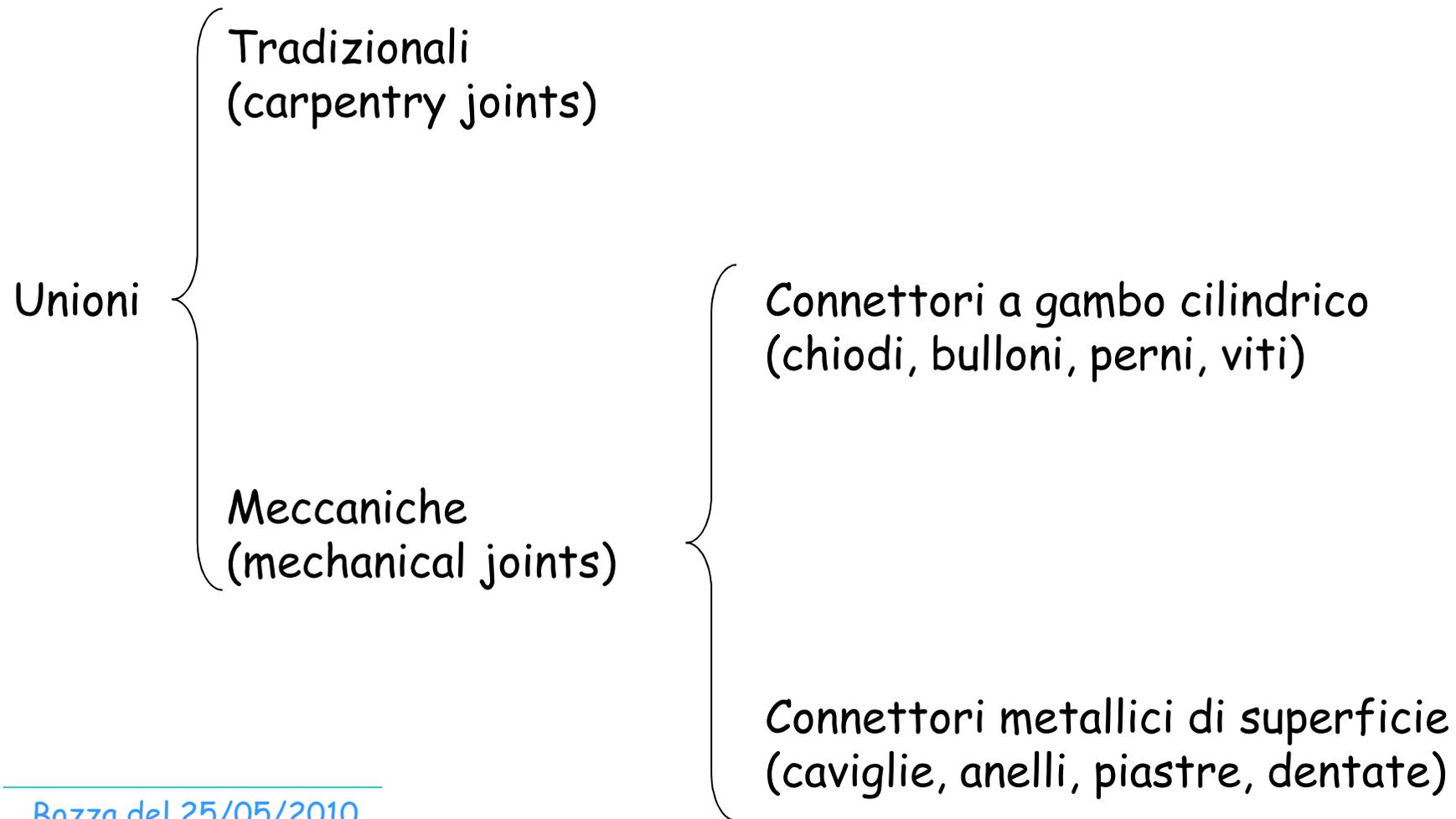


Costruzioni in legno

Unioni

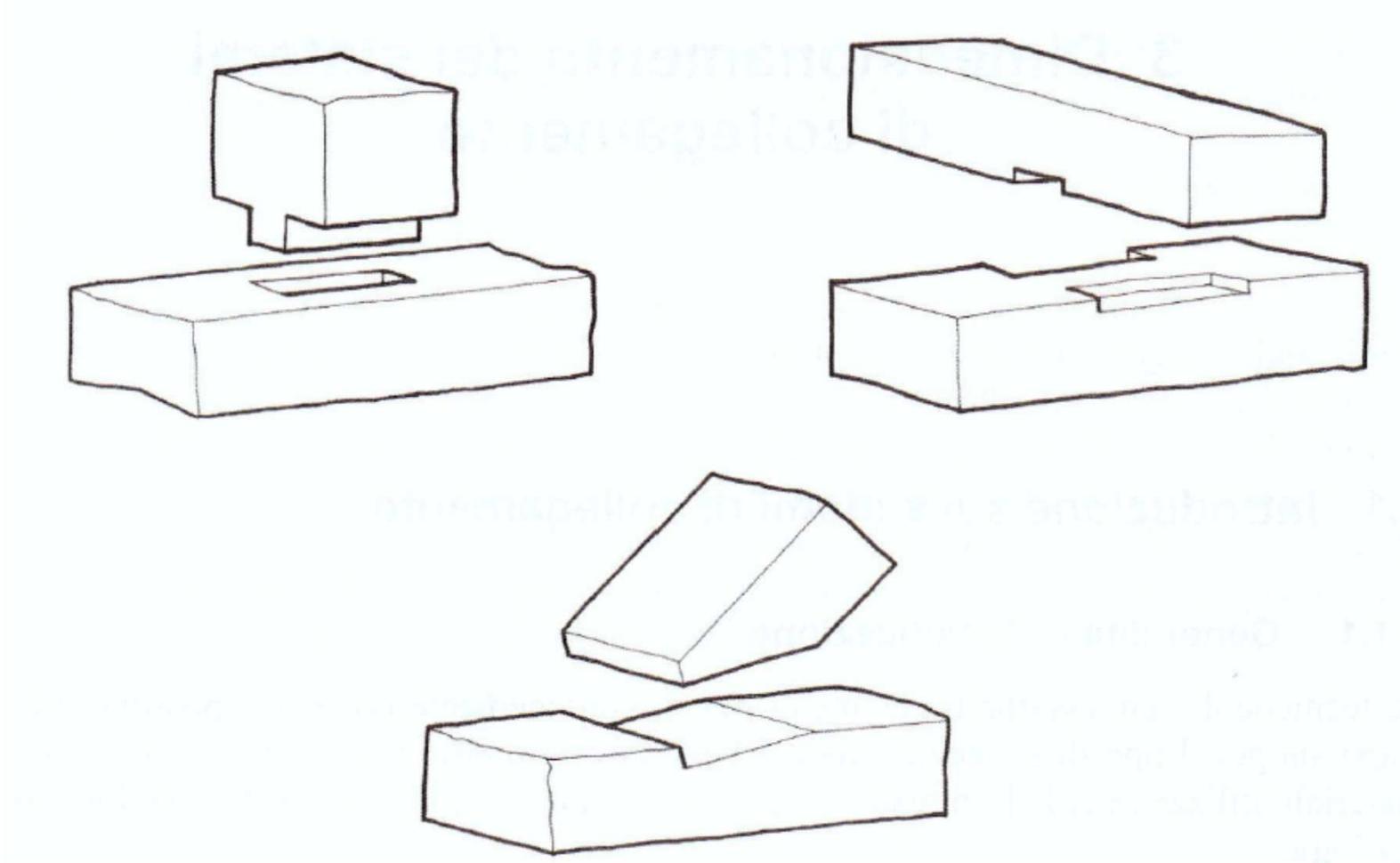
Unioni

Definizioni e classificazione



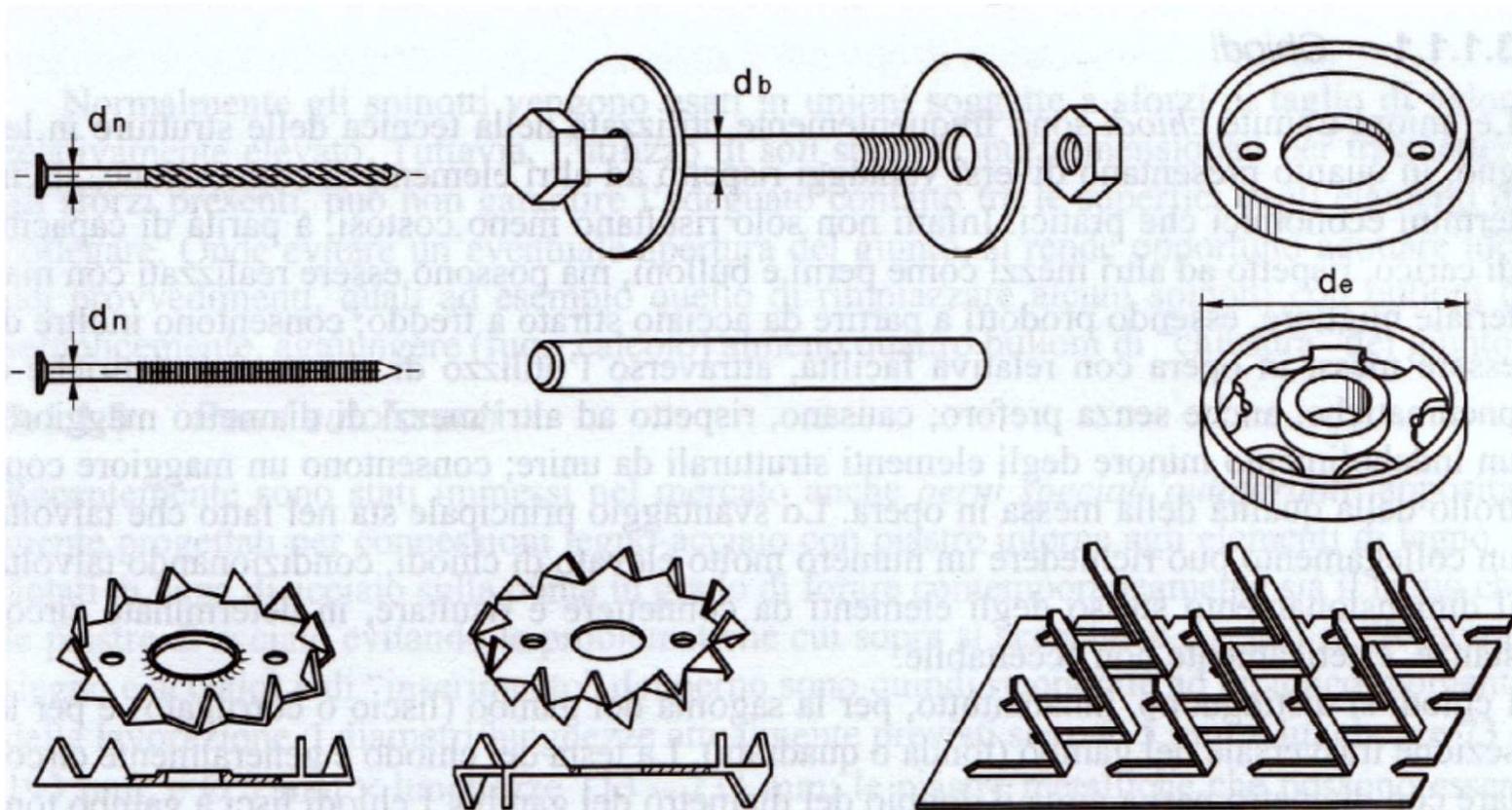
Unioni

Tradizionali - Carpentry joints



Unioni

Meccaniche - Mechanical joints



Collegamenti meccanici classici nella tecnica costruttiva lignea: chiodi (usualmente $d_n = 4 - 6$ mm), bulloni e perni (usualmente $d_b = 14 - 30$ mm), vari tipi di caviglie brevettate (le più comuni nel campo $d_d \approx 50 - 160$ mm, con bullone di fissaggio M12 - M24), piastre dentate e piastra punzonata (ricavate per stampaggio da lamiera).

