

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.	T00VI01STRRE01A.pdf			
L0702M	E 2101	CODICE ELAB.	T00VI01STRRE01	A	-
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 ²)	PESO (kg)	MASSA VOLUMICA (kg/m ³)	TIPO DI ROTTURA	RESISTENZA A COMPRESIONE - Rc (N/mm ²)
			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 ²)	Temp. (°C)	Re H (N/mm ²)	Re L (N/mm ²)	Rm (N/mm ²)	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.

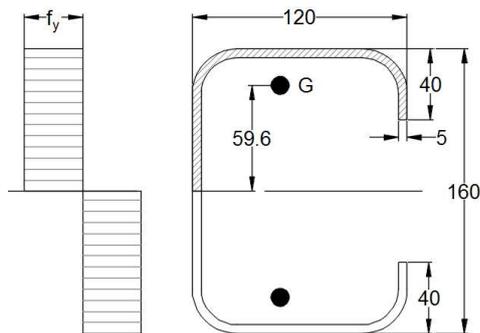
Si farà riferimento ad un livello di conoscenza LC=1 (FC=1.35).

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:

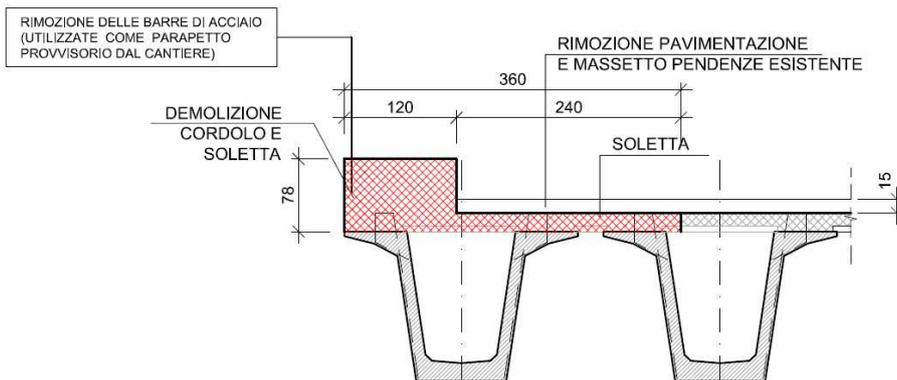
$B1 = 0.77 \text{ m}$; $B2 = 0.985 \text{ m}$;

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

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

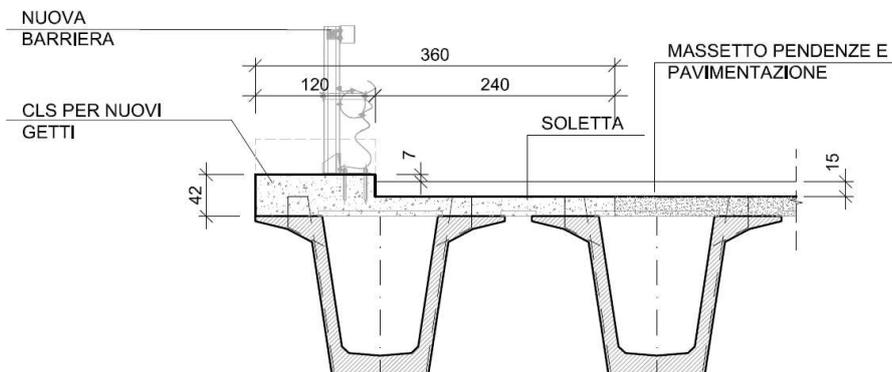
In progetto si prevede la demolizione di:

- 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:

