# AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'

# OPERE DI ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA ANTINCENDIO E MESSA IN SICUREZZA E MIGLIORAMENTO SISMICO DEI LABORATORI DI INGEGNERIA VIA U. TERRACINI 24/26 e 34 BOLOGNA

PROPRIETA' EDIFICIO
UNIBO

| CODICE EDIFICIO N. | CODICE PROGETTO N. | TICKET N. |
|---|---|---|
| 431 | | 17688 |

DIRIGENTE AREA EDILIZIA E SOSTENIBILITA'
ing. ANDREA BRASCHI

| RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO | DIRETTORE DEI LAVORI |
|---|---|
| arch. MARIA PANDOLFO | ---------- |

PROFESSIONISTI INCARICATI

| | |
|---|---|
| PROGETTO ARCHITETTONICO | ---------- |
| PROGETTO IMPIANTI MECCANICI | ---------- |
| PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI | ---------- |
| PROGETTO OPERE STRUTTURALI | ing. ANDREA BRIGHENTI |
| COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE | geom. DINA UCCELLI |
| COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE | ---------- |

LIVELLO DELLA PROGETTAZIONE: FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA ☐ DEFINITIVO ☐ ESECUTIVO ☒ AS-BUILT ☐

| OGGETTO DOCUMENTO | SCALA | N° PROGRESSIVO ELENCO ELABORATI |
|---|---|---|
| ALLEGATO C: CALCOLO DELLA RESISTENZA DEI TASSELLI | DATA 04/08/2020 | TAVOLA N° DG_10-ALL_C |
| | REV. / DATA | |

# Allegato C

## Calcolo della resistenza dei tasselli

# 1 INTRODUZIONE

La valutazione della resistenza dei tasselli, per il collegamento necessario a trasferire, secondo la gerarchia delle resistenze, l'azione sismica, si è valutata facendo riferimento all'ETAG 001 e alle schede tecniche di vari produttori.
I tasselli sono sottoposti all'azione di trazione e di taglio e quindi devono essere verificate le relative resistenze.

# 2 RESISTENZA A TRAZIONE

La resistenza a trazione del tassello che sia singolo o in gruppo è valutata come la minima tra le seguenti resistenze:

$$N_{Rd} = \min\{N_{Rd,s}; N_{Rd,p}; N_{Rd,c}; N_{Rd,sp}\}$$

Dove:

1. $N_{Rd,S}$ è la resistenza a trazione di progetto della rottura lato acciaio;
2. $N_{Rd,p}$ è la resistenza a trazione di progetto per sfilamento della barra;
3. $N_{Rd,c}$ è la resistenza a trazione di progetto per la rottura sul cono di cls;
4. $N_{Rd,sp}$ è la resistenza a trazione di progetto per la rottura a fessurazione.

## 2.1 Resistenza rottura lato acciaio

La resistenza a rottura lato acciaio è pari a:

$$N_{Rd,s} = N_{Rk,s} / \gamma_{Ms}$$

Dove $\gamma_{Ms}$ è il coefficiente parziale di sicurezza assunto pari a 1,25 e $N_{Rk,s}$ è la resistenza a tensione caratteristica della barra d'acciaio valutata come:

$$N_{Rk,s} = 0{,}9 A_{s,res} f_{uk}$$

Con $A_{s,res}$ è l'area resistente della barra filettata applicata per il collegamento e $f_{uk}$ è la tensione caratteristica ultima dell'acciaio che per un M8.8 è pari a 800 MPa.

## 2.2 Resistenza alla rottura per sfilamento

La resistenza a rottura per sfilamento è pari a:

$$N_{Rd,p} = N_{Rk,p} / \gamma_{Mp}$$

Dove $\gamma_{Mp}$ è il coefficiente parziale di sicurezza assunto pari a 2,10, per diametri delle barre non inferiore a 20 mm, e $N_{Rk,p}$ è la resistenza caratteristica per sfilamento:

$$N_{Rk,p} = N^0_{Rk,p} \cdot \frac{A_{p,N}}{A^0_{p,N}} \cdot \psi_{s,Np} \cdot \psi_{g,Np} \cdot \psi_{ec,Np} \cdot \psi'_{re,Np}$$

La resistenza caratteristica è ottenuta moltiplicando quella assoluta $N^0_{Rk,p}$ per i seguenti fattori:

- $A_{p,N}$ è l'area di influenza effettiva del singolo ancoraggio;
- $A^0_{p,N}$ è l'area di influenza del singolo ancoraggio senza effetti di bordo o di interasse;
- $\Psi_{s,Np}$ è il fattore che tiene conto della distorsione della distribuzione delle tensioni nel cls dovuta agli effetti di bordo dell'elemento in cls;
- $\Psi_{g,Np}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto della superficie di rottura degli ancoraggi in gruppo;
- $\Psi_{ec,Np}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto di gruppo, quando carichi diversi agiscono sui singoli ancoraggi di uno stesso gruppo;
- $\Psi_{re,Np}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto dell'armatura, se l'ancoraggio si realizza in zone fortemente armate dell'elemento di cls.

La resistenza assoluta viene valutata come:

$$N^0_{Rk,p} = \pi d \cdot h_{ef} \cdot \bar{\tau}_{Rk}$$

Dove d è il diametro della barra filettata [mm], $h_{ef}$ è la lunghezza efficace di ancoraggio e $\tau_{Rk}$ è la resistenza caratteristica per sfilamento.
Le aree di influenza sono in funzione di $s_{cr,N}$ che è l'interasse critico per il meccanismo di rottura del cono di cls ed è pari a $3h_{ef}$. Qualora tale valore sia maggiore della superficie in cui viene collocato il collegamento si è valutato tale valore come $3h_{ef,min}$ che è il valore minimo di ancoraggio per un determinato diametro.
I fattori elencati sono definiti come segue:

- $A^0_{p,N} = s_{cr,N}^2$, con $s_{cr,N}$ che il valore di interasse critico per la rottura in questione;
- $A_{p,N}$ è valutato caso per caso;
- $\Psi_{s,Np}=0,7+0,3c/c_{cr,N}$ dove c è la distanza dal bordo del tassello e $c_{cr,N}$ è la distanza critica dal bordo;
- $\Psi_{g,Np}$ assunto pari a 1, in quanto si vuole valutare l'effettiva resistenza del singolo tassello;
- $\Psi_{ec,Np}=1/(1+2e_N/s_{cr,N}) \leq 1$, con $e_N$ eccentricità dell'azione di tensione e $s_{cr,N}$ è l'interasse critico tra i tasselli;
- $\Psi_{re,Np}=0,5+h_{ef}/200 \leq 1$, $h_{ef}$ lunghezza efficace di ancoraggio.

