

Callegemanti: bullonati:

Fori

d_0 diametro del foro

$d_0 - d$ gioco foro bullone

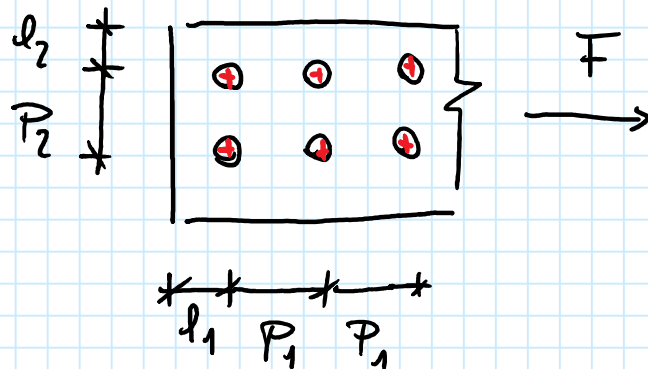
NTE 18

$$d_0 - d \leq 1 \text{ mm}$$

H12 - H20

$$d_0 - d \leq 1,5 \text{ mm}$$

> H20



$$e_1 \geq 1,2 d_0$$

$$P_1 \geq 2,2 d_0$$

$$e_2 \geq 1,2 d_0$$

$$P_2 \geq 2,4 d_0$$

limiti minimi

Le distanze devono rispettare anche i limiti massimi

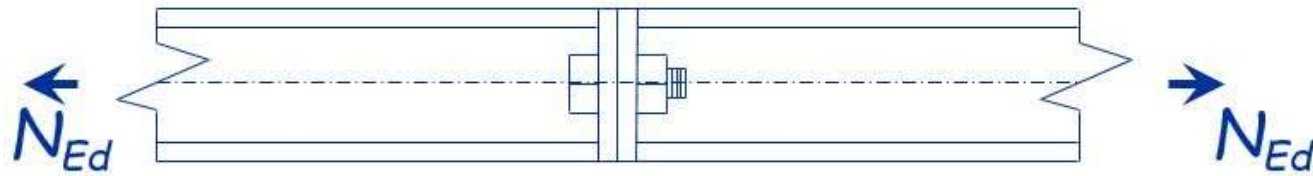
Tab. 4.2.XVIII - Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate.

Distanze e interassi (Fig. 4.2.5)	Minimo	Massimo		
		Unioni esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni non esposte a fenomeni corrosivi o ambientali	Unioni di elementi in acciaio resistente alla corrosione (UNI EN10025-5)
e_1	$1,2 d_0$	$4t+40 \text{ mm}$	-	$\max(8t;12 \text{ mm})$
e_2	$1,2 d_0$	$4t+40 \text{ mm}$	-	$\max(8t;125 \text{ mm})$
p_1	$2,2 d_0$	$\min(14t;200 \text{ mm})$	$\min(14t;200 \text{ mm})$	$\min(14t;175 \text{ mm})$
$p_{1,0}$	-	$\min(14t;200 \text{ mm})$	-	-
$p_{1,i}$	-	$\min(28t;400 \text{ mm})$	-	-
p_2	$2,4 d_0$	$\min(14t;200 \text{ mm})$	$\min(14t;200 \text{ mm})$	$\min(14t;175 \text{ mm})$

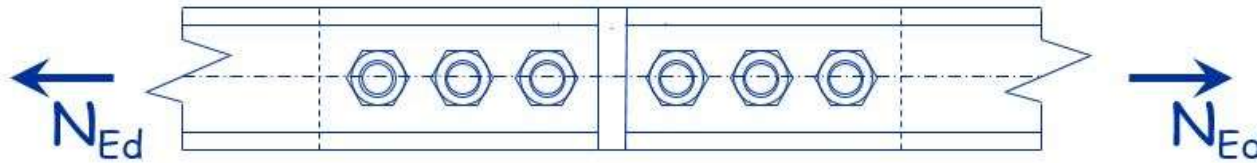
L'instabilità locale del piatto posto tra i bulloni/chiodi non deve essere considerata se $(p_1/t) < [9(235/f_y)^{0.5}]$:
in caso contrario si assumerà una lunghezza di libera inflessione pari a $0.6 \cdot p_1$.

t è lo spessore minimo degli elementi esterni collegati.

