

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 PROGETTISTA:

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

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Massimo Mezzanzanica – 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:



**08 - INTERVENTI SULLE OPERE D'ARTE ESISTENTI**  
**08.04 - VI.03 - VIADOTTO PIERUCCIA (CARR. DI VALLE)**

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00VI04STRRE01A.pdf			
LO702M	E	2101	CODICE ELAB. T00VI04STRRE01		A	-
D						
C						
B						
A	EMISSIONE		FEBBRAIO 2023	BONASIO	BONASIO	RINALDI
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

## INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	NORMATIVA.....	1
3	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	2
3.1	Livelli di conoscenza .....	2
3.2	Materiali strutture esistenti .....	3
3.3	Materiali in progetto .....	4
4	INTERVENTO SU CORDOLO LATERALE VIADOTTO .....	6
5	ANALISI DEI CARICHI .....	7
5.1	Peso proprio e carichi permanenti.....	7
5.2	Urto da veicolo in svio .....	7
5.3	Combinazioni di carico.....	8
6	MODELLO DI CALCOLO.....	9
7	AZIONI SOLLECITANTI .....	10
7.1	Modello con cerniere.....	10
7.2	Modello con incastri .....	12
8	VERIFICA NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI .....	15
8.1	Verifica involucro metallico.....	15
8.2	Verifica saldatura scatolare – trasverso.....	19
8.3	Verifica collegamento barriera - cordolo.....	20
9	VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI ESISTENTI.....	22
9.1	Verifica giunto .....	22
9.2	Verifica sezione incastro trasverso.....	25
10	INTERVENTO SU CORDOLO SPALLA .....	28
10.1	Azioni sui parapetti e Urto dei veicoli in Svio .....	29
10.2	Geometria e verifiche del banchettone .....	31

Titolo relazione

*RTP di progettazione:*

*Mandataria:*

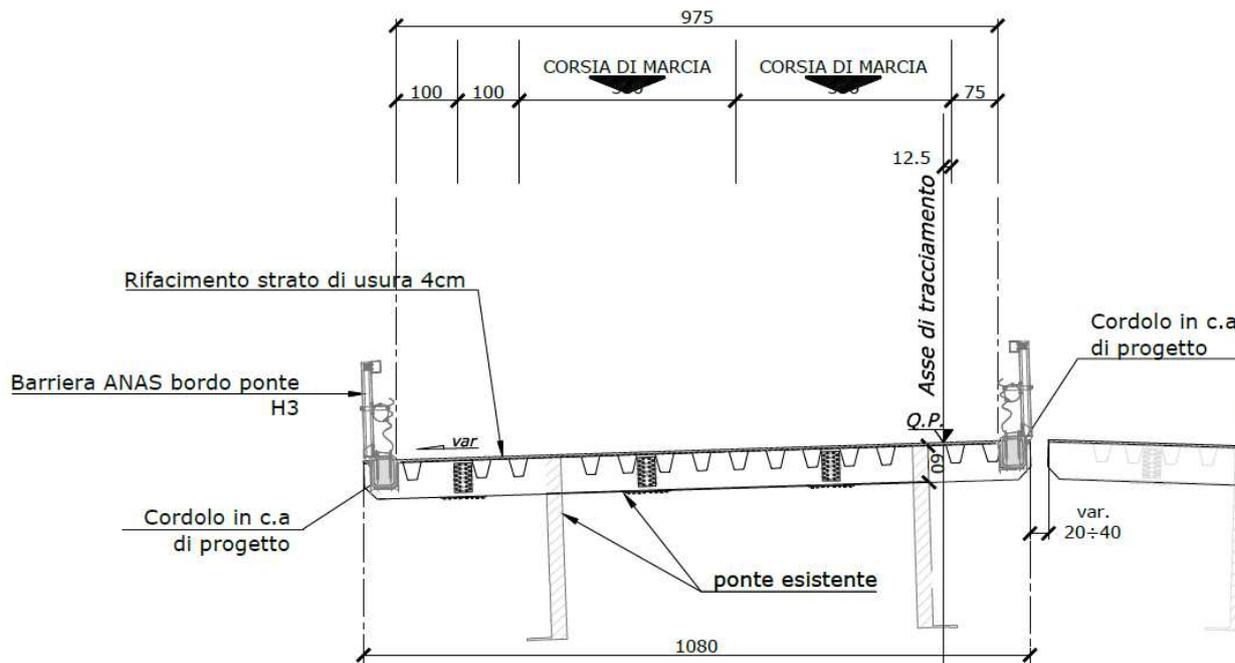
*Mandanti:*



## 1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda le verifiche strutturali del nuovo cordolo porta barriere del Viadotto “La Pieruccia”, situato alla pk 8+841.520 all’interno dell’itinerario internazionale E78 nel tratto Grosseto-Siena dal km 27.200 al km 30+040 – Lotto 4.

L’intervento in progetto prevede la realizzazione di un nuovo cordolo in c.a. all’interno di uno scatolare metallico saldato alle strutture metalliche esistenti dei traversi, sul quale sarà installata la barriera di sicurezza. Tale intervento è previsto su entrambi i lati del Viadotto.



*Nuovo cordolo in progetto con barriera di sicurezza*

## 2 NORMATIVA

I calcoli sono stati eseguiti in base alle seguenti normative, avendo adottato il metodo degli stati limite:

- Legge 05/11/1971 n°1086: “Disciplina per le opere in conglomerato cementizio armato”.
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64: “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018: “Norme tecniche per le costruzioni” (NTC2018)
- Circolare del 21 gennaio 2019 contenente le “Istruzioni per l’applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018”.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.1 Livelli di conoscenza

Nelle analisi di strutture esistenti, il livello di conoscenza della geometria, delle proprietà dei materiali e del loro stato di conservazione è un aspetto essenziale, in quanto la Normativa definisce un Fattore di Confidenza che penalizza le verifiche in base alla qualità e quantità delle informazioni reperite in merito. Secondo l'approccio codificato nella Circolare applicativa alle NTC2018, quanto più basso è il Livello di Conoscenza (LC) della struttura oggetto di analisi, tanto maggiore è l'incertezza attesa nella determinazione dei valori di capacità locale e globale derivanti dall'analisi. Pertanto, a garanzia di protezione da tale incertezza, le NTC introducono un parametro denominato Fattore di Confidenza (FC), funzione del Livello di Conoscenza, che riduce opportunamente le proprietà dei materiali da utilizzarsi per il calcolo.

I Livelli di Conoscenza sono i seguenti:

- LC1: Conoscenza Limitata
- LC2: Conoscenza Adeguata
- LC3: Conoscenza Accurata

I Fattori di Confidenza, dipendenti dai Livelli di Conoscenza, sono così definiti:

- $FC_{LC1} = 1.35$
- $FC_{LC2} = 1.2$
- $FC_{LC3} = 1$

Nel caso in oggetto, vista la disponibilità della documentazione progettuale, e in seguito alla campagna d'indagine svolta nel periodo luglio – ottobre 2022, è stato adottato un coefficiente  $FC_{LC3} = 1.0$ .

### 3.2 Materiali strutture esistenti

Durante la campagna di indagini strutturali eseguita sul Viadotto “La Pieruccia” nel periodo tra luglio e ottobre 2022, sono stati analizzati 3 provini di acciaio tipo corten, di cui si riporta la tabella con i risultati delle analisi di laboratorio.

PROVA	ELEMENTO INDAGATO	DATA PRELIEVO	a (mm)	b (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. (%)
PA11	Soletta	11/10/2022	11,50	20,00	230,00	Amb	406,00	403,10	552,50	28,16
PA12	Traverso	11/10/2022	14,30	20,00	286,00	Amb	368,90	362,00	499,80	35,00
PA13	Traverso	12/10/2022	14,10	20,00	282,00	Amb	355,50	352,40	508,70	33,12

Elaborando i dati ottenuti si ottengono i seguenti valori di resistenze medie a snervamento e rottura.

	Re H [MPa]	Re L [MPa]	R m [MPa]
	406.0	403.1	552.5
	368.9	362.0	499.8
	355.5	352.4	508.7
<b>MEDIA</b>	<b>376.8</b>	<b>372.5</b>	<b>520.3</b>

Dai risultati in tabella si evince come i valori siano riconducibili a un acciaio S355, pertanto nel seguito si tratterà il materiale come tale.

### 3.3 Materiali in progetto

Le componenti metalliche delle nuove strutture si realizzano con profili di Acciaio S355 (laminato a caldo) con le seguenti caratteristiche meccaniche:

#### ACCIAIO S355

Tensione caratteristica di rottura ( $t \leq 40\text{mm}$ )	$f_{tk} = 510$	MPa
Tensione caratteristica di snervamento ( $t \leq 40\text{mm}$ )	$f_{yk} = 355$	MPa
Tensione caratteristica di rottura ( $40 \text{ mm} \leq t \leq 80 \text{ mm}$ )	$f_{tk} = 470$	MPa
Tensione caratteristica di snervamento ( $40 \text{ mm} \leq t \leq 80 \text{ mm}$ )	$f_{yk} = 335$	MPa
Coefficiente di sicurezza per verifiche di resistenza	$\gamma_{M0} = 1.05$	
Coefficiente di sicurezza per verifiche di stabilità	$\gamma_{M1} = 1.05$	
Modulo elastico	$E = 210000$	MPa

#### BARRE FILETTATE

Barre filettate ad alta resistenza	8.8	
Accoppiamento con dado	8	
Tensione di snervamento della barra	$f_{yb} \geq 640$	MPa
Tensione di rottura della barra	$f_{tb} \geq 800$	MPa

#### SALDATURE

Tipologia 1 "a completa penetrazione"	realizzate con materiale d'apporto avente resistenza uguale o maggiore di quella degli elementi collegati.
Tipologia 2 "a cordoni continui"	Con spessore di gola pari a 0.7 dello spessore da saldare.

Per i getti in calcestruzzo si utilizza C35/45 con le seguenti caratteristiche.

