

# PROVINCIA DI AREZZO

OGGETTO

COMPLETAMENTO DELL'INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DELLE PARETI LATERALI DELLE SPALLE E DELL'IMPALCATO DEL PONTE SUL CANALE MAESTRO DELLA CHIANA LUNGO LA S.P. 27 DI CASTRONCELLO-BROLIO

CATEGORIA PROGETTO

STRUTTURE - PROGETTO ESECUTIVO

CONTENUTO TAVOLA

RELAZIONE DI CALCOLO - SECONDO LOTTO

ALLEGATO

A08\_2

ARCHIVIO

ST-22-042

COMMITTENTE

Provincia di Arezzo

PROPRIETARIO

Provincia di Arezzo

DATA

27/07/2026

STATO

—

UNITA' DI MISURA

—

SCALA

—

REVISIONI

—

—

—

—

ELABORATO N°

—



STUDIO TECNICO CAPPELLETTI

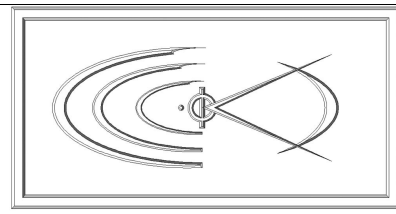
Via Adua, 60 - 52043 Castiglion Fiorentino  
tel 0575/657108 - fax 0575/1710180  
e-mail: info@cappellettiassociati.it  
www.cappellettiassociati.it

IL PROGETTISTA

Ing. Nicola Cappelletti

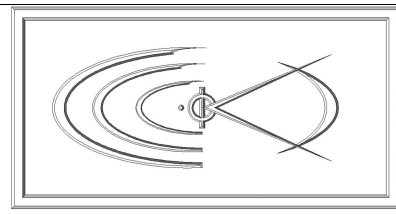
IL DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. Nicola Cappelletti



## Indice

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 TIPO DI ANALISI E MOTIVAZIONE.....                                               | 3  |
| 1.1 Metodo di risoluzione della struttura.....                                     | 3  |
| 1.2 Metodo di verifica sezionale.....                                              | 3  |
| 2 AZIONI SULLA COSTRUZIONE.....                                                    | 5  |
| 2.1 Azione della neve.....                                                         | 5  |
| 2.2 Azioni del vento.....                                                          | 5  |
| 2.3 Azioni dovute alla temperatura.....                                            | 5  |
| 2.4 Azioni antropiche e pesi propri.....                                           | 6  |
| 2.4.1 Impalcato stradale esistente.....                                            | 6  |
| 2.4.2 Consolidamento impalcato stradale.....                                       | 6  |
| 2.4.3 Sbalzo.....                                                                  | 6  |
| 2.5 Deformazioni impresse.....                                                     | 7  |
| 3 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO .....                                               | 8  |
| 4 CALCOLO MILGIORAMENTO STATICO TRAVI .....                                        | 9  |
| 4.1 Calcolo travi della campate laterali del ponte.....                            | 10 |
| 4.2 Verifica della sezione della trave centrale in corrispondenza della pila ..... | 12 |
| 4.3 Calcolo della trave centrale in mezzzeria della campata centrale.....          | 14 |
| 4.4 Verifica dell'attacco delle protezioni (guardrail).....                        | 17 |
| 5 Verifica della soletta in calcestruzzo armato – sezione corrente.....            | 19 |
| 5.1 Verifica in campata.....                                                       | 20 |
| 5.2 Verifica all'appoggio.....                                                     | 23 |
| 5.3 Verifica della soletta in calcestruzzo armato – sbalzo.....                    | 26 |
| 6 Verifica delle selle.....                                                        | 29 |



## 1 TIPO DI ANALISI E MOTIVAZIONE

L'analisi per le combinazioni delle azioni permanenti e variabili è stata condotta in regime elastico lineare.

### 1.1 Metodo di risoluzione della struttura

Visto l'ambito di intervento locale, non è stato realizzato un modello strutturale, ma risolto mediante schemi semplificati.

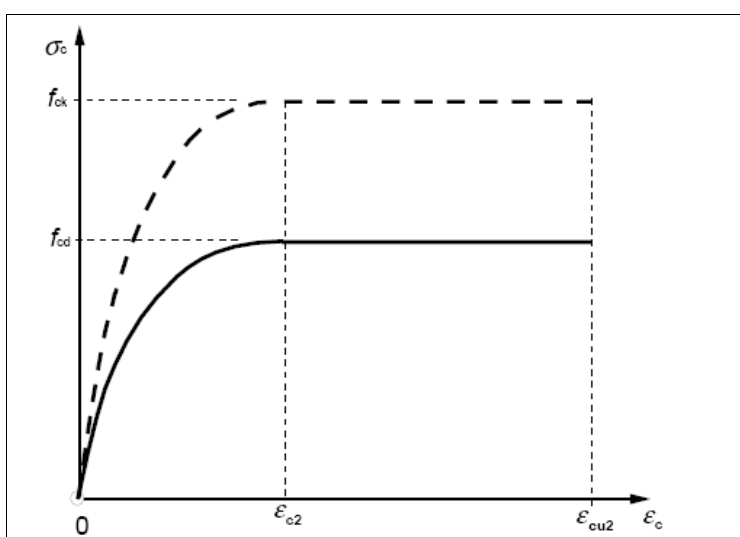
### 1.2 Metodo di verifica sezionale

Le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU e SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 14.01.2008.

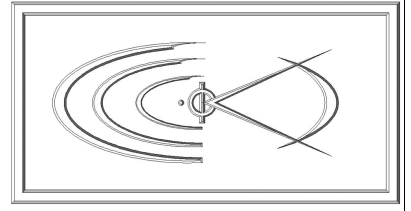
Le verifiche degli elementi bidimensionali sono state effettuate direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio.

Per le verifiche sezionali degli elementi in c.a. ed acciaio sono stati utilizzati i seguenti legami:

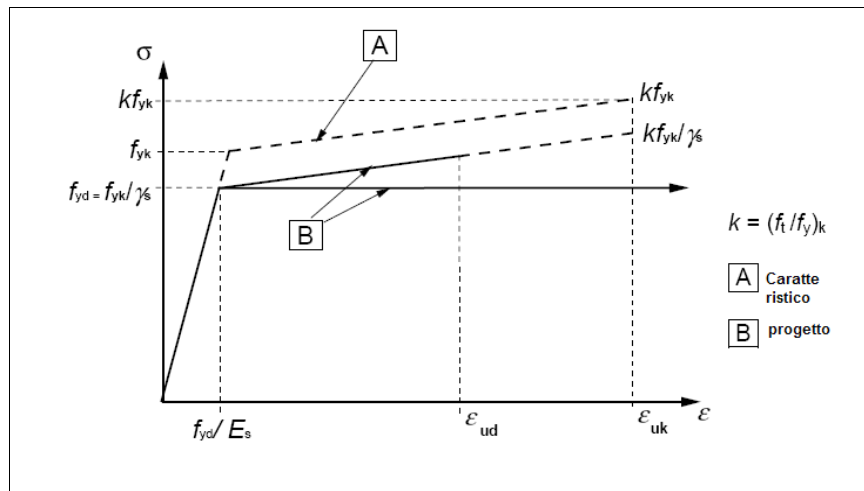
- *Legame parabola rettangolo per il calcestruzzo*

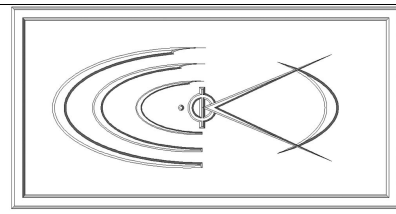


Il valore  $\epsilon_{cu2}$  nel caso di analisi non lineari sarà valutato in funzione dell'effettivo grado di confinamento esercitato dalle staffe sul nucleo di calcestruzzo.



- *Legame elastico perfettamente plastico o incrudente a duttilità limitata per l'acciaio*





## 2 AZIONI SULLA COSTRUZIONE

### 2.1 Azione della neve

L'azione della neve viene determinato tramite le espressioni empiriche riportate dal D.M. 17/01/2018 al cap.3.4..

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0,89 \text{ kN/m}^2 \quad [3.4.1]$$

dove:

$q_s$  è il carico neve sulla copertura;

$\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura, fornito al § 3.4.5: = 0,80 [tab. 3.4.II]

$q_{sk}$  periodo di ritorno di 50 anni;  $q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] = 1,18 \text{ kN/m}^2$  [3.4.4]

con  $a_s = 270 \text{ m}$

$C_E$  è il coefficiente di esposizione di cui al § 3.4.4: *Normale* = 1,00 [tab.3.4.I]

$C_t$  è il coefficiente termico di cui al § 3.4.5.: = 1,00

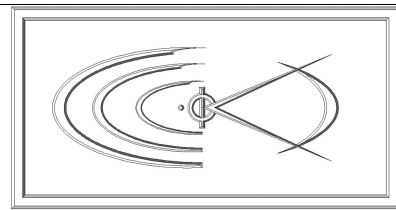
Il carico della neve è inferiore a quello del traffico pertanto tale carico non è rilevante ai fini del calcolo.

### 2.2 Azioni del vento

L'azione orizzontale del vento risulta essere trascurabile rispetto al tipo di intervento e al tipo di struttura.

