

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
08.02 - VI.01 - VIADOTTO VALPIANA DI VALLE

Relazione tecnica e di calcolo

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00VI02STRRE01A.pdf			
LO702M	E	2101	CODICE ELAB. T00VI02STRRE01		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	8
5.1	Peso proprio e carichi permanenti.....	8
5.2	Urto da veicolo in svio	8
5.3	Combinazioni di carico	9
6	MODELLO DI CALCOLO.....	10
7	AZIONI SOLLECITANTI	11
7.1	Modello con cerniere.....	11
7.2	Modello con incastri	13
8	VERIFICA NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI	16
8.1	Verifica involucro metallico.....	16
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	26
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:

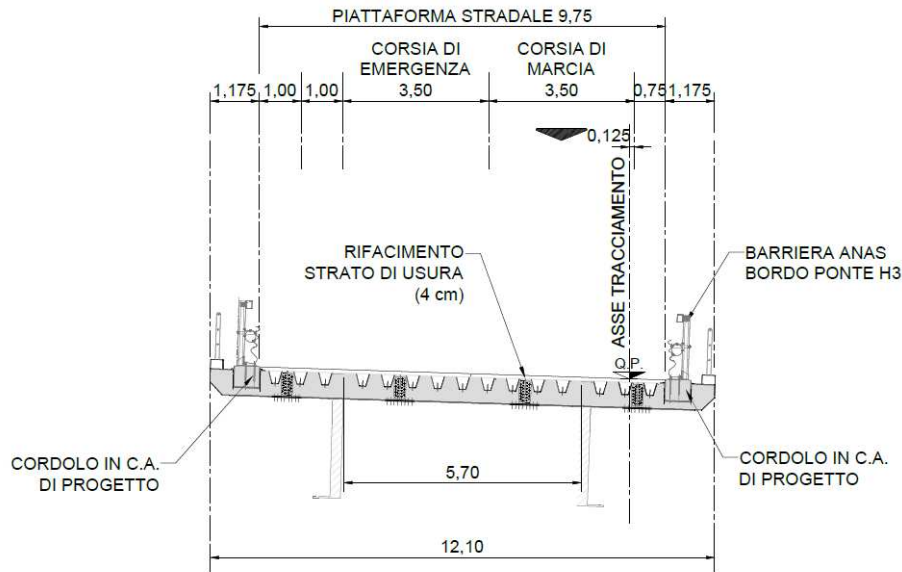
Mandanti:



1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda le verifiche strutturali del nuovo cordolo porta barriere del Viadotto Valpiana di Valle, situato alla pk 6+660.952 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 e anche sulle spalle di prosecuzione.



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 Valpiana di Valle 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 ²)	Temp. (°C)	Re H (N/mm ²)	Re L (N/mm ²)	Rm (N/mm ²)	ALLUNG. (%)
PA5	Soletta	11/10/2022	12,30	20,00	246,00	Amb	418,60	408,10	539,70	29,42
PA6	Traverso	12/10/2022	15,35	20,00	307,00	Amb	347,90	340,60	492,60	32,40
PA7	Traverso	12/10/2022	15,40	20,00	308,00	Amb	351,90	348,60	492,80	32,61

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]
	418.6	408.1	539.7
	347.9	340.6	492.6
	351.9	348.6	492.8
MEDIA	372.8	365.8	508.4

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

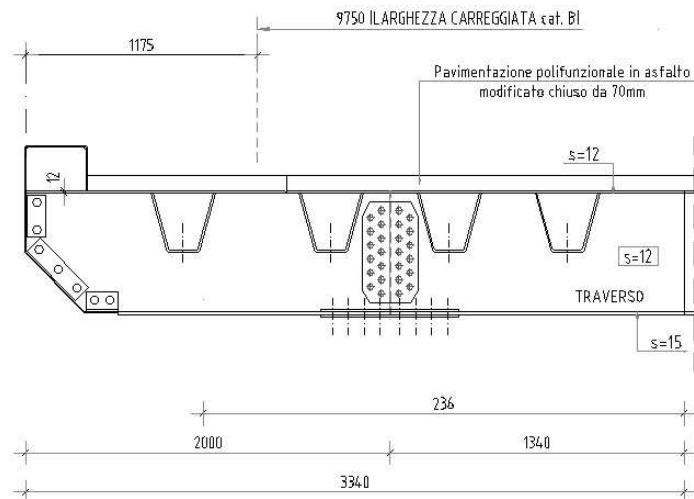
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_s =$	1.15	
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	391.30	MPa

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 3.34 m e 3.12 m e, attualmente, sulle estremità è presente una lamiera presso piegata di ingombro in pianta pari a circa 32 cm.

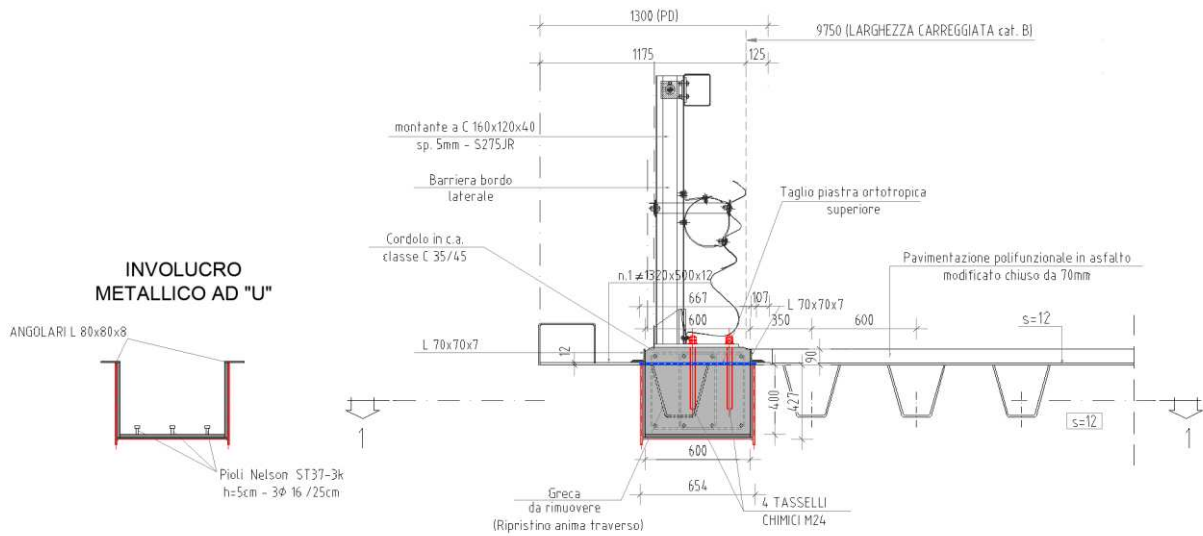


Stato di Fatto sbalzo

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 630x427x15 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.

Progetto Esecutivo



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.

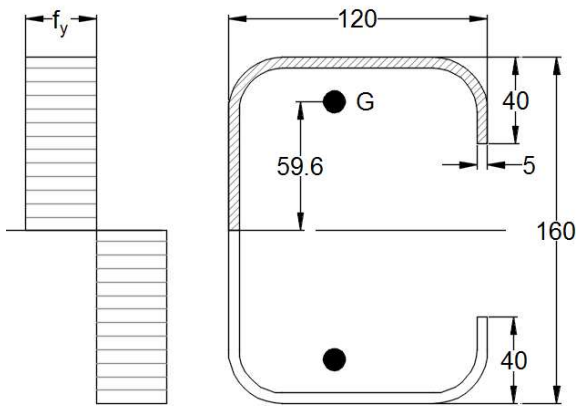
Calcestruzzo: $\gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$

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.