Collegamenti bullonati:



Trazione



Taglio

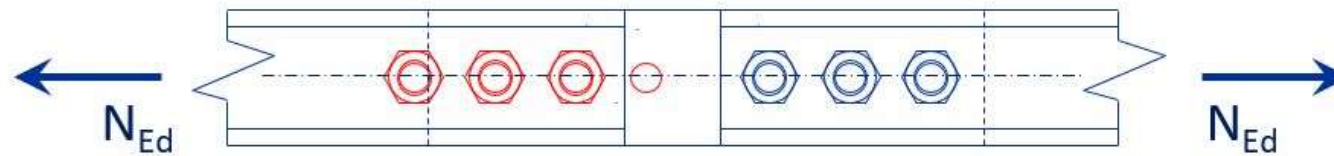
oppure Trazione + taglio

Non esistono stati di sollecitazione dei bulloni diversi da questi.

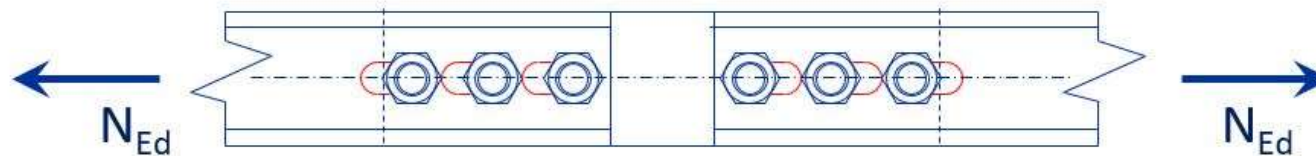
Bulloni saldati e taglio

Meccanismi di rottura

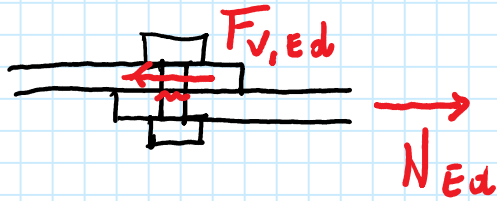
1 - Rottura dei bulloni a taglio



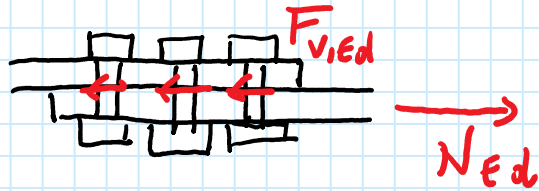
2 - Rifollamento delle lamiere



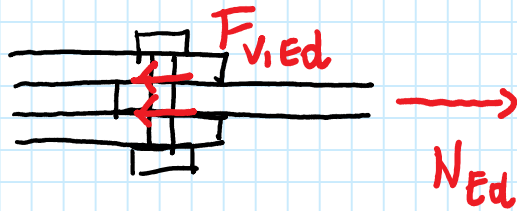
Tegolo sulle eie tiente di progetto del bullone $F_{V,Ed}$



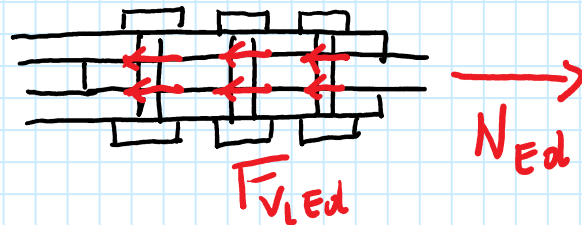
$$F_{V,Ed} = N_{Ed}$$



$$\overline{F}_{V,Ed} = \frac{N_{Ed}}{m_b}$$



$$\overline{F}_{V,Ed} = \frac{N_{Ed}}{2}$$



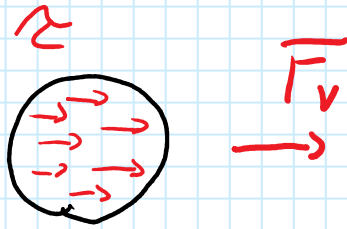
$$\overline{F}_{V,Ed} = \frac{N_{Ed}}{m_b m_s}$$

$$\Rightarrow F_{V,Ed} \leq F_{V,Rd}$$

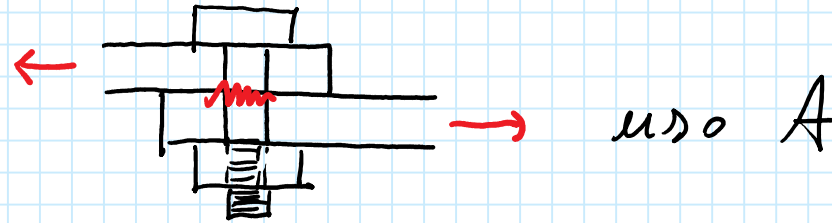
m_b = numero di bulloni

m_s = numero di sezioni resistenti

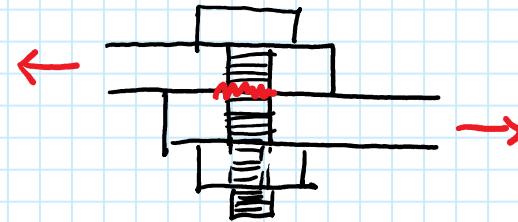
Rotture dei bulloni



$$\tau = \frac{\overline{F_v}}{A}$$



uso A



uso A_{res}

$F_v \rightarrow \tau_{yb}$ primo e ultimo evento.