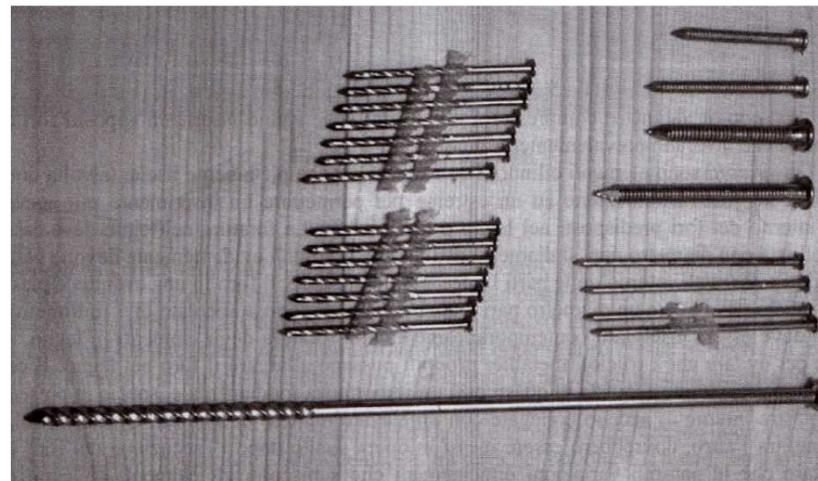
Unioni

Meccaniche - Chiodi

Gambo {
Corrugato
Liscio



Sezione {
Tonda
Quadrata

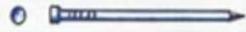
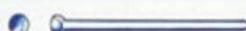


$d=2.75-8.0$ mm

$L=20-30d$

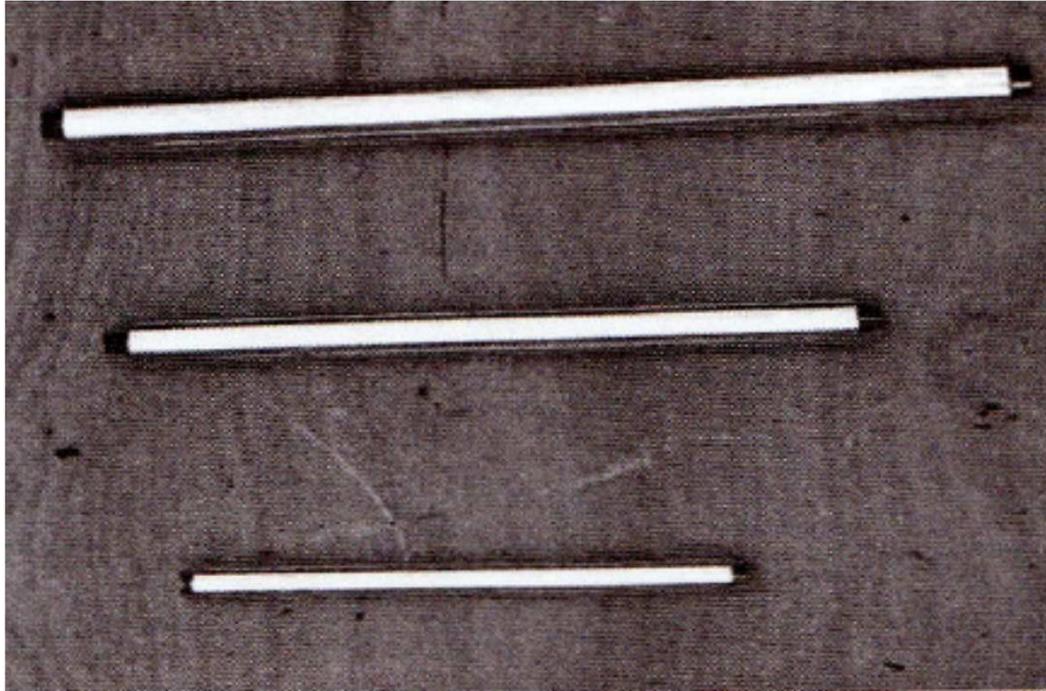
$f_y=600$ MPa

Tipologie di Chiodi

| | |
|---|--|
| Flat Head/Wire Nail | |
|  | For rough carpentry work: large ugly head ensures a firm grip. Liable to split wood. Blunting the point can help to avoid this. |
| Bullet Head/Oval Brad | |
|  | Commonly used in carpentry. Oval cross section makes it unlikely to split wood if the long axis follows the grain. |
| Lost Head | |
|  | General carpentry nail. Head can be punched below surface and the hole filled. Called a "finish nail" in the U.S. |
| Panel Pin | |
|  | Small nail for securing light pieces of wood ; usually used in conjunction with glue. Called a "brad" in the U.S. |
| Clout | |
|  | Large headed for fixing roofing felt, sash cords, wire fencing to wood. Galvanized for outdoor work. Called a "roofing nail" in the U.S. |
| Flooring Brad/Cut Nail | |
|  | Used to hold down floorboards. Good holding power and unlikely to split wood. Good fixing for lightweight insulation block. |
| Glazing Brad | |
|  | Headless: used to hold glass into picture frames, window sashes and lino to floorboards. Will not grip if driven too far in. |
| Masonry Nail | |
|  | Hardened steel nail for fixing wood to soft brick, breeze block and concrete. |
| Hardboard Pin | |
|  | Special head shape countersinks itself in hardboard and can be filled over. |
| Upholstery Nail | |
|  | Decorative head used to cover tacks in upholstery work. |

Unioni

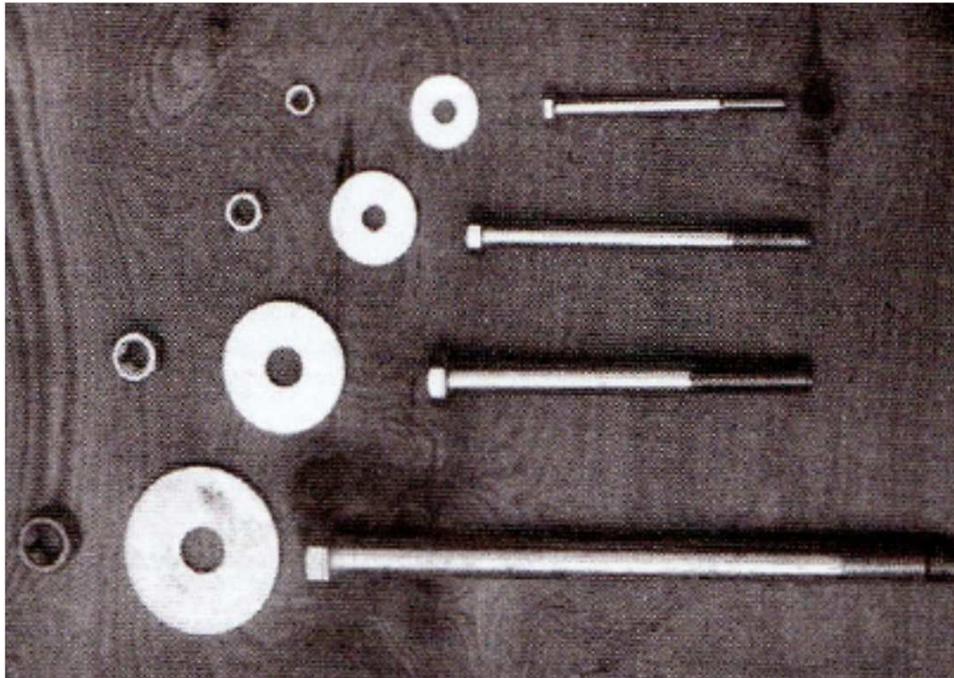
Meccaniche - Spinotti



$d=8.0-30.0$ mm

Unioni

Meccaniche - Bulloni

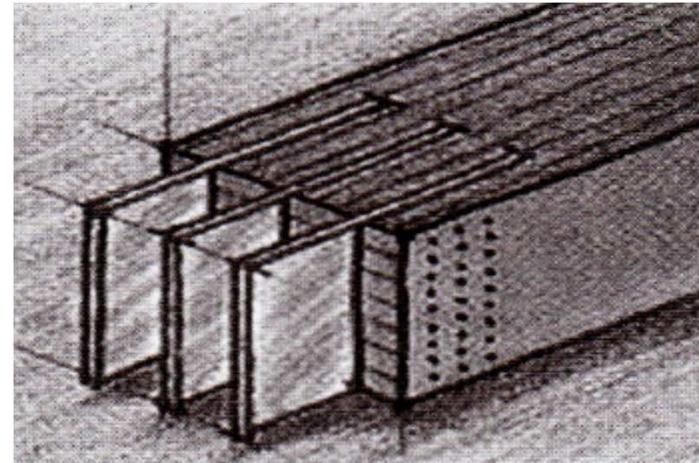
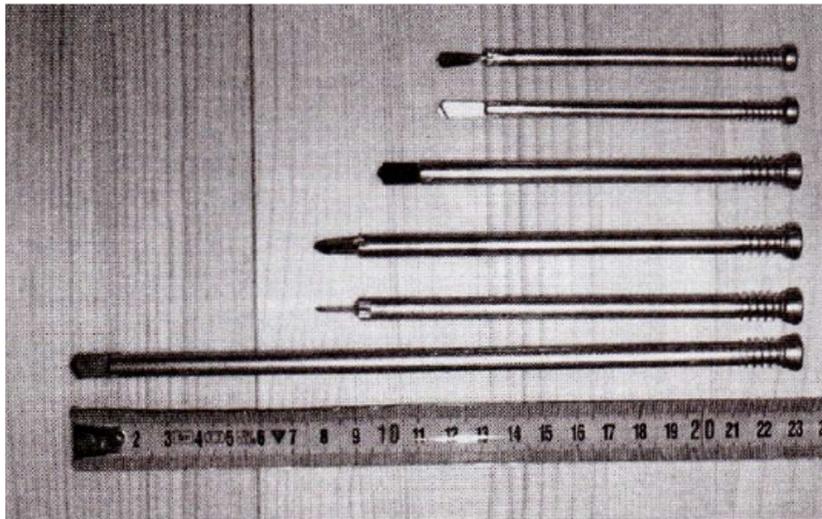


Spessore rondelle
 $s_r > 0.3d$

Diametro rondelle
 $d_r > 0.3d$

Unioni

Utilizzo contemporaneo di spinotti e bulloni

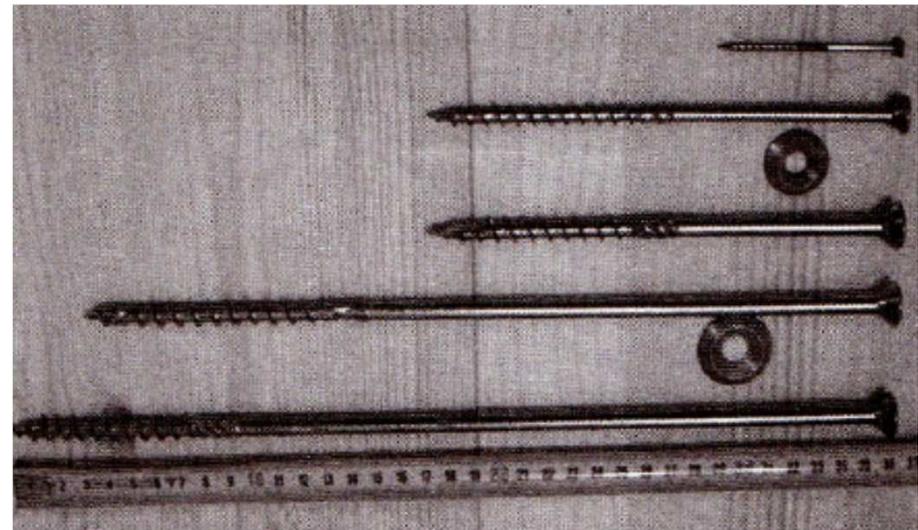
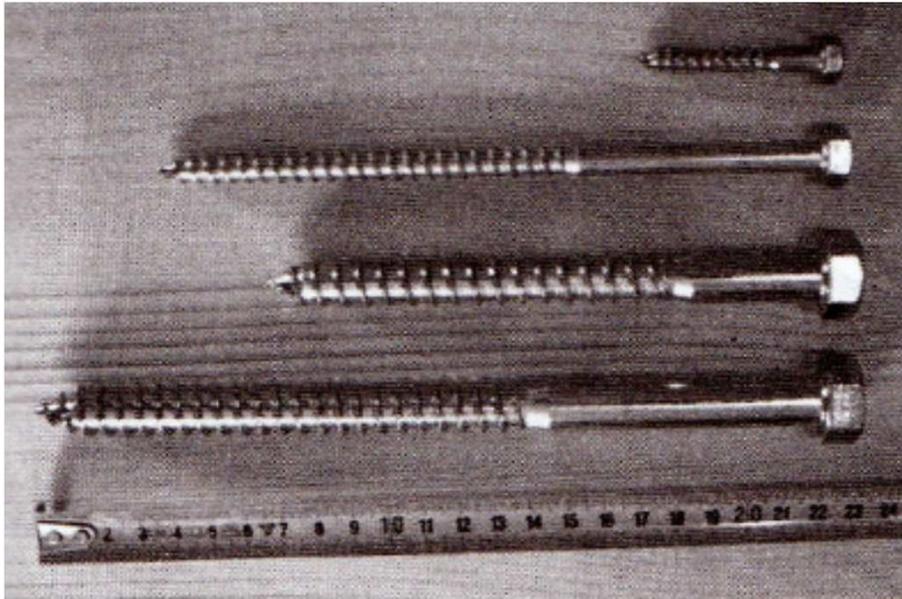


Bisogna tener conto che:

- le unioni con bulloni risultano generalmente più deformabili di quelle con spinotti a causa dei "giochi" tra il bulloni ed il foro;
- Per i bulloni si deve considerare l'*effetto fune* che determina una non omogenea ripartizione degli sforzi all'interno dei bulloni stessi (oltre ai meccanismi di crisi per tranciamento e rifollamento).

Unioni

Viti da legno



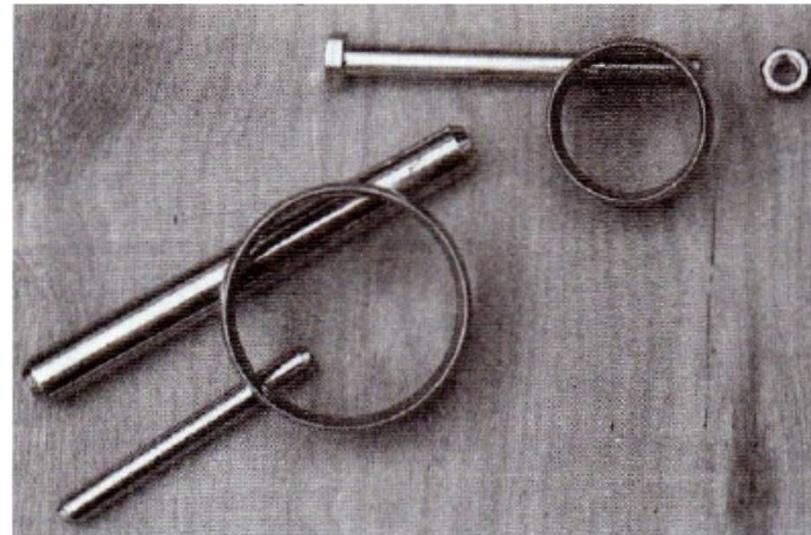
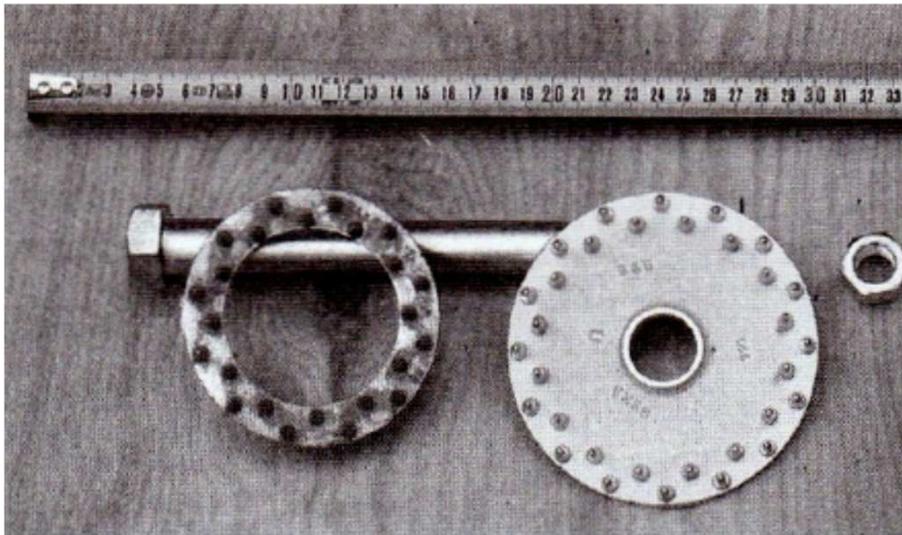
Possono riscontrarsi

- teste con caratteristiche geometriche diverse in funzione del tipo di dispositivo di fissaggio utilizzato;
- parte del gambo non filettata pari a circa il 40% della lunghezza totale.

