una verifica di aste tese dei controventi mostrando che non sono dimensionati rispetto alla compressione:

#### **CONTROVENTI ADIACENTI ALLE PILE**

Area 4L 150x15 17208 mm<sup>2</sup>  
 Tensione di progetto 338 MPa  
 $\gamma_{M0}$  1.05



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

$N_{RD}$	5539 kN
Area Netta del profilo	15468 mm <sup>2</sup>
Tensione di progetto	510 MPa
$\gamma_{M2}$	1.25
$N_{RD}$	5680 kN

La sollecitazione è 1961 kN, pertanto  $1961/5539=0.35 < 1$  verificato.

$N_{RD}$  per compressione, come si deduce dalla relazione di calcolo impalcato, è 3842. Pertanto essendo la sollecitazione la medesima sia in trazione che in compressione, si ottiene che la verifica in trazione non è dimensionante.

### **Sollecitazioni sui traversi**

La condizione dimensionate per i traversi è quella di sollevamento

Dalla relazione B111 paragrafo 9.1 si desume l'azione trasmessa dall'impalcato alla pila e alle spalle.

Pila: 12858 kN nei calcoli si è assunto cautelativamente 13021kN

(incollo la dalla relazione B111)

Azioni trasmesse dall'impalcato

### **Pesi permanenti**

Si riportano i pesi permanenti lineari dei diversi elementi dell'impalcato, calcolati in base ai dati definiti in precedenza.

Peso travi	42.69 kN/m
Peso soletta	113.84 kN/m
Peso pavimentazione	36.69 kN/m
Peso dei cordoli	7.5 kN/m

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Peso barriere di sicurezza 6 kN/m

---

Peso permanente lineare assunto 206.72 kN/m

La quota parte del peso permanente totale che grava sulla pila 2 è pari al peso permanente lineare assunto moltiplicato per la lunghezza di afferenza

Peso afferente alla pila 2 12858 kN

Spalla: 3300 kN nei calcoli si è assunto cautelativamente 3385 kN

(incollo la dalla relazione B111)

### Pesi permanenti

Si riportano i pesi permanenti lineari dei diversi elementi dell'impalcato, calcolati in base ai dati definiti in precedenza.

Peso travi 45.96 kN/m

Peso soletta 122.56 kN/m

Peso pavimentazione 39.96 kN/m

Peso dei cordoli 7.5 kN/m

Peso barriere di sicurezza ed eventuale fonoassorbente 6.00 kN/m

---

Peso permanente lineare assunto 222 kN/m

La quota parte del peso permanente totale che grava sulla spalla B è pari al peso permanente lineare assunto moltiplicato per la lunghezza di afferenza

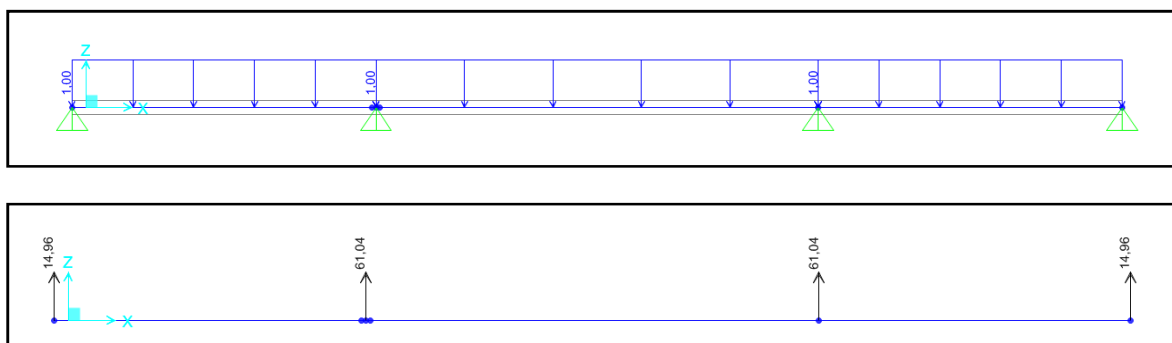
Peso afferente alla spalla B 3300.00 kN

Questi numeri derivano dalle afferenze così definite:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CRESPPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

I carichi permanenti agenti sulla pila sono stati calcolati con le lunghezze di afferenza. Si è costruito un modello monofilare di impalcato semplicemente appoggiato su pile e spalle. Si è caricato tale modello con un carico uniforme diretto verso il basso pari a  $1\text{ kN/m}$ . Le reazioni vincolari che nascono come conseguenza di tale caricamento in corrispondenza degli appoggi di pila e spalla costituiscono le rispettive lunghezze di afferenza.



