

Corso di laurea in Ingegneria civile strutturale e geotecnica

Tecnica delle costruzioni

modulo A

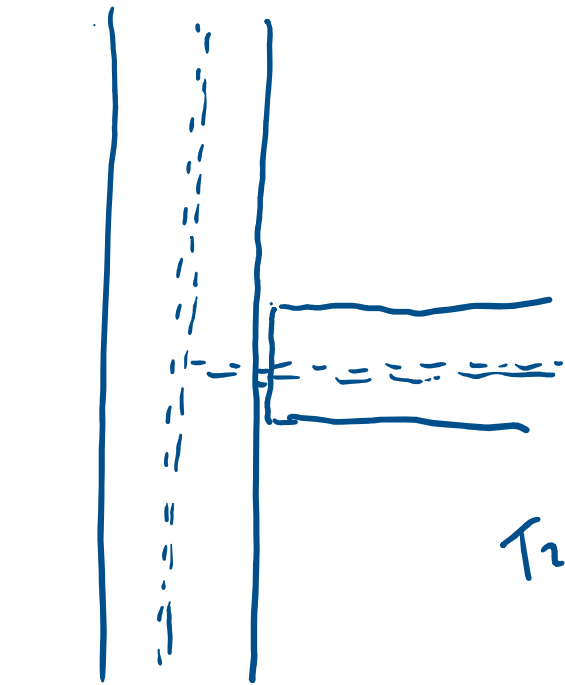
24c – Unioni bullonate

Aurelio Gherzi

2/12/2020

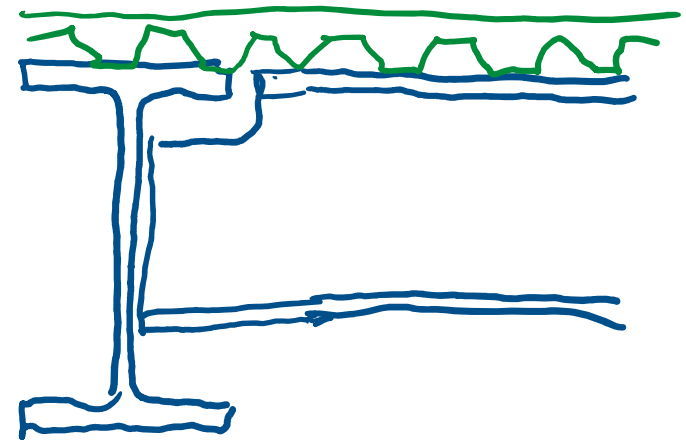
Collegamento

trave principale – trave secondaria



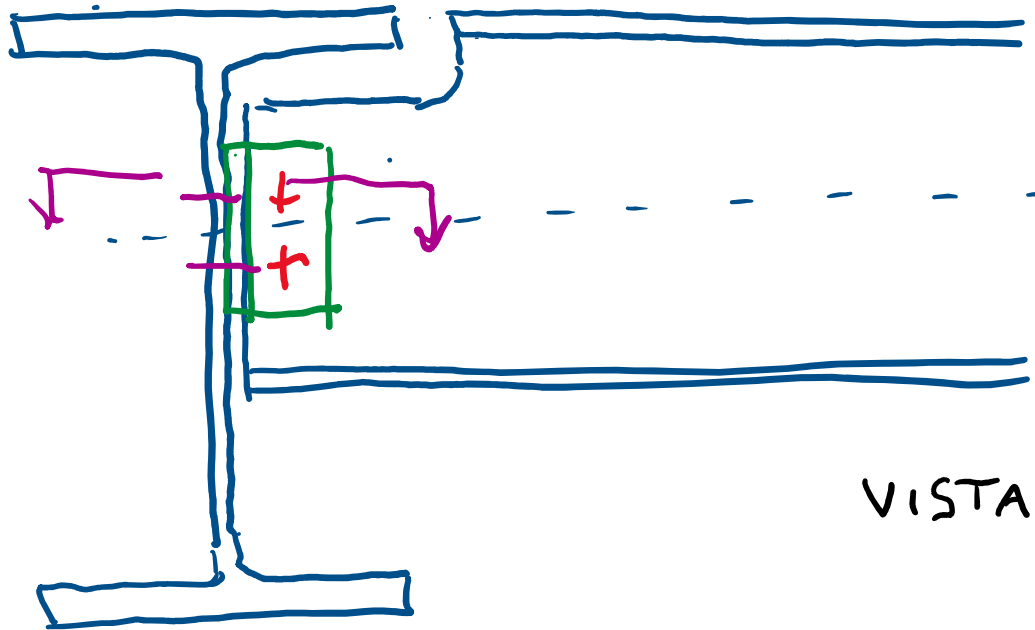
trave secondaria

trave
principale



Collegamento

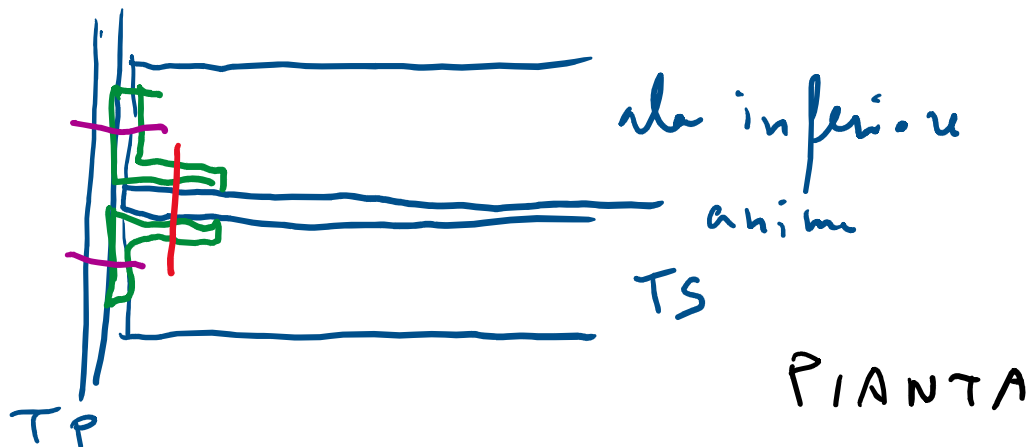
trave principale – trave secondaria



VISTA LATERALE

bulloni TS-ang
2

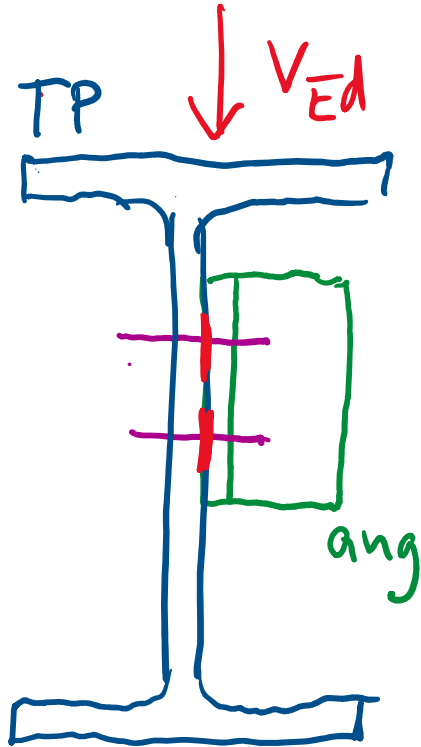
bulloni ang-TP
4 (2 per angolo)



dobbiamo trasmettere
da TS a TP
il Taglio V_{Ed}
attraverso l'angolo

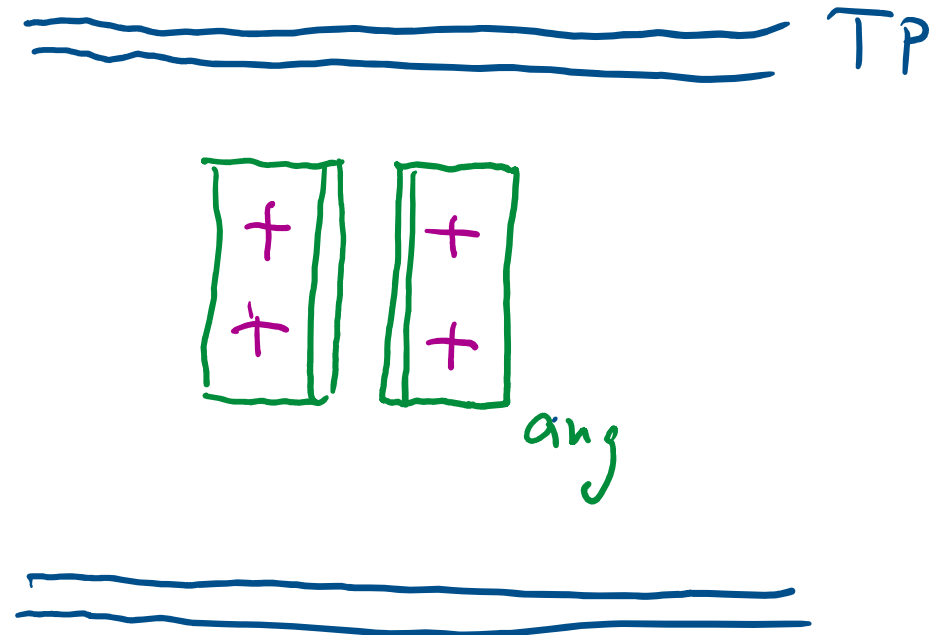
Unione

trave principale – angolare



azione da trasmettere

V_{Ed} di TS



i bulloni lavorano a tagli.