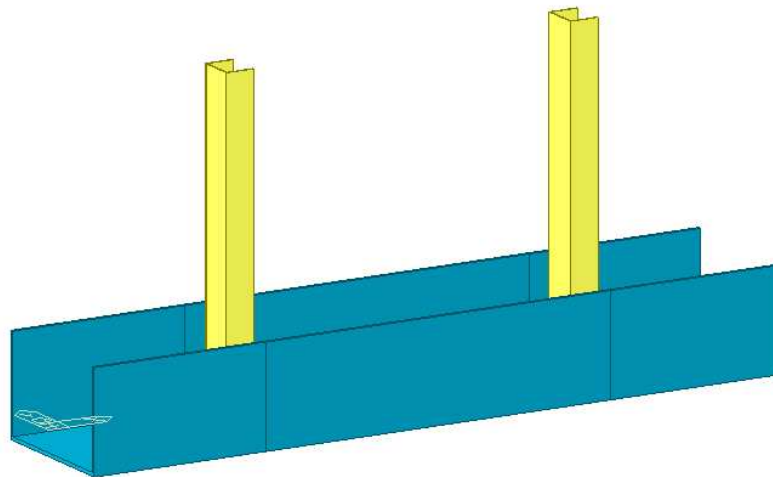
I carichi verticali, ad eccezione del peso degli elementi modellati che è calcolato in automatico dal programma di calcolo, sono applicati alla struttura mediante carichi lineari.

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.



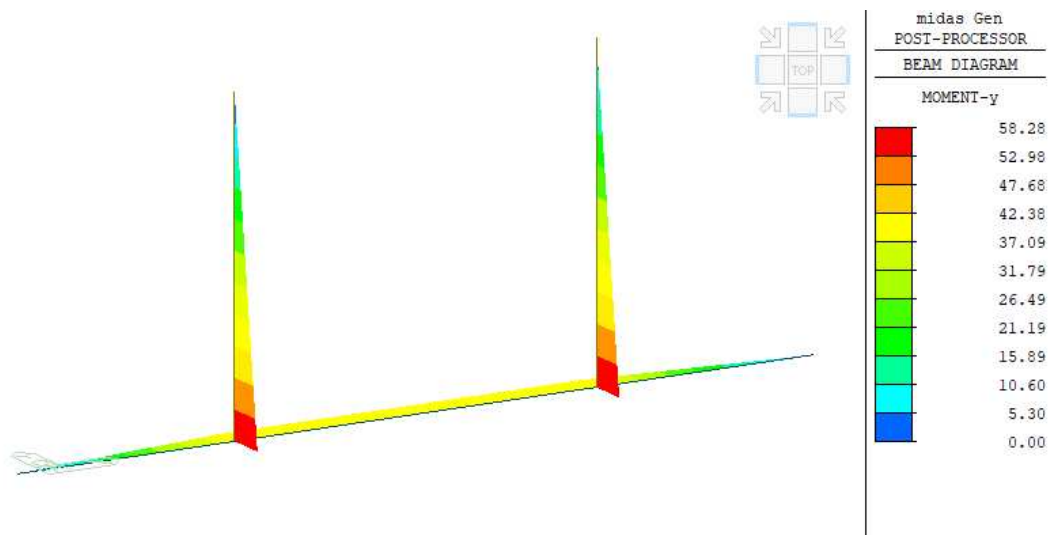
Modello FEM

7 AZIONI SOLLECITANTI

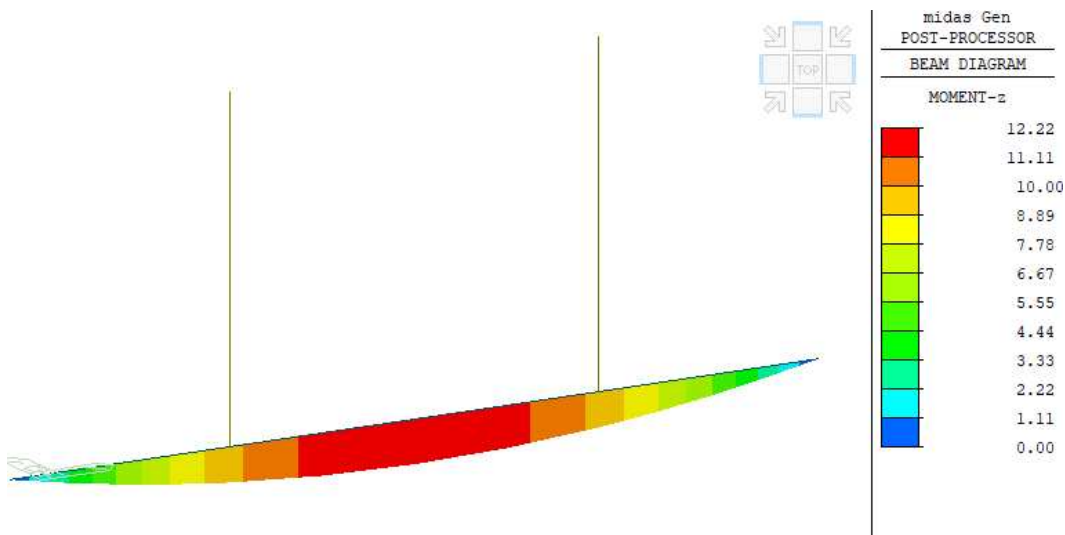
Nel seguente capitolo si mostrano le sollecitazioni agenti sui diversi elementi e per entrambe le condizioni di vincolo.

