

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO  
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa  
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)  
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)  
1° stralcio

**PROGETTO ESECUTIVO**

COD. AN58

PROGETTAZIONE:  
RAGGRUPPAMENTO  
TEMPORANEO PROGETTISTI

MANDATARIA:



MANDANTI:



**sinergo**

IL RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI  
SPECIALISTICHE:

*Ing. Riccardo Formichi – Società Pro Iter Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 18045*

IL GEOLOGO:

*Dott. Geol. Massimo Mezzanica – Società Pro Iter Srl  
Albo Geol. Lombardia n. A762*

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

*Ing. Massimo Mangini – Società Erre.via Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Varese n. 1502*

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO:

*Dott. ing. Vincenzo Catone*

PROTOCOLLO:

DATA:

IL PROGETTISTA:

*Ing. Alberto Rinaldi – Società Erre.via. Srl  
Ordine Ingegneri Provincia di Milano n. 16951*



**08 - INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE ESISTENTI**

**08.01 - PT.01 - PONTE USCITA LATO MARCHE GALLERIA GUINZA (CARR. DI VALLE)**

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO                      LIV. PROG.                      N. PROG. <b>L0702M</b> <b>E</b> <b>2101</b>		T00VI01STRRE01A.pdf		<b>A</b>	-
CODICE ELAB.		<b>T00VI01STRRE01</b>			
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	FEBBRAIO 2023	BONASIO	BONASIO	RINALDI
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

1.	PREMESSA.....	1
1.1	ESITI DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE SULLE PROPRIETÀ DEI MATERIALI ESISTENTI .....	1
1.1.1	<i>CALCESTRUZZO</i> .....	1
1.1.2	<i>ACCIAIO ARMATURE</i> .....	1
1.1.3	<i>ASSUNZIONI DI PROGETTO</i> .....	2
1.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
1.3	INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE .....	4
1.4	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	4
2.	PROGETTO CORDOLO LATERALE.....	5
2.1	MODELLO DI CALCOLO.....	7
2.2	VERIFICA .....	10
2.2.1	<i>VERIFICA A TAGLIO SOLETTA ESISTENTE</i> .....	10
2.2.2	<i>VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO NUOVA SOLETTA</i> .....	12
2.2.3	<i>VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO DEL CORDOLO</i> .....	14
3.	BANCHETTONE MURO DELLA SPALLA LATO MERCATELLO.....	17
3.1	AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DEI VEICOLI IN SVIO.....	17
3.2	GEOMETRIA E VERIFICHE DEL BANCHETTONE .....	19

Titolo relazione

---

**RTP di progettazione:**

**Mandataria:**

**Mandanti:**



## 1. PREMESSA

La presente relazione descrive il progetto esecutivo per l'adeguamento della Strada di Grande Comunicazione (S.G.C.) sull'itinerario internazionale E78 nel tratto Grosseto-Siena dal km 27.200 al km 30+040 – Lotto 4.

Il progetto prevede la realizzazione degli interventi per l'adeguamento funzionale del solo cordolo laterale lato valle e del suo prolungamento sulla spalla lato "Mercatello".

### 1.1 ESITI DELLA CAMPAGNA D'INDAGINE SULLE PROPRIETÀ DEI MATERIALI ESISTENTI

Le resistenze dei materiali ottenute dalla campagna d'indagine effettuata, volta al raggiungimento di un livello di conoscenza LC3 (FC = 1.00), vengono confrontate con quelle considerate in PD (livello LC1 e FC =1.35).

#### 1.1.1 CALCESTRUZZO

Dalle prove di laboratorio si sono ottenuti i seguenti valori di resistenza a compressione sulle carote in calcestruzzo prelevate dalla soletta d'impalcato.

PROVA	ELEMENTO INDAGATO	DATA PRELIEVO	DIMENSIONI		SEZIONE (cm <sup>2</sup> )	PESO (kg)	MASSA VOLUMICA (kg/m <sup>3</sup> )	TIPO DI ROTTURA	RESISTENZA A COMPRESSIONE - Rc (N/mm <sup>2</sup> )
			D (mm)	H (mm)					
PC1	Soletta	27/07/2022	94,5	94,7	70,14	1,391	2094,2	Bipiramidale	26,6
PC2	Soletta	27/07/2022	94,4	94,4	69,99	1,393	2108,4	Sfaldamento Piramidale	26,0
PC3	Soletta	27/07/2022	94,3	94,5	69,84	1,332	2018,2	Bipiramidale	23,8

La media dei risultati vale  $f_{ck} = (26.6+26+23.8)/3 = 25.5\text{MPa}$

#### 1.1.2 ACCIAIO ARMATURE

Dalle prove di laboratorio si sono ottenuti i seguenti valori di resistenza a trazione sulle barre d'armatura prelevate dalla soletta d'impalcato e dai traversi.

PROVA	ELEMENTO INDAGATO	DATA PRELIEVO	DIAMETRO (mm)	SEZIONE (So) (mm <sup>2</sup> )	Temp. (°C)	Re H (N/mm <sup>2</sup> )	Re L (N/mm <sup>2</sup> )	Rm (N/mm <sup>2</sup> )	ALLUNG. (%)
PA1	Soletta	27/07/2022	11,94	111,90	Amb	551,60	543,00	649,10	23,06
PA2	Soletta	27/07/2022	11,96	112,20	Amb	545,00	537,10	639,40	23,80
PA3	Traverso	27/07/2022	13,89	151,40	Amb	540,10	529,90	635,60	22,98
PA4	Traverso	27/07/2022	13,91	151,80	Amb	533,20	524,00	630,60	23,07

La media dei risultati vale  $f_{yk} = (551.6+545+540.1+533.2)/4 = 542.5\text{MPa}$

### **1.1.3 ASSUNZIONI DI PROGETTO**

Confrontando la resistenza cilindrica del calcestruzzo ottenuta (25.5Mpa) con quella considerata in PD nelle verifiche della soletta esistente ( $28/1.35 = 20.7$  Mpa), e tenuto conto del coefficiente di sfruttamento a taglio rilevato in PD (168%), si conferma la scelta di PD di demolire e ricostituire la porzione terminale di soletta direttamente interessata dall'installazione della nuova barriera.

Di seguito si ripropongono dunque le analisi e le verifiche di PD, ancora valide.

## 1.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il progetto è stato eseguito nel rispetto della normativa tecnica vigente, e in particolare delle seguenti normative:

- ◆ Legge 5/11/1981 n. 1086: “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale, precompresso ed a struttura metallica”.
- ◆ Legge 2 febbraio 1974 n. 64: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- ◆ D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”.
- ◆ CIRCOLARE 21 Gennaio 2019 n° 7/C.S.LL.PP. – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17.01.2018.

### 1.3 INQUADRAMENTO DEGLI INTERVENTI NELL'AMBITO NORMATIVO VIGENTE

L'intervento descritto nella presente relazione è progettato secondo la vigente normativa e più precisamente è disciplinato dal capitolo 8 "Costruzioni esistenti" delle NTC2018: nel caso specifico la categoria di interventi in cui ricade il ponte è quella di cui al paragrafo 8.4.1 "Riparazione o intervento locale" in quanto lo stato di fatto delle opere comporta l'effettuazione di interventi locali, che non prevedono sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e non comportano una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.

### 1.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### Calcestruzzo NUOVO CORDOLO E SOLETTA

- Classe di resistenza: C30/37
- Classe di esposizione: XC4 + XD1
- Classe di consistenza: S5
- Diametro massimo dell'aggregato: 25mm

#### Calcestruzzo BANCHETTONE cordolo e soletta

- Classe di resistenza: C30/37
- Classe di esposizione: XC4 + XD1
- Classe di consistenza: S5
- Diametro massimo dell'aggregato: 25mm

#### Calcestruzzo BANCHETTONE getto di base

- Classe di resistenza: C20/25

#### Acciaio in tondi ad aderenza migliorata per armatura lenta

- Acciaio B450C.