## 2.3 Resistenza a rottura conica del cls

La resistenza a rottura conica del cls è pari a:

$$N_{Rd,c} = N_{Rk,c} / \gamma_{Mc}$$

Dove $\gamma_{Mc}$ è il coefficiente di sicurezza parziale assunto pari a 2,10, per diametri delle barre non inferiore a 20 mm, e $N_{Rk,c}$ è la resistenza caratteristica per la rottura conica del cls:

$$N_{Rk,c} = N^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,N}}{A^0_{c,N}} \cdot \psi_{s,N} \cdot \psi_{re,N} \cdot \psi_{ec,N}$$

La resistenza caratteristica è ottenuta moltiplicando quella assoluta $N^0_{Rk,c}$ per i seguenti fattori:

- $\Psi_{s,N}$ è il fattore che tiene conto della distorsione della distribuzione delle tensioni nel cls dovuta agli effetti di bordo dell'elemento in cls;
- $\Psi_{ec,N}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto di gruppo, quando carichi diversi agiscono sui singoli ancoraggi di uno stesso gruppo;
- $\Psi_{re,N}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto dell'armatura, se l'ancoraggio si realizza in zone fortemente armate dell'elemento di cls.

La resistenza assoluta viene valutata come:

$$N^0_{Rk,c} = k_1 \cdot \sqrt{f_{ck,cube}} \cdot h_{ef}^{\ 1.5}$$

Dove $k_1$ è un fattore che dipende dalle condizioni del cls, se non fessurato si attribuisce il valore 10,1, e $f_{ck,cube}$ è la resistenza caratteristica a compressione quella dei provini cubici.
I coefficiente elencati sono gli stessi valutati per la rottura a sfilamento. Tale formula vale per il calcestruzzo C20/25 quindi si fattorizza per un fattore $f_c$ pari a:

$$f_c=(f_{ck,cube}/25)^{1/2}$$

## 2.4 Resistenza a fessurazione del cls

La resistenza a fessurazione del cls è pari a:

$$N_{Rd,sp} = N_{Rk,sp} / \gamma_{Msp}$$

Dove il coefficiente di sicurezza $\gamma_{Msp}$ è pari a 2,10, per diametri delle barre non inferiore a 20 mm, e $N_{Rk,sp}$ è la resistenza caratteristica per la fessurazione del cls:

$$N_{Rk,sp} = N^0_{Rk,sp}\, A_{c,N}/A^0_{p,N}\, \Psi_{s,sp}\, \Psi_{ec,sp}\, \Psi_{re,sp}\, \Psi_{h,sp}$$

Dove la resistenza caratteristica assoluta è valutata come $N^0_{Rk,c}$ che viene moltiplicata per i seguenti fattori:

- $\Psi_{s,sp}$ è il fattore che tiene conto della distorsione della distribuzione delle tensioni nel cls dovuta agli effetti di bordo dell'elemento in cls;
- $\Psi_{ec,sp}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto di gruppo, quando carichi diversi agiscono sui singoli ancoraggi di uno stesso gruppo;
- $\Psi_{re,sp}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto dell'armatura, se l'ancoraggio si realizza in zone fortemente armate dell'elemento di cls;
- $\Psi_{h,sp}$ è il fattore che tiene conto dell'influenza dell'effettiva altezza dell'elemento di cls.

I vari fattori sono definiti come nelle formule precedenti:

- $\Psi_{s,sp}$ = 0,7+0,3c/$c_{cr,sp}$ dove c è la distanza dal bordo del tassello e $c_{cr,sp}$ è la distanza dal bordo critica;
- $\Psi_{ec,sp}$ = 1/(1+2$e_N$/$s_{cr,sp}$) ≤1, con $e_N$ eccentricità dell'azione di tensione e $s_{cr,sp}$ è l'interasse critico tra i tasselli;
- $\Psi_{re,sp}$ = 0,5+$h_{ef}$/200≤1, $h_{ef}$ lunghezza efficace di ancoraggio;
- $\Psi_{h,sp}$ = $(h/h_{min})^{2/3}$, con $h_{min}$ = h/2 e che 1≤ $\Psi_{h,sp}$≤ $\Psi_{h,sp,max}$=$(2h_{ef}/h_{min})^{2/3}$.

# 3 RESISTENZA A TAGLIO

La resistenza a taglio del tassello che sia singolo o in gruppo è valutata come la minima tra le seguenti resistenze:

$$V_{Rd}=\min(V_{Rd,s};\ V_{Rd,cp};\ V_{Rd,c})$$

Dove:

1. $V_{Rd,s}$ è la resistenza a taglio di progetto della rottura lato acciaio;
2. $V_{Rd,cp}$ è la resistenza a scalzamento del calcestruzzo;
3. $V_{Rd,c}$ è la resistenza a taglio di progetto per la rottura di bordo del cls;

## 3.1 Resistenza a taglio della rottura lato acciaio

La resistenza caratteristica a taglio lato acciaio viene valutata nel seguente modo:

$$V_{Rk,s}=0,6A_sf_{uk}$$

Dove $A_s$ è l'area dell'elemento in acciaio e $f_{uk}$ è il valore ultimo dell'acciaio.
La resistenza di progetto viene valutata rapportando quella caratteristica al coefficiente di sicurezza:

$$V_{Rd,s}= V_{Rk,s}/ \gamma_{Ms}$$

Con $\gamma_{Ms}$ pari a 1.25 per le barre filettate di classe 5.8 e 8.8.