Il diametro varia da 8-20 mm (viti con testa esagonale) e 4-10 mm (viti con testa piatta o tonda). La lunghezza varia da 25 a 400 mm.¹

Unioni

Anelli e caviglie



Le unioni si realizzano nelle seguenti fasi:

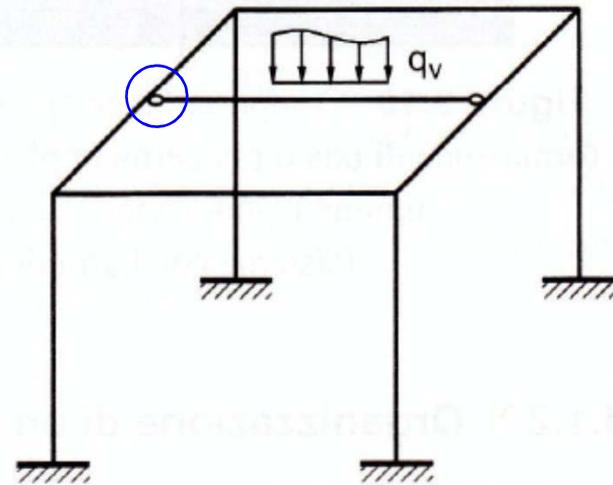
- foratura e fresatura del legno per l'inserimento del bullone e del connettore;
- posizionamento del connettore all'interno dell'alloggiamento ;
- inserimento e serraggio dei bulloni.

L'analisi limite rappresenta il metodo più diffuso di analisi delle sollecitazioni per il progetto e la verifica delle unioni: si considera un comportamento rigido-plastico per gli elementi coinvolti.

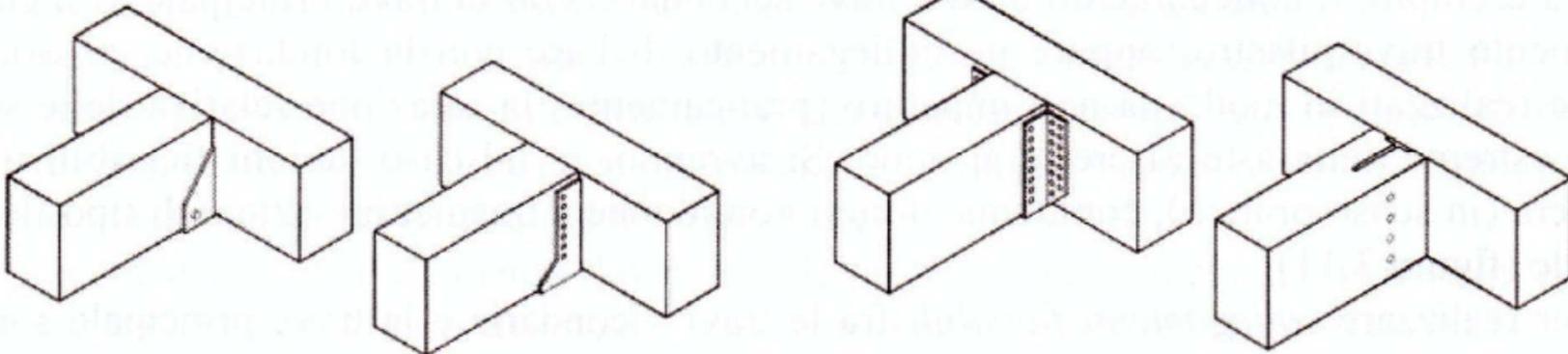
Collegamenti

Unioni trave principali-trave secondaria

Unioni flessibili

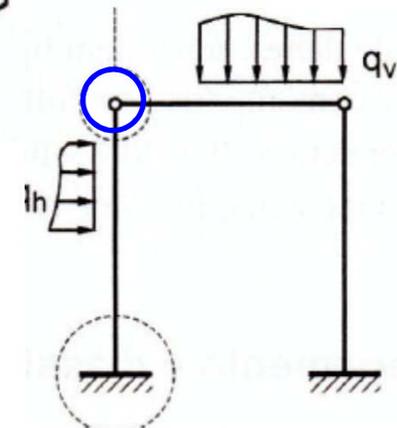
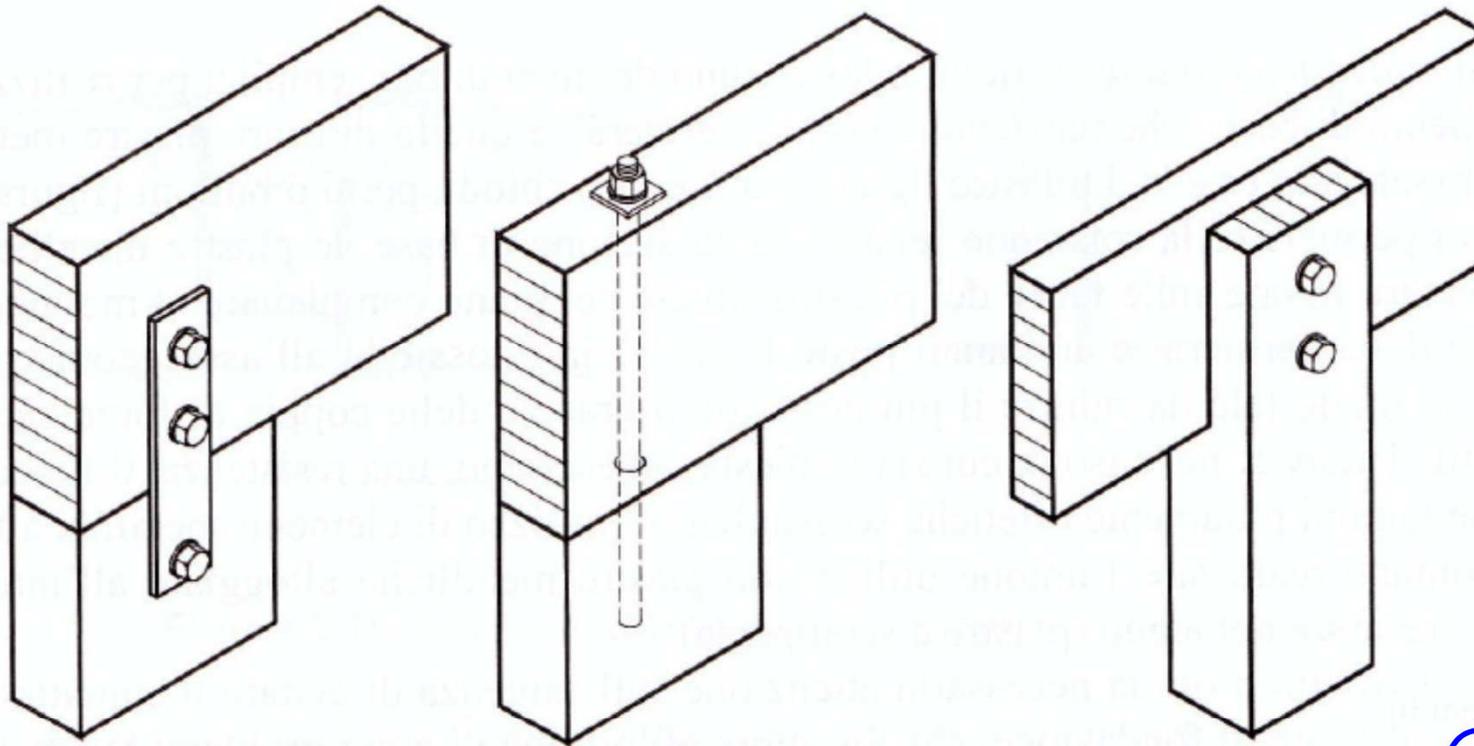


Unione a scarpa metallica



Collegamenti

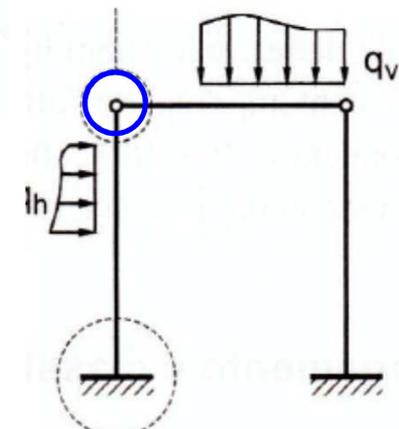
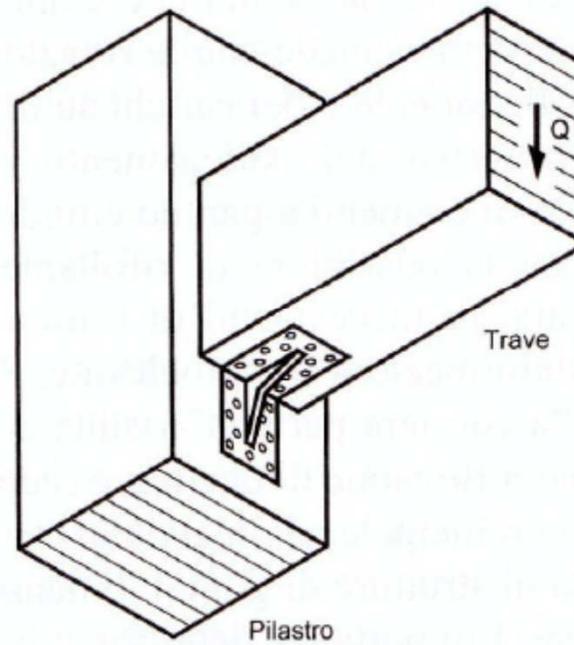
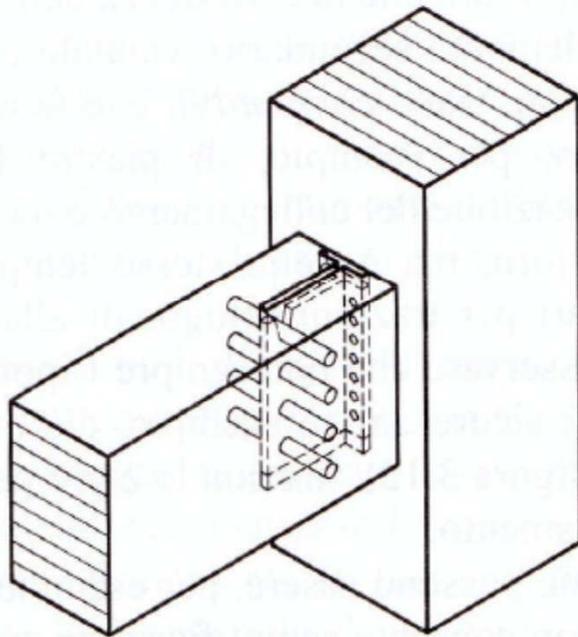
Unioni trave-colonna