Resistenza caratteristica a compressione cubica	$R_{ck} =$	45.00	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 \times R_{ck}$	$= 37.35$	MPa
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	$= 45.35$	MPa
Modulo elastico	$E_c = 22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3}$	$= 34625$	MPa

Progetto Esecutivo

Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.3x f_{ck}^{2/3}$	= 3.35	MPa
Resistenza a trazione caratteristica (frattile 5%)	$f_{ctk} = 0.7x f_{ctm}$	= 2.35	MPa
Classe di esposizione		XC4 – XD1	

**Stato Limite Ultimo**

Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_c =$	1.50	
Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85	
Resistenza a compressione di calcolo	$f_{cd} = \alpha_{cc} x f_{ck} / \gamma_c$	= 21.17	MPa
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.56	MPa

**Stato Limite di Esercizio**

Tensione max. di compressione - comb. RARA	$\sigma_c < 0.60x f_{ck}$	= 22.41	MPa
Tensione max. di compressione - comb. QP	$\sigma_c < 0.45x f_{ck}$	= 16.81	MPa

Per i getti in c.a. si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio B450C.

Tensione caratteristica di rottura (frattile 5%)	$f_{tk} =$	540.00	MPa
Tensione caratteristica di snervamento (frattile 5%)	$f_{yk} =$	450.00	MPa

**Stato Limite Ultimo**

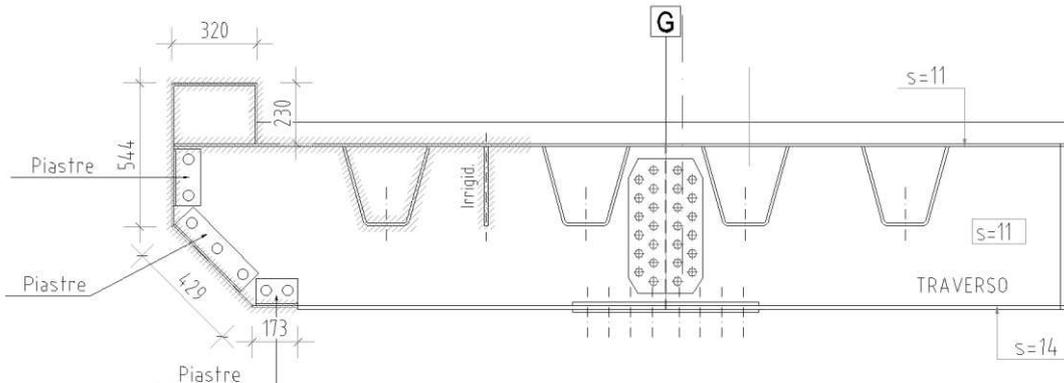
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391.30	MPa

**Stato Limite di Esercizio**

Tensione max. di trazione	$\sigma_s < 0.8x f_{yk}$	= 360.00	MPa
---------------------------	--------------------------	----------	-----

#### 4 INTERVENTO SU CORDOLO LATERALE VIADOTTO

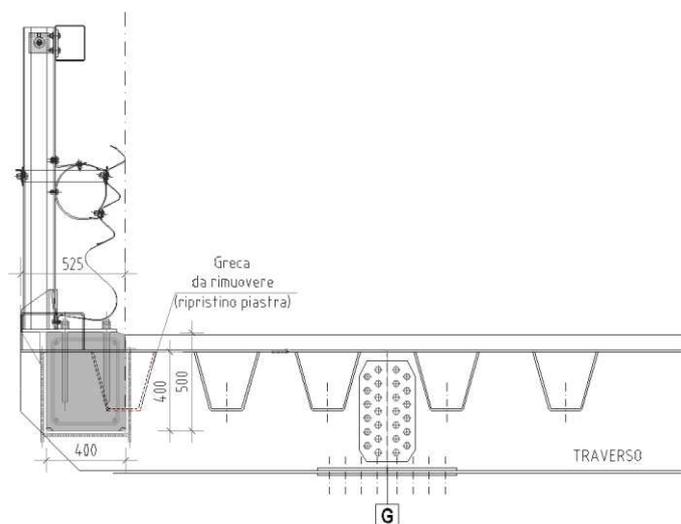
Il Viadotto è costituito da un impalcato a piastra ortotropa con sbalzi laterali pari a 3.28 m e 1.90 m e, attualmente, sulle estremità è presente una lamiera presso piegata di ingombro in pianta pari a circa 32 cm.



*Stato di Fatto sbalzo*

Le opere in progetto su entrambi i lati prevedono:

- La demolizione di una fascia di pavimentazione e il taglio di una porzione di piastra ortotropa superiore.
- La rimozione di una greca con contestuale ripristino del traverso.
- L'installazione di un involucro metallico a U di dimensioni 430x427x15 mm vincolato all'anima dei traversi di sbalzo (posti ad interasse di 3.30 m) e provvisto sulla base di pioli Nelson;
- Il getto in c.a. all'interno del nuovo involucro metallico;
- L'installazione di Barriere di sicurezza H3BP (tripla onda) mediante barre inghisate nel nuovo cordolo in c.a.



*Intervento su sbalzo in progetto*

## 5 ANALISI DEI CARICHI

L'analisi dei carichi è stata effettuata sulla base delle disposizioni contenute nel D.M. 17.01.2018 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»", e successive modifiche e integrazioni.

### 5.1 Peso proprio e carichi permanenti

Il peso proprio degli elementi strutturali è valutato automaticamente dal software considerando i seguenti pesi specifici.

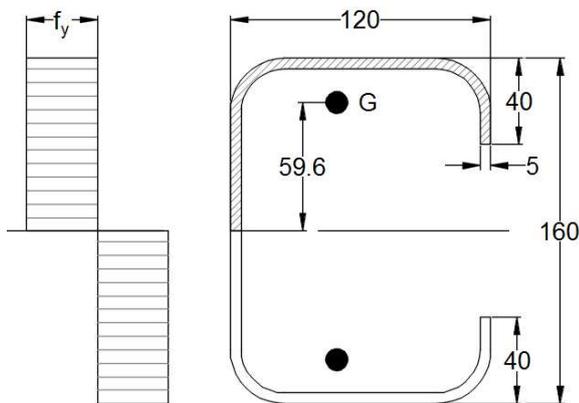
Calcestruzzo:  $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

Acciaio:  $\gamma_c = 78.5 \text{ kN/m}^3$

### 5.2 Urto da veicolo in svio

L'azione eccezionale dovuta all'urto di un veicolo in svio è valutata secondo la capacità plastica del montante della barriera ed è definita come segue.

Montante a C di dimensioni 160x120x40 mm di spessore pari a 5 mm, in acciaio S275 JR.



$$A = 1053 \text{ mm}^2$$

$$y_g = 59.6 \text{ mm}$$

$$M_{pl} = 34.52 \text{ kNm}$$

In prossimità del piede la barriera ha un ulteriore irrigidimento tale da aumentare il momento plastico della sezione.

$$B_1 = 0.77 \text{ m}$$

$$B_2 = 0.985 \text{ m}$$

$$F_{Ed} = M_{pl}/B_1 = 44.83 \text{ kN}$$

### 5.3 Combinazioni di carico

Ai fini delle verifiche degli stati limite, le azioni sulla costruzione sono cumulate secondo le seguenti combinazioni (NTC-2.4.3.).

- combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimo (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_j \gamma_{Qj} \cdot \psi_{0j} \cdot Q_{kj}$$

- combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi ad azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_j \psi_{2j} \cdot Q_{kj}$$

- combinazione caratteristica (rara), impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \sum_j \psi_{0j} \cdot Q_{kj}$$

- combinazione frequente, impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- combinazione quasi permanente (SLE), impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Nelle formule il simbolo “+” vuol dire ‘combinato con’.

## 6 MODELLO DI CALCOLO

L'analisi strutturale è stata condotta adottando il metodo agli elementi finiti implementato su un modello tridimensionale del cordolo mediante il software di calcolo Midas Gen 2022 versione 2.2.

Nel modello FEM sono stati utilizzati:

- Elementi monodimensionali di tipo "beam" per schematizzare gli elementi in carpenteria metallica

Ogni nodo costituente la mesh del modello è in grado di subire tre spostamenti e tre rotazioni salvo i nodi in corrispondenza dei vincoli a terra.

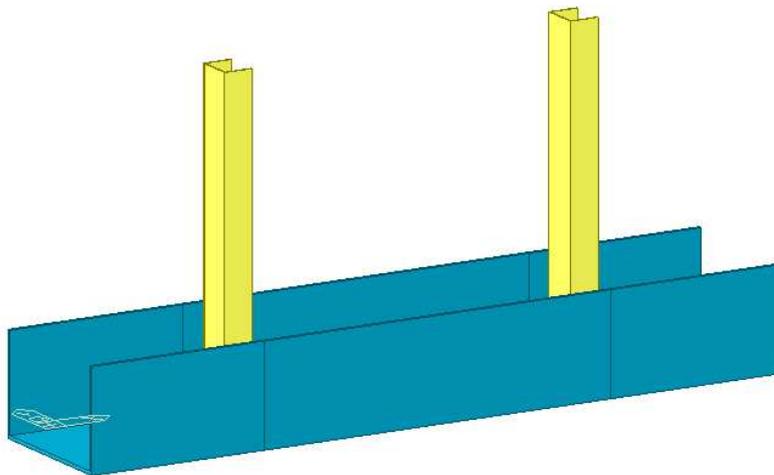
I carichi verticali, ad eccezione del peso degli elementi modellati che è calcolato in automatico dal programma di calcolo, sono applicati alla struttura mediante carichi lineari.

L'azione orizzontale dell'urto è applicata come carico puntuale sugli elementi del modello.

Sono state considerate due diverse condizioni di vincolo al fine di massimizzare le sollecitazioni sui diversi elementi:

- nel primo modello lo scatolare è considerato incernierato ai traversi;
- nel secondo modello è stato considerato un vincolo di incastro tra lo scatolare e i traversi.

Di seguito si riporta la vista assometrica del modello FEM implementato.



