



# PROVINCIA FORLI'-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

  
ing. Stefano Cassarini



IL PROGETTISTA DELL'OPERA

ing. Alessandro Gostoli

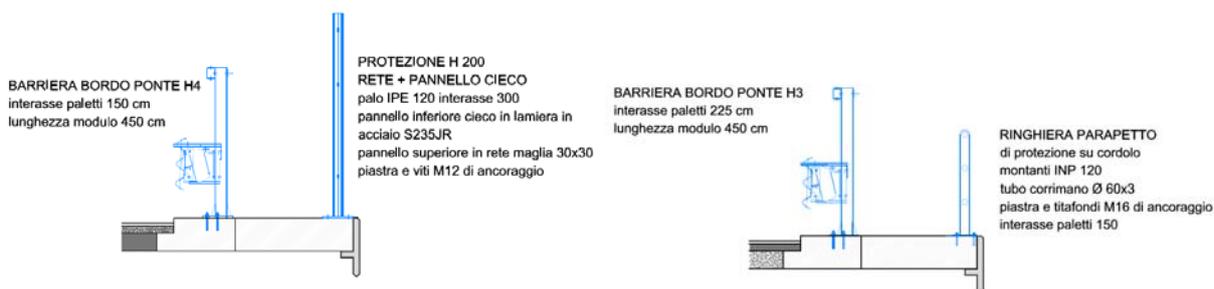
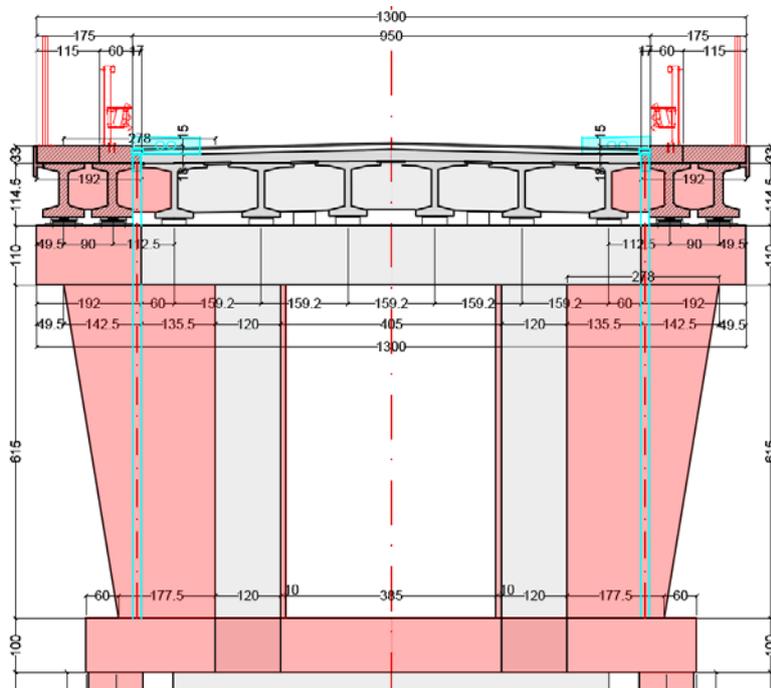
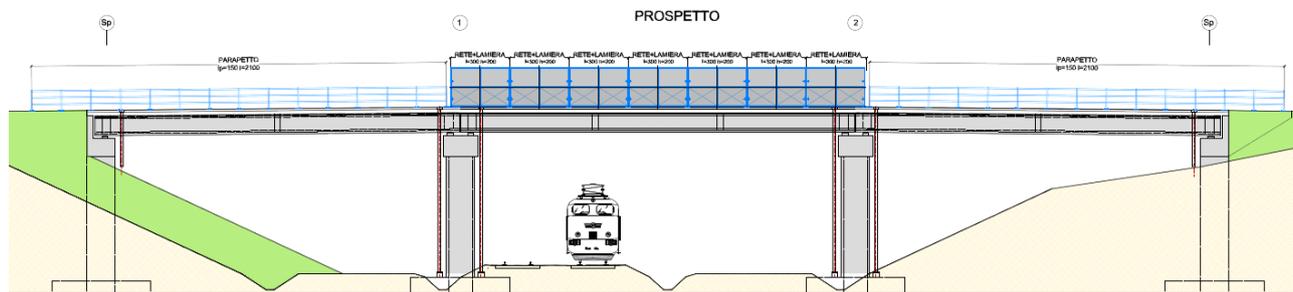


Revisione X del XX.XX.XXXX

## VERIFICA ANCORAGGIO BARRIERE STRADALI

Il cordolo in progetto per l'installazione delle barriere stradali (B.P. H3 e B.P. H4) e della ringhiera parapetto ha sezione 170 x 33 cm ed è collegato in continuo con la soletta  $s = 18$  cm.

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 considera 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  $i = 3 \text{ m}$ .

