

CONNETTORI RESISTENZA ALLA ROTTURA FUORI ASSE

SECONDA PARTE

UNA RICERCA SUI PERICOLI DEL CARICAMENTO FUORI ASSE DI UN MOSCHETTONE IN SOSTA

Nella prima parte di questo studio abbiamo analizzato la resistenza di un singolo moschettone (connettore), in una situazione di carico a leva chiusa e aperta, quando la forza applicata non è allineata al dorso. Le numerose prove svolte nel laboratorio del Centro Studi Materiali e Tecniche del CAI hanno evidenziato le riduzioni nella resistenza, rispetto al valore nominale dichiarato, di un connettore posto in varie posizioni.

In questa seconda parte l'analisi è invece estesa ad altre possibili situazioni, con l'impiego fuori asse di più connettori, come evidenziato nelle figure 1 e 2. Le immagini mostrano appunto due potenziali configurazioni che portano a sollecitare i connettori in due modalità, generalmente definite "triassiale" e "quadriassiale".

Tendenzialmente il lato del connettore che viene collegato alla parte della sosta è quello più stretto per lasciare a disposizione degli alpinisti la parte più larga; inoltre, considerato lo spessore del cordino o la larghezza della fettuccia utilizzata nella sosta, possiamo dire con discreta approssimazione, che nella maggior parte delle volte (escludendo i casi in cui ci si colleghi direttamente su grossi anelli, golfari o altri punti di ancoraggio similari), la parte di connettore che si trova nel vertice riceve un carico che risulta essere più o meno distribuito su tutto l'arco a contatto col cordino/fettuccia e non un carico concentrato in un punto.

Ad un primo esame le configurazioni sopra espone, in una situazione senza carico d'urto, si potrebbero pur considerare accettabili. Cosa può succedere però in un contesto in cui il carico aumenti e quanto può un carico triassiale o quadriassiale indebolire un moschettone?

Per rispondere a questi interrogativi abbiamo svolto una serie specifica di test simulando in laboratorio le situazioni descritte.



Giuliano
Bressan
CAAI
CSMT

Massimo
Polato
Sezione di
Milano
CSMT



TEST E RISULTATI

Nei test sono stati impiegati, come per le prove svolte in precedenza, quattro tipologie di connettori (due di tipo H e due di tipo B) con bloccaggio tramite ghiera a vite. Si ricorda, inoltre, che di questi quattro tipi di connettori, tre (Camp HMS Lock, Photon Lock e Grivel Mega K6N screw lock), sono costruiti tramite stampaggio a freddo, mentre uno (Grivel Plume K3N) è prodotto mediante forgiatura a caldo.

Si ricorda, inoltre, che la resistenza sull'asse maggiore a leva chiusa prevede, come da normativa EN 12275, un carico di rottura non inferiore a 20 kN (vedi nota). Nella prima parte dell'articolo si sono

determinati in laboratorio i carichi di rottura dei singoli moschettoni, testandoli nel loro asse maggiore.