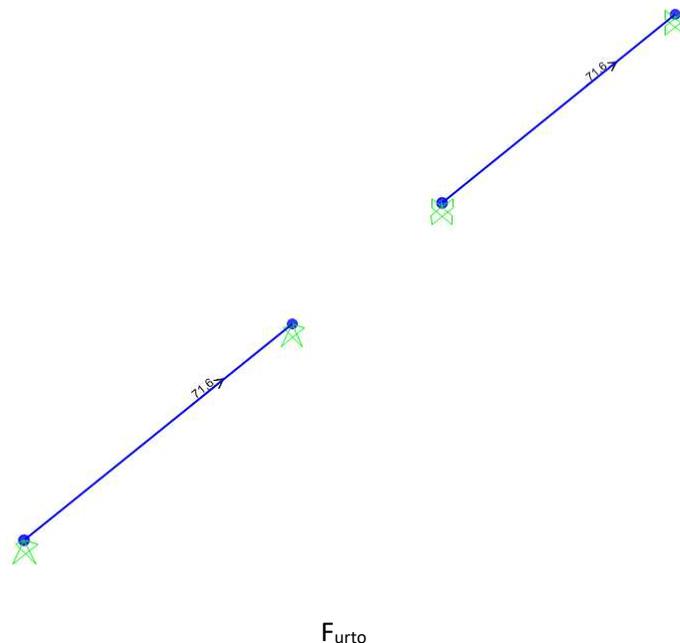
$$H_{urto}=1+0.15+0.2/2=1.25m$$

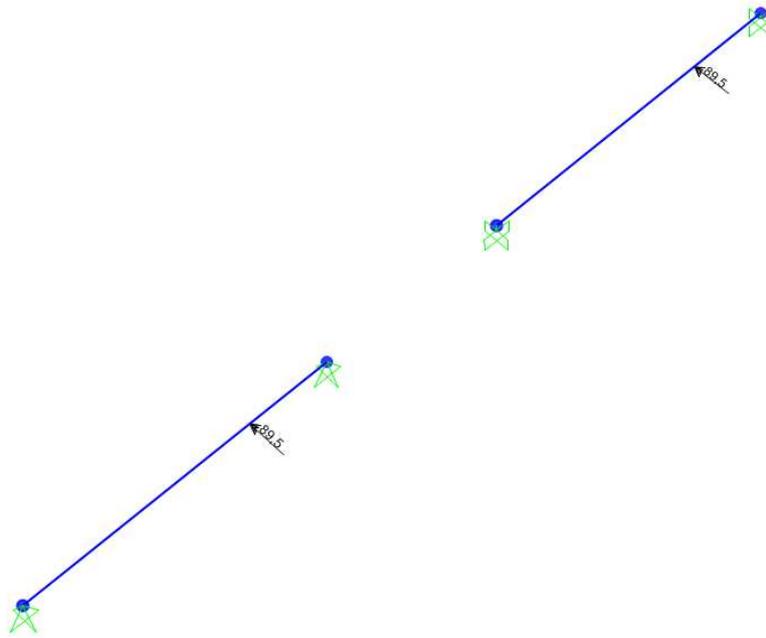
$$F_{urto}=44.83kN*1.5/0.94m=71.6kN/m$$

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

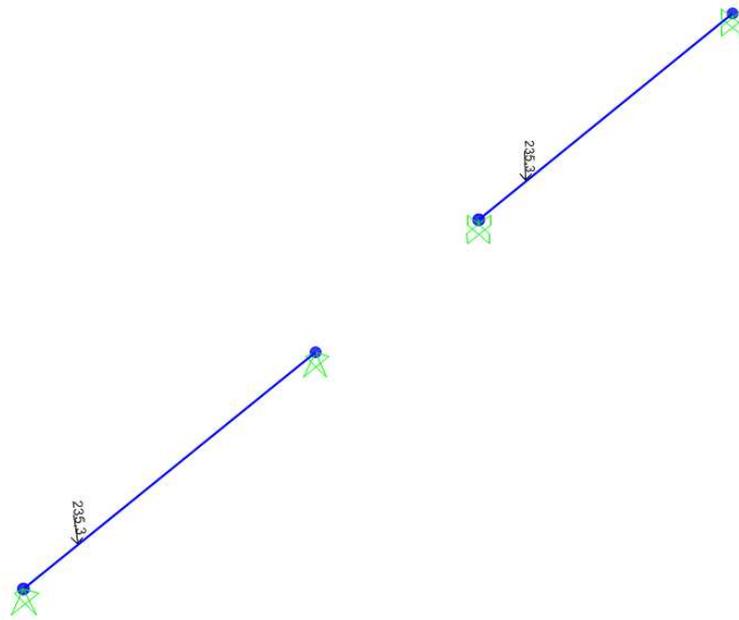
Calcolo della forza e momento dovuti all'azione da traffico dello schema di carico 2 su una profondità di 1m:

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



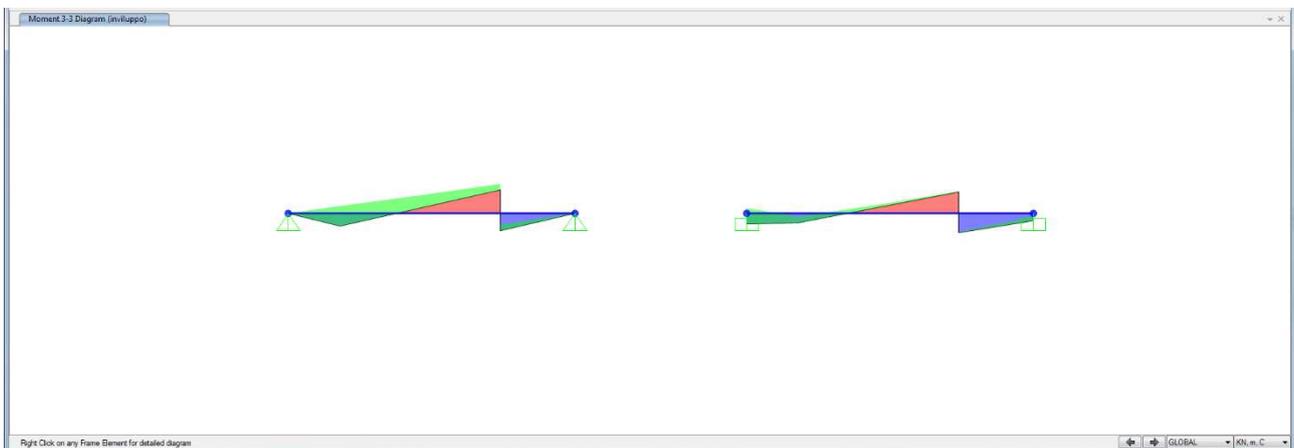
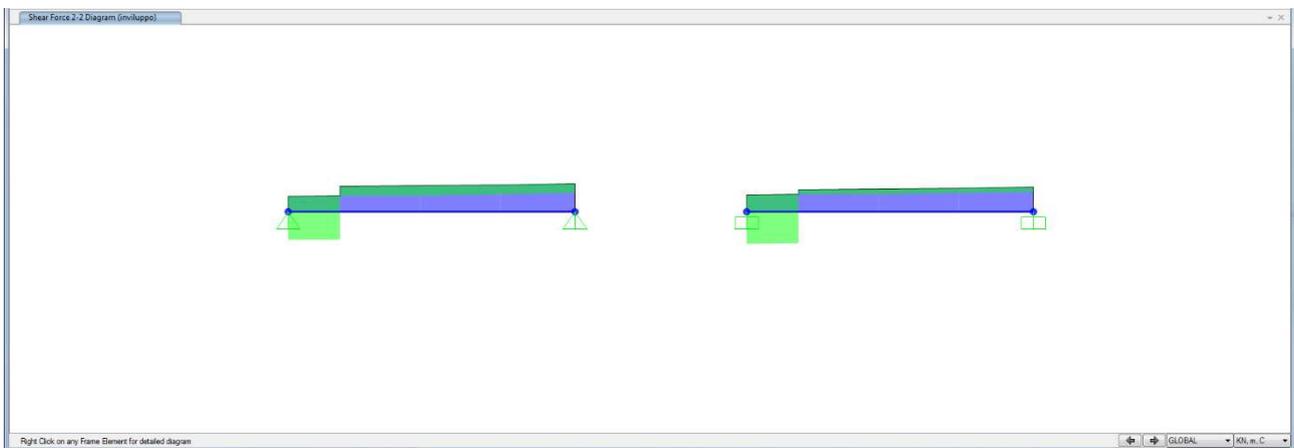
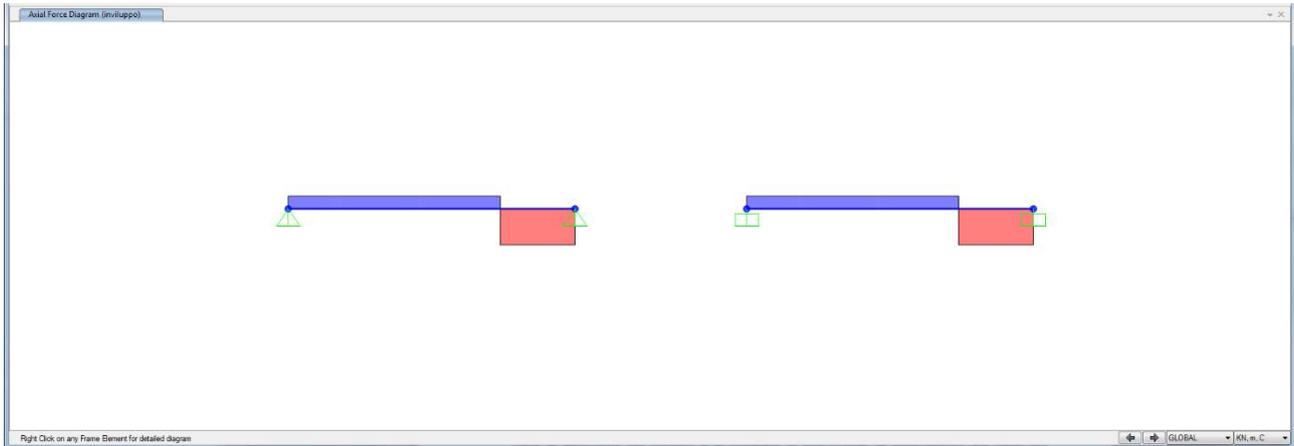