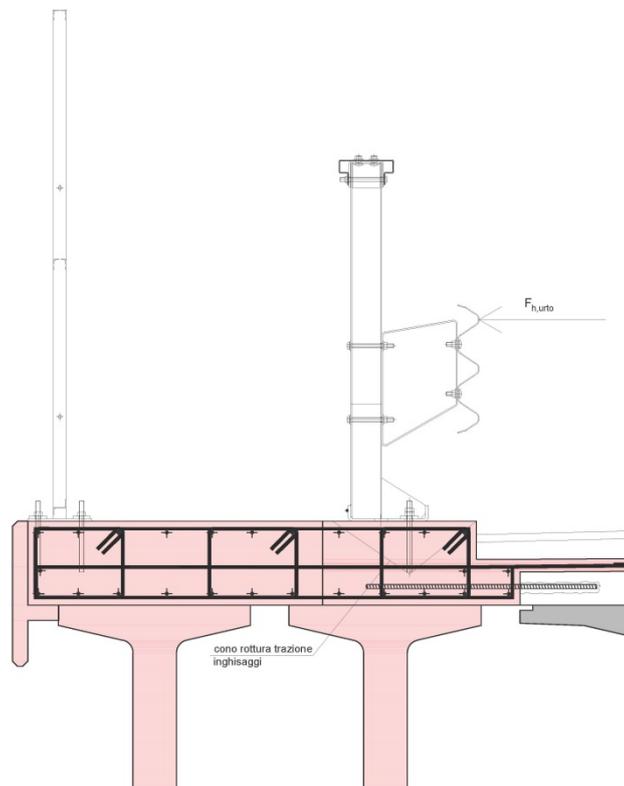
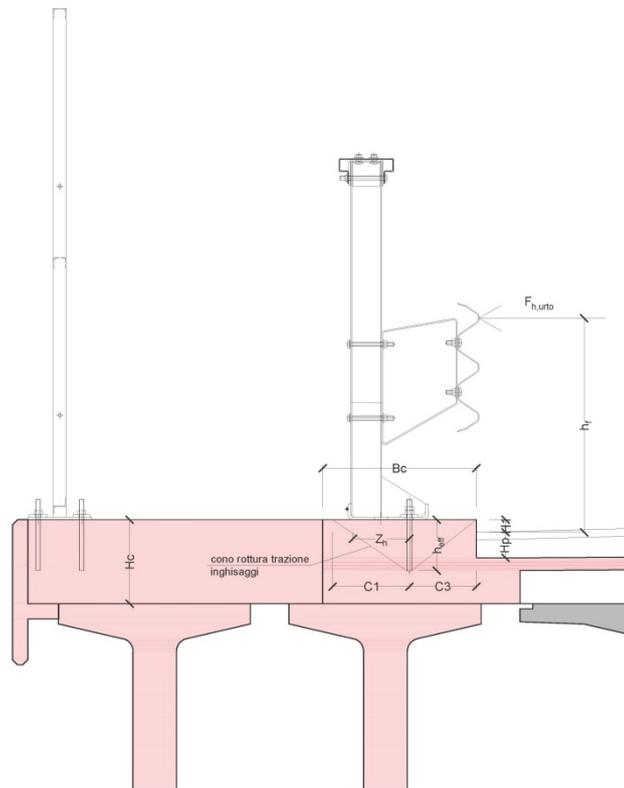
$$M_{H,\text{urto}} = F_{H,\text{urto}} \cdot i \cdot h_f = 1.5 \cdot 3 \cdot 2 = 9 \text{ kN}$$

Per il parapetto delle campate laterali si è considera 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 <sub>RES</sub>	245	mmq	
Diametro effettivo tirafondi	D <sub>eff</sub>	17,7		$\sqrt{A_{RES} * 4 / \pi}$
Lunghezza di ancoraggio effettiva	h <sub>eff</sub>	200	mm	
Tensione di rottura	f <sub>uk</sub>	800	N/mmq	
Tensione di snervamento	f <sub>yk</sub>	640	N/mmq	
Numero tirafondi orizzontali	n <sub>H</sub>	1		
Numero tirafondi verticali	n <sub>V</sub>	2		
Larghezza della piastra (ortogonale)	B <sub>P</sub>	250	mm	
Larghezza della piastra (parallela)	L <sub>P</sub>	280	mm	
Distanza anc. teso da bordo compresso	Z <sub>H</sub>	220	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C <sub>1</sub>	300	mm	C <sub>1</sub> = 1,5 * h <sub>eff</sub>
Interasse tirafondi (ortogonale)	S <sub>2</sub>	170	mm	
Distanza dal bordo (ortogonale)	C <sub>2</sub>	300	mm	C <sub>2</sub> = 1,5 * h <sub>eff</sub>
Distanza dal bordo (parallela)	C <sub>3</sub>	225	mm	

**cordolo ricostruito**

Classe del cls	R <sub>ck</sub>	C35/45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica esistente	f <sub>ck</sub>	35	N/mmq	
Resistenza caratteristica cubica esistente	R <sub>ck</sub>	45	N/mmq	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ <sub>c</sub>	1,00		azioni eccezionali
Larghezza del cordolo	B <sub>c</sub>	600	mm	
Altezza del cordolo	H <sub>c</sub>	330	mm	
Spessore della pavimentazione	H <sub>p</sub>	100	mm	
Distanza	H <sub>i</sub>	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 <sub>yk</sub>	450	N/mmq	
Diametro barre longitudinali	Ø <sub>l</sub>	14	mm	
Diametro delle staffe	Ø <sub>st</sub>	14	mm	
Copriferro	c	30	mm	
Bracci delle staffe efficaci	n <sub>st,b</sub>	2		a favore di sicurezza
Passo delle staffe (ortogonale)	p <sub>st</sub>	200	mm	
Distanza max efficace delle staffe (ortogonale)	d <sub>2max,st</sub>	470	mm	2 * 0,75 * h <sub>eff</sub> + S <sub>2</sub>
Staffe efficaci (ortogonale)	n <sub>st,p</sub>	2		d <sub>2max,st</sub> / p <sub>st</sub>
Area staffe resistenti alla rottura conica cls	A <sub>st</sub>	616	mmq	n <sub>st,p</sub> * n <sub>st,b</sub> * π * Ø <sup>2</sup> /4
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ <sub>s</sub>	1,00		azioni eccezionali
Resistenza di progetto a trazione delle staffe	N <sub>st,sd</sub>	277,09	kN	f <sub>yk</sub> * A <sub>st</sub> / γ <sub>st</sub>

**carichi e sollecitazioni**

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

**VERIFICHE ANCORAGGIO - metodo di progettazione A**

**lato acciaio - verifiche a trazione**

Coeff. parziale di sicurezza per carichi (azioni eccezionali)	γ <sub>s</sub>	1,00		azioni eccezionali
Sforzo normale (trazione) gruppo ancoranti	N <sub>g,sd</sub>	151,86	kN	F <sub>H,urto</sub> * (h <sub>f</sub> - H <sub>1</sub> ) * γ <sub>s</sub> / 0,9 Z <sub>H</sub>
Taglio gruppo ancoranti	V <sub>g,sd</sub>	31,65	kN	V <sub>urto</sub> * γ <sub>s</sub>
Sforzo normale (trazione) singolo ancorante	N <sub>sd</sub>	75,93	kN	N <sub>g,sd</sub> / n <sub>v</sub>
Taglio singolo ancorante	V <sub>sd</sub>	10,55	kN	V <sub>g,sd</sub> / (n <sub>s</sub> + n <sub>v</sub> )

Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Ms}$	1,00		
Trazione resistente di progetto singolo ancorante	$N_{Rd}$	196,00	kN	$f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza a trazione	$\beta_N$	0,39	<b>verificato</b>	$N_{Sd} / N_{Rd} \leq 1$
<b>lato acciaio - verifiche a taglio</b>				
Taglio resistente di progetto singolo ancorante	$V_{Rd}$	98,00	kN	$0,5 * f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza taglio	$\beta_V$	0,11	<b>verificato</b>	$V_{Sd} / V_{Rd} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo verifica a trazione con rottura conica del cls</b>				
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 $\geq 150$ mm (qualsiasi diametro) o con diametro $\leq 10$ mm ed interasse $\geq 100$ 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	$N_{Rk,c}^0 * A_{c,N} / A_{c,N}^0 * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N(x)} * \psi_{ucr,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Mc}$	1,00		
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd,c}$	141,90	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	$\beta_N$	0,00	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd,c} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo Verifica ad estrazione "pull out" dell'ancorante con superficie conica del cls - rottura combinata</b>				
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	$\psi_C$	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	$N_{Rk,p}^0 * A_{p,Np} / A_{p,Np}^0 * \psi_{s,Np} * \psi_{re,Np} * \psi_{ec,Np(x)} * \psi_{g,Np}$

Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Mp}$	1,00		
Resistenza di progetto pull-out	$N_{Rd,p}$	116,19	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	$\beta_N$	0,00	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd,p} \leq 1$

**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: $C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N} \quad S_2 \leq S_{cr,N}$
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	$\gamma_{Msp}$	1,00		
Resistenza di progetto cono cls	$N_{Rd,sp}$	175,46	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	$\beta_N$	0,00	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd,sp} \leq 1$

**lato calcestruzzo - verifica a taglio per scalamiento 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	$\gamma_{Mcp}$	1,00		
Resistenza di progetto per Pry-Out	$V_{Rd,cp}$	283,79	kN	$V_{Rk,cp} / \gamma_{Mcp}$
Azione di taglio sul gruppo di ancoranti	$V_{sd}$	31,65	kN	
Coeff. di sicurezza per Pry-Out	$\beta_V$	0,11	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd,cp} \leq 1$

**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  $c > 10 * h_{eff}$  e  $c > 60 * d$

**Verifica necessaria**

Coefficiente per cls	$k_1$	1,70		cls fessurato 1,7 cls non fessurato 2,4
Esponente	$\alpha$	0,08		$0,1 * (h_{eff} / C_1)^{0,5}$
Esponente	$\beta$	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	$\alpha_v$	0,00	°	
Coefficiente correttivo inclinazione carico	$\psi_{\alpha,v}$	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	$V_{Rk,c}^0 * A_{c,v} / A_{c,v}^0 * \psi_{s,v} * \psi_{h,v} * \psi_{\alpha,v} * \psi_{ec,v} * \psi_{rc,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Mp}$	1,00		
Resistenza di progetto singolo ancorante	$V_{Rd,c}$	111,14	kN	$V_{Rk,c} / \gamma_{Mp}$
Azione di taglio singolo ancorante di bordo	$V_{sd,s}$	15,83	kN	$V_{g,sd} / n_v$

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

Spessore parete cava resistente	t	106	mm	$A_c / u \geq 2c$
Area racchiusa dalla mediana di parete	$A_k$	76336	mm <sup>2</sup>	$(2*B_c + 2*H_c - 4*t) * t / 2$
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 <sup>2</sup>	$0,5*f_{cd}$
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	$2*A_k*f_{cd}*\cotg\theta / (1 + \cotg\theta^2)$
Resistenza torcente di progetto	$T_{Rd}$	59,0	kNm	$\text{MIN}(T_{Rd,s}; T_{Rd,st}; T_{Rd,c})$
Verifica a torsione	$T_{sd} / T_{Rd}$	0,30	<b>verificato</b>	$T_{sd} / T_{Rd} \leq 1$

### VERIFICA A TAGLIO

#### sollecitazioni su sezione di verifica

Angolo di diffusione della sollecitazione	$\alpha$	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 <sup>2</sup>	2Ø14
Passo delle staffe	$p_{st}$	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	$A'_s$	462	mm <sup>2</sup>	3Ø14
Area armatura inferiore di bordo	$A_s$	308	mm <sup>2</sup>	2Ø14

#### sollecitazioni di progetto

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	$\gamma_s$	1,00		
Sforzo normale di progetto	$N_{sd}$	0	kN	trascurabile
Taglio di progetto	$V_{sd}$	31,65	kN	$V_{urto} * \gamma_s$

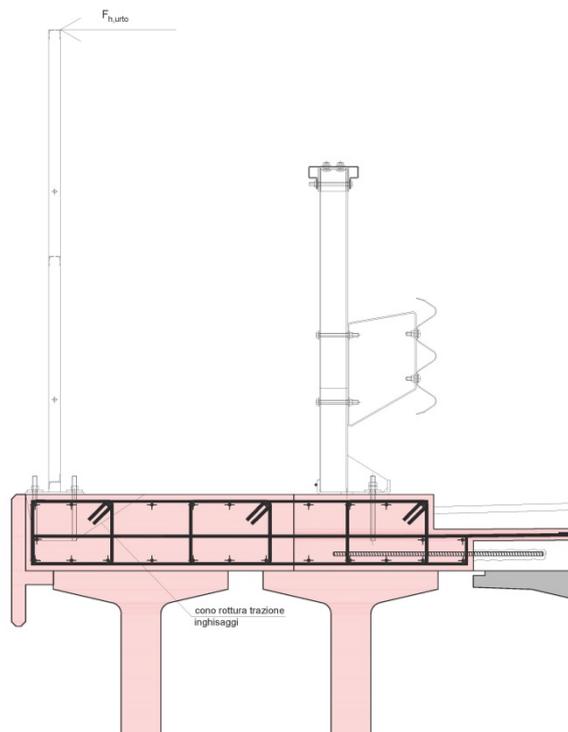
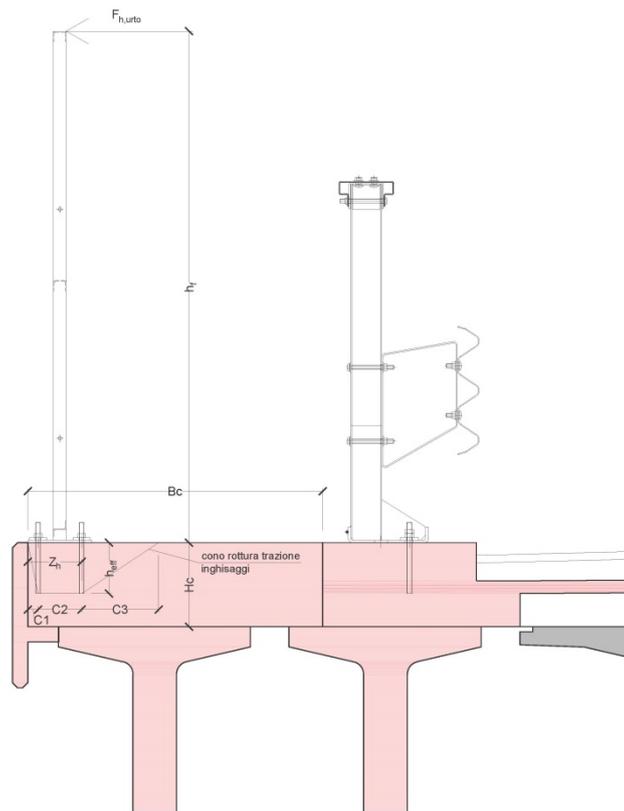
#### taglio resistente