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4}$$

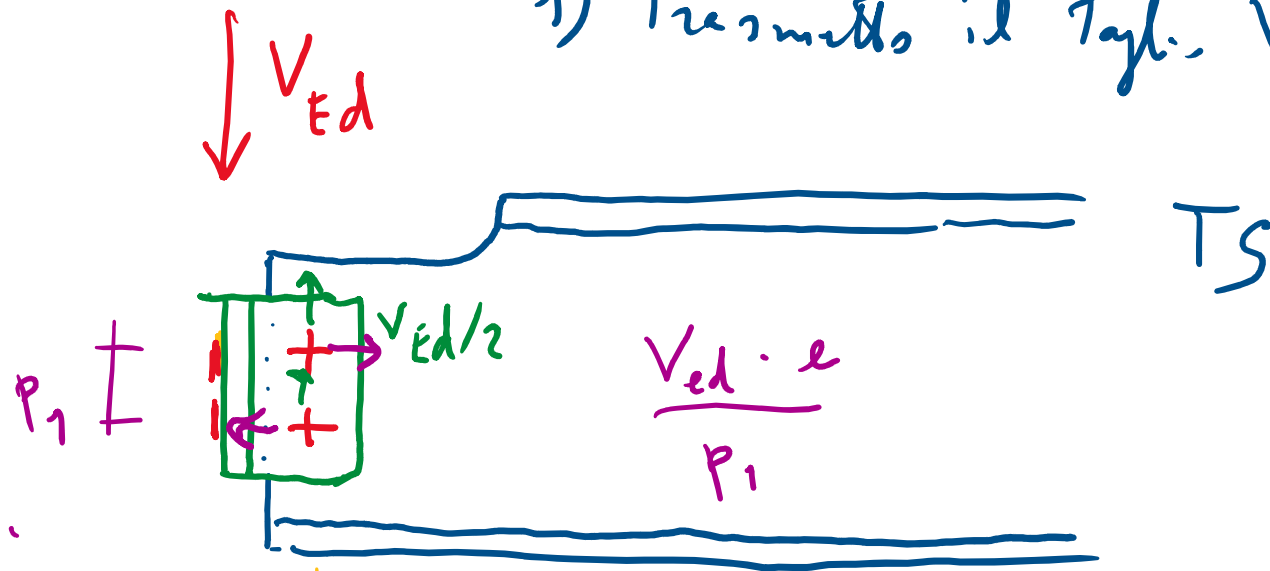
Unione

angolare – trave secondaria

1) Trasmetto il tagli. V_{Ed}

2 bulloni

2 mt./bullone



e eccentricità

VISTA LATERALE



PIANTA

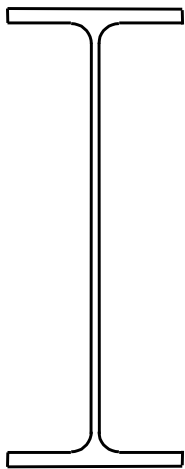
$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4}$$

2) c'è anche un (piccolo) momento parasita

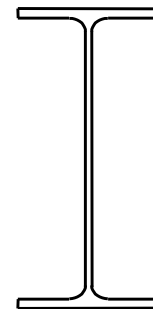
Esempio di collegamento

trave principale – trave secondaria

- Trave principale: IPE 550
- Trave secondaria: IPE 360
- Taglio da trasmettere: $V_{Ed} = 150 \text{ kN}$



IPE 550
 $b = 210 \text{ mm}$
 $h = 550 \text{ mm}$
 $t_f = 17.2 \text{ mm}$
 $t_w = 11.1 \text{ mm}$
 $r = 24 \text{ mm}$

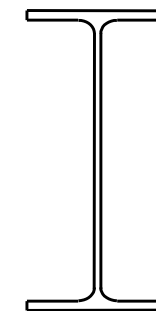
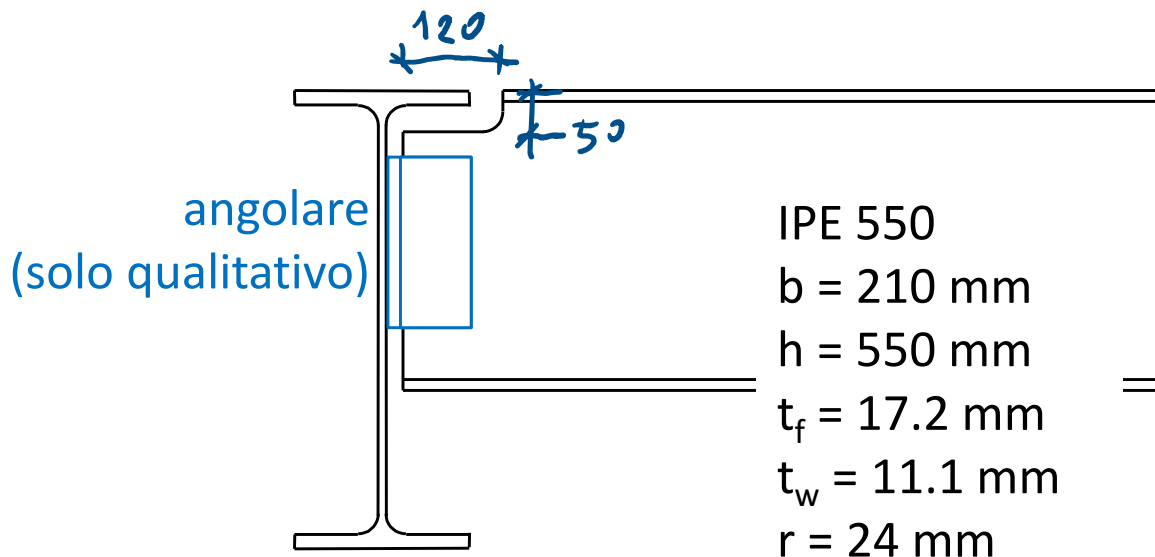


IPE 360
 $b = 170 \text{ mm}$
 $h = 360 \text{ mm}$
 $t_f = 12.7 \text{ mm}$
 $t_w = 8 \text{ mm}$
 $r = 18 \text{ mm}$

Esempio di collegamento

trave principale – trave secondaria

- Trave principale: IPE 550
- Trave secondaria: IPE 360
- Taglio da trasmettere: $V_{Ed} = 150 \text{ kN}$

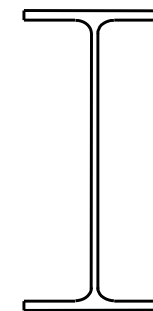
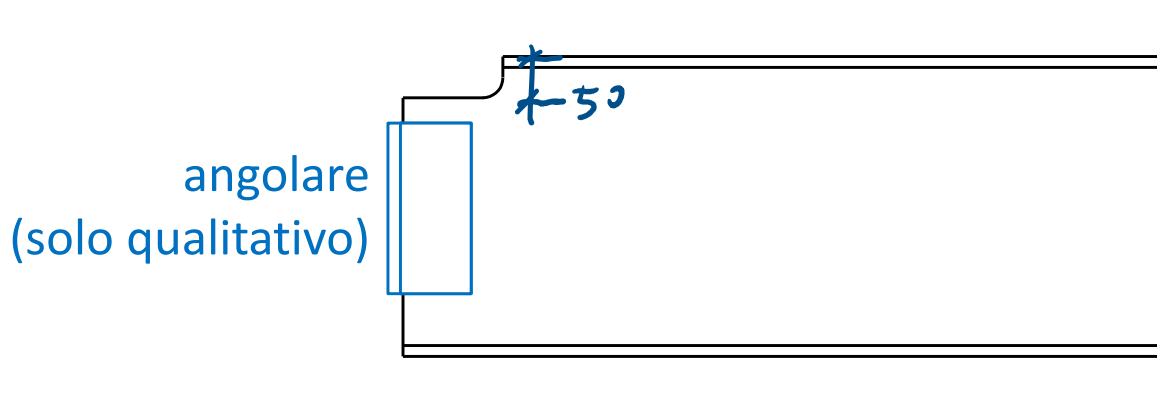


IPE 360
 $b = 170 \text{ mm}$
 $h = 360 \text{ mm}$
 $t_f = 12.7 \text{ mm}$
 $t_w = 8 \text{ mm}$
 $r = 18 \text{ mm}$

Esempio di collegamento

unione angolare – trave secondaria

- Ogni bullone lavora in 2 sezioni
- I bulloni lavorano a taglio e devono trasmettere 150 kN, più il momento parassita



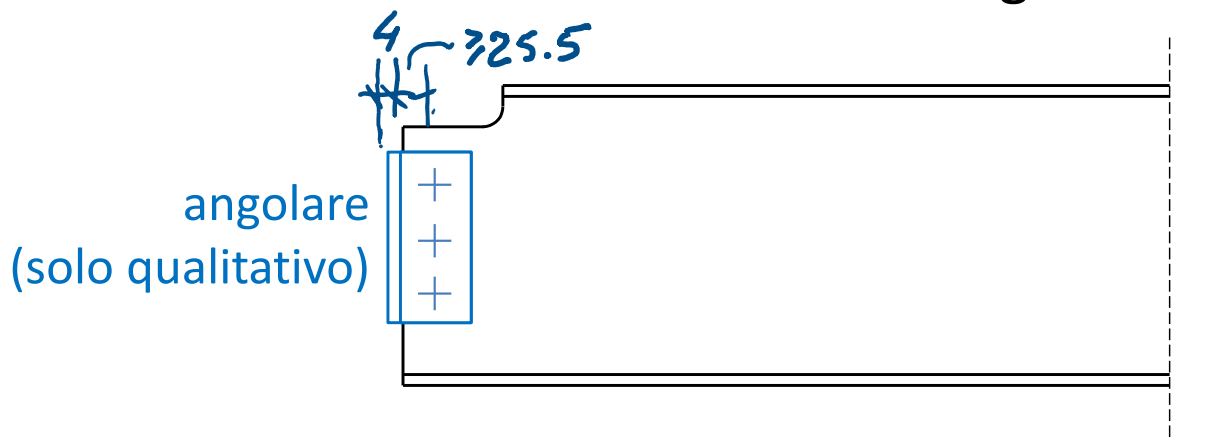
IPE 360
 $b = 170 \text{ mm}$
 $h = 360 \text{ mm}$
 $t_f = 12.7 \text{ mm}$
 $t_w = 8 \text{ mm}$
 $r = 18 \text{ mm}$