Unioni flessibili

Collegamenti

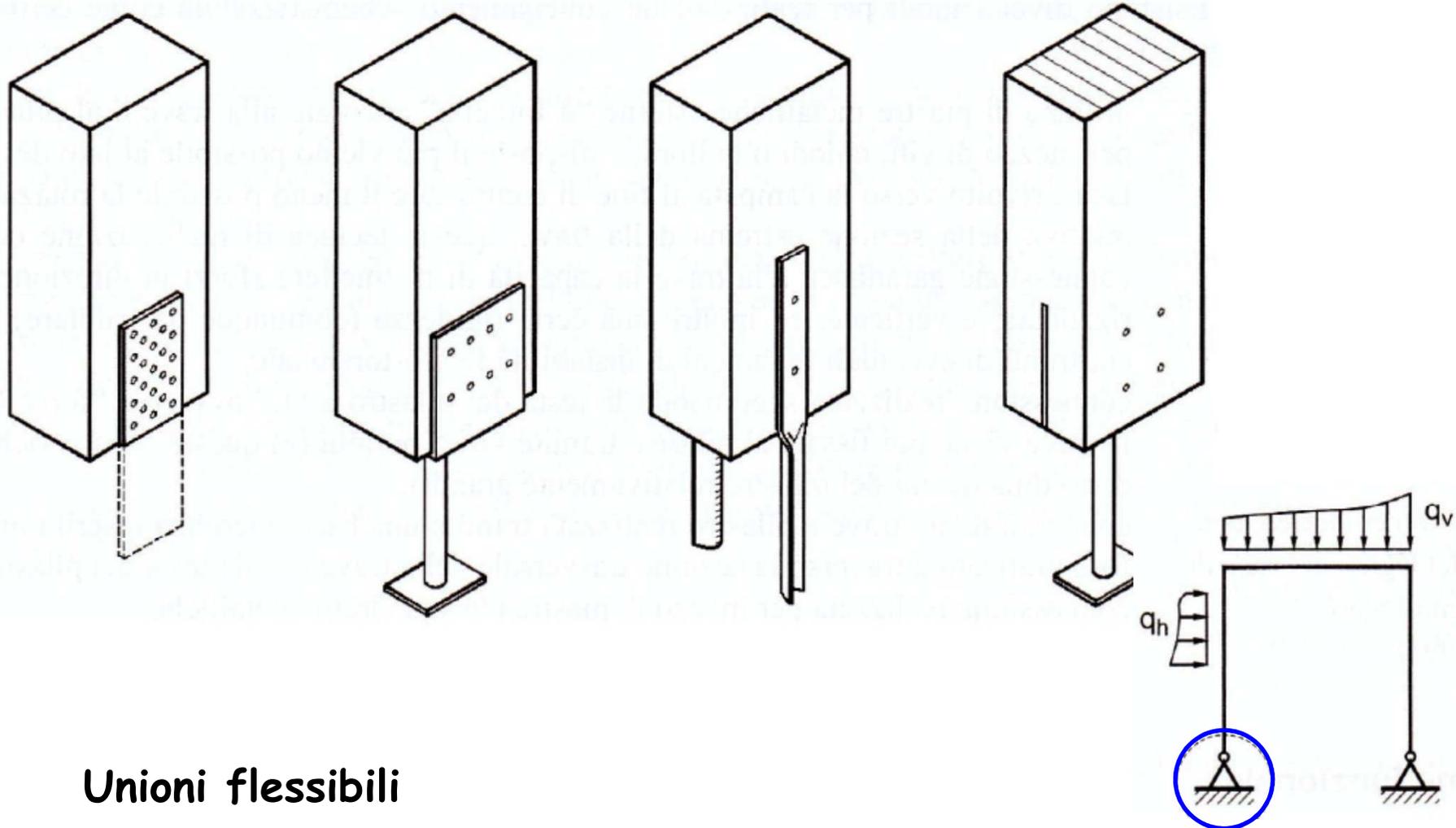
Unioni trave-colonna



Unioni flessibili

Collegamenti

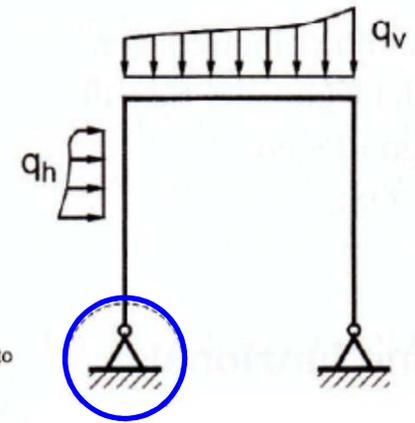
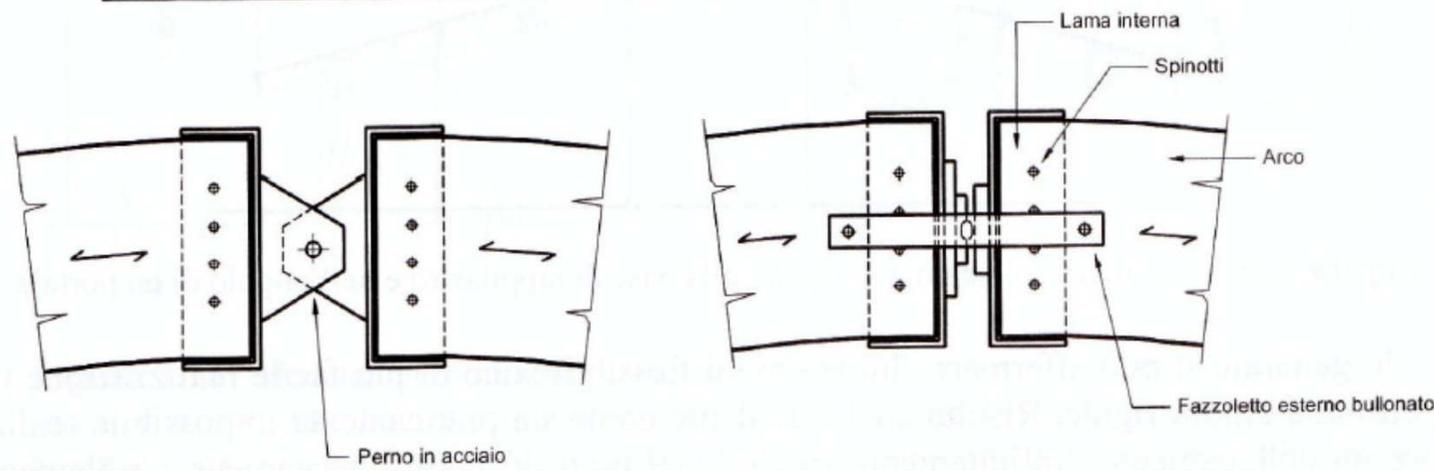
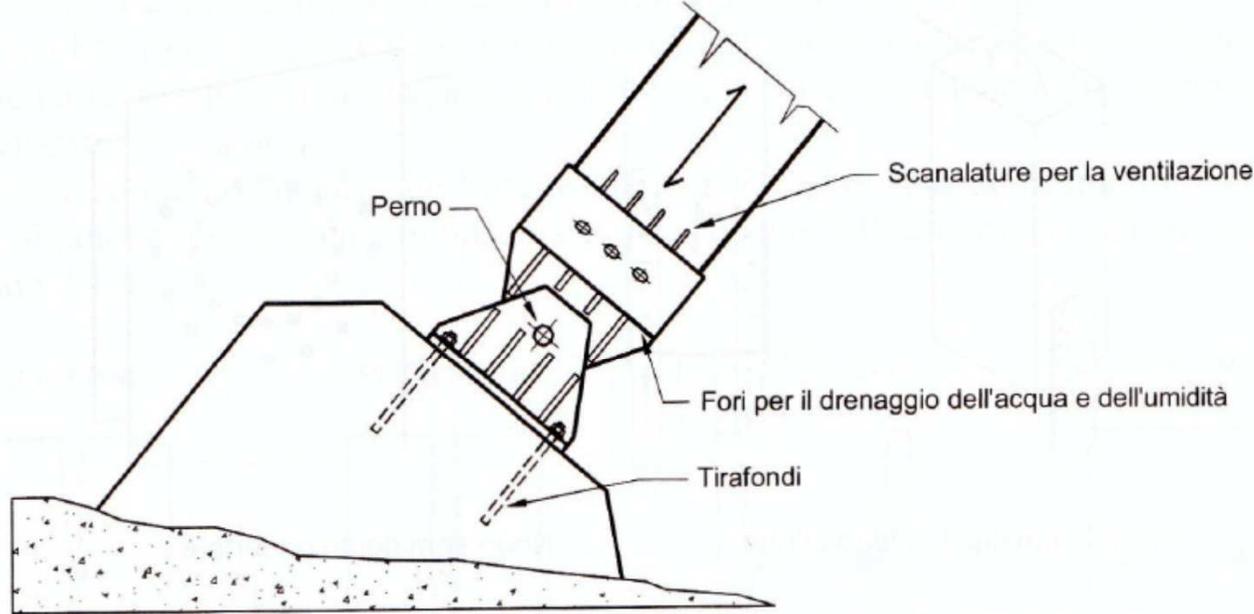
Unioni trave-colonna



Unioni flessibili

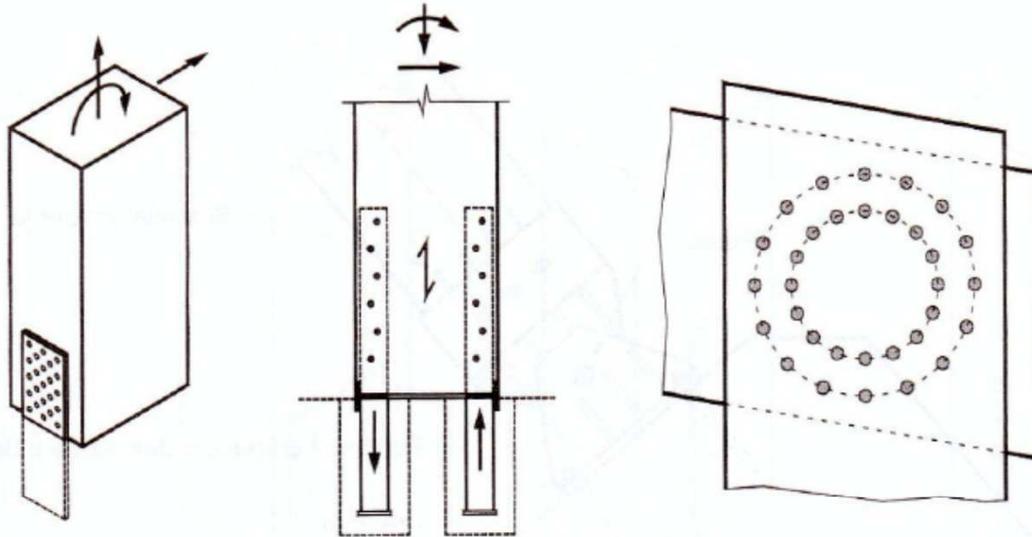
Collegamenti

Unioni trave-colonna



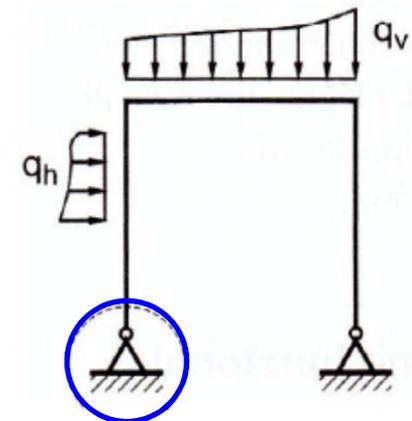
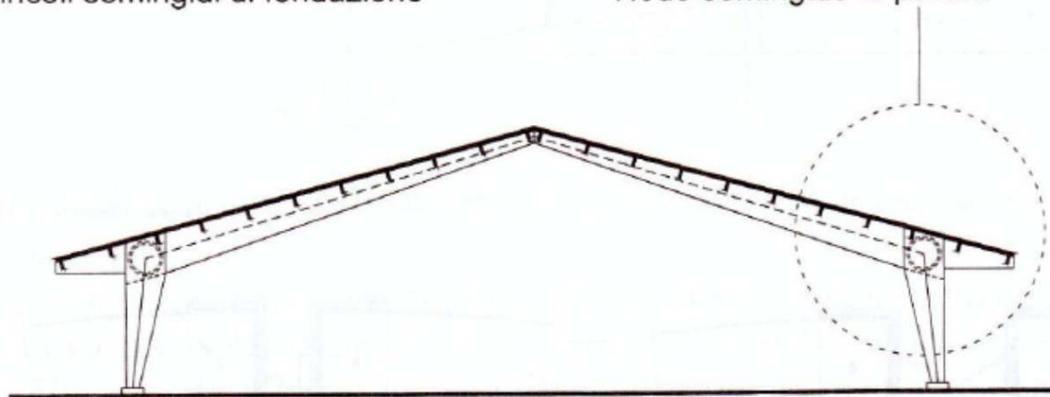
Collegamenti