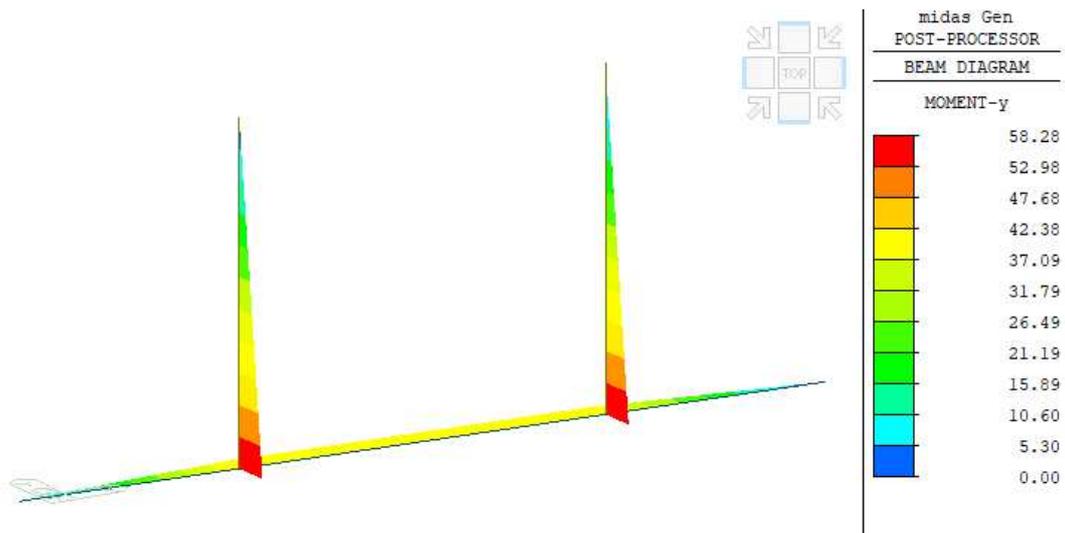
Modello FEM

## 7 AZIONI SOLLECITANTI

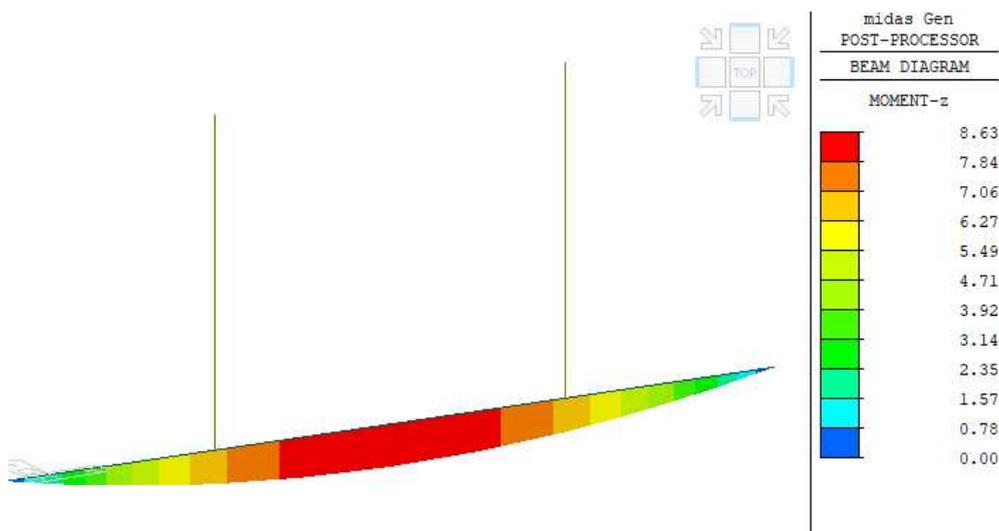
Nel seguente capitolo si mostrano le sollecitazioni agenti sui diversi elementi e per entrambe le condizioni di vincolo.

Come combinazione di carichi di verifica si considera la combinazione eccezionale dovuta all'urto di un veicolo in svio ( $1 \cdot G1 + 1 \cdot G2 + 1 \cdot Urto$ ).

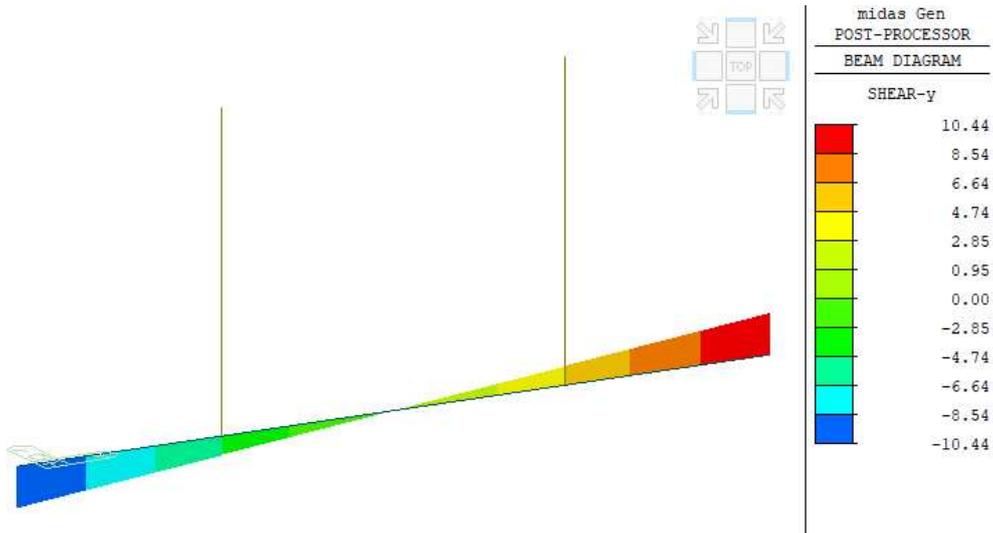
### 7.1 Modello con cerniere



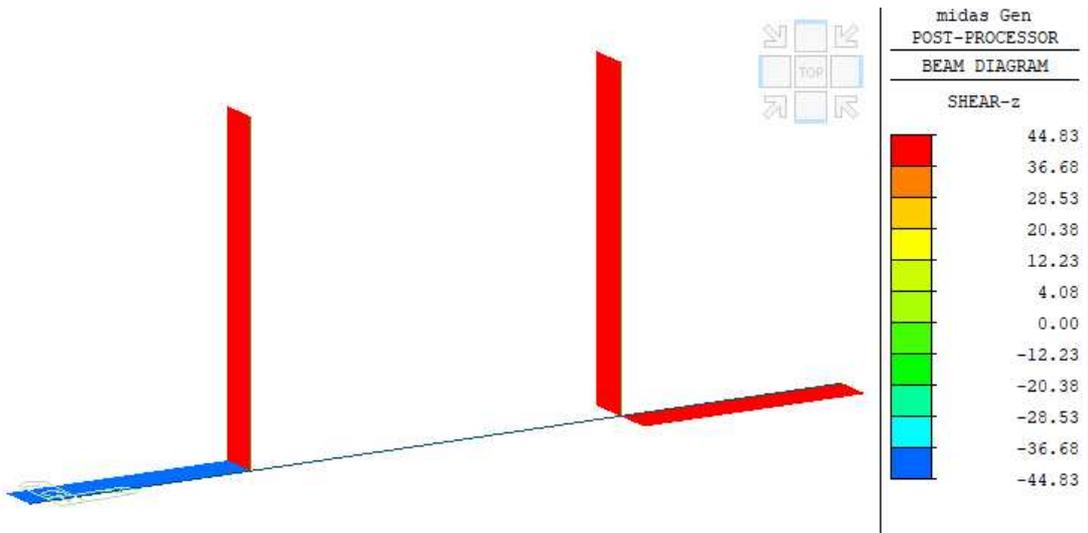
Sollecitazione flettente  $M_y$  [kNm]



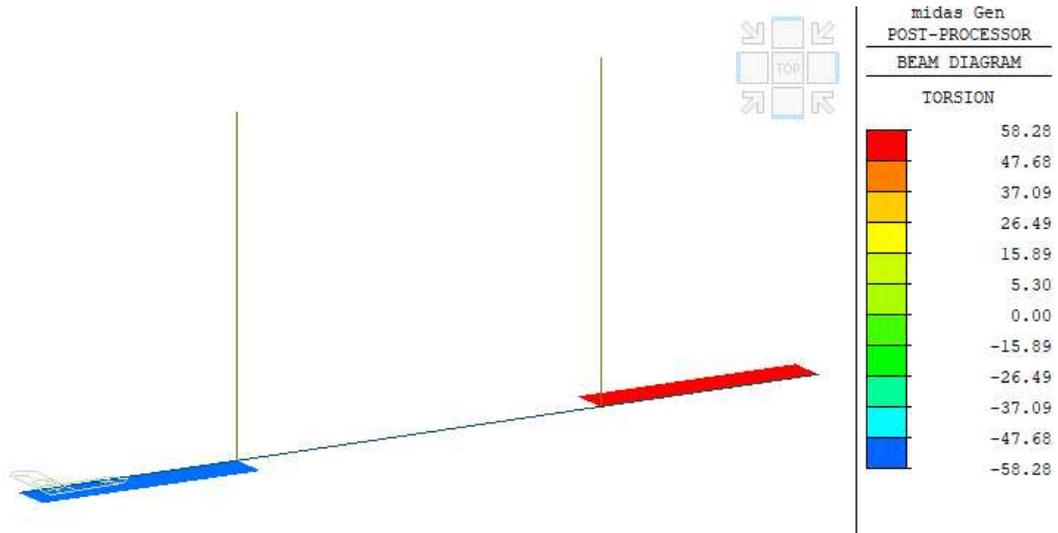
Sollecitazione flettente  $M_z$  [kNm]



Sollecitazione di taglio  $F_y$  [kN]