- Ritengo che l'angolare possa essere al massimo 260 mm $(360 - 2 \times 50)$
- Potrei mettere fino a 4 bulloni M20 per fila verticale $3 \times 21 \times 4 = 252$
e se occorre posso usare più file verticali

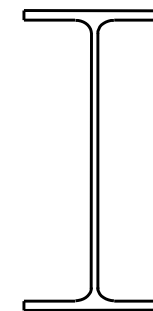
Esempio di collegamento

unione angolare – trave secondaria

- Ogni bullone lavora in 2 sezioni
- I bulloni lavorano a taglio e devono trasmettere 150 kN, più il momento parassita
 - Potrei usare 3 M16 classe 5.6 gambo tutto filettato: $F_{v,Rd} = 37.7$ kN



$$37.7 \times 2(\text{sez}) \times 3(\text{bull}) = 226.2 \text{ kN} \gg 150 \text{ kN}$$



IPE 360
 $b = 170$ mm
 $h = 360$ mm
 $t_f = 12.7$ mm
 $t_w = 8$ mm
 $r = 18$ mm

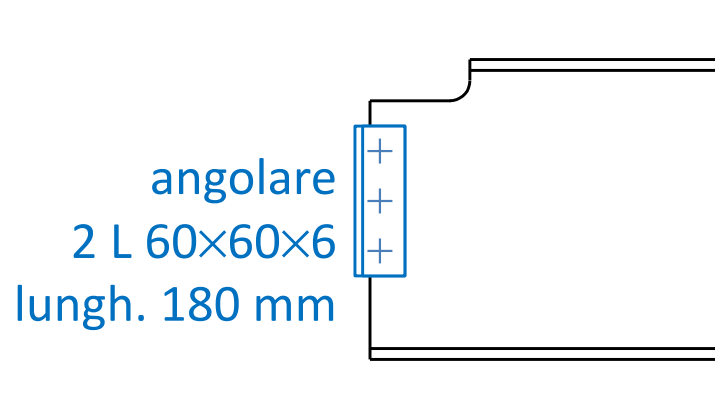
- Potrei usare una coppia di angolari L 60×60×6 di lunghezza 180 mm

$2(1.5 \times (16+1) + 4) = 59$
 $180 = 3 \times 60$

Esempio di collegamento

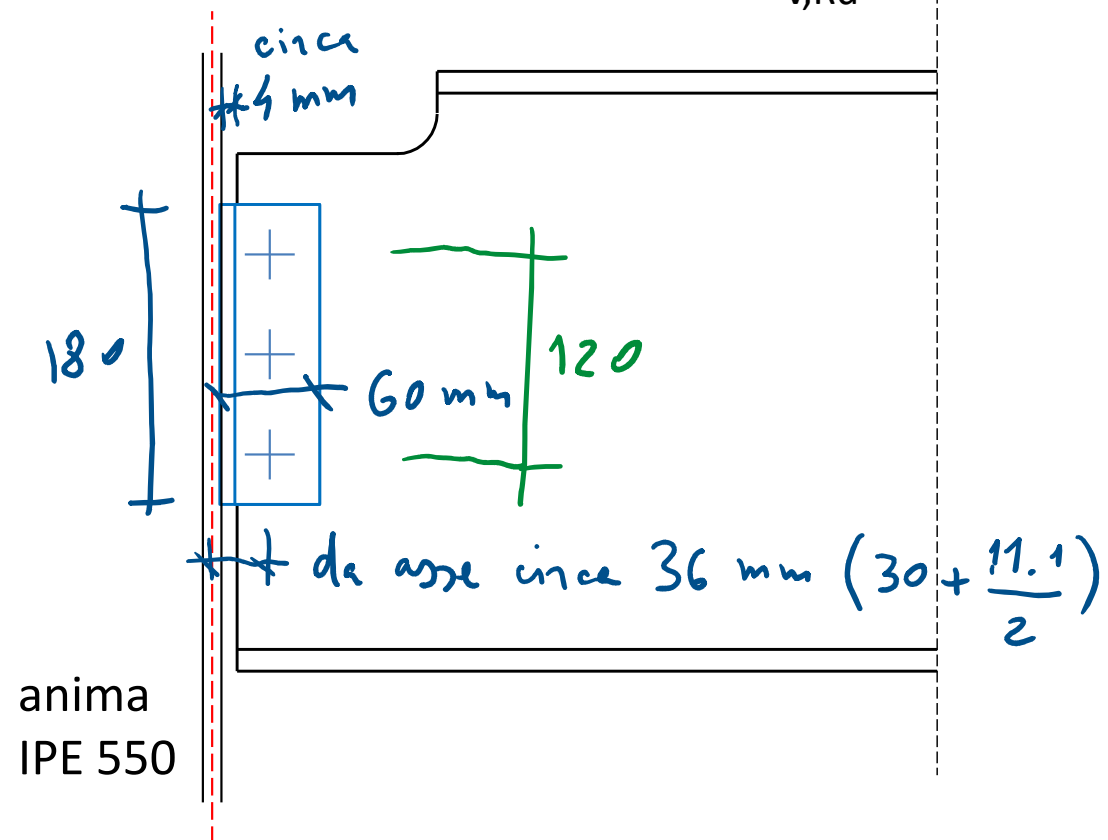
unione angolare – trave secondaria

- Ogni bullone lavora in 2 sezioni
- I bulloni lavorano a taglio e devono trasmettere 150 kN, più il momento parassita
 - Potrei usare 3 M16 classe 5.6 gambo tutto filettato: $F_{v,Rd} = 37.7$ kN



$$e = 36 \text{ mm}$$

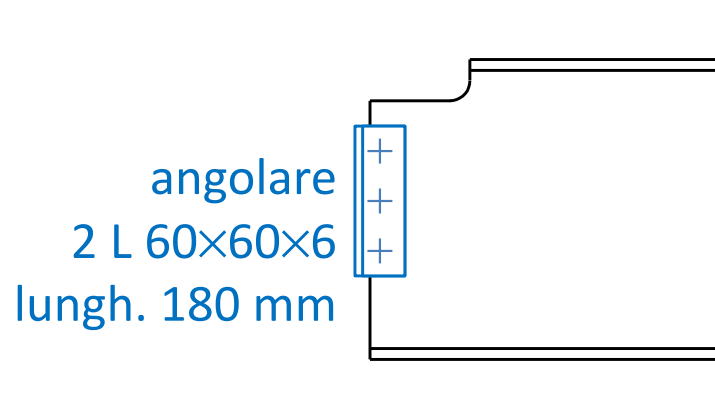
$$M_{\text{parassita}} = 150 \times 0.036 = 5.4 \text{ kNm}$$



Esempio di collegamento

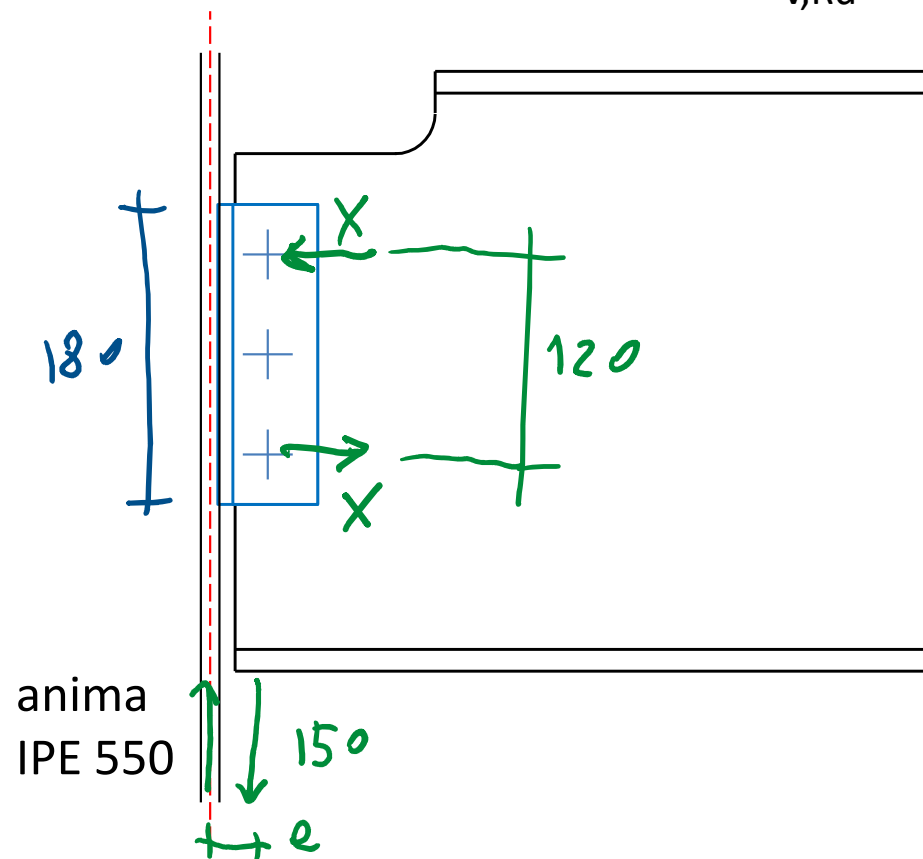
unione angolare – trave secondaria

- Ogni bullone lavora in 2 sezioni
- I bulloni lavorano a taglio e devono trasmettere 150 kN, più il momento parassita
 - Potrei usare 3 M16 classe 5.6 gambo tutto filettato: $F_{v,Rd} = 37.7 \text{ kN}$