I carichi mobili sono stati disposti con la configurazione che massimizza lo scarico sulla pila. Gli schemi grafici sono stati omessi per brevità

I valori di input delle tabelle di calcolo sono gli stessi definiti precedentemente per le verifiche delle travi composte e descritti in questo documento. Abbiamo già dimostrato che il valore 1.1 non deriva dal coefficiente  $\gamma_{M1}$  bensì dall'inclinazione dell'anima che in questo caso non c'è. La validazione numerica di queste verifiche richiede moltissimo tempo ed è già stata fatta una volta, si allega un file di validazione del programma per ulteriori dubbi sulle formule e sui procedimenti utilizzati.

### **Schemi statici soletta.**

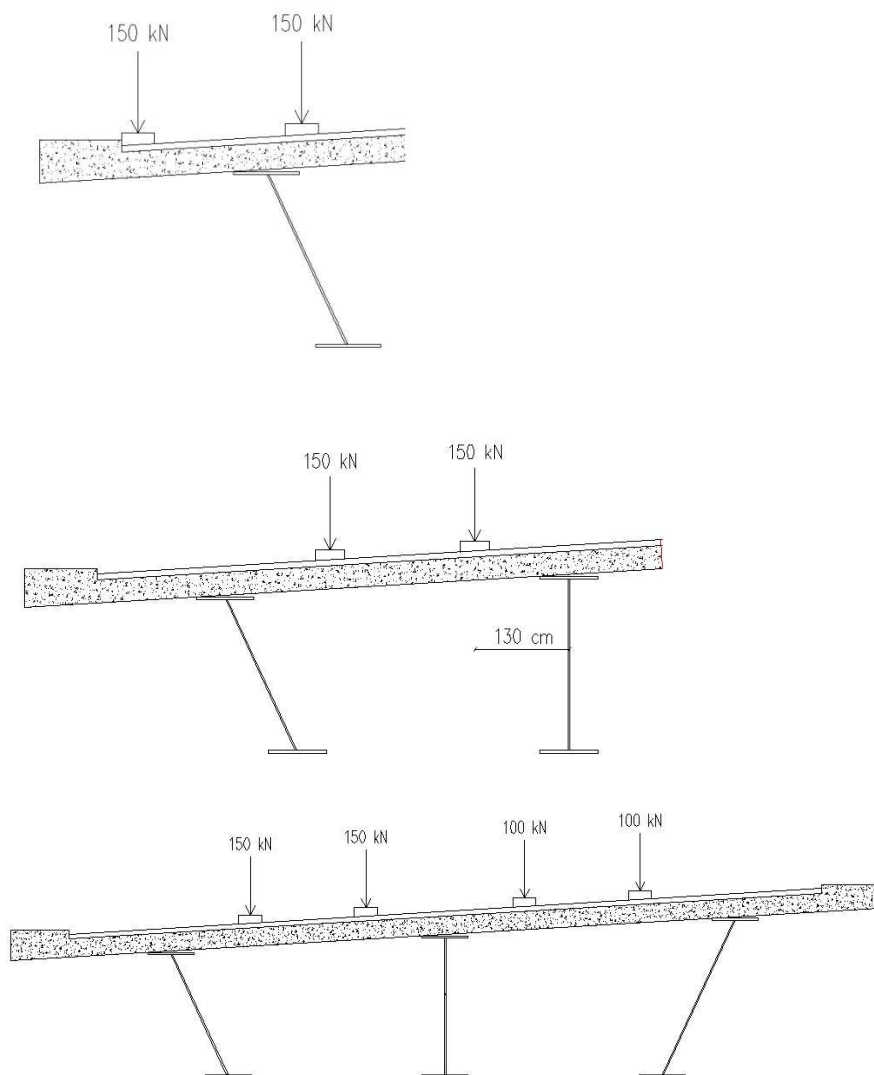
In fase provvisoria, è stato considerato uno schema di trave in semplice appoggio tra le travi e uno schema di trave a mensola per gli sbalzi con carichi uniformemente distribuiti il cui valore è dichiarato in relazione B115.

In fase definitiva per le varie combinazioni di carico permanente lo schema statico utilizzato è quello di trave continua su 3 appoggi, i diagrammi sono stati riportati in relazione al paragrafo 11.2.2.