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

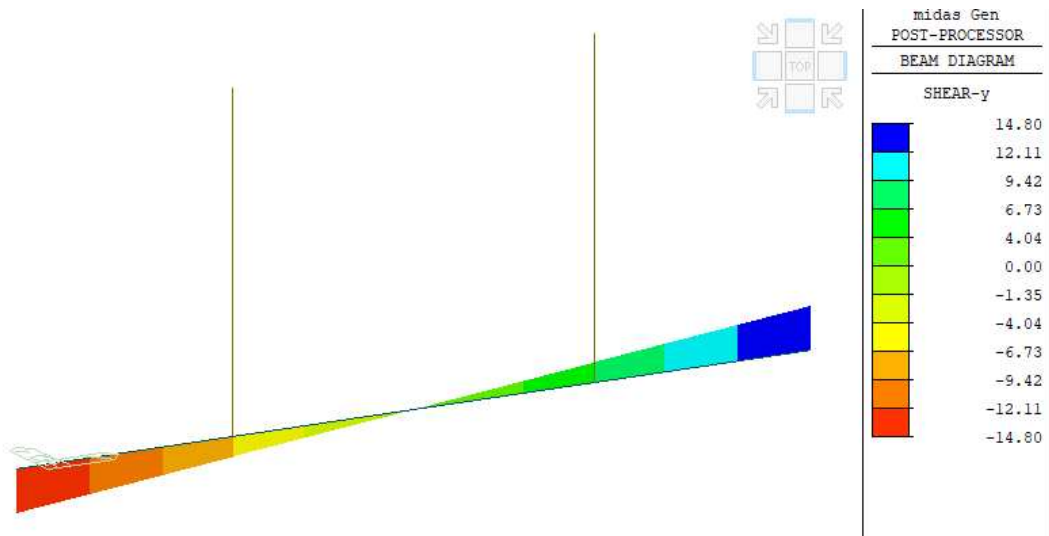
7.1 Modello con cerniere



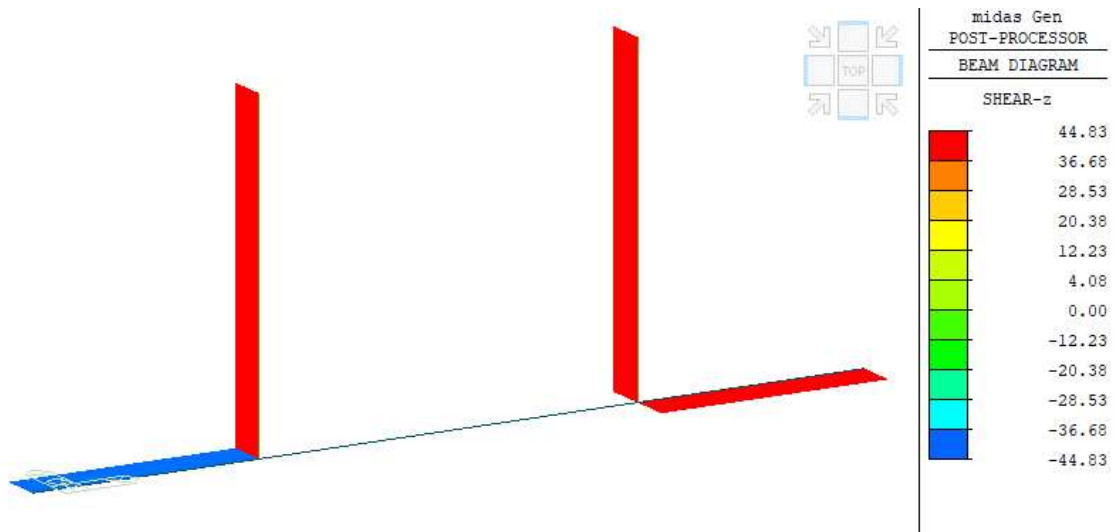
Sollecitazione flettente M_y [kNm]



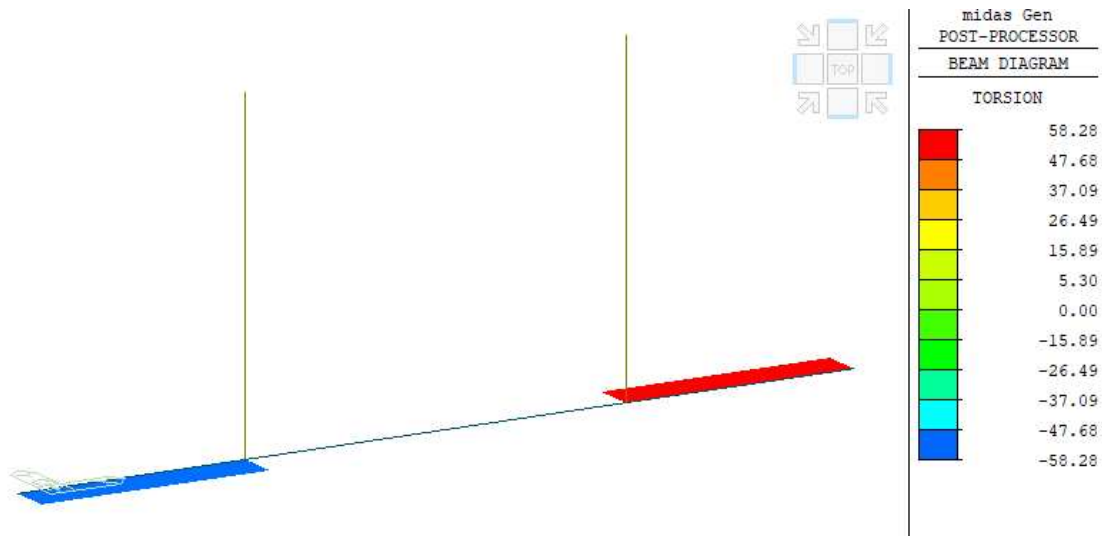
Sollecitazione flettente M_z [kNm]



Sollecitazione di taglio F_y [kN]

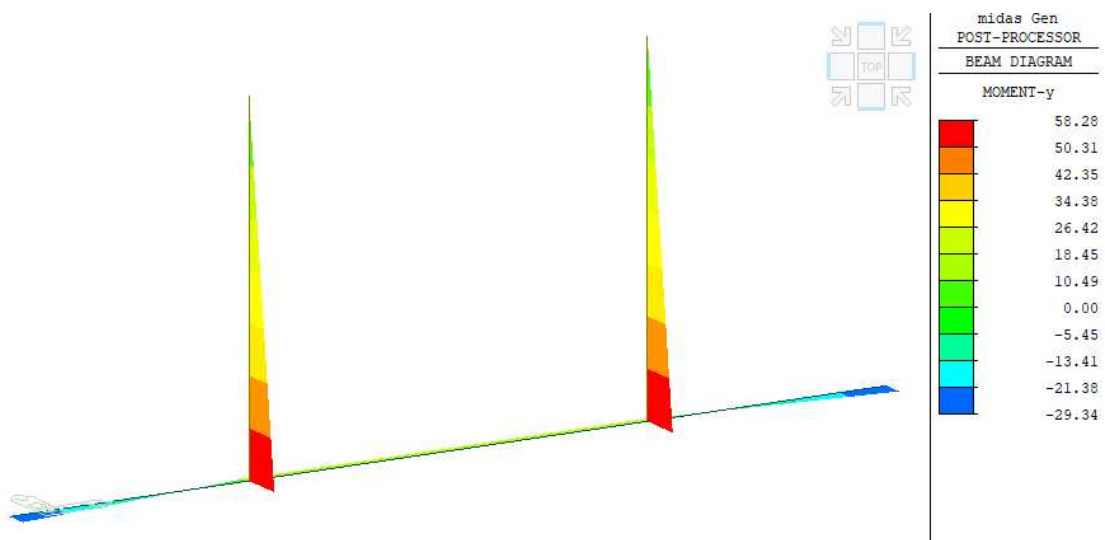


Sollecitazione di taglio F_z [kN]