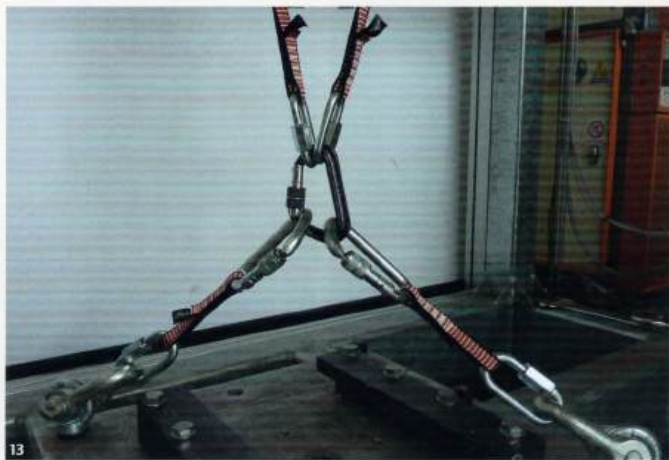
CARICAMENTO TRIASSIALE

Nella prima serie di prove si sono determinati i carichi di rottura nella più comune situazione di carico triassiale. I test sono stati eseguiti su un'apposita macchina a trazione, collegando il connettore da testare per mezzo di una maglia rapida di \varnothing 10 mm e di due connettori in acciaio ad alto carico (52 kN) di \varnothing 12 mm in due diverse modalità: due carichi sulla parte larga del connettore (fig. 3) e due carichi nella parte stretta (fig. 4).

Ecco i risultati esposti nella seguente tabella contenente la media dei valori delle prove eseguite:

| test | configurazione carico | valori medi [kN] | note |
|----------------------------|---------------------------|------------------|----------------------------------------------------------|
| CAMP HMS LOCK | triassiale - base larga | 19,8 | rottura chiusura (fig. 5) |
| | triassiale - base stretta | 27,4 | rottura chiusura e poi braccio (fig. 6) |
| CAMP PHOTON LOCK | triassiale - base larga | 12,7 | rottura braccio (fig. 7a e 7b) |
| | triassiale - base stretta | 19,8 | rottura braccio (fig. 8a e 8b) |
| GRIVEL MEGA K6N screw lock | triassiale - base larga | 21,6 | rottura parte superiore leva e poi braccio (fig 9a e 9b) |
| | triassiale - base stretta | 22,0 | rottura chiusura (fig. 10a e 10b) |
| GRIVEL PLUME K3N | triassiale - base larga | 14,8 | apertura connettore (fig. 11a e 11b) |
| | triassiale - base stretta | 13,6 | rottura leva parte inferiore (fig. 12a e 12b) |







CARICAMENTO QUADRIASSIALE

In questa seconda serie di prove sono stati verificati, invece, i valori di resistenza nella più rara, ma comunque possibile, situazione di carico quadriassiale. La prova è stata eseguita collegando il connettore da testare per mezzo di due maglie rapide di \varnothing 10 mm e di due connettori in acciaio ad alto carico (52 kN) di \varnothing 12 mm (fig. 13).

Anche questi test sono stati eseguiti in due diverse modalità: due carichi sull'estremità grande del connettore con la ghiera avvitata (fig. 14) e due carichi sull'estremità grande del connettore con la ghiera non avvitata (fig. 15). I risultati vengono proposti nella seguente tabella (tab. 2), che contiene la media dei valori delle prove eseguite:

| test | configurazione carico | valori medi [kN] | note |
|----------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| CAMP HMS LOCK | quadriassiale - ghiera chiusa | 19,1 | rottura chiusura e poi apertura (fig. 16) |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 19,2 | rottura chiusura (fig. 17a e 17b) |
| CAMP PHOTON LOCK | quadriassiale - ghiera chiusa | 12,3 | rottura chiusura (fig. 18) |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 12,4 | rottura chiusura (fig. 19) |
| GRIVEL MEGA K6N screw lock | quadriassiale - ghiera chiusa | 20,6 | rottura spina e poi rottura braccio (fig. 20) |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 21,2 | rottura spina e poi rottura braccio (fig. 21) |
| GRIVEL PLUME K3N | quadriassiale - ghiera chiusa | 14,8 | deformazione chiusura e poi uscita (fig. 22) |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 14,4 | deformazione chiusura (fig. 23) |



16



18



19



17a



20



21



17b



22



23

RISULTATI E CONCLUSIONI

Nella seguente tabella (tab. 3), sono riassunti tutti i risultati ottenuti nelle varie configurazioni di test (medie dei valori di tutti i test effettuati) e le riduzioni di resistenza rispetto al valore rilevato nei test di laboratorio (quest'ultimo secondo le modalità indicate dalla norma EN 12275; vedi pittogramma di fig. 24).

Analizzando la tabella 1, ci si è trovati di fronte a dei risultati un po' controversi.

