



PROVINCIA FORLÌ'-CESENA

Servizio Tecnico Infrastrutture, Trasporti e Pianificazione Territoriale

Comuni di Longiano, Gambettola e Gatteo

COLLEGAMENTO TRA LA S.S. 9 "EMILIA" IN LOCALITA' SAN GIOVANNI IN COMPITO E IL CASELLO AUTOSTRADALE A 14 "VALLE DEL RUBICONE" STRALCIO DI COMPLETAMENTO

PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO :

CAVALCAFERROVIA LINEA BOLOGNA - RIMINI KM 93+402

TOMBINAMENTO FOSSO MACERI

RELAZIONE DI CALCOLO - INTEGRAZIONE

ANCORAGGIO BARRIERE E PARAPETTI

SCALA :

TAV.	N.	Revisione	Data :
R.1.02.01	0	Emissione	
	1	Integrazione	27/02/19

IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

ing. Stefano Rastelli

IL PROGETTISTA GENERALE

Stefano Cassarini
ing. Stefano Cassarini

STIGEA
Bologna

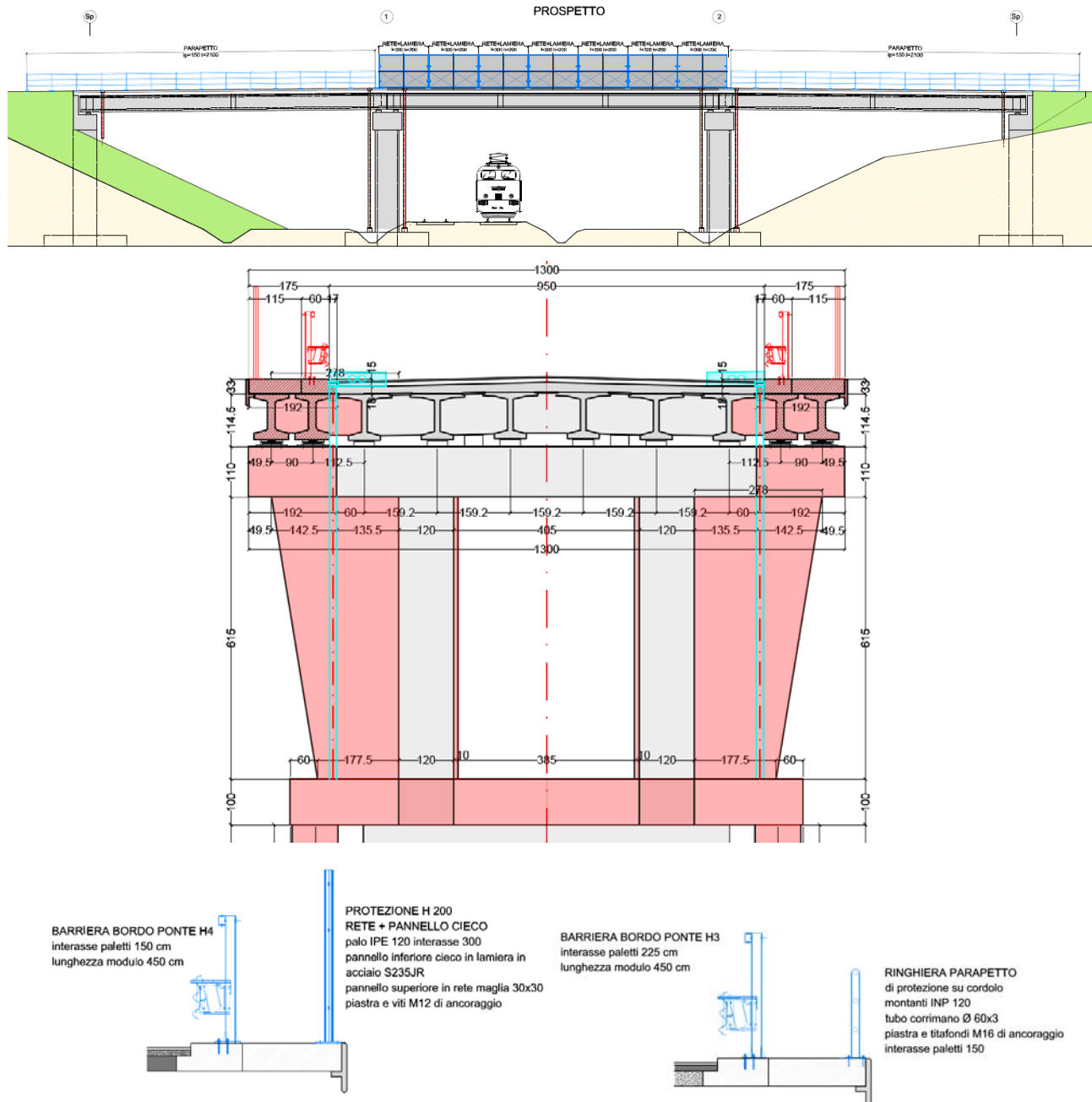
IL PROGETTISTA DELL'OPERA

ing. Alessandro Gostoli



Revisione X del XX.XX.XXXX

Per la conformazione dell'impalcato non sono presenti sbalzi e il cordolo appoggia per intero sulle travi sottostanti.



Il §3.6.3.3.2 e § il 5.1.3.10 del D.M. 17/01/2018, forniscono indicazioni sull'azione da urto su barriere stradali e sui parapetti:

- In assenza di specifiche prescrizioni, nel progetto strutturale dei ponti si può tener conto delle forze causate da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza attraverso una forza orizzontale equivalente di collisione pari a 100 kN;
- i parapetti devono essere calcolati in base ad un'azione orizzontale di 1,5 kN/m applicata al corrimano.

In particolare, occorre considerare un carico orizzontale pari a 100 kN "in assenza di specifiche prescrizioni", ovvero quando non si conoscono in fase di progetto del cordolo le caratteristiche geometriche della barriera che dovrà essere installata. In alternativa, a discrezione del progettista è possibile utilizzare come azione di progetto il momento di plasticizzazione del montante (cfr UNI EN 1991-2).

E' possibile anche considerare il momento plastico del montante della barriera metallica di sicurezza.

Tale approccio ottempera quanto previsto dal § 4.7.3.3 della UNI EN 1991-2 così come emendato dall'appendice nazionale (G.U. 27 Marzo 2013, DM 31/07/2012).

Sfruttando tale approccio, più realistico, le sollecitazioni di progetto potrebbero risultare inferiori a quanto definito nel §3.6.3.3.2 delle NTC.

L'azione che il singolo montante trasferisce agli ancoraggi, al cordolo è dedotta considerando il momento plastico che il montante della barriera di sicurezza può fornire, in ottemperanza al paragrafo 4.7.3.3 dell' UNI EN 1991-2 come emendato dal documento di applicazione nazionale pubblicato in G.U. 27 Marzo 2013, decreto ministeriale 31/07/2012.

Tale momento plastico viene calcolato tenendo conto anche di una sovra-resistenza pari a 1.5.

Per le barriere di sicurezza individuate BP H3 e BP H4, il montante è costituito da un profilo a sezione scatolare 120x80, realizzato con acciaio S 275JR (ex Fe 430).

Il momento di plasticizzazione del montante viene calcolato ipotizzando che tutte le fibre del profilo raggiungono la tensione di snervamento.

$$M_{\text{plastico}} = f_s \cdot f_y \cdot W_{\text{plastico}} = 1.5 \cdot 275 \cdot 76739 = 31654838 \text{ Nmm} = 31.65 \text{ kNm} = M_{H,\text{urto}}$$

Dove:

- $W_{\text{plastico}} = 76739 \text{ mm}^2$ è il momento statico della sezione;
- $f_y = 275 \text{ MPa}$ è la tensione di snervamento;
- $f_s = 1.5$ è il fattore di sovra-resistenza.

Quindi per la barriera di sicurezza si considera una forza orizzontale dovuta all'urto $F_{H,\text{urto}} = 31.65 \text{ kN}$ applicata ad 1 m di altezza.

Per il parapetto della campata centrale si è considerata una forza orizzontale $F_{H,\text{urto}} = 1,5 \text{ kN/m}$ applicata, a favore di sicurezza, al bordo superiore della rete di protezione ad una altezza $h_f = 2 \text{ m}$. L'interasse tra i montanti è $i = 3 \text{ m}$.

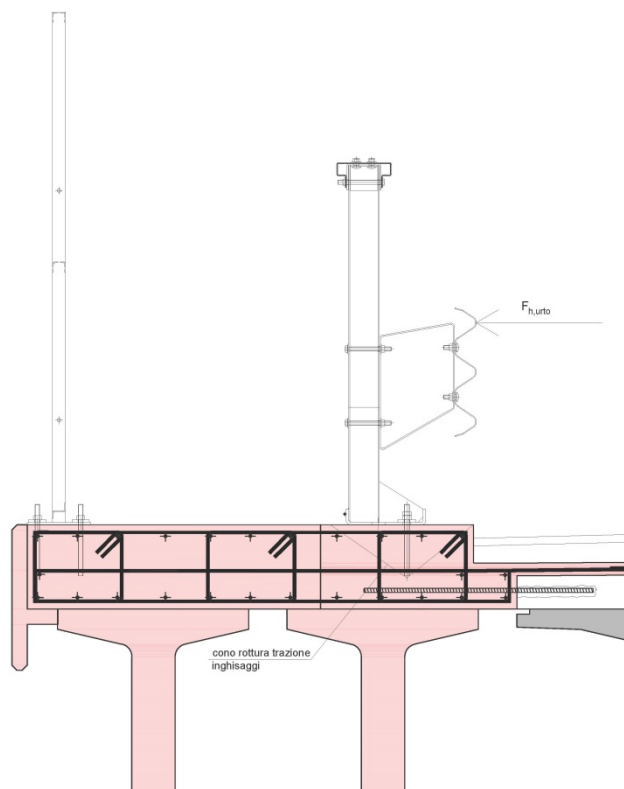
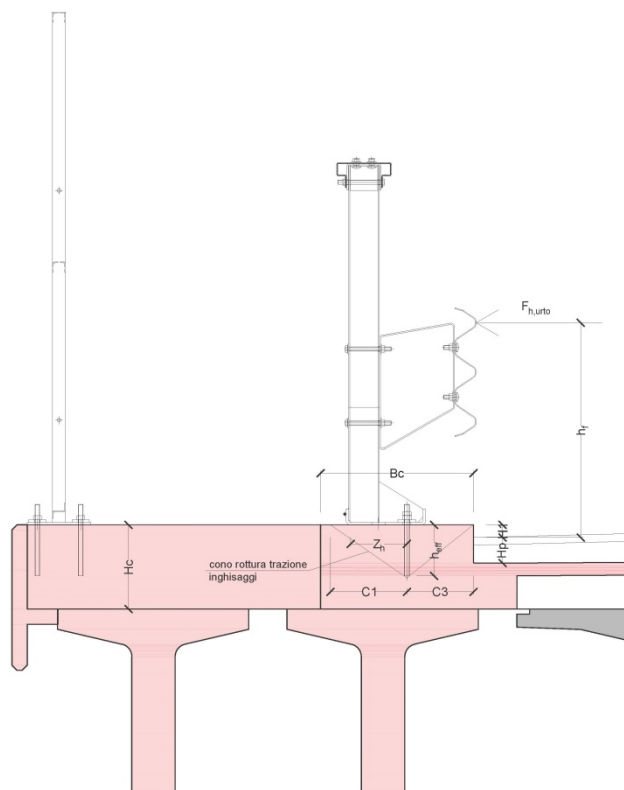
$$M_{H,\text{urto}} = F_{H,\text{urto}} \cdot i \cdot h_f = 1.5 \cdot 3 \cdot 2 = 9 \text{ kN}$$