Per la posizione dei carichi mobili si sono riportati i seguenti schemi:

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

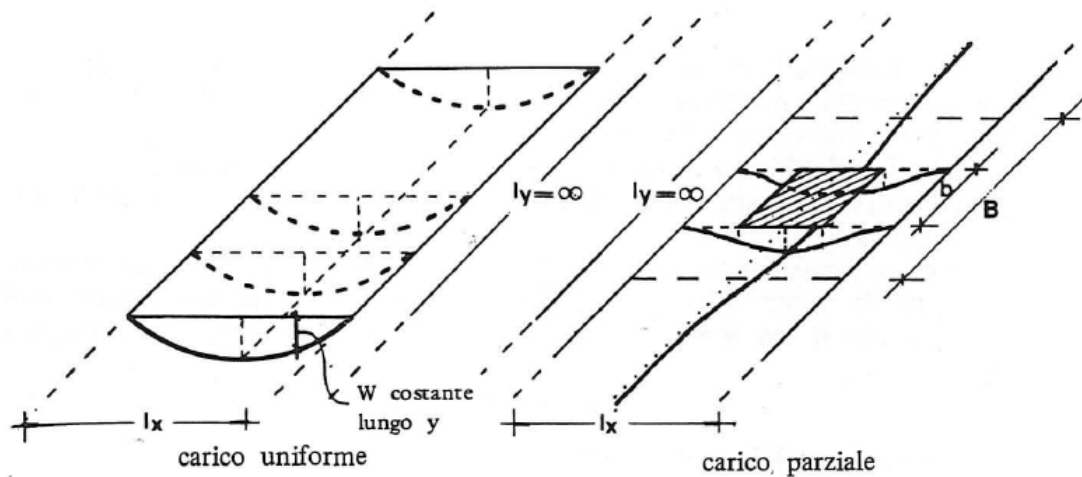
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



Che indicano le varie posizioni più gravose assunte per il traffico.

Per la diffusione del carico e per tenere in conto dell'effetto lastra sulle impronte concentrate si è diffusa l'impronta data dalla norma 40x40 cm a 45° sul piano medio della soletta, quindi si è considerato questo schema

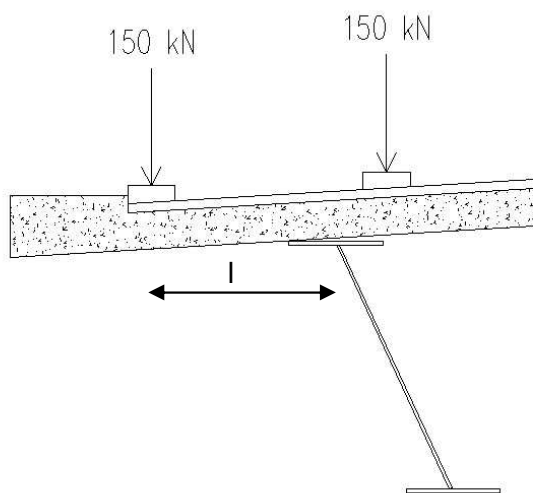
**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA



Dove  $B = b + l_x/2$  nel nostro caso  $l_x$  è l'interasse delle travi.

### **Combinazioni di carico per lo sbalzo**

Per il calcolo dello sbalzo è stata considerata la seguente condizione.



L'impronta in questione fornisce un momento sullo sbalzo di  $150 \times l$  kNm su una base di  $2l$  quindi  $75$  kNm/m

Nel caso di folla compatta si avrebbe  $5 \cdot l^2/2$

PROGETTISTA

 **PIACENTINI  
INGEGNERI**  
via Cattedani 14 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)



---

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P.  
569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E  
BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO  
**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

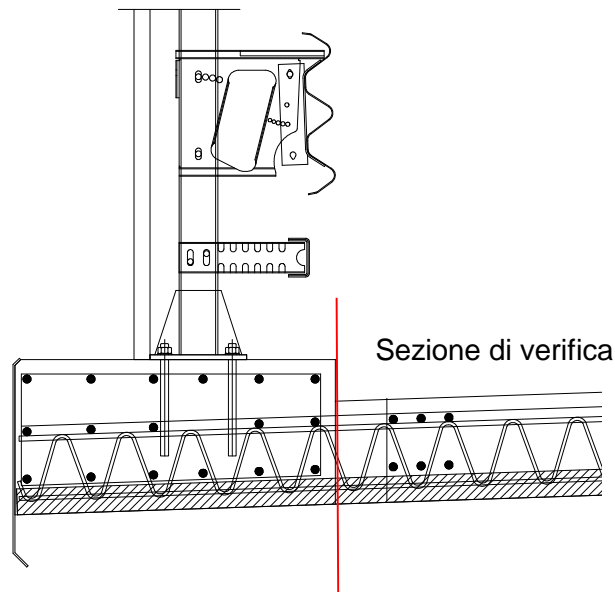
I due momenti si equivalgono per una lunghezza di 5.5m, pertanto, come nel nostro caso, per lunghezze inferiori la folla compatta non è significativa rispetto al traffico.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### Urto del veicolo in svio

Si verifica la soletta per l'urto del veicolo in svio. La sezione più gravosa è segnata in rosso in quanto è presente tutta la sollecitazione di urto e la minima diffusione.



