

Committente:



# AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.P.A.

Via Camboara 26/A - Frazione Ponte Taro - 43015 NOCETO (PR)

Impresa Esecutrice:



**AUTOSTRADA DELLA CISA A15  
RACCORDO AUTOSTRADALE A15/A22  
CORRIDOIO PLURIMODALE TIRRENO-BRENNERO  
RACCORDO AUTOSTRADALE FRA L' AUTOSTRADA DELLA CISA-FONTEVIVO (PR)  
E L' AUTOSTRADA DEL BRENNERO-NOGAROLE ROCCA (VR). I LOTTO.**

C.U.P. G61B04000060008

C.I.G. 307068161E

## PROGETTO ESECUTIVO

AUTOCAMIONALE DELLA CISA S.p.A.

Il Direttore TIBRE:

Il Responsabile del Procedimento:

Il Presidente:

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.

IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.  
Il Direttore Tecnico: *Dott. Ugo Bondanelli*

Il Geologo:

N/A

PROGETTAZIONE DI:



Il Progettista:

Ing. Fabio Nigrelli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Palermo n. 3581

A.T.I.:



Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione:

Ing. Giovanni Maria Cepparotti

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Viterbo n. 392

Consulenza specialistica a cura di:

N/A

Progettista Responsabile Integrazione Prestazioni Specialistiche:

Impresa Pizzarotti & C. **Dott. Ing. PIETRO MAZZOLI**

Ing. Pietro Mazzoli

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Parma n. 821

Titolo Elaborato:

**Asse Principale  
Tombini Scatolari  
Tipologico tombini  
Parapetti e grigliati – Relazione di calcolo**

Data Emissione Progetto:

18/03/2014

Scala:

Identif. Elaborato:

N.RO IDENTIFICATIVO	CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	AMBITO	CAT OPERA	N OPERA	PARTE OP	TIPO DOC	N Progr. Doc.	REV.
	RAAA	1	E	I	AP	TS	00	G	RE	001	B
B	30/01/2015	ISTRUTTORIA A15 NOVEMBRE 2014 ("I" indica le parti modificate con l'ultima revisione)				CARDINETTI		NIGRELLI		MAZZOLI	
A	06/06/2014	RIEMMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO				CARDINETTI		NIGRELLI		MAZZOLI	
Rev.	Data	DESCRIZIONE REVISIONE				Redatto		Controllato		Approvato	

## SOMMARIO

1	Premessa.....	3
2	Documenti di riferimento.....	4
3	Caratteristiche dei materiali .....	5
3.1	Acciaio per carpenteria metallica.....	5
3.1	Acciaio per barre d'inghisaggio.....	5
3.2	Resina per inghisaggi .....	5
4	Sollecitazioni e verifiche strutturali.....	6
4.1	Azioni di calcolo .....	6
4.1	Fattorizzazione dei carichi.....	6
4.2	Parapetto a tre tubi classe C .....	7
4.2.1	Verifica del corrimano orizzontale.....	7
4.2.1	Verifica del montante verticale .....	7
4.2.1	Verifica dei tirafondi .....	8
4.3	Parapetto a tre tubi classe j .....	11
4.3.1	Verifica del corrimano orizzontale.....	11
4.3.2	Verifica del montante verticale .....	11
4.3.3	Verifica dei tirafondi (larghezza cordolo 25 cm).....	12
4.3.4	Verifica dei tirafondi (larghezza cordolo $\geq 30$ cm) .....	14
4.4	Parapetto a rete classe C .....	18
4.4.1	Verifica del corrimano orizzontale.....	18
4.4.2	Verifica del montante verticale .....	18
4.4.3	Verifica dei tirafondi .....	19

## 1 PREMESSA

La presente relazione riporta i calcoli di verifica dei parapetti su opere d'arte. Le opere in esame si inseriscono nell'ambito dei lavori per il "Progetto del "Raccordo Autostradale A15/A22 - Corridoio plurimodale Tirreno-Brennero - Raccordo autostradale tra l'Autostrada della Cisa – Fontevivo (PR) e l'Autostrada del Brennero – Nogarole Rocca (VR) – I Lotto".

I parapetti analizzati sono di tre tipologie:

- Parapetto classe C costituito da 3 tubolari passanti su montante lpe100.
- Parapetto classe C con corrimano pressopiegato ad U, montanti costituiti da profili piatti e rete metallica di tamponamento costituita da grigliato tipo Keller.
- Parapetto classe J costituito da 3 tubolari passanti su montante lpe100.

Tutti i parapetti in esame sono ancorati alle sottostrutture mediante piastra di ancoraggio e tirafondi inghisati nei getti con resina epossidica.

Nei paragrafi seguenti si riportano le verifiche strutturali di tutti gli elementi che compongono i parapetti.