### 2.3 Azioni dovute alla temperatura

Viste le ridotte dimensioni della struttura gli effetti dovuti alle variazioni termiche sono irrilevanti e non riportati nei calcoli.



## 2.4 Azioni antropiche e pesi propri

### 2.4.1 Impalcato stradale esistente

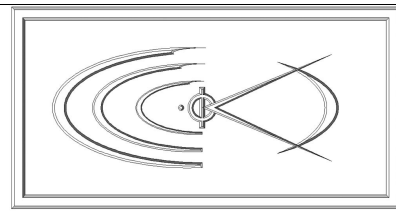
|                                             |                             |                 |             |                  |
|---------------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------|------------------|
| <b>G<sub>1</sub></b> (propri strutturali)   | Soletta piena sp.15cm       | 0,15m · 25kN/m³ | 3,75        | q [kN/m²]        |
| <b>Totale G<sub>1</sub></b>                 |                             |                 | <b>3,75</b> | <b>q [kN/m²]</b> |
| <b>G<sub>2</sub></b> (permanenti portati)   | Massicciata stradale        | 0,19m · 18kN/m² | 3,42        | q [kN/m²]        |
|                                             | Finitura                    | 0,16m · 23kN/m³ | 3,68        | q [kN/m²]        |
| <b>Totale G<sub>2</sub></b>                 |                             |                 | <b>7,10</b> | <b>q [kN/m²]</b> |
| <b>Q<sub>k1</sub></b> (carichi accidentali) | Vedi combinazioni di carico |                 | -           | q [kN/m²]        |
| <b>Totale Q<sub>k1</sub></b>                |                             |                 | <b>-</b>    | <b>q [kN/m²]</b> |

### 2.4.2 Consolidamento impalcato stradale

|                                       |                             |                 |      |           |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------|-----------|
| G <sub>1</sub> (propri strutturali)   | Soletta piena sp.15cm       | 0,15m · 25kN/m³ | 3,75 | q [kN/m²] |
|                                       | Nuova soletta sp.medio 18cm | 0,18m · 25kN/m³ | 4,50 | q [kN/m²] |
| Totale G <sub>1</sub>                 |                             |                 | 8,25 | q [kN/m²] |
| G <sub>2</sub> (permanenti portati)   | Massicciata stradale        | 0,07m · 15kN/m² | 1,10 | q [kN/m²] |
|                                       | Finitura                    | 0,03m · 23kN/m³ | 0,70 | q [kN/m²] |
|                                       | *(carico cautelativo)       | A corpo         | 0,50 | q [kN/m²] |
| Totale G <sub>2</sub>                 |                             |                 | 2,30 | q [kN/m²] |
| Q <sub>k1</sub> (carichi accidentali) | Vedi combinazioni di carico |                 | -    | q [kN/m²] |
| Totale Q <sub>k1</sub>                |                             |                 | -    | q [kN/m²] |

### 2.4.3 Sbalzo

|                                       |                             |                 |      |           |
|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------|------|-----------|
| G <sub>1</sub> (propri strutturali)   | Soletta piena sp.medio 30cm | 0,30m · 25kN/m³ | 7,50 | q [kN/m²] |
| Totale G <sub>1</sub>                 |                             |                 | 7,50 | q [kN/m²] |
| G <sub>2</sub> (permanenti portati)   | Massicciata stradale        | 0,07m · 15kN/m² | 1,10 | q [kN/m²] |
|                                       | Finitura                    | 0,03m · 23kN/m³ | 0,70 | q [kN/m²] |
|                                       | *(carico cautelativo)       | A corpo         | 0,50 | q [kN/m²] |
| Totale G <sub>2</sub>                 |                             |                 | 2,30 | q [kN/m²] |
| G <sub>2</sub> (permanenti portati)   | Barriera bordo ponte        |                 | 1,20 | q [kN/m]  |
|                                       | Totale G <sub>2</sub>       |                 | 1,20 | q [kN/m]  |
| Q <sub>k1</sub> (carichi accidentali) | Vedi combinazioni di carico |                 | -    | q [kN/m²] |
| Totale Q <sub>k1</sub>                |                             |                 | -    | q [kN/m²] |



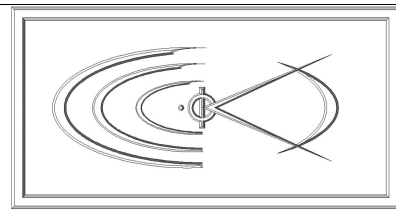
Nel complesso, la variazione di carico complessivo impalcato/sbalzi tra lo stato attuale e lo stato di progetto è pari a:

| STATO ATTUALE                    |                      |          |              |                             |
|----------------------------------|----------------------|----------|--------------|-----------------------------|
| <b>G<sub>1</sub></b>             | (propri strutturali) | soletta  | 3,75         | q [kN/m <sup>2</sup> ]      |
| <b>G<sub>2</sub></b>             | (permanenti portati) | finitura | 7,10         | q [kN/m <sup>2</sup> ]      |
| <b>Totale G</b>                  |                      |          | <b>10,85</b> | <b>q [kN/m<sup>2</sup>]</b> |
| STATO DI PROGETTO                |                      |          |              |                             |
| <b>G<sub>1</sub></b>             | (propri strutturali) | soletta  | 8,25         | q [kN/m <sup>2</sup> ]      |
| <b>G<sub>2</sub></b>             | (permanenti portati) | finitura | 2,30         | q [kN/m <sup>2</sup> ]      |
| <b>Totale G</b>                  |                      |          | <b>10,55</b> | <b>q [kN/m<sup>2</sup>]</b> |
| CONFRONTO STATO ATTUALE-PROGETTO |                      |          |              |                             |
|                                  |                      |          | <b>-2,76</b> | <b>%</b>                    |

Per cui si ha una complessiva riduzione del carico presente sull'impalcato.

## 2.5 Deformazioni impresse

La struttura in esame è un impalcato da ponte ad unica campata con schema statico appoggio-appoggio. Trattandosi quindi di un ponte isostatico, non vengono analizzati gli effetti di distorsioni e cedimenti vincolari, in quanto non determinano nessuno stato di sollecitazione sull'impalcato.

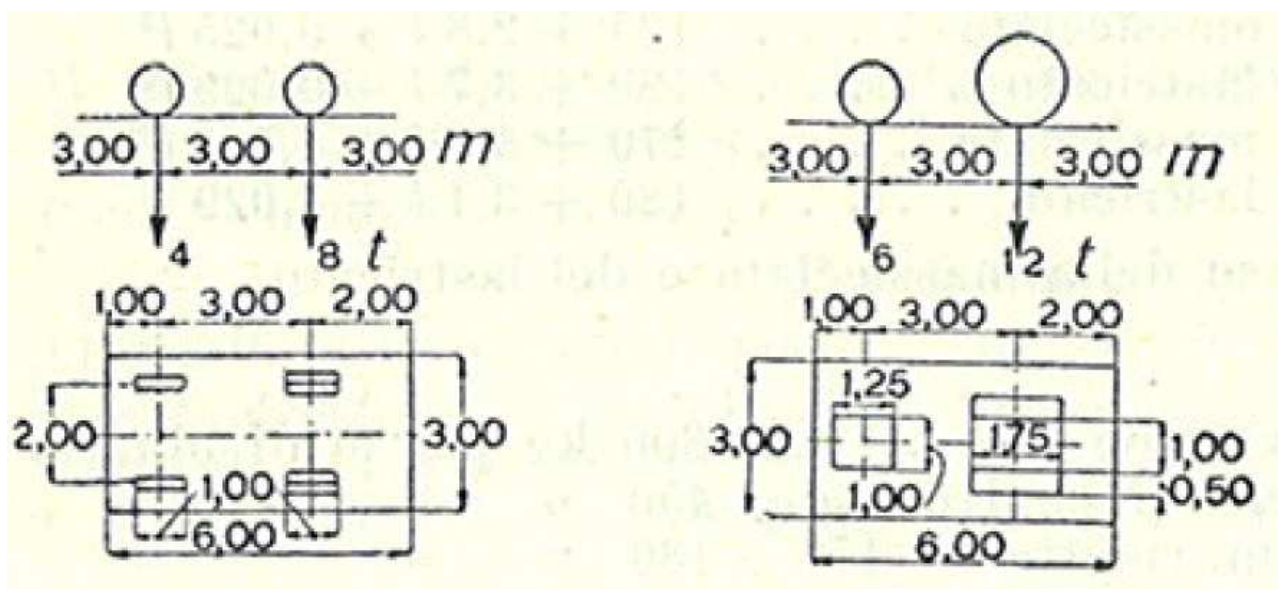


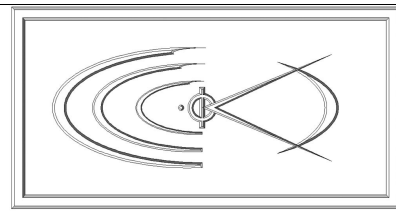
### 3 AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO

La costruzione del ponte in oggetto risale ai primi anni '50 del 1900, per cui le prescrizioni vigenti all'epoca della realizzazione dello stesso sono quelle contenute nella **normale 9-VI-1945, n°6081 del Ministero del LL.PP.** Tale circolare distingue le strade in 2 tipi: 1) strade di grande traffico, 2) strade di medio e piccolo traffico. Nello specifico, il ponte in analisi ricade nella seconda tipologia (ai sensi della normativa vigente si configura come un ponte di 2a categoria).