Per il parapetto delle campate laterali si è considerata una forza orizzontale $F_{H,\text{urto}} = 1,5 \text{ kN/m}$ applicata, sul corrimano ad una altezza $h_f = 1 \text{ m}$. L'interasse tra i montanti è $i = 1.5 \text{ m}$.

$$M_{H,\text{urto}} = F_{H,\text{urto}} \cdot i \cdot h_f = 1.5 \cdot 1.5 \cdot 1 = 2.25 \text{ kN}$$

Tali verifiche andranno eventualmente integrate e modificate in base agli effettivi profili adottati in fase esecutiva

Verifica barriera



VERIFICA ANCORAGGIO BARRIERA-CORDOLO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

ancoraggi

Tirafondi		M20		
Classe		8,8		
Diametro nominale tirafondi	d	20	mm	
Area resistente	A _{RES}	245	mmq	
Diametro effettivo tirafondi	D _{eff}	17,7		$\sqrt{(A_{RES} \cdot 4 / \pi)}$
Lunghezza di ancoraggio effettiva	h _{eff}	200	mm	
Tensione di rottura	f _{uk}	800	N/mmq	
Tensione di snervamento	f _{yk}	640	N/mmq	
Numero tirafondi orizzontali	n _H	1		
Numero tirafondi verticali	n _V	2		
Larghezza della piastra (ortogonale)	B _P	250	mm	
Larghezza della piastra (parallela)	L _P	280	mm	
Distanza anc. teso da bordo compresso	Z _H	220	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C ₁	300	mm	C ₁ = 1,5 * h _{eff}
Interasse tirafondi (ortogonale)	S ₂	170	mm	
Distanza dal bordo (ortogonale)	C ₂	300	mm	C ₂ = 1,5 * h _{eff}
Distanza dal bordo (parallela)	C ₃	225	mm	

cordolo ricostruito

Classe del cls	R _{ck}	C35/45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica esistente	f _{ck}	35	N/mmq	
Resistenza caratteristica cubica esistente	R _{ck}	45	N/mmq	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y _c	1,00		azioni eccezionali
Larghezza del cordolo	B _c	600	mm	
Altezza del cordolo	H _c	330	mm	
Spessore della pavimentazione	H _p	100	mm	
Distanza	H _i	50	mm	

armatura

Tipologia di acciaio		Fe B 450 C		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	450	N/mmq	
Diametro barre longitudinali	Ø _l	14	mm	
Diametro delle staffe	Ø _{st}	14	mm	
Copriferro	c	30	mm	
Bracci delle staffe efficaci	n _{st,b}	2		a favore di sicurezza
Passo delle staffe (ortogonale)	p _{st}	200	mm	
Distanza max efficace delle staffe (ortogonale)	d _{2max,st}	470	mm	2 * 0,75 * h _{eff} + S ₂
Staffe efficaci (ortogonale)	n _{st,p}	2		d _{2max,st} / p _{st}
Area staffe resistenti alla rottura conica cls	A _{st}	616	mmq	n _{st,p} * n _{st,b} * π * Ø ² /4
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y _s	1,00		azioni eccezionali
Resistenza di progetto a trazione delle staffe	N _{st,sd}	277,09	kN	f _{yk} * A _{st} / Y _{st}

carichi e sollecitazioni

Carichi permanenti				
Calcestruzzo	Y _{cls}	25	kN/mc	
Pavimentazione	Y _{pav}	22	kN/mc	
Barriera	P _{sv}	1	kN/m	
Azioni eccezionali da urto				
Forza orizzontale	F _{H,urto}	31,65	kN	
Altezza applicazione	h _f	1	m	
Momento indotto	M _{H,urto}	31,65	kNm	F _{H,urto} * h _f
Sollecitazioni su cordolo				
Sforzo normale	N	1	kN/m	
Momento	M _{urto}	31,65	kNm/m	
Taglio	V _{urto}	31,65	kN/m	

VERIFICHE ANCORAGGIO - metodo di progettazione A

lato acciaio - verifiche a trazione

Coeff. parziale di sicurezza per carichi (azioni eccezionali)	Y _s	1,00		azioni eccezionali
Sforzo normale (trazione) gruppo ancoranti	N _{g,sd}	151,86	kN	F _{H,urto} * (h _f - H _i) * Y _s / 0,9 Z _H
Taglio gruppo ancoranti	V _{g,sd}	31,65	kN	V _{urto} * Y _s
Sforzo normale (trazione) singolo ancorante	N _{sd}	75,93	kN	N _{g,sd} / n _v
Taglio singolo ancorante	V _{sd}	10,55	kN	V _{g,sd} / (n _s + n _v)

Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y_{Ms}	1,00			
Trazione resistente di progetto singolo ancorante	N_{Rd}	196,00	kN		$f_{uk} * A_{RES} / Y_{Ms}$
Coeff. di sicurezza a trazione	β_N	0,39	verificato		$N_{Sd} / N_{Rd} \leq 1$
lato acciaio - verifiche a taglio					
Taglio resistente di progetto singolo ancorante	V_{Rd}	98,00	kN		$0,5 * f_{uk} * A_{RES} / Y_{Ms}$
Coeff. di sicurezza taglio	β_V	0,11	verificato		$V_{Sd} / V_{Rd} \leq 1$
lato calcestruzzo verifica a trazione con rottura conica del cls					
Le verifiche condotte nei seguenti paragrafi sono state eseguite con riferimento al sistema tipo Hilti HIT RE 500SD con tirafondo di tipo HIT-V-8.8					
Temperatura di posa > 5°C; Temperatura di esercizio -40°C/+40°C					
Fori nel cls eseguiti con trapano					
Verifica per ancorante	gruppo	X	Y	singolo	
Verifica per cls			fessurato		
Verifica per armatura nell'area degli ancoraggi con interasse ≥ 150 mm (qualsiasi diametro) o con diametro ≤ 10 mm ed interasse ≥ 100 mm			armato		
Coeff. di efficacia nel cls	$k_{c,cr}$	7,20			7,2 calcestruzzo fessurato 10,1 calcestruzzo non fessurato
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{Rk,c}^0$	136,61	kN		$k_{c,cr} * R_{ck}^{0,5} * h_{eff}^{1,5}$
Interasse critico tra ancoraggi	$S_{cr,N}$	600	mm		$3 * h_{eff}$
Distanza critica di bordo ancorante	$C_{cr,N}$	300	mm		$S_{cr,N} / 2$
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,N}$	404250	mmq		$A_{c,N} = (C_1 + C_3) * ((2 * C_2 + S_2) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N} \quad S_2 \leq S_{cr,N})$
Area cono cls singolo ancorati senza effetto di bordo	$A_{c,N}^0$	360000	mmq		$S_{cr,N}^2$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,N}$	0,93			$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr,N} \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura	$\psi_{re,N}$	1,00			armato 1 non armato $0,5 + h_{eff} / 200 \leq 1$
Eccentricità del carico (x)	e_{Nx}		mm		
Eccentricità del carico (y)	e_{Ny}		mm		
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec,N(x)}$	1,00			singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Nx} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec,N(y)}$	1,00			singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Ny} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per fessurazione cls	$\psi_{ucr,N}$	1,00			per cls fessurato 1 per cls non fessurato 1,25
Resistenza caratteristica cono cls	$N_{Rk,c}$	141,90	kN		$N_{Rk,c}^0 * A_{c,N} / A_{c,N}^0 * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N(x)} * \psi_{ec,N(y)} * \psi_{ucr,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y_{Mc}	1,00			
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd,c}$	141,90	kN		$N_{Rk,c} / Y_{Mc}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN		$N_{g,sd} - N_{st,sd}$
Coefficiente di sicurezza per rottura conica	β_N	0,00	verificato		$N_{sd} / N_{Rd,c} \leq 1$
lato calcestruzzo Verifica ad estrazione "pull out" dell'ancorante con superficie conica del cls - rottura combinata					
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 20/25 fessurato	$T_{Rk,base}$	7,00	N/mmq		
Coefficiente correttivo funzione della classe di cls impiegato	ψ_C	1,04			
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 35/45 fessurato	T_{Rk}	7,28	N/mmq		$T_{Rk,base} * \psi_C$
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{Rk,p}^0$	91,48	kN		$\pi * d * h_{eff} * T_{Rk}$
Coefficiente di efficacia nel cls	k	2,30			cls fessurato = 2,3 cls non fessurato = 3,2
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 20/25 non fessurato	$T_{Rk,ucr}$	14,00	N/mmq		
Interasse critico degli ancoranti	$S_{cr,Np}$	547	mm		$20 * d * (T_{Rk,ucr} / 7,5)^{0,5} \leq 3h_{eff}$
Distanza critica dell'ancorante dal bordo	$C_{cr,Np}$	273	mm		$S_{cr,Np} / 2$
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{p,Np}$	357000	mmq		$A_{p,Np} = (C_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr,N}) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N} \quad S_2 \leq S_{cr,Np})$
Area cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{p,Np}^0$	298667	mmq		$S_{cr,Np}^2$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,Np}$	0,95			$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr,Np} \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura	$\psi_{re,Np}$	1,00			armato 1 non armato $0,5 + h_{eff} / 200 \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec,Np(x)}$	1,00			singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Nx} / S_{cr,Np}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec,Np(y)}$	1,00			singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Ny} / S_{cr,Np}) \leq 1$
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g,Np}^0$	1,20			$n_v^{0,5} - (n_v^{0,5} - 1) * (d * T_{Rk} / k * (h_{eff} * R_{ck})^{0,5})^{1,5} \geq 1$
Interasse medio degli ancoranti	S_{medio}	85,00	mm		$S_2 / 2$
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g,Np}$	1,12			$\psi_{g,Np}^0 - (S_{medio} / S_{cr,Np})^{0,5} * (\psi_{g,Np}^0 - 1) \geq 1$
Resistenza caratteristica pull-out	$N_{Rk,p}$	116,19	kN		$N_{Rk,p}^0 * A_{p,Np} / A_{p,Np}^0 * \psi_{s,Np} * \psi_{re,Np} * \psi_{ec,Np(x)} * \psi_{ec,Np(y)} * \psi_{g,Np}$

Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y_{Mp}	1,00		
Resistenza di progetto pull-out	$N_{Rd,p}$	116,19	kN	$N_{Rk,c} / Y_{Mc}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g,sd} - N_{st,sd}$
Coeff. di sicurezza per pull-out	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd,p} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a trazione con rottura per splitting del cls

a) Si può assumere che la rottura per fessurazione non avvenga se la distanza dal bordo in tutte le direzioni è $c \geq 1,5 C_{cr,sp}$ e lo spessore del materiale sia $h \geq 2h_{eff}$ b)

Per ancoranti idonei per calcestruzzo fessurato, i calcoli della resistenza caratteristica per rottura a fessurazione possono essere omessi se le due condizioni seguenti vengono rispettate:

- è presente un'armatura che limita la larghezza delle fessure a $w_k = 0,3$ mm tenendo conto della forza

di fessurazione in accordo al paragrafo 7.3

- le resistenze caratteristiche per rottura del cono di calcestruzzo e per il cedimento per sfilamento vengono calcolate per calcestruzzo fessurato.