## 3.2 Resistenza a scalzamento del calcestruzzo

La resistenza a scalzamento del cls si valuta come:

$$V_{Rd,cp}=k\min(N_{Rd,c};N_{Rc,sp})$$

Dove $N_{Rd,c}$ è la resistenza a rottura conica del cls, $N_{Rc,sp}$ è la resistenza a fessurazione del cls e k è un coefficiente pari all'unità se $h_{ef}$<60cm altrimenti è pari a 2.

## 3.3 Resistenza a taglio per la rottura di bordo del cls

La resistenza a taglio per la rottura di bordo del cls è definita come:

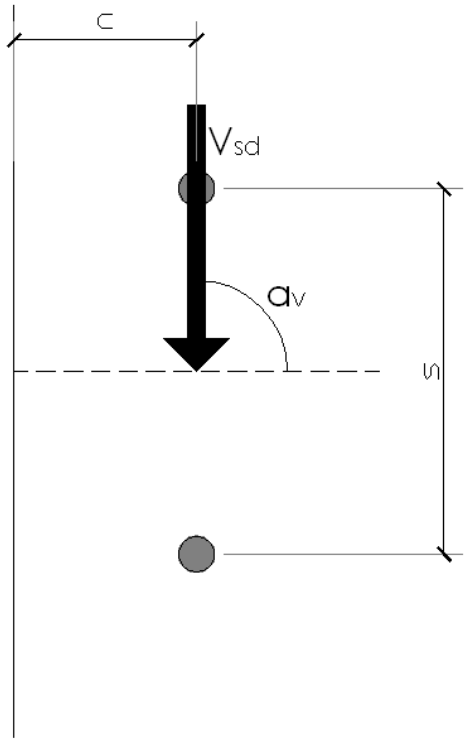
$$V_{Rd,c} = V_{Rk,c} / \gamma_{Ms}$$

Con $\gamma_{Ms}$ pari a 1.5.
La resistenza caratteristica a taglio per la rottura del bordo di cls risulta il prodotto di:

$$V_{Rk,c} = V^0_{Rk,c} \cdot \frac{A_{c,V}}{A^0_{c,V}} \cdot \psi_{s,V} \cdot \psi_{h,V} \cdot \psi_{\alpha,V} \cdot \psi_{ec,V} \cdot \psi_{re,V}$$

La resistenza caratteristica è ottenuta moltiplicando quella assoluta $N^0_{Rk,p}$ per i seguenti fattori:

- $A_{c,V}$ è l'area di influenza effettiva del singolo ancoraggio;
- $A^0_{c,V}$ è l'area di influenza d'influenza del singolo ancoraggio senza effetti di bordo o di interasse;
- $\Psi_{s,V}$ è il fattore che tiene conto della distorsione della distribuzione delle tensioni nel cls dovuta agli effetti di bordo dell'elemento in cls;
- $\Psi_{h,V}$ è il fattore che tiene conto ce la resisela al taglio non decresce proporzionalmente con lo spessore dell'elemento;
- $\Psi_{\alpha,V}$ è il fattore che tiene conto dell'angolo $\alpha_V$ tra la direzione della forza di taglio, $V_{sd}$, e la direzione perpendicolare al bordo libero dell'elemento in cls;




- $\Psi_{ec,V}$ è il fattore che tiene conto dell'effetto di gruppo, quando carichi diversi agiscono sui singoli ancoraggi di uno stesso gruppo;
- $\Psi_{re,V}$ è il fattore che tiene conto della tipologia di rinforzo usato nel cls fessurato, nel caso in esame il valore è unitario.

La resistenza assoluta $V^0_{Rk,c}$ viene valutato con la seguente uguaglianza:

$$V^0_{Rk,c} = k_1 d^{\alpha} h_{ef}^{\beta} (f_{ck,cube})^{1/2} c^{1,5}$$

Dove:

- $k_1$ è un coefficiete pari a 2,4 nel caso di in cui il cls sia non fessurato;
- d è il diametro della barra in mm;
- $a=0,1(h_{ef}/c)^{0,5}$;
- $\beta=0,1(d/c)^{0,2}$;
- c è la distanza del tassello dal bordo.

I coefficienti che vanno moltiplicano la resistenza assoluta sono valutati con le seguenti espressioni:

- $A^0_{c,V}=4,5c^2$, dove c è la distanza tra il bordo e il tassello;
- $A_{c,V}$ è valutato caso per caso;
- $\Psi_{s,V}=0,7+0,3c_y/(1,5c_x)\leq 1$, dove $c_x$ è la distanza dal bordo direzione longitudinale e $c_y$ è la distanza lungo la direzione trasversale;
- $\Psi_{h,V}=(1,5c_x/h)^{1/2}\geq 1$, dove h è lo spessore effettivo dell'elemento;
- $\Psi_{a,V}=\{1/[(\cos(a_v))^2+(\sin(a_v)/2,5)^2]\}^{1/2}\geq 1$, dove il limite massimo da poter raggiungere con $a_V$ è 90°;
- $\Psi_{ec,V}=1/(1+2e_V/c_x)\leq 1$, con $e_v$ eccentricità della forza di taglio agente sugli ancoraggi;

# 4 CONSIDERAZIONI

Nel valutare le resistenze degli elementi di ancoraggio si è cercato di semplificare il caso reale, visto la complessità delle espressioni empiriche descritte. Nelle condizioni reali si può supporre che le aree di influenza dei singoli tasselli sono si dipendenti dalla lunghezza di ancoraggio ma alcune possono essere influenzate dalla stessa geometria dell'elemento.
Si esplicitino le espressioni delle distanze e degli interassi critici enunciati precedentemente:

1. $s_{cr,N}$;
2. $s_{cr,sp}$;
3. $c_{cr,N}$;
4. $c_{cr,sp}$.

## 4.1 Interasse critico per rottura formazione cono cls

L'interasse viene valutato come 3 volte la lunghezza di ancoraggio del tassello, tale valore è stato modificato seguendo questa casistica:

- $s_{cr,N}=3h_{ef}$ se $3h_{ef}\leq b$, con b larghezza elemento di cls che necessita della connessione;
- $s_{cr,N}=3h_{ef,min}$ se $3h_{ef}>b$, con $h_{ef,min}$ lunghezza di ancoraggio minima necessaria per un determinato diametro della barra di ancoraggio;

Tale valutazione permette di considerare la rottura conica entro una certa distanza di infissione che non vada a coinvolgere un intero elemento di cls che possa risultare armato.