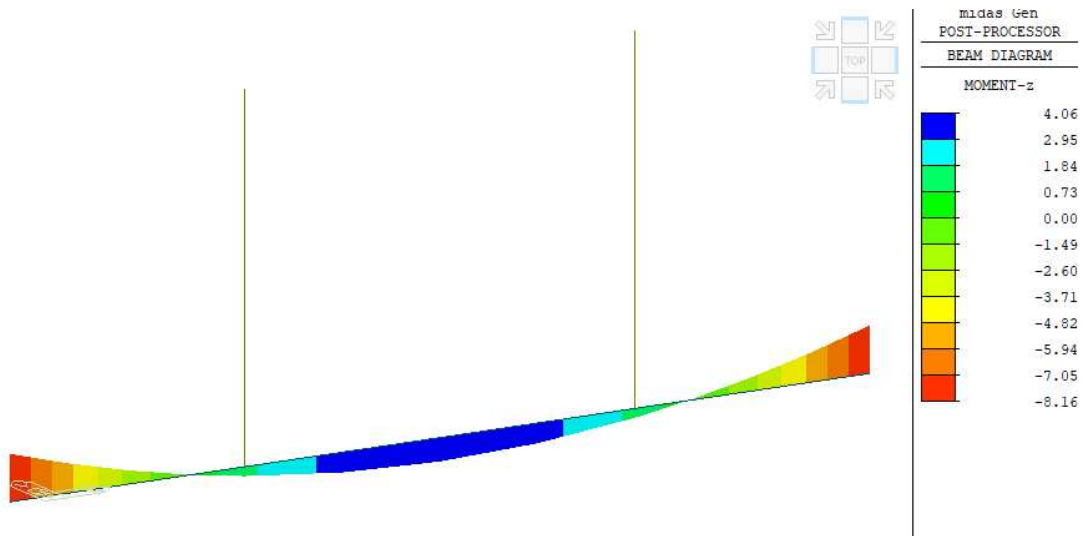


Sollecitazione torcente M_x [kNm]

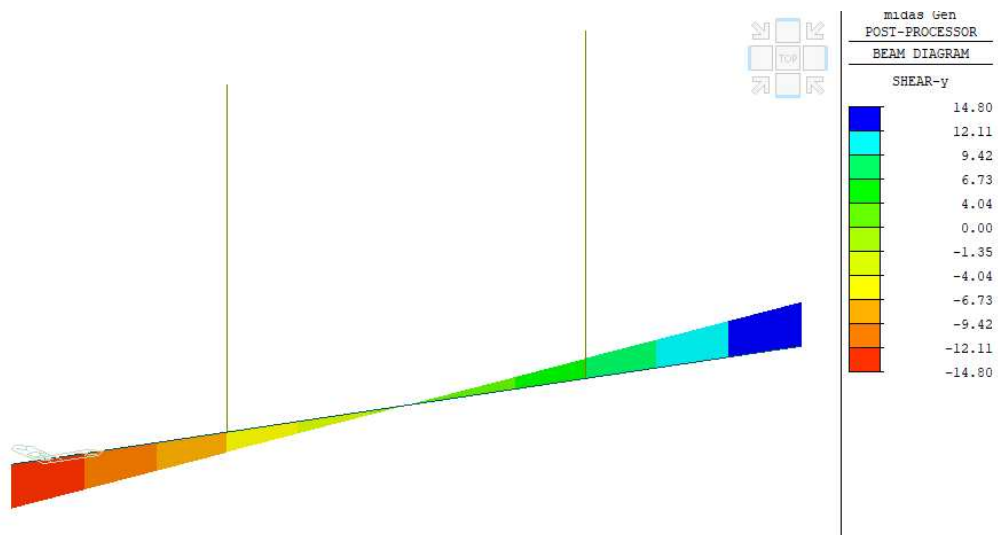
7.2 Modello con incastri



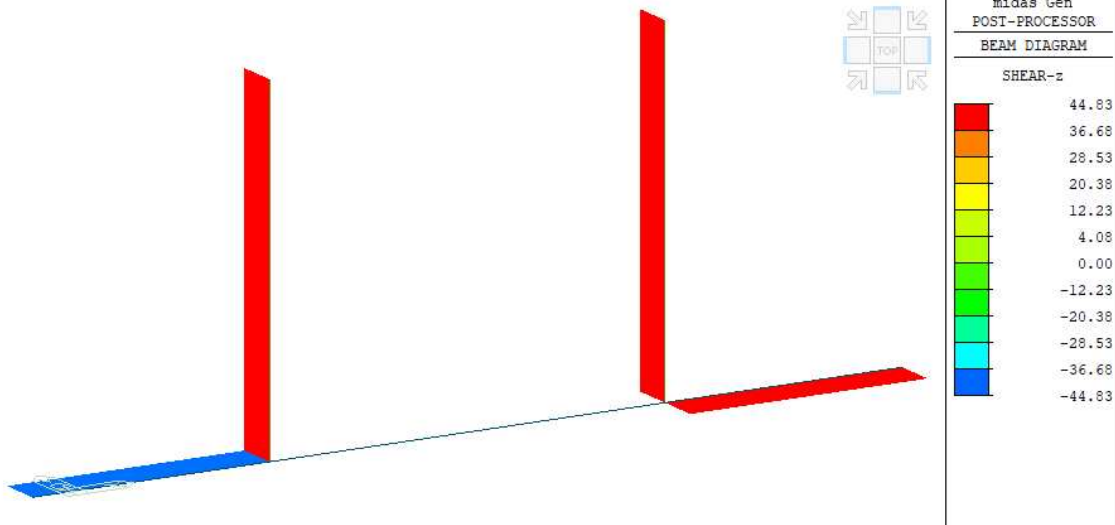
Sollecitazione flettente M_y [kNm]



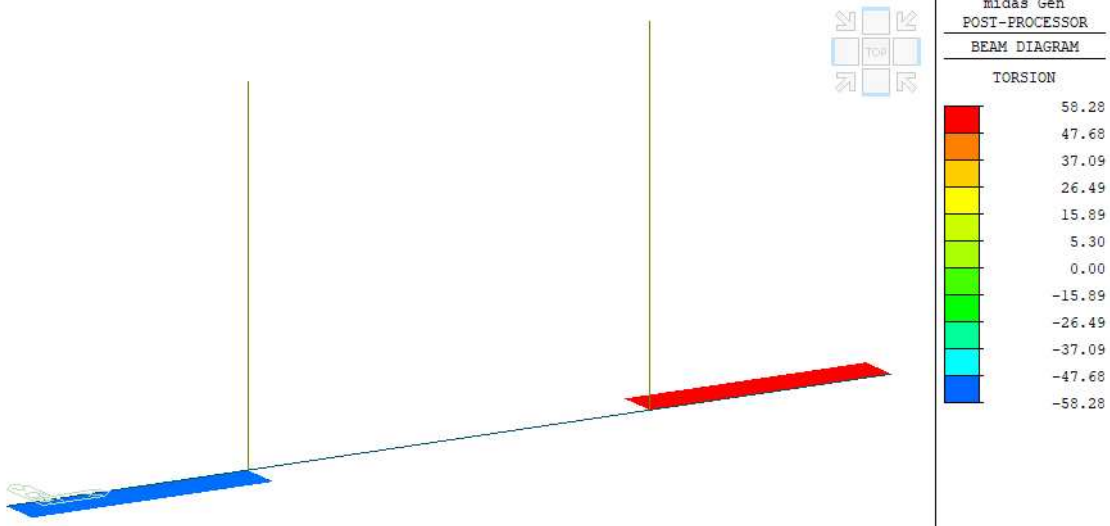
Sollecitazione flettente M_z [kNm]



Sollecitazione di taglio F_y [kN]



Sollecitazione di taglio F_z [kN]