Verifica necessaria

Interasse critico degli ancoranti	$S_{cr,sp}$	600	mm	$S_{cr,N}$ a favore di sicurezza
Distanza critica dell'ancorante dal bordo	$C_{cr,sp}$	300	mm	$C_{cr,N}$ a favore di sicurezza
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,N}$	404250	mmq	$A_{c,N} = (C_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr,N})$ se: $C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N}$ $S_2 \leq S_{cr,N}$
Area cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{c,N}^0$	360000	mmq	$S_{cr,N}^2$
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec,N(x)}$	1,00		gruppo 1 / $(1 + 2 e_{Nx} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec,N(y)}$	1,00		gruppo 1 / $(1 + 2 e_{Ny} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,N}$	0,93		$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr,Np} \leq 1$
Spessore minimo materiale di base (ETA prodotto)	h_{min}	240	mm	$d \leq 10$ mm $h_{eff} + 30$ $d \geq 10$ mm $h_{eff} + 2 d$
Coefficiente per spessore materiale di base	$\psi_{h,sp}$	1,24		$\psi_{h,sp} = (h/h_{min})^{2/3}$ $1 \leq \psi_{h,sp} \leq (2 * h_{eff}/h)^{2/3}$
Resistenza caratteristica cono cls	$N_{Rk,sp}$	175,46	kN	$N_{Rk,c}^0 * A_{c,N} / A_{c,N}^0 * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N(x)} * \psi_{h,sp}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y_{Msp}	1,00		
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd,sp}$	175,46	kN	$N_{Rk,sp} / Y_{Msp}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g,sd} - N_{st,sd}$
Coeff. di sicurezza per splitting	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd,sp} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a taglio per scalzamento dell'ancorante dal cls - Pry-Out

Coefficiente correttivo per profondità ancoraggio	K_{cp}	2,00		1,0 se $h_{eff} < 60$ 2,0 se $h_{eff} \geq 60$
Resistenza caratteristica per Pry-Out	$V_{Rk,cp}$	283,79	kN	$K_{cp} * N_{Rk,c}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y_{Mcp}	1,00		
Resistenza di progetto per Pry-Out	$V_{Rd,cp}$	283,79	kN	$V_{Rk,cp} / Y_{Mcp}$
Azione di taglio sul gruppo di ancoranti	V_{sd}	31,65	kN	
Coeff. di sicurezza per Pry-Out	β_V	0,11	verificato	$V_{sd} / V_{Rd,cp} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a taglio con rottura di bordo

Non è necessario verificare il cedimento del bordo del calcestruzzo per gruppi con non più di 4 ancoraggi, quando la loro distanza dal bordo in tutte le direzioni è $c > 10h_{eff}$ e $c > 60d$

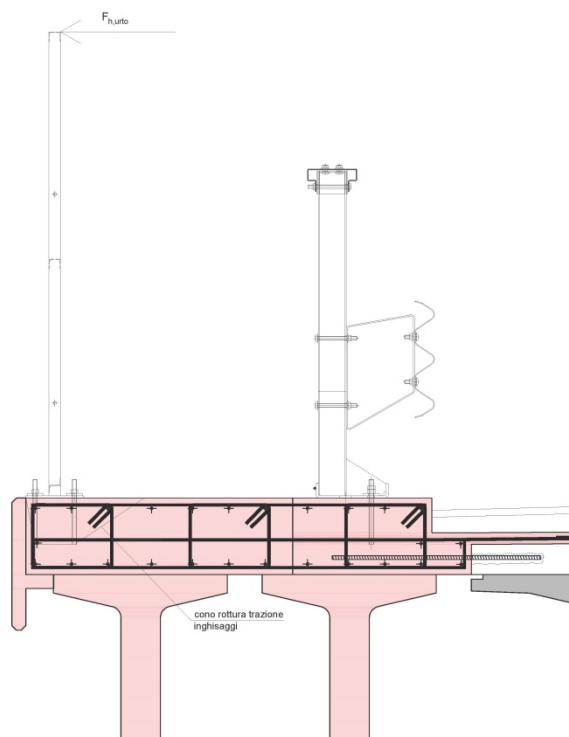
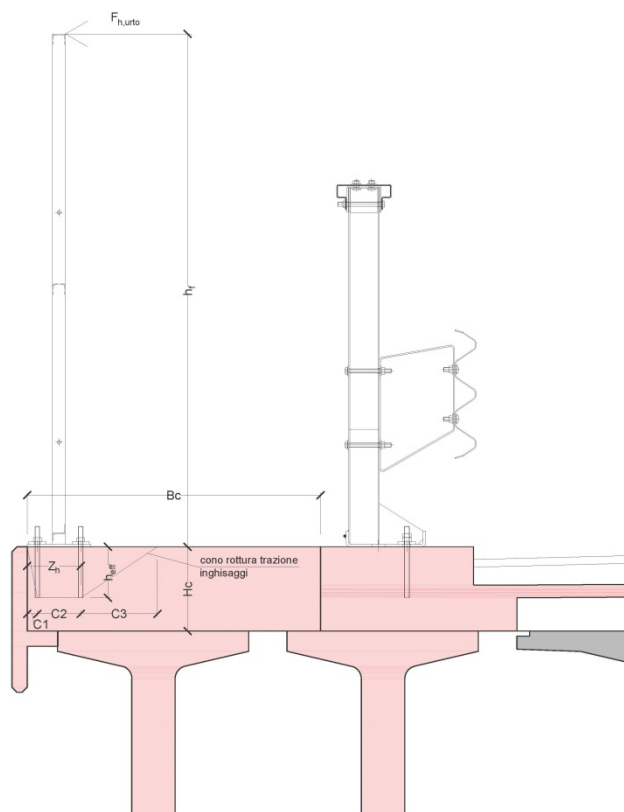
Verifica necessaria

Coefficiente per cls	k_1	1,70		cls fessurato 1,7 cls non fessurato 2,4
Esponente	α	0,08		$0,1 * (h_{eff} / C_1)^{0,5}$
Esponente	β	0,06		$0,1 * (d / C_1)^{0,2}$
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$V_{Rk,c}^0$	103,00	kN	$V_{Rk,c}^0 = k_1 * d^\alpha * h_{eff}^\beta * f_{ck, cube}^{0,5} * C_1^{1,5}$
Area laterale cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{c,v}^0$	297000	mmq	$A_{c,v}^0 = 4,5 * C_1^2$
Area effettiva laterale cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,v}$	254100	mmq	$A_{c,v} = (1,5 * C_1 + S_2 + C_2) * h$ se: $h \leq 1,5 C_1$; $S_2 \leq 3 C_1$; $C_2 \leq 1,5 C_1$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s,v}$	0,90		$0,7 + 0,3 * C_2 / 1,5 * C_1 \leq 1$
Coefficiente proporz. con spessore	$\psi_{h,v}$	1,17		$(1,5 * C_1 / h)^{0,5} \geq 1$
Angolo tra carico e perpendicolare bordo	α_v	0,00	°	
Coefficiente correttivo inclinazione carico	$\psi_{a,v}$	1,00		$(1 / (\cos \alpha_v^2 + (\sin \alpha_v / 2,5)^2))^{0,5} \geq 1$
Eccentricità del carico (y)	e_{vy}	0,00	mm	
Coefficiente correttivo eccentricità carico	$\psi_{ec,v}$	1,00		$1 / (1 + 2 e_{vy} / 3 C_1) \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura in cls fessurato	$\psi_{rc,N}$	1,20		1,0 ; 1,2 ; 1,4
Resistenza caratteristica taglio rottura bordo	$V_{Rk,c}$	111,14	kN	$V_{Rk,c}^0 * A_{c,v} / A_{c,v}^0 * \psi_{s,v} * \psi_{h,v} * \psi_{a,v} * \psi_{ec,v} * \psi_{rc,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y_{Mp}	1,00		
Resistenza di progetto singolo ancorante	$V_{Rd,c}$	111,14	kN	$V_{Rk,c} / Y_{Mp}$
Azione di taglio singolo ancorante di bordo	$V_{sd,s}$	15,83	kN	$V_{g,sd} / n_v$

Coeff. di sicurezza per rottura bordo	β_V	0,14	verificato	$V_{Sd,s} / V_{Rd,c} \leq 1$
lato calcestruzzo - verifica per rottura combinata trazione-taglio				
Coefficiente di sicurezza max per trazione	β_N	0,00		≤ 1
Coefficiente di sicurezza max per taglio	β_V	0,14		≤ 1
Coefficiente per rottura lato cls	α	2,00		$\alpha=2,0$ se N_{Rd} e V_{Rd} dipendono dal cedimento dell'acciaio $\alpha=1,5$ per tutte le altre modalità di rottura
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,V}$	0,14	verificato	$\beta_N + \beta_V \leq 1,2$
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,V}^a$	0,02	verificato	$\beta_N^a + \beta_V^a \leq 1,0$
VERIFICA A TORSIONE				
caratteristiche geometriche e materiali				
Ancoraggio barriera				
Distanza dal bordo (parallela)	C_1	300	mm	
Interasse tirafondi (ortogonale)	S_2	170	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C_3	225	mm	
cordolo				
Classe del cls	R_{ck}	≥ 45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm ²	
Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	45	N/mm ²	
Deformazione contrazione uniforme cls	ε_{c1}	0,0020		
Deformazione ultima cls	ε_{cu}	0,0035		
Modulo elastico del cls	E_c	34625	N/mm ²	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_c	1,00		
Coeff. riduttivo per eff. a lungo termine	α_{cc}	0,85		
Resistenza di calcolo a compressione cls	f_{cd}	29,75	N/mm ²	$(\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c) / FC$
Larghezza del cordolo	B_c	600	mm	
Altezza del cordolo	H_c	330	mm	
armatura cordolo				
Tipologia di acciaio		B 450 C		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²	
Modulo elastico del acciaio	E_s	210000	N/mm ²	
Deformazione acciaio a snervamento	ε_{yd}	0,00214		$f_{yd} \cdot E_s$
Deformazione ultima acciaio	ε_{yu}	0,01000		
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_s	1,00		
Resistenza di progetto a trazione	f_{yd}	450,0	N/mm ²	$f_{yk} \cdot \gamma_s / FC$
Copriferro	c	30	mm	
carichi e sollecitazioni				
Carichi permanenti				
Calcestruzzo	γ_{cls}	25	kN/m ³	
Pavimentazione	γ_{pav}	22	kN/m ³	
Barriera	P_{sv}	1	kN/m	
Azioni eccezionali da urto				
Forza orizzontale	$F_{H,urto}$	31,65	kN	
Altezza applicazione	h_f	1	m	
Momento indotto	M_{urto}	31,65	kNm	$F_{H,urto} \cdot h_f$
sollecitazioni su sezione di verifica				
Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45	°	
Momento torcente	T_{urto}	35,29	kNm	$F_{H,urto} \cdot (h_f - H_1 + H_c / 2)$
geometria della sezione di verifica				
Copriferro armatura tesa	c	30	mm	
Numero bracci staffe di bordo cordolo	n_b	2		
Area bracci staffe di bordo cordolo	A_{st}	308	mm ²	2Ø14
Passo delle staffe	p_{st}	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	A'_s	616	mm ²	4Ø14
Area armatura inferiore di bordo	A_s	616	mm ²	4Ø14
Inclinazione delle bielle compresse	θ	45	°	
Valore cotangente	$\cotg\theta$	1		
sollecitazioni di progetto				
Coeff. parziale di sicurezza per carichi	γ_s	1,00		
Momento torcente di progetto	T_{sd}	17,64	kNm	$T_{urto} \cdot \gamma_s / 2$
momento torcente resistente				
Area della sezione in cls	A_c	198000	mm ²	$B_c \cdot H_c$
Perimetro della sezione in cls	u	1860	mm	$2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c$