$$M_{par} = 5.4 \text{ kNm}$$

$$X = \frac{V_{Ed} e}{d} = \frac{5.4}{0.12} = 45 \text{ kN}$$

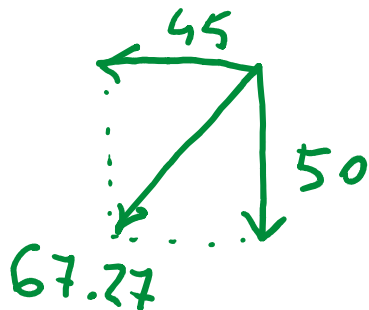


Esempio di collegamento

unione angolare – trave secondaria

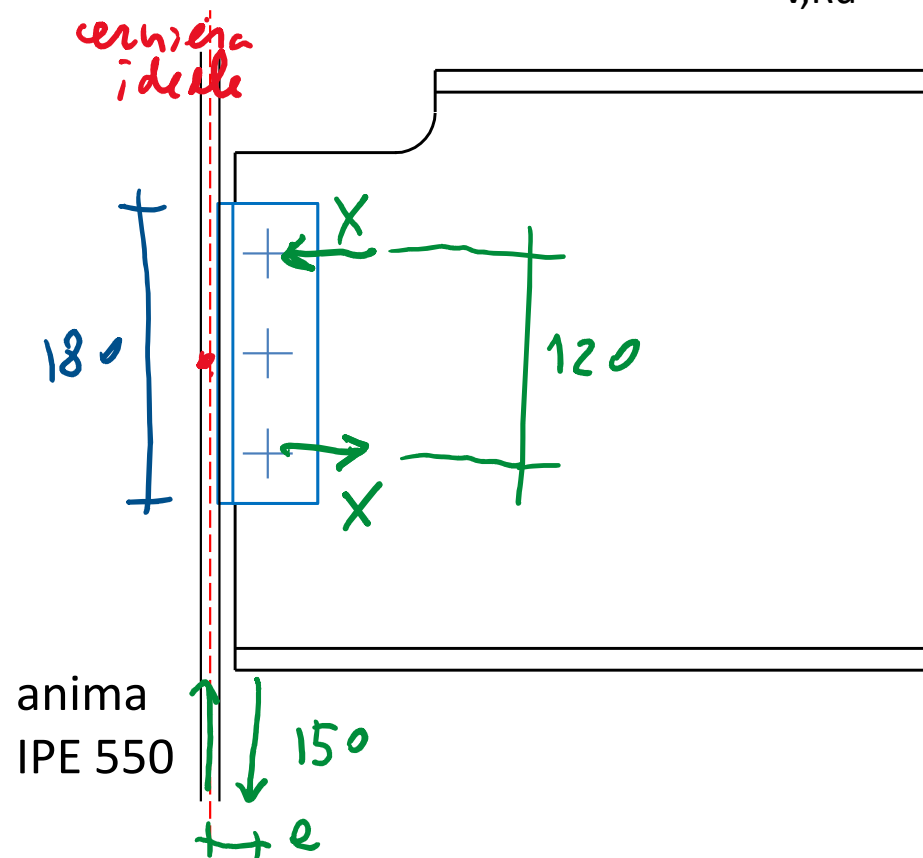
- Ogni bullone lavora in 2 sezioni
- I bulloni lavorano a taglio e devono trasmettere 150 kN, più il momento parassita
 - Potrei usare 3 M16 classe 5.6 gambo tutto filettato: $F_{v,Rd} = 37.7$ kN

Se ripartisco il taglio in parti uguali tra i bulloni, quelli di estremità portano



Ciascuna
sezione
33.6 kN
< 37.7 OK

$$X = \frac{V_{Ed}}{d} e = \frac{5.4}{0.12} = 45 \text{ kN}$$



Esempio di collegamento

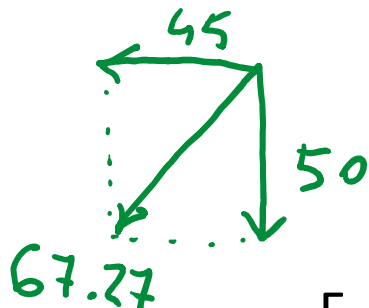
unione angolare – trave secondaria

Ulteriori verifiche:

- Rifollamento

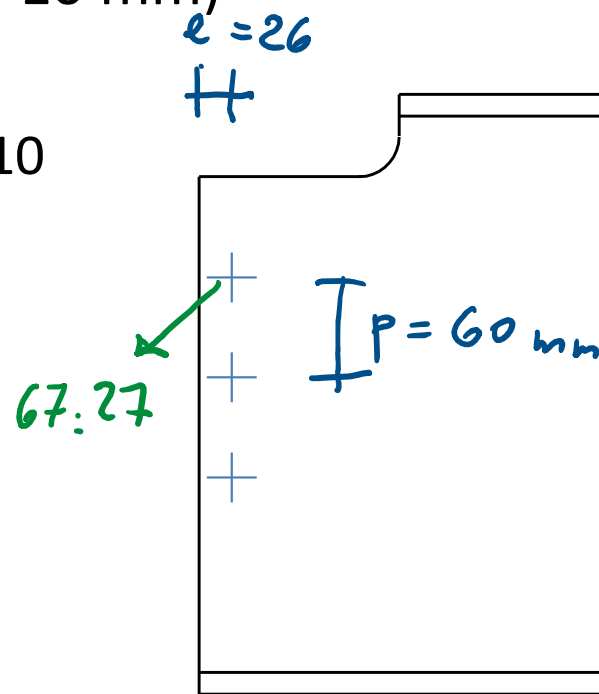
- La faccio per l'anima, che ha spessore 8 mm (i due angolari nel complesso hanno $t=2 \times 5=10$ mm)

$$\alpha = \frac{e_1}{3d_0} = \frac{26}{3 \times 17} = 0.510$$



$$F_{b,Rd} = d t \frac{k \alpha f_u}{\gamma_{M2}} =$$

$$= 16 \times 8 \times \frac{2.5 \times 0.510 \times 430}{1.25} \times 10^{-3} = 56.1 \text{ kN} < 67.27$$



di circa 20%
↑
Ohime'
non va bene

Esempio di collegamento

unione angolare – trave secondaria

Ulteriori verifiche:

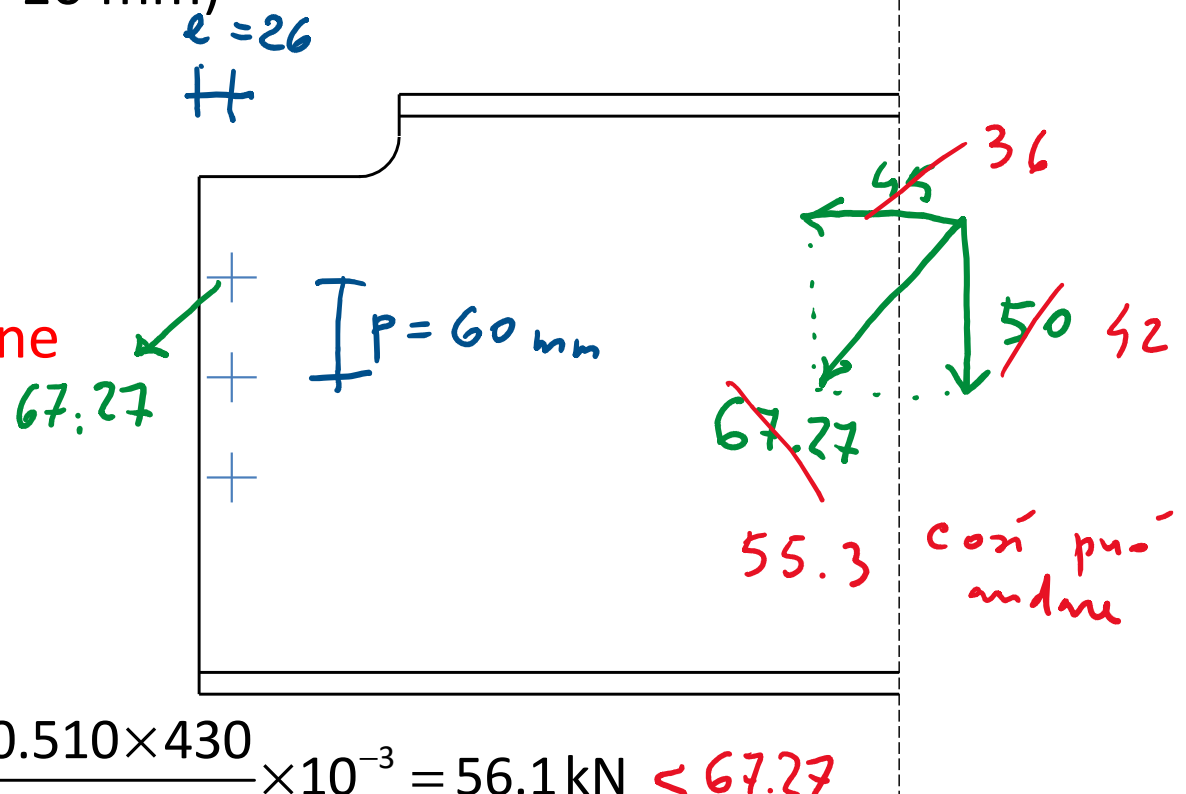
- Rifollamento
 - La faccio per l'anima, che ha spessore 8 mm (i due angolari nel complesso hanno $t=2 \times 5=10$ mm)

- Devo cambiare qualcosa

- Aumentare p (75 mm?)
- Assegnare di più al bullone centrale (66 kN?)
- Altro?