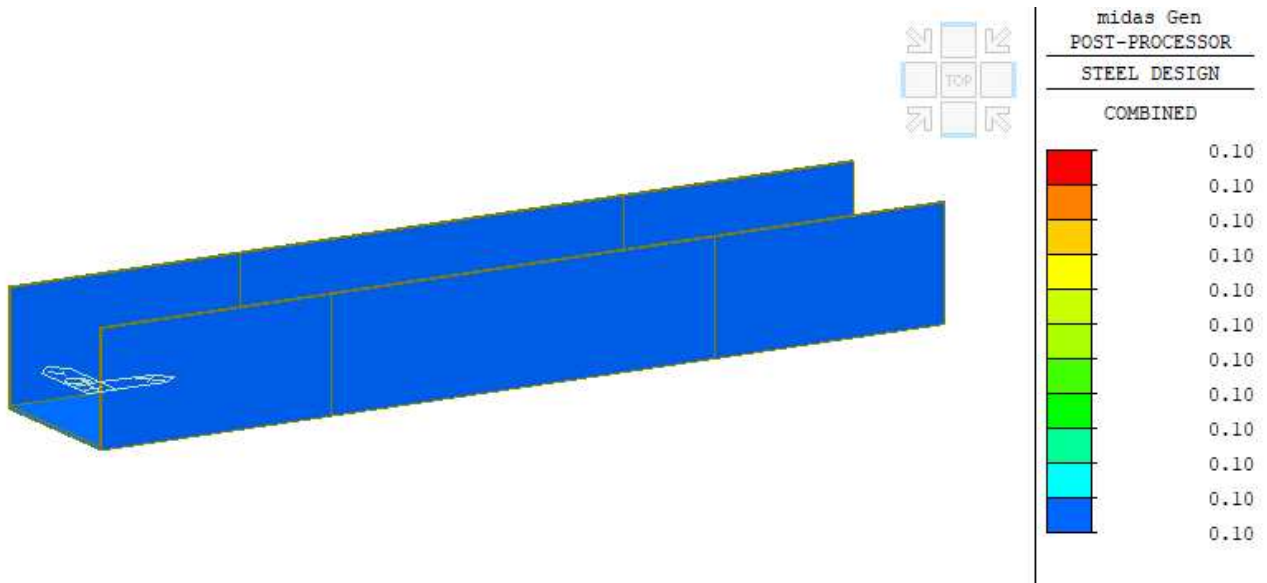
Sollecitazione torcente M_x [kNm]

8 VERIFICA NUOVI ELEMENTI STRUTTURALI

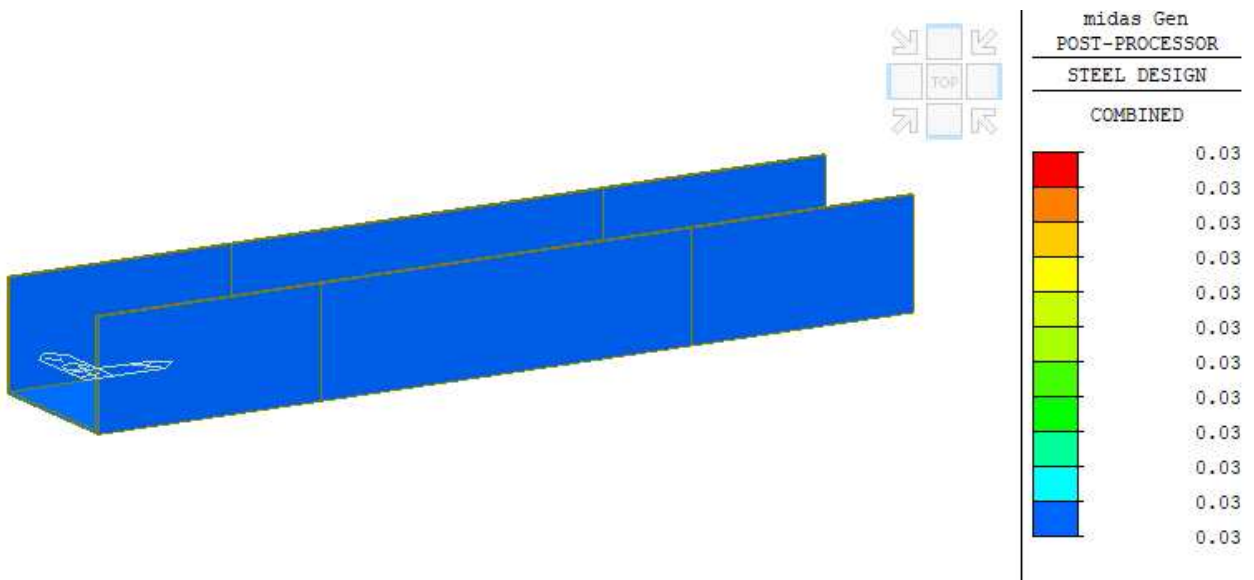
Nel seguente capitolo si mostrano le verifiche degli elementi strutturali in termini di coefficiente di sfruttamento (verifica soddisfatta in caso di c.s.<1.0), le verifiche delle saldature tra involucro, sella e traverso e la verifica del collegamento tra la barriera di sicurezza e il nuovo cordolo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



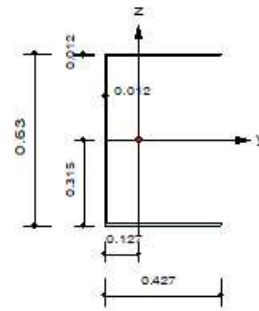
c.s. involucro incernierato



c.s. involucro incastrato

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, m
 Member No 1
 Material S355 (No:1)
 ($F_y = 355000$, $E_s = 210000000$)
 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:1/2)
 Bending Moments $M_y = 40.3470$, $M_z = 12.2209$
 End Moments $M_{yi} = 40.3470$, $M_{yj} = 40.3470$ (for L_y)
 $M_{zi} = 0.00000$, $M_{zj} = 0.00000$ (for L_y)
 $M_{zi} = 9.73221$, $M_{zj} = 9.73221$ (for L_z)
 Shear Forces $F_{yy} = 14.7955$ (LCB: 1, POS:J)
 $F_{zz} = 44.8300$ (LCB: 1, POS:J)

Depth	0.63000	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	0.01752	Asz	0.00756
Cyb	0.17785	Czb	0.04489
Iyy	0.00120	Izz	0.00034
Ybar	0.12737	Zbar	0.31500
Wely	0.00381	Welz	0.00113
ry	0.25184	rz	0.13909

3. Design Parameters

Unbraced Lengths $L_y = 3.30000$, $L_z = 1.50000$, $L_b = 1.50000$
 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

$L/r = 12.6 < 300.0$ (Memb:1, LCB: 1)..... O.K

Axial Resistance

$N_{Ed}/N_{t,Rd} = 0.00/6219.60 = 0.000 < 1.000$ O.K

Bending Resistance

$M_{Edy}/M_{Rdy} = 40.347/805.748 = 0.050 < 1.000$ O.K

$M_{Edz}/M_{Rdz} = 12.221/253.972 = 0.048 < 1.000$ O.K

Combined Resistance

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

$R_{max} = \text{MAX}[R_{MNRd}, (R_{byN} + R_{byM})] = 0.098 < 1.000$ O.K

Shear Resistance

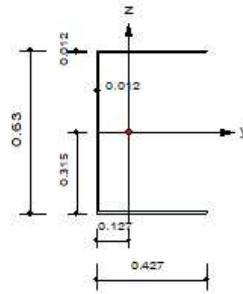
$V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.007 < 1.000$ O.K