Per le strade di medio e piccolo traffico, la norma richiamata prescrive di considerare le seguenti condizioni di carico:

1. un treno tipo di autocarri del peso di 12 ton;
2. un rullo compressore da 18 ton;
3. folla compatta ( $400 \text{ kg/m}^2$ ) su tutta la larghezza del ponte.



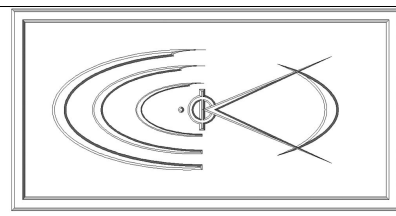


## 4 CALCOLO MIGLIORAMENTO STATICO TRAVI

L'impalcato nello stato attuale è costituito da n.4 travi in calcestruzzo armato di sezione variabile in spessore ed altezza da 30x115 in corrispondenza della spalla a 55x171 in corrispondenza della pila.

A seguito dell'intervento di consolidamento all'estradosso di tali travi saranno realizzati dei cordoli armati che permetteranno di incrementare le sezioni rispettivamente a 30x139 in corrispondenza della spalla e 55x195 in corrispondenza della pila (+ 24cm del consolidamento impalcato).

L'intervento consente quindi un netto incremento di resistenza lungo tutto l'impalcato. Trattandosi di intervento locale che non modifica lo schema statico del ponte, che non apporta alcun incremento di carico in nessuna parte dello stesso, e non avendo rilevato segni di collasso, le valutazioni hanno lo scopo di dimostrare che tutte le travi subiscono un incremento di resistenza e di stimarne la percentuale. I calcoli vengono condotti cautelativamente sulle travi centrali, visto che sono quelle che beneficiano di un miglioramento minore rispetto alle travi laterali.



## 4.1 Calcolo travi della campate laterali del ponte

La struttura non è stata modellata con il metodo agli elementi finiti, ma risolta mediante schema statico semplificato. I calcoli saranno effettuati direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare. I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono elastico lineari. La sezione dell'impalcato verrà consolidata mediante la realizzazione di una soletta in calcestruzzo armato nervata in corrispondenza delle travi esistenti, di spessore pari a 16cm (sezione corrente) e a 24cm (in corrispondenza delle nervature), alleggerita con casseri in EPS; inoltre, verrà messo in opera un nastro tipo Geosteel G3300 in corrispondenza delle basi delle travi. Allo stato attuale la trave è armata con 10Ø14 inferiori.

Con i calcoli sottostanti andremo a confrontare 1. il momento resistente della trave allo stato attuale, con 2. quello della trave allo stato consolidato con nuova soletta nervata (trascurando la vecchia soletta) e con 3. quello allo stato consolidato con nuova soletta nervata più nastro ad intradosso.

### Stato attuale

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

**Titolo:** Campata laterale: Verifica in campata sezione attuale

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 152    | 15     |
| 2  | 30     | 100    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 15.39    | 109    |

**Tipo Sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☒ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N<sub>Ed</sub>  kN  
 M<sub>Ed</sub>  kNm  
 M<sub>xEd</sub>   
 M<sub>yEd</sub>

**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

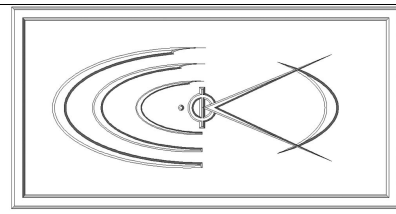
**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviato

**Materiali**  
**FeB38k** **C12/15**  
 ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
 f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
 ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>   
 σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>   
 τ<sub>c1</sub>

M<sub>xRd</sub>  kNm  
 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

N° rett.   
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello  
☐ Precompresso

$$M_{Edatt} = 534,40 \text{ kNm}$$

Stato consolidato con soletta

**Titolo:** Campata laterale: Verifica in campata sezione consolidata

**N° Vertici:** 17 **Zoom** **N° barre:** 2 **Zoom**

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 91     | 139    |
| 2  | 91     | 123    |
| 3  | 30     | 123    |
| 4  | 30     | 115    |
| 5  | 91     | 115    |
| 6  | 91     | 100    |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 15.39    | 15     | 6      |
| 2  | 25.13    | 15     | 129    |

**Sollecitazioni:** S.L.U. **Metodo n**

**N<sub>Ed</sub>** 0 **0** kN  
**M<sub>Ed</sub>** 0 **0** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 0 **0**

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

**Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali:** FeB38k C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  326.1 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.631 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  215 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

**M<sub>xRd</sub>** 704.3 kN m  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  326.1 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  62.53 ‰  
d 133 cm  
x 7.05 x/d 0.05301  
 $\delta$  0.7

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

**Metodo di calcolo:** ☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n  
**Tipo flessione:** ☒ Retta ☐ Devia

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>** 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

$$M_{Edcons1} = 704,30 \text{ kNm}$$

Stato consolidato con soletta e nastri (cautelativamente assunti come FeB38k)

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

**Titolo:** Campata laterale: Verifica in campata sezione consolidata

**N° Vertici:** 17 **Zoom** **N° barre:** 3 **Zoom**

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 91     | 139    |
| 2  | 91     | 123    |
| 3  | 30     | 123    |
| 4  | 30     | 115    |
| 5  | 91     | 115    |
| 6  | 91     | 100    |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 15.39    | 15     | 6      |
| 2  | 25.13    | 15     | 129    |
| 3  | 1.13     | 15     | 0      |

**Sollecitazioni:** S.L.U. **Metodo n**

**N<sub>Ed</sub>** 0 **0** kN  
**M<sub>Ed</sub>** 0 **0** kNm  
**M<sub>yEd</sub>** 0 **0**

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

**Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Materiali:** FeB38k C25/30  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  326.1 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.631 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  215 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.829

**M<sub>xRd</sub>** 752.3 kN m  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  326.1 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  64.83 ‰  
d 139 cm  
x 7.12 x/d 0.05123  
 $\delta$  0.7

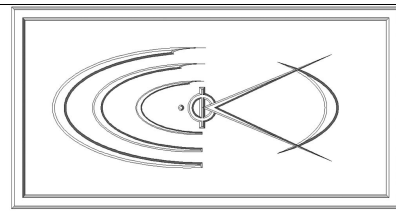
**Tipo Sezione:** ☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

**Metodo di calcolo:** ☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n  
**Tipo flessione:** ☒ Retta ☐ Devia

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
**L<sub>0</sub>** 0 cm **Col. modello**

☐ Precompresso

$$M_{Edcons2} = 752,30 \text{ kNm}$$



$$M_{Edatt} = 534,40 \text{ kNm} < M_{Edcons1} = 704,30 \text{ kNm} < M_{Edcons2} = 752,30 \text{ kNm}$$

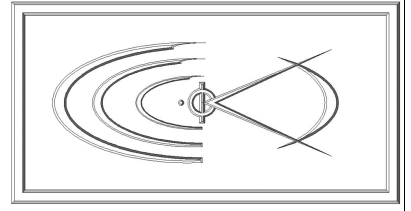
Come possiamo osservare, **il momento resistente della sezione presa in considerazione aumenta di circa il 40%** con gli interventi di consolidamento previsti anche sottostimando l'effetto dei nastri.

Per quello che riguarda il taglio la sezione più critica è quella all'appoggio sulla spalla dove la resistenza a taglio attuale è di circa 200kN (valore stimato in quanto non a conoscenza di eventuali ferri a barchetta all'interno della trave) l'introduzione della soletta collaborante genera un incremento (a se stante) di resistenza a taglio pari a 40kN; il taglio resistente della sezione presa in considerazione aumenta di circa un 20%; assumendo invece l'ipotesi che l'inghisaggio renda collaboranti la trave esistente e la nuova soletta anche a taglio, il taglio resistente della sezione presa in considerazione aumenterebbe di circa il 20%. Combinando i due effetti si conclude che **il taglio resistente della sezione presa in considerazione aumenta di almeno il 20%**.

## 4.2 Verifica della sezione della trave centrale in corrispondenza della pila

La struttura non è stata modellata con il metodo agli elementi finiti, ma risolta mediante schema statico semplificato. Le verifiche saranno effettuate direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare. I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono elastico lineari. La sezione dell'impalcato verrà consolidata mediante la realizzazione di una soletta in calcestruzzo armato nervata in corrispondenza delle travi esistenti, di spessore pari a 16cm (sezione corrente) e a 24cm (in corrispondenza delle nervature), alleggerita con casseri in EPS; inoltre, verrà messo in opera un nastro tipo Geosteel G3300 in corrispondenza delle basi delle travi. Allo stato attuale la trave è armata con 4Ø14 inferiori.

Con le verifiche sottostanti andremo a confrontare il momento resistente della trave allo stato attuale, con quello della trave allo stato consolidato con sola nuova soletta e nervatura e con quello allo stato consolidato con nuova soletta nervata e nastro.