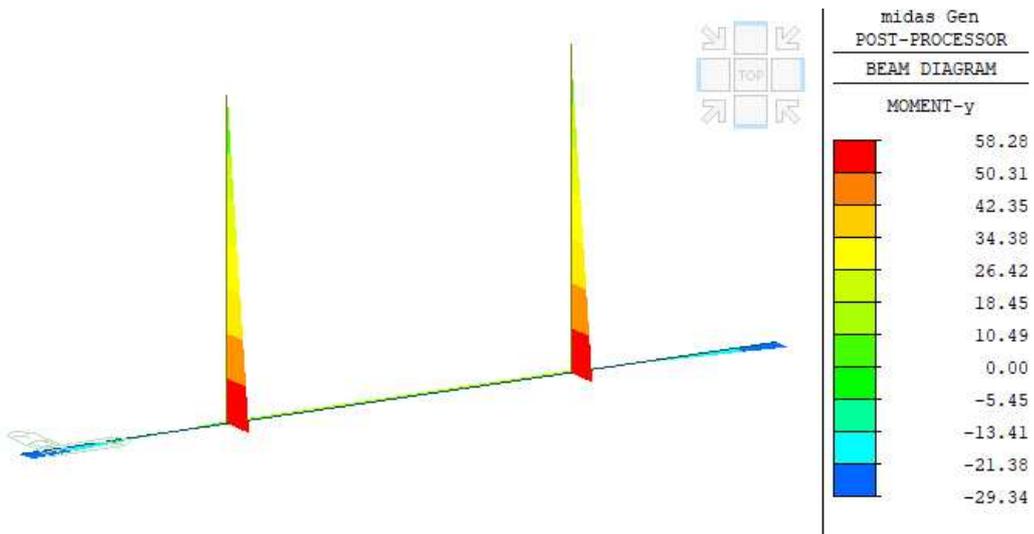


Sollecitazione di taglio  $F_z$  [kN]

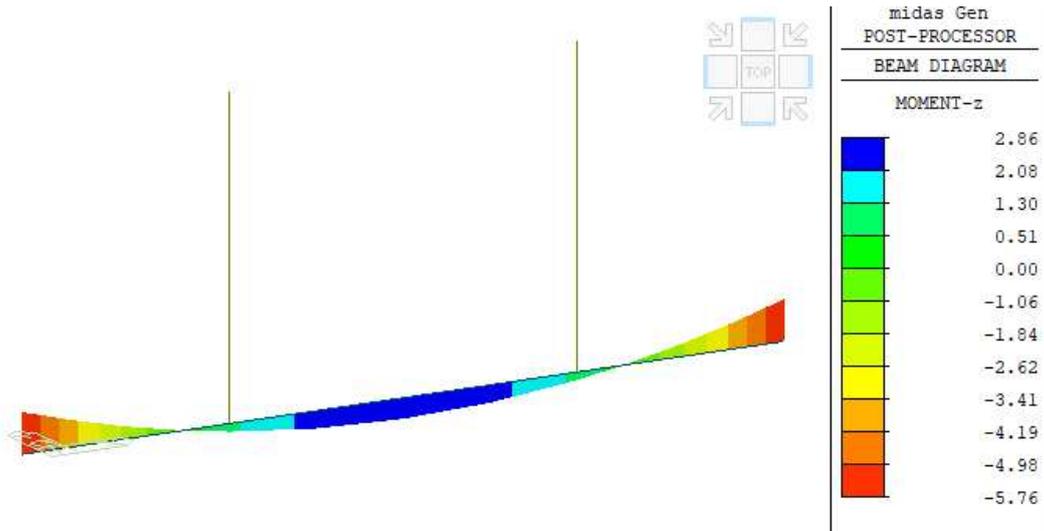


Sollecitazione torcente  $M_x$  [kNm]

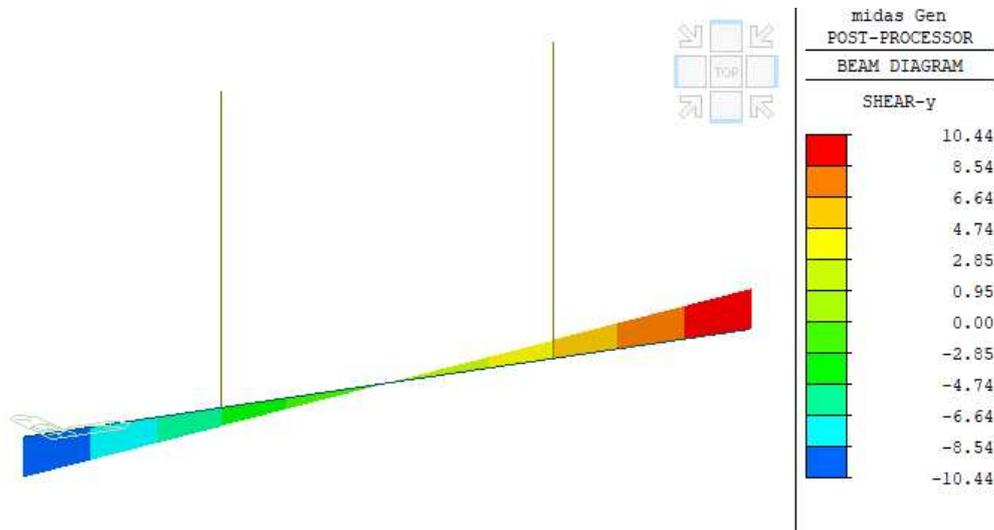
## 7.2 Modello con incastri



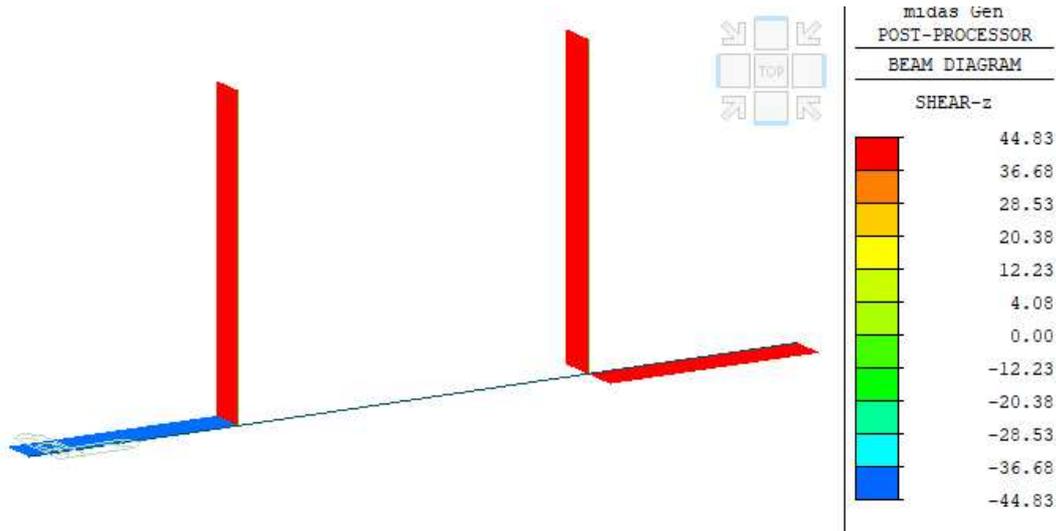
Sollecitazione flettente  $M_y$  [kNm]



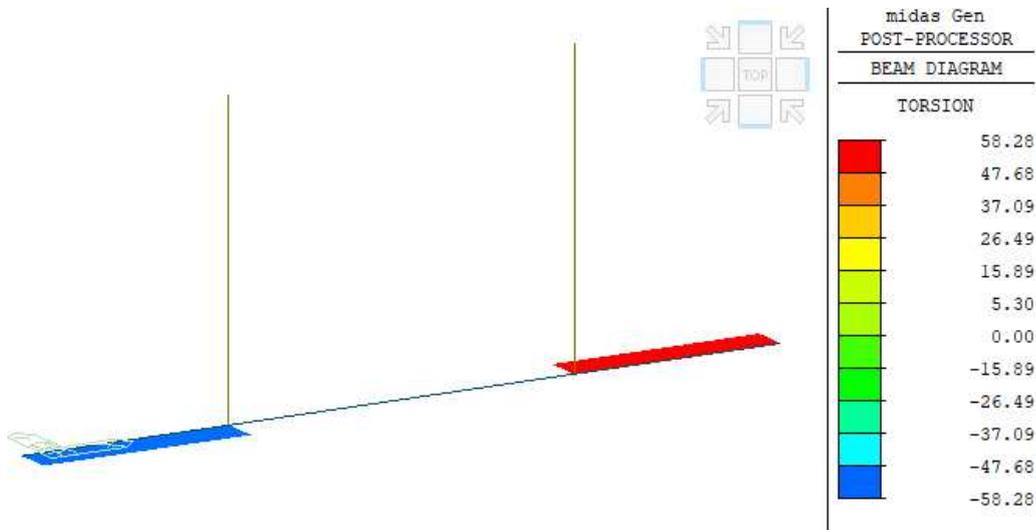
Sollecitazione flettente  $M_z$  [kNm]



Sollecitazione di taglio  $F_y$  [kN]



Sollecitazione di taglio  $F_z$  [kN]



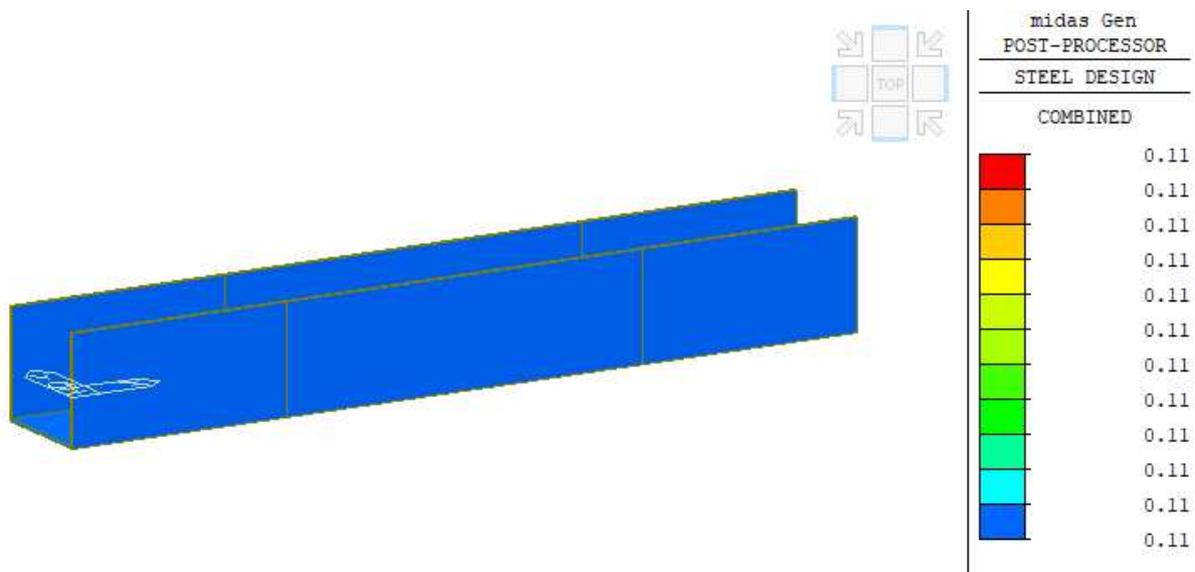
Sollecitazione torcente  $M_x$  [kNm]