Coefficiente	k	1,59		$\text{MIN}(1 + (200 / d)^{0,5}; 2)$
Area armatura tesa efficiente per taglio	$A_s$	462	mm <sup>2</sup>	3Ø14
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_1$	0,00246		$A_s / (b*d)$
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	0	kN/mm <sup>2</sup>	$N_{ed} / (b*h)$
Resistenza offerta da cls tesato	$V_{Rd,c}$	110	N/mm <sup>2</sup>	$0,18*k*(100*\rho_1*f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15*\sigma_{cp}*b*d$
Resistenza minima dal cls tesato	$V_{Rd,min}$	78,3	kN	$(0,035*k^{3/2}*f_{ck}^{1/2} + 0,15*\sigma_{cp})*b*d$
Resistenza a taglio del cls tesato	$V_{Rd}$	110,4	kN	$\text{MAX}(V_{Rd,c}; V_{Rd,min})$
Verifica a taglio resistente	$V_{sd} / V_{Rd}$	0,29	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
Verifica armatura tesa minima	$A_{s,min}$	349	mm <sup>2</sup>	<b>verificato</b>
Inclinazione delle bielle compresse (a favore sicurezza)	$\theta$	45	°	
Valore cotangente	$\cotg\theta$	1		
Inclinazione staffe	$\alpha_s$	90	°	
Resistenza offerta dalle staffe	$V_{Rsd}$	355,4	kN	$A_{sw} * 0,9*d*f_{yd}*(\cotg\theta + \cotg\alpha_s)*\text{sen}\alpha_s / p_{st}$
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	$\text{MIN}(V_{Rsd}; V_{Rcd})$
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	$\text{MIN}(V_{Rd,1}; V_{Rd,2})$
Verifica a taglio resistente	$V_{sd} / V_{Rd}$	0,09	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$

#### VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE

Coeff. di sicurezza max per torsione	$\beta_T$	0,30		$\leq 1$
Coeff. di sicurezza max per taglio	$\beta_V$	0,29		$\leq 1$
Verifica per rottura combinata T-V	$\beta_{T,V}$	0,59	<b>verificato</b>	$\beta_T + \beta_V \leq 1,0$

## 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 <sub>RES</sub>	192	mmq	
Diametro effettivo tirafondi	D <sub>eff</sub>	15,6		$\sqrt{(A_{RES} * 4 / \pi)}$
Lunghezza di ancoraggio effettiva	h <sub>eff</sub>	200	mm	
Tensione di rottura	f <sub>uk</sub>	800	N/mmq	
Tensione di snervamento	f <sub>yk</sub>	640	N/mmq	
Numero tirafondi orizzontali	n <sub>H</sub>	2		
Numero tirafondi verticali	n <sub>V</sub>	2		
Larghezza della piastra (ortogonale)	B <sub>P</sub>	250	mm	
Larghezza della piastra (parallela)	L <sub>P</sub>	250	mm	
Distanza anc. teso da bordo compresso	Z <sub>H</sub>	210	mm	
Interasse tirafondi (parallela)	S <sub>1</sub>	170	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C <sub>1</sub>	40	mm	
Interasse tirafondi (ortogonale)	S <sub>2</sub>	170	mm	
Distanza dal bordo (ortogonale)	C <sub>2</sub>	300	mm	C <sub>2</sub> = 1,5 * h <sub>eff</sub>
Distanza dal bordo (parallela)	C <sub>3</sub>	300	mm	C <sub>3</sub> = 1,5 * h <sub>eff</sub>

**cordolo ricostruito**

Classe del cls	R <sub>ck</sub>	C35/45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica esistente	f <sub>ck</sub>	35	N/mmq	
Resistenza caratteristica cubica esistente	R <sub>ck</sub>	45	N/mmq	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y <sub>c</sub>	1,50		
Larghezza del cordolo	B <sub>c</sub>	1150	mm	
Altezza del cordolo	H <sub>c</sub>	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 <sub>yk</sub>	450	N/mmq	
Diametro barre longitudinali	Ø <sub>l</sub>	14	mm	
Diametro delle staffe	Ø <sub>st</sub>	14	mm	
Copriferro	c	30	mm	
Bracci delle staffe efficaci	n <sub>st,b</sub>	1		a favore di sicurezza
Passo delle staffe (ortogonale)	p <sub>st</sub>	200	mm	
Distanza max efficace delle staffe (ortogonale)	d <sub>2max,st</sub>	470	mm	2 * 0,75 * h <sub>eff</sub> + S <sub>2</sub>
Staffe efficaci (ortogonale)	n <sub>st,p</sub>	2		d <sub>2max,st</sub> / p <sub>st</sub>
Area staffe resistenti alla rottura conica cls	A <sub>st</sub>	308	mmq	n <sub>st,p</sub> * n <sub>st,b</sub> * π * Ø <sup>2</sup> /4
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	Y <sub>s</sub>	1,15		
Resistenza di progetto a trazione delle staffe	N <sub>st,sd</sub>	120,47	kN	f <sub>yk</sub> * A <sub>st</sub> / Y <sub>st</sub>

**carichi e sollecitazioni**

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

**VERIFICHE ANCORAGGIO - metodo di progettazione A**

**lato acciaio - verifiche a trazione**

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	Y <sub>s</sub>	1,50		azione variabile
Sforzo normale (trazione) gruppo ancoranti	N <sub>g,sd</sub>	71,43	kN	F <sub>H,urto</sub> * hf * Y <sub>s</sub> / 0,9 Z <sub>H</sub>
Taglio gruppo ancoranti	V <sub>g,sd</sub>	6,75	kN	V <sub>urto</sub> * Y <sub>s</sub>
Sforzo normale (trazione) singolo ancorante	N <sub>sd</sub>	35,71	kN	N <sub>g,sd</sub> / n <sub>v</sub>