Spessore parete cava resistente	t	106	mm	$A_c/u \geq 2c$
Area racchiusa dalla mediana di parete	A_k	76336	mm ²	$(2*B_c+2*H_c-4*t)*t / 2$
Perimetro area mediana di parete	u_k	1434	mm	$2*B_c+2*H_c-4*t$
Resistenza di calcolo a compr. cls ridotta	f_{cd}	14,9	N/mm ²	$0,5*f_{cd}$
Resistenza torcente armatura longitudinale	$T_{Rd,s}$	59,0	kNm	$2*A_k*f_{yd}*(A_s+A'_s) / (u_k*cotg\theta)$
Resistenza torcente staffe di bordo	$T_{Rd,st}$	105,8	kNm	$2*A_k*f_{yd}*A_{st}*cotg\theta / p_{st}$
Resistenza torcente bielle cls	$T_{Rd,c}$	120,9	kNm	$2*A_k*f_{cd}*t*cotg\theta / (1+cotg\theta^2)$
Resistenza torcente di progetto	T_{Rd}	59,0	kNm	$MIN(T_{Rd,s}; T_{Rd,st}; T_{Rd,c})$
Verifica a torsione	T_{sd}/T_{Rd}	0,30	verificato	$T_{sd} / T_{Rd} \leq 1$
VERIFICA A TAGLIO				
sollecitazioni su sezione di verifica				
Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45	°	
Taglio	V_{urto}	31,65	kNm	
considero per semplicità e a favore di sicurezza la sezione come di forma rettangolare				
geometria della sezione di verifica				
Base della sezione	b	330		
Altezza della sezione	h	600		
Copriferro armatura tesa	c	30	mm	
Copriferro armatura compressa	c'	30	mm	
Altezza utile della sezione	d	570	mm	
Area bracci staffe di bordo cordolo	A_{st}	308	mm ²	2Ø14
Passo delle staffe	p_{st}	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	A'_s	462	mm ²	3Ø14
Area armatura inferiore di bordo	A_s	308	mm ²	2Ø14
sollecitazioni di progetto				
Coeff. parziale di sicurezza per carichi	γ_s	1,00		
Sforzo normale di progetto	N_{sd}	0	kN	trascurabile
Taglio di progetto	V_{sd}	31,65	kN	$V_{urto}*\gamma_s$
taglio resistente				
Coefficiente	k	1,59		$MIN(1+(200/d)^{0,5}; 2)$
Area armatura tesa efficiente per taglio	A_s	462	mm ²	3Ø14
Rapporto geometrico di armatura	ρ_1	0,00246		$A_s/(b*d)$
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0	kN/mm ²	$N_{ed}/(b*h)$
Resistenza offerta da cls teso	$V_{Rd,c}$	110	N/mm ²	$0,18*k*(100*\rho_1*f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15*\sigma_{cp}*b*d$
Resistenza minima dal cls teso	$V_{Rd,min}$	78,3	kN	$(0,035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2} + 0,15*\sigma_{cp})*b*d$
Resistenza a taglio del cls teso	V_{Rd}	110,4	kN	$MAX(V_{Rd,c}; V_{Rd,min})$
Verifica a taglio resistente	V_{sd}/V_{Rd}	0,29	verificato	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
Verifica armatura tesa minima	$A_{s,min}$	349	mm ²	verificato
Inclinazione delle bielle compresse (a favore sicurezza)	θ	45	°	
Valore cotangente	$cotg\theta$	1		
Inclinazione staffe	α_s	90	°	
Resistenza offerta dalle staffe	V_{Rsd}	355,4	kN	$A_{sw}*0,9*d*f_{yd}*(cotg\theta+cotg\alpha_s)*sen\alpha_s/p_{st}$
Resistenza offerta dai puntoni di cls	V_{Rcd}	1259,1	kN	$0,9*d*b*0,5*f_{cd}*(cotg\theta+cotg\alpha_s)/(1+cotg\theta^2)$
Resistenza a taglio delle armature trasversali	$V_{Rd,1}$	355,4	kN	$MIN(V_{Rsd}; V_{Rcd})$
Resistenza massima a taglio della trave	$V_{Rd,2}$	1399,0	kN	$0,5*b*d*0,5*f_{cd}$
Taglio resistente	V_{Rd}	355,4	kN	$MIN(V_{Rd,1}; V_{Rd,2})$
Verifica a taglio resistente	V_{sd}/V_{Rd}	0,09	verificato	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE				
Coeff. di sicurezza max per torsione	β_T	0,30		≤ 1
Coeff. di sicurezza max per taglio	β_V	0,29		≤ 1
Verifica per rottura combinata T-V	$\beta_{T,V}$	0,59	verificato	$\beta_T + \beta_V \leq 1,0$

Verifica rete



VERIFICA ANCORAGGIO PARAPETTO-CORDOLO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

ancoraggi

Tirafondi		M18		
Classe		8,8		
Diametro nominale tirafondi	d	18	mm	
Area resistente	A _{RES}	192	mmq	
Diametro effettivo tirafondi	D _{eff}	15,6		$\sqrt{(A_{RES} \cdot 4 / \pi)}$
Lunghezza di ancoraggio effettiva	h _{eff}	200	mm	
Tensione di rottura	f _{uk}	800	N/mmq	
Tensione di snervamento	f _{yk}	640	N/mmq	
Numero tirafondi orizzontali	n _H	2		
Numero tirafondi verticali	n _V	2		
Larghezza della piastra (ortogonale)	B _P	250	mm	
Larghezza della piastra (parallela)	L _P	250	mm	
Distanza anc. teso da bordo compresso	Z _H	210	mm	
Interasse tirafondi (parallela)	S ₁	170	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C ₁	40	mm	
Interasse tirafondi (ortogonale)	S ₂	170	mm	
Distanza dal bordo (ortogonale)	C ₂	300	mm	C ₂ = 1,5 * h _{eff}
Distanza dal bordo (parallela)	C ₃	300	mm	C ₃ = 1,5 * h _{eff}

cordolo ricostruito

Classe del cls	R _{ck}	C35/45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica esistente	f _{ck}	35	N/mmq	
Resistenza caratteristica cubica esistente	R _{ck}	45	N/mmq	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y _c	1,50		
Larghezza del cordolo	B _c	1150	mm	
Altezza del cordolo	H _c	330	mm	

armatura

Tipologia di acciaio		Fe B 450 C		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	450	N/mmq	
Diametro barre longitudinali	Ø _l	14	mm	
Diametro delle staffe	Ø _{st}	14	mm	
Copriferro	c	30	mm	
Bracci delle staffe efficaci	n _{st,b}	1		a favore di sicurezza
Passo delle staffe (ortogonale)	p _{st}	200	mm	
Distanza max efficace delle staffe (ortogonale)	d _{2max,st}	470	mm	$2 \cdot 0,75 \cdot h_{eff} + S_2$
Staffe efficaci (ortogonale)	n _{st,p}	2		$d_{2max,st} / p_{st}$
Area staffe resistenti alla rottura conica cls	A _{st}	308	mmq	$n_{st,p} \cdot n_{st,b} \cdot \pi \cdot \frac{\phi^2}{4}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y _s	1,15		
Resistenza di progetto a trazione delle staffe	N _{st,sd}	120,47	kN	$f_{yk} \cdot A_{st} / Y_{st}$

carichi e sollecitazioni

Carichi permanenti				
Calcestruzzo	Y _{cls}	25	kN/mc	
Pavimentazione	Y _{pav}	22	kN/mc	
Barriera	P _{sv}	1	kN/m	
Azioni eccezionali da urto				
Azione su corrimano	F _H	1,5	kN/m	
Interasse montanti	i	3	m	
Forza orizzontale	F _{H,urto}	4,5	kN	F _H * i
Altezza applicazione	h _f	2	m	
Momento indotto	M _{H,urto}	9	kNm	F _{H,urto} * h _f
Sollecitazioni su cordolo				
Sforzo normale	N	1	kN/m	
Momento	M _{urto}	9	kNm/m	
Taglio	V _{urto}	4,5	kN/m	

VERIFICHE ANCORAGGIO - metodo di progettazione A

lato acciaio - verifiche a trazione

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	Y _s	1,50		azione variabile
Sforzo normale (trazione) gruppo ancoranti	N _{g,sd}	71,43	kN	$F_{H,urto} \cdot h_f \cdot Y_s / 0,9 Z_H$
Taglio gruppo ancoranti	V _{g,sd}	6,75	kN	$V_{urto} \cdot Y_s$
Sforzo normale (trazione) singolo ancorante	N _{sd}	35,71	kN	$N_{g,sd} / n_v$

