

La figura 7.28a prevede che i coprigiunti siano applicati in opera, mentre la figura 7.28b rappresenta il coprigiunto inferiore saldato al moncone facente parte della colonna e il coprigiunto superiore saldato alla trave.

Progettando le connessioni intermedie a completo ripristino di resistenza e utilizzando bulloni lavoranti ad attrito fino allo stato limite ultimo, il telaio può essere analizzato senza tener conto dell'unione intermedia. Tuttavia, in alcuni casi potrebbe essere interessante concentrare le cerniere plastiche in corrispondenza di dette connessioni bullonate intermedie, allontanando le plasticizzazioni dalla zona di nodo e proteggendo le saldature da pericoli di rotture fragili.

### 7.9. ESEMPIO DI UNIONE TRAVE-COLONNA A CERNIERA

Le unioni trave-colonna a cerniera possono essere realizzate con dispositivi analoghi a quelli adottati per le unioni trave-trave. La soluzione più utilizzata prevede squadrette d'anima e bulloni.

Si determina la reazione ultima  $R_{Rd}$  - pari al valore minimo determinato - che la trave può trasmettere alla colonna, considerando i seguenti meccanismi di collasso:

- taglio nei bulloni;
- rifollamento nella lamiera d'anima della trave;
- trazione e taglio nella lamiera forata d'anima della trave.

Supponendo che l'unione riguardi due profilati uguali HEA 200 in acciaio S235, collegati con due angolari  $80 \cdot 80 \cdot 8$  dello stesso tipo di acciaio, per mezzo di bulloni M16 di classe 5.6, posti su una fila ad interasse  $i = 60$  mm, si determina la massima reazione  $R_{Rd}$  che il giunto è in grado di sopportare.

La reazione d'appoggio  $R$  della trave si distribuisce in parti uguali sulle due squadrette, ciascuna delle quali è soggetta alle seguenti sollecitazioni:

- taglio =  $R/2$ ;
- momento torcente =  $R \cdot e/2$ .

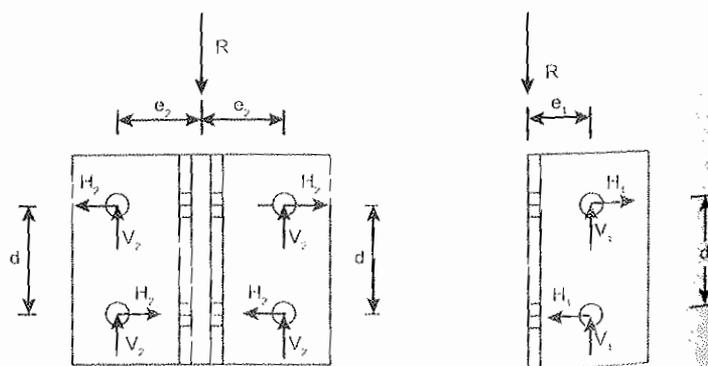


Figura 7.29  
Azioni dei bulloni  
sulle squadrette  
di collegamento

Essendo  $e_1 = e_2 = 50$  mm si ha:

$$V_1 = R/4; H_1 = Re_1/(2i) = 0.42R;$$

$$V_2 = R/4; H_2 = 0.42R.$$

La risultante su ciascun bullone è pari alla radice quadrata della somma dei quadrati delle componenti e vale  $0.49R$ .

Adottando una bullonatura lavorante a taglio (categoria A secondo EC3), si effettuano le verifiche allo stato limite ultimo, determinando:

- la resistenza di progetto a taglio dei bulloni;
- la resistenza di progetto a rifollamento;
- la resistenza delle sezioni nette.

Nell'ipotesi che il piano di taglio incontri la filettatura, la resistenza di progetto a taglio del singolo bullone  $V_{V,Rd}$  risulta (cfr. equazione (5.13)):

$$V_{V,Rd} = 0.6 f_{ub} A_s / 1.25$$

la quale per  $f_{ub} = 500$  MPa,  $A_s = 157$  mm<sup>2</sup> dà  $V_{V,Rd} = 37.68$  kN.

La resistenza di progetto a rifollamento  $V_{R,Rd}$  (cfr. equazione (5.16)) va calcolata con riferimento all'elemento più debole costituito dall'anima della trave, che ha uno spessore di 6.5 mm:

$$V_{R,Rd} = 2.5 \alpha f_t d / 1.25$$

essendo  $f_t = 360$  MPa,  $d = 16$  mm,  $t = 6.5$  mm ed  $\alpha$  dipendente dal diametro del foro  $d_0 = 16 + 2 = 18$  mm, dall'interasse  $i$  fra i bulloni pari a 60 mm, dalla distanza del foro dal bordo e dal rapporto tra le resistenze del bullone e della lamiera.

Nel caso in esame, il minimo valore di  $\alpha$  si attinge col rapporto  $\alpha = mt/(3 \cdot d_0) = 45/(3 \cdot 18) = 0.833$  mm e la resistenza a rifollamento vale:

$$V_{R,Rd} = 2.5 \cdot 0.833 \cdot 360 \cdot 16 \cdot 6.3 / 1.25 = 62.38 \text{ kN.}$$

In base ai meccanismi sopra analizzati, la resistenza dell'unione è pari al minimo dei seguenti valori:

- taglio del bullone:  $0.49 \cdot R = 37.68$  kN;  $R = 76.90$  kN;
- rifollamento (due bulloni):  $2 \cdot 0.49 \cdot R = 62.38$  kN;  $R = 63.65$  kN.

La resistenza dell'anima della trave secondo il meccanismo di collasso *block shear* è caratterizzata da due possibili modalità di crisi:

- rottura a trazione lungo la linea dei fori;
- rottura a taglio della sezione netta.

La resistenza a taglio dell'area efficace  $A_{v,eff}$  è data dalla relazione:

$$V_{U,Rd} = f_y A_{v,eff} / (1.732 \cdot 1.05)$$

con  $f_v = 235 \text{ N/mm}^2$  e  $A_{v,eff}$  area efficace a taglio nel meccanismo *block shear* pari allo spessore  $t$  per la lunghezza  $L_{v,eff} = L_v + L_1 + L_2$ .

Applicando le relazioni dell'EC3, si ottiene  $L_{v,eff} = 180 \text{ mm}$ ,  $A_{v,eff} = 1170 \text{ mm}^2$  e  $V_{U,Rd} = 151.19 \text{ kN}$ .

La condizione più restrittiva è la verifica a rifollamento dell'anima della trave, e quindi la reazione massima all'appoggio risulta  $63.65 \text{ kN}$ .