#### CALCESTRUZZO e ACCIAIO per SOLETTA E CORDOLO ESISTENTE:

##### Calcestruzzo soletta

- Classe di resistenza: C28/35

##### Calcestruzzo cordolo

- Classe di resistenza: C25/30

##### Acciaio

- Acciaio FeB 44 k.

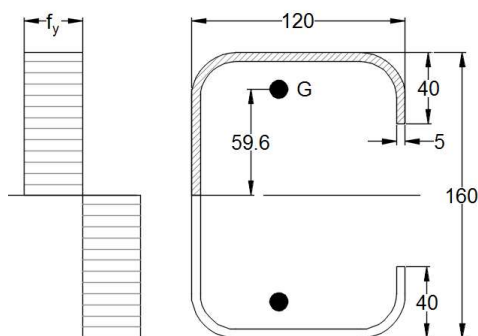
Si farà riferimento ad un livello di conoscenza LC=1 (FC=1.35).

## 2. PROGETTO CORDOLO LATERALE

Considerato che l'interasse tra i montanti della barriera è di 1500 mm, nella procedura di progettazione del cordolo, si considera collaborante al trasferimento del carico generato dall'urto, una porzione di cordolo pari al massimo all'interasse tra i montanti.

Montante 160x120x40 di spessore 5mm

Tipo Acciaio S275 JR



Calcolo Momento plastico

Area 1053 mmq

Dg 59.6 mm

Mpla 34.52 kNm

Il momento plastico è relativo alla sezione a C filante. In prossimità del piede la barriera ha un ulteriore irrigidimento tale da imporre ai fini della ricerca del valore plastico il seguente calcolo:

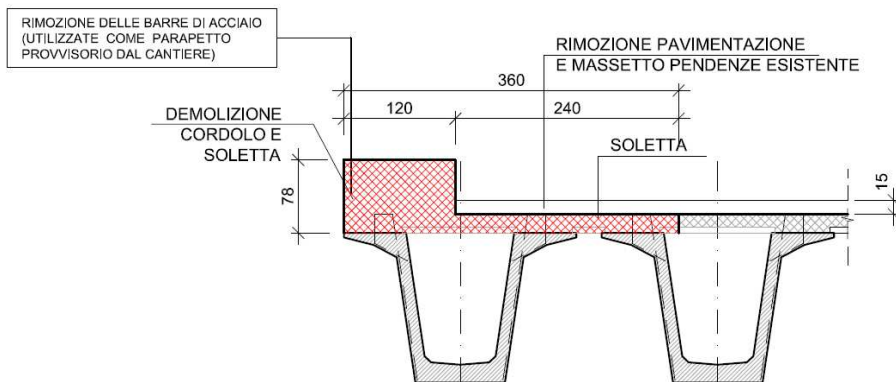
$B1 = 0.77 \text{ m}; \quad B2 = 0.985 \text{ m};$

$Fed = M_{plas} / B1 = 34.52 / 0.77 = 44.83 \text{ kN}$

$Med, \text{urto} = 44.16 \text{ kNm}$

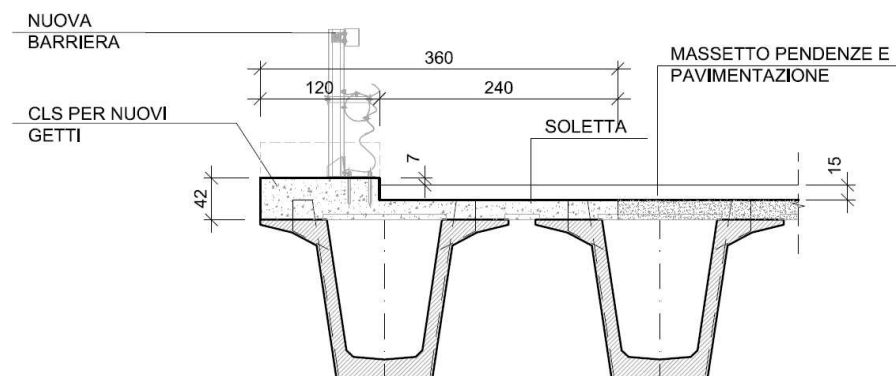
In progetto si prevede la demolizione di:

- Rimozione rete di protezione;
- Pavimentazione per l'intera larghezza dell'intervento;
- Cordolo esistente di dimensioni 0.78x1.20m con tutela delle armature della soletta e della trave in cap;
- Soletta esistente per L=3.6m;



Le nuove opere previste consistono in:

- Realizzazione del nuovo cordolo di dimensioni 0.22x1.20m, della soletta 0.2x3.6m e chiusura getto con malta R4 dell'estradosso della soletta;
- Installazione barriere di progetto (H3BP tripla onda);
- Ripristino pavimentazione per l'intera larghezza dell'intervento.





## 2.1 MODELLO DI CALCOLO

Per il calcolo delle sollecitazioni della soletta interessata dal cordolo si assume, conservativamente, quelle peggiori scaturite dal modello di trave doppiamente incastrata e appoggiata.

Le azioni applicate ai modelli di trave doppiamente incastrata e appoggiata sono:

- Pes permanenti della soletta e del cordolo in c.a.;
- Forza e momento dovuti all'azione d'urto;
- Forze dovute all'azione variabile da traffico dello schema di carico 2.

Calcolo della diffusione del carico per l'azione d'urto:

$$d_{urto}=0.3+2*0.22+0.1=0.94m$$

Calcolo della diffusione del carico per l'azione da traffico dello schema di carico 2:

$$d_{traffico}=0.35+2*0.15+0.1=0.85m$$

Calcolo della forza e momento dovuti all'azione d'urto su una profondità di 1m:

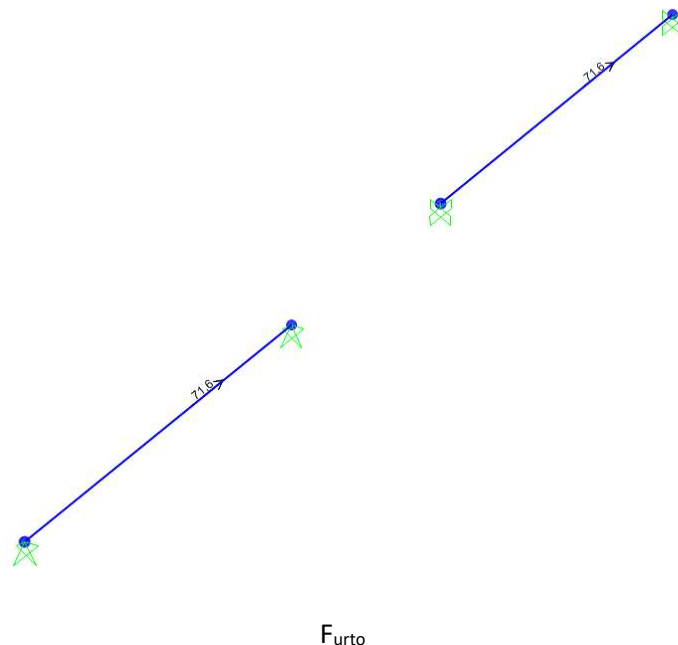
$$H_{urto}=1+0.15+0.2/2=1.25m$$

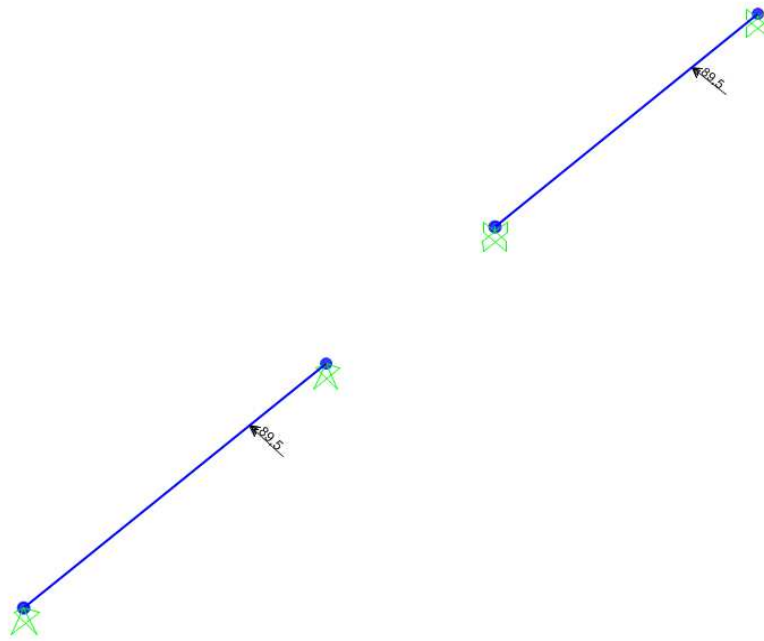
$$F_{urto}=44.83kN*1.5/0.94m=71.6kN/m$$

$$M_{urto}=44.83kN*1.5*1.25m/0.94m=89.5kNm/m$$

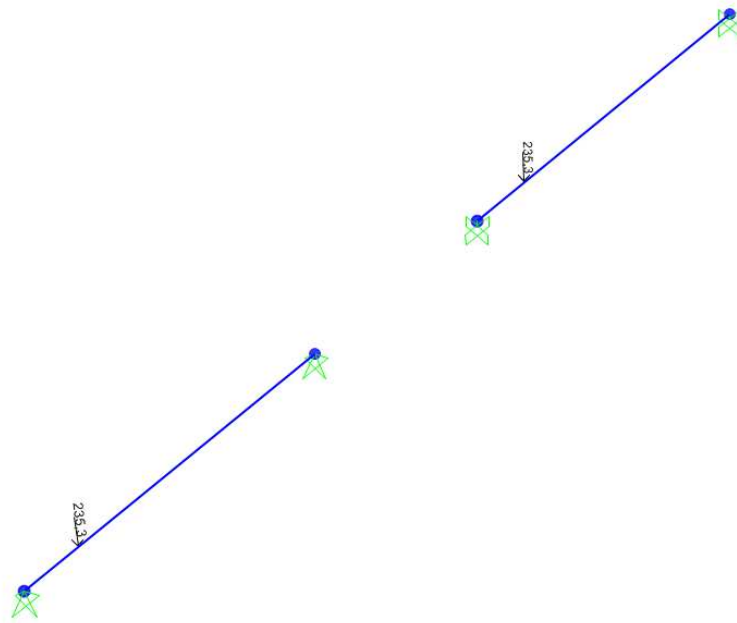
Calcolo della forza e momento dovuti all'azione da traffico dello schema di carico 2 su una profondità di 1m:

$$F_{traffico}=200kN/0.85m=235.3kN/m$$



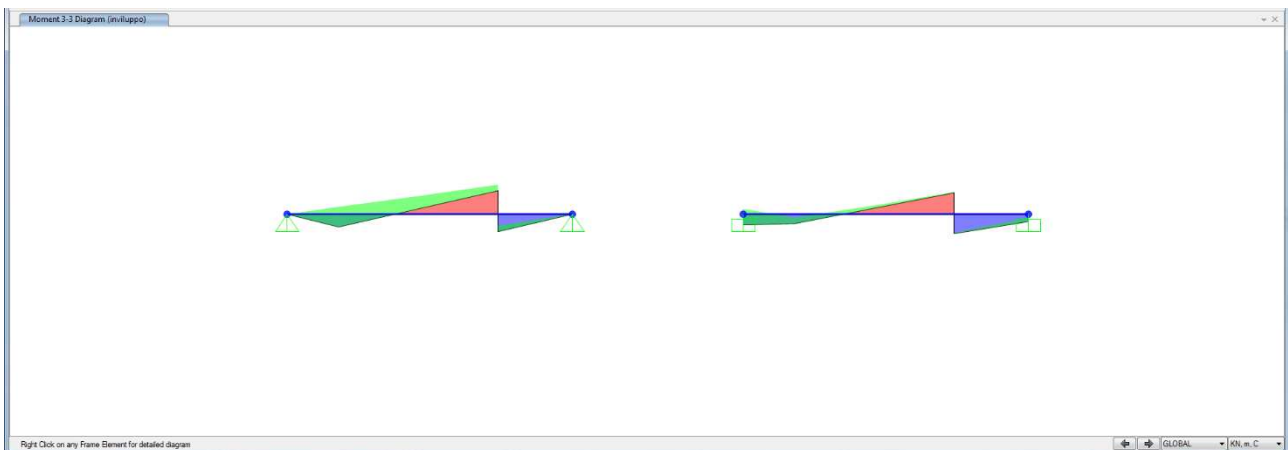
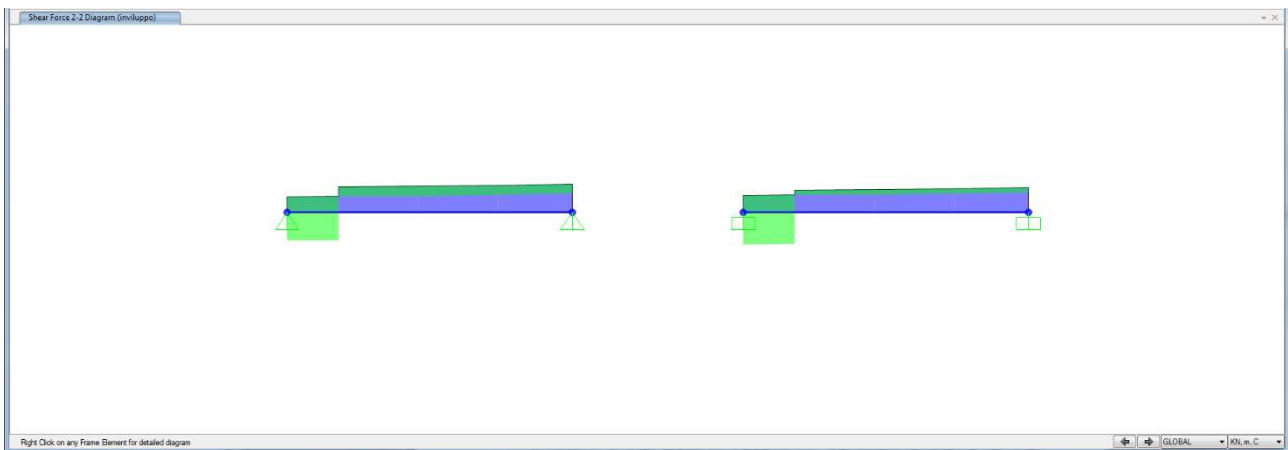
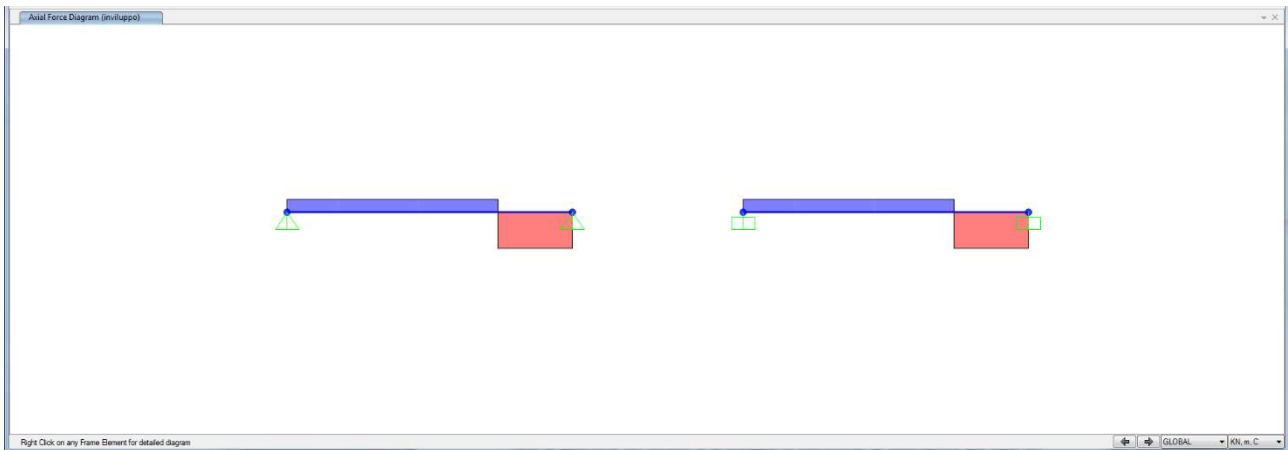