$V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.030 < 1.000$ 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)
 (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:J)
 Bending Moments My = -29.343, Mz = -8.1579
 End Moments Myi = 11.0037, Myj = -29.343 (for Lb)
 Myi = -29.343, Myj = -29.343 (for Ly)
 Mzi = 1.57430, Mzj = -8.1579 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 14.7955 (LCB: 1, POS:J)
 Fzz = 44.8300 (LCB: 1, POS:J)

Depth	0.63000	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	0.01752	Asz	0.00756
Oyb	0.17785	Ozb	0.04489
Iwy	0.00120	Izz	0.00034
Ybar	0.12737	Zbar	0.31500
Wely	0.00381	Welz	0.00113
ry	0.26184	rz	0.13009

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 3.30000, Lz = 0.90000, Lb = 0.90000
 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 = 12.6 < 300.0 (Memb:1, LCB: 1)..... O.K

Axial Resistance
 N_Ed/Nt_Rd = 0.00/6219.60 = 0.000 < 1.000 O.K

Bending Resistance
 M_Edy/M_Rdy = 29.34/1515.26 = 0.019 < 1.000 O.K
 M_Edz/M_Rdz = 8.158/728.481 = 0.011 < 1.000 O.K

Combined Resistance
 R.MNRd = MAX[M_Edy/Mny_Rd, M_Edz/Mnz_Rd]
 R.BiM = (M_Edy/Mny_Rd)^Alpha + (M_Edz/Mnz_Rd)^Beta
 R.byN = N_Ed/(A*fy/Gamma_M0), R.byM = M_Edy/My_Rd + M_Edz/Mz_Rd
 Rmax = MAX[R.MNRd, R.BiM, (R.byN+R.byM)] = 0.031 < 1.000 O.K

Shear Resistance
 V_Edy/Vy_Rd = 0.007 < 1.000 O.K
 V_Edz/Vz_Rd = 0.030 < 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.

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

$$F_y = 14.8 \text{ kN}$$

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

$$M_y = 29.3 \text{ kNm}$$

$$M_z = 8.2 \text{ kNm}$$

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 630 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.

$$T_{//} = F_z / (2 \cdot a \cdot h) = 44.83 \cdot 10^3 / (2 \cdot 8.4 \cdot 427) = 6.26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = M_z / (2 \cdot W) = 8.20 \cdot 10^6 / (2 \cdot 427 \cdot 8.4^3 / 6) = 97.20 \text{ MPa}$$

$$T_{\perp} = F_y / (2 \cdot a \cdot h) = 14.8 \cdot 10^3 / (2 \cdot 8.4 \cdot 427) = 2.06 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 2 \cdot M_y / (d \cdot a \cdot h) = 2 \cdot 29.3 \cdot 10^6 / (630 \cdot 8.4 \cdot 427) = 25.93 \text{ MPa}$$

$$T_{//} = M_x / (d \cdot a \cdot h) = 58.28 \cdot 10^6 / (630 \cdot 8.4 \cdot 427) = 25.80 \text{ MPa}$$

In accordo col 4.2.8.2.4 delle NTC2018 si considera:

$$\sqrt{[\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (T_{//}^2 + T_{\perp}^2)]} = \sqrt{[123.13^2 + 3 \cdot (32.05^2 + 2.06^2)]} = 135.12 \text{ MPa} \leq$$

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

$$\text{e } \sigma_{\perp} = 123.3 \text{ MPa} \leq 0.9 \cdot f_{tk} / (\beta \cdot \gamma_{M2}) = 367.20 \text{ MPa}$$

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 ²	F _{t,Ed}	106.74	kN
f _{ub}	800	MPa	F _{v,Ed}	11.21	kN
f _{yb}	640	MPa			
Y _{M2}	1.25				
F _{t,Rd}	203.33	kN			
CS _T	0.52	OK			
F _{v,Rd}	135.55	kN			
CS _V	0.08	OK			
CS _{comb}	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 $\Phi 12$ 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 $2 \cdot 9.2 = 18.4$ staffe, sufficienti a contrastare l'azione di trazione in quanto $A_s = 18.4 \cdot 113 = 2079 \text{ mm}^2 > A_{s,min}$.

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: $2 \cdot c_1 + 210 = 448 \text{ mm}$

In tale lunghezza sono presenti 4.5 staffe, di area complessiva 506 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.

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 15 mm. Le greche della piastra ortotropa consistono in lamiere sagomate di spessore pari a circa 10 mm e poste ad interasse di 0.60 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 2.00 m dal limite esterno dello sbalzo. I carichi agenti sono i seguenti:

Pesi permanenti

Carpenteria traverso:	6.63 kN/m
Greche:	2.02 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:	$25 \cdot 0.6 \cdot 0.5 \cdot 3.3 = 24.75$ 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:

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

$$V_{\text{Ed}} = 6.63 \cdot 2.0 + 2.02 + 4.62 + 4.95 + 24.75 + 200 = 254.22 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 6.63 \cdot 2.0^2/2 + 2.02 \cdot 0.3 + 4.62 \cdot 2.0^2/2 + 4.95 \cdot 1.10 + 24.75 \cdot 1.02 + 200 \cdot 0.4 + 89.66 \cdot 1.40 = 259.32 \text{ kNm}$$

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

$$A = 16326 \text{ mm}^2$$

$$I = 995328875 \text{ mm}^4$$

$$y_G = 328 \text{ mm}$$

$$W_{el} = 3129965 \text{ mm}^3$$

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

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

Trazione

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 16326 \cdot 355 / 1.05 = 5520 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{netta} \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 0.9 \cdot 13362 \cdot 510 / 1.25 = 4907 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 89.66 \text{ kN} < N_{u,Rd} = 4907 \text{ kN}$$

Flessione

$$M_{Rd} = W_{el} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 3129965 \cdot 355 / 1.05 = 1058 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 259.32 \text{ kNm} < M_{Rd} = 1058 \text{ kNm}$$

Taglio

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

$$V_{Ed} = 254.22 \text{ kN} < V_{Rd} = 1342 \text{ kN}$$

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:

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

$$V_{ver} = V_{Ed}/(2 \cdot 13) = 9.78 \text{ kN}$$

Verifica bulloni anima			M24		
A	353.00	mm ²	F _{t,Ed}	0	kN
f _{ub}	800	MPa	F _{v,Ed}	10.13	kN
f _{yb}	640	MPa			
γ _{M2}	1.25				
F _{t,Rd}	203.33	kN			
CS _T	0.00	OK			
F _{v,Rd}	135.55	kN			
CS _V	0.07	OK			
CS _{comb}	0.07	OK			

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

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

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

$$V_M = M_{Ed}/(0.58 \cdot 8) = 55.89 \text{ kN}$$

Verifica bulloni ala inf. M24					
A	353.00	mm ²	F _{t,Ed}	0	kN
f _{ub}	800	MPa	F _{v,Ed}	58.52	kN
f _{yb}	640	MPa			
γ _{M2}	1.25				
F_{t,Rd}	203.33	kN			
CS_T	0.00	OK			
F_{v,Rd}	135.55	kN			
CS_V	0.43	OK			
CS_{comb}	0.43	OK			

Verifica rifollamento		
f _{tk}	510	MPa
d	24	mm
d ₀	26	mm
t	12	mm
e ₁	48	mm
e ₂	100	mm
p ₁	81	mm
p ₂	200	mm
k	2.5	
α	0.62	
γ _{M2}	1.25	
F_{b,Rd}	180.78	kN
CS	0.32	OK