Unioni trave-colonna



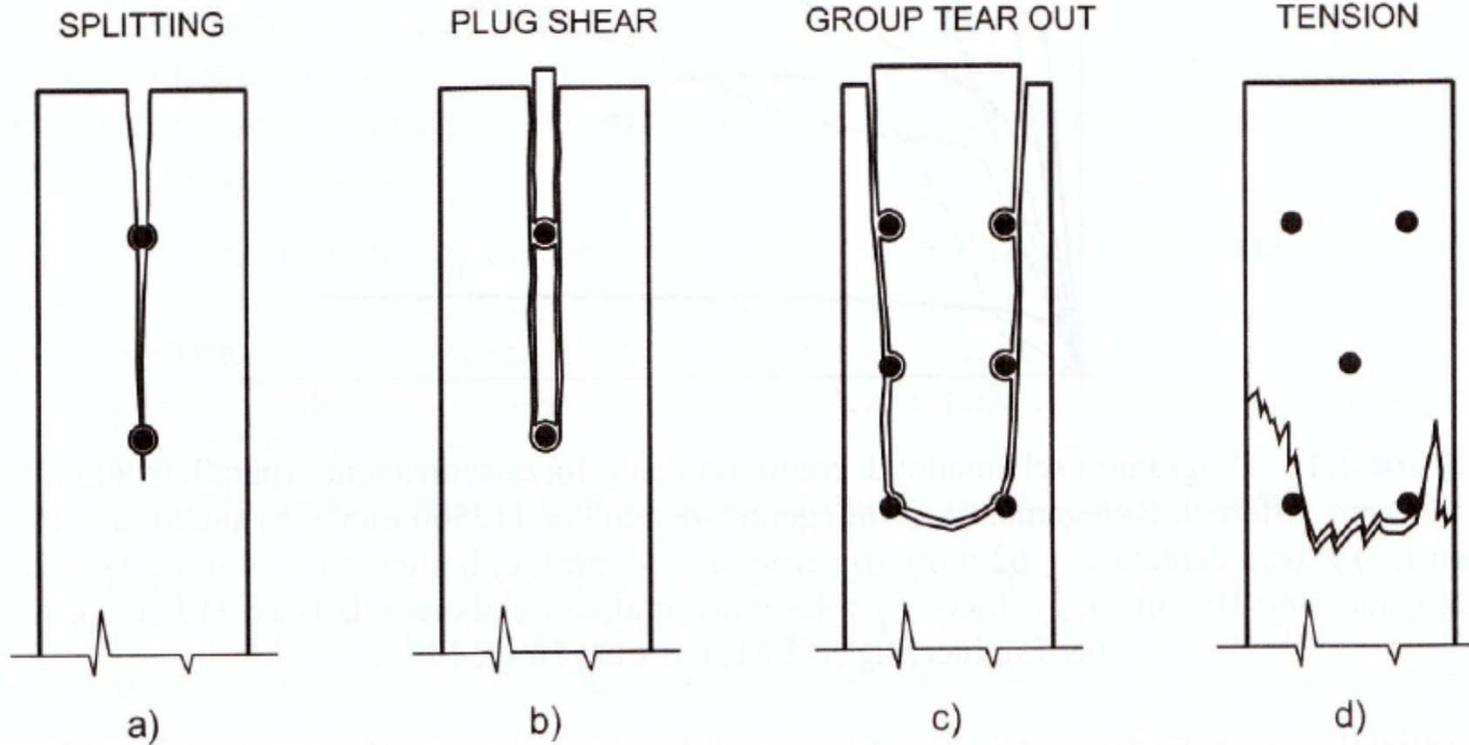
Vincoli semirigidi di fondazione

Nodo semirigido di portale



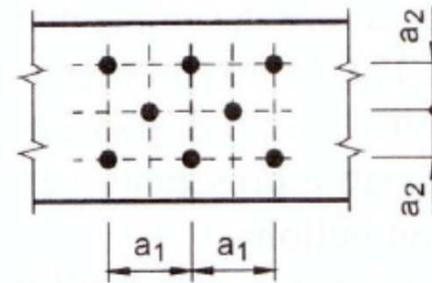
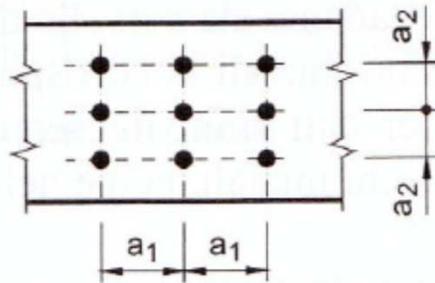
Collegamenti

Classificazione fragili/duttili

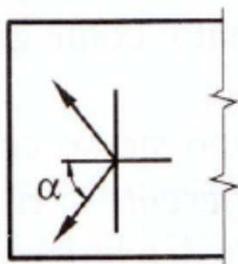


Collegamenti

Classificazione fragili/duttili

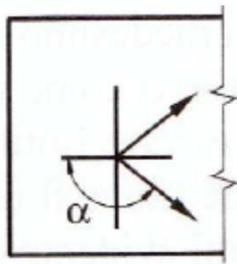


Distanze dai bordi e dalle estremità:



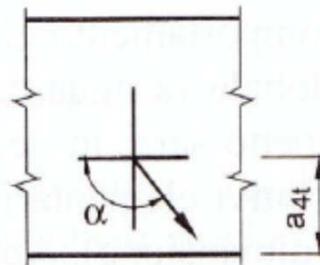
a_{3t} $-90^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$

Estremità sollecitata



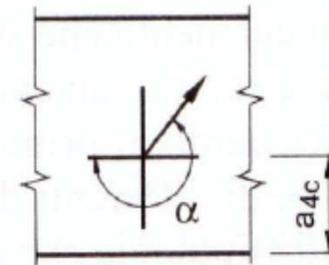
a_{3c} $90^\circ \leq \alpha \leq 270^\circ$

Estremità non sollecitata



$0^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$

Bordo sollecitato

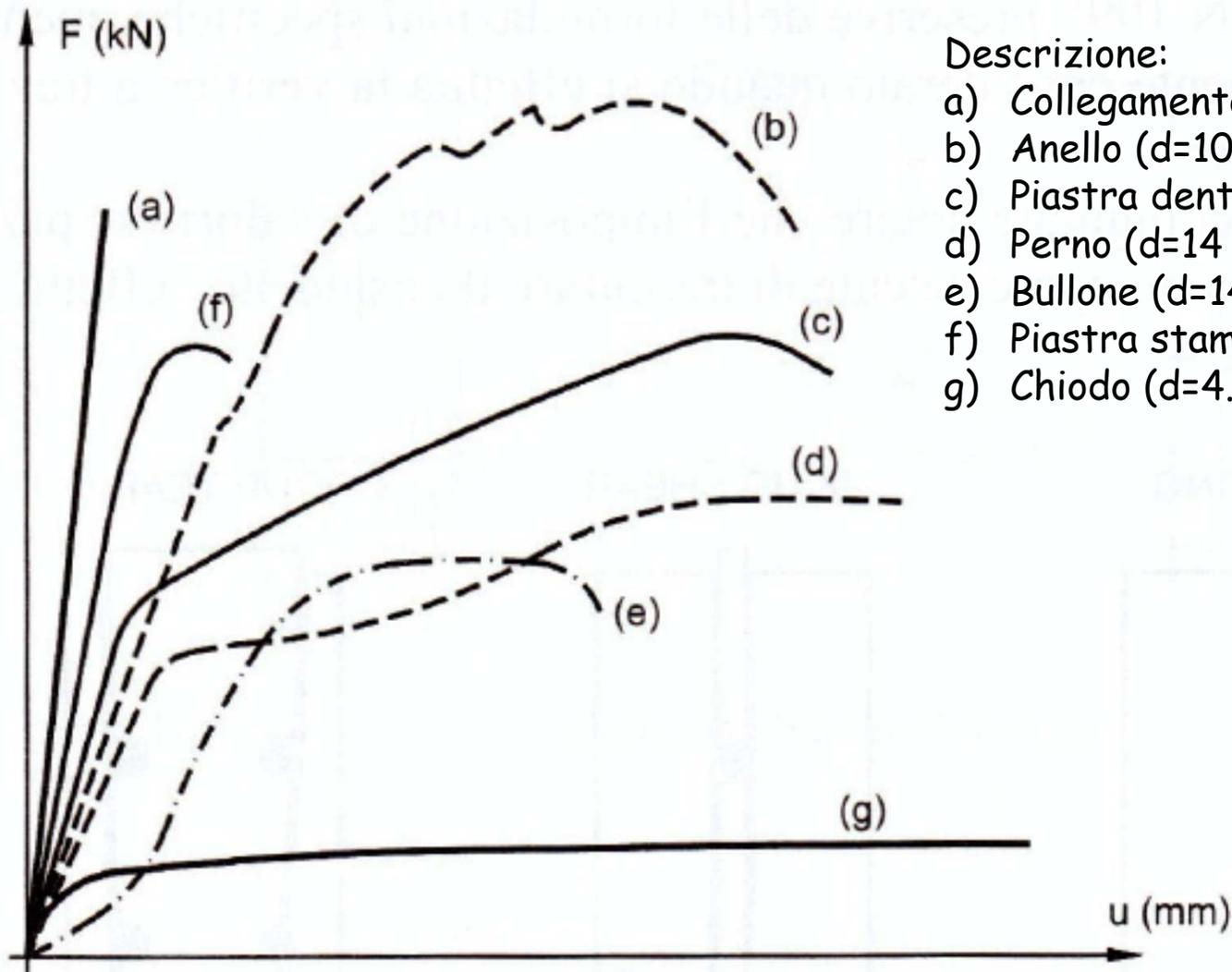


$180^\circ \leq \alpha \leq 360^\circ$

Bordo non sollecitato

Collegamenti

Classificazione fraili/duttili

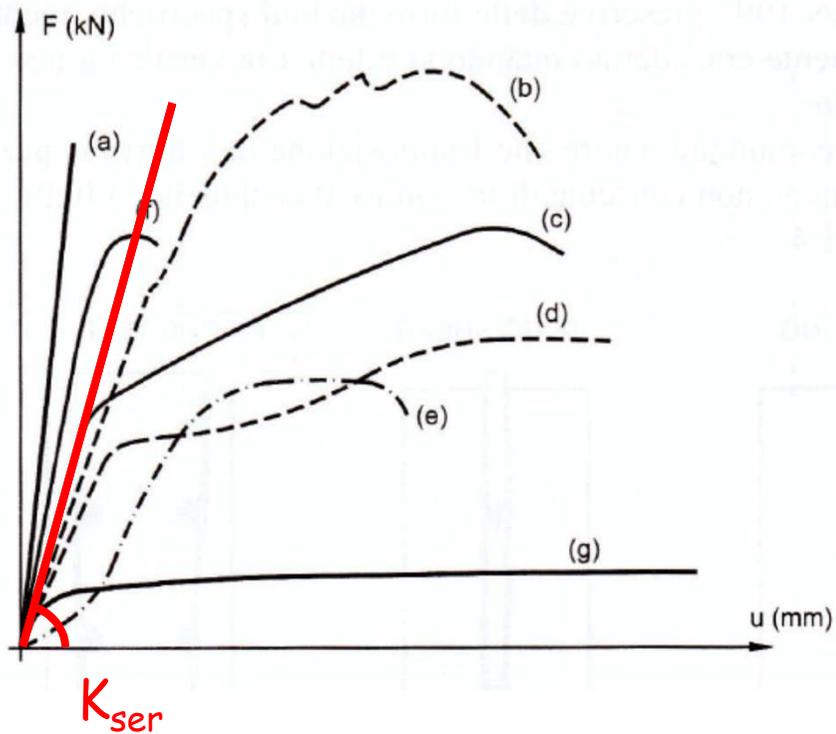


Descrizione:

- a) Collegamento incollato (12500 mm^2);
- b) Anello ($d=100 \text{ mm}$);
- c) Piastra dentata ($d=62 \text{ mm}$);
- d) Perno ($d=14 \text{ mm}$);
- e) Bullone ($d=14 \text{ mm}$);
- f) Piastra stampata ($100 \times 100 \text{ mm}^2$);
- g) Chiodo ($d=4.4 \text{ mm}$).

Collegamenti

Flessibilità: moduli di scorrimento



Documento NICoLe

per spinotti, viti, bulloni, e chiodi con preforatura

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{20}$$

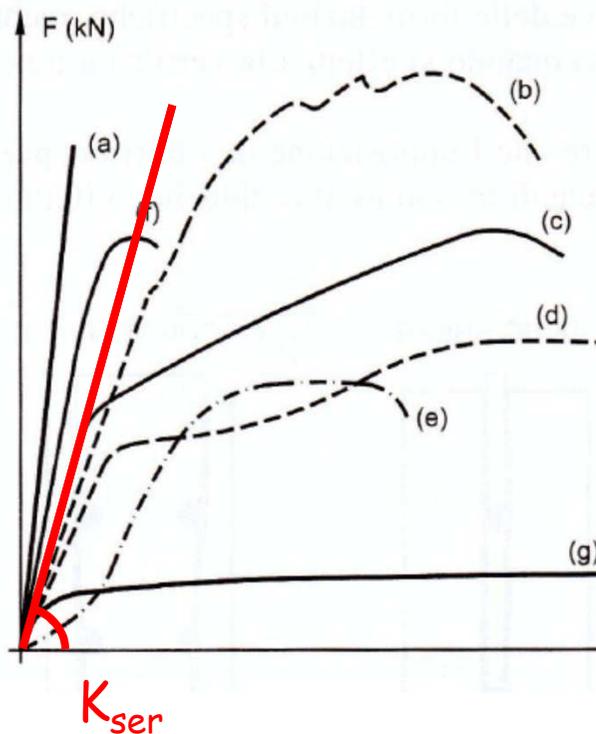
per chiodi senza preforatura

$$K_{ser} = \rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{30}$$

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m1} \cdot \rho_{m2}}$$

Collegamenti

Flessibilità: moduli di scorrimento



SLE → K_{ser}

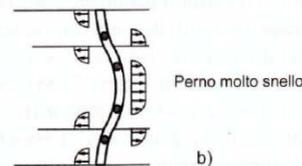
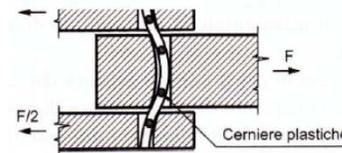
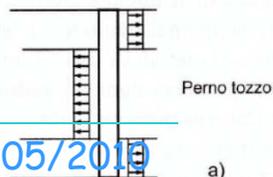
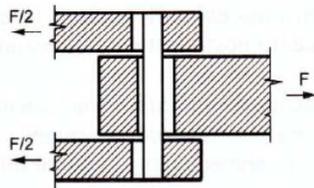
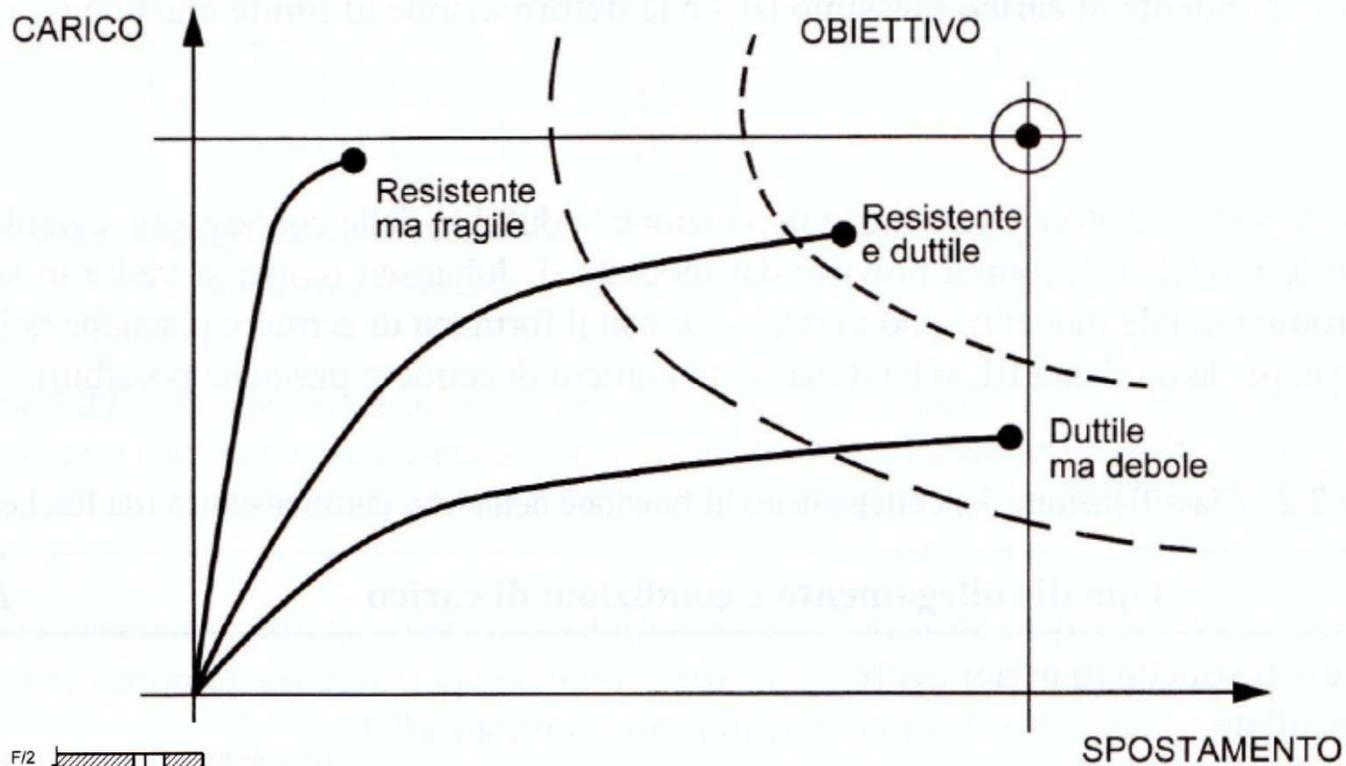
SLU → $2/3 K_{ser}$