$M_{urto}$



$F_{traffico}$

Si riportano l'involuppo delle sollecitazioni di sforzo assiale, taglio e momento per entrambi i modelli:



Per le verifiche che seguiranno saranno considerate le sezioni più sollecitate:

- Per la verifica a taglio si considera la sezione  $x=0\text{m}$  della trave incastrata con  $V=141\text{kN}$ ;
- Per la verifica a flessione per momento negativo si considera la sezione  $x=0.925\text{m}$  della trave appoggiata con  $M=-64.5\text{kNm}$  combinato con una  $N$  di trazione pari a  $19\text{kN}$ ;
- Per la verifica a flessione per momento positivo si considera la sezione  $x=0.926\text{m}$  della trave incastrata con  $M=43.5\text{kNm}$  combinato con una  $N$  di compressione che si assume conservativamente nulla.

## 2.2 VERIFICA

### 2.2.1 VERIFICA A TAGLIO SOLETTA ESISTENTE

Si riporta di seguito la verifica a taglio della soletta esistente assumendo per la stessa una classe di calcestruzzo C28/35 come da risultanze della documentazione di progetto dell'epoca.

L'armatura tesa è costituita da ferri  $\Phi 14/20\text{cm}$  di classe FeB 44 k come da risultanze della documentazione di progetto dell'epoca.

Il fattore di confidenza da utilizzare è  $FC = 1.35$ .

Trattandosi di una verifica per azioni eccezionali, i coefficienti parziali dei materiali sono posti unitari.

La sezione di verifica, avendo la soletta altezza complessiva di  $20\text{ cm}$ , è assunta con altezza resistente pari a  $16\text{ cm}$ , avendo detratto uno spessore minimo delle lastre prefabbricate di "tappo" non collaboranti di  $4\text{ cm}$ .

## DATI SEZIONE RETTANGOLARE

GEOMETRIA DELLA SEZIONE		MATERIALI:	
Base sezione: b=	1000 mm	<b>CALCESTRUZZO</b>	
Altezza sezione: h =	160 mm	Classe cls	<b>C28/35</b>
Copriferro: c =	40 mm	fck	28 Mpa
<b>DATI ARMATURA</b>		fcd	18 Mpa
		$\gamma_c$	<b>1,35</b>
<b>Armatura Longitudinale</b>		<b>ACCIAIO</b>	
Diametro armatura tesa=	14 mm	fyk	<b>430 Mpa</b>
N° barre tese =	5	fyd	319 Mpa
Diametro armatura compressa =	16 mm	$\gamma_s$	<b>1,35</b>
N° barre compresse =	0		
<b>Armatura Trasversale</b>		<b>AZIONI</b>	
Diametro armatura a Taglio (// alla sezione)=	10 mm	N <sub>Ed</sub> =	<b>0,00 kN</b>
Passo armatura a Taglio=	200 mm	V=	<b>141,00 kN</b>
N° bracci delle staffe=	0	$\gamma_{Rd}$ =	<b>1,00</b>
Inclinazione staffe : $\alpha$ =	90 °	V <sub>Ed</sub> = V * $\gamma_{Rd}$ =	<b>141,00 kN</b>
Inclinazione puntone : $\theta$ =	45 °		
<b>VERIFICA A TAGLIO (4.1.2.1.3.1/2 DM_14/01/2018)</b>			
<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>	<b>V<sub>Rd</sub></b>		<b>83,79 kN</b>
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		<b>OCCORRE ARMATURA A TAGLIO</b>	

V<sub>rd</sub> = 83.8 kN < V<sub>sd</sub> = 141 kN → non verificato

Considerato che la verifica della soletta esistente non risulta soddisfatta, si prescrive la demolizione della stessa in corrispondenza della trave di bordo ed il getto di una nuova soletta di pari geometria con cls di classe C30/37.

Nei successivi paragrafi si riportano le verifiche a flessione e taglio della nuova porzione d'opera.

### 2.2.2 VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO NUOVA SOLETTA

La nuova soletta viene gettata con cls di classe C30/37, prevedendo la sostituzione delle lastre prefabbricate esistenti (“tappi”) con nuovi elementi dotati di appositi inserti per il posizionamento lastre con estradosso coincidente col lembo superiore della trave, in maniera tale da ottenere una sezione resistente della soletta di 20 cm.

Si dispongono superiormente ed inferiormente ferri  $\Phi 16/20$  cm.

Trattandosi di una verifica per azioni eccezionali, i coefficienti parziali dei materiali sono posti unitari.

#### Verifica a momento negativo

**Verifica C.A. S.L.U. - File: ver fless\_nuova soletta**

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

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

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

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	10.05	4.5
			2	10.05	15.5

**Tipologia Sezione:**  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

**Sollecitazioni:**  
 S.L.U. Metodo n  
 N<sub>Ed</sub>: -19 kN  
 M<sub>xEd</sub>: 64.5 kNm  
 M<sub>yEd</sub>: 0 kNm

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

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

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

**Tipologia flessione:**  
 Retta  Deviata

**Materiali:**  
 B450C C30/37  
 ε<sub>su</sub>: 67.5 ‰ ε<sub>c2</sub>: 2 ‰  
 f<sub>yd</sub>: 450 N/mm² ε<sub>cu</sub>: 3.5 ‰  
 E<sub>s</sub>: 200\*000 N/mm² f<sub>cd</sub>: 25.5 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>: 2.25 ‰ σ<sub>c,adm</sub>: 11.5 N/mm²  
 σ<sub>s,adm</sub>: 255 N/mm² τ<sub>co</sub>: 0.6933  
 τ<sub>c1</sub>: 2.029

**Calcoli:**  
 M<sub>xRd</sub>: -70.06 kNm  
 σ<sub>c</sub>: -25.5 N/mm²  
 σ<sub>s</sub>: 450 N/mm²  
 ε<sub>c</sub>: 3.5 ‰  
 ε<sub>s</sub>: 12.87 ‰  
 d: 15.5 cm  
 x: 3.315 x/d: 0.2139  
 δ: 0.7073