Per quanto riguarda i connettori di tipo B, anche se in misura diversa, si vede come ci sia una perdita di resistenza quando vengono caricati in modo triassiale e questo è in accordo con quanto ci si attendeva. In realtà i due moschettoni di tipo B non hanno dimostrato una perdita di carico coerente, ad esempio avendo la massima riduzione quando si caricava in due direzioni la base larga. Se si guardano i dati, in quello stampato a freddo la maggiore riduzione di portata si ha sollecitando la base larga in due punti (fig. 7a), mentre quello forgiato a caldo dimostra la maggiore riduzione caricando in due direzioni la parte più stretta (fig. 12a-b). Questo comportamen-

to, molto probabilmente è dovuto, da un lato, alla geometria dei singoli connettori che portano a diversi punti di applicazione della forza; dall'altro, al differente processo produttivo che porta alla formazione di reticoli cristallini interni al materiale diversi e che portano i connettori a resistere in modo disuguale a forze esterne che li sollecitano in modo differente dalla trazione pura lungo l'asse maggiore, generando dei bracci di leva sfavorevoli (vedremo la cosa un po' più nel dettaglio nel terzo articolo riguardante i connettori).

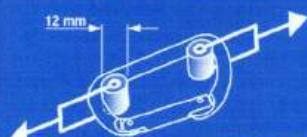
Ponendo l'attenzione sui moschettoni di tipo H, invece, si notano delle riduzioni di carico negative, il che significa, da un punto di vista fisico, che la resistenza aumenta.

A parte il caso del moschettone "HMS Lock" nella configurazione di carico di figura 3, dove si ha una coerente diminuzione di resistenza, nei casi del connettore HMS LOCK sollecitato nella base più stretta (fig. 4) e in entrambi i casi del MEGA K6N (fig. 9a-b e 10a-b), anche se in misura contenuta, si hanno degli aumenti di resistenza. Ciò è presumibilmente legato alle disposizioni delle forze esterne che por-

| test | configurazione carico | valori medi [kN] | valore dichiarato [kN] | valore rilevato [kN] | riduzione % |
|----------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------|----------------------|-------------|
| CAMP HMS LOCK | triassiale - base larga | 19,8 | 25 | 26,5 | 25,3% |
| | triassiale - base stretta | 27,4 | 25 | 26,5 | -3,2% |
| CAMP PHOTON LOCK | triassiale - base larga | 12,7 | 22 | 25,7 | 50,4% |
| | triassiale - base stretta | 19,8 | 22 | 25,7 | 23,0% |
| GRIVEL MEGA K6N screw lock | triassiale - base larga | 21,6 | 21 | 20,2 | -6,7% |
| | triassiale - base stretta | 22,0 | 21 | 20,2 | -8,8% |
| GRIVEL PLUME K3N | triassiale - base larga | 14,8 | 20 | 22,7 | 35,0% |
| | triassiale - base stretta | 13,6 | 20 | 22,7 | 40,2% |
| CAMP HMS LOCK | quadriassiale - ghiera chiusa | 19,1 | 25 | 26,5 | 27,9% |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 19,2 | 25 | 26,5 | 27,5% |
| CAMP PHOTON LOCK | quadriassiale - ghiera chiusa | 12,3 | 22 | 25,7 | 52,1% |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 12,4 | 22 | 25,7 | 51,8% |
| GRIVEL MEGA K6N screw lock | quadriassiale - ghiera chiusa | 20,6 | 21 | 20,2 | -1,9% |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 21,2 | 21 | 20,2 | -5,0% |
| GRIVEL PLUME K3N | quadriassiale - ghiera chiusa | 14,8 | 20 | 22,7 | 35,0% |
| | quadriassiale - ghiera aperta | 14,4 | 20 | 22,7 | 36,7% |

