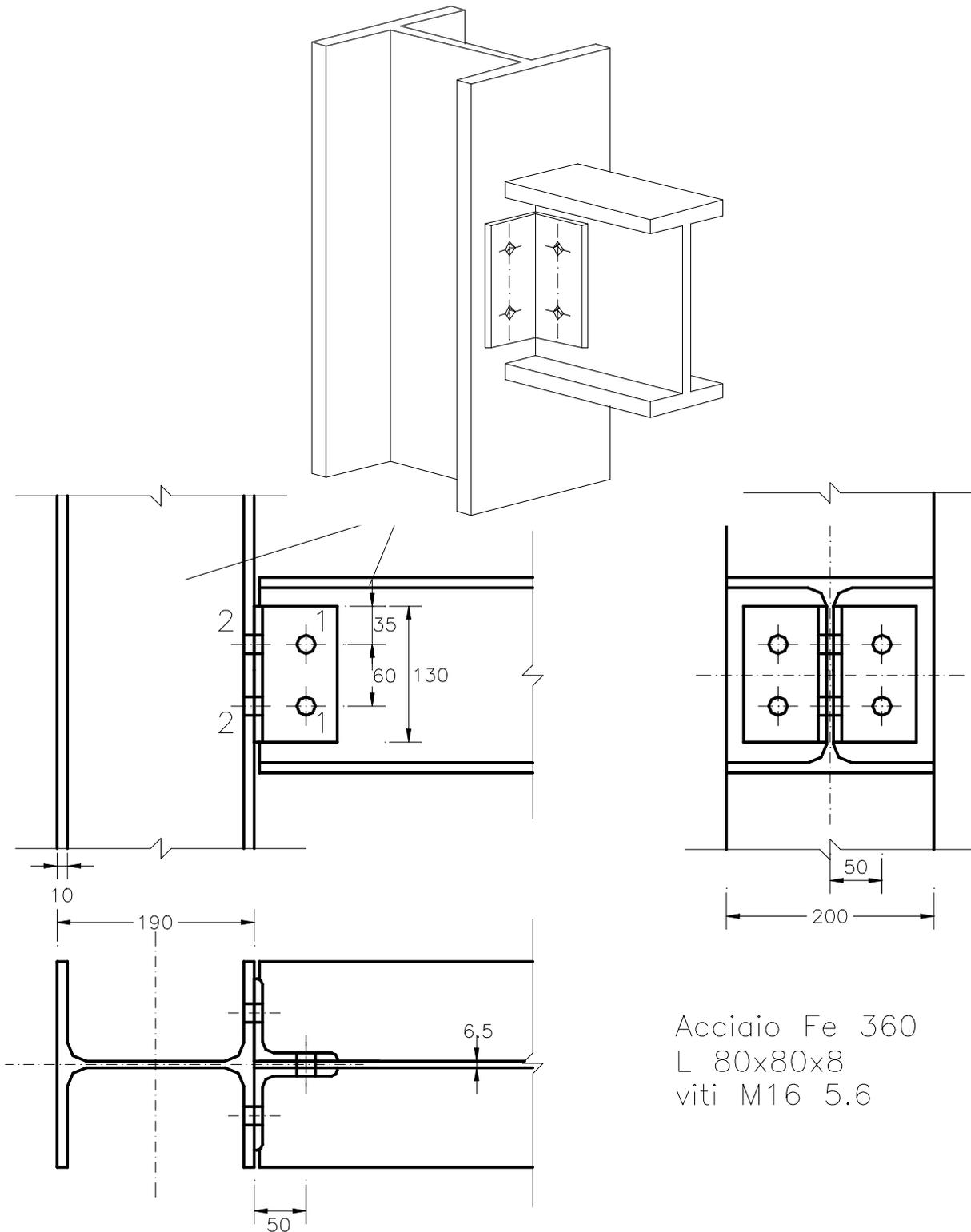


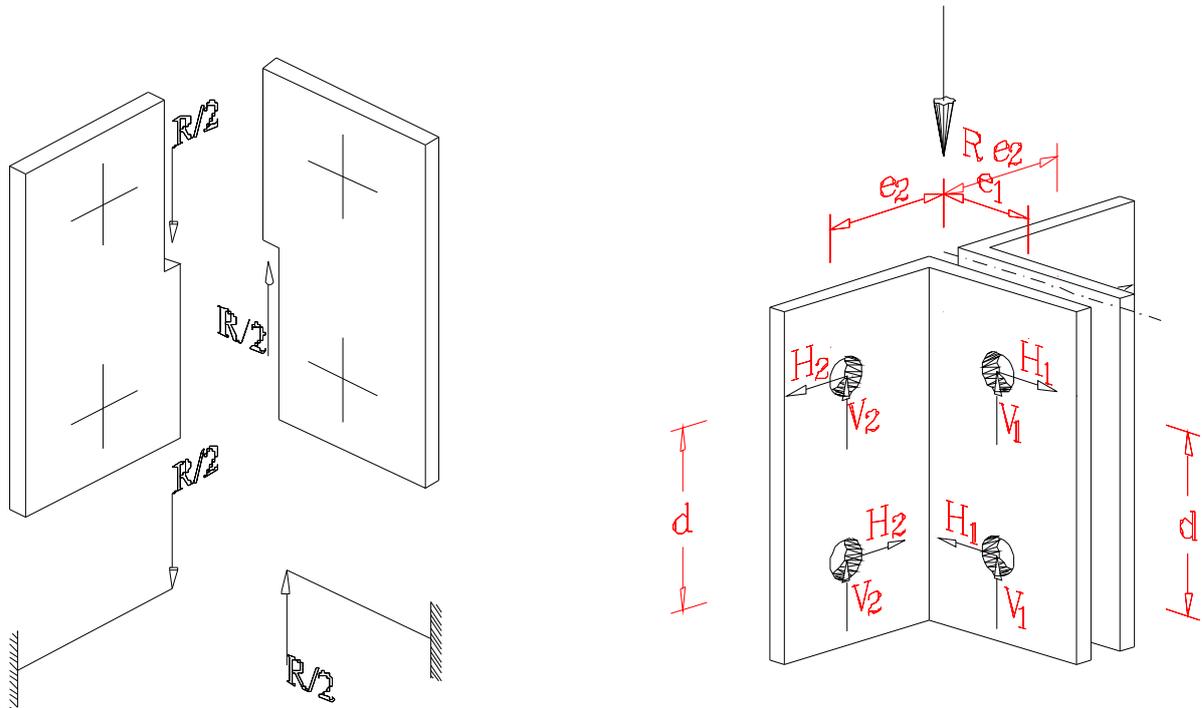
ESEMPIO 1: giunto a cerniera con squadrette d'anima

(Aggiornato al D.M. 14-1-2008)

Si determini la massima reazione che il giunto a cerniera mostrato in figura è in grado di sopportare. Si illustrano due modelli di calcolo equilibrati con diverse posizioni della cerniera. Il modello di calcolo più usato è quello indicato con a).



Modello di calcolo a): cerniera in corrispondenza dell'intersezione del piano verticale di simmetria della trave con l'ala della colonna. Questa soluzione è la più usata ed è caratterizzata da bulloni che lavorano solo a taglio.



La reazione d'appoggio R della trave si distribuisce in parti uguali sulle due squadrette. Quindi su ciascun foro si hanno le reazioni (vedi figura):

$$V_1 = \frac{R}{4} \quad H_1 = \frac{R}{2} \cdot \frac{e_1}{d} \quad \text{sulla bullonatura 1-1}$$

$$V_2 = \frac{R}{4} \quad H_2 = \frac{R}{2} \cdot \frac{e_2}{d} \quad \text{sulla bullonatura 2-2}$$