## 8 VERIFICA NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI

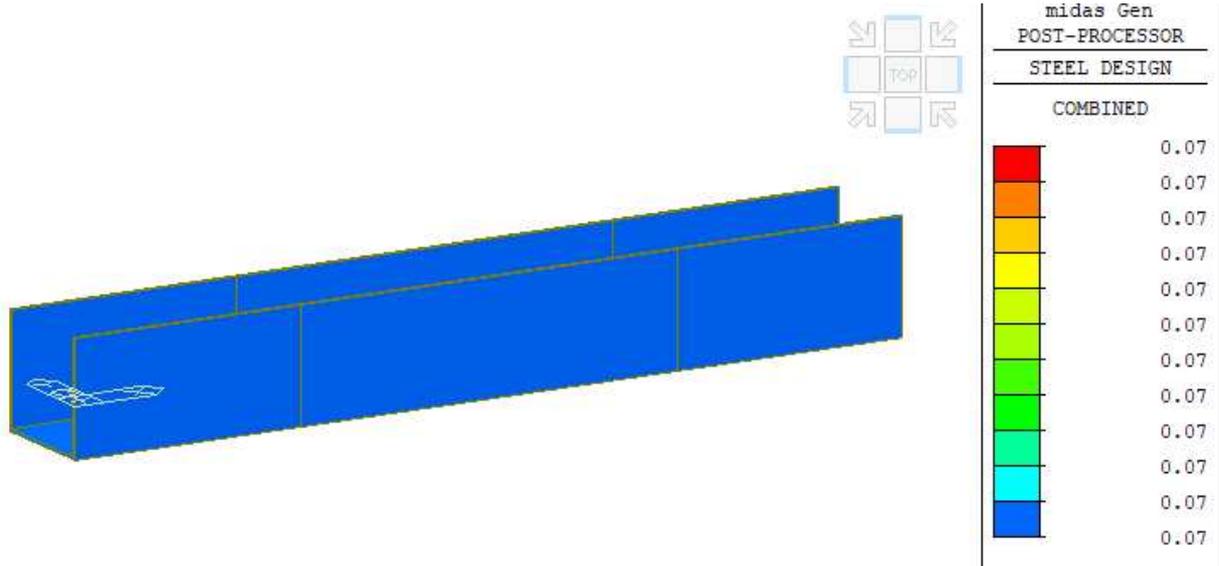
Nel seguente capitolo si mostrano le verifiche degli elementi strutturali in termini di coefficiente di sfruttamento (verifica soddisfatta in caso di c.s.<1.0), le verifiche delle saldature tra involucro, sella e traverso e la verifica del collegamento tra la barriera di sicurezza e il nuovo cordolo in c.a.

### 8.1 Verifica involucro metallico

Nel presente paragrafo si mostrano i coefficienti di sfruttamento dell'involucro metallico per entrambe le condizioni di vincolo.



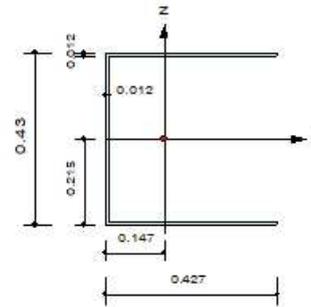
c.s. involucro incernierato



*c.s. involucro incastrato*

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05  
 Unit System kN, m  
 Member No 1  
 Material S355 (No:1)  
 (Fy = 355000, Es = 210000000)  
 Section Name Involucro\_C (No:3)  
 (Built-up Section).  
 Member Length : 3.30000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 0.00000 (LCB: 1, POS:1/2)  
 Bending Moments My = 40.3470, Mz = 8.56629  
 End Moments Myi = 40.3470, Myj = 40.3470 (for Ly)  
 Myi = 0.00000, Myj = 0.00000 (for Lz)  
 Mzi = 6.83268, Mzj = 6.83268 (for Lz)  
 Shear Forces Fyy = 10.3656 (LCB: 1, POS:J)  
 Fzz = 44.8300 (LCB: 1, POS:J)

Depth	0.43000	Web Thick	0.01200
Top F Width	0.42700	Top F Thick	0.01200
Bot.F Width	0.42700	Bot.F Thick	0.01200
Area	0.01512	Asz	0.00510
Cyb	0.10985	Czb	0.03930
Iyy	0.00051	Izz	0.00030
Ybar	0.14664	Zbar	0.21500
Wely	0.00239	Wetz	0.00106
ry	0.18450	rz	0.14038

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.30000, Lz = 1.50000, Lb = 1.50000  
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00  
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

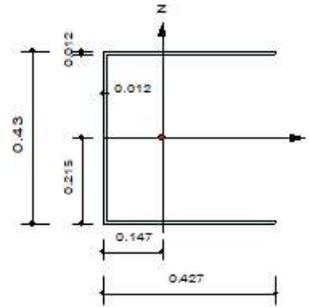
4. Checking Result

Slenderness Ratio  
 L/r = 17.9 < 300.0 (Memb:1, LCB: 1)..... O.K  
 Axial Resistance  
 N\_Ed/Nt\_Rd = 0.00/5367.60 = 0.000 < 1.000 ..... O.K  
 Bending Resistance  
 M\_Edy/M\_Rdy = 40.347/470.228 = 0.086 < 1.000 ..... O.K  
 M\_Edz/M\_Rdz = 8.566/244.284 = 0.035 < 1.000 ..... O.K  
 Combined Resistance  
 R.byN = N\_Ed/(Aeff\*fy/Gamma\_M0), R.byM = (M\_Edy+N\_Ed\*ey)/My\_Rd + (M\_Edz+N\_Ed\*ez)/Mz\_Rd  
 Rmax = MAX[ R.MNRd, (R.byN+R.byM) ] = 0.121 < 1.000 ..... O.K  
 Shear Resistance  
 V\_Edy/Vy\_Rd = 0.005 < 1.000 ..... O.K  
 V\_Edz/Vz\_Rd = 0.045 < 1.000 ..... O.K

Dettaglio verifica involucro U – modello con cerniere

### 1. Design Information

Design Code Eurocode3:05  
 Unit System kN, m  
 Member No 1  
 Material S355 (No:1)  
 ( $F_y = 355000$ ,  $E_s = 210000000$ )  
 Section Name Involucro\_C (No:3)  
 (Built-up Section):  
 Member Length : 3.30000



### 2. Member Forces

Axial Force  $F_{xx} = 0.00000$  (LCB: 1, POS:J)  
 Bending Moments  $M_y = -29.343$ ,  $M_z = -5.7215$   
 End Moments  $M_{yi} = 11.0037$ ,  $M_{yj} = -29.343$  (for Lb)  
 $M_{zi} = -29.343$ ,  $M_{zj} = -29.343$  (for Ly)  
 $M_{zi} = 1.11118$ ,  $M_{zj} = -5.7215$  (for Lz)  
 Shear Forces  $F_{yy} = 10.3656$  (LCB: 1, POS:J)  
 $F_{zz} = 44.8300$  (LCB: 1, POS:J)

Depth	0.43000	Web Thick	0.01200
Top F Width	0.42700	Top F Thick	0.01200
Bot.F Width	0.42700	Bot.F Thick	0.01200
Area	0.01512	$A_{sz}$	0.00516
$I_{yy}$	0.10985	$I_{zz}$	0.00030
$I_{yy}$	0.00051	$I_{zz}$	0.00030
$I_{yy}$	0.14664	$I_{zz}$	0.21500
$I_{yy}$	0.00239	$I_{zz}$	0.00106
$I_{yy}$	0.18450	$I_{zz}$	0.14038

### 3. Design Parameters

Unbraced Lengths  $L_y = 3.30000$ ,  $L_z = 0.90000$ ,  $L_b = 0.90000$   
 Effective Length Factors  $K_y = 1.00$ ,  $K_z = 1.00$   
 Equivalent Uniform Moment Factors  $C_{my} = 1.00$ ,  $C_{mz} = 1.00$ ,  $C_{mLT} = 1.00$

### 4. Checking Result

Slenderness Ratio

$L/r = 17.9 < 300.0$  (Memb:1, LCB: 1)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00/5367.60 = 0.000 < 1.000$  ..... O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 29.343/470.228 = 0.062 < 1.000$  ..... O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 5.722/398.110 = 0.014 < 1.000$  ..... O.K

Combined Resistance

$R_{byN} = N_{Ed}/(A_{eff} \cdot f_y / \gamma_{M0})$ ,  $R_{byM} = (M_{Edy} + N_{Ed} \cdot e_{Ny})/M_{y,Rd} + (M_{Edz} + N_{Ed} \cdot e_{Nz})/M_{z,Rd}$

$R_{max} = \text{MAX}[R_{MNRd}, (R_{byN} + R_{byM})] = 0.077 < 1.000$  ..... O.K

Shear Resistance

$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.005 < 1.000$  ..... O.K

$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.045 < 1.000$  ..... O.K

*Dettaglio verifica involucro U – modello con incastro*

## 8.2 Verifica saldatura scatolare – trasverso

Si effettuano le verifiche sulle saldature a cordone da realizzarsi tra la sella di attesa solidale all' anima del trasverso e lo scatolare di collegamento i traversi stessi. A favore di sicurezza si fa riferimento alle sollecitazioni ottenute dal modello vincolato mediante incastri.