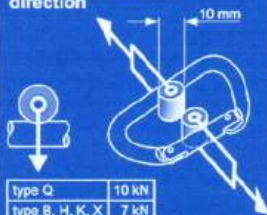
This representation does not provide full details. Read the Note at the head of page 1.
© UIAA, Pit Schubert, Neville McMillan, 2009

Strength in main direction



| | |
|-----------------|-------|
| type K, Q | 25 kN |
| type X | 18 kN |
| all other types | 20 kN |

Strength in transverse direction



| | |
|-----------------|-------|
| type Q | 10 kN |
| type B, H, K, X | 7 kN |
| type D, K/O | -- |

Gate-open strength



| | |
|-----------|------|
| type B, D | 7 kN |
| type H | 6 kN |
| type X | 5 kN |
| type K, Q | -- |

Marking of strength (in kN)



| strength | |
|----------|-------------------------|
| xx | in main direction |
| yy | in transverse direction |
| zz | gate-open |

tano a "scaricare" parte della sollecitazione da un punto sfavorevole per il connettore che quindi riesce a reagire al carico in modo migliore.

Analizzando i risultati raccolti in **tabella 2** notiamo che, anche nella sollecitazione di tipo quadriassiale, possiamo fare due ragionamenti distinti per i connettori di tipo H e B.

Per i connettori di tipo B si vede come le perdite di resistenza siano importanti (più contenute sul tipo B forgiato a caldo), mentre per i connettori di tipo H c'è molta differenza tra le due tipologie testate. C'è da dire che le dimensioni di questi due connettori sono molto diverse: maggiori per l'HMS LOCK e più contenute per il PLUME K3N. Questo probabilmente porta uno svantaggio nel moschettono con dimensioni maggiori che si trova a lavorare con bracci di leva maggiori.

Per tutti, invece, si nota come nella configurazione di carico quadri assiale vi sia una modalità di rottura che si concentra nei punti di chiusura key lock tra ghiera e connettore oppure nella parte in cui si trova il perno dove è incernierata la leva.

CONCLUSIONI

Come si poteva presumere il caricamento su più assi di un moschettono, a parte qualche caso specifico, riduce la sua forza finale. La riduzione è diversa a seconda della geometria del moschettono, varia anche in base al processo costruttivo adottato e diverse risultano anche le modalità di rottura. L'attrezzatura da scalata oggi giorno, in generale, è piuttosto resistente ma quest'affermazione ha il suo fondamento, se i vari materiali sono impiegati nel modo per cui sono stati progettati e in situazioni di carico tipiche. Abbiamo già visto nella prima parte di questa analisi come nel caso dei connettori, se ci si allontana

dall'uso ideale (carico che si sviluppa lungo il loro asse principale), si può arrivare a una riduzione della resistenza molto pericolosa. Questo effetto come abbiamo visto è stato evidenziato nei nostri test anche nel caso di una trazione fuori asse triassiale o quadriassiale.

Si ribadisce quindi che è sempre meglio avere il carico allineato con il dorso del moschettono e la leva chiusa, cercando di non consentire carichi multidirezionali che potrebbero comprometterne la resistenza.

Ricordiamo, inoltre, che tutti i risultati sopra descritti, sono stati ottenuti mediante prove di tipo statico. Sarà interessante valutare il comportamento dei connettori caricati "fuori asse", quando sottoposti ad un carico dinamico come quello derivante dalla caduta di un arrampicatore.

RINGRAZIAMENTI

Un doveroso e sentito ringraziamento all'amico e tecnico del laboratorio del CAI Sandro Bavaresco, la cui competenza e professionalità sono sempre di fondamentale importanza nell'esecuzione dei test.

NOTA

Il newton - "N" - è un'unità di misura della forza nel Sistema Internazionale; un N è la forza che applicata a una massa di 1 kg le imprime l'accelerazione di 1 m/s². Un decanewton - "daN" (10 newton) viene spesso usato perché equivale a circa 1 kg peso. Un kilonewton "kN" (1000 newton) equivale quindi a circa 100 kg peso.