$$F_{b,Rd} = d t \frac{k \alpha f_u}{\gamma_{M2}} =$$

$$= 16 \times 8 \times \frac{2.5 \times 0.510 \times 430}{1.25} \times 10^{-3} = 56.1 \text{ kN} < 67.27$$



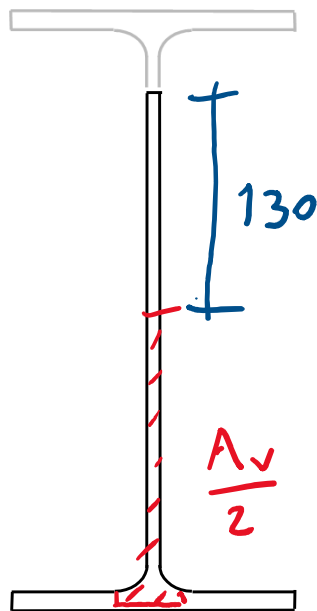
Esempio di collegamento

unione angolare – trave secondaria

Ulteriori verifiche:

- Verifica a taglio dell'anima
 - L'area a taglio è minore visto il taglio fatto

*fare la verifica in
in presenza che in
assenza di fori*



$$A_v = \frac{3514}{2} + 130 \times 8 = 2797 \text{ mm}^2$$

$e = 26$

50 mm

$P = 60 \text{ mm}$

non fori *senza fori*

IPE 360
 $b = 170 \text{ mm}$
 $h = 360 \text{ mm}$
 $t_f = 12.7 \text{ mm}$
 $t_w = 8 \text{ mm}$
 $r = 18 \text{ mm}$
 $A_v = 3514 \text{ mm}^2$

$$V_{Rd} = \frac{2797 \times 275}{\sqrt{3} \times 1.05} \times 10^{-3} = 423 \text{ kN}$$

va bene

Esempio di collegamento

unione angolare – trave secondaria

Ulteriori verifiche:

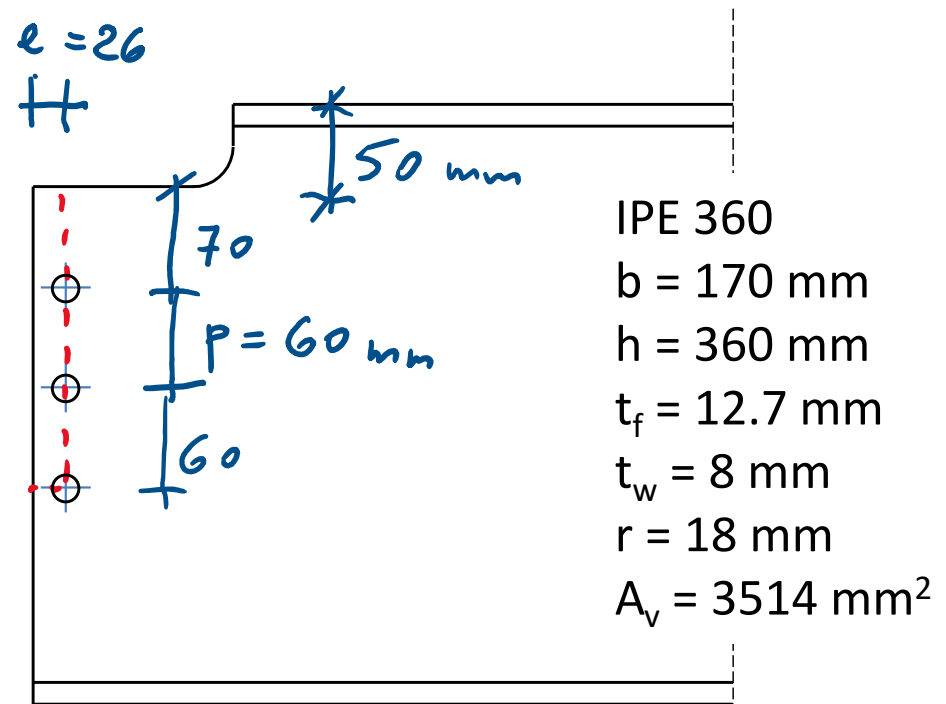
- Verifica per tranciamento a blocco (block tearing)
 - Con la sezione di rottura indicata in rosso

- I tratti verticali lavorano a taglio (area $A_{n,v}$)
- Quello orizzontale lavora a trazione (area $A_{n,t}$)

$$A_{n,v} = (190 - 2.5 \times 17) \times 8 = 1180 \text{ mm}^2$$

$$A_{n,t} = (26 - 8.5) \times 8 = 140 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{eff,Rd}} = \frac{A_{n,t} f_u}{\gamma_{M2}} + \frac{A_{n,v} f_y / \sqrt{3}}{\gamma_{M0}} = \left(\frac{140 \times 430}{1.25} + \frac{1180 \times 275 / \sqrt{3}}{1.05} \right) \times 10^{-3} = 226.6 \text{ kN}$$



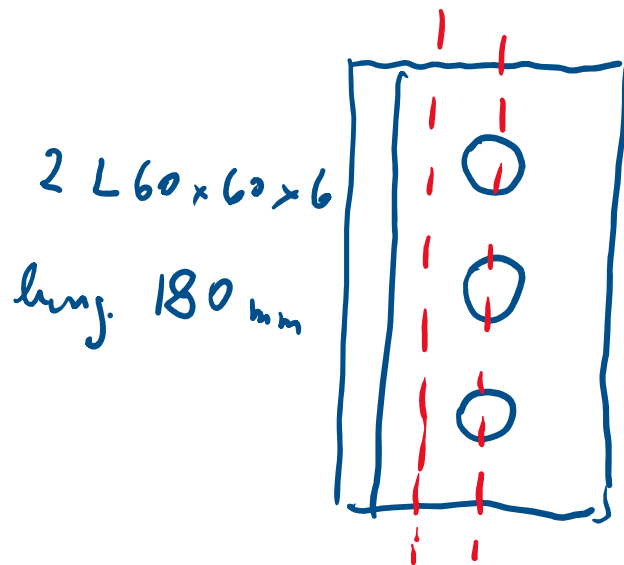
va bene

Esempio di collegamento

unione angolare – trave secondaria

Ulteriori verifiche:

- Verifica a taglio dell'angolare, nella sezione forata
 - Non la riporto, ma deve essere fatta; può condizionare la scelta dello spessore dell'angolare



$$A_{v_{incl}} = (180 - 3 \times 17) 12 = 1548 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 180 \times 12 = 2160 \text{ mm}^2$$

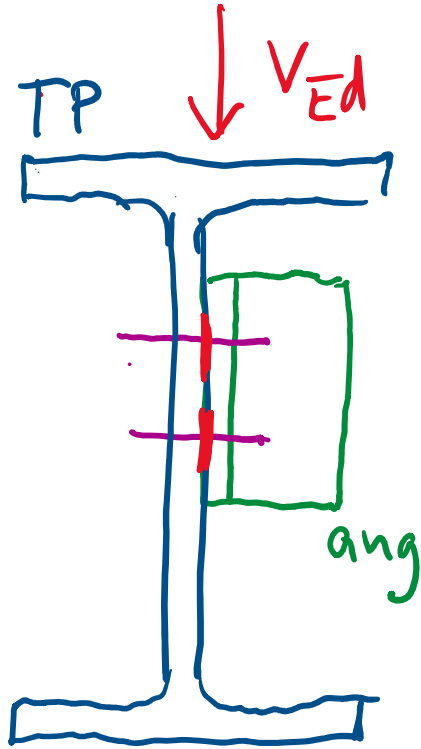
$$V_{Rd,pl} = 2160 \times \frac{275/\sqrt{3}}{1.05} = 326.6 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,n} = 1548 \times \frac{430/\sqrt{3}}{1.25} = 307.4 \text{ kN}$$

rottura fragile ma con azione + del doppio

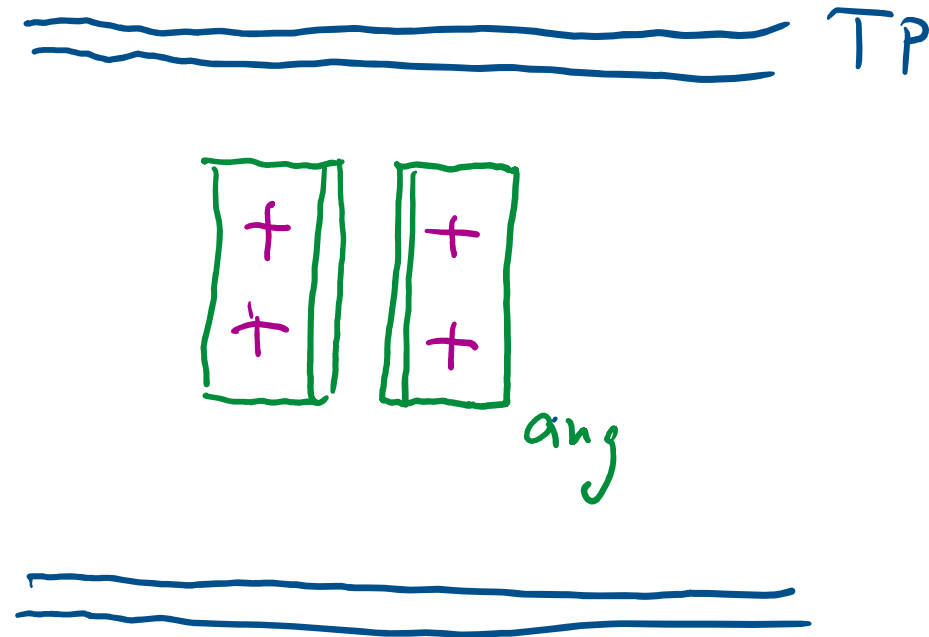
Unione

trave principale – angolare



azione da trasmettere

V_{Ed} di TS



i bulloni lavorano a tagli.