Considerata una larghezza d'impatto pari a 0.5m, considerata una diffusione fino a metà soletta, si ha (considerato anche lo spessore del codolo) una base di verifica di:

13cm sp cordolo

32cm sp soletta

Base di verifica  $50 + 13 \times 2 + 32 = 108\text{cm}$

Le sollecitazioni di urto nel baricentro della soletta valgono

$$M = 100 * (1 + 0.13 + 0.32/2) = 129 \text{ kNm}$$

$$N = 100 \text{ kN}$$

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

**Titolo** : \_\_\_\_\_

N° strati barre  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	32

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	5.5

**Tipo Sezione**

☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N Ed  kN  
 M xEd  kNm  
 M yEd

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**

☐ S.L.U.+ ☒ S.L.U.-  
☐ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta ☐ Deviata

**Materiali**

**B450C** **C32/40**

$\epsilon_{su}$   ‰  $\epsilon_{c2}$   ‰  
 $f_{yd}$   N/mm²  $\epsilon_{cu}$   ‰  
 $E_s$   N/mm²  $f_{cd}$   N/mm²  
 $E_s/E_c$    $f_{cc}/f_{cd}$   ?  
 $\epsilon_{syd}$   ‰  $\sigma_{c,adm}$   N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$   N/mm²  $\tau_{co}$   N/mm²  
 $\tau_{c1}$   N/mm²

**M** xRd  kN m

$\sigma_c$   N/mm²  
 $\sigma_s$   N/mm²  
 $\epsilon_c$   ‰  
 $\epsilon_s$   ‰  
 d  cm  
 x  x/d   
 $\delta$

**N° rett.**

**Calcola MRd** **Dominio M-N**

**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

$129/139=0.93 < 1$  La verifica è soddisfatta.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### **Verifiche a pressoflessione della soletta**

Tutte le verifiche a pressoflessione della soletta sono state condotte considerando un CLS 32/40 anziché 35/45 come prescritto nella tabella materiali. Le verifiche si ritengono a maggior ragione soddisfatte utilizzando un CLS di classe superiore rispetto a quanto riportato nelle verifiche. Le variazioni sono comunque minime e la classe superiore del calcestruzzo è richiesta per l'esposizione e non per la resistenza.

### **Parapetti e sicurvia.**

Non sono presenti parapetti nel progetto in esame. Si prevede il montaggio di sicurvia omologati, per i quali non è necessaria la verifica.

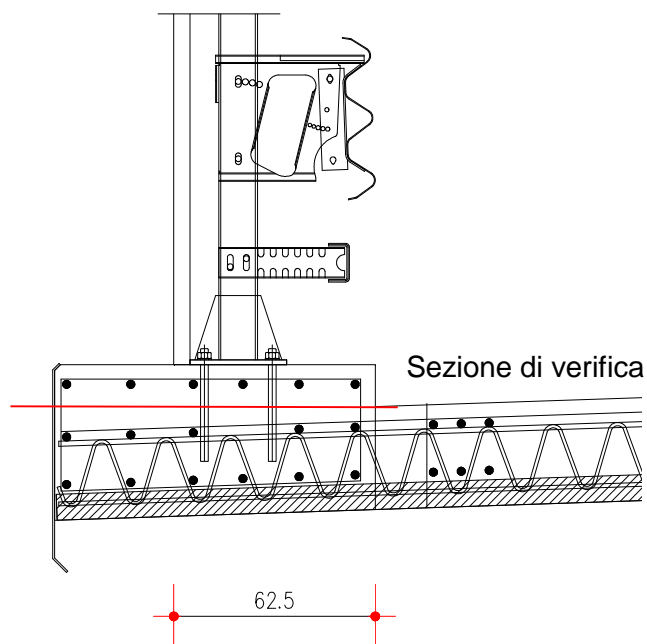
Si verifica l'elemento cordolo al quale è collegato il sicurvia.

L'urto avviene su una base di 50 cm

L'attacco del cordolo è a 13 cm dalla base del montante.

La base di diffusione delle sollecitazioni è  $B = 50 + 13 \times 2 = 76$  cm

Sono presenti staffe  $\Phi 12/10$  che ancorano il cordolo alla soletta, si considerano 7 staffe reagenti.