## 4.2 Interasse critico per fessurazione cls

L'interasse critico che viene valutato semplicemente come il doppio della distanza critica dal bordo per fessurazione: $s_{cr,sp}=2\ c_{cr,sp}$.

## 4.3 Distanza critica dal bordo per rottura conica calcestruzzo

La distanza critica viene valutata come la metà dell'interasse critico: $c_{cr,N} = s_{cr,N}/2$

## 4.4 Distanza critica dal bordo per fessurazione cls

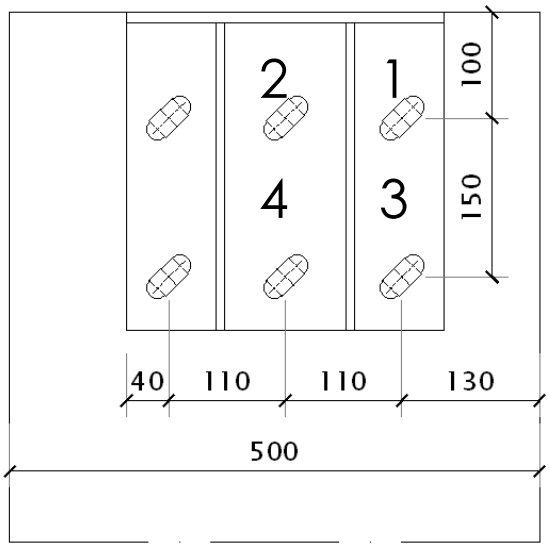
La distanza critica per fessurazione del cls è rapportabile alla lunghezza di infissione ma in caso di limiti geometrica si è adottata la seguente casistica:

- $c_{cr,sp} = h_{ef}$ se $h_{ef} \leq c$, con c distanza effettiva, prevista dal progettista, degli ancoraggi dal bordo;
- $c_{cr,sp} = h_{ef,min}$ se $h_{ef} > c$, con $h_{ef,min}$ lunghezza di ancoraggio minima necessaria per un determinato diametro della barra di ancoraggio;

Analogamente per la rottura conica l'interasse critico per fessurazione risulta il doppio dell'interasse.

# 5 ESEMPIO

L'esempio che si vuole proporre è quello di un pilastro che ha una sezione di dimensioni 60x50cm e si è ipotizzata una certa distribuzione qui rappresentata.




Si determino così le condizioni geometriche dell'ancoraggio, ricordando che si hanno ancoraggi di un diametro di 20 mm:

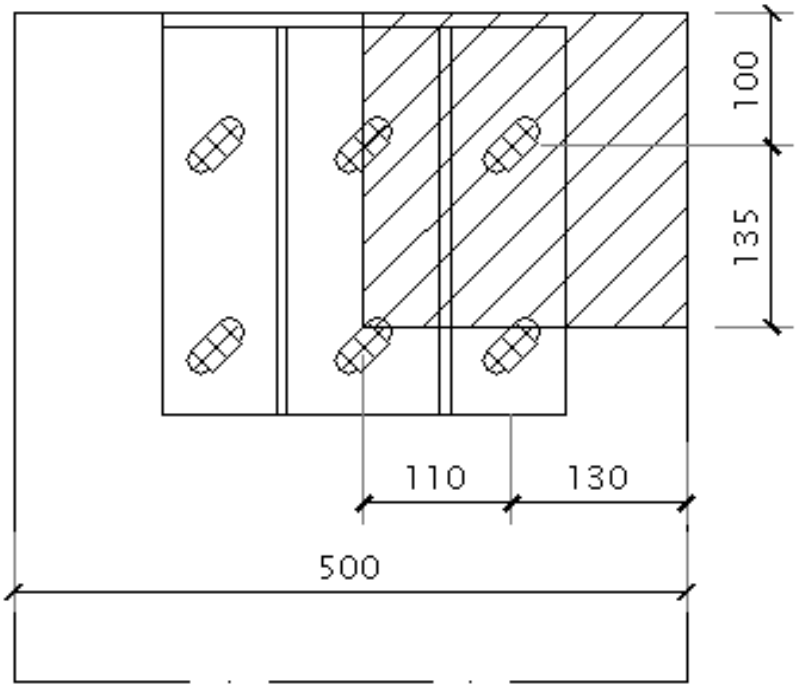
- h = 600 mm;
- b = 500 mm;
- s = 150 mm;
- $c = c_x = 130$ mm;
- $c_y = 100$ mm;
- $h_{ef} = 240$ mm;

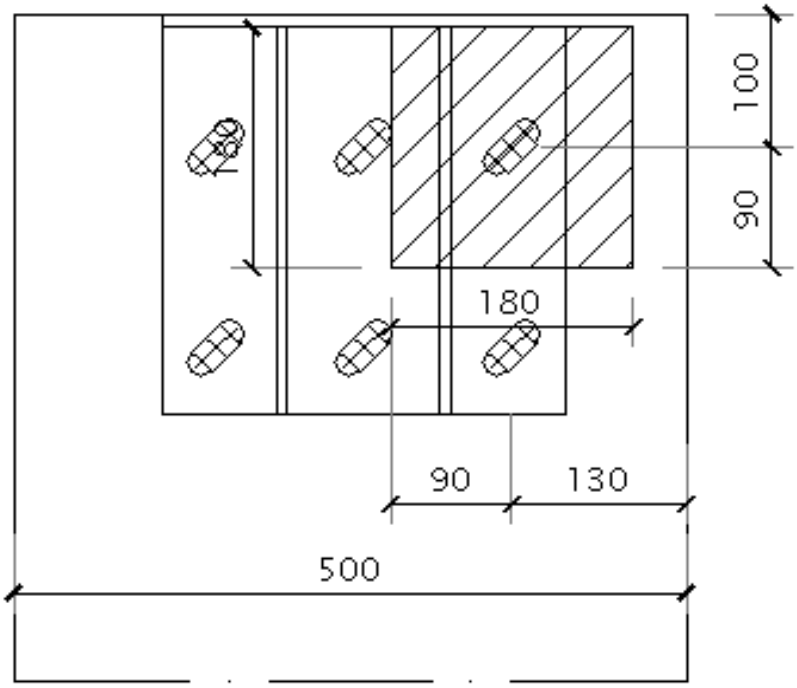
– $h_{ef,min}$ = 90 mm.