Taglio singolo ancorante	$V_{sd}$	1,69	kN	$V_{g,sd} / (n_s + n_v)$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Ms}$	1,15		
Trazione resistente di progetto singolo ancorante	$N_{Rd}$	133,57	kN	$f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza a trazione	$\beta_N$	0,27	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd} \leq 1$
<b>lato acciaio - verifiche a taglio</b>				
Taglio resistente di progetto singolo ancorante	$V_{Rd}$	66,78	kN	$0,5 * f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza taglio	$\beta_V$	0,03	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo verifica a trazione con rottura conica del cls</b>				
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 $\geq 150$ mm (qualsiasi diametro) o con diametro $\leq 10$ mm ed interasse $\geq 100$ 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	$N_{Rk,c}^0 * A_{c,N} / A_{c,N}^0 * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N(x)} * \psi_{ec,N(y)} * \psi_{ucr,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Mc}$	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	$\beta_N$	0,00	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd,c} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo Verifica ad estrazione "pull out" dell'ancorante con superficie conica del cls - rottura combinata</b>				
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	$\psi_C$	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	$A_{p,Np} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr,N}) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N} \quad S_1; S_2 \leq S_{cr,Np})$
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	$\gamma_{Mp}$	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	$\beta_N$	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	$\gamma_{Msp}$	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	$\beta_N$	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	$\gamma_{Mcp}$	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	$\beta_V$	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  $c > 10 * h_{eff}$  e  $c > 60 * d$

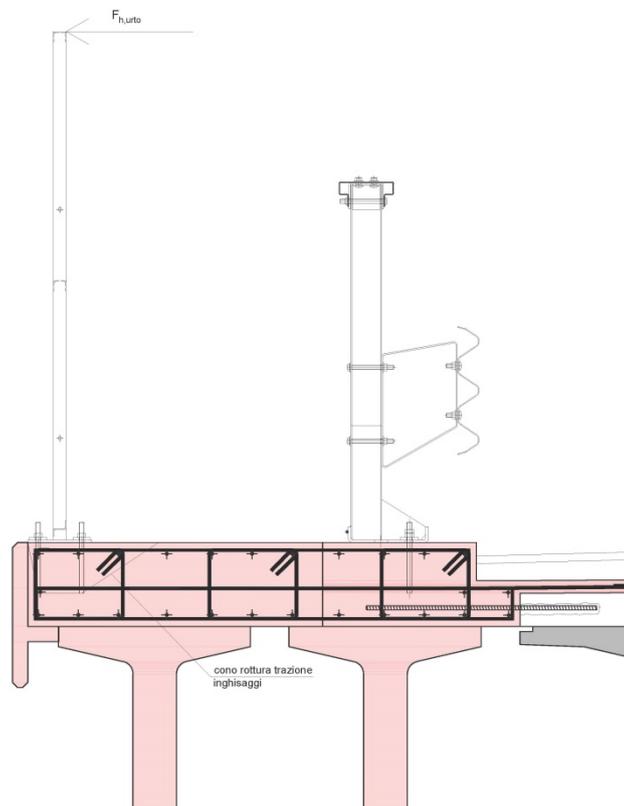
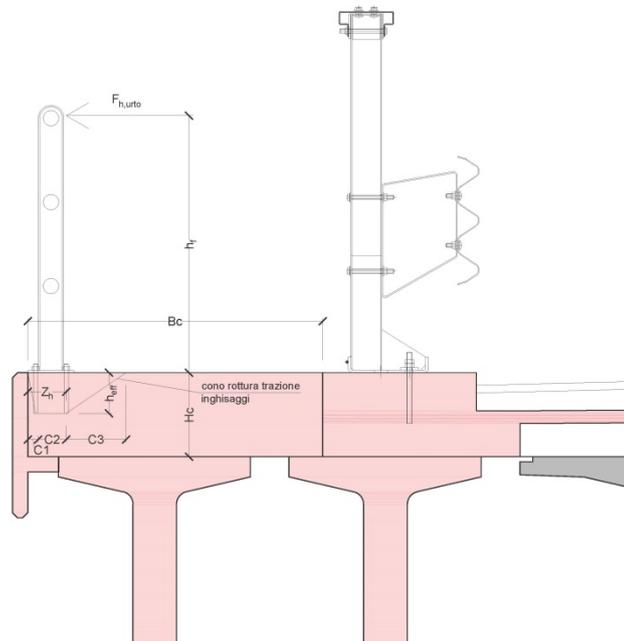
Verifica necessaria