Stato attuale

**Titolo:** Sez. in corrispondenza pila: Verifica stato attuale

**N° figure elementari** 2 **Zoom** **N° strati barre** 2 **Zoom**

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 146    | 15     |
| 2  | 50     | 156    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 6.16     | 155    |
| 2  | 15.39    | 5      |

**Tipo Sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☒ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 L<sub>0</sub> 0 cm **Col. modello**

**Materiali**  
 FeB38k C12/15  
 ε<sub>su</sub> 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 326.1 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 6.8 ‰  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
 ε<sub>syd</sub> 1.631 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 6  
 σ<sub>s,adm</sub> 215 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.4  
 τ<sub>c1</sub> 1.4

**M** xRd -794.6 kNm  
 σ<sub>c</sub> -6.8 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 326.1 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 30.38 ‰  
 d 166 cm  
 x 17.15 x/d 0.1033  
 ξ 0.7

☐ Precompresso

$M_{Edatt} = 794,60 \text{ kNm}$  (in valore assoluto)

Stato consolidato con soletta

**Titolo:** Sez. in corrispondenza pila: sezione consolidata

**N° Vertici** 17 **Zoom** **N° barre** 2 **Zoom**

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 98     | 171    |
| 2  | 98     | 156    |
| 3  | 55     | 156    |
| 4  | 55     | 0      |
| 5  | 0      | 0      |
| 6  | 0      | 156    |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 6.16     | 27.5   | 6      |
| 2  | 25.13    | 27.5   | 185    |

**Tipo Sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☒ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☒ Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. **Metodo n**  
 N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U. + ☐ S.L.U. - ☐ Metodo n

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

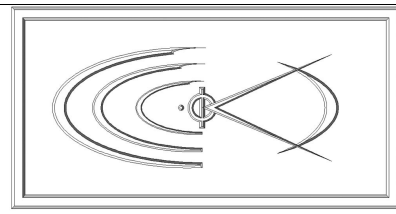
**N° rett.** 100  
**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 L<sub>0</sub> 0 cm **Col. modello**

**Materiali**  
 B450C C12/15  
 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> 6.8 ‰  
 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> 6  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.4  
 τ<sub>c1</sub> 1.4

**M** xRd -1.729 kNm  
 σ<sub>c</sub> -6.8 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 22.94 ‰  
 d 185 cm  
 x 24.49 x/d 0.1324  
 ξ 0.7

☐ Precompresso

$M_{Edcons1} = 1729 \text{ kNm}$  (in valore assoluto trascurando le armature esistenti)



$$M_{Edatt} = 794,60 \text{ kNm} < M_{Edcons1} = M_{Edcons2} = 1729 \text{ kNm}$$

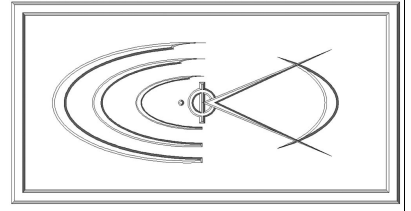
Come possiamo osservare, **il momento resistente della sezione presa in considerazione aumenta di circa il 117%** con gli interventi di consolidamento previsti anche trascurando l'effetto dei nastri.

Per quello che riguarda il taglio questa sezione risulta notevolmente più resistente di quella in appoggio alla spalla e quindi non indicativa.

### 4.3 Calcolo della trave centrale in mezzeria della campata centrale

La struttura non è stata modellata con il metodo agli elementi finiti, ma risolta mediante schema statico semplificato. I calcoli saranno effettuate direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio. L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare. I legami costitutivi utilizzati nelle analisi globali finalizzate al calcolo delle sollecitazioni sono elastico lineari. La sezione dell'impalcato verrà consolidata mediante al realizzazione di una soletta in calcestruzzo armato nervata in corrispondenza delle travi esistenti, di spessore pari a 16cm (sezione corrente) e a 24cm (in corrispondenza delle nervature), alleggerita con casseri in EPS; inoltre, verrà messo in opera un nastro tipo Geosteel G3300 in corrispondenza delle basi delle travi. Allo stato attuale la trave è armata con 5Ø24 inferiori.

Con le verifiche sottostanti andremo a confrontare il momento resistente della trave allo stato attuale, con quello della trave allo stato consolidato con sola nuova soletta e nervatura e con quello allo stato consolidato con nuova soletta nervata e nastro.

Stato attuale

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

Titolo: Campata centrale: Verifica in campata sezione attuale

N° figure elementari 2 Zoom N° strati barre 1 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 152    | 15     |
| 2  | 30     | 100    |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 22.62    | 109    |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso ☐

Materiali

FeB38k C12/15

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  326.1 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  6.8 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 [?]  $\sigma_{c,adm}$  6  
 $\epsilon_{syd}$  1.631 ‰  $\tau_{co}$  0.4  
 $\sigma_{s,adm}$  215 N/mm²  $\tau_{c1}$  1.4

M<sub>xRd</sub> 776.9 kN m  
 $\sigma_c$  -6.8 N/mm²  
 $\sigma_s$  326.1 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  39.9 ‰  
d 109 cm  
x 8.79 x/d 0.08064  
 $\delta$  0.7

$$M_{Edatt} = 776,90 \text{ kNm}$$

Stato consolidato con soletta

Titolo: Campata centrale: Verifica in campata sezione consolidata

N° Vertici 17 Zoom N° barre 2 Zoom

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 91     | 139    |
| 2  | 91     | 123    |
| 3  | 30     | 123    |
| 4  | 30     | 115    |
| 5  | 91     | 115    |
| 6  | 91     | 100    |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 22.62    | 15     | 6      |
| 2  | 25.13    | 15     | 129    |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>Ed</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

Precompresso ☐

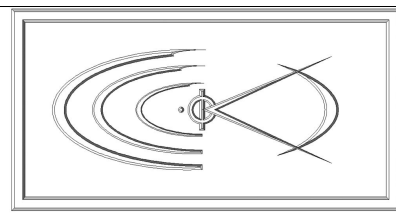
Materiali

FeB38k C25/30

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  326.1 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 [?]  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\epsilon_{syd}$  1.631 ‰  $\tau_{co}$  0.6  
 $\sigma_{s,adm}$  215 N/mm²  $\tau_{c1}$  1.829

M<sub>xRd</sub> 997.4 kN m  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  326.1 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  58.42 ‰  
d 133 cm  
x 7.518 x/d 0.05652  
 $\delta$  0.7

$$M_{Edcons1} = 997,40 \text{ kNm}$$

Stato consolidato con soletta e nastri

**Titolo:** Campata centrale: Verifica in campata sezione consolidata

**N° Vertici:** 17 **Zoom** **N° barre:** 3 **Zoom**

| N° | x [cm] | y [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 91     | 139    |
| 2  | 91     | 123    |
| 3  | 30     | 123    |
| 4  | 30     | 115    |
| 5  | 91     | 115    |
| 6  | 91     | 100    |

| N° | As [cm²] | x [cm] | y [cm] |
|----|----------|--------|--------|
| 1  | 22.62    | 15     | 6      |
| 2  | 25.13    | 15     | 129    |
| 3  | 1.13     | 15     | 0      |

**Sollecitazioni:** S.L.U. **Metodo n**

**N** Ed 0 **0** kN  
**M** xEd 0 **0** kNm  
**M** yEd 0 **0**

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

**Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo:** ☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.- ☐ Metodo n

**Tipo flessione:** ☒ Retta ☐ Deviata

**N° rett.** 100

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

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

☐ Precompresso

**Materiali:** FeB38k C25/30

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  326.1 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  
 $\epsilon_{syd}$  1.631 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  215 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{cl}$  1.829

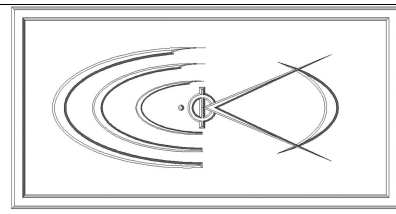
**M** xRd 1,045 kNm  
 $\sigma_c$  -14.17 N/mm²  
 $\sigma_s$  326.1 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  60.56 ‰  
 $d$  139 cm  
 $x$  7.594  $x/d$  0.05464  
 $\delta$  0.7

$$M_{Edcons2} = 1045 \text{ kNm}$$

$$M_{Edatt} = 776,90 \text{ kNm} < M_{Edcons1} = 997,40 \text{ kNm} < M_{Edcons2} = 1045 \text{ kNm}$$

Come possiamo osservare, **il momento resistente della sezione presa in considerazione aumenta di circa il 34%** con gli interventi di consolidamento previsti considerando anche l'effetto dei nastri.

Per quello che riguarda il taglio in questa sezione (all'appoggio) vale quanto detto per la trave di campata laterale.



#### **4.4 Verifica dell'attacco delle protezioni (guardrail)**

Il ponte sarà provvisto di protezioni per i veicoli in svio, elementi non oggetto della presente relazione, ma certificati direttamente dal fornitore.

Tali elementi saranno verificati ed approvati dal Direttore dei Lavori in funzione della resistenza degli elementi stessi e della struttura di sostegno.

I sicurvia e gli elementi strutturali ai quali sono collegati devono essere dimensionati in funzione della classe di contenimento richiesta per l'impiego specifico (vedi D.M. 21-06-04 n.2367 e D.M. 28 giugno 2011). Se non diversamente indicato, la forza deve essere considerata distribuita su 0,50 m ed applicata ad una quota  $h$ , misurata dal piano viario, pari alla minore delle dimensioni  $h_1$ ,  $h_2$ , dove  $h_1$  = (altezza della barriera - 0,10m),  $h_2$  = 1,00m. Nel progetto dell'impalcato deve essere considerata una condizione di carico eccezionale nella quale alla forza orizzontale d'urto su sicurvia si associa un carico verticale isolato sulla sede stradale costituito dal Secondo Schema di Carico, posizionato in adiacenza al sicurvia stesso e disposto nella posizione più gravosa.