M_{urto}



$F_{traffico}$

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 19kN ;
- 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 cm , è assunta con altezza resistente pari a 16 cm , avendo detratto uno spessore minimo delle lastre prefabbricate di "tappo" non collaboranti di 4 cm .

DATI SEZIONE RETTANGOLARE

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

$V_{rd} = 83.8 \text{ kN} < V_{sd} = 141 \text{ kN} \rightarrow$ 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

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays the following data and settings:

- Titolo:** ver fless_nuova soletta
- File:** Materiali, Opzioni, Visualizza, Progetto Sez. Rett., Sismica, Normativa: NTC 2008
- N° figure elementari:** 1 (Zoom)
- N° strati barre:** 2 (Zoom)
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	20
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	4.5
2	10.05	15.5
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n
- N_{Ed}:** -19 kN
- M_{xEd}:** 64.5 kNm
- M_{yEd}:** 0 kNm
- P.to applicazione N:** Centro
- Tipo rottura:** Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
- Metodo di calcolo:** S.L.U.- Metodo n
- Tipo flessione:** Retta
- Materiali:**
 - B450C:** ϵ_{su} 67.5‰, f_{yd} 450 N/mm², E_s 200*000 N/mm², E_s/E_c 15, ϵ_{syd} 2.25‰, $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²
 - C30/37:** ϵ_{c2} 2‰, ϵ_{cu} 3.5‰, f_{cd} 25.5, f_{cc}/f_{cd} 0.8, $\sigma_{c,adm}$ 11.5, τ_{co} 0.6933, τ_{c1} 2.029
- M_{xRd}:** -70.06 kNm
- σ_c :** -25.5 N/mm²
- σ_s :** 450 N/mm²
- ϵ_c :** 3.5‰
- ϵ_s :** 12.87‰
- d:** 15.5 cm
- x:** 3.315, **x/d:** 0.2139
- δ :** 0.7073
- N° rett.:** 100
- Calcola MRd** / **Dominio M-N**
- L₀:** 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
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 450 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 ‰
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 2.25 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11.5
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6933
 τ_{c1} 2.029