Coefficiente per cls	$k_1$	1,70		cls fessurato 1,7 cls non fessurato 2,4
Esponente	$\alpha$	0,22		$0,1 * (h_{eff} / C_1)^{0,5}$
Esponente	$\beta$	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	$\alpha_v$	0,00	°	
Coefficiente correttivo inclinazione carico	$\Psi_{\alpha,v}$	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	$V_{Rk,c}^0 * A_{c,v} / A_{c,v}^0 * \Psi_{s,v} * \Psi_{h,v} * \Psi_{\alpha,v} * \Psi_{ec,v} * \Psi_{rc,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Mp}$	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	$\beta_V$	0,24	<b>verificato</b>	$V_{sd,s} / V_{Rd,c} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo - verifica per rottura combinata trazione-taglio</b>				
Coefficiente di sicurezza max per trazione	$\beta_N$	0,00		$\leq 1$
Coefficiente di sicurezza max per taglio	$\beta_V$	0,24		$\leq 1$
Coefficiente per rottura lato cls	$\alpha$	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	<b>verificato</b>	$\beta_N + \beta_V \leq 1,2$
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,V}^\alpha$	0,06	<b>verificato</b>	$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$
<b>VERIFICA A TORSIONE</b>				
<b>caratteristiche geometriche e materiali</b>				
<b>Ancoraggio barriera</b>				
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	$B_1 - C_1 - S_1$
<b>cordolo</b>				
Classe del cls	$R_{ck}$	$\geq 45$		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	45	N/mm <sup>2</sup>	
Deformazione contrazione uniforme cls	$\epsilon_{c1}$	0,0020		
Deformazione ultima cls	$\epsilon_{cu}$	0,0035		
Modulo elastico del cls	$E_c$	34625	N/mm <sup>2</sup>	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_c$	1,50		
Coeff. riduttivo per eff. a lungo termine	$\alpha_{cc}$	0,85		
Resistenza di calcolo a compressione cls	$f_{cd}$	19,83	N/mm <sup>2</sup>	$(\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c) / FC$
Larghezza del cordolo	$B_c$	1150	mm	
Altezza del cordolo	$H_c$	330	mm	
<b>armatura cordolo</b>				
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 <sup>2</sup>	
Modulo elastico del acciaio	$E_s$	210000	N/mm <sup>2</sup>	
Deformazione acciaio a snervamento	$\epsilon_{yd}$	0,00186		$f_{yd} * E_s$
Deformazione ultima acciaio	$\epsilon_{yu}$	0,01000		
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_s$	1,15		
Resistenza di progetto a trazione	$f_{yd}$	391,3	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yk} * \gamma_s / FC$
Copriferro	c	30	mm	
<b>carichi e sollecitazioni</b>				
<i>Carichi permanenti</i>				
Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>	
Pavimentazione	$\gamma_{pav}$	22	kN/m <sup>3</sup>	
Barriera	$P_{sv}$	1	kN/m	
<i>Azioni eccezionali da urto</i>				
Forza orizzontale	$F_{H,urto}$	4,50	kN	
Altezza applicazione	$h_f$	1	m	
Momento indotto	$M_{urto}$	4,5	kNm	$F_{H,urto} * h_f$
<b>sollecitazioni su sezione di verifica</b>				
Angolo di diffusione della sollecitazione	$\alpha$	45	°	
Momento torcente	$T_{urto}$	5,24	kNm	$F_{H,urto} * (h_f - H_1 + H_c / 2)$
<b>geometria della sezione di verifica</b>				
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 <sup>2</sup>	2Ø14
Passo delle staffe	$p_{st}$	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	$A'_s$	1078	mm <sup>2</sup>	7Ø14
Area armatura inferiore di bordo	$A_s$	1078	mm <sup>2</sup>	7Ø14
Inclinazione delle bielle compresse	$\theta$	45	°	
Valore cotangente	$\cotg\theta$	1		
<b>sollecitazioni di progetto</b>				
Coeff. parziale di sicurezza per carichi	$\gamma_s$	1,50		
Momento torcente di progetto	$T_{sd}$	3,93	kNm	$T_{urto} * \gamma_s / 2$
<b>momento torcente resistente</b>				

Area della sezione in cls	$A_c$	379500	mm <sup>2</sup>	$B_c \cdot H_c$
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 <sup>2</sup>	$(2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c - 4 \cdot t) \cdot t / 2$
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 <sup>2</sup>	$0,5 \cdot f_{cd}$
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	<b>verificato</b>	$T_{sd} / T_{Rd} \leq 1$
<b>VERIFICA A TAGLIO</b>				
<b>sollecitazioni su sezione di verifica</b>				
Angolo di diffusione della sollecitazione	$\alpha$	45	°	
Taglio	$V_{urto}$	4,50	kNm	
considero per semplicità e a favore di sicurezza la sezione come di forma rettangolare				
<b>geometria della sezione di verifica</b>				
Base della sezione	$b$	330		
Altezza della sezione	$h$	1150		
Copriferro armatura tesa	$c$	30	mm	
Copriferro armatura compressa	$c'$	30	mm	
Altezza utile della sezione	$d$	1120	mm	
Area bracci staffe di bordo cordolo	$A_{st}$	308	mm <sup>2</sup>	2Ø14
Passo delle staffe	$p_{st}$	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	$A'_s$	462	mm <sup>2</sup>	3Ø14
Area armatura inferiore di bordo	$A_s$	308	mm <sup>2</sup>	2Ø14
<b>sollecitazioni di progetto</b>				
Coeff. parziale di sicurezza per carichi	$\gamma_s$	1,00		
Sforzo normale di progetto	$N_{sd}$	0	kN	trascurabile
Taglio di progetto	$V_{sd}$	4,5	kN	$V_{urto} \cdot \gamma_s$
<b>taglio resistente</b>				
Coefficiente	$k$	1,42		$\text{MIN}(1 + (200 / d)^{0,5}; 2)$
Area armatura tesa efficiente per taglio	$A_s$	770	mm <sup>2</sup>	5Ø14
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_1$	0,00208		$A_s / (b \cdot d)$
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	0	kN/mm <sup>2</sup>	$N_{sd} / (b \cdot h)$
Resistenza offerta da cls teso	$V_{Rd,c}$	122	N/mm <sup>2</sup>	$0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d$
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	$V_{sd} / V_{Rd}$	0,03	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
Verifica armatura tesa minima	$A_{s,min}$	685	mm <sup>2</sup>	<b>verificato</b>
Inclinazione delle bielle compresse (a favore sicurezza)	$\theta$	45	°	
Valore cotangente	$\cotg \theta$	1		
Inclinazione staffe	$\alpha_s$	90	°	
Resistenza offerta dalle staffe	$V_{Rsd}$	607,2	kN	$A_{sw} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha_s) \cdot \text{sen} \alpha_s / p_{st}$
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	$V_{sd} / V_{Rd}$	0,01	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
<b>VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE</b>				
Coeff. di sicurezza max per torsione	$\beta_T$	0,04		$\leq 1$
Coeff. di sicurezza max per taglio	$\beta_V$	0,03		$\leq 1$
Verifica per rottura combinata T-V	$\beta_{T,V}$	0,07	<b>verificato</b>	$\beta_T + \beta_V \leq 1,0$

## 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 <sub>RES</sub>	157	mmq	
Diametro effettivo tirafondi	D <sub>eff</sub>	14,1		$\sqrt{(A_{RES} * 4 / \pi)}$
Lunghezza di ancoraggio effettiva	h <sub>eff</sub>	150	mm	
Tensione di rottura	f <sub>uk</sub>	800	N/mmq	
Tensione di snervamento	f <sub>yk</sub>	640	N/mmq	
Numero tirafondi orizzontali	n <sub>H</sub>	2		
Numero tirafondi verticali	n <sub>V</sub>	2		
Larghezza della piastra (ortogonale)	B <sub>P</sub>	180	mm	
Larghezza della piastra (parallela)	L <sub>P</sub>	180	mm	
Distanza anc. teso da bordo compresso	Z <sub>H</sub>	150	mm	
Interasse tirafondi (parallela)	S <sub>1</sub>	120	mm	
Distanza dal bordo (parallela)	C <sub>1</sub>	30	mm	
Interasse tirafondi (ortogonale)	S <sub>2</sub>	120	mm	
Distanza dal bordo (ortogonale)	C <sub>2</sub>	225	mm	C <sub>2</sub> = 1,5 * h <sub>eff</sub>
Distanza dal bordo (parallela)	C <sub>3</sub>	225	mm	C <sub>3</sub> = 1,5 * h <sub>eff</sub>