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

$M_{rd} = 70.0 \text{ kNm} > M_{sd} = 64.5 \text{ kNm} \rightarrow$  verificato

Verifica a momento positivo

Verifica C.A. S.L.U. - File: ver fless\_nuova soletta

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

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

N° figure elementari  Zoom N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4.5
2	10.05	15.5

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

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

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

**Materiali**  
 B450C  C30/37  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  450 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200'000 N/mm²  $f_{cd}$  25.5 ‰  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  2.25 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11.5  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6933  
 $\tau_{c1}$  2.029

**Lato calcestruzzo - Acciaio snervato**  
 $M_{xRd}$  71.24 kN m  
 $\sigma_c$  -25.5 N/mm²  
 $\sigma_s$  450 N/mm²  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  12.68 ‰  
 d 15.5 cm  
 x 3.354 x/d 0.2164  
 $\delta$  0.7105

**Calcola MRd** **Dominio M-N**  
 $L_0$   cm **Col. modello**  
 Precompresso

$M_{rd} = 71.2 \text{ kNm} > M_{sd} = 43.5 \text{ kNm} \rightarrow$  verificato

Verifica a taglio

<b>DATI SEZIONE RETTANGOLARE</b>			
<b>GEOMETRIA DELLA SEZIONE</b>		<b>MATERIALI:</b>	
Base sezione: b=	1000 mm	<b>CALCESTRUZZO</b>	
Altezza sezione: h =	200 mm	Classe cls	<b>C30/37</b>
Copriferro: c =	45 mm	fck	30 Mpa
<b>DATI ARMATURA</b>		fcd	25,5 Mpa
		$\gamma_c$	<b>1</b>
		<b>ACCIAIO</b>	
<b>Armatura Longitudinale</b>		fyk	<b>450 Mpa</b>
Diametro armatura tesa=	16 mm	fyd	450 Mpa
N° barre tese =	5	$\gamma_s$	<b>1</b>
Diametro armatura compressa =	16 mm		
N° barre compresse =	0		
<b>Armatura Trasversale</b>		<b>AZIONI</b>	
Diametro armatura a Taglio (// alla sezione)=	8 mm	N <sub>Ed</sub> =	<b>0,00 kN</b>
Passo armatura a Taglio=	200 mm	V=	<b>141,00 kN</b>
N° bracci delle staffe=	0,0	$\gamma_{Rd}$ =	<b>1,00</b>
Inclinazione staffe : $\alpha$ =	90 °	V <sub>Ed</sub> = V * $\gamma_{Rd}$ =	<b>141,00 kN</b>
Inclinazione puntone : $\theta$ =	45 °		
<b>VERIFICA A TAGLIO (4.1.2.1.3.1/2 DM_14/01/2018)</b>			
<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>		V <sub>Rd</sub>	<b>150,06 kN</b>
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$			<b>NON NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>

V<sub>rd</sub> = 150.06 kN > V<sub>sd</sub> = 141 kN → verificato

**2.2.3 VERIFICHE A FLESSIONE E TAGLIO DEL CORDOLO**

Nel seguito si riportano le verifiche relative alla sezione di interfaccia cordolo-soletta, sollecitata a taglio e flessione per effetto dell'urto del veicolo in svio:

V<sub>sd</sub> = 67.24 kN

M<sub>sd</sub> = V<sub>sd</sub> x h = 67.24 x 1.15 = 77.33 kNm

h = 100 cm + 15 cm = 115 cm (quota di applicazione della forza d'urto rispetto alla sezione di attacco cordolo-soletta)



Avendo la piastra di base del montante una larghezza di 30 cm, e diffondendo verticalmente a 45° sino alla quota di estradosso soletta ( $h_{\text{cordolo}} = 22$  cm), si individua una larghezza reagente pari a:

$$B = 30 + 2 \times 22 = 74 \text{ cm}$$

Le sollecitazioni per metro lineare di cordolo risultano quindi:

$$V_{sd} = 67.24 / 0.74 = 90.9 \text{ kN}$$

$$M_{sd} = V_{sd} \times h = 90.86 \times 1.15 = 104.5 \text{ kNm}$$

Essendo il cordolo armato con staffe  $\Phi 12/10$  cm, si verifica a flessione una sezione  $b \times h = 100 \times 120$  cm con un'armatura costituita da 10  $\Phi 12$ :

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

- Titolo:** Empty text field.
- N° strati barre:** 1
- Section Data Table:**

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	11.31	115
- Materiali:**
  - B450C:**  $\epsilon_{su} = 67.5$ ‰,  $f_{yd} = 450$  N/mm²,  $E_s = 200'000$  N/mm²,  $\epsilon_{s/E_c} = 15$ ,  $\epsilon_{syd} = 2.25$ ‰,  $\sigma_{s,adm} = 255$  N/mm².
  - C30/37:**  $\epsilon_{c2} = 2$ ‰,  $\epsilon_{cu} = 3.5$ ,  $f_{cd} = 25.5$ ,  $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$ ,  $\sigma_{c,adm} = 11.5$ ,  $\tau_{co} = 0.6933$ ,  $\tau_{c1} = 2.029$ .
- Section Type:** Rettan.re (selected), Trapezi, a T, Circolare, Rettangoli, Coord.
- Application Point:** Centro (selected), Baricentro cls, Coord.[cm].
- Calculation Method:** S.L.U.+ (selected), S.L.U.-, Metodo n.
- Flexion Type:** Retta (selected), Deviata.
- Results:**
  - $M_{xRd} = 579.2$  kN m
  - $\sigma_c = -25.36$  N/mm²
  - $\sigma_s = 450$  N/mm²
  - $\epsilon_c = 1.853$ ‰
  - $\epsilon_s = 67.5$ ‰
  - $d = 115$  cm
  - $x = 3.072$ ,  $x/d = 0.02672$
  - $\delta = 0.7$
- Buttons:** Calcola MRd, Dominio M-N, L<sub>0</sub> 0 cm, Col. modello, Precompresso.

$M_{rd} = 579.2 \text{ kNm} > M_{sd} = 104.5 \text{ kNm}$  → verificato

Si riporta di seguito la verifica a taglio della medesima sezione:

Relazione tecnica e di calcolo

GEOMETRIA DELLA SEZIONE		MATERIALI:	
Base sezione: b=	1000 mm	<b>CALCESTRUZZO</b>	
Altezza sezione: h =	1200 mm	Classe cls	<b>C30/37</b>
Copriferro: c =	50 mm	fck	30 Mpa
<b>DATI ARMATURA</b>		fcd	25.5 Mpa
		$\gamma_c$	<b>1</b>
		<b>ARMATURA LONGITUDINALE</b>	
Diametro armatura tesa=	16 mm	<b>ACCIAIO</b>	
N° barre tese =	0	fyk	<b>450 Mpa</b>
Diametro armatura compressa =	16 mm	fyd	450 Mpa
N° barre compresse =	0	$\gamma_s$	<b>1</b>
<b>ARMATURA TRASVERSALE</b>		<b>AZIONI</b>	
Diametro armatura a Taglio (// alla sezione)=	8 mm	<b>N<sub>Ed</sub>=</b>	<b>0.00 kN</b>
Passo armatura a Taglio=	200 mm	<b>V=</b>	<b>90.90 kN</b>
N° bracci delle staffe=	0.0	<b><math>\gamma_{Rd}</math>=</b>	<b>1.00</b>
Inclinazione staffe : $\alpha$ =	90 °	<b>V<sub>Ed</sub> = V * <math>\gamma_{Rd}</math> =</b>	<b>90.90 kN</b>
Inclinazione puntone : $\theta$ =	45 °		
<b>VERIFICA A TAGLIO (4.1.2.1.3.1/2 DM_14/01/2018)</b>			
<b>Resistenza sezioni non armate a taglio</b>		<b>V<sub>Rd</sub></b>	<b>371.87 kN</b>
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		<b>NON NECESSITA ARMATURA A TAGLIO</b>	

$V_{rd} = 371.9 \text{ kN} > V_{sd} = 90.9 \text{ kN} \rightarrow$  verificato

Verifiche tensionali sulle staffe (tratto emergente nella soletta) ipotizzando la presenza di staffe f12/10 per il trasferimento delle trazioni dai tirafondi alle staffe stesse

Pertanto per quanto riguarda le verifiche lato cls si è proceduto a determinare la rottura del cls per taglio laterale e a determinare le azioni di trazione da trasferire alle staffe presenti nel cono di rottura per trazione.