9.2 Verifica sezione incastro trasverso

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

Pesi permanenti

Carpenteria trasverso:	6.63 kN/m
Greche:	6.06 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:	$25 \cdot 0.6 \cdot 0.5 \cdot 3.3 = 24.75$ kN

Variabili da traffico - schema 2

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

Urto

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

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

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

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

$$V_{\text{Ed}} = 6.63 \cdot 3.34 + 6.06 + 4.62 + 4.95 + 24.75 + 200 = 273.33 \text{ kN}$$

$$M_{\text{Ed}} = 6.63 \cdot 3.34^2/2 + 6.06 \cdot 1.2 + 4.62 \cdot 3.34^2/2 + 4.95 \cdot 2.44 + 24.75 \cdot 2.36 + 200 \cdot 1.74 + 89.66 \cdot 1.40 = 614.03 \text{ kNm}$$

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

$$A = 16326 \text{ mm}^2$$

$$I = 995328875 \text{ mm}^4$$

$$y_G = 328 \text{ mm}$$

$$W_{\text{el}} = 3129965 \text{ mm}^3$$

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

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

Trazione

$$N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 16326 \cdot 355 / 1.05 = 5520 \text{ kN}$$

$$N_{u,Rd} = 0.9 \cdot A_{netta} \cdot f_{tk} / \gamma_{M2} = 0.9 \cdot 13362 \cdot 510 / 1.25 = 4907 \text{ kN}$$

$$N_{Ed} = 89.66 \text{ kN} < N_{u,Rd} = 4907 \text{ kN}$$

Flessione

$$M_{Rd} = W_{el} \cdot f_{yk} / \gamma_{M0} = 3129965 \cdot 355 / 1.05 = 1058 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 614.03 \text{ kNm} < M_{Rd} = 1058 \text{ kNm}$$

Taglio

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

$$V_{Ed} = 273.33 \text{ kN} < V_{Rd} = 1342 \text{ kN}$$

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.

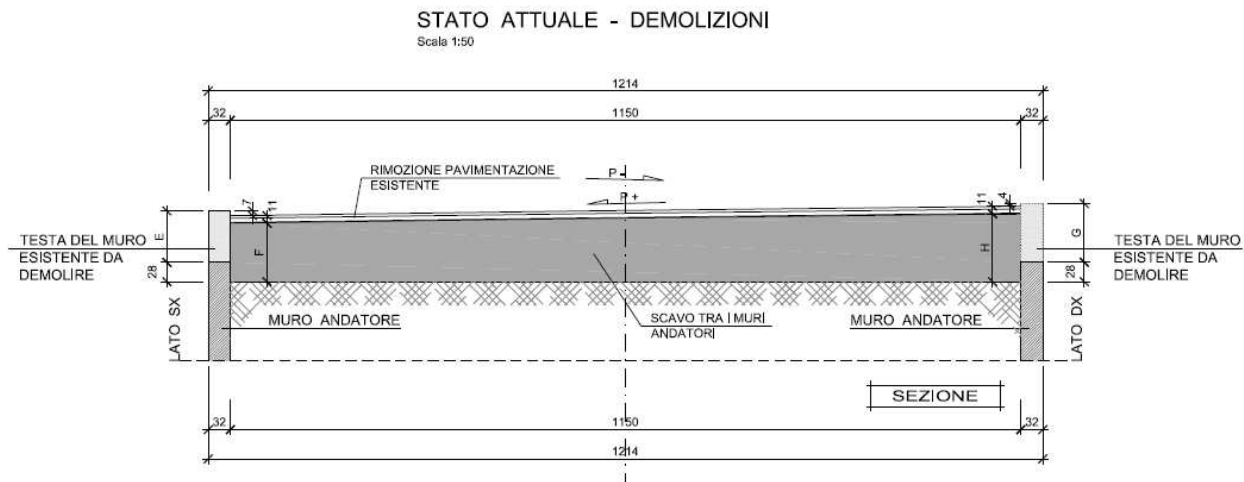
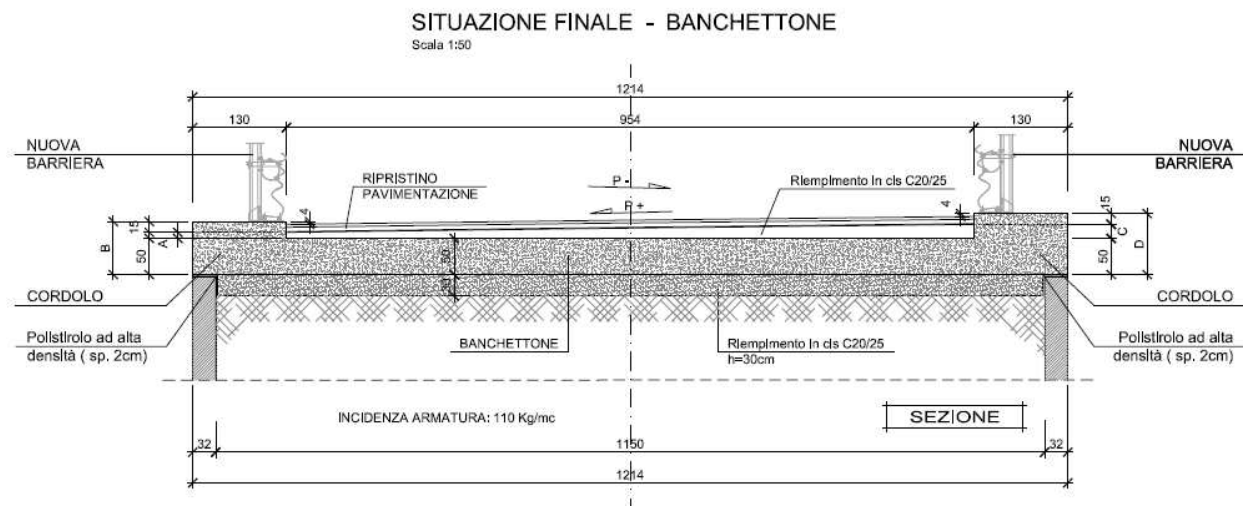


TABELLA VARIABILI									
SPALLA	A (cm)	B (cm)	C (cm)	D (cm)	E (cm)	F (cm)	G (cm)	H (cm)	PENDENZA STRADALE
SP1	5	70	29	94	71	83	99	111	+2,5%
SP2	48	113	5	70	120	132	69	81	-4,5%



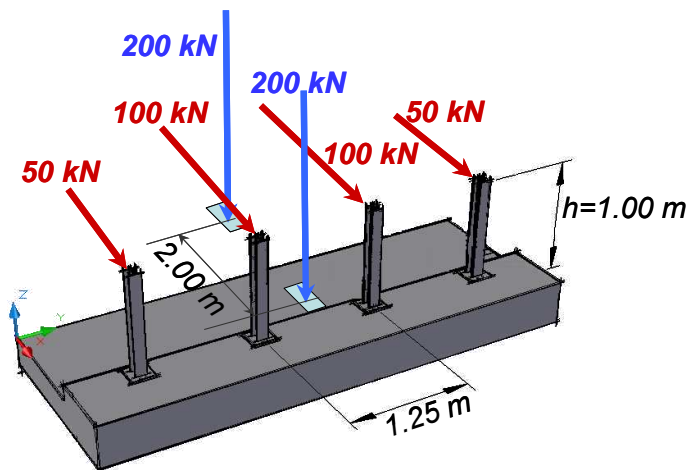
10.1 Azioni sui parapetti e urto dei veicoli in svio