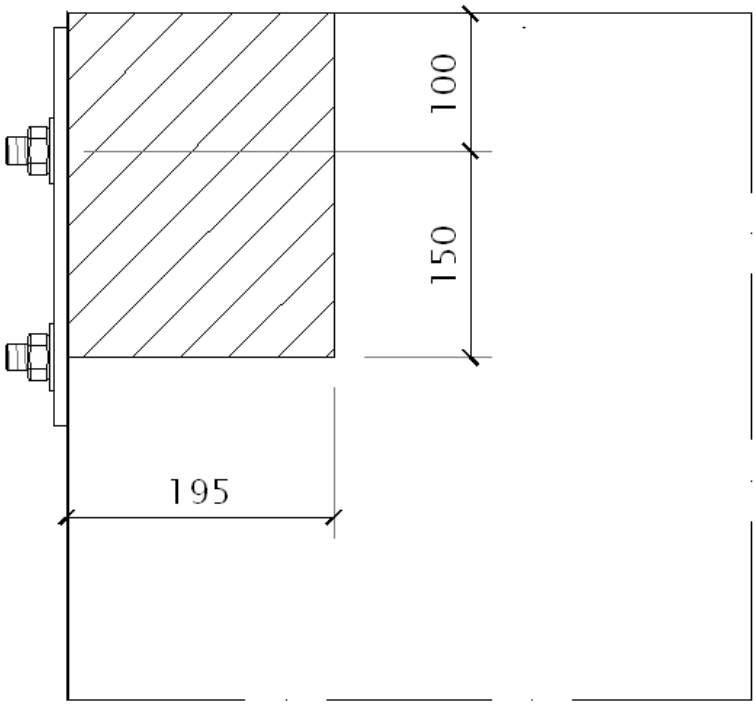
Si calcoli le resistenze dei tasselli 1, 2, 3 e 4.
Le aree di influenza effettiva considerata è valutata per il tassello in prossimità della cima del pilastro.

## 5.1 Tassello 1

Le aree effettive del tassello 1 per l'azione di trazione e per l'azione di taglio sono rappresentate nelle seguenti figure:






Esprimendo l'espressioni delle aree risulta:

- $A_{p,N} = (c_y+s_{cr,N}/2)(c+s_y)$;
- $A_{c,N} = s_{cr,sp}^2$;
- $A_{c,V} = 1,5c_x(c_y+s)$.

Si riporti di seguito i calcoli per la resistenza a trazione:

| ANCORANTI | | | CLS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| h= | 600 | mm | $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq |
| b= | 500 | mm | $\psi_{c,p}$= | 1,10 | |
| s= | 150 | mm | $\psi_{c,c}$= | 1,55 | |
| c= | 130 | mm | ACCIAIO | | |
| $h_{ef}$= | 240 | mm | $\Phi$= | 20 | mm |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm | $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| $s_{min}$= | 100 | mm | $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| $h_{min}$= | 300 | mm | As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $s_{cr,N}$= | 270 | mm | $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |
| $s_{cr,sp}$= | 180 | mm | ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
| $c_{min}$= | 100 | mm | $N_{Rk,s}$= | 176,43 | kN |
| $c_{cr,N}$= | 135 | mm | $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| $c_{cr,sp}$= | 90 | mm | $N_{Rd,s}$= | 141,15 | kN |
| ROTTURA FORMAZIONE CONO | | | ROTTURA PER SFILAMENTO | | |
| $N^0_{Rk,c}$= | 290,88 | kN | $N^0_{Rk,p}$= | 199,05 | kN |
| $N^U_{Rd,c}$= | 214,59 | kN | $\gamma_{Mp}$= | 2,10 | |
| $N_{Rd,c}$= | 162,96 | kN | $N^U_{Rd,p}$= | 104,26 | kN |
| ROTTURA PER FESSURAZIONE | | | $N_{Rd,p}$= | 79,18 | kN |
| $N^0_{Rd,sp}$= | 214,59 | kN | **RESISTENZA A TRAZIONE** | | |
| $N_{Rd,sp}$= | 287,10 | | **$N_{Rd}$=** | **79,18** | **kN** |

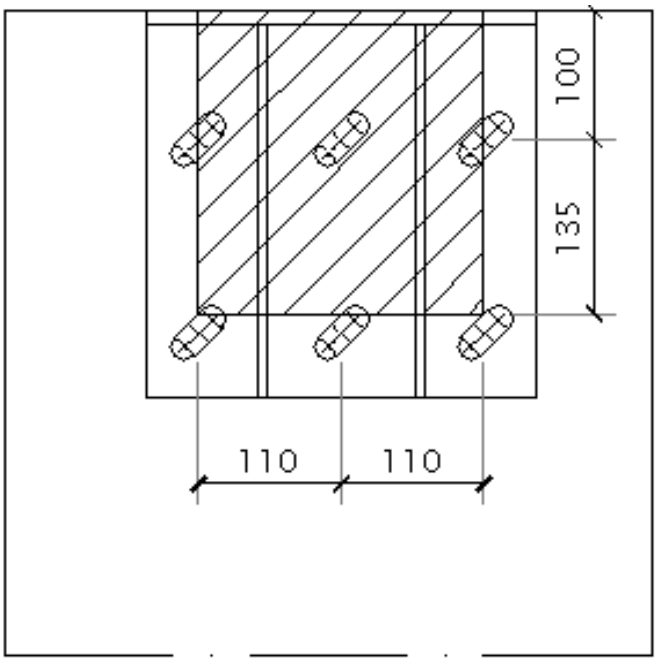
Si confronti il valore di rottura di sfilamento del tassello $N^0_{Rd,p}$ che sarebbe il valore di resistenza di progetto del tassello senza considerare la distanza dal bordo e l'interasse con l'effettiva resistenza $N_{Rd}$: si nota un abbattimento di ca il 25%.
Si passi ora a valutare la resistenza a taglio:

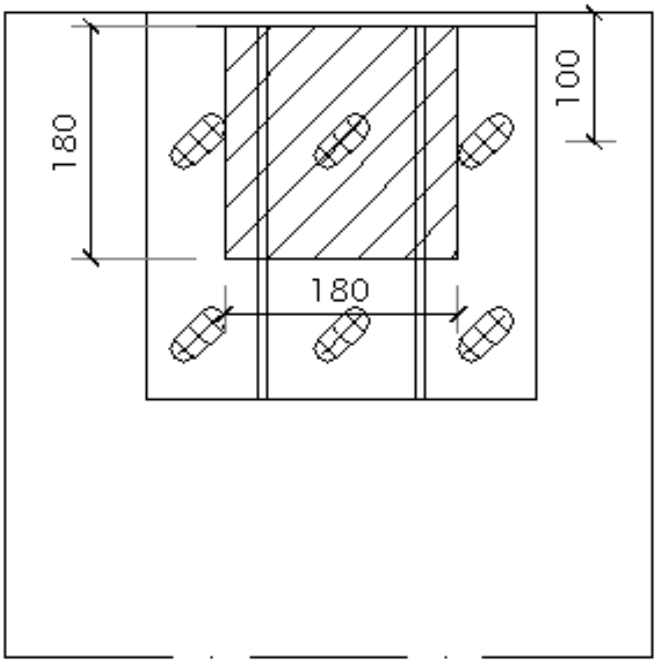
| ANCORANTI | | | ACCIAIO | | |
|---|---|---|---|---|---|
| h= | 600 | mm | $\Phi$= | 20 | mm |
| b= | 500 | mm | $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| s= | 150 | mm | $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| $c_x$= | 130 | mm | As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $c_y$= | 100 | mm | $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |
| $h_{ef}$= | 240 | mm | ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm | $V_{Rk,s}$= | 117,62 | kN |
| $s_{min}$= | 100 | mm | $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| CLS | | | $V_{Rd,s}$= | 94,10 | kN |
| $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq | ROTTURA DEL BORDO DEL CLS | | |
| $\psi_{c,p}$= | 1,10 | | $V^0_{Rk,c}$= | 43,99 | kN |
| $\psi_c$= | 1,55 | | $\gamma_{MS}$= | 1,5 | |
| $\alpha_V$= | 90 | ° | $V_{Rk,c}$= | 29,33 | kN |
| ROTTURA PER SCALZAMENTO | | | $V_{Rd,c}$= | 68,83 | kN |
| k= | 2 | | **RESISTENZA A Taglio** | | |
| $V_{Rd,cp}$= | 158,37 | kN | **$V_{Rd}$=** | **68,83** | **kN** |

Analogamente si faccia il confronto tra il valore di resistenza in assenza di considerazioni di distanza dal bordo e di interasse, $V_{Rd,s}$, e quella effettiva $V_{Rd}$: si ha anche qui un abbattimento di ca. 25%.

## 5.2 Tassello 2

Il taglio in questo caso è ricondotto alla semplice resistenza di rottura lato acciaio dato ce gli effetti di bordo e di scalzamento possono essere trascurati alla luce del fatto che essendo in cima al pilastro si ha un effetto di contenimento dovuta alla compressione della trave sottostante.
Le aree effettive del tassello 2 per l'azione di trazione sono rappresentate nelle seguenti figure:



Esprimendo l'espressioni delle aree risulta:

- $A_{p,N} = (2s)(c + s_{cr,N}/2)$;
- $A_{c,N} = s_{cr,sp}^2$;

Si riporti di seguito i calcoli per la resistenza a trazione:

| ANCORANTI | | | CLS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| h= | 600 | mm | $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq |
| b= | 500 | mm | $\psi_{c,p}$= | 1,10 | |
| s | 110 | mm | $\psi_{c,c}$= | 1,55 | |
| c | 100 | mm | ACCIAIO | | |
| $h_{ef}$= | 240 | mm | Φ= | 20 | mm |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm | $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| $s_{min}$= | 100 | mm | $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| $h_{min}$= | 300 | mm | As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $s_{cr,N}$= | 270 | mm | $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |
| $s_{cr,sp}$= | 180 | mm | ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
| $c_{min}$= | 100 | mm | $N_{Rk,s}$= | 176,43 | kN |
| $c_{cr,N}$= | 135 | mm | $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| $c_{cr,sp}$= | 90 | mm | $N_{Rd,s}$= | 141,15 | kN |
| ROTTURA FORMAZIONE CONO | | | ROTTURA PER SFILAMENTO | | |
| $N^0_{Rk,c}$= | 290,88 | kN | $N^0_{Rk,p}$= | 199,05 | kN |
| $N^U_{Rd,c}$= | 214,59 | kN | $\gamma_{Mp}$= | 2,10 | |
| $N_{Rd,c}$= | 139,31 | kN | $N^U_{Rd,p}$= | 104,26 | kN |
| ROTTURA PER FESSURAZIONE | | | $N_{Rd,p}$= | 67,69 | kN |
| $N^0_{Rd,sp}$= | 214,59 | kN | **RESISTENZA A TRAZIONE** | | |
| $N_{Rd,sp}$= | 267,74 | | **$N_{Rd}$=** | **67,69** | **kN** |

Tenendo conto che l'area effettiva sia minore di quella del tassello 1 è ragionevole che si ha una resistenza a trazione minore.
Si passi ora a valutare la resistenza a taglio:

| ANCORANTI | | |
|---|---|---|
| h= | 600 | mm |
| b= | 500 | mm |
| s= | 150 | mm |
| $c_x$= | 130 | mm |
| $c_y$= | 100 | mm |
| $h_{ef}$= | 240 | mm |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm |
| $s_{min}$= | 100 | mm |

| CLS | | |
|---|---|---|
| $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq |
| $\psi_{c,p}$= | 1,10 | |
| $\psi_c$= | 1,55 | |
| $\alpha_V$= | 90 | ° |