In sintesi:

$$V_{ed} = 1.5 \times 44.83 = 67.24 \text{ kN ( agente cautelativamente su soli due bulloni);}$$

$$N_{trazione} = 1.5 \times M_{plast} / b = 1.5 \times 44.83 / 0.19 = 353.92 \text{ kN}$$

### Trazione sulle staffe

Ipotizzando una coppia di tirafondi M24 di lunghezza pari a 250mm risulta che:

- $F/A = 35392 / 2 / 4.54 / 1 = 3897 \text{ kg/cm}^2$ ;
- Le staffe coinvolte nel cono di rottura sono:

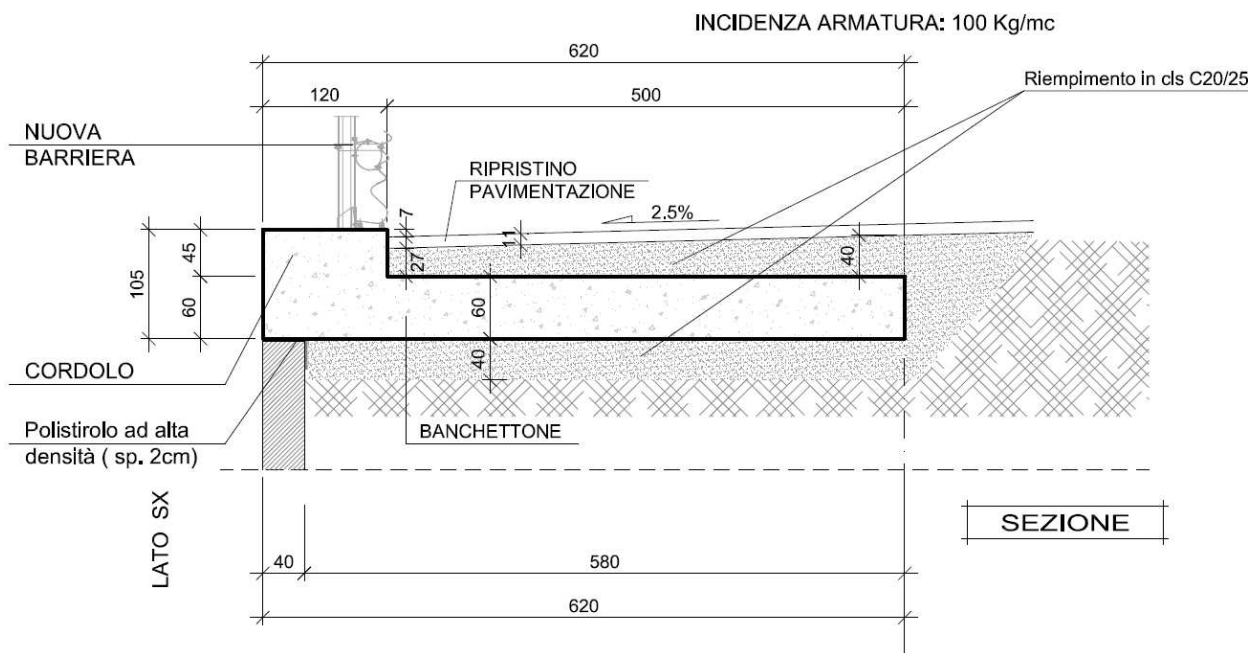
$$N = 5 \text{ ( staffe } \Phi 12/10 \text{ )}$$

Si ha quindi =

$$F/A = 35392 / 2 / 5 / 1.14 = 3104 \text{ kg/cm}^2.$$

### 3. BANCHETTONE MURO DELLA SPALLA LATO MERCATELLO

Si riportano le verifiche geotecniche del cordolo sul muro a bandiera della spalla lato “Mercatello”. L’ intervento ha uno sviluppo di 8,50m.



L' INTERVENTO E' PREVISTO PER UNA LUNGHEZZA DI 8.50 m

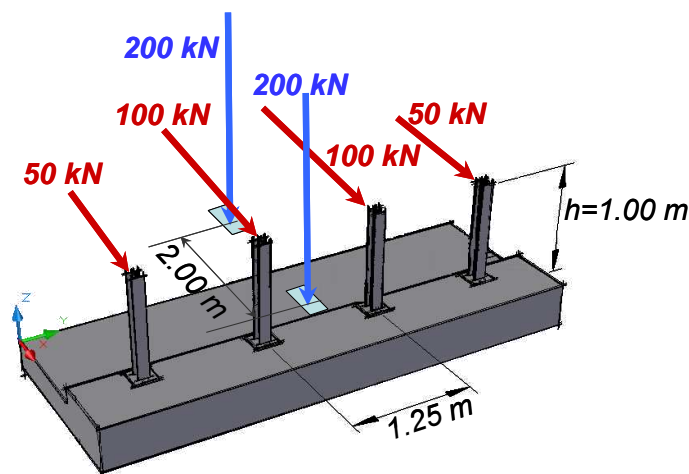
#### 3.1 AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DEI VEICOLI IN SVIO

In assenza di maggiori elementi di conoscenza, provenienti da risultanze sperimentali e conseguenti valutazioni teoriche, specifiche per la tipologia di barriere prevista in progetto e per le condizioni locali di installazione, nel progetto strutturale si deve tener conto delle forze causate da collisioni sugli elementi di sicurezza attraverso il seguente **sistema di forze equivalenti**:

**Forze trasversali:** si assumono quattro forze orizzontali in corrispondenza dei montanti della barriera, la cui interdistanza è stabilita in 1.25 m; le due forze applicate ai paletti di estremità della zona considerata sono pari a 50kN e le altre due, applicate ai montanti interni, sono pari a 100kN. Tutte le forze agiscono trasversalmente ad un'altezza di 1.00 m dal piano viabile e sono dirette verso l'esterno dell'impalcato.

**Carichi verticali:** oltre al peso proprio della struttura, si considera lo Schema di Carico 2 previsto nelle NTC e costituito da due impronte di carico di dimensioni 0.35 x 0.60 m su ciascuna delle quali è applicata una forza di 200 kN; le impronte sono collocate longitudinalmente in mezzzeria della zona di impalcato interessata dall'applicazione del suindicato carico orizzontale e trasversalmente una è posta all'estremità della piattaforma stradale mentre l'altra è distante 2.00 m da essa.

Lo schema di carico equivalente sopra descritto può pertanto rappresentarsi come mostrato nella figura successiva.



**Sistema di forze equivalenti per condizioni di progetto ordinarie.**

Lo schema della figura precedente risulta idoneo a rappresentare le azioni equivalenti alle forze di collisione, riferite a condizioni ordinarie della strada e delle barriere, con particolare riferimento alle connessioni tra queste e la struttura.