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Le Normative di riferimento sono:

- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 – “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- D.M. LL. PP. 16 gennaio 1996 – Norme tecniche relative ai “Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi”.
- Circolare 4 luglio 1996, n. 156AA.GG./STC – Istruzioni per l’applicazione delle “Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi” di cui al D.M. 16 gennaio 1996.
- D.M. 09.01.96 – “Norme tecniche per il calcolo, l’esecuzione ed il collaudo delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche”.
- D.M. 04.05.90 – “Criteri generali e prescrizioni tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali” ed annesse “Istruzioni relative alla normativa tecnica dei ponti stradali”, di cui alla circolare ministero LL.PP. n. 34233 del 25.02.91
- CNR 10011/97 – Costruzioni in acciaio – Istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione.
- CNR 10016/2000 – Strutture composte di acciaio e calcestruzzo – Istruzioni per l’impiego nelle costruzioni.
- O.P.C.M. 3274 20.03.2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 03 dicembre 1987 – Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- Circ. Min. LL.PP. 16 marzo 1989 n°31104 – Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- D.M. LL. PP. 11 marzo 1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.
- Norma Italiana UNI EN 1794-1 “Dispositivi per la riduzione del rumore del traffico stradale – Prestazioni non acustiche”.
- Eurocodice 2 / UNI ENV 1992-1-1 “Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici” come previsto dal D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) RIPORTATO NEL d.m. 09.01.96.
- Eurocodice 3 / UNI ENV 1993-1-1 “Progettazione delle strutture di acciaio – Parte 1-1: regole generali e regole per gli edifici” come previsto dal D.A.N. (Documento di Applicazione Nazionale) riportato nel D.M. 09.01.96
- UNI EN 206-1:2001 “Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- D.M. LL. PP. del 12 Dicembre 1985 – “Norme tecniche relative alle tubazioni.”
- UNI 7517 “Guida per la scelta della classe dei tubi sottoposti a carichi esterni e funzionanti con o senza pressione interna”.
- DIN 4033 “Canali e tubazioni per le acque di scolo con tubi prefabbricati: Direttive per la costruzione”.

### 3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei sottoelencati materiali.

#### 3.1 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Per la carpenteria metallica sia adotta un acciaio S275JR

Tensione di snervamento caratteristica	fyk	≥	275 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura	ftk	≥	430 N/mm <sup>2</sup>

#### 3.1 ACCIAIO PER BARRE D'INGHISAGGIO

Per le barre d'inghisaggio si adottano barre filettate classe 5.8

Tensione di snervamento caratteristica	fyk	≥	400 N/mm <sup>2</sup>
Tensione caratteristica a rottura	ftk	≥	500 N/mm <sup>2</sup>

#### 3.2 RESINA PER INGHISAGGI

Ancoraggio chimico con resina epossidica bicomponente Resina tipo "HILTI HY-200"

## 4 SOLLECITAZIONI E VERIFICHE STRUTTURALI

### 4.1 AZIONI DI CALOLO

Le azioni di calcolo per le diverse classi di parapetto sono dedotte dalla norma UNI CEN/TR 1317-6 e sono riportate nel seguito.

Classe e tipo di parapetto	Azione orizzontale sul corrimano $q_{hk}$	Azione verticale sul corrimano $q_{vk}$	Azione del vento
3 tubi classe C	1 kN/m	1 kN/m	Non presente
3 tubi classe J	3 kN/m	1 kN/m	Non presente
Con rete classe C	1 kN/m	1 kN/m	0.8 kN/m <sup>2</sup>

Le azioni concentrate, pari ad 1 kN secondo la norma citata, non sono dimensionanti rispetto ai carichi distribuiti.

### 4.1 FATTORIZZAZIONE DEI CARICHI

Per le verifiche allo stato limite ultimo i carichi saranno fattorizzati come segue:

	SLU
Permanente	1.35
Variabile	1.50

Si utilizza l'approccio di verifica generale secondo l'appendice A della UNI CEN/TR 1317-6 che prevede le seguenti combinazioni di carico:

Peso proprio, carico dovuto al traffico distribuito in orizzontale e vento

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \gamma_Q \times q_{hk} + \psi_{0,W} \times \gamma_Q \times F_W \quad (A.1)$$

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \gamma_Q \times q_{hkl} + \psi_{0,W} \times \gamma_Q \times F_W \quad (A.2)$$

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \psi_{0,Q} \times \gamma_Q \times q_{hk} + \gamma_Q \times F_W$$

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \psi_{0,Q} \times \gamma_Q \times q_{hkl} + \gamma_Q \times F_W$$

Peso proprio, carico dovuto al traffico concentrato orizzontale e azione del vento

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \gamma_Q \times Q_{hk} + \psi_{0,W} \times \gamma_Q \times F_W \quad (A.3)$$

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \psi_{0,Q} \times \gamma_Q \times Q_{hk} + \gamma_Q \times F_W \quad (A.4)$$

Peso proprio, carico dovuto al traffico distribuito in verticale e azione del vento

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \gamma_Q \times q_{vk} + \psi_{0,W} \times \gamma_Q \times F_W \quad (A.5)$$

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \psi_{0,Q} \times \gamma_Q \times q_{vk} + \gamma_Q \times F_W \quad (A.6)$$

Peso proprio, carico dovuto al traffico concentrato verticale e azione del vento

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \gamma_Q \times Q_{vk} + \psi_{0,W} \times \gamma_Q \times F_W \quad (A.7)$$

$$F_{d,ULS} = \gamma_{Gs} \times G_k + \psi_{0,Q} \times \gamma_Q \times Q_{vk} + \gamma_Q \times F_W \quad (A.8)$$

I valori raccomandati per i fattori combinati  $\psi_0$  sono conformi al punto A.2 della EN 1990:2002:

- $\psi_{0,W} = 0,3$  per azioni del vento;
- $\psi_{0,Q} = 0,4$  per carichi dovuti al traffico.