| Tipo di connettore | Unioni legno-legno, legno-pannello | |
|---|---|---|
| | EN 1995:2004 | DIN 1052:2004 |
| Spinotti, bulloni calibrati*, viti, chiodi senza preforatura | $\rho_m^{1,5} \cdot \frac{d}{23}$ | $\rho_k^{1,5} \cdot \frac{d}{20}$ |
| Chiodi (con preforatura) | $\rho_m^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{30}$ | $\rho_k^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{25}$ |
| Cambre | $\rho_m^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{80}$ | $\rho_k^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{60}$ |
| Anelli (tipo A secondo EN 912) e caviglie (tipo B secondo EN 912) | $\rho_m \cdot \frac{d_c}{2}$ | $0,6 \cdot \rho_k \cdot d_c$ |
| Piastre dentate singole (tipo C1-C9 secondo EN 912) | $1,5 \cdot \rho_m \cdot \frac{d_c}{4}$ | $0,3 \cdot \rho_k \cdot d_c$ |
| Piastre dentate doppie (tipo C10 e C11 secondo EN 912) | $\rho_m \cdot \frac{d_c}{2}$ | $0,45 \cdot \rho_k \cdot d_c$ |

* La deformazione dovuta ai giochi meccanici deve essere assegnata separatamente (di solito con un valore pari a 1 mm)

Collegamenti

Duttilità



Collegamenti

Duttilità

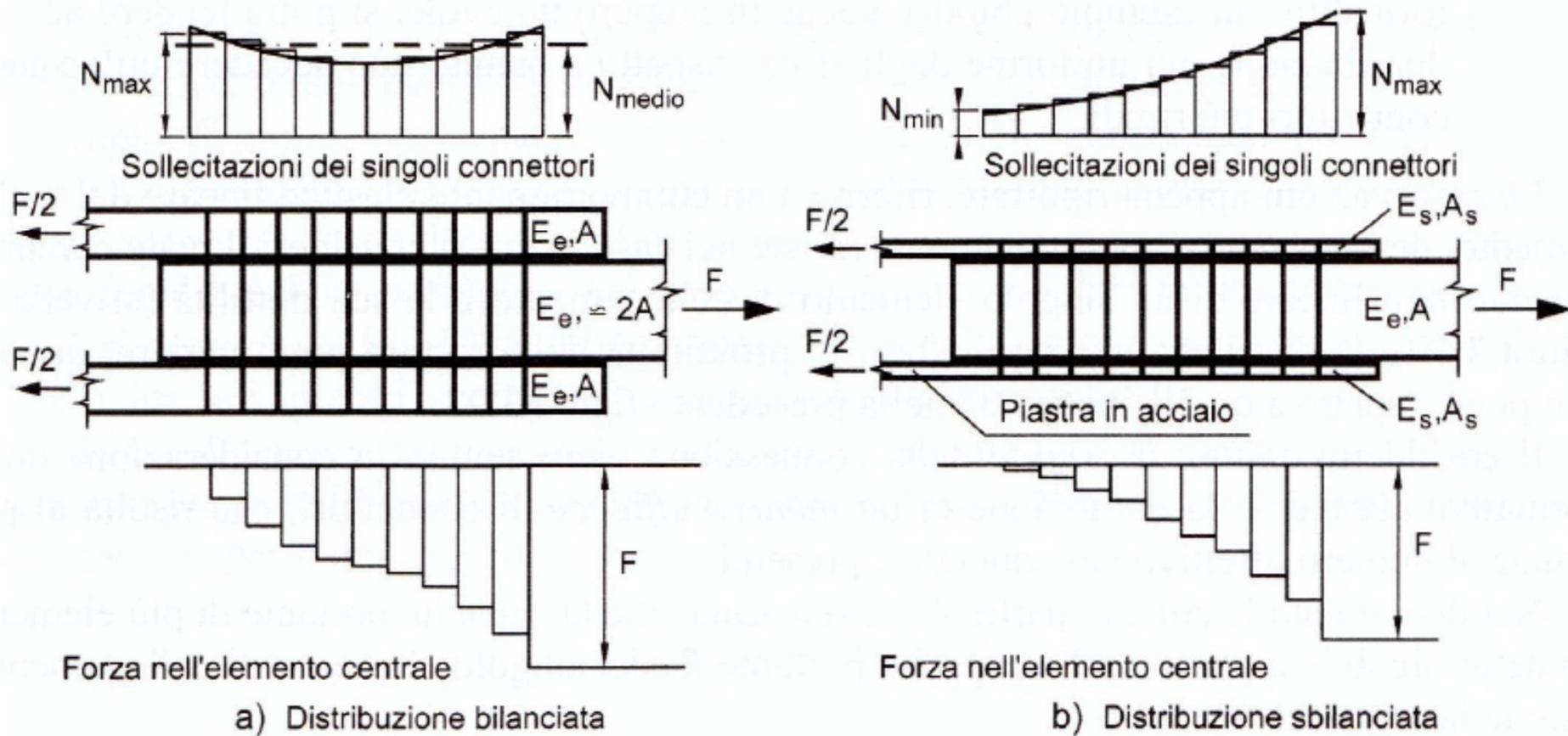
$$D_u = \frac{u_u}{u_y}$$

Classificazione dei collegamenti in funzione della loro duttilità statica (da Racher 1995)

| Tipo di collegamento e condizioni di carico | D_u |
|---|-------------------------|
| Chiodi e viti sollecitati assialmente Barre incollate Anelli, caviglie Connettori a gambo cilindrico con modo di rottura di tipo I | $D_u \leq 3$ |
| Piastre dentate Piastre punzonate Connettori a gambo cilindrico con modo di rottura di tipo II | $3 < D_u \leq 6$ |
| Chiodi Connettori a gambo cilindrico con modo di rottura di tipo III | $6 < D_u$ |

Collegamenti

Numero efficace di connettori



Collegamenti

Numero efficace di connettori

Nel documento Nicole, in particolare, si assume che la capacità portante di più elementi sia determinabile a partire dalla capacità portante R_d del singolo elemento di collegamento, tramite la seguente formula:

$$R_{\text{con},d} = k_{\text{ef}} \cdot n \cdot R_d$$

dove

$R_{\text{con},d}$ è la capacità portante di progetto dell'unione;

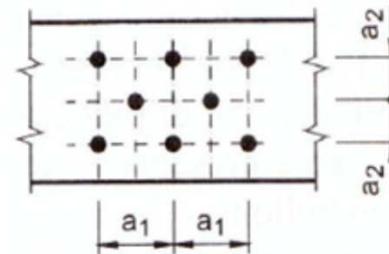
n è il numero degli elementi di collegamento allineati;

k_{ef} è un fattore riduttivo (≤ 1), funzione anche del tipo di connettore;

R_d è la capacità portante di progetto del singolo elemento di collegamento.

Chiodi paralleli alla fibratura

$$k_{\text{ef}} = \begin{cases} 1 & \text{per } a_1 \geq 14d \\ \frac{1}{n^{0,15}} & \text{per } a_1 = 10d \\ \frac{1}{n^{0,3}} & \text{per } a_1 = 7d \\ \frac{1}{n^{0,5}} & \text{per } a_1 = 4d \text{ (solo con preforo)} \end{cases}$$



Bulloni o spinotti

$$k_{\text{ef}} = \min \left\{ 1, \sqrt[4]{\frac{a_1}{10d}} \cdot \frac{1}{n^{0,1}} \right\}$$

Collegamenti

Scelta e dimensionamento

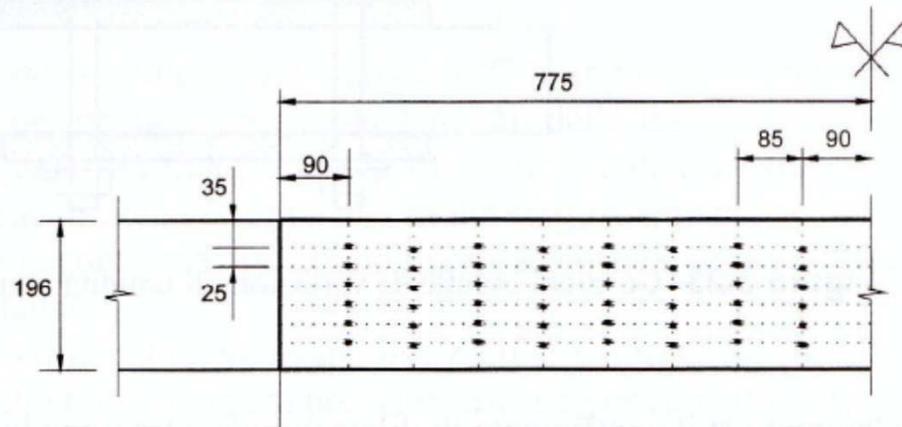
| Elemento di collegamento | Numero | R_d (kN) | K_{ser} (kN/mm) |
|---|---------------|------------|-------------------|
| Perni (2 piani di taglio, $d = 28$ mm) | 2 | $\cong 64$ | 36 |
| Perni (2 piani di taglio, $d = 14$ mm) | 5 | $\cong 65$ | 45 |
| Perni (2 piani di taglio, $d = 10$ mm) | 9 | $\cong 65$ | 58 |
| Chiodi (aderenza migliorata, 1 piano taglio, $d = 5,1$ mm, $l = 125$ mm, preforo) | 2×21 | $\cong 60$ | 69 |