Le azioni orizzontali equivalenti all'urto sono azioni a carattere eccezionale e pertanto, ai sensi delle vigenti NTC 2018, comportano coefficienti parziali unitari sui materiali.

Nel caso specifico non sarà considerata l'azione stabilizzante dei carichi verticali dovuti ai veicoli viaggianti.

### 3.2 GEOMETRIA E VERIFICHE DEL BANCHETTONE

ELEMENTI			
<b>GEOMETRIA LONGITUDINALE</b>			
strada in esercizio? (0=no; 1=si)			0
lunghezza intervento (LONGITUD.)	$L_{\text{intervento}}$	=	8,50 m
larghezza minima banchettone di estremità	$L_{\text{intervento}}$	=	8,38 m
<b>SOLETTA E CORDOLO</b>			
spessore soletta	$H_{\text{sol}}$	=	0,60 m
estensione della soletta oltre il filo interno cordolo	$B_{\text{sol}}$	=	5,00 m
altezza cordolo sopra la soletta	$H_{\text{cor}}$	=	0,45 m
larghezza cordolo	$B_{\text{cor}}$	=	1,20 m
distanza estradosso pavimentazione-estradosso cordolo	$d_{\text{pav-cor}}$	=	0,07 m
altezza totale (soletta+cordolo)	$H_{\text{tot}}$	=	1,05 m
larghezza totale intervento (cordolo+soletta)	$B_{\text{tot}}$	=	6,20 m
<b>PAVIMENTAZIONE</b>			
spessore pavimentazione	$H_{\text{pav}}$	=	0,38 m
larghezza pavimentazione	$B_{\text{pav}}$	=	5,00 m
<b>CLS STRUTTURALE NON ARMATO (STRATO DI BASE)</b>			
spessore cls (di calcolo)	$H_{\text{cls,calc}}$	=	0,40 m
spessore cls (effettivo in elaborato)	$H_{\text{cls,eff}}$	=	0,45 m
estensione magrone oltre filo interno soletta	$d_{\text{cls-sol}}$	=	0,05 m
larghezza calcestruzzo (strato di base)	$B_{\text{cls}}$	=	5,85 m
			valore fisso (valore minimo 5cm per la cassaforma per il getto)
<b>MURO ESISTENTE</b>			
muro esistente presente? (0=no; 1=si)			1
spessore medio in testa	$B_{\text{mur,m}}$	=	0,40 m
distanza filo esterno muro-filo esterno cordolo	$d_{\text{mur-cor}}$	=	0,00 m
			positivo verso l'interno

Progetto Esecutivo

**CARATTERISTICHE TERRENO**

tipo di terreno di fondazione		rilevato	
angolo di attrito	$\phi$	=	32 gradi
angolo di attrito ridotto	$\phi_{RID} (2/3\phi)$	=	21 gradi
pendenza terreno per scavo di cantiere	$s_{scavo}$	=	45 gradi

tra fondazione in cls e terreno  
1 su 1

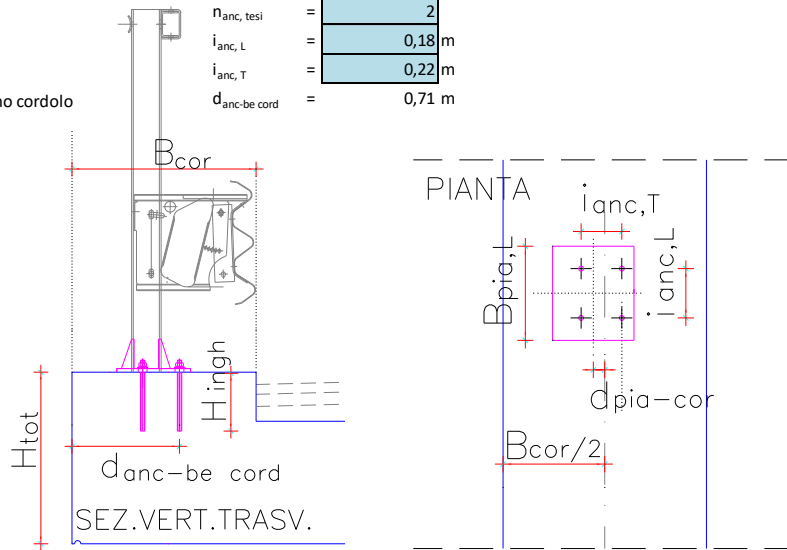
**MATERIALI**

calcestruzzo getti in c.a. (soletta e cordolo)		C30/37	
classe di esposizione		XC4 XD1	
tensione caratteristica di rottura	$f_{ck}$	=	30 N/mm <sup>2</sup>
calcestruzzo getto di base		C20/25	cls strutturale non armato
classe di esposizione		XC2	??
acciaio per c.a.		B450C	
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	=	450 N/mm <sup>2</sup>
modulo elastico acciaio	$E_y$	=	200000 N/mm <sup>2</sup>
peso specifico c.a.	$\gamma_{cls}$	=	25,00 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico magrone-cls strutturale non armato C16/20	$\gamma_{cls}$	=	24,00 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico pavimentazione	$\gamma_{pav}$	=	20,50 kN/m <sup>3</sup>
peso specifico terreno rilevato	$\gamma_{ril}$	=	19,00 kN/m <sup>3</sup>

**BARRIERA**

dati fissi

interasse montanti (longitudinale)	$i_{mon,L}$	=	1,25 m	per direzione longitudinale si intende nel verso di marcia
larghezza piastra di base (longitudinale)	$B_{p,L}$	=	0,25 m	
distanza asse piastra di base da asse cordolo (trasversale)	$d_{pia-cor}$	=	0,00 m	positiva, verso l'interno cordolo; negativa, verso l'esterno
numero ancoraggi	$n_{anc}$	=	4	
profondità di inghisaggio degli ancoraggi della barriera	$H_{ingh}$	=	0,25 m	
numero ancoraggi tesi	$n_{anc,tesi}$	=	2	
interasse longitudinale ancoraggi	$i_{anc,L}$	=	0,18 m	
interasse trasversale ancoraggi	$i_{anc,T}$	=	0,22 m	
distanza asse ancoraggi tesi-bordo esterno cordolo	$d_{anc-be cord}$	=	0,71 m	



Progetto Esecutivo

**ARMATURA SOLETTA E CORDOLO**

copriferro armatura superiore soletta	$C_{copr}$	=	0,040	m
angolo di diffusione nel calcestruzzo	$\alpha_{ion}$	=	45	gradi

**armatura longitudinale**

diametro barra tipo 1	$\varnothing_{arm,1}$	=	20	mm
passo delle barre sup. in soletta	$p_{arm,sup1}$	=	20	cm
diametro barra tipo 2	$\varnothing_{arm,2}$	=	0	mm
passo delle barre sup. in soletta	$p_{arm,sup2}$	=	0	cm

**staffe**

diametro staffa tipo 1	$\varnothing_{arm,1}$	=	12	mm
passo delle staffe nel cordolo	$p_{st, cord}$	=	10	cm
numero braccia per staffa	$n_{br,1st}$	=	2	
numero braccia resistenti alla trazione	$n_{br,1res}$	=	2	

**AZIONI**

numero vettori	$n_{vett}$	=	4	
forza vettore laterale 1	$F_{or,L1}$	=	50,00	kN
forza vettore centrale 2	$F_{or,c2}$	=	100,00	kN
forza vettore centrale 3	$F_{or,c3}$	=	100,00	kN
forza vettore laterale 4	$F_{or,L4}$	=	50,00	kN
distanza di applicazione dal piano viabile	$h_{app}$	=	1,00	m
tipo di azione			ECCEZIONALE	