In assenza di specifiche prescrizioni, nel progetto strutturale dei ponti si può tener conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione di 100 kN. Essa deve essere considerata agente trasversalmente ed orizzontalmente 100 mm sotto la sommità dell'elemento o 1,0 m sopra il livello del piano di marcia, a seconda di quale valore sia più piccolo.

Questa forza deve essere applicata su una linea lunga 0,5 m.

##### AZIONI:

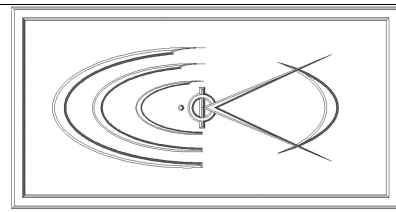
|               |                          |               |
|---------------|--------------------------|---------------|
| Carico d'urto | $H_k = 100 \text{ kN/m}$ | (distribuito) |
|---------------|--------------------------|---------------|

##### COMBINAZIONI DELLE AZIONI:

|                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| <b>S.L.U.</b> (comb. eccezionale) | $H_k = 100 \text{ kN/m}$ |
|-----------------------------------|--------------------------|

##### SOLLECITAZIONI DI CALCOLO:

|                      |                                             |
|----------------------|---------------------------------------------|
| Altezza da terra     | $h = 0,75 \text{ m}$                        |
| Interasse di calcolo | $i = 0,50 \text{ m}$                        |
| Momento max (SLU)    | $M_{sd} = H_k h^2 / 2i = 56,25 \text{ kNm}$ |



**Titolo:** Attacco guardrail

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 3 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 100    | 28     |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 4.62     | 23     |
| 2  | 4.62     | 5      |
| 3  | 7.85     | 14     |

**Tipo Sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☒ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**  
 S.L.U. → Metodo n  
 N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 0

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

**Tipo rottura**  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

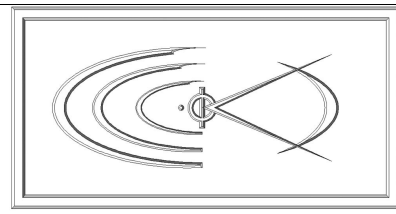
**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Devia

**Materiali**  
 B450C C30/37  
 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> 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> 11.5  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.6933  
 τ<sub>c1</sub> 2.029

M<sub>xRd</sub> 78.72 kN m  
 σ<sub>c</sub> -17 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 16.25 ‰  
 d 23 cm  
 x 4.075 x/d 0.1772  
 δ 0.7

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
☐ Precompresso

Verifica soddisfatta



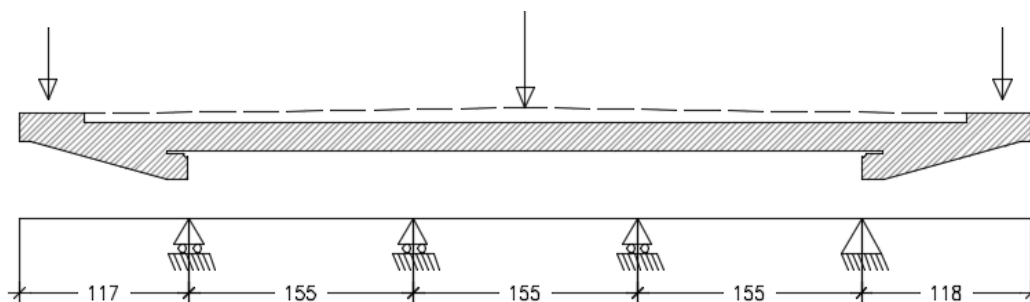
## 5 Verifica della soletta in calcestruzzo armato – sezione corrente

La soletta di impalcato è composta da nr. 3 campate di lunghezza pari a 1,55m e sbalzi laterali di lunghezza 1,19m.

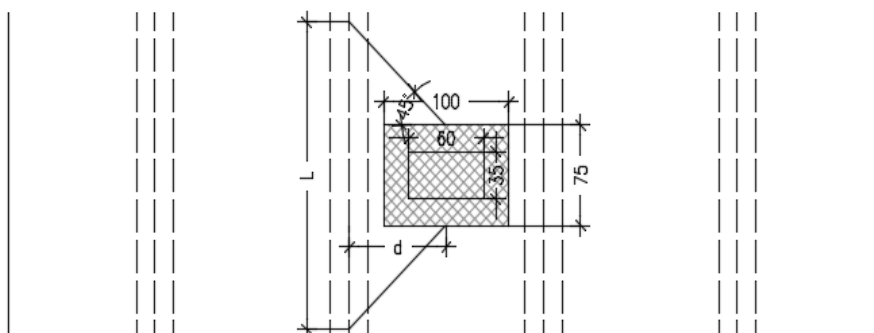
La soletta in calcestruzzo armato, oltre a collaborare con la struttura portante principale, deve essere progettata per trasferire trasversalmente i carichi alla travata principale.

I carichi agenti sulla soletta sono i pesi propri, i carichi permanenti e i carichi mobili. Gli schemi tipo dei carichi mobili sono stati già stati descritti.

In alternativa è possibile schematizzare la soletta come trave continua su più appoggi e assumendo una larghezza reagente efficace  $L$  della soletta stessa:

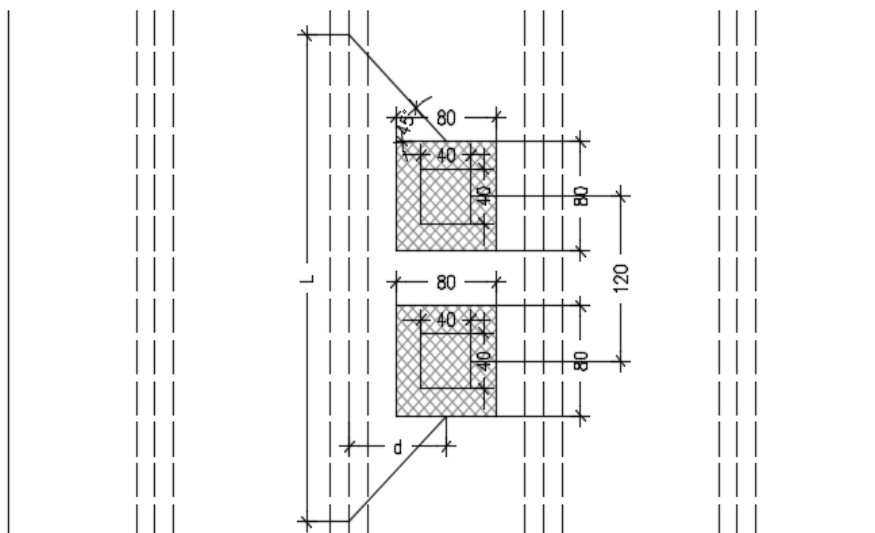
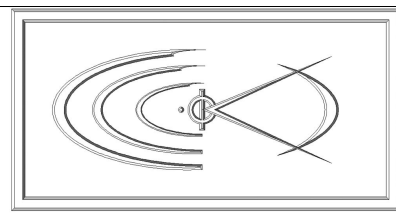


La larghezza è valutata assumendo una diffusione a  $45^\circ$  delle tensioni nel calcestruzzo e nel pacchetto stradale (si passa, ad esempio, da un'impronta quadrata  $a=60\text{cm} \cdot b=35\text{cm}$  ad un'impronta quadrata  $A=100\text{cm} \cdot B=75\text{cm}$ ). Nella direzione trasversale, le tensioni si distribuiscono fino alla sezione di appoggio per una larghezza  $L$  pari a:



Le sollecitazioni sono calcolate considerando il carico concentrato di intensità  $F/B$  agente sullo schema di trave continua di larghezza unitaria.

Nel caso il carico agente sia disposto su più assi, si può calcolare la larghezza  $L$  reagente:



### 5.1 Verifica in campata

Si valuta il carico concentrato di intensità  $F/B$  agente sullo schema di trave continua di larghezza unitaria (carico in mezzeria alla campata, a favore di sicurezza si trascura la ripartizione sui due lati della campata e si valuta la diffusione verso uno solo dei due appoggi):

- Schema di carico 1: due impronte a distanza 1,20m:  $(150+150 \text{ kN})/3,55\text{m} = 84,5\text{kN/m}$
- Schema di carico 2: una impronta:  $(200 \text{ kN})/2,275\text{m} = 88 \text{ kN/m}$

#### AZIONI:

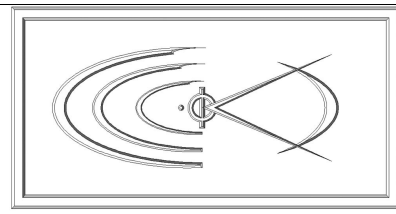
|                            |                              |                                    |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Permanenti strutturali     | $G_1 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  | (p.p. strutturale cautelativo)     |
| Permanenti non strutturali | $G_2 = 2,30 \text{ kN/m}^2$  | (pacchetto finitura)               |
| Accidentali Schema 1       | $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$  | (distribuito)                      |
|                            | $Q_{1k} = 84,5 \text{ kN/m}$ | (concentrato su $L=0,80\text{m}$ ) |
| Accidentali Schema 2       | $Q_{2k} = 88 \text{ kN/m}$   | (concentrato su $L=1,00\text{m}$ ) |

Si effettuano le verifiche con lo schema di carico 2 in quanto dimensionante.