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato
 M_{xRd} 71.24 kN m
 σ_c -25.5 N/mm²
 σ_s 450 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 12.68 ‰
 d 15.5 cm
 x 3.354 x/d 0.2164
 δ 0.7105

Calcola MRd **Dominio M-N**
 L₀ cm **Col. modello**
 Precompresso

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

Verifica a taglio

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

V_{Rd} = 150.06 kN > V_s = 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_s = 67.24 kN

M_s = V_s 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 field]
- N° strati barre:** 1
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	120
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
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:** $\epsilon_{c2} = 2$ ‰, $\epsilon_{cu} = 3.5$, $f_{cd} = 25.5$, $f_{cc}/f_{cd} = 0.8$, $\sigma_{c,adm} = 11.5$, $\tau_{co} = 0.6933$, $\tau_{c1} = 2.029$
- P.to applicazione N:** Centro
- Metodo di calcolo:** S.L.U. +
- Tipo flessione:** Retta
- Calcoli:** $M_{xRd} = 579.2$ kNm, $\sigma_c = -25.36$ N/mm², $\sigma_s = 450$ N/mm², $\epsilon_c = 1.853$ ‰, $\epsilon_s = 67.5$ ‰, $d = 115$ cm, $x = 3.072$, $x/d = 0.02672$, $\delta = 0.7$

$M_{rd} = 579.2 \text{ kNm} > M_{sd} = 104.5 \text{ kNm} \rightarrow$ 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	CALCESTRUZZO	
Altezza sezione: h =	1200 mm	Classe cls	C30/37
Copriferro: c =	50 mm	fck	30 Mpa
DATI ARMATURA		fcd	25.5 Mpa
		γ_c	1
		ARMATURA LONGITUDINALE	
Diametro armatura tesa=	16 mm	ACCIAIO	
N° barre tese =	0	fyk	450 Mpa
Diametro armatura compressa =	16 mm	fyd	450 Mpa
N° barre compresse =	0	γ_s	1
ARMATURA TRASVERSALE		AZIONI	
Diametro armatura a Taglio (// alla sezione)=	8 mm	N_{Ed}=	0.00 kN
Passo armatura a Taglio=	200 mm	V=	90.90 kN
N° bracci delle staffe=	0.0	γ_{Rd}=	1.00
Inclinazione staffe : α =	90 °	V_{Ed} = V * γ_{Rd} =	90.90 kN
Inclinazione puntone : θ =	45 °		
VERIFICA A TAGLIO (4.1.2.1.3.1/2 DM_14/01/2018)			
Resistenza sezioni non armate a taglio		V_{Rd}	371.87 kN
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$		NON NECESSITA ARMATURA A TAGLIO	