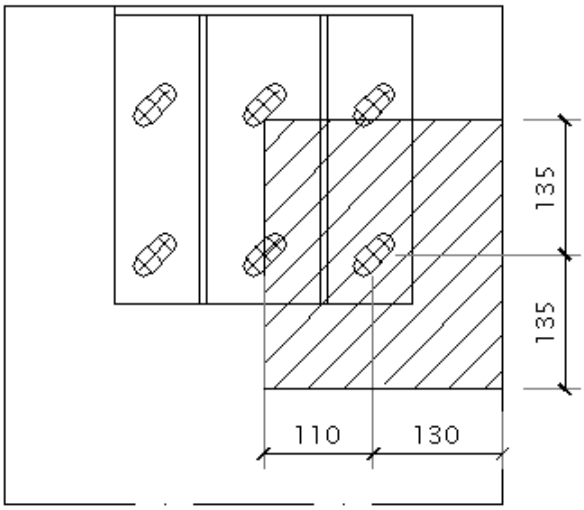
| ACCIAIO | | |
|---|---|---|
| Φ= | 20 | mm |
| $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |

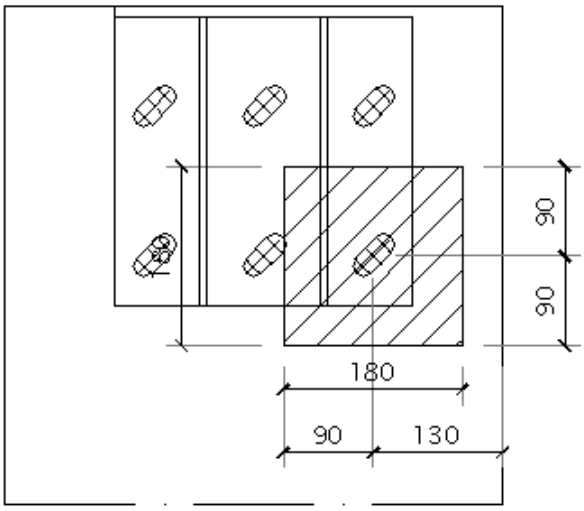
| ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
|---|---|---|
| $V_{Rk,s}$= | 117,62 | kN |
| $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| $V_{Rd,s}$= | 94,10 | kN |

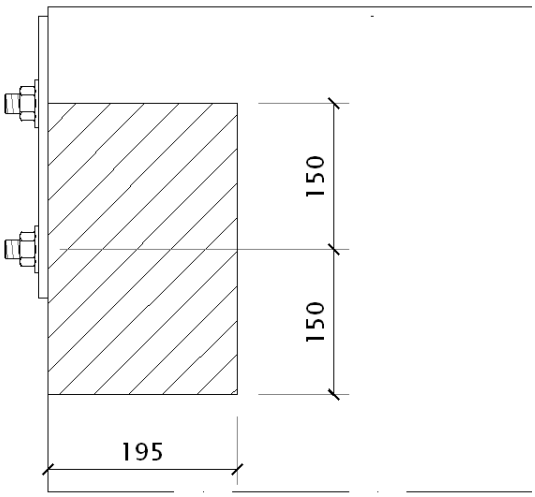
| **RESISTENZA A Taglio** | | |
|---|---|---|
| **$V_{Rd}$=** | **94,10** | **kN** |

## 5.3 Tassello 3

Analizzando il tassello 3 si può osservare che le aree di influenza sono maggiori rispetto ai tasselli precedenti.
Le aree effettive del tassello 3 per l'azione di trazione sono rappresentate nelle seguenti figure:




Esprimendo l'espressioni delle aree risulta:

- $A_{p,N} = (s_{cr,N})(c+s_y)$;
- $A_{c,N} = s_{cr,sp}^2$;
- $A_{c,V} = 1{,}5c_x(s_y)$.

Si riporti di seguito i calcoli per la resistenza a trazione:

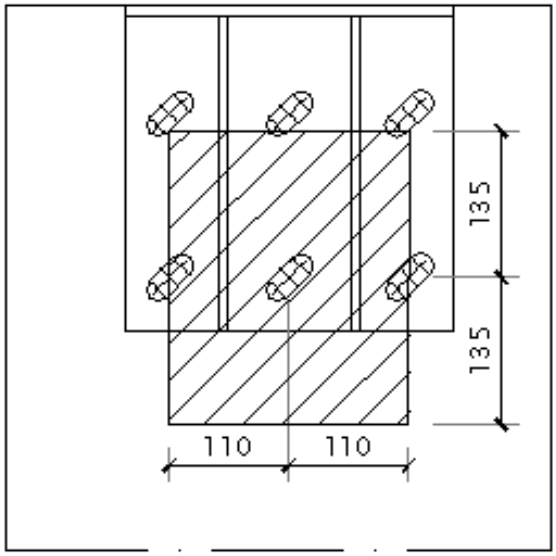
| ANCORANTI | | | CLS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $h$= | 600 | mm | $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq |
| $b$= | 500 | mm | $\psi_{c,p}$= | 1,10 | |
| $s$= | 150 | mm | $\psi_{c,c}$= | 1,55 | |
| $c$= | 130 | mm | ACCIAIO | | |
| $h_{ef}$= | 240 | mm | $\Phi$= | 20 | mm |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm | $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| $s_{min}$= | 100 | mm | $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| $h_{min}$= | 300 | mm | As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $s_{cr,N}$= | 270 | mm | $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |
| $s_{cr,sp}$= | 180 | mm | ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
| $c_{min}$= | 100 | mm | $N_{Rk,s}$= | 176,43 | kN |
| $c_{cr,N}$= | 135 | mm | $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| $c_{cr,sp}$= | 90 | mm | $N_{Rd,s}$= | 141,15 | kN |
| ROTTURA FORMAZIONE CONO | | | ROTTURA PER SFILAMENTO | | |
| $N^0_{Rk,c}$= | 290,88 | kN | $N^0_{Rk,p}$= | 199,05 | kN |
| $N^U_{Rd,c}$= | 214,59 | kN | $\gamma_{Mp}$= | 2,10 | |
| $N_{Rd,c}$= | 187,24 | kN | $N^U_{Rd,p}$= | 104,26 | kN |
| ROTTURA PER FESSURAZIONE | | | $N_{Rd,p}$= | 90,98 | kN |
| $N^0_{Rd,sp}$= | 214,59 | kN | **RESISTENZA A TRAZIONE** | | |
| $N_{Rd,sp}$= | 287,10 | | **$N_{Rd}$=** | **90,98** | **kN** |