**COMBINAZIONI**

**TRASLAZIONE DEL BANCHETTONE**

$C_{TRASL}$	->	A1 - M1 - R3
	->	A1
	->	M1
	->	R3

coefficiente parziale per la tang.dell'angolo di resist.a taglio	$\gamma_{\phi}$	=	1,00
coefficiente parziale per la verifica a scorrimento	$\gamma_R$	=	1,10
coefficiente di attrito fondazione in cls-terreno	$\mu$	=	0,39
coefficiente di attrito soletta in c.a.-fondazione in cls	$\mu_{c.a.}$	=	0,60
fattore di adesione	$c$	=	0,35

EC2 punto 6.2.5

**RIBALTAMENTO**

$C_{RIBALTAM}$	->	EQU
----------------	----	-----

coefficiente parziale azioni permanenti	$\gamma_{\phi}$	=	0,80
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	$\gamma_R$	=	0,80

0,9 per le NTC-08, 0,8 per le NTC-18 MA NON HA CELLE DIPENDENTI

**VERIFICA STRUTTURALE**

$C_{STRUTT}$	->	A1
--------------	----	----

coefficiente parziale azioni permanenti	$\gamma_{perm}$	=	1,00
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	$\gamma_{p.N.STR}$	=	1,00
coefficiente parziale azioni eccezionali	$\gamma_{urto}$	=	1,50
coefficiente parziale calcestruzzo	$\gamma_c$	=	1,50
coefficiente parziale acciaio	$\gamma_s$	=	1,15

NON HA CELLE DIPENDENTI

0,8 per le NTC-18 MA NON HA CELLE DIPENDENTI

DM2008 - PAR.4.1.4

Progetto Esecutivo

**VERIFICHE**

**GLOBALI**

**TRASLAZIONE INTERFACCIA FONDAZIONE IN CLS-TERRENO**

azione agente di calcolo	$T_d$	=	300,00 kN
peso struttura in c.a.	$P_{C.A.}$	=	106,50 kN/m
peso soletta	$P_{sol}$	=	75,00 kN/m
peso cordolo	$P_{cord}$	=	31,50 kN/m
peso fondazione in cls	$P_{F,CLS}$	=	56,16 kN/m
peso pavimentazione	$P_{PAV}$	=	38,95 kN/m
peso totale	$P_{TOT}$	=	201,61 kN/m
azione resistente di calcolo	$T_R$	=	71,58 kN/m
lunghezza minima tratto di soletta	$L_{min}$	>	4,19 m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	8,38 m
coefficiente di sicurezza alla traslazione	$C_T$	=	2,00

**TRASLAZIONE INTERFACCIA SOLETTA IN C.A.-FONDAZIONE IN CLS**

azione agente di calcolo	$T_d$	=	300,00 kN
peso struttura in c.a.	$P_{C.A.}$	=	106,50 kN/m
peso soletta	$P_{sol}$	=	75,00 kN/m
peso cordolo	$P_{cord}$	=	31,50 kN/m
peso pavimentazione	$P_{PAV}$	=	38,95 kN/m
peso totale	$P_{TOT}$	=	145,45 kN/m
azione resistente di calcolo	$T_R$	=	2798,82 kN/m
componente attritiva	$T_{R,ATTR}$	=	79,34 kN/m
componente coesiva	$T_{R,COES}$	=	2719,49 kN/m
estensione tratto di adesione	$B_{COES}$	=	5,80 m
lunghezza minima tratto di soletta	$L_{min}$	>	0,11 m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	8,38 m
coefficiente di sicurezza alla traslazione	$C_T$	=	78,20

**RIBALTAMENTO**

azione agente di calcolo	$M_d$	=	594,00 kN
contributo struttura in c.a.	$M_{1,C.A.}$	=	296,40 kN/m
peso soletta	$M_{sol}$	=	277,50 kN/m
peso cordolo	$M_{cord}$	=	18,90 kN/m
contributo pavimentazione	$M_{3,PAV}$	=	144,12 kN/m
momento totale a metro lineare	$M_{TOT*}$	=	352,41 kN/m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	8,38 m
azione resistente di calcolo	$M_R$	=	2953,94 kN
coefficiente di sicurezza al ribaltamento	$C_R$	=	4,97

**ROTO - TRASLAZIONE (PER URTO SUL PALETTO TERMINALE)**

azione agente di calcolo	$T_d$	=	300,00 kN
azione resistente di calcolo a metro lineare	$t_R$	=	71,58 kN/m
lunghezza minima per equilibrio roto-traslazione	$L_{sol,min}$	=	8,38 m
azione resistente di calcolo	$M_R$	=	600,00 kN



Progetto Esecutivo

**STRUTTURALI**

**ARMATURA LONGITUDINALE (IN SOLETTA)**

momento agente sulla sezione S1	$M_{Ed}$	=	252 kNm/m	positivo se antiorario
sforzo normale agente sulla sezione S1	$N_{Ed}$	=	-150 kN/m	negativo se di trazione
larghezza collaborante di soletta	$B_{coll}$	=	1250,00 mm	se la larghezza collaborante risulta superiore all'interasse dei montanti, allora si considera pari all'interasse dei montanti stessi
numero delle barre che equilibrano la trazione	$n_{bar,eq}$	=	6	

**armatura longitudinale**

larghezza della sezione rettangolare:	B	=	1250 mm
altezza della sezione rettangolare:	H	=	600 mm
diametro barre tipo 1 (compressa)	$\varnothing_{arm,1}$	=	0 mm
numero barra tipo 1 (compressa)	$n_{arm,1}$	=	0
copriferro armatura compressa	C	=	40 mm
numero barra tipo 2 (tesa)	$\varnothing_{arm,2}$	=	20 mm
area barre tipo 2 (tesa)	$n_{arm,2}$	=	6
copriferro armatura tesa	c	=	40 mm
Resist. a compressione del calcestruzzo:	$f_{yk}$	=	17 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento dell'acciaio:	$f_{yk}$	=	391 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico dell'acciaio:	E	=	200000 N/mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo	$M_{Rd}$	=	312 kN
coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{Ed}$	=	1,236671 >1 ok

**VERIFICA STAFFE**

**verifica staffe (braccia orizzontali)**

azione di taglio agente in soletta	$T_{ag}$	=	100 kN
larghezza minima superficie di rottura	$B_{min}$	=	0,18 m
larghezza massima superficie di rottura	$B_{MAX}$	=	1,60 m
numero staffe nel cordolo	$n_{st, cord}$	=	16
area staffe	$A_{arm,1}$	=	1809,56 mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo	$T_R$	=	708 kN
coefficiente di sicurezza	$T_R/T_A$	=	7,080877 >1 ok

**verifica staffe (pull-out, braccia verticali)**

braccio delle forze interne	$i_{anc, T}$	=	0,22 m
distanza forza applicata-piastra di ancoraggio	$p_{st, cord}$	=	0,93 m
trazione nei tirafondi della barriera	$T_d$	=	423 kN
larghezza di diffusione-sup di rottura	$B_{diff}$	=	0,68 m
passo delle staffe nel cordolo	$p_{st, cord}$	=	10 cm
numero staffe nel cono di rottura	$n_{st, cord}$	=	6,8
numero braccia complessivo	$n_{br, tot}$	=	13,6
area barre tipo 1	$A_{arm,1}$	=	1538,12 mm <sup>2</sup>
resistenza di calcolo	$T_R$	=	602 kN
coefficiente di sicurezza	$T_R/T_A$	=	1,423789 >1 ok