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

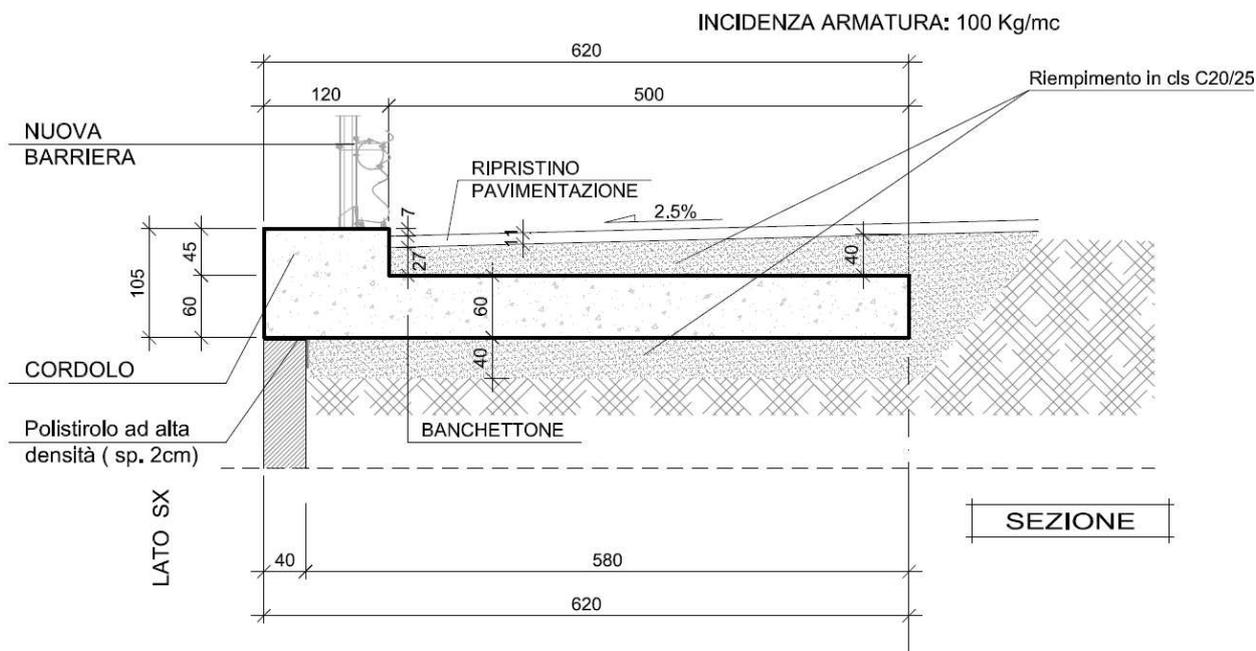
- $F / A = 35392 / 2 / 4.54 / 1 = 3897 \text{ kg/cm}^2$;
- Le staffe coinvolte nel cono di rottura sono:
 $N = 5 \text{ (staffe } \Phi 12/10 \text{)}$

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

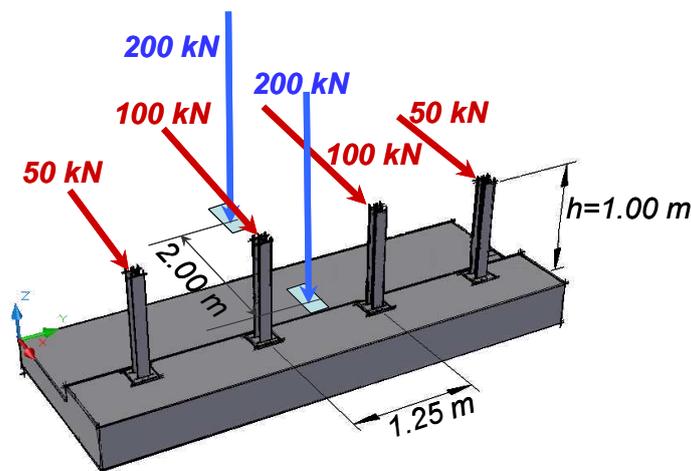
3.1 AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DEI VEICOLI IN SVIO