## 4.2 PARAPETTO A TRE TUBI CLASSE C

Per questa tipologia di parapetto è prevista un'altezza di progetto di  $h=1.10\text{m}$  ed il passo dei montanti verticali è  $2\text{m}$ .

### 4.2.1 VERIFICA DEL CORRIMANO ORIZZONTALE

Le sollecitazioni fattorizzate sul corrimano orizzontale sono le seguenti:

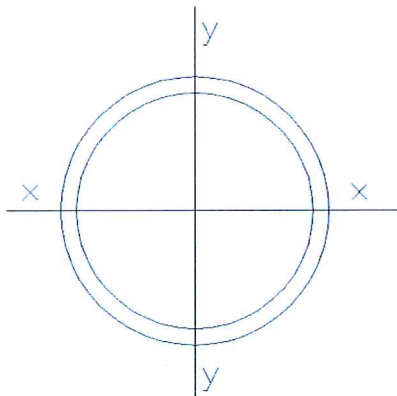
$$M_y = 1.5 q_{hk} \cdot l^2 / 8 = 1.5 \cdot 2^2 / 8 = 0.75 \text{ kNm} \quad \text{associato ai carichi orizzontali}$$

$$T_x = 1.5 q_{hk} \cdot l / 2 = 1.5 \cdot 2 / 2 = 1.5 \text{ kN}$$

$$M_x = (1.35 p_p + 1.5 q_{vk}) \cdot l^2 / 8 = 1.55 \cdot 2^2 / 8 = 0.775 \text{ kNm} \quad \text{associato ai carichi verticali}$$

$$T_x = (1.35 p_p + 1.5 q_{vk}) \cdot l / 2 = 1.55 \cdot 2 / 2 = 1.55 \text{ kN}$$

Si adotta un tubo  $\Phi 48.3\text{mm}$  sp  $2.9\text{mm}$  caratterizzato a un modulo elastico  $W=4.43 \text{ cm}^3$  e un'area  $A=4.14\text{cm}^2$ .



La combinazione di carico dimensionante è la A.5 descritta al punto 4.1 della presente relazione

Verifica in mezzeria

$$\sigma_{\max} = M/W = 775/4.43 = 175 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

Verifica all'appoggio

$$\sigma_{id} = 2 \cdot T/A \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 1550 / 414 \cdot \sqrt{3} = 13 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

### 4.2.1 VERIFICA DEL MONTANTE VERTICALE

Le sollecitazioni fattorizzate sul montante verticale sono le seguenti:

$$T = 1.5 \cdot 2 = 3 \text{ kN}$$

$$M = T \cdot h = 3 \cdot 1.1 = 3.3 \text{ kNm}$$

Si adotta un profilo IPE 100 con le seguenti caratteristiche:

$$W = 34.2 \text{ cm}^3$$

$A_v = 5.08 \text{ cm}^2$  area a taglio

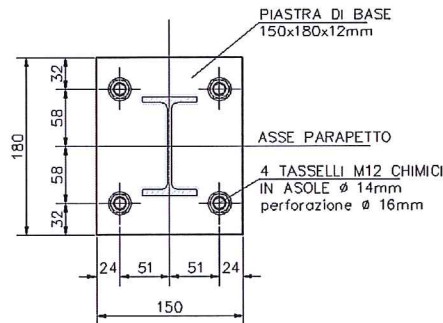
$$\sigma = M/W = 3300/34.20 = 97 \text{ MPa}$$

$$\tau = T / A_v = 3000 / 508 = 6 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 97 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

#### 4.2.1 VERIFICA DEI TIRAFONDI

La geometria della piastra di base è la seguente:



#### Verifica combinata sfilamento/rottura conica del calcestruzzo:

Il momento flettente SLU alla base della piastra vale  $M = 3.3 \text{ KNm}$ , pertanto la tensione sui tirafondi M12, con area resistente pari a  $0.843 \text{ cm}^2$  ciascuno, assume il valore di  $\sigma_s = 151.2 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$  lato acciaio. VERIFICATO.

Titolo: \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	A <sub>s</sub> [cm²]	d [cm]
1	15	18	1	1.686	14.8

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> [0] kN  
M<sub>Ed</sub> [3.3] kNm  
M<sub>yEd</sub> [0] kNm  
M<sub>zEd</sub> [0] kNm

P.to applicazione N  
 Centro  Baicentro cls  
Coord [cm] xN [0] yN [0]

Metodo di calcolo  
 S.L.U.-  S.L.U.-  Metodo n

Materiali

B450C	C25/30
$\epsilon_{su}$ 67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$ 2 ‰
$f_{yd}$ 391.3 N/mm²	$\sigma_{cu}$ 3.5
$E_s$ 200000 N/mm²	$f_{cd}$ 14.17
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.9
$\sigma_{syd}$ 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.6
	$\tau_{c1}$ 1.829

$\sigma_c$  6.097 N/mm²  
 $\sigma_s$  151.2 N/mm²

Verifica

N° Rerazioni: 4

Precompresso

Il massimo sforzo di trazione sulla barra è:  $N_{max} = 84.3 \times 151.2 = 12746 \text{ N} = 12.7 \text{ kN}$

Si svolge la verifica di resistenza alla rottura combinata conica del calcestruzzo/sfilamento per effetto dell'azione assiale gravante sui tirafondi in trazione. Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$N_{Rd,p} = N_{0Rd,p} * f_{B,p} * f_{1,N} * f_{2,N} * f_{3,N} * f_{h,p} * f_{re,N}$$