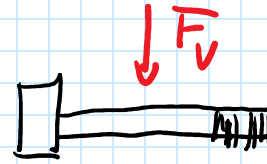
$F_{v,Rd} \rightarrow \tau_{ub} \rightarrow$ il bullone si rompe e taglia

$$\tau_u = \frac{F_{v,Rd}}{A} \Rightarrow F_{v,Rd} = A \tau_{ub} = \frac{A f_{ub}}{\sqrt{3}}$$

$$\sigma_{id} = \sqrt{\cancel{\sigma^2} + 3\tau^2} = \sqrt{3} \tau \Rightarrow \sqrt{3} \tau_{ub} = f_{ub} \Rightarrow \tau_{ub} = \frac{f_{ub}}{\sqrt{3}}$$

Resistenza e taglio, formule di normative

$$F_{v,Rd} = 0,6 A \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

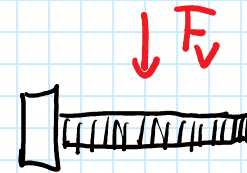


$$F_{v,Rd} = 0,6 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

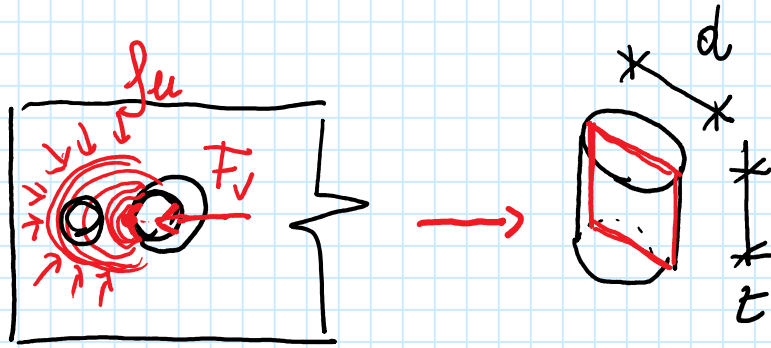
4.6 ; 5.6, 8.8

$$F_{v,Rd} = 0,5 A_{res} \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}}$$

6.8, 10.9



Rifollamento delle lamiere



d = diametro del bullone
 t = spessore delle lamiere

$d t$ è l'area delle sezioni "convenzionali" che resistono a rifollamento.

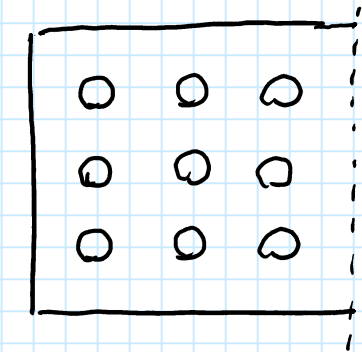
Per considerare che le sezioni che "realmente" resistono a rifollamento è ben più grande si assume una tensione di rottura maggiore:

$K_d f_u$ con K_d che può essere ≥ 1

Si ottiene $F_{rag.} = F_{b, Rd} = K_d d t f_u$

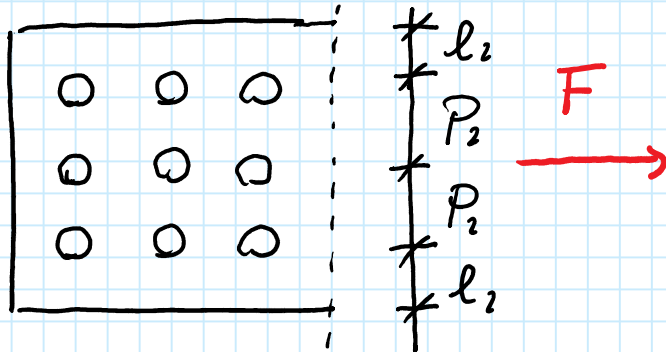
d e K dipendono dalle distanze dei fori dai bordi delle piastre e dalle distanze tra i bulloni

l_1 P_1 P_1



$$d = d(l_1, P_1) \leq 1,0$$

busca con l_1 e P_1



$$K = K(l_2, P_2) \leq 2,5$$

busca con l_2 e P_2

Kd può essere al massimo $1,0 \times 2,5 = 2,5$

Resistenza a rifollamento, formule di norme time

$$F_{b,Rd} = K \alpha d t \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad f_u \text{ tensione di rottura delle lamiere}$$