#### COMBINAZIONI DELLE AZIONI:

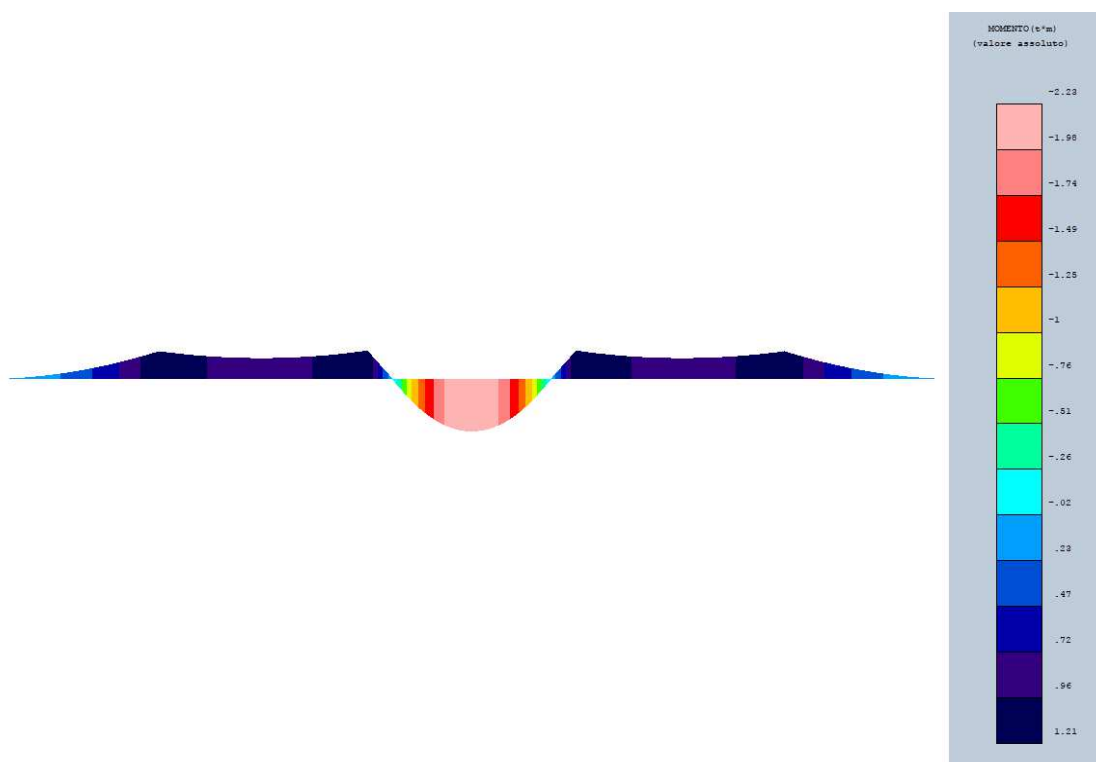
$$\text{S.L.U. (comb. fondamentale)} \quad \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} q_{1k} = 10,2 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{1k} = \gamma_{Q1} Q_{1k} = 119 \text{ kN}$$

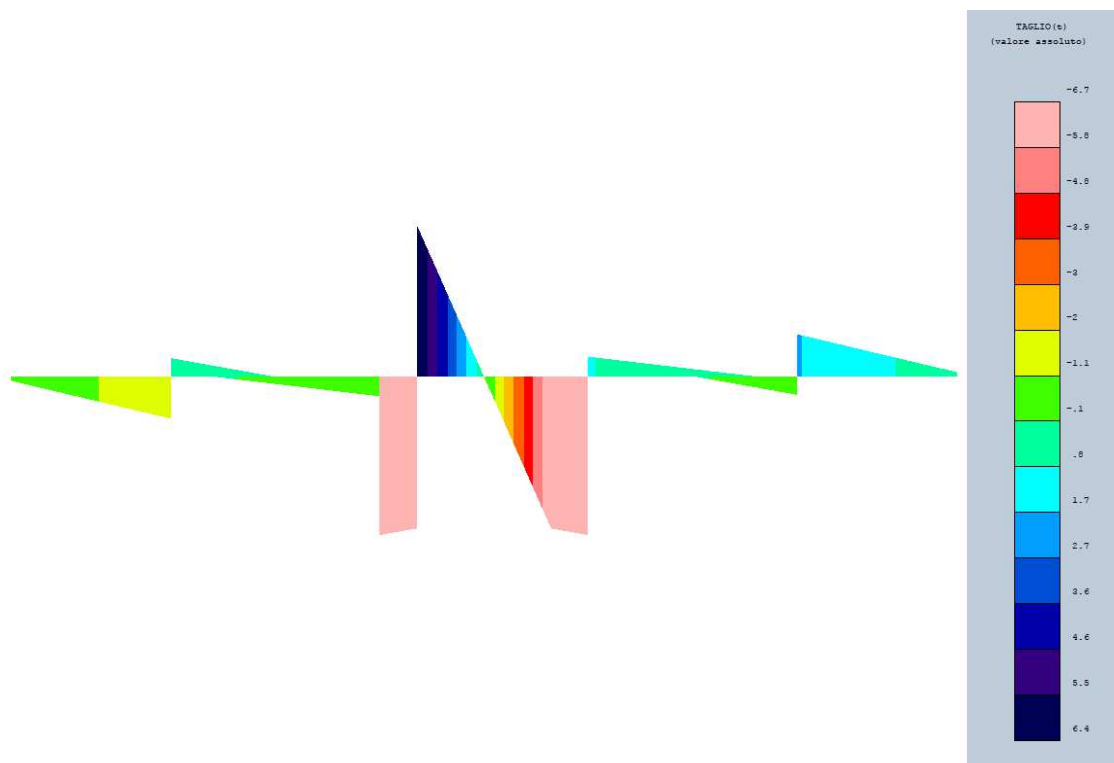
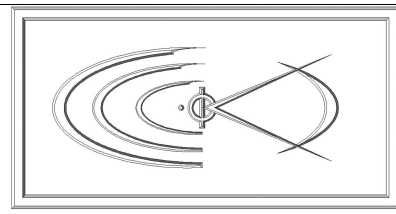
**SOLLECITAZIONI DI CALCOLO:**

|                      |                                             |
|----------------------|---------------------------------------------|
| Lunghezza di calcolo | $L = 1,55$ m (arrotondato cautelativamente) |
| Interasse di calcolo | $i = 1,00$ m                                |
| Momento max (SLU)    | $M_{sd (+)} = 23$ kNm                       |
|                      | $M_{sd (-)} = 12$ kNm                       |
| Taglio max (SLU)     | $T_{sd} = 67$ kN                            |

Ai fini della risoluzione delle verifiche, di seguito si riportano degli schemi di andamento delle sollecitazioni.



*Diagramma del momento – involucro*

*Diagramma del taglio – inviluppo*

La soletta risulta armata con Ø14/20 superiori e Ø14/20 inferiori aggiuntivi all'armatura del traliccio.

Verifica C.A. S.L.U. - File: soletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO: Verifica soletta

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 100    | 16     |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 7,7      | 5      |
| 2  | 7,7      | 11     |

Tipo Sezione  
☒ Rettang. re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.  
☐ DXF

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

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

Tipo rottura  
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

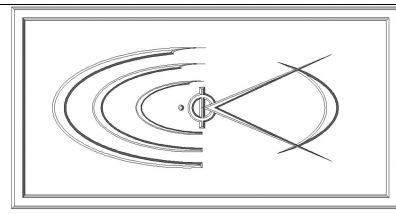
M<sub>xRd</sub> 36,44 kNm  
σ<sub>c</sub> -18,13 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
ε<sub>s</sub> 7,343 ‰  
d 11 cm  
x 3,551 x/d 0,3228  
δ 0,8435

Materiali  
B450C C32/40  
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> 18,13  
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> 12,25  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,7333  
τ<sub>c1</sub> 2,114

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
M-curvatura  
☐ Precompresso



## 5.2 Verifica all'appoggio

Si valuta il carico concentrato di intensità  $F/B$  agente sullo schema di trave continua di larghezza unitaria (carico a cavallo dell'appoggio, a favore di sicurezza si trascura la ripartizione sui due lati della campata e si valuta la diffusione verso uno solo dei due appoggi):

- Schema di carico 1: due impronte a distanza 1,20m:  $(150+150 \text{ kN})/4,00\text{m} = 75\text{kN/m}$
- Schema di carico 2: una impronta:  $(200 \text{ kN})/2,75\text{m} = 73 \text{ kN/m}$

### AZIONI:

|                            |                             |                                    |
|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Permanenti strutturali     | $G_1 = 5,00 \text{ kN/m}^2$ | (p.p. strutturale)                 |
| Permanenti non strutturali | $G_2 = 2,30 \text{ kN/m}^2$ | (pacchetto finitura)               |
| Accidentali Schema 1       | $q_{1k} = 9 \text{ kN/m}^2$ | (distribuito)                      |
|                            | $Q_{1k} = 75 \text{ kN/m}$  | (concentrato su $L=0,80\text{m}$ ) |
| Accidentali Schema 2       | $Q_{2k} = 73 \text{ kN/m}$  | (concentrato su $L=1,00\text{m}$ ) |

Si effettuano le verifiche con lo schema di carico 2 in quanto dimensionante.

