

## MODALITÀ DI CALCOLO STAFFA ALUHD23/SH18®

*Staffa di collegamento per sistema Alufoot*

### INTRODUZIONE

La staffa ALUHD23/SH18®, facente parte del sistema costruttivo Alufoot®, è utilizzata per il collegamento della parete soprastante al cordolo di base Alubeam®. La geometria della staffa HD23/SH18 è ottimizzata per sopportare sia sforzi di taglio che di trazione. Se ne consiglia pertanto la disposizione alle estremità delle pareti.

Di seguito si riporta la sintesi delle verifiche di resistenza della staffa, condotte secondo la normativa tecnica europea vigente con l'approccio semiprobabilistico agli stati limite (LSD), che conducono alla determinazione del campo resistente di progetto della stessa rispetto allo stato limite di rottura.

Le verifiche di resistenza sono condotte solamente con attenzione alle modalità di rottura lato metallo (*verifiche lato metallo*). Le verifiche di resistenza del fissaggio delle staffe alle pareti lignee (*verifiche lato legno*) sono a carico del progettista della struttura, dipendendo da molteplici variabili progettuali, quali ad esempio la classe e la tipologia di legno adottata, classe di servizio, durata del carico e il tipo di chiodi o viti utilizzati.

### NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Eurocodice 9 - EN 1999-1-1 (di seguito EC9)

Eurocodice 3 - EN 1993-1-8 (di seguito EC3)

### GEOMETRIA E MATERIALI

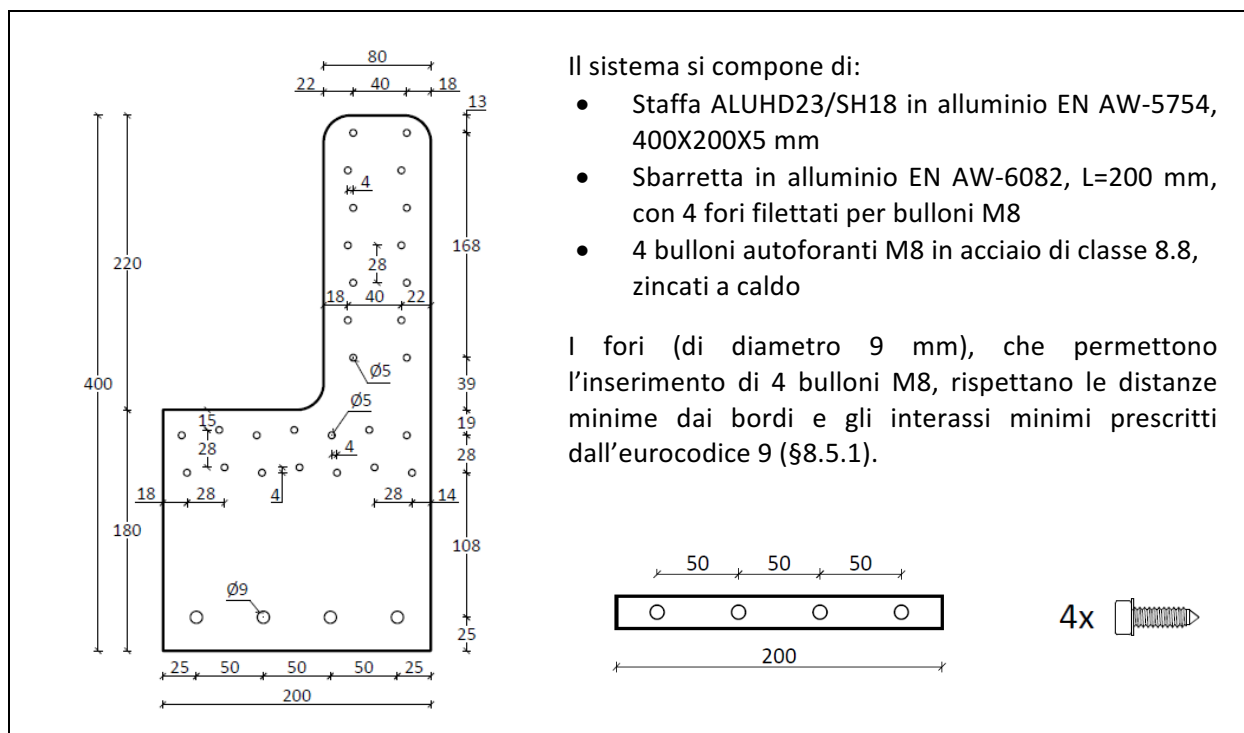


Fig. 1: Geometria della staffa HD23/SH18

### RESISTENZA DEL MATERIALE

Secondo EC9, per EN AW-5754 possono essere assunti i seguenti valori di resistenza caratteristica:

- Snervamento:  $f_o=80$  MPa
- Resistenza ultima:  $f_u=190$  MPa

Secondo EC3, per i bulloni di classe 8.8 possono essere assunti i seguenti valori di resistenza caratteristica:

- Snervamento:  $f_{yb}=640$  MPa
- Resistenza ultima:  $f_{ub}=800$  MPa

Le stesse normative prevedono i seguenti coefficienti di sicurezza per i materiali:

- Alluminio rottura duttile (EN 1999-1-1 §6.1.3)  $\gamma_{M1}= 1.10$
- Alluminio rottura fragile (EN 1999-1-1 §6.1.3)  $\gamma_{M2}= 1.25$
- Bulloni (EN 1993-1-8 §2.2)  $\gamma_{M2}= 1.25$

### CLASSIFICAZIONE DELLA SEZIONE

La classificazione della sezione della piastra viene fatta in accordo al §6.1.4 dell'EC9. Nel caso della piastra HD23/SH18, a livello della *sezione A* (vedi fig. 2), si ha:

- $\beta = 0,4 b/t = 0,4 \cdot 200/5 = 16$
- $\varepsilon = \sqrt{(250/80)} = 1.77$
- $\beta/\varepsilon = 9.05$

E per la *sezione C* (vedi fig. 2):

- $\beta = 0.4 b/t = 0.4 \cdot 80/5 = 6.4$
- $\varepsilon = \sqrt{(250/80)} = 1.77$
- $\beta/\varepsilon = 3.62$

In entrambi i casi la sezione risulta in classe 1, secondo la tabella 6.2 dell'EC9. Per tale classe, la resistenza ultima delle sezioni lorde può essere calcolata con riferimento allo stato limite ultimo di collasso plastico.

### IPOTESI DI PROGETTO

L'ipotesi di progetto prevede che la risultante delle forze agenti passi per il baricentro G della chiodatura sulla parete in legno (vedere Fig. 2). Tale assunzione risulta essere la più cautelativa rispetto alle verifiche di resistenza della staffa e dei bulloni di fissaggio (verifiche lato metallo).



## VERIFICHE DI RESISTENZA

L'insieme delle verifiche di resistenza da condurre è illustrato in fig. 2. Il campo resistente della staffa in termini di forze agenti  $N_{Ed}$  (trazione) e  $V_{Ed}$  (taglio) sarà determinato dal meccanismo resistente più debole.