Poiché $e_1=e_2=50\text{mm}$ e $d=60\text{ mm}$, si ottiene

$$V_1 = V_2 = R / 4 \quad H_1 = H_2 = \frac{R}{2} \cdot \frac{50}{60}$$

di risultante: $F_1 = F_2 = \sqrt{H_1^2 + V_1^2} = 0.486 \cdot R$

La verifica allo stato limite ultimo va eseguita in base a:

1. resistenza di progetto a taglio dei bulloni
2. resistenza di progetto a rifollamento

1. Resistenza di progetto a taglio dei bulloni [NTC – DM 14-1-2008 eq. (4.2.57)]

$$F_{v,Rd} = \frac{0.6 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = 37.68 \text{ kN}$$

con $f_{tb}=500 \text{ N/mm}^2$

$A_{res}=157$ area resistente M16

$\gamma_{M2}=1.25$ coeff. di sicurezza delle unioni bullonate

La forza che sollecita il bullone deve essere minore della resistenza:

$$F_1 = 0.486 \cdot R \leq 37.68 \text{ kN} \Rightarrow \boxed{R \leq 77.53 \text{ kN}}$$

2. Resistenza di progetto a rifollamento [NTC eq. (4.2.61)]

La zona più debole è costituita dall'anima della trave che ha uno spessore minore (6,5mm) ed è soggetta alla forza di rifollamento maggiore, pari a $2F_1$.

$$F_{b,Rd} = \frac{k \cdot \alpha \cdot f_{tk} \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = 62.4 \text{ kN}$$

con $f_{tk}=360 \text{ N/mm}^2$ resistenza ultima dell'acciaio trave

$d=16 \text{ mm}$ diametro del bullone

$t=6.5 \text{ mm}$ spessore dell'anima della trave

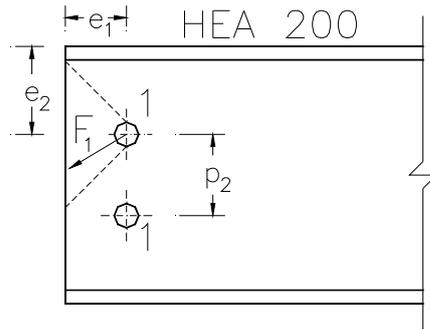
$$\alpha = \min \left\{ \frac{e_1}{3 \cdot d_0} = \frac{45}{3 \cdot 18} = 0.833; \quad \frac{f_{tb}}{f_{tk}} = \frac{500}{360} = 1.39; \quad 1 \right\} = 0.833$$

$$k = \min \left\{ \frac{2.8e_2}{d_0} - 1.7 = \frac{2.8 \cdot 65}{18} - 1.7 = 8.4; \quad 2.5 \right\} = 2.5$$

essendo: $d_0=16+2=18 \text{ mm}$ diametro del foro

$p_1=60 \text{ mm}$ interasse fra i bulloni

$e_1=45 \text{ mm}$ distanza dal centro del foro all'estremità dell'anima nella direzione della forza ($>1.2d_0$).



Si noti che per e_1 si è utilizzata la distanza dal bordo in direzione orizzontale perché il bullone è sollecitato dalla forza F_1 e la rottura avviene secondo le linee tratteggiate. Si ricava quindi il valore massimo della reazione R che il giunto può trasmettere:

$$2 \cdot F_1 \leq F_{b,Rd} \quad 2 \cdot 0.486 \cdot R \leq 62.4 \text{ kN} \quad \Rightarrow \quad \boxed{R \leq 64,2 \text{ kN}}$$

La condizione più restrittiva è la verifica a rifollamento dell'anima della trave, e quindi la reazione massima all'appoggio deve essere:

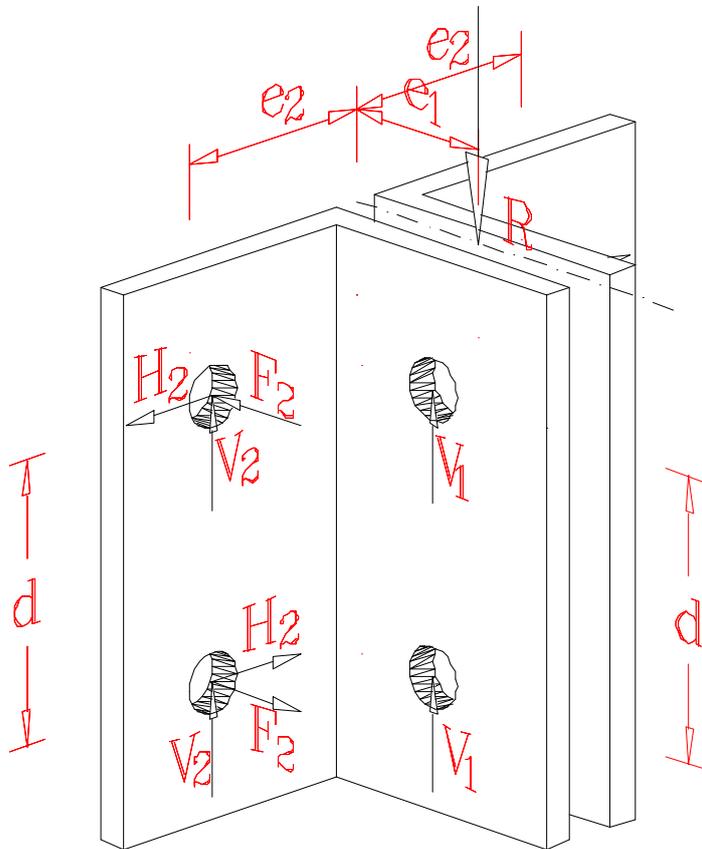
$$\boxed{R_{E,d} \leq 64.2 \text{ kN}}$$

Poiché è condizionante la verifica a rifollamento dell'anima della trave, potrebbe essere conveniente adottare il modello di calcolo con cerniera in corrispondenza della bullonatura 1-1 (schema b).

Modello di calcolo b): cerniera in corrispondenza della bullonatura 1-1.

Bullonatura 1-1: soggetta a taglio

Bullonatura 2-2: soggetta a taglio, torsione e flessione



Azioni su ciascun foro:

$$V_1 = V_2 = \frac{R}{4}$$

$$H_2 = \frac{R}{2} \cdot \frac{e_2}{d}$$

$$F_2 = \frac{R}{2} \cdot \frac{e_1}{d}$$

La verifica del giunto non è più governata, come nel caso a), dal rifollamento dell'anima della trave, ma dalla verifica a trazione e taglio dei bulloni 2-2.

Infatti i bulloni 2-2 sono sollecitati da una forza di taglio uguale al caso precedente

(risultante di V_2 e H_2) dovuta alla combinazione di taglio e torsione e dalla trazione F_2 associata all'azione flettente.

La sezione del bullone 2 è soggetta al taglio:

$$F_{v,Ed} = \sqrt{H_2^2 + V_2^2} = 0.486 \cdot R$$

E alla trazione:

$$F_{t,Ed} = \frac{R}{2} \cdot \frac{e_1}{d} = \frac{R}{2} \cdot \frac{50}{60} = 0.417 R$$

uguale a H_2 , essendo $e_1=e_2$.

Utilizzando la relazione (4.2.65) delle NTC per azione combinata di taglio e trazione:

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

Poiché:

$$F_{v,Rd} = 37.68 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0.9 \cdot f_{tb} \cdot A_{res}}{\gamma_{M2}} = \frac{0.9 \cdot 500 \cdot 157}{1.25} 10^{-3} = 56.52 \text{ kN} \quad \text{NTC (4.2.62)}$$

deve essere: $\left(\frac{0.486}{37.68} + \frac{0.417}{1.4 \cdot 56.52} \right) R \leq 1$ cioè: $R \leq 55 \text{ kN}$

Si dovrebbero inoltre verificare le squadrette per il momento $R \cdot e_1$ che provoca torsione nelle ali delle squadrette collegate alla colonna.

Il modello a) è più conveniente.