Collegamenti

Scelta e dimensionamento

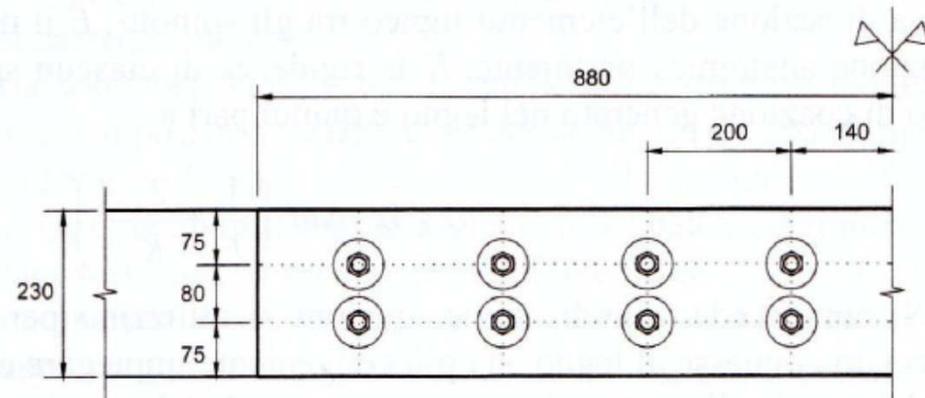
Chiodi ad aderenza migliorata

$6 \times 240 \text{ mm}$
 $6 \times 8 \times 2 = 96$
 $N_d > 145,5 \text{ kN}$



Bulloni

$\text{Ø } 20, 4.8$
 $2 \times 4 \times 2 = 16$
 $N_d > 145,5 \text{ kN}$

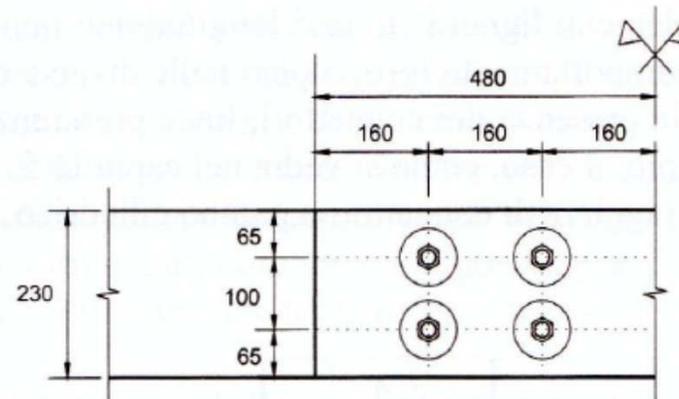


Piastre GEKA

$d_c = 80 \text{ mm}, h_c = 27 \text{ mm}$

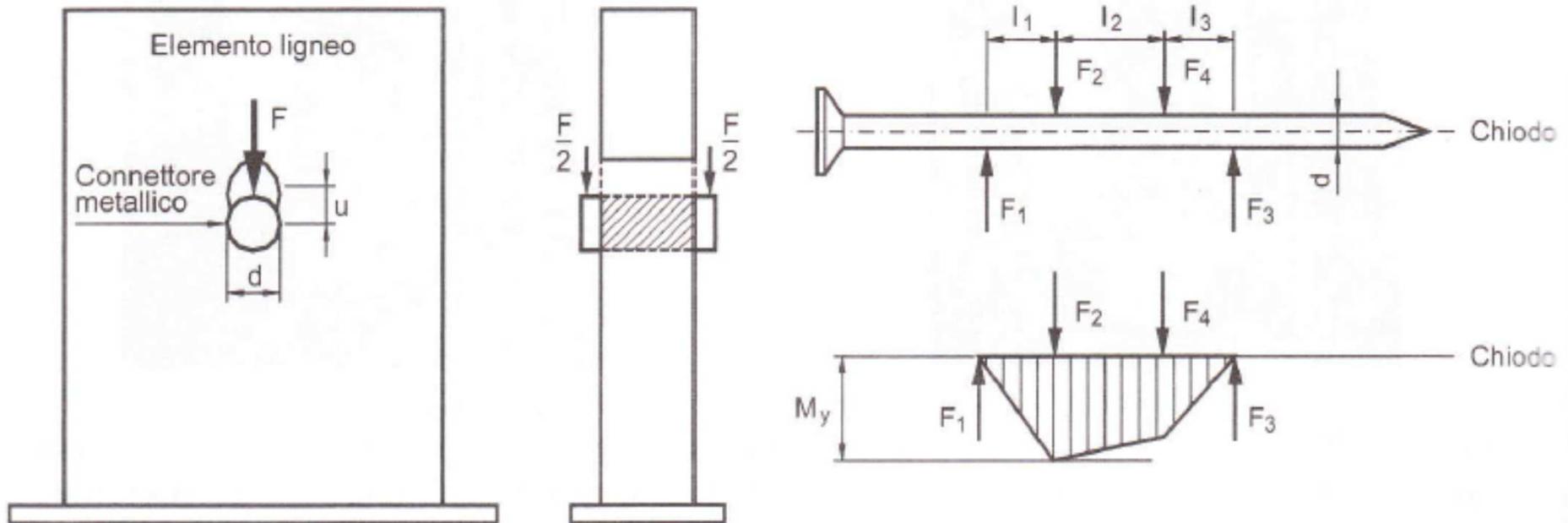
Bulloni

$\text{Ø } 20, 4.8$
 $2 \times 2 \times 2 = 8$
 $N_d > 145,5 \text{ kN}$



Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen



$$f_{h,k} = 0.082 \cdot (1 - 0.01 \cdot d) \cdot \rho_k \quad [\text{MPa}]$$

$$M_{y,k} = W_{pl} \cdot f_{y,k} \approx 0.1 \cdot f_u \cdot d^3$$

Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen

modo I:

rifollamento di una delle parti lignee connesse;

modo II e III:

rifollamento di una delle parti lignee connesse e contemporaneo snervamento del connettore metallico, con formazione di una o più cerniere plastiche.

t_1 e t_2

spessori del legno o del pannello, o profondità di infissione del mezzo di unione (vedere le figure di tabelle 3.7 e 3.8, nonché la figura 3.47);

$f_{h,1,k}$ e $f_{h,2,k}$

resistenze caratteristiche a rifollamento degli elementi di legno caratterizzati dallo spessore, rispettivamente, t_1 e t_2 ;

d

diametro del connettore;

$M_{y,k}$

valore caratteristico del momento di snervamento del connettore;

R_k

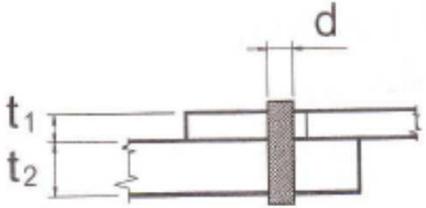
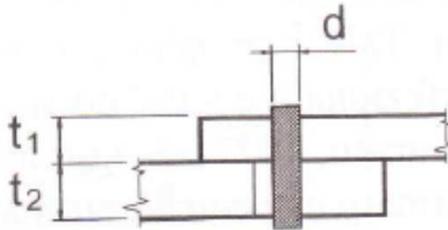
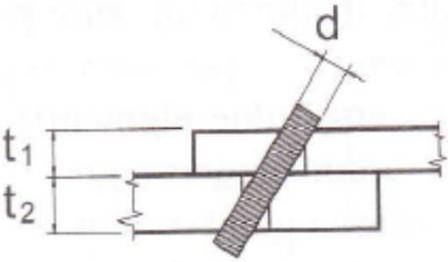
valore caratteristico della resistenza a taglio della connessione per singolo piano di taglio;

$$\beta = \frac{f_{h,2,k}}{f_{h,1,k}}$$

rapporto tra le tensioni caratteristiche di rifollamento.

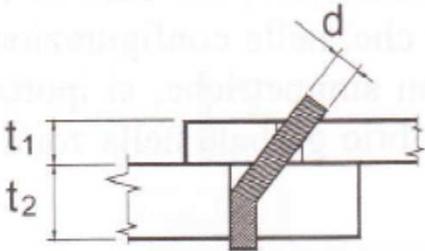
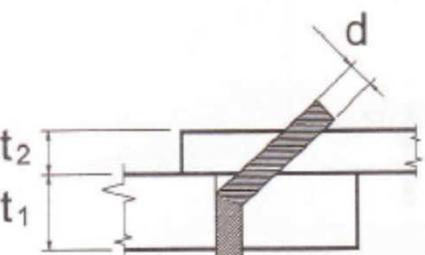
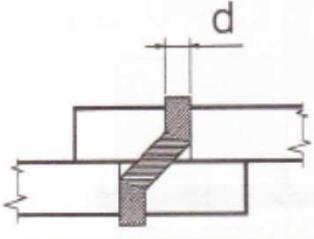
Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen - Unioni ad un piano di taglio

| Modi di rottura | Valori caratteristici di resistenza a taglio |
|---|--|
| <p>I_A</p>  | $R_k = f_{h,1,k} t_1 d$ |
| <p>I_B</p>  | $R_k = f_{h,2,k} t_2 d$ |
| <p>I_C</p>  | $R_k = f_{h,1,k} d \frac{t_1}{1+\beta} \left[\sqrt{\beta + 2\beta^2 \left(1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 \right)} + \beta^3 \left(\frac{t_2}{t_1} \right)^2 - \beta \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right]$ |

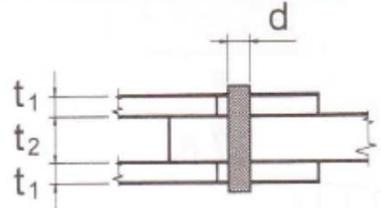
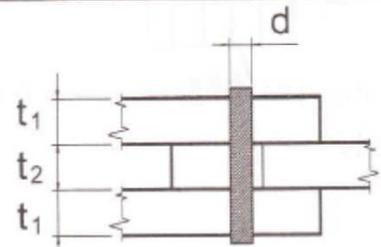
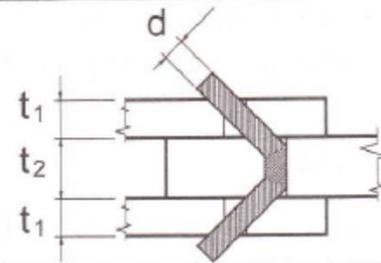
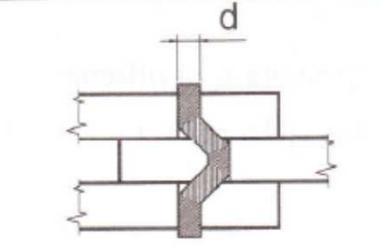
Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen - Unioni ad un piano di taglio

| Modi di rottura | Valori caratteristici di resistenza a taglio |
|---|--|
| <p>II_A</p>  | $R_k = 1,1 \frac{f_{h,1,k} dt_1}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta)M_{y,k}}{f_{h,1,k} dt_1^2}} - \beta \right]$ |
| <p>II_B</p>  | $R_k = 1,1 \frac{f_{h,1,k} dt_2}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2(1 + \beta) + \frac{4\beta(1 + 2\beta)M_{y,k}}{f_{h,1,k} dt_2^2}} - \beta \right]$ |
| <p>III</p>  | $R_k = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2M_{y,k} f_{h,1,k} d}$ |

Collegamenti

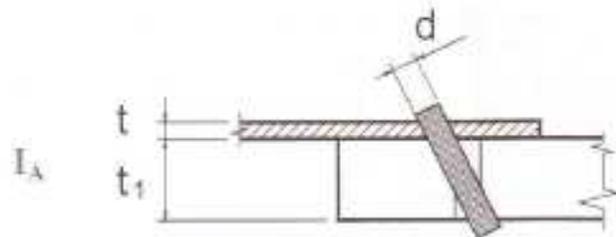
Generalità e Teoria di Johansen - Unioni a due piano di taglio

| Modi di rottura | Valori caratteristici di resistenza a taglio |
|---|---|
| <p>I_A</p>  | $R_k = f_{h,l,k} t_1 d$ |
| <p>I_B</p>  | $R_k = 0,5 \cdot f_{h,2,k} t_2 d$ |
| <p>II_A</p>  | $R_k = 1,1 \frac{f_{h,1,k} d t_1}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta(1 + \beta) + \frac{4\beta(2 + \beta) M_{y,k}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - \beta \right]$ |
| <p>III</p>  | $R_k = 1,15 \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \sqrt{2 M_{y,k} \cdot f_{h,1,k} d}$ |

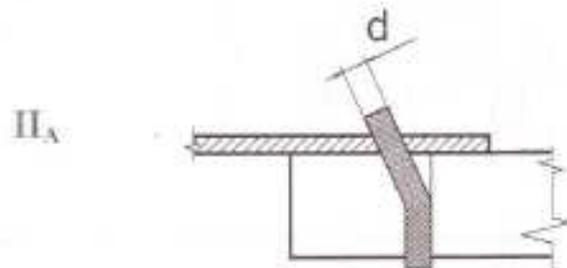
Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen - Unioni legno-acciaio

Piastre sottili ($t \leq 0,5 \cdot d$)



$$R_k = 0,4 f_{h,l,k} d t_1$$

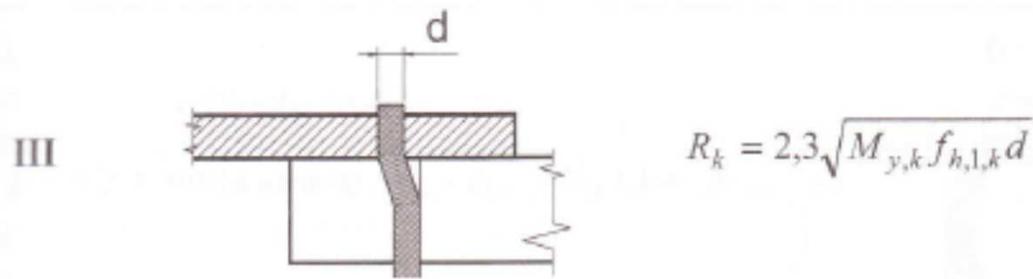
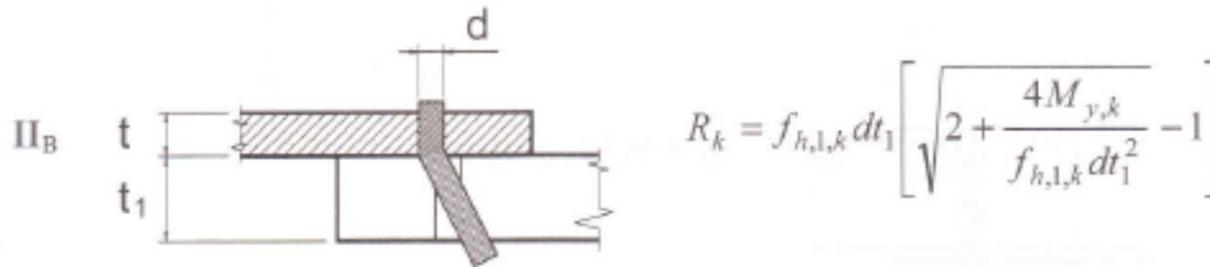
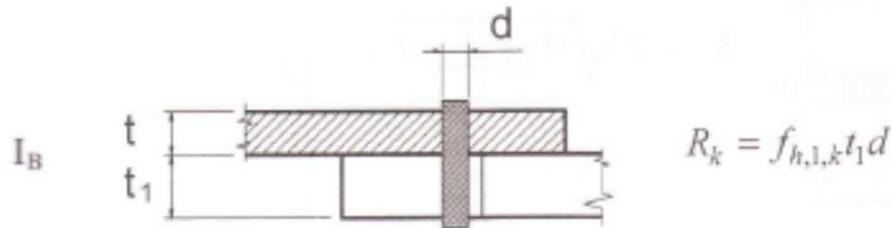


$$R_k = 1,6 \sqrt{M_{y,k} f_{h,l,k} d}$$

Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen - Unioni legno-acciaio

Piastre spesse ($t \geq d$)

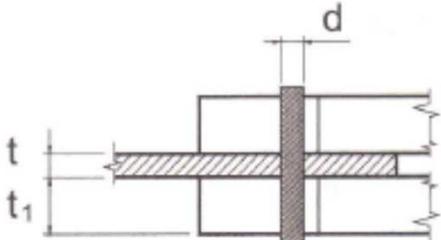


Collegamenti

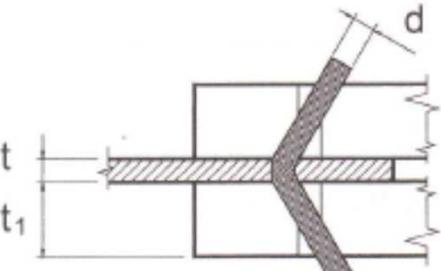
Generalità e Teoria di Johansen - Unioni legno-acciaio