$$F_{V,Ed} = \frac{V_{Ed}}{4}$$

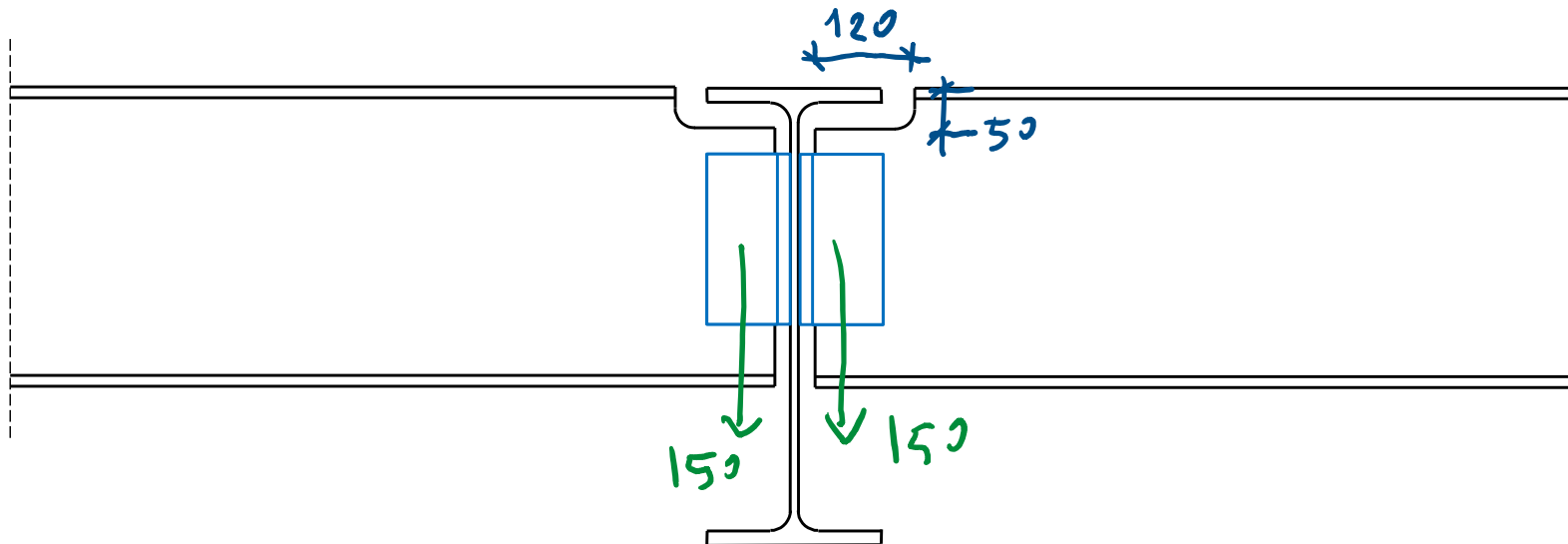
Unione

trave principale – angolare

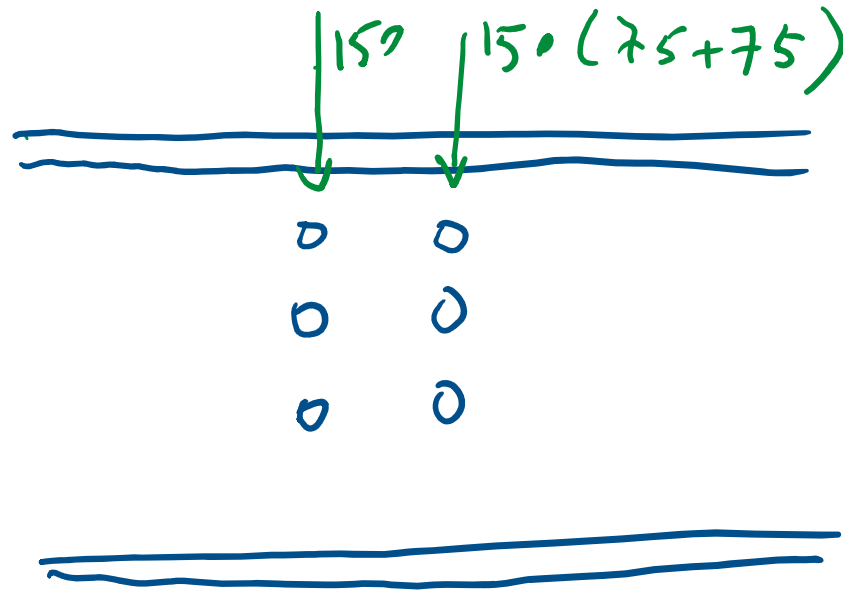
- I bulloni lavorano a taglio
 - Non c'è momento parassita o se c'è corrisponde a un'eccentricità pari a $t_w/2$
 - Nell'esempio sono 6 bulloni, ciascuno con 1 sola sezione
 - Posso usare gli stessi bulloni previsti per l'unione trave secondaria-angolare
 - Verificare a rifollamento: non crea problemi se ho una sola trave secondaria
 - Spessore angolari 12 mm
 - Spessore trave secondaria 8 mm
 - Spessore trave principale 11.1 mm

Collegamento trave secondaria-principale con due travi secondarie

- Cosa cambia?
 - L'anima della trave principale porta un'azione doppia
 - È necessario fare la verifica a rifollamento



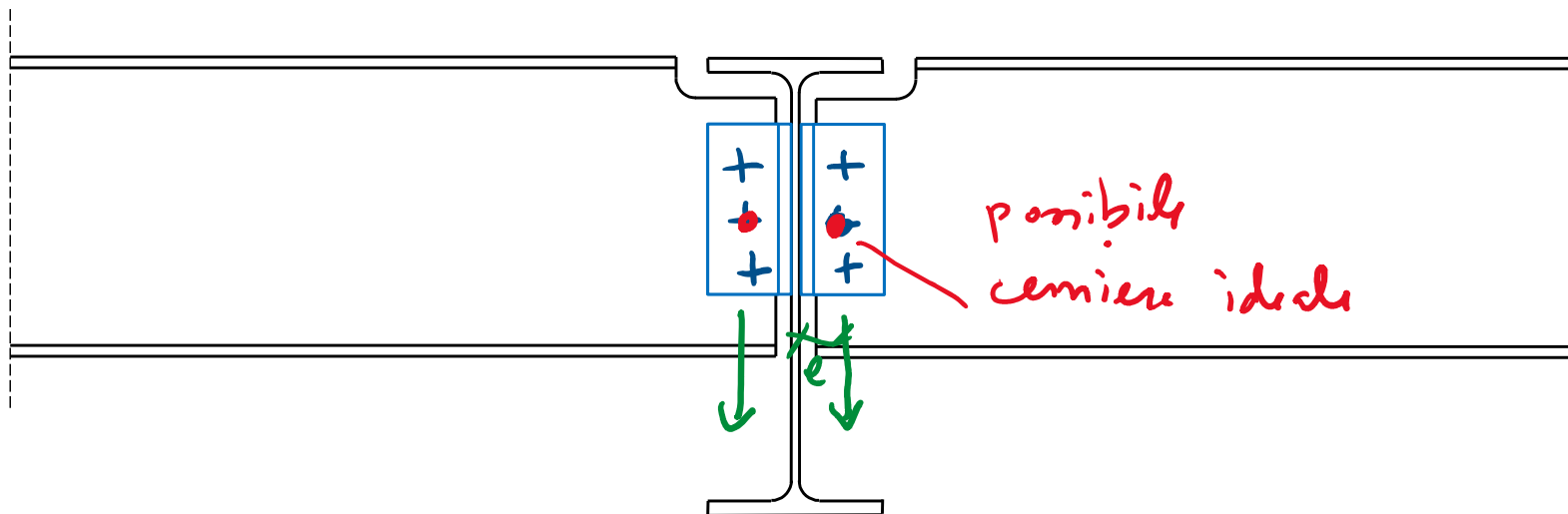
Collegamento trave secondaria-principale con due travi secondarie - rifollamento



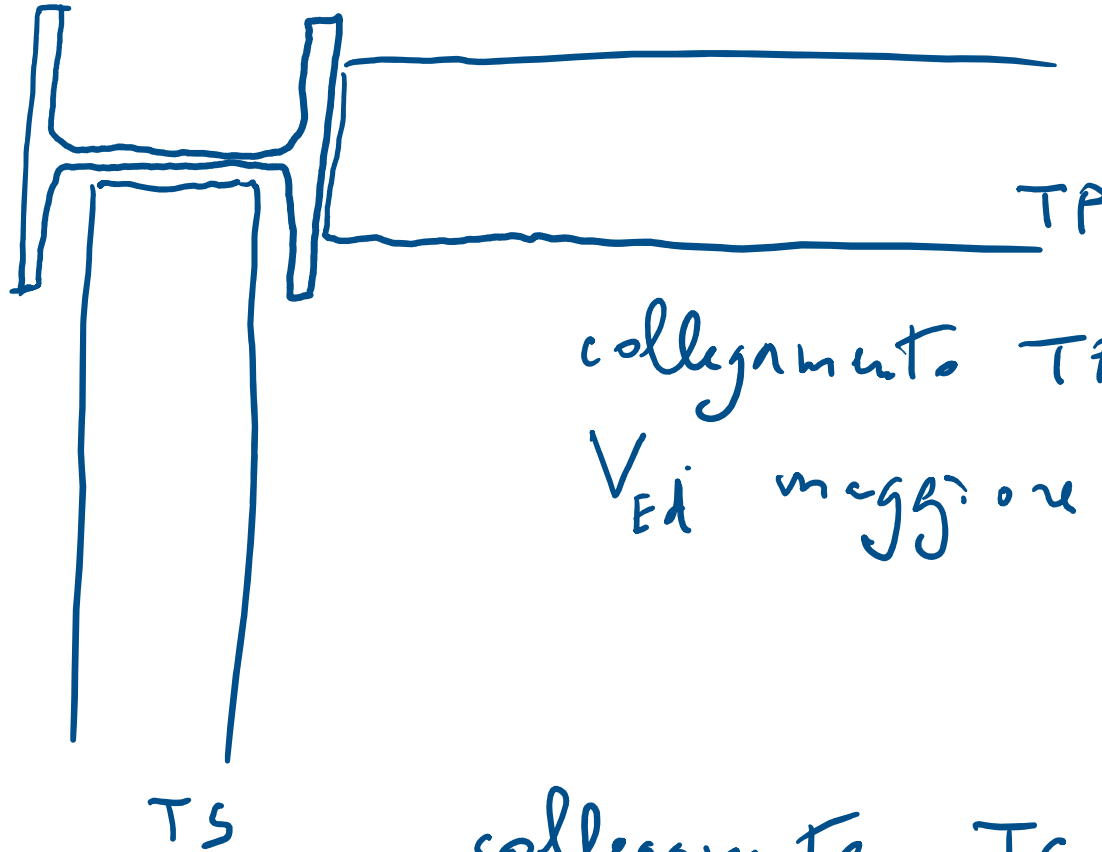
La verifica è sicuramente rispettata
perché è come per trave secondaria (senza $M_{paran.}$)
ma con spessore maggiore