In cui:

$N_{0Rd,p}$  : Resistenza combinata di base;

$f_{B,p}$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;



- $f_{1,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;  
 $f_{2,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;  
 $f_{3,N}$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi;  
 $f_{h,p}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;  
 $f_{re,N}$  : coefficiente di influenza delle barre d'acciaio;  
 $h_{eff}$  : profondità effettiva dell'ancoraggio;  
 $c$  : distanza dal bordo del tirafondo;  
 $s$  : spaziatura tirafondi;

Considerando una profondità di inghisaggio di 15cm ed una sezione di calcestruzzo di base larga almeno 25cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

ROTTURA COMBINATA		
$h_{ef,typ}$	110	mm
$h_{eff}$	150	mm
$c$	67	mm
$s$	102	mm
$c_{cr,N}$	225	mm
$s_{cr,N}$	450	mm
$c/c_{cr}$	0.30	
$s/s_{cr}$	0.23	
$N^{\circ}R_{d,p}$	31.6	kN
$f_{B,p}$	1.03	
$f_{1,N}$	0.789333	
$f_{2,N}$	0.648889	
$f_{3,N}$	0.61	
$f_{h,p}$	1.363636	
$f_{re,N}$	1	
<b><math>N_{Rd,p}</math></b>	<b>13.94</b>	<b>kN</b>

Essendo che  $N_{Rd,p} = 13.94 \text{ kN} > 12.7 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.

### Verifica rottura a taglio:

Si esegue la verifica SLU nei confronti dello sforzo di taglio agente alla base del piedritto pari a 3 kN. Lo sforzo si ripartisce su due tirafondi e per ognuno risulta pari a 1.5 kN.

Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 * f_B * f_{\beta} * f_h * f_4 * f_{hef} * f_c$$

In cui:

- $V_{Rd,c}^0$  : Resistenza a taglio del bordo di calcestruzzo di base;  
 $f_B$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;  
 $f_{\beta}$  : coefficiente di influenza dall'angolo di incidenza carico;  
 $f_h$  : coefficiente di influenza dello spessore del materiale;  
 $f_4$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi e distanza dal bordo;

$f_{hef}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;  
 $f_c$  : coefficiente di influenza della distanza dal bordo;

Considerando una sezione di calcestruzzo di base larga 25cm e di spessore di 20cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

ROTTURA A TAGLIO	
$h_{eff}$	150 mm
$c$	67 mm
$s$	102 mm
$\beta$	0 mm
$d$	10.4 mm
$h$	200 mm
$c/hef$	0.446667
Sing.Anch.	0.35
$V^{\circ}R_{d,c}$	11.6 kN
$f_B$	1.15
$f_{\beta}$	1.00 mm
$f_h$	1.00
$f_4$	0.23
$f_{hef}$	4.43
$f_c$	0.70
$V_{Rd,c}$	9.33 kN

Essendo che  $V_{Rd,p} = 9.33 \text{ kN} > 1.50 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.

### 4.3 PARAPETTO A TRE TUBI CLASSE J

Per questa tipologia di parapetto è prevista un'altezza di progetto di  $h=1.10\text{m}$  ed il passo dei montanti verticali è  $1.5\text{m}$ .

#### 4.3.1 VERIFICA DEL CORRIMANO ORIZZONTALE

Le sollecitazioni fattorizzate sul corrimano orizzontale sono le seguenti:

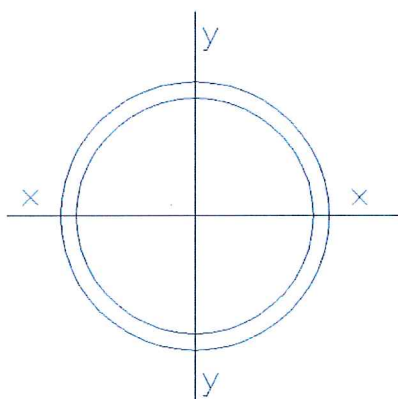
$$M_y = 1.5 q_{hk} \cdot l^2 / 8 = 4.5 \cdot 1.5^2 / 8 = 1.266 \text{ kNm} \quad \text{associato ai carichi orizzontali}$$

$$T_x = 1.5 q_{hk} \cdot l / 2 = 4.5 \cdot 1.5 / 2 = 3.375 \text{ kN}$$

$$M_x = (1.35 p_p + 1.5 q_{vk}) \cdot l^2 / 8 = 1.55 \cdot 2^2 / 8 = 0.775 \text{ kNm} \quad \text{associato ai carichi verticali}$$

$$T_x = (1.35 p_p + 1.5 q_{vk}) \cdot l / 2 = 1.55 \cdot 2 / 2 = 1.55 \text{ kN}$$

Si adotta un tubo  $\Phi 48.3\text{mm}$  sp  $4.5\text{mm}$  caratterizzato a un modulo elastico  $W=6.21 \text{ cm}^3$  e un'area  $A=6.19\text{cm}^2$ .