**cordolo ricostruito**

Classe del cls	R <sub>ck</sub>	C35/45		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica esistente	f <sub>ck</sub>	35	N/mmq	
Resistenza caratteristica cubica esistente	R <sub>ck</sub>	45	N/mmq	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ <sub>c</sub>	1,50		
Larghezza del cordolo	B <sub>c</sub>	1150	mm	
Altezza del cordolo	H <sub>c</sub>	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 <sub>yk</sub>	450	N/mmq	
Diametro barre longitudinali	Ø <sub>l</sub>	14	mm	
Diametro delle staffe	Ø <sub>st</sub>	14	mm	
Copriferro	c	30	mm	
Bracci delle staffe efficaci	n <sub>st,b</sub>	1		a favore di sicurezza
Passo delle staffe (ortogonale)	p <sub>st</sub>	200	mm	
Distanza max efficace delle staffe (ortogonale)	d <sub>2max,st</sub>	345	mm	2 * 0,75 * h <sub>eff</sub> + S <sub>2</sub>
Staffe efficaci (ortogonale)	n <sub>st,p</sub>	1		d <sub>2max,st</sub> / p <sub>st</sub>
Area staffe resistenti alla rottura conica cls	A <sub>st</sub>	154	mmq	n <sub>st,p</sub> * n <sub>st,b</sub> * π * Ø <sup>2</sup> /4
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	γ <sub>s</sub>	1,15		
Resistenza di progetto a trazione delle staffe	N <sub>st,sd</sub>	60,24	kN	f <sub>yk</sub> * A <sub>st</sub> / γ <sub>st</sub>

**carichi e sollecitazioni**

Carichi permanenti				
Calcestruzzo	γ <sub>cls</sub>	25	kN/mc	
Pavimentazione	γ <sub>pav</sub>	22	kN/mc	
Barriera	P <sub>sv</sub>	1	kN/m	
Azioni eccezionali da urto				
Azione su corrimano	F <sub>H</sub>	1,5	kN/m	
Interasse montanti	i	1,5	m	
Forza orizzontale	F <sub>H,urto</sub>	2,25	kN	F <sub>H</sub> * i
Altezza applicazione	h <sub>r</sub>	1	m	
Momento indotto	M <sub>H,urto</sub>	2,25	kNm	F <sub>H,urto</sub> * h <sub>r</sub>
Sollecitazioni su cordolo				
Sforzo normale	N	1	kN/m	
Momento	M <sub>urto</sub>	2,25	kNm/m	
Taglio	V <sub>urto</sub>	2,25	kN/m	

**VERIFICHE ANCORAGGIO - metodo di progettazione A**

**lato acciaio - verifiche a trazione**

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	γ <sub>s</sub>	1,50		azione variabile
Sforzo normale (trazione) gruppo ancoranti	N <sub>g,sd</sub>	25,00	kN	F <sub>H,urto</sub> * hf * γ <sub>s</sub> / 0,9 Z <sub>H</sub>
Taglio gruppo ancoranti	V <sub>g,sd</sub>	3,38	kN	V <sub>urto</sub> * γ <sub>s</sub>
Sforzo normale (trazione) singolo ancorante	N <sub>sd</sub>	12,50	kN	N <sub>g,sd</sub> / n <sub>v</sub>

Taglio singolo ancorante	$V_{sd}$	0,84	kN	$V_{g,sd} / (n_s + n_v)$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Ms}$	1,15		
Trazione resistente di progetto singolo ancorante	$N_{Rd}$	109,22	kN	$f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza a trazione	$\beta_N$	0,11	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd} \leq 1$
<b>lato acciaio - verifiche a taglio</b>				
Taglio resistente di progetto singolo ancorante	$V_{Rd}$	54,61	kN	$0,5 * f_{uk} * A_{RES} / \gamma_{Ms}$
Coeff. di sicurezza taglio	$\beta_V$	0,02	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo verifica a trazione con rottura conica del cls</b>				
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 $\geq 150$ mm (qualsiasi diametro) o con diametro $\leq 10$ mm ed interasse $\geq 100$ 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	$N_{Rk,c}^0 * A_{c,N} / A_{c,N}^0 * \psi_{s,N} * \psi_{re,N} * \psi_{ec,N(x)} * \psi_{ec,N(y)} * \psi_{ucr,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Mc}$	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	$\beta_N$	0,00	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd,c} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo Verifica ad estrazione "pull out" dell'ancorante con superficie conica del cls - rottura combinata</b>				
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	$\psi_C$	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	$A_{p,Np} = (C_1 + S_1 + C_3) * ((C_2 + S_2 + 0,5 * S_{cr,N}) \text{ se: } C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N} \quad S_1; S_2 \leq S_{cr,Np})$
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	$\gamma_{Mp}$	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	$\beta_N$	0,00	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd,p} \leq 1$

**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: $C_1; C_2; C_3 \leq C_{cr,N} \quad S_1; S_2 \leq S_{cr,N}$
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	$\gamma_{Msp}$	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	$\beta_N$	0,00	<b>verificato</b>	$N_{sd} / N_{Rd,sp} \leq 1$

**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	$\gamma_{Mcp}$	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	$\beta_V$	0,02	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd,cp} \leq 1$