Taglio singolo ancorante	V_{sd}	1,69	kN	$V_{g, sd} / (n_s + n_v)$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Ms}	1,15		
Trazione resistente di progetto singolo ancorante	N_{Rd}	133,57	kN	$f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza a trazione	β_N	0,27	verificato	$N_{sd} / N_{Rd} \leq 1$
lato acciaio - verifiche a taglio				
Taglio resistente di progetto singolo ancorante	V_{Rd}	66,78	kN	$0,5 * f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza taglio	β_V	0,03	verificato	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
lato calcestruzzo verifica a trazione con rottura conica del cls				
Le verifiche condotte nei seguenti paragrafi sono state eseguite con riferimento al sistema tipo Hilti HIT RE 500SD con tirafondo di tipo HIT-V-8.8				
Temperatura di posa > 5°C; Temperatura di esercizio -40°C/+40°C				
Fori nel cls eseguiti con trapano				
Verifica per ancorante	gruppo	X	Y	singolo
Verifica per cls		fessurato		
Verifica per armatura nell'area degli ancoraggi con interasse ≥ 150 mm (qualsiasi diametro) o con diametro ≤ 10 mm ed interasse ≥ 100 mm		armato		
Coeff. di efficacia nel cls	$K_{c, cr}$	7,20		7,2 calcestruzzo fessurato 10,1 calcestruzzo non fessurato
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{Rk, c}^0$	136,61	kN	$k_{c, cr} * R_{ck}^{0,5} * h_{eff}^{1,5}$
Interasse critico tra ancoraggi	$S_{cr, N}$	600	mm	$3 * h_{eff}$
Distanza critica di bordo ancorante	$C_{cr, N}$	300	mm	$S_{cr, N} / 2$
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{c, N}$	392700	mmq	$A_{c, N} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((2 * C_2 + S_2) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr, N} \quad S_1; S_2 \leq S_{cr, N})$
Area cono cls singolo ancorati senza effetto di bordo	$A_{c, N}^0$	360000	mmq	$S_{cr, N}^2$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s, N}$	0,74		$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr, N} \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura	$\psi_{re, N}$	1,00		armato 1 non armato $0,5 + h_{eff} / 200 \leq 1$
Eccentricità del carico (x)	e_{Nx}		mm	
Eccentricità del carico (y)	e_{Ny}		mm	
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec, N(x)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Nx} / S_{cr, N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec, N(y)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Ny} / S_{cr, N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per fessurazione cls	$\psi_{ucr, N}$	1,00		per cls fessurato 1 per cls non fessurato 1,25
Resistenza caratteristica cono cls	$N_{Rk, c}$	110,27	kN	$N_{Rk, c}^0 * A_{c, N} / A_{c, N}^0 * \psi_{s, N} * \psi_{re, N} * \psi_{ec, N(x)} * \psi_{ucr, N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mc}	1,50		
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd, c}$	73,52	kN	$N_{Rk, c} / \gamma_{Mc}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g, sd} - N_{st, sd}$
Coefficiente di sicurezza per rottura conica	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd, c} \leq 1$
lato calcestruzzo Verifica ad estrazione "pull out" dell'ancorante con superficie conica del cls - rottura combinata				
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 20/25 fessurato	$T_{Rk, base}$	7,00	N/mmq	
Coefficiente correttivo funzione della classe di cls impiegato	ψ_C	1,04		
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 35/45 fessurato	T_{Rk}	7,28	N/mmq	$T_{Rk, base} * \psi_C$
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{Rk, p}^0$	82,34	kN	$\pi * d * h_{eff} * T_{Rk}$
Coefficiente di efficacia nel cls	k	2,30		cls fessurato = 2,3 cls non fessurato = 3,2
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 20/25 non fessurato	$T_{Rk, ucr}$	14,00	N/mmq	
Interasse critico degli ancoranti	$S_{cr, Np}$	492	mm	$20 * d * (T_{Rk, ucr} / 7,5)^{0,5} \leq 3h_{eff}$
Distanza critica dell'ancorante dal bordo	$C_{cr, Np}$	246	mm	$S_{cr, Np} / 2$
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{p, Np}$	301757	mmq	$A_{p, Np} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr, Np}) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr, Np} \quad S_1; S_2 \leq S_{cr, Np})$
Area cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{p, Np}^0$	241920	mmq	$S_{cr, Np}^2$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s, Np}$	0,75		$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr, Np} \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura	$\psi_{re, Np}$	1,00		armato 1 non armato $0,5 + h_{eff} / 200 \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec, Np(x)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Nx} / S_{cr, Np}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec, Np(y)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Ny} / S_{cr, Np}) \leq 1$
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g, Np}^0$	1,23		$n_v^{0,5} - (n_v^{0,5} - 1) * (d * T_{Rk} / k * (h_{eff} * R_{ck})^{0,5})^{1,5} \geq 1$
Interasse medio degli ancoranti	S_{medio}	170,00	mm	$(S_1 + S_2) / 2$
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g, Np}$	1,10		$\psi_{g, Np}^0 - (S_{medio} / S_{cr, Np})^{0,5} * (\psi_{g, Np}^0 - 1) \geq 1$

Resistenza caratteristica pull-out	$N_{Rk,p}$	84,27	kN	$N_{Rk,p}^0 * A_{p,Np} / A_{p,Np}^0 * \Psi_{s,Np} * \Psi_{re,Np} * \Psi_{ec,Np(x)} * \Psi_{g,Np}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mp}	1,50		
Resistenza di progetto pull-out	$N_{Rd,p}$	56,18	kN	$N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g,sd} - N_{st,sd}$
Coeff. di sicurezza per pull-out	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd,p} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a trazione con rottura per splitting del cls

a) Si può assumere che la rottura per fessurazione non avvenga se la distanza dal bordo in tutte le direzioni è $c \geq 1,5 C_{cr,sp}$ e lo spessore del materiale sia $h \geq 2h_{eff}$ b)
Per ancoranti idonei per calcestruzzo fessurato, i calcoli della resistenza caratteristica per rottura a fessurazione possono essere omissi se le due condizioni seguenti vengono rispettate:
- è presente un'armatura che limita la larghezza delle fessure a $w_k = 0,3$ mm tenendo conto della forza di fessurazione in accordo al paragrafo 7.3
- le resistenze caratteristiche per rottura del cono di calcestruzzo e per il cedimento per sfilamento vengono calcolate per calcestruzzo fessurato.

Verifica necessaria

Interasse critico degli ancoranti	$S_{cr,sp}$	600	mm	$S_{cr,N}$ a favore di sicurezza
Distanza critica dell'ancorante dal bordo	$C_{cr,sp}$	300	mm	$C_{cr,N}$ a favore di sicurezza
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,N}$	392700	mmq	$A_{c,N} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr,N})$ se: $C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N}$ $S_1; S_2 \leq S_{cr,N}$
Area cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{c,N}^0$	360000	mmq	$S_{cr,N}^2$
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\Psi_{ec,N(x)}$	1,00		gruppo 1 / $(1 + 2 e_{Nx} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\Psi_{ec,N(y)}$	1,00		gruppo 1 / $(1 + 2 e_{Ny} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\Psi_{s,N}$	0,74		$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr,Np} \leq 1$
Spessore minimo materiale di base (ETA prodotto)	h_{min}	236	mm	$d \leq 10$ mm $h_{eff} + 30$ $d \geq 10$ mm $h_{eff} + 2$ d
Coefficiente per spessore materiale di base	$\Psi_{h,sp}$	1,25		$\Psi_{h,sp} = (h / h_{min})^{2/3}$ $1 \leq \Psi_{h,sp} \leq (2 * h_{eff} / h)^{2/3}$
Resistenza caratteristica cono cls	$N_{Rk,sp}$	137,89	kN	$N_{Rk,c}^0 * A_{c,N} / A_{c,N}^0 * \Psi_{s,N} * \Psi_{re,N} * \Psi_{ec,N(x)} * \Psi_{h,sp}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Msp}	1,50		
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd,sp}$	91,93	kN	$N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g,sd} - N_{st,sd}$
Coeff. di sicurezza per splitting	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd,sp} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a taglio per scalzamento dell'ancorante dal cls - Pry-Out

Coefficiente correttivo per profondità ancoraggio	k_{cp}	2,00		1,0 se $h_{eff} < 60$ 2,0 se $h_{eff} \geq 60$
Resistenza caratteristica per Pry-Out	$V_{Rk,cp}$	220,55	kN	$k_{cp} * N_{Rk,c}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mcp}	1,00		
Resistenza di progetto per Pry-Out	$V_{Rd,cp}$	220,55	kN	$V_{Rk,cp} / \gamma_{Mcp}$
Azione di taglio sul gruppo di ancoranti	V_{sd}	4,50	kN	
Coeff. di sicurezza per Pry-Out	β_V	0,02	verificato	$V_{sd} / V_{Rd,cp} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a taglio con rottura di bordo

Non è necessario verificare il cedimento del bordo del calcestruzzo per gruppi con non più di 4 ancoraggi, quando la loro distanza dal bordo in tutte le direzioni è $c > 10h_{eff}$ e $c > 60$ d

Verifica necessaria

Coefficiente per cls	k_1	1,70		cls fessurato 1,7 cls non fessurato 2,4
Esponente	α	0,22		$0,1 * (h_{eff} / C_1)^{0,5}$
Esponente	β	0,09		$0,1 * (d / C_1)^{0,2}$
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$V_{Rk,c}^0$	8,65	kN	$V_{Rk,c}^0 = k_1 * d^\alpha * h_{eff}^\beta * f_{ck, cube}^{0,5} * C_1^{1,5}$
Area laterale cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{c,v}^0$	7200	mmq	$A_{c,v}^0 = 4,5 * C_1^2$
Area effettiva laterale cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,v}$	14400	mmq	$A_{c,v} = (1,5 * C_1 + S_2 + C_2) * h$ se: $h \leq 1,5 C_1$; $S_2 \leq 3 C_1$; $C_2 \leq 1,5 C_1$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\Psi_{s,v}$	1,00		$0,7 + 0,3 * C_2 / 1,5 * C_1 \leq 1$
Coefficiente proporz. con spessore	$\Psi_{h,v}$	1,00		$(1,5 * C_1 / h)^{0,5} \geq 1$
Angolo tra carico e perpendicolare bordo	α_v	0,00	°	
Coefficiente correttivo inclinazione carico	$\Psi_{a,v}$	1,00		$(1 / (\cos \alpha_v^2 + (\sin \alpha_v / 2,5)^2))^{0,5} \geq 1$
Eccentricità del carico (y)	e_{vy}	0,00	mm	
Coefficiente correttivo eccentricità carico	$\Psi_{ec,v}$	1,00		$1 / (1 + 2 e_{vy} / 3 C_1) \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura in cls fessurato	$\Psi_{rc,N}$	1,20		1,0 ; 1,2 ; 1,4
Resistenza caratteristica taglio rottura bordo	$V_{Rk,c}$	20,76	kN	$V_{Rk,c}^0 * A_{c,v} / A_{c,v}^0 * \Psi_{s,v} * \Psi_{h,v} * \Psi_{a,v} * \Psi_{ec,v} * \Psi_{rc,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mp}	1,50		
Resistenza di progetto singolo ancorante	$V_{Rd,c}$	13,84	kN	$V_{Rk,c} / \gamma_{Mp}$