**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

Il momento associato all'urto vale:

$$M = 100 * (1 + 0.13) = 113 \text{ kNm}$$

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  **Zoom**

N°	b [cm]	h [cm]
1	76	62.5

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.92	55

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

N <sub>Ed</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kN
M <sub>xEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> kNm
M <sub>yEd</sub>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**

Lato acciaio - Acciaio snervato

**Tipo Sezione**

☒ Rettan.re ☐ Trapezi

☐ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Metodo di calcolo**

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☒ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta ☐ Deviata

N° rett.

**Calcola MRd** **Dominio M-N**

L<sub>0</sub>  cm **Col. modello**

☐ Precompresso

**Materiali**

B450C		C32/40	
ε <sub>su</sub>	<input type="text" value="67.5"/> ‰	ε <sub>c2</sub>	<input type="text" value="2"/> ‰
f <sub>yd</sub>	<input type="text" value="391.3"/> N/mm²	ε <sub>cu</sub>	<input type="text" value="3.5"/> ‰
E <sub>s</sub>	<input type="text" value="200'000"/> N/mm²	f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="19.83"/> ‰
E <sub>s</sub> /E <sub>c</sub>	<input type="text" value="15"/>	f <sub>cc</sub> /f <sub>cd</sub>	<input type="text" value="0.8"/> ?
ε <sub>syd</sub>	<input type="text" value="1.957"/> ‰	σ <sub>c,adm</sub>	<input type="text" value="9.75"/>
σ <sub>s,adm</sub>	<input type="text" value="255"/> N/mm²	τ <sub>co</sub>	<input type="text" value="0.6"/>
		τ <sub>c1</sub>	<input type="text" value="1.829"/>

M<sub>xRd</sub>  kN m

σ<sub>c</sub>  N/mm²

σ<sub>s</sub>  N/mm²

ε<sub>c</sub>  ‰

ε<sub>s</sub>  ‰

d  cm

x  x/d  δ

113/167=0.68<1 La verifica è soddisfatta.

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

### 3. RIFERIMENTI NORMATIVI

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

- D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni;
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;
- UNI EN 1990 (Eurocodice 0) – Aprile 2006: “Criteri generali di progettazione strutturale”;
- UNI EN 1991-2-4 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-1-1 (Eurocodice 1) – Agosto 2004 – Azioni in generale- Parte 1-1: “Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici”;
- UNI EN 1991-2 (Eurocodice 1) – Marzo 2005 – Azioni sulle strutture- Parte 2: “Carico da traffico sui ponti”;
- UNI EN 1992-1-1 (Eurocodice 2) – Novembre 2005: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: “Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1992-2 (Eurocodice 2) – Gennaio 2006: “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 2: “Ponti in calcestruzzo - progettazione e dettagli costruttivi”;

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- UNI EN 1993-1-1 (Eurocodice 3) – Ottobre 1993: “Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1993-1-5: (Eurocodice 3) 2007 Parte 1-5: “Progettazione delle strutture in acciaio – Elementi strutturali a lastra
- UNI EN 1993-1-8: (Eurocodice 3) 2005 Parte 1-8: “Progettazione delle strutture in acciaio – Progettazione dei collegamenti
- UNI EN 1993-1-9: (Eurocodice 3) 2005 Parte 1-9: “Progettazione delle strutture in acciaio – Fatica
- UNI EN 1994-1-1: (Eurocodice 4) 2005 Parte 1: “Progettazione delle strutture in acciaio-calcestruzzo – Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: “Progettazione delle strutture in acciaio-calcestruzzo - Regole generali e regole per i ponti
- UNI EN 1997-1 (Eurocodice 7) – Febbraio 2005: “Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali”;
- UNI EN 1998-1 (Eurocodice 8) – Marzo 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali – Azioni sismiche e regole per gli edifici”;
- UNI EN 1998-2 (Eurocodice 8) – Febbraio 2006: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Ponti”;

---

**OGGETTO** : COMPLETAMENTO DELLA VARIANTE GENERALE ALLA S.P. 569 E VARIANTE ALLA S.P. 27 E ALLA S.P.78 NEI COMUNI DI CREPELLANO E BAZZANO. PONTE TORRENTE SAMOGGIA. DOCUMENTO INTEGRATIVO

**COMMITTENTE**: PROVINCIA DI BOLOGNA

- UNI EN 1998-5 (Eurocodice 8) – Gennaio 2005: “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 2: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici”.
  
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale;
  
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni;
  
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1;
  
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
  
- UNI EN 1337-2 Marzo 2004 – “Appoggi strutturali Parte 2: Elementi di scorrimento”