Le sollecitazioni ottenute dal modello sono le seguenti.

$$M_x = 58.28 \text{ kNm}$$

$$F_y = 10.8 \text{ kN}$$

$$F_z = 44.83 \text{ kN}$$

$$M_y = 29.34 \text{ kNm}$$

$$M_z = 5.26 \text{ kNm}$$

I calcoli di verifica saranno effettuati tenendo conto dei soli cordoni verticali, di dimensioni pari a 427x12 mm e disposti ad una distanza pari a 430 mm.

Lo spessore di gola dei cordoni a è pari a  $0.7 \cdot 12 = 8.4 \text{ mm}$ .

Le sollecitazioni agenti su ciascun cordone sono le seguenti.

$$\tau_{//} = F_z / (2 \cdot a \cdot h) = 44.83 \cdot 10^3 / (2 \cdot 8.4 \cdot 427) = 6.25 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = M_z / (2 \cdot W) = 5.26 \cdot 10^6 / (2 \cdot 427 \cdot 8.4^3 / 6) = 68.28 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = F_y / (2 \cdot a \cdot h) = 10.8 \cdot 10^3 / (2 \cdot 8.4 \cdot 427) = 1.45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 2 \cdot M_y / (d \cdot a \cdot h) = 2 \cdot 29.34 \cdot 10^6 / (430 \cdot 8.4 \cdot 427) = 38.05 \text{ MPa}$$

$$\tau_{//} = M_x / (d \cdot a \cdot h) = 58.28 \cdot 10^6 / (430 \cdot 8.4 \cdot 427) = 37.80 \text{ MPa}$$

In accordo col 4.2.8.2.4 delle NTC2018 si considera:

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{//}^2 + \tau_{\perp}^2)]} = \sqrt{[106.32^2 + 3 \cdot (44.05^2 + 1.45^2)]} = 130.89 \text{ MPa} \leq$$

$$f_{tk} / (\beta \cdot \gamma_{M2}) = 510 / (0.9 \cdot 1.25) = 453 \text{ MPa}$$

$$\text{e } \sigma_{\perp} = 106.32 \text{ MPa} \leq 0.9 \cdot f_{tk} / (\beta \cdot \gamma_{M2}) = 367.20 \text{ MPa}$$

### 8.3 Verifica collegamento barriera - cordolo

Si verificano le 4 barre M24 di collegamento poste in corrispondenza dei montanti della barriera. Tale collegamento è realizzato mediante 4 M24 posti ai vertici di un rettangolo di dimensioni 220x210 mm e inghisati per 35 cm nel getto in c.a.

Si considera agire sul montante l'azione d'urto definita nei paragrafi precedenti e pari a 44.83 kN, posta a 1.0 m dal piano stradale. Sulle due barre M24 sollecitate a trazione le azioni di calcolo sono le seguenti:

$$F_{v,Ed} = 44.83/4 = 11.21 \text{ kN} \quad \text{azione di taglio}$$

$$F_{t,Ed} = 44.83/0.21/2 = 106.74 \text{ kN} \quad \text{azione di trazione}$$

Le verifiche lato acciaio sono le seguenti.

Verifica bullone M24					
A	353.00	mm <sup>2</sup>	F <sub>t,Ed</sub>	106.74	kN
f <sub>ub</sub>	800	MPa	F <sub>v,Ed</sub>	11.21	kN
f <sub>yb</sub>	640	MPa			
γ <sub>M2</sub>	1.25				
F <sub>t,Rd</sub>	203.33	kN			
CS <sub>T</sub>	0.52	OK			
F <sub>v,Rd</sub>	135.55	kN			
CS <sub>V</sub>	0.08	OK			
CS <sub>comb</sub>	0.46	OK			

Dal punto di vista del calcestruzzo si verifica la rottura conica per pull – out considerando il contributo apportato dalle staffe opportunamente disposte nel cordolo.

L'armatura necessaria a contrastare la forza di trazione è la seguente:

$$A_{s,min} = 2 \cdot F_{t,Ed} / f_{yk} = 2 \cdot 106.74 / 391 = 546 \text{ mm}^2$$

Sono necessarie dunque 5 barre Φ12 disposte all'interno dell'ipotetico cono di rottura di ampiezza pari a  $(2 \cdot h_{eff}) + 0.22 = 0.92 \text{ m}$ .

Considerando per le staffe un passo di 10 cm, nel cono di rottura sono presenti 9.2 staffe, sufficienti a contrastare l'azione di trazione in quanto  $A_s = 9.2 \cdot 113 = 1039 \text{ mm}^2 > A_{s,min}$ .

Si verifica anche la rottura del bordo di calcestruzzo considerando sempre le staffe presenti nel cordolo.

L'armatura necessaria è valutata come:

$$A_{s,min} = V_{Ed}/f_{yk} = 44.83 \cdot 10^3/391 = 115 \text{ mm}^2$$

come lunghezza di rottura del bordo si considera:  $2 \cdot c_1 + 210 = 396 \text{ mm}$

In tale lunghezza sono presenti 3.9 staffe, di area complessiva  $440 \text{ mm}^2$ , superiore all'area minima richiesta.

L'ancoraggio risulta pertanto verificato.

## 9 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI ESISTENTI

Nel presente capitolo si verifica la struttura esistente del traverso, nella sezione in cui è presente un giunto bullonato e nella sezione di incastro con la trave principale. A favore di sicurezza si fa riferimento al traverso più lungo, quello più corto risulta quindi automaticamente verificato.

Il traverso si compone di una lamiera superiore di spessore pari a 12 mm, un'anima anch'essa di spessore 12 mm e un'ala inferiore di spessore pari a 14 mm. Le greche della piastra ortotropa consistono in lamiere sagomate di spessore pari a circa 8 mm e poste ad interasse di 0.50 m.

Al di sopra della piastra ortotropa è presente la pavimentazione, con uno spessore di 7 cm.

Per le verifiche successive si considera l'interasse massimo tra i traversi, pari a 3.30 m.

### 9.1 Verifica giunto

La sezione in cui è presente il giunto bullonato si trova a distanza di circa 2.00 m dal limite esterno dello sbalzo. I carichi agenti sono i seguenti:

#### *Pesi permanenti*

Carpenteria traverso:	6.60 kN/m
Greche:	4.04 kN
Pavimentazione:	$20 \cdot 0.07 \cdot 3.3 = 4.62$ kN/m
Barriera di sicurezza:	$1.5 \cdot 3.3 = 4.95$ kN
Nuovo Cordolo:	$25 \cdot 0.4 \cdot 0.5 \cdot 3.3 = 16.50$ kN

#### *Variabili da traffico - schema 2*

$Q = 200$  kN

#### *Urto*

Si considera agire l'urto sui due montanti a cavallo di un traverso.

$F_{urto} = 2 \cdot 44.83 = 89.66$  kN

Complessivamente le sollecitazioni di progetto per la combinazione eccezionale sono le seguenti:

$N_{Ed} = 89.66$  kN (Trazione)

Relazione tecnica e di calcolo

22

$$V_{Ed} = 6.60 \cdot 2.00 + 4.04 + 4.62 + 4.95 + 16.50 + 200 = 256.18 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 6.60 \cdot 2.00^2/2 + 4.04 \cdot 0.6 + 4.62 \cdot 2.00^2/2 + 4.95 \cdot 1.10 + 16.50 \cdot 1.02 + 200 \cdot 0.4 + 89.66 \cdot 1.40 = 259.87 \text{ kNm}$$

Si verifica quindi una sezione a doppio T con le seguenti caratteristiche:

$$A = 15976 \text{ mm}^2$$

$$I = 966945028 \text{ mm}^4$$

$$y_G = 312 \text{ mm}$$

$$W_{el} = 3099183 \text{ mm}^3$$

$$A_v = 6876 \text{ mm}^2$$

Le caratteristiche resistenti del profilo e le relative verifiche sono le seguenti:

#### Trazione

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk}/\gamma_{M0} = 15976 \cdot 355/1.05 = 5401 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{netta} \cdot f_{tk}/\gamma_{M2} = 0.9 \cdot 13012 \cdot 510/1.25 = 4778 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 89.66 \text{ kN} < N_{u,Rd} = 4778 \text{ kN}$$

#### Flessione

$$M_{Rd} = W_{el} \cdot f_{yk}/\gamma_{M0} = 3099183 \cdot 355/1.05 = 1048 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 259.87 \text{ kNm} < M_{Rd} = 1048 \text{ kNm}$$

#### Taglio

$$V_{Rd} = A_v \cdot f_{yk}/(\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 6876 \cdot 355/(\sqrt{3} \cdot 1.05) = 1342 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 256.18 \text{ kN} < V_{Rd} = 1342 \text{ kN}$$

Si verifica quindi il giunto bullonato. Sono presenti 13 + 13 bulloni d'anima M24 e 8 + 8 bulloni sulla piattabanda inferiore, sempre M24.

I bulloni d'anima sono soggetti alle forze di taglio orizzontali derivanti dall'azione di trazione, considerata uniformemente ripartita tra tutti i bulloni, e alla forza di taglio verticale dovuta al taglio.

I piani di taglio presenti sulla porzione di giunto sull'anima sono 2.