Azione di taglio singolo ancorante di bordo	$V_{sd,s}$	3,38	kN	$V_{g,sd} / n_v$
Coeff. di sicurezza per rottura bordo	β_v	0,24	verificato	$V_{sd,s} / V_{Rd,c} \leq 1$
lato calcestruzzo - verifica per rottura combinata trazione-taglio				
Coefficiente di sicurezza max per trazione	β_N	0,00		≤ 1
Coefficiente di sicurezza max per taglio	β_v	0,24		≤ 1
Coefficiente per rottura lato cls	α	2,00		$\alpha=2,0$ se N_{Rd} e V_{Rd} dipendono dal cedimento dell'acciaio $\alpha=1,5$ per tutte le altre modalità di rottura
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,v}$	0,24	verificato	$\beta_N + \beta_v \leq 1,2$
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,v}^a$	0,06	verificato	$\beta_N^a + \beta_v^a \leq 1,0$
VERIFICA A TORSIONE				
caratteristiche geometriche e materiali				
Ancoraggio barriera				
Interasse tirafondi (parallela)	S_1	170	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C_1	40	mm	
Interasse tirafondi (ortogonale)	S_2	170	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C_3	300	mm	$B_1 - C_1 - S_1$
cordolo				
Classe del cls	R_{ck}	≥ 45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm ²	
Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	45	N/mm ²	
Deformazione contrazione uniforme cls	ϵ_{c1}	0,0020		
Deformazione ultima cls	ϵ_{cu}	0,0035		
Modulo elastico del cls	E_c	34625	N/mm ²	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_c	1,50		
Coeff. riduttivo per eff. a lungo termine	α_{cc}	0,85		
Resistenza di calcolo a compressione cls	f_{cd}	19,83	N/mm ²	$(\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c) / FC$
Larghezza del cordolo	B_c	1150	mm	
Altezza del cordolo	H_c	330	mm	
armatura cordolo				
Tipologia di acciaio		B 450 C		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²	
Modulo elastico del acciaio	E_s	210000	N/mm ²	
Deformazione acciaio a snervamento	ϵ_{yd}	0,00186		$f_{yd} \cdot E_s$
Deformazione ultima acciaio	ϵ_{yu}	0,01000		
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_s	1,15		
Resistenza di progetto a trazione	f_{yd}	391,3	N/mm ²	$f_{yk} \cdot \gamma_s / FC$
Copri ferro	c	30	mm	
carichi e sollecitazioni				
Carichi permanenti				
Calcestruzzo	Y_{cls}	25	kN/m ³	
Pavimentazione	Y_{pav}	22	kN/m ³	
Barriera	P_{sv}	1	kN/m	
Azioni eccezionali da urto				
Forza orizzontale	$F_{H,urto}$	4,50	kN	
Altezza applicazione	h_f	1	m	
Momento indotto	M_{urto}	4,5	kNm	$F_{H,urto} \cdot h_f$
sollecitazioni su sezione di verifica				
Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45	°	
Momento torcente	T_{urto}	5,24	kNm	$F_{H,urto} \cdot (h_f - H_1 + H_c / 2)$
geometria della sezione di verifica				
Copri ferro armatura tesa	c	30	mm	
Numero bracci staffe di bordo cordolo	n_b	2		
Area bracci staffe di bordo cordolo	A_{st}	308	mm ²	2Ø14
Passo delle staffe	p_{st}	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	A'_s	1078	mm ²	7Ø14
Area armatura inferiore di bordo	A_s	1078	mm ²	7Ø14
Inclinazione delle bielle compresse	θ	45	°	
Valore cotangente	$\cotg\theta$	1		
sollecitazioni di progetto				
Coeff. parziale di sicurezza per carichi	γ_s	1,50		
Momento torcente di progetto	T_{sd}	3,93	kNm	$T_{urto} \cdot \gamma_s / 2$
momento torcente resistente				

Area della sezione in cls	A_c	379500	mm ²	$B_c \cdot H_c$
Perimetro della sezione in cls	u	2960	mm	$2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c$
Spessore parete cava resistente	t	128	mm	$A_c / u \geq 2c$
Area racchiusa dalla mediana di parete	A_k	156875	mm ²	$(2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c - 4 \cdot t) \cdot t / 2$
Perimetro area mediana di parete	u_k	2447	mm	$2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c - 4 \cdot t$
Resistenza di calcolo a compr. cls ridotta	f_{cd}	9,9	N/mm ²	$0,5 \cdot f_{cd}$
Resistenza torcente armatura longitudinale	$T_{Rd,s}$	108,1	kNm	$2 \cdot A_k \cdot f_{yd} \cdot (A_s + A'_s) / (u_k \cdot \cotg \theta)$
Resistenza torcente staffe di bordo	$T_{Rd,st}$	189,0	kNm	$2 \cdot A_k \cdot f_{yd} \cdot A_{st} \cdot \cotg \theta / p_{st}$
Resistenza torcente bielle cls	$T_{Rd,c}$	199,5	kNm	$2 \cdot A_k \cdot f_{cd} \cdot t \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg \theta^2)$
Resistenza torcente di progetto	T_{Rd}	108,1	kNm	$\text{MIN}(T_{Rd,s}; T_{Rd,st}; T_{Rd,c})$
Verifica a torsione	T_{Sd} / T_{Rd}	0,04	verificato	$T_{Sd} / T_{Rd} \leq 1$

VERIFICA A TAGLIO

sollecitazioni su sezione di verifica

Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45	°
Taglio	V_{urto}	4,50	kNm

considero per semplicità e a favore di sicurezza la sezione come di forma rettangolare

geometria della sezione di verifica

Base della sezione	b	330	
Altezza della sezione	h	1150	
Copri ferro armatura tesa	c	30	mm
Copri ferro armatura compressa	c'	30	mm
Altezza utile della sezione	d	1120	mm
Area bracci staffe di bordo cordolo	A_{st}	308	mm ²
Passo delle staffe	p_{st}	200	mm
Area armatura superiore di bordo	A'_s	462	mm ²
Area armatura inferiore di bordo	A_s	308	mm ²

sollecitazioni di progetto

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	γ_s	1,00	
Sforzo normale di progetto	N_{sd}	0	kN
Taglio di progetto	V_{sd}	4,5	kN

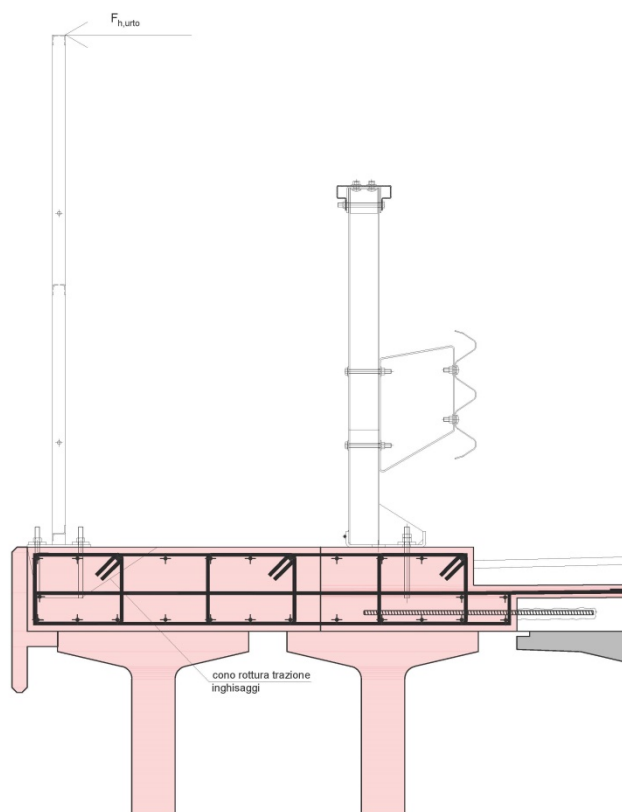
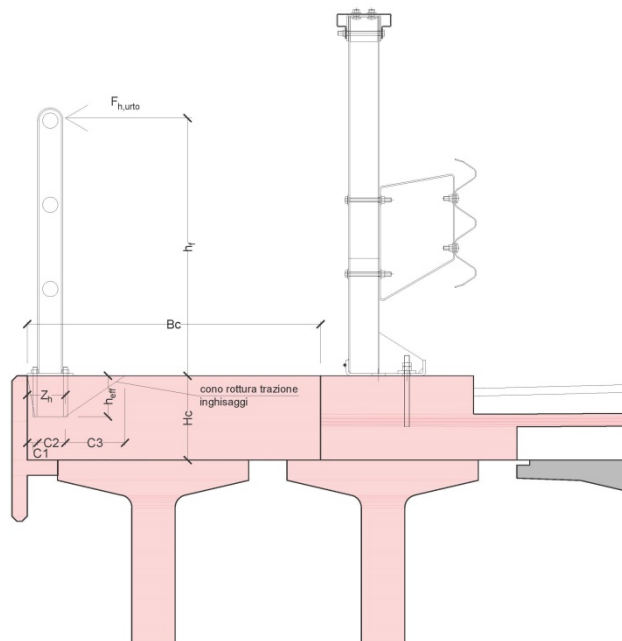
taglio resistente

Coefficiente	k	1,42	
Area armatura tesa efficiente per taglio	A_s	770	mm ²
Rapporto geometrico di armatura	ρ_1	0,00208	
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0	kN/mm ²
Resistenza offerta da cls teso	$V_{Rd,c}$	122	N/mm ²
Resistenza minima dal cls teso	$V_{Rd,min}$	129,9	kN
Resistenza a taglio del cls teso	V_{Rd}	129,9	kN
Verifica a taglio resistente	V_{Sd} / V_{Rd}	0,03	verificato
Verifica armatura tesa minima	$A_{s,min}$	685	mm ²
Inclinazione delle bielle compresse (a favore sicurezza)	θ	45	°
Valore cotangente	$\cotg \theta$	1	
Inclinazione staffe	α_s	90	°
Resistenza offerta dalle staffe	V_{Rsd}	607,2	kN
Resistenza offerta dai puntoni di cls	V_{Rcd}	1649,3	kN
Resistenza a taglio delle armature trasversali	$V_{Rd,1}$	607,2	kN
Resistenza massima a taglio della trave	$V_{Rd,2}$	1832,6	kN
Taglio resistente	V_{Rd}	607,2	kN
Verifica a taglio resistente	V_{Sd} / V_{Rd}	0,01	verificato

VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE

Coeff. di sicurezza max per torsione	β_T	0,04	≤ 1
Coeff. di sicurezza max per taglio	β_V	0,03	≤ 1
Verifica per rottura combinata T-V	$\beta_{T,V}$	0,07	verificato

Verifica parapetto



VERIFICA ANCORAGGIO PARAPETTO-CORDOLO

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E MATERIALI

ancoraggi

Tirafondi		M16		
Classe		8,8		
Diametro nominale tirafondi	d	16	mm	
Area resistente	A _{RES}	157	mmq	
Diametro effettivo tirafondi	D _{eff}	14,1		$\sqrt{(A_{RES} * 4 / \pi)}$
Lunghezza di ancoraggio effettiva	h _{eff}	150	mm	
Tensione di rottura	f _{uk}	800	N/mmq	
Tensione di snervamento	f _{yk}	640	N/mmq	
Numero tirafondi orizzontali	n _H	2		
Numero tirafondi verticali	n _V	2		
Larghezza della piastra (ortogonale)	B _P	180	mm	
Larghezza della piastra (parallela)	L _P	180	mm	
Distanza anc. teso da bordo compresso	Z _H	150	mm	
Interasse tirafondi (parallela)	S ₁	120	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C ₁	30	mm	
Interasse tirafondi (ortogonale)	S ₂	120	mm	
Distanza dal bordo (ortogonale)	C ₂	225	mm	$C_2 = 1,5 * h_{eff}$
Distanza dal bordo (parallela)	C ₃	225	mm	$C_3 = 1,5 * h_{eff}$

cordolo ricostruito

Classe del cls	R _{ck}	C35/45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica esistente	f _{ck}	35	N/mmq	
Resistenza caratteristica cubica esistente	R _{ck}	45	N/mmq	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y _c	1,50		
Larghezza del cordolo	B _c	1150	mm	
Altezza del cordolo	H _c	330	mm	

armatura

Tipologia di acciaio		Fe B 450 C		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Tensione caratteristica di snervamento	f _{yk}	450	N/mmq	
Diametro barre longitudinali	Ø _l	14	mm	
Diametro delle staffe	Ø _{st}	14	mm	
Copriferro	c	30	mm	
Bracci delle staffe efficaci	n _{st,b}	1		a favore di sicurezza
Passo delle staffe (ortogonale)	p _{st}	200	mm	
Distanza max efficace delle staffe (ortogonale)	d _{2max,st}	345	mm	$2 * 0,75 * h_{eff} + S_2$
Staffe efficaci (ortogonale)	n _{st,p}	1		$d_{2max,st} / p_{st}$
Area staffe resistenti alla rottura conica cls	A _{st}	154	mmq	$n_{st,p} * n_{st,b} * \pi * \frac{\phi^2}{4}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y _s	1,15		
Resistenza di progetto a trazione delle staffe	N _{st,sd}	60,24	kN	$f_{yk} * A_{st} / Y_{st}$

carichi e sollecitazioni

Carichi permanenti				
Calcestruzzo	Y _{cls}	25	kN/mc	
Pavimentazione	Y _{pav}	22	kN/mc	
Barriera	P _{sv}	1	kN/m	
Azioni eccezionali da urto				
Azione su corrimano	F _H	1,5	kN/m	
Interasse montanti	i	1,5	m	
Forza orizzontale	F _{H,urto}	2,25	kN	$F_H * i$
Altezza applicazione	h _f	1	m	
Momento indotto	M _{H,urto}	2,25	kNm	$F_{H,urto} * h_f$
Sollecitazioni su cordolo				
Sforzo normale	N	1	kN/m	
Momento	M _{urto}	2,25	kNm/m	
Taglio	V _{urto}	2,25	kN/m	