La combinazione di carico dimensionante è la A.1 descritta al punto 4.1 della presente relazione

Verifica in mezzzeria

$$\sigma_{\max} = M/W = 1266/6.21 = 204 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

Verifica all'appoggio

$$\sigma_{\text{id}} = 2 \cdot T/A \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 3375 / 619 \cdot \sqrt{3} = 19 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

#### 4.3.2 VERIFICA DEL MONTANTE VERTICALE

Le sollecitazioni fattorizzate sul montante verticale sono le seguenti:

$$T = 3.4 \cdot 2 = 6.8 \text{ kN}$$

$$M = T \cdot h = 6.8 \cdot 1.1 = 7.48 \text{ kNm}$$

Si adotta un profilo IPE 100 con le seguenti caratteristiche:

$$W = 34.2 \text{ cm}^3$$

$A_v = 5.08 \text{ cm}^2$  area a taglio

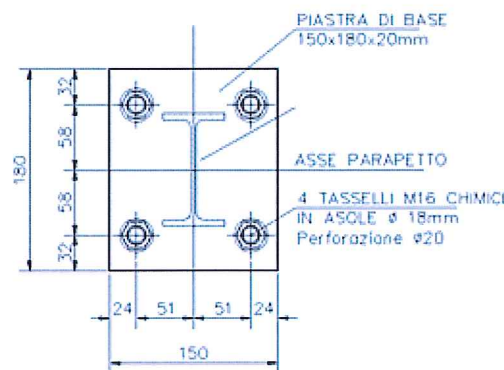
$$\sigma = M/W = 7480/34.20 = 219 \text{ MPa}$$

$$\tau = T \setminus A_v = 6800 / 508 = 13.39 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 220 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

### 4.3.3 VERIFICA DEI TIRAFONDI (LARGHEZZA CORDOLO 25 CM)

La geometria della piastra di base è la seguente:



### Verifica combinata sfilamento/rottura conica del calcestruzzo:

Il momento flettente SLU alla base della piastra vale  $M = 7.48 \text{ kNm}$ , pertanto la tensione sui tirafondi M16, con area resistente pari a  $1.57 \text{ cm}^2$  ciascuno, assume il valore di  $\sigma_s = 191 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$  lato acciaio. VERIFICATO.

Titolo: \_\_\_\_\_

N° strati barre: 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	15	18	1	3.14	14.8

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub>: 0 kN  
M<sub>Ed</sub>: 7.48 kNm  
M<sub>yEd</sub>: 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord. [cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali: B450C C25/30

$E_{su}$	67.5 %	$E_{c2}$	2 %
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$E_{cu}$	3.5
$E_s$	200000 N/mm²	$f_{cd}$	14.17
$E_s/E_c$	15	$f_{cc}/f_{cd}$	0.9
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\sigma_{c,adm}$	9.75
		$\tau_{co}$	0.6
		$\tau_{c1}$	1.029

$\sigma_c$ : -11.43 N/mm²  
 $\sigma_s$ : 191.1 N/mm²

$\epsilon_s$ : 0.9554 %  
d: 14.8 cm  
 $\lambda$ : 6.999  $\lambda/d$ : 0.4729  
 $\delta$ : 1

Verifica N° iterazioni: 4

Precompresso

Il massimo sforzo di trazione sulla barra è:  $N_{max} = 157 \times 191 = 29987 \text{ N} = 30 \text{ kN}$

Si svolge la verifica di resistenza alla rottura combinata conica del calcestruzzo/sfilamento per effetto dell'azione assiale gravante sui tirafondi in trazione. Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 * f_{B,p} * f_{1,N} * f_{2,N} * f_{3,N} * f_{h,p} * f_{re,N}$$

In cui:

- $N_{Rd,p}^0$  : Resistenza combinata di base;  
 $f_{B,p}$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;  
 $f_{1,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;  
 $f_{2,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;  
 $f_{3,N}$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi;  
 $f_{h,p}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;  
 $f_{re,N}$  : coefficiente di influenza delle barre d'acciaio;  
 $h_{eff}$  : profondità effettiva dell'ancoraggio;  
 $c$  : distanza dal bordo del tirafondo;  
 $s$  : spaziatura tirafondi;

Considerando una profondità di inghisaggio di 40cm ed una sezione di calcestruzzo di base larga 25cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

ROTTURA COMBINATA		
$h_{ef,typ}$	125	mm
$h_{eff}$	400	mm
$c$	67	mm
$s$	102	mm
$c_{cr,N}$	600	mm
$s_{cr,N}$	1200	mm
$c/c_{cr}$	0.11	
$s/s_{cr}$	0.09	
$N_{Rd,p}^0$	44.9	kN
$f_{B,p}$	1.03	
$f_{1,N}$	0.7335	
$f_{2,N}$	0.555833	
$f_{3,N}$	0.54	
$f_{h,p}$	3.2	
$f_{re,N}$	1	
$N_{Rd,p}$	32.73	kN

Essendo che  $N_{Rd,p} = 32.73 \text{ kN} > 30 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.

### Verifica rottura a taglio:

Si esegue la verifica SLU nei confronti dello sforzo di taglio agente alla base del piedritto pari a 6.8 kN. Lo sforzo si ripartisce su due tirafondi e per ognuno risulta pari a 3.4 kN.

Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 * f_B * f_p * f_h * f_4 * f_{hef} * f_c$$

In cui:

- $V_{Rd,c}^0$  : Resistenza a taglio del bordo di calcestruzzo di base;  
 $f_B$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;

- $f_{\beta}$  : coefficiente di influenza dall'angolo di incidenza carico;  
 $f_h$  : coefficiente di influenza dello spessore del materiale;  
 $f_4$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi e distanza dal bordo;  
 $f_{hef}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;  
 $f_c$  : coefficiente di influenza della distanza dal bordo;

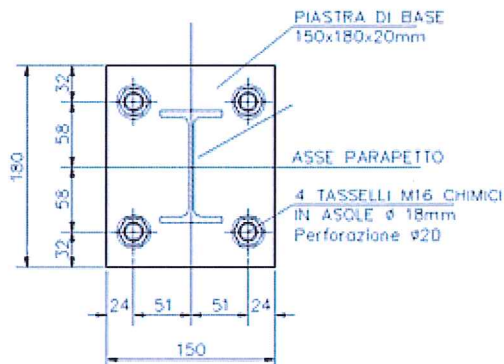
Considerando una sezione di calcestruzzo di base larga 25cm e di spessore di 20cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

ROTTURA A TAGLIO		
$h_{eff}$	400	mm
$c$	67	mm
$s$	102	mm
$\beta$	0	mm
$d$	14.1	mm
$h$	200	mm
$c/hef$	0.1675	
Sing.Anch.	0.35	
$V^{\circ}R_{d,c}$	18.7	kN
$f_B$	1.15	
$f_{\beta}$	1.00	mm
$f_h$	1.00	
$f_4$	0.05	
$f_{hef}$	13.80	
$f_c$	0.74	
$V_{Rd,c}$	11.40	kN

Essendo che  $V_{Rd,p} = 11.40 \text{ kN} > 3.4 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.

#### 4.3.4 VERIFICA DEI TIRAFONDI (LARGHEZZA CORDOLO $\geq 30 \text{ CM}$ )

La geometria della piastra di base è la seguente:



### Verifica combinata sfilamento/rottura conica del calcestruzzo:

Il momento flettente SLU alla base della piastra vale  $M = 7.48$  KNm, pertanto la tensione sui tirafondi M16, con area resistente paria a  $1.57 \text{ cm}^2$  ciascuno, assume il valore di  $\sigma_s = 191 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$  lato acciaio. VERIFICATO.

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	15	18	1	3.14	14.8

Sollecitazioni  
S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 kNm

P.to applicazione N  
Centro Baricentro cls  
Coord. [cm] xN 0 yN 0

Tipo Sezione  
 Rettang.re  Trapezi  
 a T  Ciccolare  
 Rettangoli  Coord.

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Materiali  
B450C C25/30

$E_{su}$  67.5 %  $E_{c2}$  2 %  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm²  $E_{cu}$  3.5 %  
 $E_s$  200000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17 %  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8  $f_{\bar{c}}$   
 $E_{syd}$  1.957 %  $\sigma_{c,adm}$  9.75  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6  
 $\tau_{c1}$  1.029

$\sigma_c$  -11.43 N/mm²  
 $\sigma_s$  191.1 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.9554 %  
d 14.8 cm  
x 6.939 x/d 0.4729  
s 1

Verifica  
N° iterazioni: 4  
 Precompresso

Il massimo sforzo di trazione sulla barra è:  $N_{max} = 157 \times 191 = 29987 \text{ N} = 30 \text{ kN}$

Si svolge la verifica di resistenza alla rottura combinata conica del calcestruzzo/sfilamento per effetto dell'azione assiale gravante sui tirafondi in trazione. Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 * f_{B,p} * f_{1,N} * f_{2,N} * f_{3,N} * f_{h,p} * f_{re,N}$$

In cui:

- $N_{Rd,p}^0$  : Resistenza combinata di base;
- $f_{B,p}$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;
- $f_{1,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;
- $f_{2,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;
- $f_{3,N}$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi;
- $f_{h,p}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;
- $f_{re,N}$  : coefficiente di influenza delle barre d'acciaio;
- $h_{eff}$  : profondità effettiva dell'ancoraggio;
- $c$  : distanza dal bordo del tirafondo;
- $s$  : spaziatura tirafondi;

Considerando una profondità di inghisaggio di 35cm ed una sezione di calcestruzzo di base larga almeno 30cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

ROTTURA COMBINATA		
$h_{ef,typ}$	125	mm
$h_{eff}$	350	mm
$c$	92	mm
$s$	102	mm
$c_{cr,N}$	525	mm

s cr , N	1050	mm
c/c cr	0.18	
s/s cr	0.10	
N°Rd,p	44.9	kN
f B,p	1.03	
f 1,N	0.752571	
f 2,N	0.587619	
f 3,N	0.55	
f h,p	2.8	
f re,N	1	
N Rd,p	31.41	kN

Essendo che  $N_{Rd,p} = 31.41 \text{ kN} > 30 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.

### Verifica rottura a taglio:

Si esegue la verifica SLU nei confronti dello sforzo di taglio agente alla base del piedritto pari a 6.8 kN. Lo sforzo si ripartisce su due tirafondi e per ognuno risulta pari a 6.4 kN.

Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 * f_B * f_{\beta} * f_h * f_4 * f_{hef} * f_c$$

In cui:

$V_{Rd,c}^0$  : Resistenza a taglio del bordo di calcestruzzo di base;

$f_B$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;

$f_{\beta}$  : coefficiente di influenza dall'angolo di incidenza carico;

$f_h$  : coefficiente di influenza dello spessore del materiale;

$f_4$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi e distanza dal bordo;

$f_{hef}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;

$f_c$  : coefficiente di influenza della distanza dal bordo;

Considerando una sezione di calcestruzzo di base larga almeno 30cm e di spessore di 20cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

ROTTURA A TAGLIO		
h eff	350	mm
c	92	mm
s	102	mm
$\beta$	0	mm
d	14.1	mm
h	200	mm
c/hef	0.262857	
Sing.Anch.	0.35	
$V^{\circ}Rd,c$	18.7	kN
fB	1.15	
f $\beta$	1.00	mm



fh	1.00
f4	0.09
fhef	11.02
fc	0.70
V Rd,c	15.32 kN

Essendo che  $V_{Rd,p} = 15.32 \text{ kN} > 3.4 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.

#### 4.4 PARAPETTO A RETE CLASSE C

Per questa tipologia di parapetto è prevista un'altezza di progetto di  $h=1.20\text{m}$  ed il passo dei montanti verticali è  $m$ .

##### 4.4.1 VERIFICA DEL CORRIMANO ORIZZONTALE

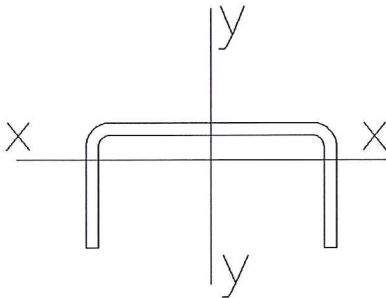
Le sollecitazioni fattorizzate sul corrimano orizzontale sono le seguenti:

$$M_y = 1.5 q_{hk} \cdot l^2 / 8 = 1.5 \cdot 2^2 / 8 = 0.75 \text{ kNm} \quad \text{associato ai carichi orizzontali}$$

$$T_x = 1.5 q_{hk} \cdot l / 2 = 1.5 \cdot 2 / 2 = 1.5 \text{ kN}$$

Le sollecitazioni associate ai carichi verticali non sono significative in quanto il corrimano si appoggia in maniera continua al grigliato.

Si adotta profilo ad U 60x30sp.3mm caratterizzato a un modulo elastico  $\text{cm}^3$ ,  $W_y=6.54 \text{ cm}^3$  e un'area a taglio  $A_v=1.44 \text{ cm}^2$ .



La combinazione di carico dimensionante è la A.1 descritta al punto 4.1 della presente relazione

Verifica in mezzzeria

$$\sigma_{\max} = M/W = 750/6.54 = 115 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

Verifica all'appoggio

$$\sigma_{\text{id}} = 2 \cdot T/A \cdot \sqrt{3} = 2 \cdot 1500 / 144 \cdot \sqrt{3} = 18 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa} \quad \text{verifica soddisfatta.}$$

##### 4.4.2 VERIFICA DEL MONTANTE VERTICALE

La combinazioni di carico dimensionanti sono la A.1 e la A.2 descritte al punto 4.1 della presente relazione

$$T_{\text{folia}} = 1.5 \cdot 2 = 3 \text{ kN}$$

$$M_{\text{folia}} = T \cdot h = 3 \cdot 1.1 = 3.3 \text{ kNm}$$

$$T_{\text{vento}} = 1.5 \cdot 0.8 \cdot 2 \cdot 1.2 = 2.88 \text{ kN}$$

$$M_{\text{vento}} = T \cdot h/2 = 2.88 \cdot 1.1 = 1.728 \text{ kNm}$$

$$\text{Combinazione A1} \quad T = 3 + 0.3 \cdot 2.88 = 3.864 \text{ kN} \quad M = 3.3 + 0.3 \cdot 1.728 = 3.82 \text{ kNm}$$

$$\text{Combinazione A2} \quad T = 0.4 \cdot 3 + 2.88 = 4.08 \text{ kN} \quad M = 0.4 \cdot 3.3 + 1.728 = 3.048 \text{ kNm}$$

Si adotta un profilo piatto 95x10 con le seguenti caratteristiche:

$W = 15 \text{ cm}^3$

$A_v = 9.5 \text{ cm}^2$  area a taglio

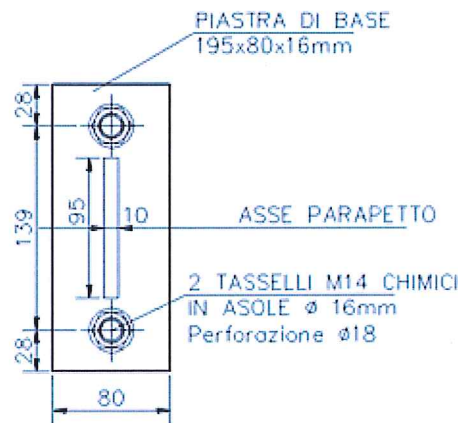
$\sigma = M/W = 3820/15 = 258 \text{ MPa}$

$\tau = T \setminus A_v = 4080 / 950 = 4.3 \text{ MPa}$

$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = 258 \text{ MPa} < 275 \text{ MPa}$  verifica soddisfatta.