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 50 kN e le altre due, applicate ai montanti interni, sono pari a 100 kN. 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 Valpiana lato valle

Cordoli per barriera di sicurezza su muro della spalla - DATI: Bcord=1,3m

ELEMENTI			
GEOMETRIA LONGITUDINALE			
strada in esercizio? (0=no; 1=sì)			0
lunghezza intervento (LONGITUD.)	$L_{\text{intervento}}$	=	5,50 m
larghezza minima banchettone di estremità	$L_{\text{intervento}}$	=	5,29 m
SOLETTA E CORDOLO			
spessore soletta	H_{sol}	=	0,50 m
estensione della soletta oltre il filo interno cordolo	B_{sol}	=	10,80 m
altezza cordolo sopra la soletta	H_{cor}	=	0,32 m
larghezza cordolo	B_{cor}	=	1,30 m
distanza estradosso pavimentazione-estradosso cordolo	$d_{\text{pav-cor}}$	=	0,04 m
altezza totale (soletta+cordolo)	H_{tot}	=	0,82 m
larghezza totale intervento (cordolo+soletta)	B_{tot}	=	12,10 m
PAVIMENTAZIONE			
spessore pavimentazione	H_{pav}	=	0,28 m
larghezza pavimentazione	B_{pav}	=	10,80 m
CLS STRUTTURALE NON ARMATO (STRATO DI BASE)			
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_{cls}	=	11,83 m
valore fisso (valore minimo 5cm per la cassaforma per il getto)			
MURO ESISTENTE			
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	ϕ	=	32 gradi
angolo di attrito ridotto	$\phi_{RID} (2/3\phi)$	=	21 gradi
pendenza terreno per scavo di cantiere	s_{scavo}	=	45 gradi

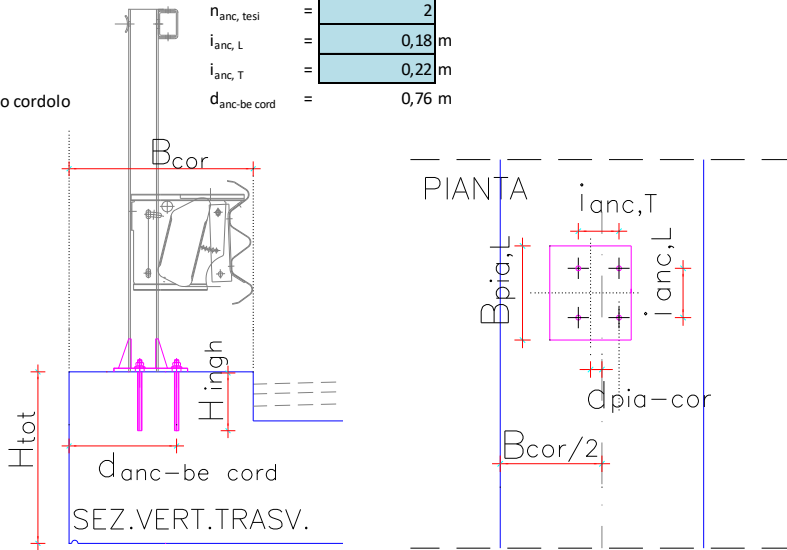
tra fondazione in cls e terreno
1 su 1

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}	=	24,00 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	$d_{anc-be cord}$	=	0,76 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	$n_{br,1 st}$	=	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	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	EC2 punto 6.2.5
fattore di adesione	C	=	0,35	

RIBALTAMENTO

$C_{RIBALTAM}$	->	EQU		
coefficiente parziale azioni permanenti	γ_{ϕ}	=	0,90	
coefficiente parziale azioni permanenti non strutturali	γ_R	=	0,90	

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	NTC2018 - PAR.4.1.2.1.1
coefficiente parziale acciaio	γ_s	=	1,15	

Progetto Esecutivo

VERIFICHE

GLOBALI

TRASLAZIONE INTERFACCIA FONDAZIONE IN CLS-TERRENO

azione agente di calcolo	T_d	=	300,00 kN
peso struttura in c.a.	$P_{C.A.}$	=	161,65 kN/m
peso soletta	P_{sol}	=	135,00 kN/m
peso cordolo	P_{cord}	=	26,65 kN/m
peso fondazione in cls	$P_{F,CLS}$	=	85,18 kN/m
peso pavimentazione	P_{PAV}	=	72,58 kN/m
peso totale	P_{TOT}	=	319,40 kN/m
azione resistente di calcolo	T_R	=	113,40 kN/m
lunghezza minima tratto di soletta	L_{min}	>	2,65 m
lunghezza fissata tratto di soletta	L_{sol}	=	5,29 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.	$P_{C.A.}$	=	161,65 kN/m
peso soletta	P_{sol}	=	135,00 kN/m
peso cordolo	P_{cord}	=	26,65 kN/m
peso pavimentazione	P_{PAV}	=	72,58 kN/m
peso totale	P_{TOT}	=	234,23 kN/m
azione resistente di calcolo	T_R	=	5651,13 kN/m
componente attritiva	$T_{R,ATTR}$	=	127,76 kN/m
componente coesiva	$T_{R,COES}$	=	5523,37 kN/m
estensione tratto di adesione	B_{COES}	=	11,78 m
lunghezza minima tratto di soletta	L_{min}	>	0,05 m
lunghezza fissata tratto di soletta	L_{sol}	=	5,29 m
coefficiente di sicurezza alla traslazione	C_T	=	99,66

RIBALTAMENTO

azione agente di calcolo	M_d	=	534,00 kN
contributo struttura in c.a.	$M_{1,C.A.}$	=	921,82 kN/m
peso soletta	M_{sol}	=	904,50 kN/m
peso cordolo	M_{cord}	=	17,32 kN/m
contributo pavimentazione	$M_{3,PAV}$	=	486,26 kN/m
momento totale a metro lineare	M_{TOT*}	=	1267,27 kN/m
lunghezza fissata tratto di soletta	L_{sol}	=	5,29 m
azione resistente di calcolo	M_R	=	6704,95 kN
coefficiente di sicurezza al ribaltamento	C_R	=	12,56

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	=	113,40 kN/m
lunghezza minima per equilibrio roto-traslazione	$L_{sol,min}$	=	5,29 m
azione resistente di calcolo	M_R	=	600,00 kN

Progetto Esecutivo

STRUTTURALI

ARMATURA LONGITUDINALE (IN SOLETTA)

momento agente sulla sezione S1	M_{Ed}	=	229,5 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 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}	=	252 kN
coefficiente di sicurezza	M_{Rd}/M_{Ed}	=	1,099479 >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}	=	1,70 m
numero staffe nel cordolo	$n_{st, cord}$	=	17
area staffe	$A_{arm,1}$	=	1922,65 mm ²
resistenza di calcolo	T_R	=	752 kN
coefficiente di sicurezza	T_R/T_A	=	7,523431 >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 ²
resistenza di calcolo	T_R	=	602 kN
coefficiente di sicurezza	T_R/T_A	=	1,379296 >1 ok