Le sollecitazioni sul singolo bullone d'anima sono le seguenti:

$$V_{or} = N_{Ed}/(13 \cdot 2 + 8) = 2.64 \text{ kN}$$

$$V_{ver} = V_{Ed}/(2 \cdot 13) = 9.85 \text{ kN}$$

Verifica bulloni anima M24		
A	353.00	mm <sup>2</sup>
f <sub>ub</sub>	800	MPa
f <sub>yb</sub>	640	MPa
γ <sub>M2</sub>	1.25	
<b>F<sub>t,Rd</sub></b>	<b>203.33</b>	<b>kN</b>
<b>CS<sub>T</sub></b>	<b>0.00</b>	<b>OK</b>
<b>F<sub>v,Rd</sub></b>	<b>135.55</b>	<b>kN</b>
<b>CS<sub>V</sub></b>	<b>0.08</b>	<b>OK</b>
<b>CS<sub>comb</sub></b>	<b>0.08</b>	<b>OK</b>

Verifica rifollamento		
f <sub>tk</sub>	510	MPa
d	24	mm
d <sub>0</sub>	26	mm
t	12	mm
e <sub>1</sub>	91	mm
e <sub>2</sub>	43	mm
p <sub>1</sub>	70	mm
p <sub>2</sub>	55	mm
k	2.5	
α	1.00	
γ <sub>M2</sub>	1.25	
<b>F<sub>b,Rd</sub></b>	<b>293.76</b>	<b>kN</b>
<b>CS</b>	<b>0.03</b>	<b>OK</b>

I bulloni sulla piattabanda inferiore sono soggetti al taglio dovuto all'azione di trazione e al momento flettente.

$$V_N = N_{Ed}/(13 \cdot 2 + 8) = 2.64 \text{ kN}$$

$$V_M = M_{Ed}/(0.58 \cdot 8) = 56.01 \text{ kN}$$

Verifica bulloni ala inf. M24		
A	353.00	mm <sup>2</sup>
f <sub>ub</sub>	800	MPa
f <sub>yb</sub>	640	MPa
Y <sub>M2</sub>	1.25	
<b>F<sub>t,Rd</sub></b>	<b>203.33</b>	<b>kN</b>
<b>CS<sub>T</sub></b>	<b>0.00</b>	<b>OK</b>
<b>F<sub>v,Rd</sub></b>	<b>135.55</b>	<b>kN</b>
<b>CS<sub>V</sub></b>	<b>0.43</b>	<b>OK</b>
<b>CS<sub>comb</sub></b>	<b>0.43</b>	<b>OK</b>

Verifica rifollamento		
f <sub>tk</sub>	510	MPa
d	24	mm
d <sub>0</sub>	26	mm
t	12	mm
e <sub>1</sub>	48	mm
e <sub>2</sub>	100	mm
p <sub>1</sub>	81	mm
p <sub>2</sub>	200	mm
k	2.5	
α	0.62	
Y <sub>M2</sub>	1.25	
<b>F<sub>b,Rd</sub></b>	<b>180.78</b>	<b>kN</b>
<b>CS</b>	<b>0.32</b>	<b>OK</b>

F <sub>t,Ed</sub>	0	kN
F <sub>v,Ed</sub>	58.64	kN

## 9.2 Verifica sezione incastro trasverso

La sezione di incastro si trova a distanza di circa 3.34 m dal limite esterno dello sbalzo. I carichi agenti sono i seguenti:

*Pesi permanenti*

Carpenteria trasverso: 6.60 kN/m

Relazione tecnica e di calcolo

25

**RTP di progettazione:**

**Mandataria:**

**Mandanti:**

Greche:	8.08 kN
Pavimentazione:	$20 \cdot 0.07 \cdot 3.3 = 4.62$ kN/m
Barriera di sicurezza:	$1.5 \cdot 3.3 = 4.95$ kN
Nuovo Cordolo:	$25 \cdot 0.4 \cdot 0.5 \cdot 3.3 = 16.50$ kN

*Variabili da traffico - schema 2*

$$Q = 200 \text{ kN}$$

*Urto*

Si considera agire l'urto sui due montanti a cavallo di un traverso.

$$F_{\text{urto}} = 2 \cdot 44.83 = 89.66 \text{ kN}$$

Complessivamente le sollecitazioni di progetto per la combinazione eccezionale sono le seguenti:

$$N_{\text{Ed}} = 89.66 \text{ kN (Trazione)}$$

$$V_{\text{Ed}} = 6.60 \cdot 3.34 + 8.08 + 4.62 + 4.95 + 16.50 + 200 = 275.26 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Ed}} = 6.60 \cdot 3.34^2/2 + 8.08 \cdot 1.2 + 4.62 \cdot 3.34^2/2 + 4.95 \cdot 2.44 + 16.50 \cdot 2.36 + 200 \cdot 1.74 + 89.66 \cdot 1.40 = 616.30 \text{ kNm}$$

Si verifica quindi una sezione a doppio T con le seguenti caratteristiche:

$$A = 15976 \text{ mm}^2$$

$$I = 966945028 \text{ mm}^4$$

$$y_G = 312 \text{ mm}$$

$$W_{\text{el}} = 3099183 \text{ mm}^3$$

$$A_v = 6876 \text{ mm}^2$$

Le caratteristiche resistenti del profilo e le relative verifiche sono le seguenti:

*Trazione*

$$N_{\text{pl,Rd}} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 15976 \cdot 355 / 1.05 = 5401 \text{ kN}$$

$$N_{\text{u,Rd}} = 0.9 \cdot A_{\text{netta}} \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 0.9 \cdot 13012 \cdot 510 / 1.25 = 4778 \text{ kN}$$

Relazione tecnica e di calcolo

26

**RTP di progettazione:**

**Mandataria:**

**Mandanti:**



$$N_{Ed} = 89.66 \text{ kN} < N_{u,Rd} = 4778 \text{ kN}$$

### Flessione

$$M_{Rd} = W_{el} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 3099183 \cdot 355 / 1.05 = 1048 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 616.30 \text{ kNm} < M_{Rd} = 1058 \text{ kNm}$$

### Taglio

$$V_{Rd} = A_v \cdot f_{yk} / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}) = 6876 \cdot 355 / (\sqrt{3} \cdot 1.05) = 1342 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 275.26 \text{ kN} < V_{Rd} = 1342 \text{ kN}$$

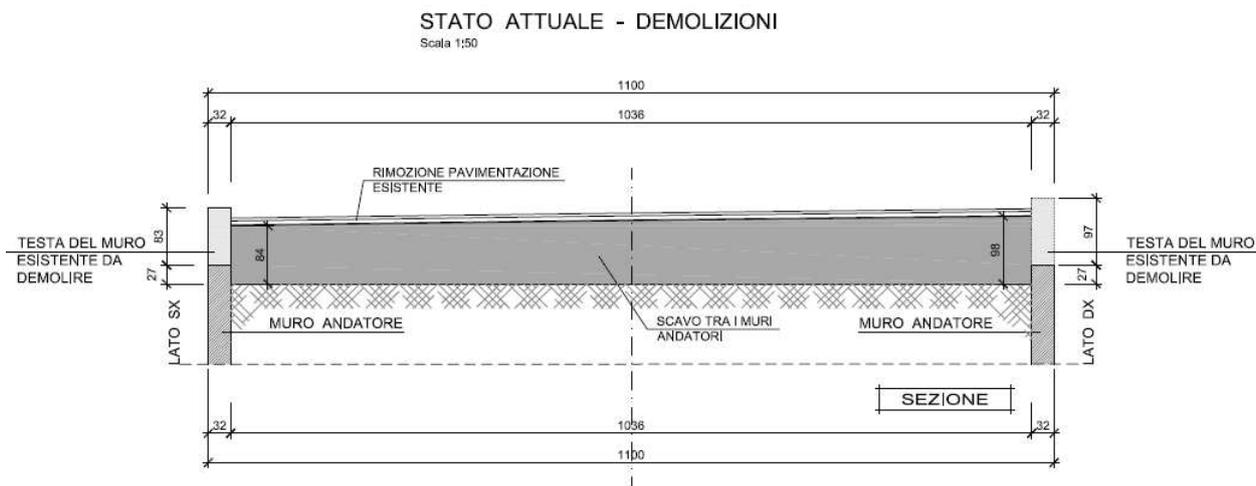
## 10 INTERVENTO SU CORDOLO SPALLA

L'intervento di rifacimento del cordolo laterale sui muri delle due spalle esistenti prevede le seguenti fasi principali:

1. Demolizione parziale della sommità dei muri esistenti e scavo a tergo di essi
2. Getto di uno strato di calcestruzzo strutturale non armato di opportuno spessore;
3. Realizzazione del banchettone in cemento armato;
4. Riempimento eventuale dello spazio al di sotto della pavimentazione con strato di misto cementato;
5. Posa del pacchetto della pavimentazione.

La fase 2 prevede il getto di uno strato di calcestruzzo strutturale non armato, al di sotto del banchettone. Tale elemento assolve diverse funzioni nell'ambito dell'intervento:

- contribuisce al peso complessivo della struttura ai fini della verifica globale a traslazione del manufatto, all'interfaccia strato di base-terreno;
- assicura l'aderenza col calcestruzzo del banchettone con coefficienti di aderenza che rendono di fatto la verifica a traslazione in corrispondenza dell'interfaccia tra i due getti di calcestruzzo poco influente;
- limita lo spessore del banchettone, limitando così i costi di intervento.



SITUAZIONE FINALE - BANCHETTONE

Scale 1:50

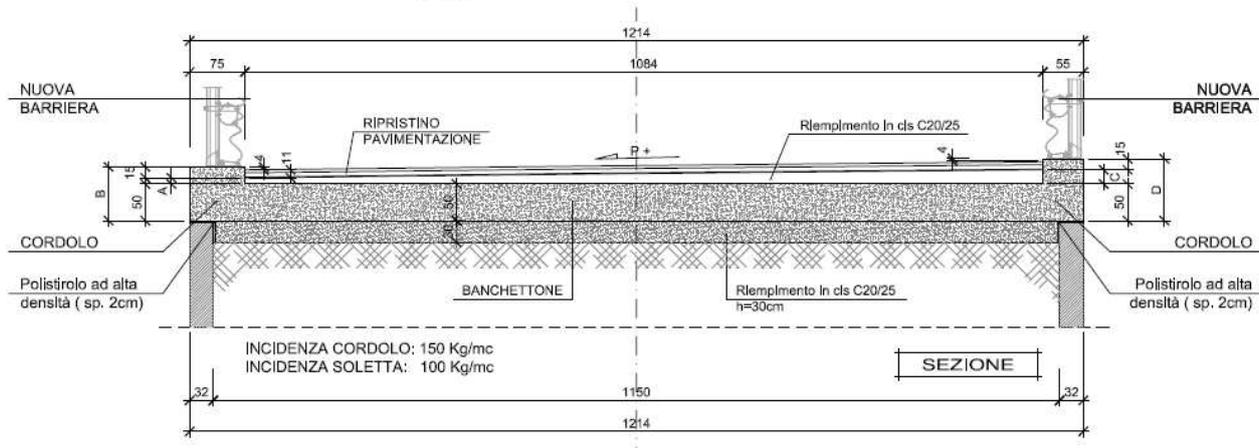


TABELLA VARIABILI

SPALLA	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)	H (cm)	PENDENZA STRADALE
SP1	5	70	32	97	72	84	100	112	+ 2,5%
SP2	5	70	32	97	72	84	100	112	+ 2,5%