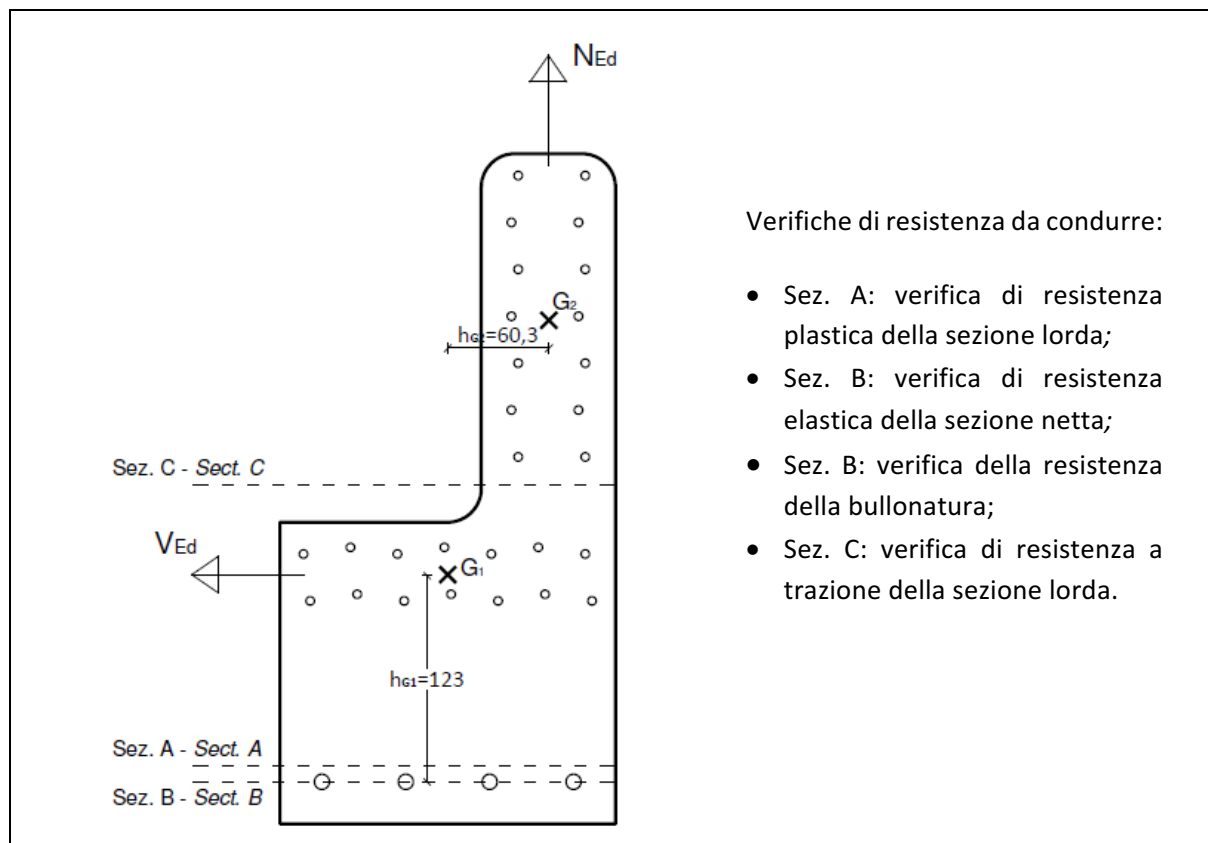


Fig. 2: Sintesi delle verifiche di resistenza da condurre (Sez. A = Area lorda; Sez. B = Area netta; Sez. C = Area lorda a livello del collo)

I bulloni sono fissati al profilo di alluminio mediante una sbarretta anch'essa in alluminio che scorre all'interno dell'apposita cava realizzata nel profilo.

Test sperimentali hanno dimostrato che il sistema di fissaggio è sempre sovra-resistente rispetto ai bulloni, in quanto la rottura avviene sempre per tranciamento del bullone sulla sezione di contatto fra staffa e sbarretta in alluminio.

### Sezione A: Resistenza plastica della sezione lorda

Data la geometria della staffa e le caratteristiche del materiale, si determinano le seguenti grandezze:

- Massima trazione resistente:

$$N_{o,Rd} = A_g f_o / \gamma_{M1} = 1000 \cdot 80 / 1.10 = 72.73 \text{ kN}$$

- Massimo taglio resistente:

$$V_{o,Rd} = A_g f_o / (\sqrt{3} \gamma_{M1}) = 1000 \cdot 80 / (\sqrt{3} \cdot 1.10) = 41.99 \text{ kN}$$

- Massimo momento resistente:

$$M_{o,Rd} = W_{pl} f_o / \gamma_{M1} = 1/4 \cdot 5 \cdot 200^2 \cdot 80 / 1.10 = 3.64 \text{ kNm}$$

Per ipotesi di calcolo, il momento agente è dato dalla somma dei due momenti che si ottengono dal prodotto di taglio e trazione agente per le rispettive eccentricità:

$$M_{Ed} = |V_{Ed}| \cdot h_{G1} + |N_{Ed}| \cdot h_{G2}$$

dove  $h_{G1}$  è la distanza tra baricentro della chiodatura reagente a taglio e baricentro della bullonatura, pari a 123 mm, mentre  $h_{G2}$  è la distanza tra baricentro della chiodatura reagente a trazione e baricentro della bullonatura, pari a 60.3 mm.

Per sollecitazioni composte di trazione e taglio vale la verifica descritta dalla disequazione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{o,Rd}} + \frac{|V_{Ed}| \cdot h_{G1} + |N_{Ed}| \cdot h_{G2}}{M_{o,Rd}} \leq 1 \quad (I)$$

dove  $V_{Ed}$  è la sollecitazione di taglio e  $N_{Ed}$  quella di trazione agenti sulla staffa, calcolate in combinazione SLU.