**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  $c > 10 * h_{eff}$  e  $c > 60 * d$

**Verifica necessaria**

Coefficiente per cls	$k_1$	1,70		cls fessurato 1,7 cls non fessurato 2,4
Esponente	$\alpha$	0,22		$0,1 * (h_{eff} / C_1)^{0,5}$
Esponente	$\beta$	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	$\alpha_v$	0,00	°	
Coefficiente correttivo inclinazione carico	$\Psi_{\alpha,v}$	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	$V_{Rk,c}^0 * A_{c,v} / A_{c,v}^0 * \Psi_{s,v} * \Psi_{h,v} * \Psi_{\alpha,v} * \Psi_{ec,v} * \Psi_{rc,N}$
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_{Mp}$	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	$\beta_V$	0,19	<b>verificato</b>	$V_{sd,s} / V_{Rd,c} \leq 1$
<b>lato calcestruzzo - verifica per rottura combinata trazione-taglio</b>				
Coefficiente di sicurezza max per trazione	$\beta_N$	0,00		$\leq 1$
Coefficiente di sicurezza max per taglio	$\beta_V$	0,19		$\leq 1$
Coefficiente per rottura lato cls	$\alpha$	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	<b>verificato</b>	$\beta_N + \beta_V \leq 1,2$
Coefficiente di sicurezza per rottura combinata	$\beta_{N,V}^\alpha$	0,04	<b>verificato</b>	$\beta_N^\alpha + \beta_V^\alpha \leq 1,0$
<b>VERIFICA A TORSIONE</b>				
<b>caratteristiche geometriche e materiali</b>				
<b>Ancoraggio barriera</b>				
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	$B_1 - C_1 - S_1$
<b>cordolo</b>				
Classe del cls	$R_{ck}$	$\geq 45$		
Livello di conoscenza		LC3		
Fattore di confidenza	FC	1,00		
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>	
Resistenza caratteristica cubica	$R_{ck}$	45	N/mm <sup>2</sup>	
Deformazione contrazione uniforme cls	$\epsilon_{c1}$	0,0020		
Deformazione ultima cls	$\epsilon_{cu}$	0,0035		
Modulo elastico del cls	$E_c$	34625	N/mm <sup>2</sup>	
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_c$	1,50		
Coeff. riduttivo per eff. a lungo termine	$\alpha_{cc}$	0,85		
Resistenza di calcolo a compressione cls	$f_{cd}$	19,83	N/mm <sup>2</sup>	$(\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c) / FC$
Larghezza del cordolo	$B_c$	1150	mm	
Altezza del cordolo	$H_c$	330	mm	
<b>armatura cordolo</b>				
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 <sup>2</sup>	
Modulo elastico del acciaio	$E_s$	210000	N/mm <sup>2</sup>	
Deformazione acciaio a snervamento	$\epsilon_{yd}$	0,00186		$f_{yd} * E_s$
Deformazione ultima acciaio	$\epsilon_{yu}$	0,01000		
Coeff. parziale di sicurezza per resistenza	$\gamma_s$	1,15		
Resistenza di progetto a trazione	$f_{yd}$	391,3	N/mm <sup>2</sup>	$f_{yk} * \gamma_s / FC$
Copriferro	c	30	mm	
<b>carichi e sollecitazioni</b>				
<i>Carichi permanenti</i>				
Calcestruzzo	$\gamma_{cls}$	25	kN/m <sup>3</sup>	
Pavimentazione	$\gamma_{pav}$	22	kN/m <sup>3</sup>	
Barriera	$P_{sv}$	1	kN/m	
<i>Azioni eccezionali da urto</i>				
Forza orizzontale	$F_{H,urto}$	2,25	kN	
Altezza applicazione	$h_f$	1	m	
Momento indotto	$M_{urto}$	2,25	kNm	$F_{H,urto} * h_f$
<b>sollecitazioni su sezione di verifica</b>				
Angolo di diffusione della sollecitazione	$\alpha$	45	°	
Momento torcente	$T_{urto}$	2,62	kNm	$F_{H,urto} * (h_f - H_1 + H_c / 2)$
<b>geometria della sezione di verifica</b>				
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 <sup>2</sup>	2Ø14
Passo delle staffe	$p_{st}$	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	$A'_s$	1078	mm <sup>2</sup>	7Ø14
Area armatura inferiore di bordo	$A_s$	1078	mm <sup>2</sup>	7Ø14
Inclinazione delle bielle compresse	$\theta$	45	°	
Valore cotangente	$\cotg\theta$	1		
<b>sollecitazioni di progetto</b>				
Coeff. parziale di sicurezza per carichi	$\gamma_s$	1,50		
Momento torcente di progetto	$T_{sd}$	1,97	kNm	$T_{urto} * \gamma_s / 2$
<b>momento torcente resistente</b>				

Area della sezione in cls	$A_c$	379500	mm <sup>2</sup>	$B_c \cdot H_c$
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 <sup>2</sup>	$(2 \cdot B_c + 2 \cdot H_c - 4 \cdot t) \cdot t / 2$
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 <sup>2</sup>	$0,5 \cdot f_{cd}$
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	<b>verificato</b>	$T_{sd} / T_{Rd} \leq 1$

### VERIFICA A TAGLIO

#### sollecitazioni su sezione di verifica

Angolo di diffusione della sollecitazione	$\alpha$	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		
Copriferro armatura tesa	$c$	30	mm	
Copriferro armatura compressa	$c'$	30	mm	
Altezza utile della sezione	$d$	1120	mm	
Area bracci staffe di bordo cordolo	$A_{st}$	308	mm <sup>2</sup>	2Ø14
Passo delle staffe	$p_{st}$	200	mm	
Area armatura superiore di bordo	$A'_s$	462	mm <sup>2</sup>	3Ø14
Area armatura inferiore di bordo	$A_s$	308	mm <sup>2</sup>	2Ø14

#### sollecitazioni di progetto

Coeff. parziale di sicurezza per carichi	$\gamma_s$	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	$A_s$	770	mm <sup>2</sup>	5Ø14
Rapporto geometrico di armatura	$\rho_1$	0,00208		$A_s / (b \cdot d)$
Tensione media di compressione	$\sigma_{cp}$	0	kN/mm <sup>2</sup>	$N_{sd} / (b \cdot h)$
Resistenza offerta da cls teso	$V_{Rd,c}$	122	N/mm <sup>2</sup>	$0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \cdot b \cdot d$
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	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$
Verifica armatura tesa minima	$A_{s,min}$	685	mm <sup>2</sup>	<b>verificato</b>
Inclinazione delle bielle compresse (a favore sicurezza)	$\theta$	45	°	
Valore cotangente	$\cotg \theta$	1		
Inclinazione staffe	$\alpha_s$	90	°	
Resistenza offerta dalle staffe	$V_{Rsd}$	607,2	kN	$A_{sw} \cdot 0,9 \cdot d \cdot f_{yd} \cdot (\cotg \theta + \cotg \alpha_s) \cdot \text{sen} \alpha_s / p_{st}$
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	<b>verificato</b>	$V_{sd} / V_{Rd} \leq 1$

#### VERIFICA A TAGLIO E TORSIONE

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