Collegamento trave secondaria-principale con due travi secondarie

- Cosa cambia?
 - L'anima della trave principale porta un'azione doppia
 - Alternativa per la posizione della cerniera
in generale posso assegnare io la posizione della cerniera purché
opero coerentemente



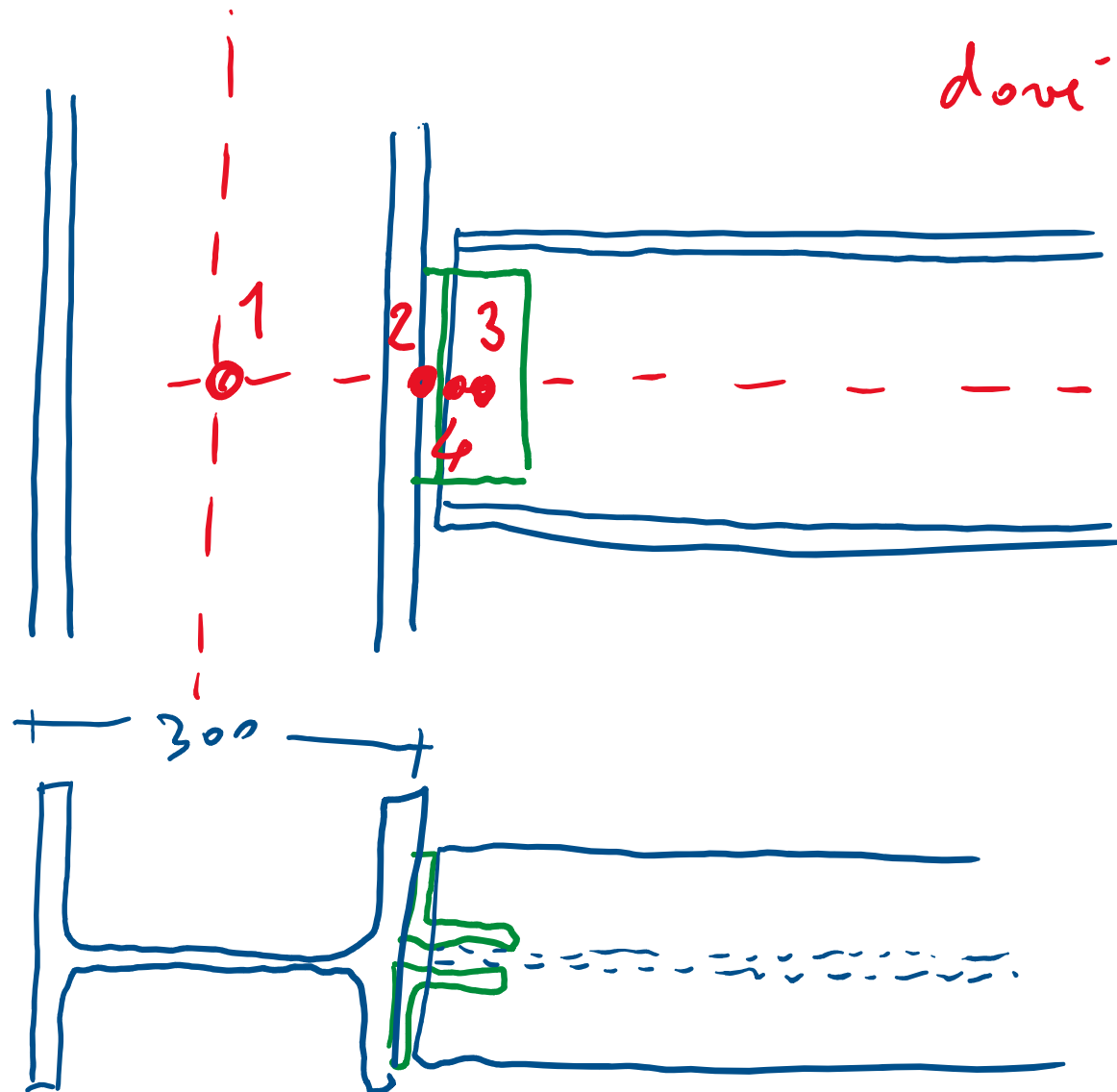
Collegamento trave colonna



collegamento TP - colonna
 V_{Ed} maggiore

collegamento TS - colonna
 V_{Ed} più visto
geometricamente simile

Collegamento trave principale – colonna



dove la cerniera?