Piastre interne

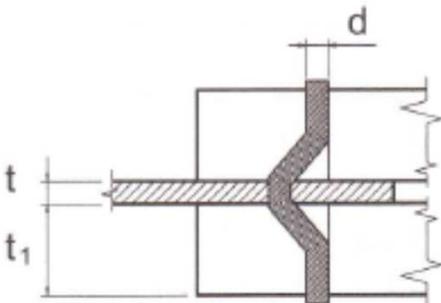
I_A


$$R_k = f_{h,1,k} t_1 d$$

II_A


$$R_k = f_{h,1,k} d t_1 \left[\sqrt{2 + \frac{4M_{y,k}}{f_{h,1,k} d t_1^2}} - 1 \right]$$

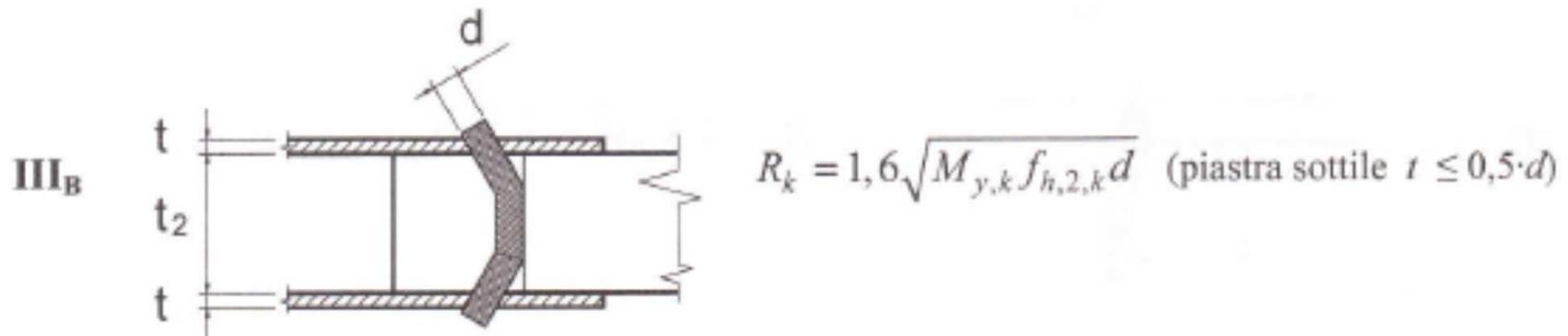
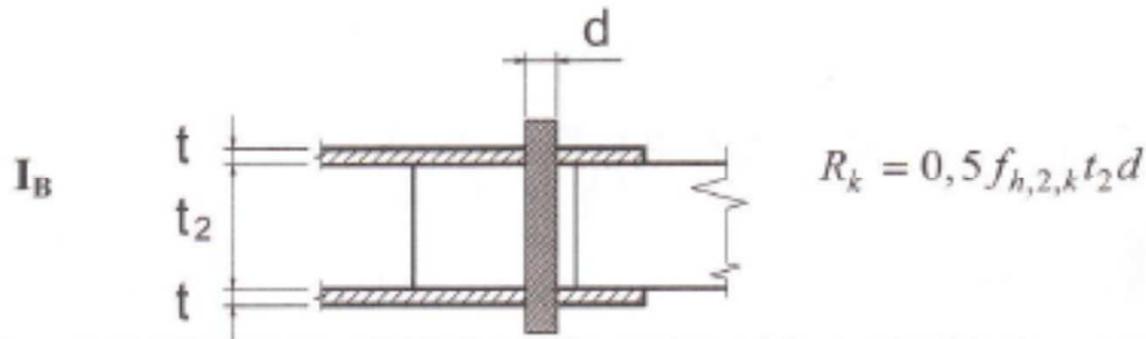
III_A


$$R_k = 2,3 \sqrt{M_{y,k} f_{h,1,k} d}$$

Collegamenti

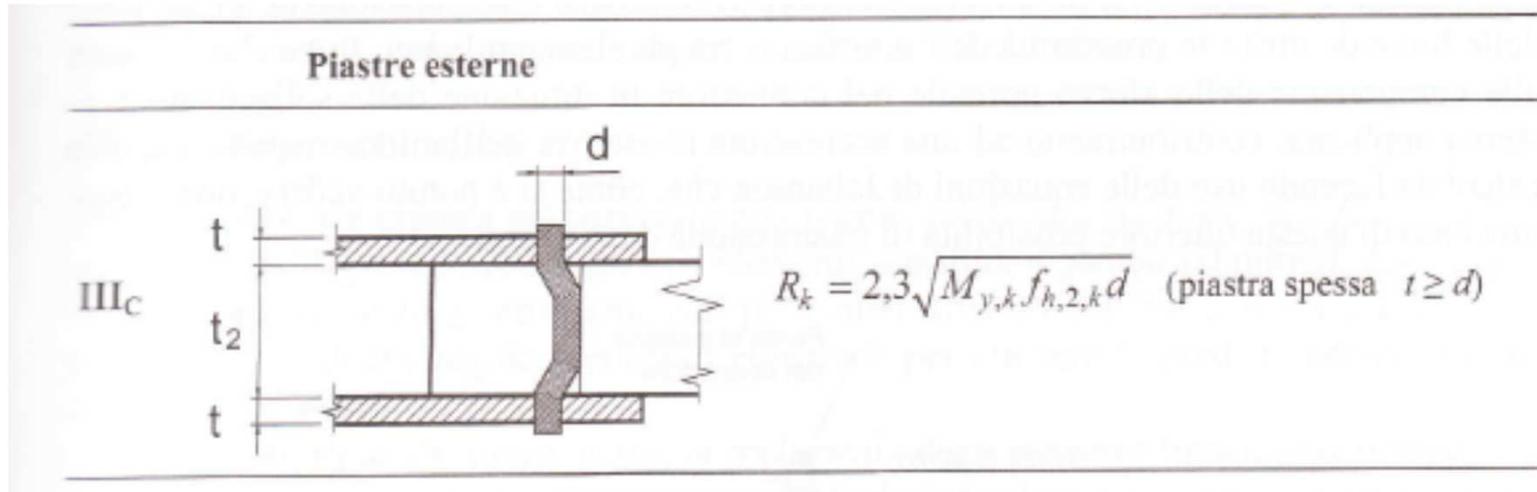
Generalità e Teoria di Johansen - Unioni legno-acciaio

Piastre esterne



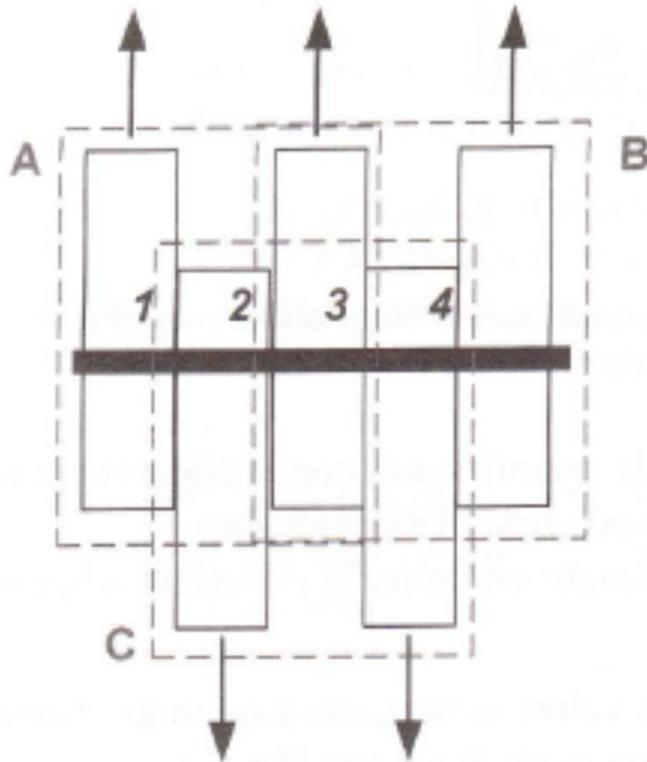
Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen - Unioni legno-acciaio



Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen - Unioni legno-acciaio



Sezione 1 $R_k = R_k (A)$

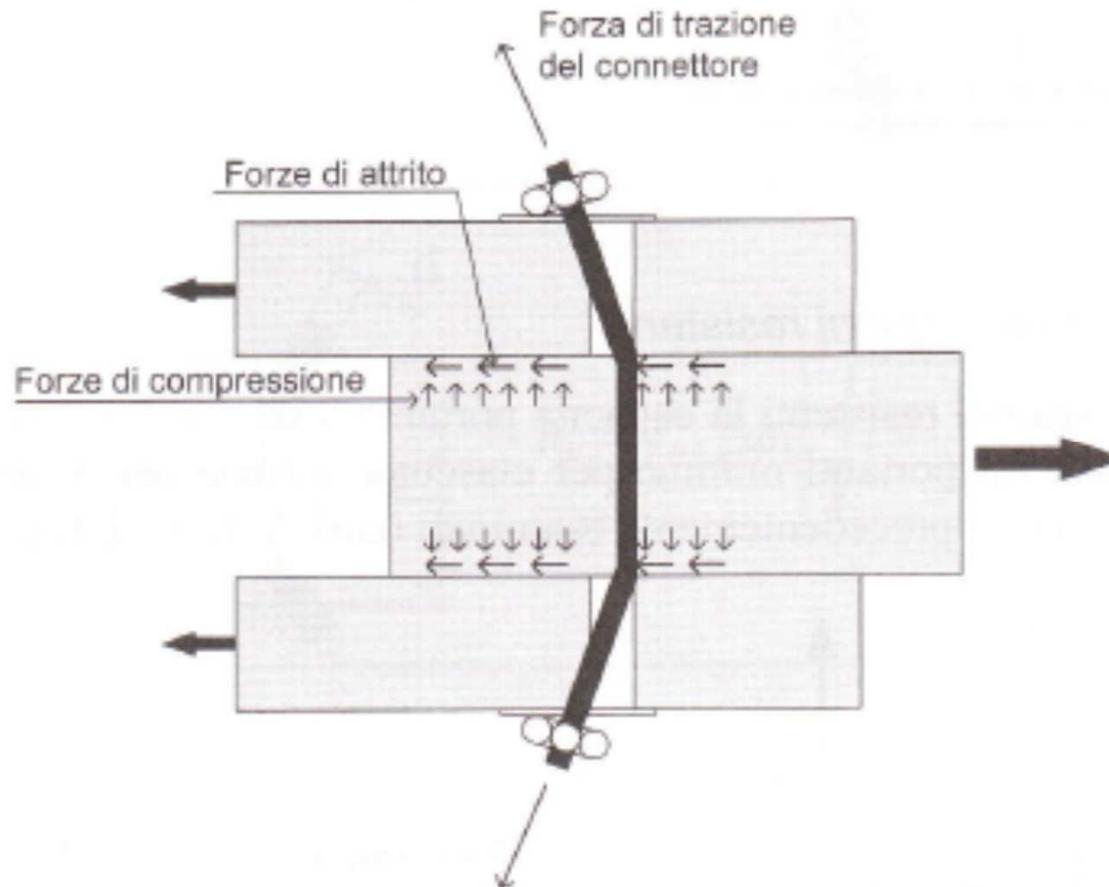
Sezione 2 $R_k = \min \{ R_k (A); R_k (C) \}$

Sezione 3 $R_k = \min \{ R_k (B); R_k (C) \}$

Sezione 4 $R_k = R_k (B)$

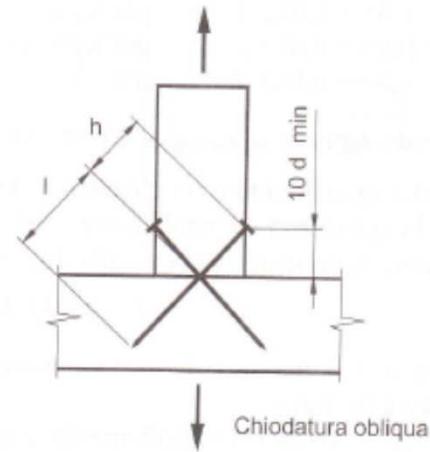
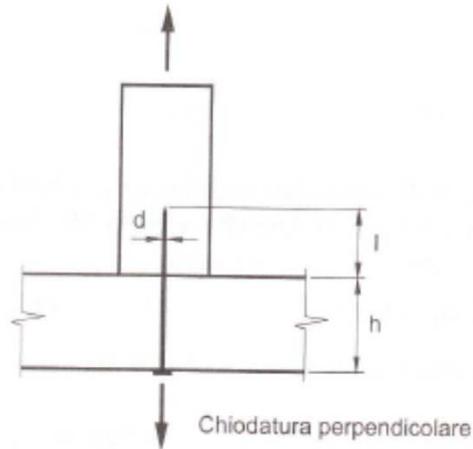
Collegamenti

Generalità e Teoria di Johansen - Unioni legno-acciaio



Collegamenti

Chiodature perpendicolari ed oblique



$$R_k = \min \begin{cases} f_{1,k} \cdot d \cdot l & \text{per tutti i chiodi} \\ f_{1,k} \cdot d \cdot t + f_{2,k} d_h^2 & \text{per chiodi a gamboliscio} \\ f_{2,h} d_h^2 & \text{per chiodi con rilievi} \end{cases}$$

$$f_{1,k} = 0.00002 \cdot \rho_k^2 \quad [\text{MPa}]$$

$$f_{2,k} = 0.00007 \cdot \rho_k^2 \quad [\text{MPa}]$$