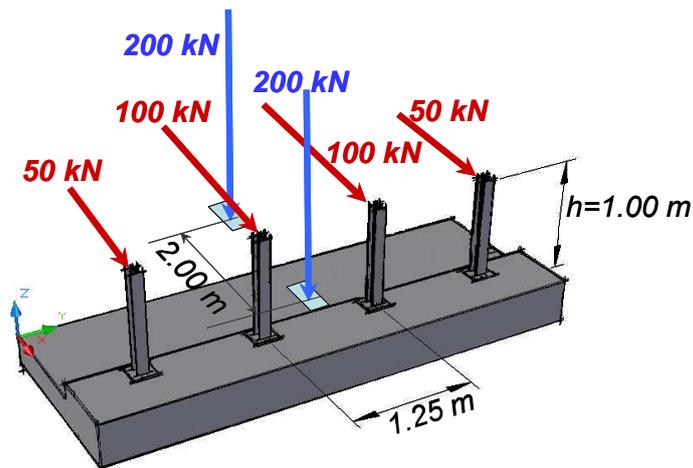
### 10.1 Azioni sui parapetti e Urto dei veicoli in Svio

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 NTC2018, comportano coefficienti parziali unitari sui materiali.

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

## 10.2 Geometria e verifiche del banchettone

**E78 S.G.C. GROSSETO – FANO - Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (Lotto 2) e del Tratto Guinza - Mercatello Ovest (Lotto 3) - 1° stralcio - Viadotto Pieruccia**

**Cordoli per barriera di sicurezza su muro della spalla - DATI: Bcord=0,55m**

ELEMENTI			
<b>GEOMETRIA LONGITUDINALE</b>			
strada in esercizio? (0=no; 1=sì)			0
lunghezza intervento (LONGITUD.)	$L_{\text{intervento}}$	=	8,00 m
larghezza minima banchettone di estremità	$L_{\text{intervento}}$	=	5,84 m
<b>SOLETTA E CORDOLO</b>			
spessore soletta	$H_{\text{sol}}$	=	0,50 m
estensione della soletta oltre il filo interno cordolo	$B_{\text{sol}}$	=	10,25 m
altezza cordolo sopra la soletta	$H_{\text{cor}}$	=	0,34 m
larghezza cordolo	$B_{\text{cor}}$	=	0,55 m
distanza estradosso pavimentazione-estradosso cordolo	$d_{\text{pav-cor}}$	=	0,04 m
altezza totale (soletta+cordolo)	$H_{\text{tot}}$	=	0,84 m
larghezza totale intervento (cordolo+soletta)	$B_{\text{tot}}$	=	10,80 m
<b>PAVIMENTAZIONE</b>			
spessore pavimentazione	$H_{\text{pav}}$	=	0,30 m
larghezza pavimentazione	$B_{\text{pav}}$	=	10,25 m
<b>CLS STRUTTURALE NON ARMATO (STRATO DI BASE)</b>			
spessore cls (di calcolo)	$H_{\text{cls,calc}}$	=	0,30 m
spessore cls (effettivo in elaborato)	$H_{\text{cls,eff}}$	=	0,35 m
estensione magrone oltre filo interno soletta	$d_{\text{cls-sol}}$	=	0,05 m
larghezza calcestruzzo (strato di base)	$B_{\text{cls}}$	=	10,53 m
			valore fisso (valore minimo 5cm per la cassaforma per il getto)
<b>MURO ESISTENTE</b>			
muro esistente presente? (0=no; 1=sì)			1
spessore medio in testa	$B_{\text{mur,m}}$	=	0,32 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

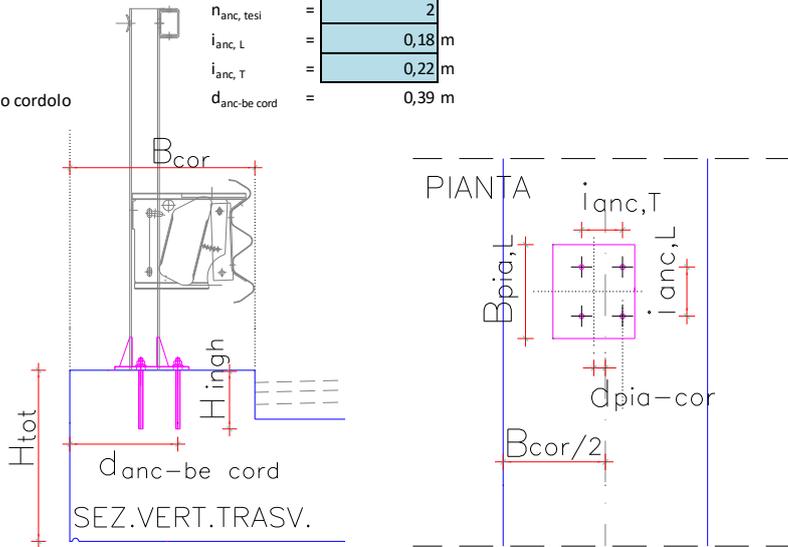
tra fondazione in cls e terreno  
1 su 1

**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	$\gamma_{pav}$	=	24,00 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	$d_{anc-be cord}$	=	0,39 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	$n_{br,1 st}$	=	2	
numero braccia resistenti alla trazione	$n_{br,1 res}$	=	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	EC2 punto 6.2.5
fattore di adesione	$C$	=	0,35	

**RIBALTAMENTO**

$C_{RIBALTAM}$	->	EQU		
coefficiente parziale azioni permanenti	$\gamma_{\phi}$	=	0,90	
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	$\gamma_R$	=	0,90	

**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	NTC2018 - PAR.4.1.2.1.1
coefficiente parziale acciaio	$\gamma_s$	=	1,15	

Progetto Esecutivo

**VERIFICHE**

**GLOBALI**

**TRASLAZIONE INTERFACCIA FONDAZIONE IN CLS-TERRENO**

<b>azione agente di calcolo</b>	$T_d$	=	300,00 kN
peso struttura in c.a.	$P_{C.A.}$	=	139,68 kN/m
peso soletta	$P_{sol}$	=	128,13 kN/m
peso cordolo	$P_{cord}$	=	11,55 kN/m
peso fondazione in cls	$P_{F,CLS}$	=	75,82 kN/m
peso pavimentazione	$P_{PAV}$	=	73,80 kN/m
peso totale	$P_{TOT}$	=	289,29 kN/m
<b>azione resistente di calcolo</b>	$T_R$	=	102,71 kN/m
lunghezza minima tratto di soletta	$L_{min}$	>	2,92 m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	5,84 m
coefficiente di sicurezza alla traslazione	$C_T$	=	2,00

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

<b>azione agente di calcolo</b>	$T_d$	=	300,00 kN
peso struttura in c.a.	$P_{C.A.}$	=	139,68 kN/m
peso soletta	$P_{sol}$	=	128,13 kN/m
peso cordolo	$P_{cord}$	=	11,55 kN/m
peso pavimentazione	$P_{PAV}$	=	73,80 kN/m
peso totale	$P_{TOT}$	=	213,48 kN/m
<b>azione resistente di calcolo</b>	$T_R$	=	5030,27 kN/m
componente attritiva	$T_{R,ATTR}$	=	116,44 kN/m
componente coesiva	$T_{R,COES}$	=	4913,83 kN/m
estensione tratto di adesione	$B_{COES}$	=	10,48 m
lunghezza minima tratto di soletta	$L_{min}$	>	0,06 m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	5,84 m
coefficiente di sicurezza alla traslazione	$C_T$	=	97,95

**RIBALTAMENTO**

<b>azione agente di calcolo</b>	$M_d$	=	540,00 kN
contributo struttura in c.a.	$M_{1,C.A.}$	=	730,29 kN/m
peso soletta	$M_{sol}$	=	727,11 kN/m
peso cordolo	$M_{cord}$	=	3,18 kN/m
contributo pavimentazione	$M_{3,PAV}$	=	418,82 kN/m
momento totale a metro lineare	$M_{TOT*}$	=	1034,19 kN/m
lunghezza fissata tratto di soletta	$L_{sol}$	=	5,84 m
<b>azione resistente di calcolo</b>	$M_R$	=	6041,27 kN
coefficiente di sicurezza al ribaltamento	$C_R$	=	11,19

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

<b>azione agente di calcolo</b>	$T_d$	=	300,00 kN
<b>azione resistente di calcolo a metro lineare</b>	$t_R$	=	102,71 kN/m
<b>lunghezza minima per equilibrio roto-traslazione</b>	$L_{sol,min}$	=	5,84 m
<b>azione resistente di calcolo</b>	$M_R$	=	600,00 kN

Progetto Esecutivo

**STRUTTURALI**

**ARMATURA LONGITUDINALE (IN SOLETTA)**

momento agente sulla sezione S1	$M_{Ed}$	=	232,5 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	=	500 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	$M_{Rd}$	=	252 kN	
coefficiente di sicurezza	$M_{Rd}/M_{Ed}$	=	1,085292 >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	$B_{MAX}$	=	0,95 m	
numero staffe nel cordolo	$n_{st,cord}$	=	10	
area staffe	$A_{arm,1}$	=	1074,42 mm <sup>2</sup>	
resistenza di calcolo	$T_R$	=	420 kN	
coefficiente di sicurezza	$T_R/T_A$	=	4,204271 >1	ok

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

braccio delle forze interne	$i_{anc,T}$	=	0,22 m	
distanza forza applicata-piastra di ancoraggio	$p_{st,cord}$	=	0,96 m	
trazione nei tirafondi della barriera	$T_d$	=	436 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	$T_R/T_A$	=	1,379296 >1	ok