$$\alpha = \min \left(\frac{l_1}{3d_0} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1 \right)$$

$$\alpha = \min \left(\frac{P_1}{3d_0} - 0,25 ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1 \right)$$

$$K = \min \left(2,8 \frac{l_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \right)$$

$$K = \min \left(1,4 \frac{P_2}{d_0} - 1,7 ; 2,5 \right)$$

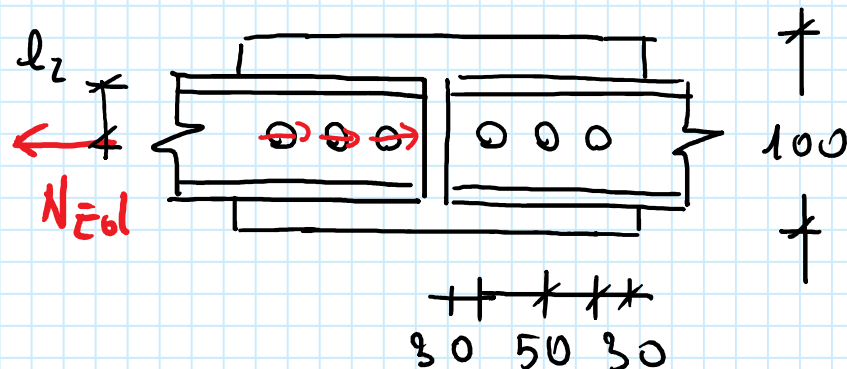
K nilai 2,5 x:

$$\frac{d_2}{d_0} \geq 1,5$$

$$2,8 \frac{d_2}{d_0} - 1,7 = 2,5 \Rightarrow 2,8 \frac{d_2}{d_0} = 4,2 \Rightarrow \frac{d_2}{d_0} = \frac{4,2}{2,8} = 1,5$$

$$\frac{P_2}{d_0} \geq 3,0$$

$$1,4 \frac{P_2}{d_0} - 1,7 = 2,5 \Rightarrow 1,4 \frac{P_2}{d_0} = 4,2 \Rightarrow \frac{P_2}{d_0} = \frac{4,0}{1,4} = 3,0$$

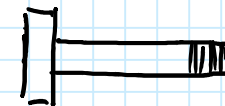


UPN 65x42 S235

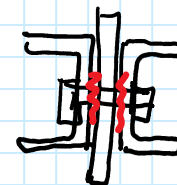
$t_p = 12$ S235

M14 6.8

$N_{Ed} = 250$ kN



$m_s = 2$



1. Verifiche e taglio dei bulloni

$$F_{VEd} = \frac{N_{Ed}}{m_b m_s} = \frac{250}{3 \times 2} = 41,7 \text{ kN}$$

OK!

$$F_{VRd} = \frac{0,6 A f_{ub}}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \times 154 \times 600}{1,25 \times 10^3} = 44,4 \text{ kN}$$

2. Verifica e rifollemento delle lamiere

$$t_p = 12 \text{ mm}$$

$$2t_w = 2 \times 5,5 = 11,0 \text{ mm}$$

l'elemento più debole è
l'emina dell'UPN

$$F_{v,Ed} = 41,7 \text{ kN}$$

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

$$K = \min \left(2,8 \frac{l_2}{d_0} - 1,7, 2,5 \right) = 2,5$$

$$l_1 = \frac{h}{2} = \frac{65}{2} = 32,5 \text{ mm}$$

$$\frac{l_2}{d_0} = \frac{32,5}{15} = 2,2 > 1,5$$

$$\alpha = \min \left(\frac{l_1}{3d_0} ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1 \right)$$

$$\frac{l_1}{3d_0} = \frac{30}{3 \times 15} = \underline{\underline{0,667}}$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{600}{360} = 1,667$$

$$\alpha = \min \left(\frac{P_1}{3d_0} - 0,25 ; \frac{f_{ub}}{f_u} ; 1 \right)$$

$$\frac{P_1}{3d_0} - 0,25 = \frac{50}{3 \times 15} - 0,25 = 0,861$$

$$F_{b,Rd} = 2,5 \times 0,667 \times 14 \times 5,5 \times \frac{360}{1,25} \times \frac{1}{10^3} = 37,0 \text{ kN}$$

$$2 F_{v,Ed} = 41,7 \text{ kN} \leq F_{b,Rd} = 37,0 \text{ kN} \quad \text{NO}$$