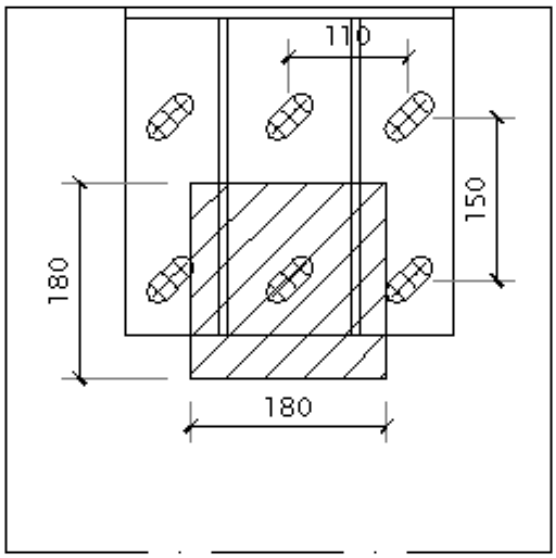
Si passi ora a valutare la resistenza a taglio:

| ANCORANTI | | | ACCIAIO | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $h$= | 600 | mm | $\Phi$= | 20 | mm |
| $b$= | 500 | mm | $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| $s$= | 150 | mm | $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| $c_x$= | 130 | mm | As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $c_y$= | 100 | mm | $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |
| $h_{ef}$= | 240 | mm | ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm | $V_{Rk,s}$= | 117,62 | kN |
| $s_{min}$= | 100 | mm | $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| CLS | | | $V_{Rd,s}$= | 94,10 | kN |
| $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq | ROTTURA DEL BORDO DEL CLS | | |
| $\psi_{c,p}$= | 1,10 | | $V^0_{Rk,c}$= | 43,99 | kN |
| $\psi_c$= | 1,55 | | $\gamma_{MS}$= | 1,5 | |
| $\alpha_V$= | 90 | ° | $V_{Rk,c}$= | 29,33 | kN |
| ROTTURA PER SCALZAMENTO | | | $V_{Rd,c}$= | 82,59 | kN |
| $k$= | 2 | | **RESISTENZA A Taglio** | | |
| $V_{Rd,cp}$= | 181,95 | kN | **$V_{Rd}$=** | **82,59** | **kN** |

## 5.4 Tassello 4

Analogamente al tassello 2, il tassello 4 non è affetto da effetti di bordo per l'azione di taglio quindi il suo valore di verifica coincide con la resistenza a taglio lato acciaio.
Le aree effettive del tassello 4 per l'azione di trazione sono rappresentate nelle seguenti figure:




Esprimendo l'espressioni delle aree risulta:

- $A_{p,N} = (2s)(s_{cr,N})$;
- $A_{c,N} = s_{cr,sp}^2$;

Si riporti di seguito i calcoli per la resistenza a trazione:

| ANCORANTI | | | CLS | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $h$= | 600 | mm | $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq |
| $b$= | 500 | mm | $\psi_{c,p}$= | 1,10 | |
| $s_y$= | 150 | mm | $\psi_{c,c}$= | 1,55 | |
| $s_x$= | 110 | mm | ACCIAIO | | |
| $h_{ef}$= | 240 | mm | $\Phi$= | 20 | mm |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm | $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| $s_{min}$= | 100 | mm | $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| $h_{min}$= | 300 | mm | As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $s_{cr,N}$= | 270 | mm | $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |
| $s_{cr,sp}$= | 180 | mm | ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
| $c_{min}$= | 100 | mm | $N_{Rk,s}$= | 176,43 | kN |
| $c_{cr,N}$= | 135 | mm | $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| $c_{cr,sp}$= | 90 | mm | $N_{Rd,s}$= | 141,15 | kN |
| ROTTURA FORMAZIONE CONO | | | ROTTURA PER SFILAMENTO | | |
| $N^0_{Rk,c}$= | 290,88 | kN | $N^0_{Rk,p}$= | 199,05 | kN |
| $N^U_{Rd,c}$= | 214,59 | kN | $\gamma_{Mp}$= | 2,10 | |
| $N_{Rd,c}$= | 163,92 | kN | $N^U_{Rd,p}$= | 104,26 | kN |
| ROTTURA PER FESSURAZIONE | | | $N_{Rd,p}$= | 79,65 | kN |
| $N^0_{Rd,sp}$= | 214,59 | kN | **RESISTENZA A TRAZIONE** | | |
| $N_{Rd,sp}$= | 274,19 | | **$N_{Rd}$=** | **79,65** | **kN** |

Si passi ora a valutare la resistenza a taglio:

| ANCORANTI | | | ACCIAIO | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $h$= | 600 | mm | $\Phi$= | 20 | mm |
| $b$= | 500 | mm | $f_{uk}$= | 800 | N/mmq |
| $s$= | 150 | mm | $\tau_{Rk,ucr}$= | 13,2 | N/mmq |
| $c_x$= | 130 | mm | As,res/$A_s$= | 0,78 | % |
| $c_y$= | 100 | mm | $A_{s,res}$= | 245,0 | mmq |
| $h_{ef}$= | 240 | mm | ROTTURA DELL'ACCIAIO | | |
| $h_{ef,min}$= | 90 | mm | $V_{Rk,s}$= | 117,62 | kN |
| $s_{min}$= | 100 | mm | $\gamma_{MS}$= | 1,25 | |
| CLS | | | $V_{Rd,s}$= | 94,10 | kN |
| $f_{ck,cube(150)}$ = | 60 | N/mmq | **RESISTENZA A Taglio** | | |
| $\psi_{c,p}$= | 1,10 | | **$V_{Rd}$=** | **94,10** | **kN** |
| $\psi_c$= | 1,55 | | | | |
| $\alpha_V$= | 90 | ° | | | |