L'eurocodice 9 prevede di condurre la verifica (I) con una tensione resistente di progetto ridotta, pari a  $f_{o,V} = f_o(1 - \rho) = f_o(1 - (2V_{Ed}/V_{Rd} - 1)^2)$ , qualora si verifichi la condizione  $V_{Ed} > 0.5V_{o,Rd}$ . Per valori di sollecitazione tagliante maggiori di 21 kN, il dominio di resistenza relativo all'area lorda di alluminio, è caratterizzato quindi da una leggera curvatura.



ALUFOOT®

ALUMINIUM INNOVATIONS FOR TIMBER BUILDINGS

### Sezione B: verifica area netta della piastra

Data la geometria della staffa e le caratteristiche del materiale, si determinano le seguenti grandezze:

- Calcolo massima trazione resistente attraverso:

$$N_{u,Rd} = 0.9A_{net}f_u/\gamma_{M2} = 0.9 \cdot 830 \cdot 190/1.25 = 113.54 \text{ k}$$

- Calcolo massimo taglio resistente attraverso:

$$V_{u,Rd} = A_{net}f_o/\sqrt{3}\gamma_{M1} = 830 \cdot 80/\sqrt{3} \cdot 1.10 = 34.85 \text{ kN}$$

- Calcolo massimo momento resistente attraverso

$$M_{u,Rd} = W_{net}f_u/\gamma_{M2} = 2.8 \cdot 10^6 \cdot 190/1.25 = 4.26 \text{ k}$$

Determinate le grandezze  $N_{u,Rd}$ ,  $V_{u,Rd}$  e  $M_{u,Rd}$ , il campo resistente si ottiene con le stesse considerazioni del paragrafo precedente, attraverso il rispetto della disequazione

$$\frac{N_{Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{|V_{Ed}| \cdot h_{G1} + |N_{Ed}| \cdot h_{G2}}{M_{o,Rd}} \leq 1 \quad (\text{II})$$

dove  $h_{G1}$  è la distanza tra baricentro della chiodatura reagente a taglio e baricentro della bullonatura, pari a 123 mm, mentre  $h_{G2}$  è la distanza tra baricentro della chiodatura reagente a trazione e baricentro della bullonatura, pari a 60.3 mm;  $V_{Ed}$  è la sollecitazione di taglio e  $N_{Ed}$  quella di trazione agenti sulla staffa, calcolate in combinazione SLU.

Anche in questo caso vi è interazione tra le sollecitazioni di taglio e di trazione agenti: per valori di taglio  $V_{Ed} > 17.4 \text{ kN}$ , la verifica (II) è stata condotta con la tensione resistente di progetto ridotta  $f_{o,V}$ , in modo analogo a quanto fatto per la verifica di resistenza della sezione lorda.

### Sezione B: verifica resistenza della bullonatura

La resistenza a taglio del singolo bullone M8 cl. 8.8 ( $V_{b,Rd}$ ) è data dal minimo tra la resistenza a rifollamento della piastra in alluminio e la resistenza a taglio del gambo del bullone, date dalle seguenti espressioni:

- Resistenza a tranciamento del bullone

$$F_{V,Rd} = \alpha_V \cdot \frac{f_{ub}A_s}{\gamma_{M2}} = 0.6 \cdot 800 \cdot \frac{36.6}{1.25} = 14.05 \text{ kN}$$

- Resistenza a rifollamento

$$F_{b,Rd} = k_1\alpha_b \cdot \frac{f_u d t}{\gamma_{M2}} = 2.5 \cdot 0.926 \cdot 190 \cdot 8 \cdot \frac{5}{1.25} = 14.07 \text{ kN}$$

Dalle espressioni precedenti deriva che la resistenza a taglio di progetto del bullone è pari a:

$$V_{b,Rd} = \min\{F_{V,Rd}; F_{b,Rd}\} = 14.05 \text{ kN}.$$



# ALUFOOT®

ALUMINIUM INNOVATIONS FOR TIMBER BUILDINGS

Il dominio di resistenza di progetto della bullonatura, in termini di sollecitazioni taglianti  $V_{Ed}$  e di trazione  $N_{Ed}$ , è stato determinato rispettando la seguente relazione:

$$V_{b,Ed} = \sqrt{\left(\frac{N_{Ed}}{4} + \frac{(V_{Ed} \cdot 123 + N_{Ed} \cdot 60.3) \cdot 75}{(75^2 + 25^2)}\right)^2 + \left(\frac{V_{Ed}}{4}\right)^2} \leq V_{b,Rd}$$

La quale verifica che il taglio agente nel bullone più sollecitato non superi quello resistente.