VERIFICHE ANCORAGGIO - metodo di progettazione A

lato acciaio - verifiche a trazione

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	Y _s	1,50		azione variabile
Sforzo normale (trazione) gruppo ancoranti	N _{g,sd}	25,00	kN	$F_{H,urto} * h_f * Y_s / 0,9 Z_h$
Taglio gruppo ancoranti	V _{g,sd}	3,38	kN	$V_{urto} * Y_s$
Sforzo normale (trazione) singolo ancorante	N _{sd}	12,50	kN	$N_{g,sd} / n_v$

Taglio singolo ancorante	V_{sd}	0,84	kN	$V_{g, sd} / (n_s + n_v)$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Ms}	1,15		
Trazione resistente di progetto singolo ancorante	N_{Rd}	109,22	kN	$f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza a trazione	β_N	0,11	verificato	$N_{sd} / N_{Rd} \leq 1$
lato acciaio - verifiche a taglio				
Taglio resistente di progetto singolo ancorante	V_{Rd}	54,61	kN	$0,5 * f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza taglio	β_V	0,02	verificato	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
lato calcestruzzo verifica a trazione con rottura conica del cls				
Le verifiche condotte nei seguenti paragrafi sono state eseguite con riferimento al sistema tipo Hilti HIT RE 500SD con tirafondo di tipo HIT-V-8.8				
Temperatura di posa > 5°C; Temperatura di esercizio -40°C/+40°C				
Fori nel cls eseguiti con trapano				
Verifica per ancorante	gruppo	X	Y	singolo
Verifica per cls		fessurato		
Verifica per armatura nell'area degli ancoraggi con interasse ≥ 150 mm (qualsiasi diametro) o con diametro ≤ 10 mm ed interasse ≥ 100 mm		armato		
Coeff. di efficacia nel cls	$K_{c, cr}$	7,20		7,2 calcestruzzo fessurato 10,1 calcestruzzo non fessurato
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{Rk, c}^0$	88,73	kN	$k_{c, cr} * R_{ck}^{0,5} * h_{eff}^{1,5}$
Interasse critico tra ancoraggi	$S_{cr, N}$	450	mm	$3 * h_{eff}$
Distanza critica di bordo ancorante	$C_{cr, N}$	225	mm	$S_{cr, N} / 2$
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{c, N}$	213750	mmq	$A_{c, N} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((2 * C_2 + S_2) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr, N} \quad S_1; S_2 \leq S_{cr, N})$
Area cono cls singolo ancorati senza effetto di bordo	$A_{c, N}^0$	202500	mmq	$S_{cr, N}^2$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s, N}$	0,74		$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr, N} \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura	$\psi_{re, N}$	1,00		armato 1 non armato $0,5 + h_{eff} / 200 \leq 1$
Eccentricità del carico (x)	e_{Nx}		mm	
Eccentricità del carico (y)	e_{Ny}		mm	
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec, N(x)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Nx} / S_{cr, N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec, N(y)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Ny} / S_{cr, N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per fessurazione cls	$\psi_{ucr, N}$	1,00		per cls fessurato 1 per cls non fessurato 1,25
Resistenza caratteristica cono cls	$N_{Rk, c}$	69,31	kN	$N_{Rk, c}^0 * A_{c, N} / A_{c, N}^0 * \psi_{s, N} * \psi_{re, N} * \psi_{ec, N(x)} * \psi_{ucr, N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mc}	1,50		
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd, c}$	46,21	kN	$N_{Rk, c} / \gamma_{Mc}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g, sd} - N_{st, sd}$
Coefficiente di sicurezza per rottura conica	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd, c} \leq 1$
lato calcestruzzo Verifica ad estrazione "pull out" dell'ancorante con superficie conica del cls - rottura combinata				
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 20/25 fessurato	$T_{Rk, base}$	7,00	N/mmq	
Coefficiente correttivo funzione della classe di cls impiegato	ψ_C	1,04		
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 35/45 fessurato	T_{Rk}	7,28	N/mmq	$T_{Rk, base} * \psi_C$
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$N_{Rk, p}^0$	54,89	kN	$\pi * d * h_{eff} * T_{Rk}$
Coefficiente di efficacia nel cls	k	2,30		cls fessurato = 2,3 cls non fessurato = 3,2
Resistenza tangenziale caratteristica di aderenza in cls 20/25 non fessurato	$T_{Rk, ucr}$	14,00	N/mmq	
Interasse critico degli ancoranti	$S_{cr, Np}$	437	mm	$20 * d * (T_{Rk, ucr} / 7,5)^{0,5} \leq 3h_{eff}$
Distanza critica dell'ancorante dal bordo	$C_{cr, Np}$	219	mm	$S_{cr, Np} / 2$
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{p, Np}$	205386	mmq	$A_{p, Np} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr, Np}) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr, Np} \quad S_1; S_2 \leq S_{cr, Np})$
Area cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{p, Np}^0$	191147	mmq	$S_{cr, Np}^2$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\psi_{s, Np}$	0,74		$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr, Np} \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura	$\psi_{re, Np}$	1,00		armato 1 non armato $0,5 + h_{eff} / 200 \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\psi_{ec, Np(x)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Nx} / S_{cr, Np}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\psi_{ec, Np(y)}$	1,00		singolo 1 gruppo $1 / (1 + 2 e_{Ny} / S_{cr, Np}) \leq 1$
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g, Np}^0$	1,23		$n_v^{0,5} - (n_v^{0,5} - 1) * (d * T_{Rk} / k * (h_{eff} * R_{ck})^{0,5})^{1,5} \geq 1$
Interasse medio degli ancoranti	S_{medio}	120,00	mm	$(S_1 + S_2) / 2$
Coefficiente correttivo gruppo ancoranti	$\psi_{g, Np}$	1,11		$\psi_{g, Np}^0 - (S_{medio} / S_{cr, Np})^{0,5} * (\psi_{g, Np}^0 - 1) \geq 1$

Resistenza caratteristica pull-out	$N_{Rk,p}$	48,40	kN	$N_{Rk,p}^0 * A_{p,Np} / A_{p,Np}^0 * \Psi_{s,Np} * \Psi_{re,Np} * \Psi_{ec,Np(x)} * \Psi_{g,Np}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mp}	1,50		
Resistenza di progetto pull-out	$N_{Rd,p}$	32,27	kN	$N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g,sd} - N_{st,sd}$
Coeff. di sicurezza per pull-out	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd,p} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a trazione con rottura per splitting del cls

a) Si può assumere che la rottura per fessurazione non avvenga se la distanza dal bordo in tutte le direzioni è $c \geq 1,5 C_{cr,sp}$ e lo spessore del materiale sia $h \geq 2h_{eff}$ b)
Per ancoranti idonei per calcestruzzo fessurato, i calcoli della resistenza caratteristica per rottura a fessurazione possono essere omissi se le due condizioni seguenti vengono rispettate:
- è presente un'armatura che limita la larghezza delle fessure a $w_k = 0,3$ mm tenendo conto della forza di fessurazione in accordo al paragrafo 7.3
- le resistenze caratteristiche per rottura del cono di calcestruzzo e per il cedimento per sfilamento vengono calcolate per calcestruzzo fessurato.

Verifica necessaria

Interasse critico degli ancoranti	$S_{cr,sp}$	450	mm	$S_{cr,N}$ a favore di sicurezza
Distanza critica dell'ancorante dal bordo	$C_{cr,sp}$	225	mm	$C_{cr,N}$ a favore di sicurezza
Area effettiva cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,N}$	213750	mmq	$A_{c,N} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr,N})$ se: $C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N}$ $S_1; S_2 \leq S_{cr,N}$
Area cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{c,N}^0$	202500	mmq	$S_{cr,N}^2$
Coefficiente correttivo per eccentricità (x)	$\Psi_{ec,N(x)}$	1,00		gruppo 1 / $(1 + 2 e_{Nx} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per eccentricità (y)	$\Psi_{ec,N(y)}$	1,00		gruppo 1 / $(1 + 2 e_{Ny} / S_{cr,N}) \leq 1$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\Psi_{s,N}$	0,74		$0,7 + 0,3 * C_{min} / C_{cr,Np} \leq 1$
Spessore minimo materiale di base (ETA prodotto)	h_{min}	182	mm	$d \leq 10$ mm $h_{eff} + 30$ $d \geq 10$ mm $h_{eff} + 2$ d
Coefficiente per spessore materiale di base	$\Psi_{h,sp}$	1,40		$\Psi_{h,sp} = (h / h_{min})^{2/3}$ $1 \leq \Psi_{h,sp} \leq (2 * h_{eff} / h)^{2/3}$
Resistenza caratteristica cono cls	$N_{Rk,sp}$	96,71	kN	$N_{Rk,c}^0 * A_{c,N} / A_{c,N}^0 * \Psi_{s,N} * \Psi_{re,N} * \Psi_{ec,N(x)} * \Psi_{h,sp}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Msp}	1,50		
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd,sp}$	64,48	kN	$N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$
Azione di sfilamento sul gruppo ancoranti	N_{sd}	0,00	kN	$N_{g,sd} - N_{st,sd}$
Coeff. di sicurezza per splitting	β_N	0,00	verificato	$N_{sd} / N_{Rd,sp} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a taglio per scalzamento dell'ancorante dal cls - Pry-Out

Coefficiente correttivo per profondità ancoraggio	k_{cp}	2,00		1,0 se $h_{eff} < 60$ 2,0 se $h_{eff} \geq 60$
Resistenza caratteristica per Pry-Out	$V_{Rk,cp}$	138,62	kN	$k_{cp} * N_{Rk,c}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mcp}	1,00		
Resistenza di progetto per Pry-Out	$V_{Rd,cp}$	138,62	kN	$V_{Rk,cp} / \gamma_{Mcp}$
Azione di taglio sul gruppo di ancoranti	V_{sd}	2,25	kN	
Coeff. di sicurezza per Pry-Out	β_V	0,02	verificato	$V_{sd} / V_{Rd,cp} \leq 1$

lato calcestruzzo - verifica a taglio con rottura di bordo

Non è necessario verificare il cedimento del bordo del calcestruzzo per gruppi con non più di 4 ancoraggi, quando la loro distanza dal bordo in tutte le direzioni è $c > 10h_{eff}$ e $c > 60$ d