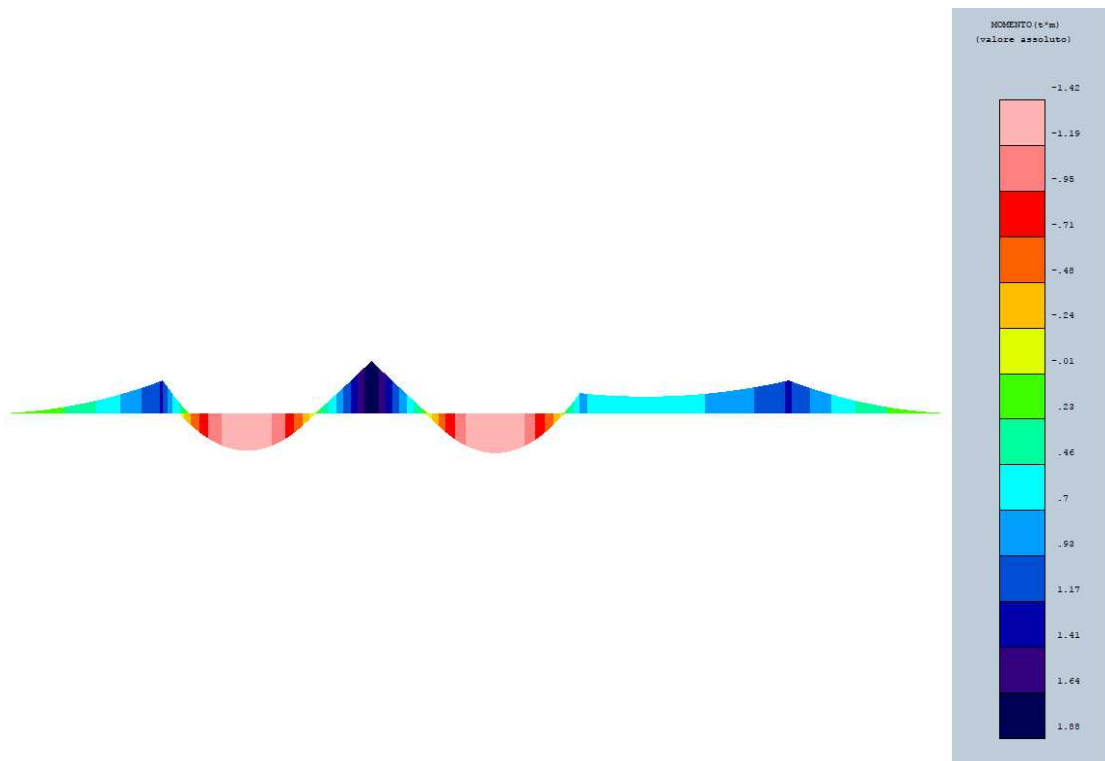
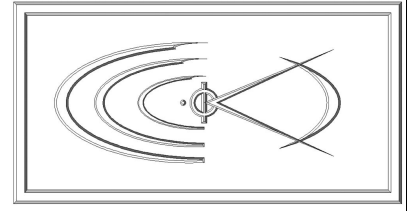
### COMBINAZIONI DELLE AZIONI:

$$\text{S.L.U. (comb. fondamentale)} \quad \gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} q_{1k} = 10,2 \text{ kN/m}^2$$
$$Q_{1k} = \gamma_{Q1} Q_{1k} = 98,2 \text{ kN}$$

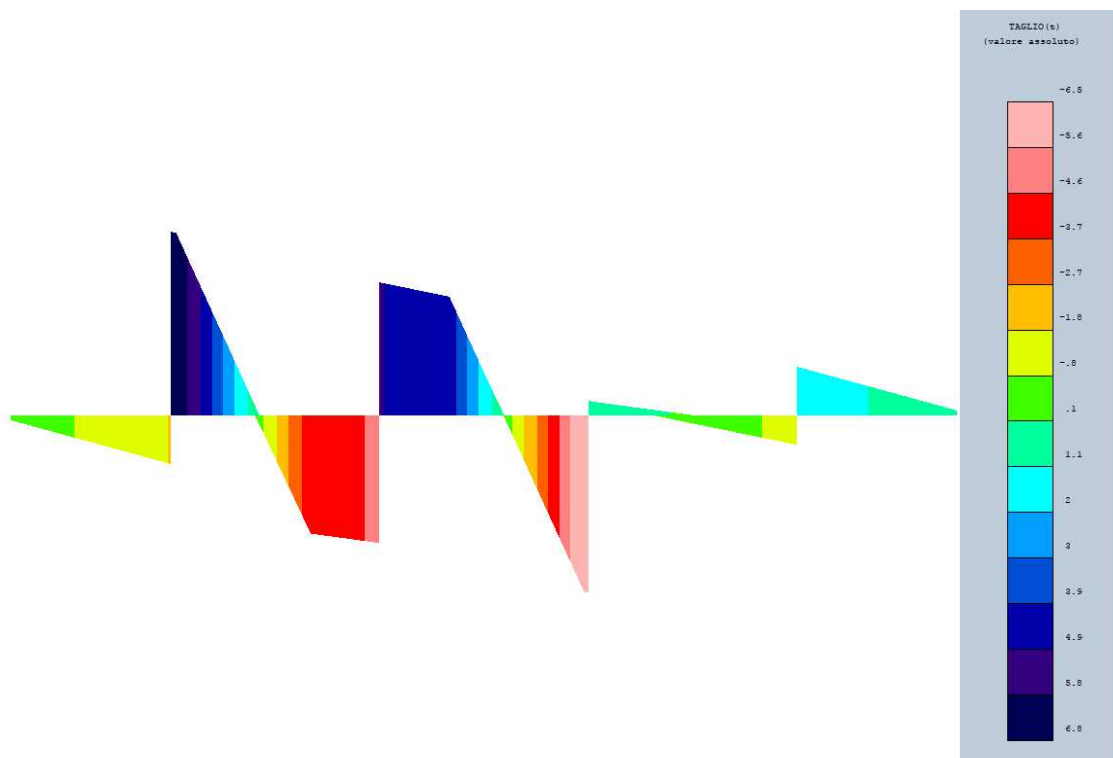
### SOLLECITAZIONI DI CALCOLO:

|                      |                                 |
|----------------------|---------------------------------|
| Lunghezza di calcolo | $L = 1,55 \text{ m}$            |
| Interasse di calcolo | $i = 1,00 \text{ m}$            |
| Momento max (SLU)    | $M_{sd (+)} = 14,2 \text{ kNm}$ |
|                      | $M_{sd (-)} = 18,8 \text{ kNm}$ |
| Taglio max (SLU)     | $T_{sd} = 68 \text{ kN}$        |

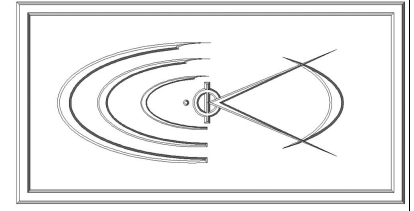
Ai fini della risoluzione delle verifiche, di seguito si riportano degli schemi di andamento delle sollecitazioni.



*Diagramma del momento – involucro*



*Diagramma del taglio - involucro*



Verifica C.A. S.L.U. - File: soletta

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

TITOLO : Verifica soletta

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1  | 100    | 16     |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1  | 7,7      | 5      |
| 2  | 7,7      | 11     |

Tipo Sezione  
☒ Rettan.re ☐ Trapezi  
☐ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.  
☐ DXF

Sollecitazioni  
 S.L.U. ☒ Metodo n ☐

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0 kNm

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

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali  
 B450C C32/40  
 $\epsilon_{su}$  67,5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391,3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3,5 ‰  
 $E_s$  200.000 N/mm²  $f_{cd}$  18,13 N/mm²  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0,8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1,957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  12,25 N/mm²  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0,7333  
 $\tau_{c1}$  2,114

M<sub>xRd</sub> -36,44 kNm  
 $\sigma_c$  -18,13 N/mm²  
 $\sigma_s$  391,3 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3,5 ‰  
 $\epsilon_s$  7,343 ‰  
 d 11 cm  
 x 3,551 x/d 0,3228  
 $\delta$  0,8435

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

Tipo flessione  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 M-curvatura  
☐ Precompresso

### DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

#### § 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo

Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo

 Coefficiente  $C_{Rd,c}$ 

Coefficiente k

 Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di  $l_{bd} + d$ 
 $V_{Ed}$  68 [kN]

si [-]

 $C_{Rd,c}$  0,12 [-]

k 2,15 [-]

2,00 [-]

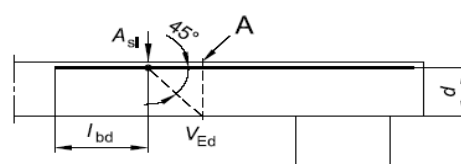
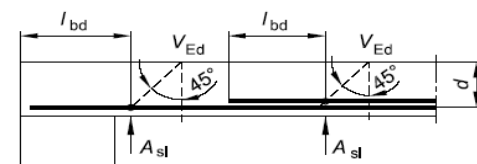
 $\rho_l$  0,01 [-]