### Sezione C: verifica a trazione della sezione lorda

Data la geometria della staffa e le caratteristiche dell'alluminio (definite dalla normativa EC9), la massima resistenza di progetto a trazione della staffa a livello della *sezione C* è pari a:

$$N_{o2,Rd} = A_{g2}f_o/\gamma_{M1} = 400 \cdot 80/1.10 = 29.09 \text{ kN}$$

### RAPPRESENTAZIONE DEI DOMINI DI RESISTENZA

Le quattro verifiche portano alla costruzione di tre domini di resistenza, rappresentati in figura 3:

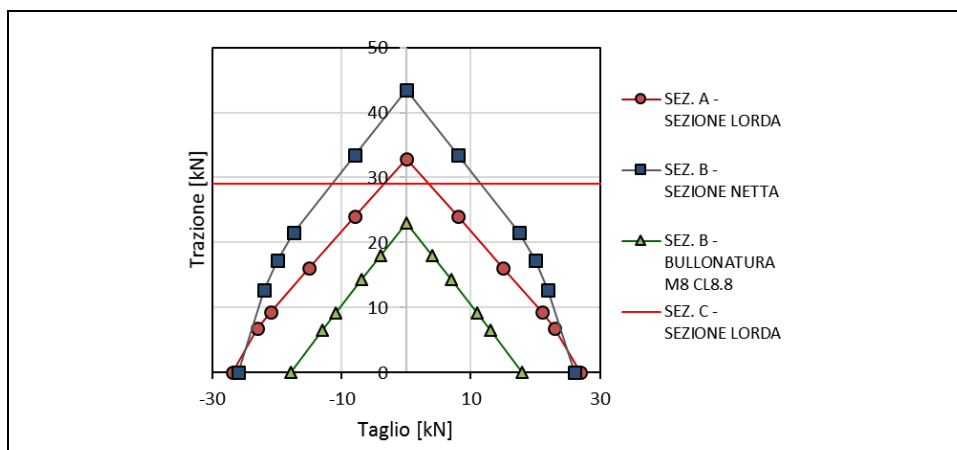


Fig. 4: Sintesi dei risultati ottenuti dalle verifiche di resistenza condotte.



## DOMINIO DI RESISTENZA DI PROGETTO DELLA STAFFA (LATO METALLO)

Il dominio di progetto per il sistema costruttivo ALUHD23/SH18 risulta essere il più piccolo tra quelli visti precedentemente (in particolare quello definito dalla bullonatura), il quale risulta ben approssimato dalla disequazione:

$$23|V_{Ed}| + 18N_{Ed} \leq 414 \text{ kN}$$

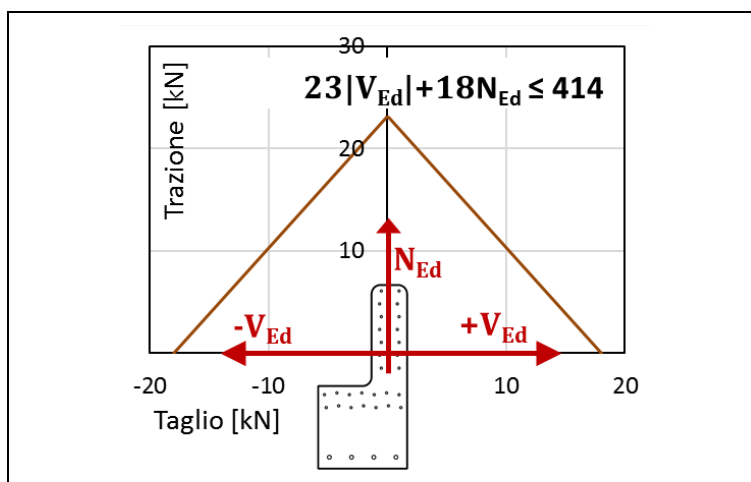


Fig. 5: Rappresentazione grafica del dominio di resistenza di progetto del sistema ALUHD23/SH18.