Verifica necessaria

Coefficiente per cls	k_1	1,70		cls fessurato 1,7 cls non fessurato 2,4
Esponente	α	0,22		$0,1 * (h_{eff} / C_1)^{0,5}$
Esponente	β	0,09		$0,1 * (d / C_1)^{0,2}$
Resistenza caratteristica iniziale singolo ancorante	$V_{Rk,c}^0$	5,42	kN	$V_{Rk,c}^0 = k_1 * d^\alpha * h_{eff}^\beta * f_{ck, cube}^{0,5} * C_1^{1,5}$
Area laterale cono cls singolo ancorante senza effetti di bordo	$A_{c,v}^0$	4050	mmq	$A_{c,v}^0 = 4,5 * C_1^2$
Area effettiva laterale cono cls gruppo ancoranti	$A_{c,v}$	8100	mmq	$A_{c,v} = (1,5 * C_1 + S_2 + C_2) * h$ se: $h \leq 1,5 C_1$; $S_2 \leq 3 C_1$; $C_2 \leq 1,5 C_1$
Coefficiente correttivo per effetti di bordo	$\Psi_{s,v}$	1,00		$0,7 + 0,3 * C_2 / 1,5 * C_1 \leq 1$
Coefficiente proporz. con spessore	$\Psi_{h,v}$	1,00		$(1,5 * C_1 / h)^{0,5} \geq 1$
Angolo tra carico e perpendicolare bordo	α_v	0,00	°	
Coefficiente correttivo inclinazione carico	$\Psi_{a,v}$	1,00		$(1 / (\cos \alpha_v^2 + (\sin \alpha_v / 2,5)^2))^{0,5} \geq 1$
Eccentricità del carico (y)	e_{vy}	0,00	mm	
Coefficiente correttivo eccentricità carico	$\Psi_{ec,v}$	1,00		$1 / (1 + 2 e_{vy} / 3 C_1) \leq 1$
Coefficiente correttivo per armatura in cls fessurato	$\Psi_{rc,N}$	1,20		1,0 ; 1,2 ; 1,4
Resistenza caratteristica taglio rottura bordo	$V_{Rk,c}$	13,00	kN	$V_{Rk,c}^0 * A_{c,v} / A_{c,v}^0 * \Psi_{s,v} * \Psi_{h,v} * \Psi_{a,v} * \Psi_{ec,v} * \Psi_{rc,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_{Mp}	1,50		
Resistenza di progetto singolo ancorante	$V_{Rd,c}$	8,67	kN	$V_{Rk,c} / \gamma_{Mp}$

Azione di taglio singolo ancorante di bordo	$V_{sd,s}$	1,69	kN	$V_{g,sd} / n_v$
Coeff. di sicurezza per rottura bordo	β_v	0,19	verificato	$V_{sd,s} / V_{Rd,c} \leq 1$
lato calcestruzzo - verifica per rottura combinata trazione-taglio				
Coefficiente di sicurezza max per trazione	β_N	0,00		≤ 1
Coefficiente di sicurezza max per taglio	β_v	0,19		≤ 1
Coefficiente per rottura lato cls	α	2,00		$\alpha=2,0$ se N_{Rd} e V_{Rd} dipendono dal cedimento dell'acciaio $\alpha=1,5$ per tutte le altre modalità di rottura
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,v}$	0,19	verificato	$\beta_N + \beta_v \leq 1,2$
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,v}^a$	0,04	verificato	$\beta_N^a + \beta_v^a \leq 1,0$
VERIFICA A TORSIONE				
caratteristiche geometriche e materiali				
Ancoraggio barriera				
Interasse tirafondi (parallela)	S_1	120	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C_1	30	mm	
Interasse tirafondi (ortogonale)	S_2	120	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C_3	225	mm	$B_1 - C_1 - S_1$
cordolo				
Classe del cls	R_{ck}	≥ 45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica	f_{ck}	35	N/mm ²	
Resistenza caratteristica cubica	R_{ck}	45	N/mm ²	
Deformazione contrazione uniforme cls	ϵ_{c1}	0,0020		
Deformazione ultima cls	ϵ_{cu}	0,0035		
Modulo elastico del cls	E_c	34625	N/mm ²	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_c	1,50		
Coeff. riduttivo per eff. a lungo termine	α_{cc}	0,85		
Resistenza di calcolo a compressione cls	f_{cd}	19,83	N/mm ²	$(\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c) / FC$
Larghezza del cordolo	B_c	1150	mm	
Altezza del cordolo	H_c	330	mm	
armatura cordolo				
Tipologia di acciaio		B 450 C		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	450	N/mm ²	
Modulo elastico dell'acciaio	E_s	210000	N/mm ²	
Deformazione acciaio a snervamento	ϵ_{yd}	0,00186		$f_{yd} \cdot E_s$
Deformazione ultima acciaio	ϵ_{yu}	0,01000		
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ_s	1,15		
Resistenza di progetto a trazione	f_{yd}	391,3	N/mm ²	$f_{yk} \cdot \gamma_s / FC$
Copriferro	c	30	mm	
carichi e sollecitazioni				
Carichi permanenti				
Calcestruzzo	Y_{cls}	25	kN/m ³	
Pavimentazione	Y_{pav}	22	kN/m ³	
Barriera	P_{sv}	1	kN/m	
Azioni eccezionali da urto				
Forza orizzontale	$F_{H,urto}$	2,25	kN	
Altezza applicazione	h_f	1	m	
Momento indotto	M_{urto}	2,25	kNm	$F_{H,urto} \cdot h_f$
sollecitazioni su sezione di verifica				
Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45	°	
Momento torcente	T_{urto}	2,62	kNm	$F_{H,urto} \cdot (h_f - H_1 + H_c / 2)$
geometria della sezione di verifica				
Copriferro armatura tesa	c	30	mm	
Numero bracci staffe di bordo cordolo	n_b	2		
Area bracci staffe di bordo cordolo	A_{st}	308	mm ²	2Ø14
Passo delle staffe	p_{st}	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	A'_s	1078	mm ²	7Ø14
Area armatura inferiore di bordo	A_s	1078	mm ²	7Ø14
Inclinazione delle bielle compresse	θ	45	°	
Valore cotangente	$\cotg\theta$	1		
sollecitazioni di progetto				
Coeff. parziale di sicurezza per carichi	γ_s	1,50		
Momento torcente di progetto	T_{sd}	1,97	kNm	$T_{urto} \cdot \gamma_s / 2$
momento torcente resistente				

Area della sezione in cls	A_c	379500	mm ²	$B_c \cdot H_c$
Perimetro della sezione in cls	u	2960	mm	$2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c$
Spessore parete cava resistente	t	128	mm	$A_c / u \geq 2c$
Area racchiusa dalla mediana di parete	A_k	156875	mm ²	$(2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c - 4 \cdot t) \cdot t / 2$
Perimetro area mediana di parete	u_k	2447	mm	$2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c - 4 \cdot t$
Resistenza di calcolo a compr. cls ridotta	f_{cd}	9,9	N/mm ²	$0,5 \cdot f_{cd}$
Resistenza torcente armatura longitudinale	$T_{Rd,s}$	108,1	kNm	$2 \cdot A_k \cdot f_{yd} \cdot (A_s + A'_s) / (u_k \cdot \cotg \theta)$
Resistenza torcente staffe di bordo	$T_{Rd,st}$	189,0	kNm	$2 \cdot A_k \cdot f_{yd} \cdot A_{st} \cdot \cotg \theta / p_{st}$
Resistenza torcente bielle cls	$T_{Rd,c}$	199,5	kNm	$2 \cdot A_k \cdot f_{cd} \cdot t \cdot \cotg \theta / (1 + \cotg \theta^2)$
Resistenza torcente di progetto	T_{Rd}	108,1	kNm	$\text{MIN}(T_{Rd,s}; T_{Rd,st}; T_{Rd,c})$
Verifica a torsione	T_{sd} / T_{Rd}	0,02	verificato	$T_{sd} / T_{Rd} \leq 1$

VERIFICA A TAGLIO

sollecitazioni su sezione di verifica

Angolo di diffusione della sollecitazione	α	45	°
Taglio	V_{urto}	2,25	kNm

considero per semplicità e a favore di sicurezza la sezione come di forma rettangolare

geometria della sezione di verifica

Base della sezione	b	330	
Altezza della sezione	h	1150	
Copri ferro armatura tesa	c	30	mm
Copri ferro armatura compressa	c'	30	mm
Altezza utile della sezione	d	1120	mm
Area bracci staffe di bordo cordolo	A_{st}	308	mm ² 2Ø14
Passo delle staffe	p_{st}	200	mm
Area armatura superiore di bordo	A'_s	462	mm ² 3Ø14
Area armatura inferiore di bordo	A_s	308	mm ² 2Ø14

sollecitazioni di progetto

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	γ_s	1,00	
Sforzo normale di progetto	N_{sd}	0	kN trascurabile
Taglio di progetto	V_{sd}	2,25	kN $V_{urto} \cdot \gamma_s$

taglio resistente

Coefficiente	k	1,42		$\text{MIN}(1 + (200 / d)^{0,5}; 2)$
Area armatura tesa efficiente per taglio	A_{se}	770	mm ²	5Ø14
Rapporto geometrico di armatura	ρ_1	0,00208		$A_{se} / (b \cdot d)$
Tensione media di compressione	σ_{cp}	0	kN/mm ²	$N_{sd} / (b \cdot h)$
Resistenza offerta da cls teso	$V_{Rd,c}$	122	N/mm ²	$0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d$
Resistenza minima dal cls teso	$V_{Rd,min}$	129,9	kN	$(0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d$
Resistenza a taglio del cls teso	V_{Rd}	129,9	kN	$\text{MAX}(V_{Rd,c}; V_{Rd,min})$
Verifica a taglio resistente	V_{sd} / V_{Rd}	0,02	verificato	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
Verifica armatura tesa minima	$A_{s,min}$	685	mm ²	verificato
Inclinazione delle bielle compresse (a favore sicurezza)	θ	45	°	
Valore cotangente	$\cotg \theta$	1		
Inclinazione staffe	α_s	90	°	
Resistenza offerta dalle staffe	V_{Rsd}	607,2	kN	$A_{sw} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha_s) \cdot \sin \alpha_s / p_{st}$
Resistenza offerta dai puntoni di cls	V_{Rcd}	1649,3	kN	$0,9 \cdot d \cdot b \cdot 0,5 \cdot f_{cd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha_s) / (1 + \cotg \theta^2)$
Resistenza a taglio delle armature trasversali	$V_{Rd,1}$	607,2	kN	$\text{MIN}(V_{Rsd}; V_{Rcd})$
Resistenza massima a taglio della trave	$V_{Rd,2}$	1832,6	kN	$0,5 \cdot b \cdot d \cdot 0,5 \cdot f_{cd}$
Taglio resistente	V_{Rd}	607,2	kN	$\text{MIN}(V_{Rd,1}; V_{Rd,2})$
Verifica a taglio resistente	V_{sd} / V_{Rd}	0,00	verificato	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$

VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE

Coeff. di sicurezza max per torsione	β_T	0,02		≤ 1
Coeff. di sicurezza max per taglio	β_V	0,02		≤ 1
Verifica per rottura combinata T-V	$\beta_{T,V}$	0,04	verificato	$\beta_T + \beta_V \leq 1,0$