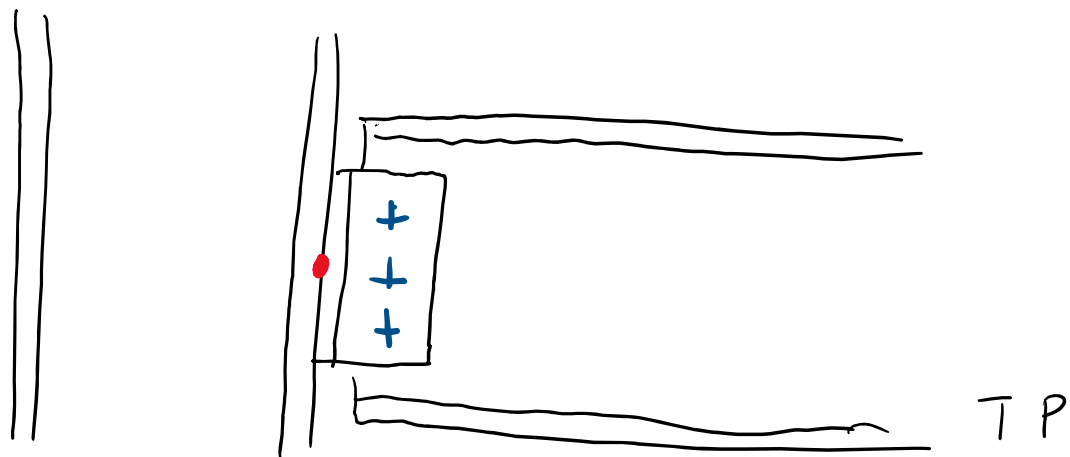
$$V_{Ed} = 320 \text{ kN}$$

$$V \frac{h}{2} = M = 48 \text{ kNm}$$

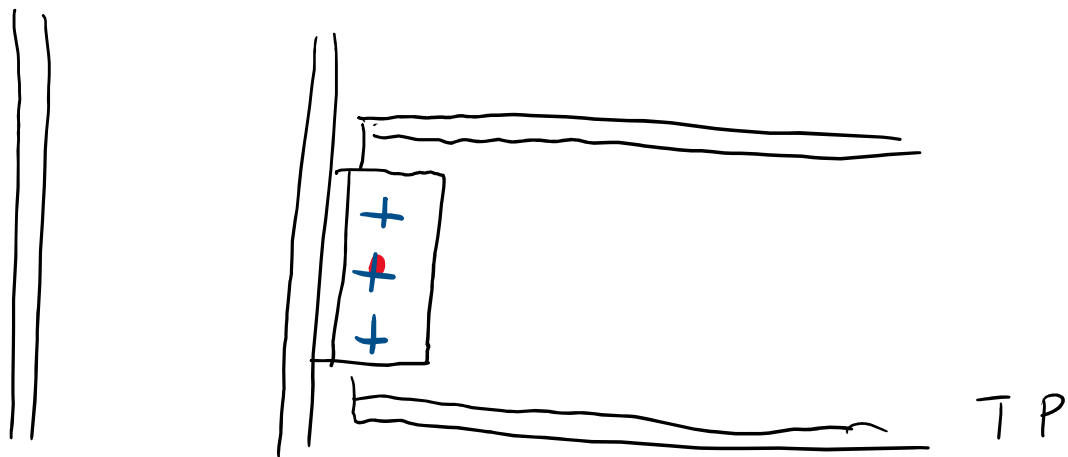
dominio M.N
colonne



Collegamento trave principale – colonna



bulloni TP-ang
oggetti a M parassiti
ang-CD solo V

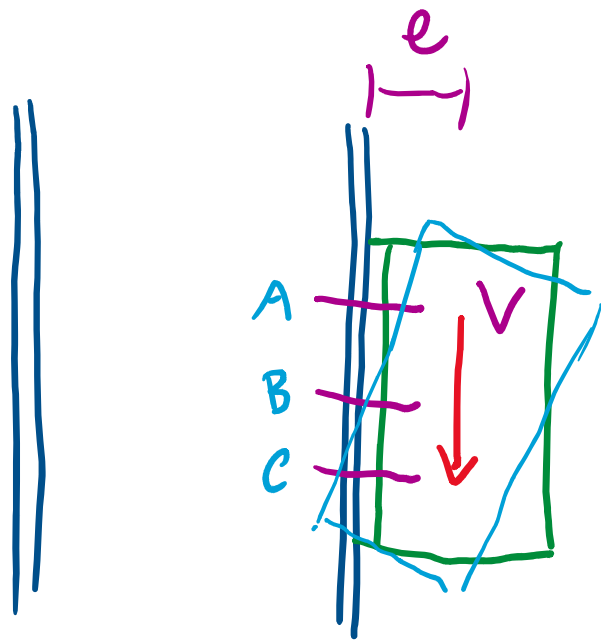


bulloni TP-ang
solo V

bulloni ang-CD
anche M parassiti

Cerniera ideale lontana dal contatto ang-CO

trasmettono V ed M_{par}



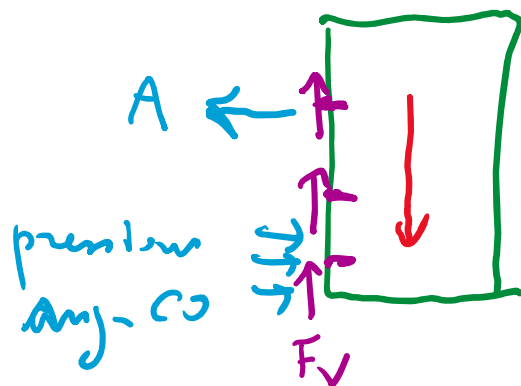
come lavorano i bulloni?

per trasmettere V i bulloni
tr. F_V

per trasmettere $M_{par} = V \cdot e$

bullone A trazione

la compressione viene data
dall'ala della colonna
contatto diretto

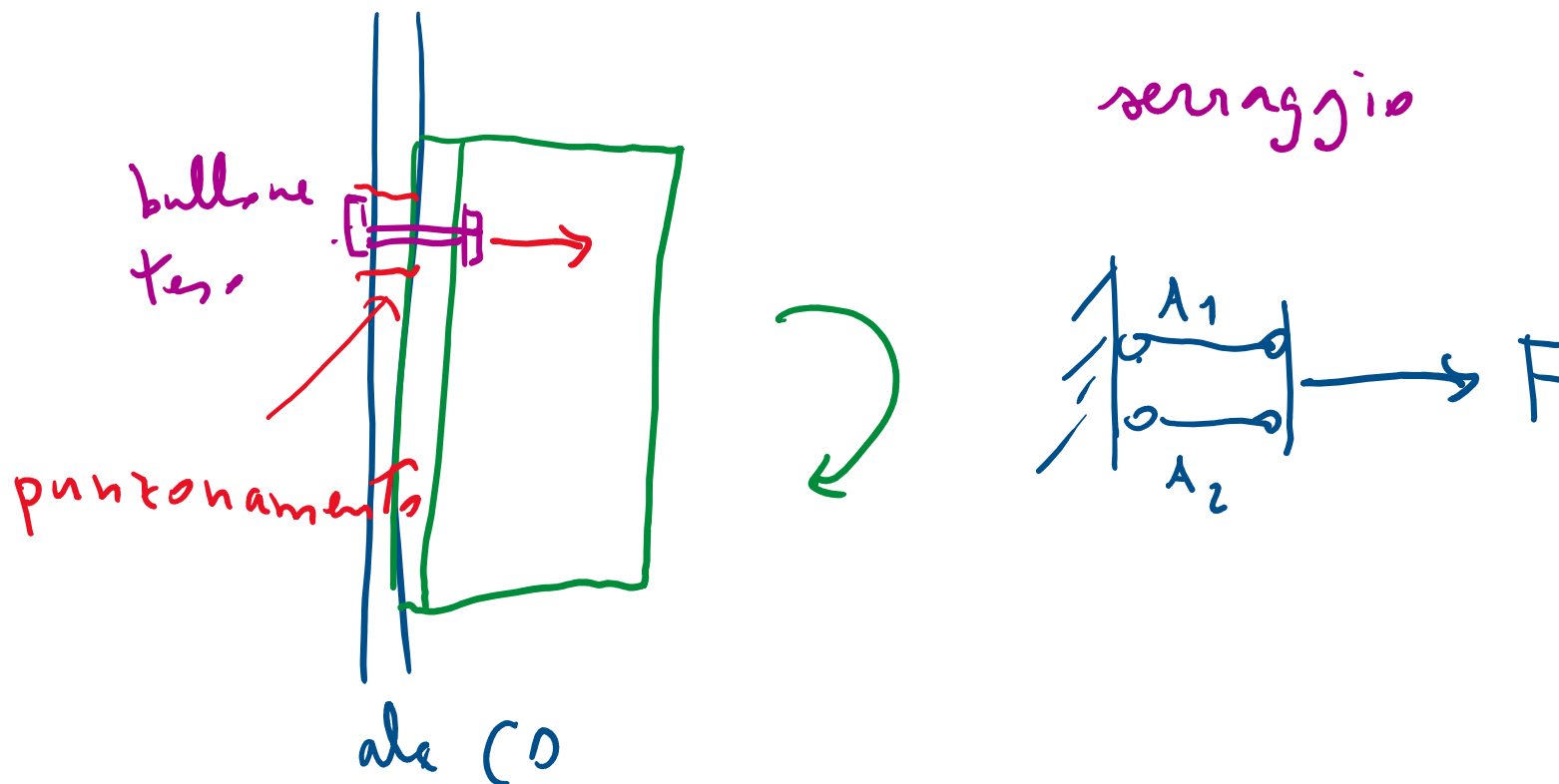


Bulloni che lavorano a trazione

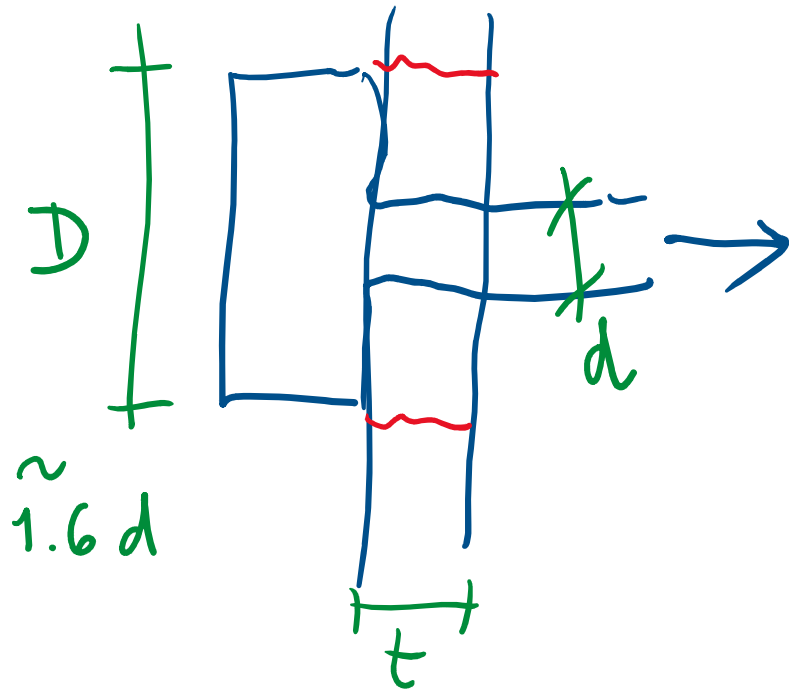
Bulloni a trazione

resistenza

$$F_{t,Rd} = A_{res} \frac{0.9 f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

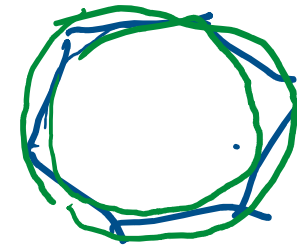


Punzonamento



$$A_p = \pi d_n t$$

d_n : diametro medio tra



cerchio
inscritto
& circoscritto.

$$B_{p.Rd} = A_p \quad \frac{f_u / \sqrt{3}}{\gamma_{M2}} \Rightarrow \pi d_n t \frac{0.6 f_u}{\gamma_{M2}}$$

Resistenza del bullone a trazione

$$F_{t,Rd} = A_{res} \frac{0.9 f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

Resistenza della lamiera a punzonamento

$$B_{p,Rd} = \pi d_m t_p \frac{0.6 f_u}{\gamma_{M2}}$$

Bulloni che lavorano a taglio e trazione

Resistenza del bullone

a taglio e trazione

$$\frac{F_{V,Ed}}{F_{V,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1.4 F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{F_{t,Ed}}{F_{t,Rd}} \leq 1$$

Bulloni che lavorano ad attrito

Resistenza del bullone ad attrito

- Sono bulloni che lavorerebbero a taglio, ma l'attrito è tale da evitare scorrimento tra i piatti

$$F_{s,Rd} = n \mu \frac{F_{p.Cd}}{\gamma_{M3}}$$

$$\gamma_{M3} = 1.25 \quad \text{per SLU}$$

$$\gamma_{M3} = 1.10 \quad \text{per SLE}$$

- | | |
|-------------|--|
| $\mu = 0,5$ | – superfici sabbiate meccanicamente o a graniglia, esenti da incrostazioni di ruggine e da vaiolature; |
| $\mu = 0,4$ | – superfici sabbiate meccanicamente o a graniglia, e verniciate a spruzzo con prodotti a base di alluminio o di zinco.
– superfici sabbiate meccanicamente o a graniglia, e verniciate con silicato di zinco alcalino applicando uno spessore dello strato di 50-80 μm ; |
| $\mu = 0,3$ | – superfici pulite mediante spazzolatura o alla fiamma, esenti da incrostazioni di ruggine; |
| $\mu = 0,2$ | – superfici non trattate. |