0,01 [-]

 figura 6.3 Definizione di  $A_{sl}$  nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata



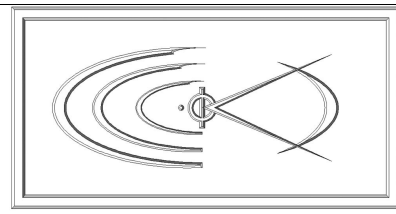
Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso

Resistenza minima del calcestruzzo teso

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**
 $V_{Rd,c}$  91,50 [kN]

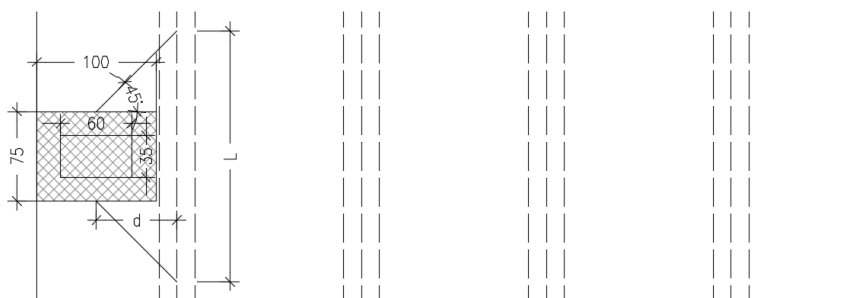
 $V_{Rd,min}$  84,00 [kN]

 $V_{Rd}$  **72,83 [kN]**



### 5.3 Verifica della soletta in calcestruzzo armato – sbalzo

Nella sezione di sbalzo, lo schema di riferimento è il seguente:



Si valuta il carico concentrato di intensità  $F/B$  agente sullo schema di trave continua di larghezza unitaria:

- Schema di carico 2: una impronta:  $(200 \text{ kN})/2,10\text{m} = 95,2 \text{ kN/m}$

#### AZIONI:

|                            |                              |                                    |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------------|
| Permanenti strutturali     | $G_1 = 5,00 \text{ kN/m}^2$  | (p.p. strutturale cautelativo)     |
| Permanenti non strutturali | $G_2 = 2,30 \text{ kN/m}^2$  | (pacchetto finitura)               |
| Accidentali Schema 2       | $Q_{2k} = 95,2 \text{ kN/m}$ | (concentrato su $L=1,00\text{m}$ ) |

Si effettuano le verifiche con lo schema di carico 2 in quanto dimensionante.

#### COMBINAZIONI DELLE AZIONI:

**S.L.U.** (comb. fondamentale)

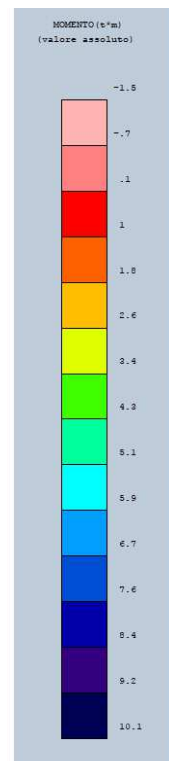
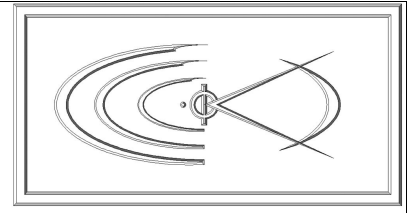
$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} q_{1k} = 10,2 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{1k} = \gamma_{Q1} Q_{1k} = 128,6 \text{ kN}$$

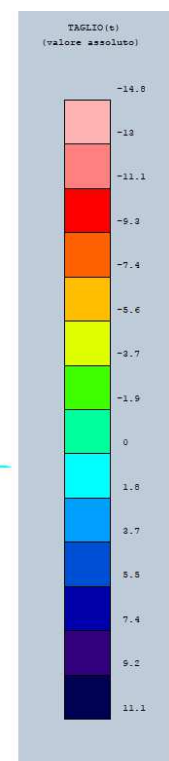
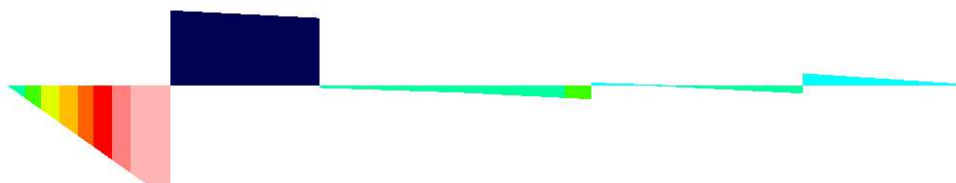
#### SOLLECITAZIONI DI CALCOLO:

|                      |                               |
|----------------------|-------------------------------|
| Lunghezza di calcolo | $L = 1,19 \text{ m}$          |
| Interasse di calcolo | $i = 1,00 \text{ m}$          |
| Momento max (SLU)    | $M_{sd(-)} = 101 \text{ kNm}$ |
| Taglio max (SLU)     | $T_{sd} = 148 \text{ kN}$     |

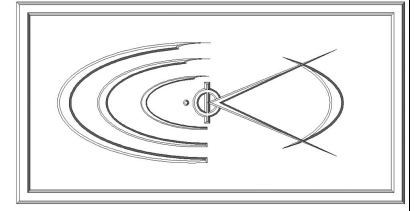
Ai fini della risoluzione delle verifiche, di seguito si riportano degli schemi di andamento delle sollecitazioni. Le verifiche verranno effettuate in maniera cautelativa.



*Diagramma del momento – involucro*



*Diagramma del taglio – involucro*



La soletta risulta armata con Ø14/20 superiori e Ø14/20 inferiori.

Verifica C.A. S.L.U. - File: sbalzo

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

TITOLO: Verifica sbalzo

N° figure elementari 1 Zoom N° strati barre 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] | N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|--------|--------|----|----------|--------|
| 1  | 100    | 40     | 1  | 7.70     | 5      |
|    |        |        | 2  | 7.7      | 15     |

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN M<sub>Ed</sub> 0 kNm M<sub>yEd</sub> 0

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

Tipo rottura Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M<sub>xRd</sub> -170.5 kNm

Materiali B450C C32/40

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> 18.13 N/mm² 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> 12.25 N/mm² σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0.7333 τ<sub>c1</sub> 2.114

σ<sub>c</sub> -18.13 N/mm² σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm² ε<sub>c</sub> 3.5 ‰ ε<sub>s</sub> 26.39 ‰ d 35 cm x 4.099 x/d 0.1171 ϕ 0.7

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. 100

Calcola MRd Dominio M-N

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

Precompresso

### DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA A TAGLIO DELLA SEZIONE

#### § 4.1.2.1.3.1 - ELEMENTI SENZA ARMATURE TRASVERSALI RESISTENTI A TAGLIO

Azione di Taglio sollecitante a Stato Limite Ultimo

Considerare o meno il contributo dell'armatura tesa nel calcolo

Coefficiente C<sub>Rd,c</sub>

Coefficiente k

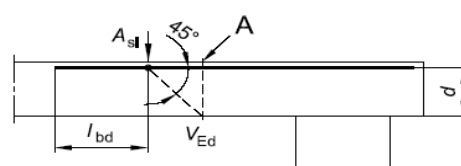
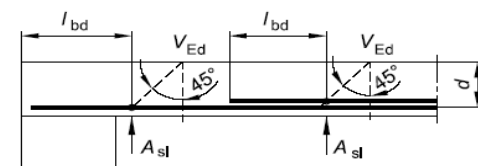
Rapporto geometrico d'armatura che si estende per non meno di l<sub>bd</sub> + d

|                   |      |      |
|-------------------|------|------|
| V <sub>Ed</sub>   | 148  | [kN] |
|                   | SI   | [-]  |
| C <sub>Rd,c</sub> | 0.12 | [-]  |
| k                 | 1.76 | [-]  |
|                   | 1.76 | [-]  |
| ρ <sub>l</sub>    | 0    | [-]  |
|                   | 0    | [-]  |

figura 6.3 Definizione di A<sub>sl</sub> nella espressione (6.2)

Legenda

A Sezione considerata

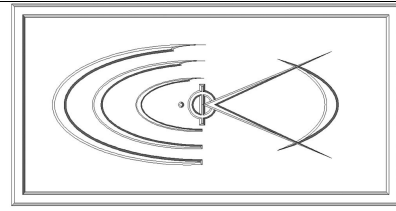


Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso

Resistenza minima del calcestruzzo teso

**Resistenza a taglio offerta dal calcestruzzo teso**

|                     |        |      |
|---------------------|--------|------|
| V <sub>Rd,c</sub>   | 141.33 | [kN] |
| V <sub>Rd,min</sub> | 161.24 | [kN] |
| V <sub>Rd</sub>     | 161.24 | [kN] |



## **6 Verifica delle selle**

Le selle Gerber verranno consolidate inserendo 1+1Ø24 aggiuntivi ogni trave; con i dati in nostro possesso non è possibile fare delle calcolazioni, ma a livello qualitativo si può affermare che l'intervento è sicuramente migliorativo.