4.4.3 VERIFICA DEI TIRAFONDI

La geometria della piastra di base è la seguente:



**Verifica combinata sfilamento/rottura conica del calcestruzzo:**

Il momento flettente SLU alla base della piastra vale  $M = 3.82 \text{ KNm}$ , pertanto la tensione sui tirafondi M14, con area resistente paria a  $1.15 \text{ cm}^2$  ciascuno, assume il valore di  $\sigma_s = 120 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa}$  lato acciaio VERIFICATO

Software interface for structural verification. It includes input fields for material properties (B450C, C25/30), dimensions (b=8, h=19), and applied loads (N=0, M=3.82). The output shows a maximum stress of  $\sigma_s = 119.6 \text{ N/mm}^2$  and a verification status of 'Precompresso'.

N°	b [cm]	h [cm]	N°	A <sub>s</sub> [cm²]	d [cm]
1	8	19	1	2.30	16.7

Materials:

B450C	C25/30
$\epsilon_{cu}$ 67.5 %	$\epsilon_{c2}$ 2 %
$f_{yd}$ 391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$ 3.5 %
$E_s$ 200'000 N/mm²	$f_{cd}$ 14.17
$E_s/E_c$ 15	$f_{cc}/f_{cd}$ 0.8
$\epsilon_{syd}$ 1.957 %	$\sigma_{c,adm}$ 9.75
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	$\tau_{co}$ 0.6
	$\tau_{c1}$ 1.829

Results:

$\sigma_c$  -9.148 N/mm²  
 $\sigma_s$  119.6 N/mm²  
 $\epsilon_s$  0.598 %  
 $d$  16.7 cm  
 $\times$  8.44  $\times/d$  0.5054  
 $\delta$  1

Verifica:  Precompresso

Il massimo sforzo di trazione sulla barra è:  $N_{max} = 115 \times 120 = 13800 \text{ N} = 13.8 \text{ kN}$

Si svolge la verifica di resistenza alla rottura combinata conica del calcestruzzo/sfilamento per effetto dell'azione assiale gravante sui tirafondi in trazione. Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione

semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$N_{Rd,p} = N_{Rd,p}^0 * f_{B,p} * f_{1,N} * f_{2,N} * f_{3,N} * f_{h,p} * f_{re,N}$$

In cui:

- $N_{Rd,p}^0$  : Resistenza combinata di base;
- $f_{B,p}$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;
- $f_{1,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;
- $f_{2,N}$  : coefficiente di influenza dal bordo;
- $f_{3,N}$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi;
- $f_{h,p}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;
- $f_{re,N}$  : coefficiente di influenza delle barre d'acciaio;
- $h_{eff}$  : profondità effettiva dell'ancoraggio;
- $c$  : distanza dal bordo del tirafondo;
- $s$  : spaziatura tirafondi;

Considerando una profondità di inghisaggio di 25cm ed una sezione di calcestruzzo di base larga almeno 25cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

ROTTURA COMBINATA		
$h_{ef,typ}$	115	mm
$h_{eff}$	250	mm
$c$	55.5	mm
$s$	0	mm
$c_{cr,N}$	375	mm
$s_{cr,N}$	750	mm
$c/c_{cr}$	0.15	
$s/s_{cr}$	0.00	
$N_{Rd,p}^0$	35	kN
$f_{B,p}$	1.03	
$f_{1,N}$	0.7444	
$f_{2,N}$	0.574	
$f_{3,N}$	0.50	
$f_{h,p}$	2.173913	
$f_{re,N}$	1	
$N_{Rd,p}$	16.74	kN

Essendo che  $N_{Rd,p} = 16.74 \text{ kN} > 13.8 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.

### Verifica rottura a taglio:

Si esegue la verifica SLU nei confronti dello sforzo di taglio agente alla base del piedritto pari a 4.08 kN. Lo sforzo si ripartisce su due tirafondi e per ognuno risulta pari a 2.04 kN.

Lo sforzo massimo ammissibile è determinato tramite una versione semplificata del metodo ETAG Annex C ed è assunto pari a:

$$V_{Rd,c} = V_{Rd,c}^0 * f_B * f_{\beta} * f_h * f_4 * f_{hef} * f_c$$

In cui:

- $V_{Rd,c}^0$  : Resistenza a taglio del bordo di calcestruzzo di base;  
 $f_B$  : coefficiente di influenza del tipo di calcestruzzo;  
 $f_\beta$  : coefficiente di influenza dall'angolo di incidenza carico;  
 $f_h$  : coefficiente di influenza dello spessore del materiale;  
 $f_4$  : coefficiente di influenza di spaziatura dei tirafondi e distanza dal bordo;  
 $f_{hef}$  : coefficiente di influenza della profondità dell'ancoraggio;  
 $f_c$  : coefficiente di influenza della distanza dal bordo;

Considerando una sezione di calcestruzzo di base larga 25cm e di spessore di 20cm, unitamente alla geometria della piastra definita in precedenza, si ottiene:

<b>ROTTURA A TAGLIO</b>		
$h_{eff}$	250	mm
$c$	55.5	mm
$s$	0	mm
$\beta$	0	mm
$d$	12.1	mm
$h$	200	mm
$c/hef$	0.222	
Sing.Anch.	0.35	
$V_{Rd,c}^0$	15	kN
$f_B$	1.15	
$f_\beta$	1.00	mm
$f_h$	1.00	
$f_4$	0.05	
$f_{hef}$	8.10	
$f_c$	0.75	
$V_{Rd,c}$	5.47	kN

Essendo che  $V_{Rd,p} = 5.47 \text{ kN} > 2.04 \text{ kN}$  la verifica è soddisfatta.