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			
GEOMETRIA LONGITUDINALE			
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
SOLETTA E CORDOLO			
spessore soletta	H_{sol}	=	0,60 m
estensione della soletta oltre il filo interno cordolo	B_{sol}	=	5,00 m
altezza cordolo sopra la soletta	H_{cor}	=	0,45 m
larghezza cordolo	B_{cor}	=	1,20 m
distanza estradosso pavimentazione-estradosso cordolo	$d_{\text{pav-cor}}$	=	0,07 m
altezza totale (soletta+cordolo)	H_{tot}	=	1,05 m
larghezza totale intervento (cordolo+soletta)	B_{tot}	=	6,20 m
PAVIMENTAZIONE			
spessore pavimentazione	H_{pav}	=	0,38 m
larghezza pavimentazione	B_{pav}	=	5,00 m
CLS STRUTTURALE NON ARMATO (STRATO DI BASE)			
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_{cls}	=	5,85 m
valore fisso (valore minimo 5cm per la cassaforma per il getto)			
MURO ESISTENTE			
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	ϕ	=	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

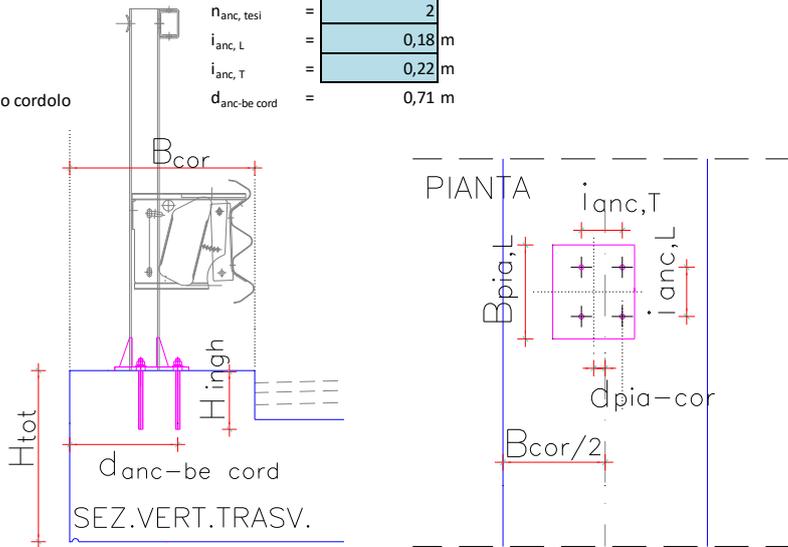
MATERIALI

calcestruzzo getti in c.a. (soletta e cordolo)		C30/37	
classe di esposizione		XC4 XD1	
tensione caratteristica di rottura	f_{ck}	=	30 N/mm ²
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 ²
modulo elastico acciaio	E_y	=	200000 N/mm ²
peso specifico c.a.	γ_{cls}	=	25,00 kN/m ³
peso specifico magrone-cls strutturale non armato C16/20	γ_{cls}	=	24,00 kN/m ³
peso specifico pavimentazione	γ_{pav}	=	20,50 kN/m ³
peso specifico terreno rilevato	γ_{ril}	=	19,00 kN/m ³

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	α_{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	γ_{ϕ}	=	1,00
coefficiente parziale per la verifica a scorrimento	γ_R	=	1,10
coefficiente di attrito fondazione in cls-terreno	μ	=	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	γ_{ϕ}	=	0,80
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	γ_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	γ_{perm}	=	1,00
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	$\gamma_{P.N.STR}$	=	1,00
coefficiente parziale azioni eccezionali	γ_{urto}	=	1,50
coefficiente parziale calcestruzzo	γ_c	=	1,50
coefficiente parziale acciaio	γ_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 ²
Tensione di snervamento dell'acciaio:	f_{yk}	=	391 N/mm ²
Modulo elastico dell'acciaio:	E	=	200000 N/mm ²
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 ²
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 ²
resistenza di calcolo	T_R	=	602 kN
coefficiente di sicurezza	T_R/T_A	=	1,423789 >1 ok