

FETTUCCE: NORMAL, MIDI, MICRO...

Giuliano Bressan
CAAI
CSMT CAI

Massimo Polato
Sezione di Milano
CSMT VFG

Come per un apparato elettronico di ultima generazione, anche le fettucce utilizzate in alpinismo, hanno subito negli anni un processo di riduzione delle dimensioni.

Chi di noi non è mai stato tentato, almeno una volta, da quelle bellissime fettucce in Dyneema da 8 mm, così fine e leggere, simbolo della più recente tecnologia costruttiva in fatto di materiale alpinistico? È di questi dispositivi che vogliamo occuparci in quest'articolo, cercando di analizzarne, in modo oggettivo, le prestazioni.

L'avvento di nuovi materiali, in particolare dal mondo della nautica (in cui si ricercano alti carichi di rottura e basso assorbimento di acqua), ha portato anche in campo alpinistico delle novità.

Tralasciando le specificità di questi materiali (la cosa potrebbe essere oggetto di un lavoro successivo), vogliamo concentrarci su alcuni aspetti che riguardano le fettucce, elencando alcuni casi concreti di utilizzo in cui si potrebbero verificare delle criticità. In particolare vorremmo analizzare due tipi di impiego delle fettucce; uno legato al loro uso come protezione e l'altro riguardante il loro utilizzo nella costruzione di una sosta.

In particolare vorremmo rispondere ai seguenti quesiti:

- Se uniamo tra loro due fettucce (perché ad esempio vogliamo prolungare una protezione), con un nodo a strozzo, la loro resistenza ne risente?
- Esiste una controindicazione nel loro uso come collegamento degli ancoraggi di sosta?

Per dare risposta a queste domande abbiamo eseguito una serie di test, impiegando una gran quantità di fettucce di varia larghezza e materiale; in particolare abbiamo preso in considerazione questi tipi di fettucce precucite: Nylon larghezza 15 mm, Dyneema larghezza 12 mm e Dyneema larghezza 8 mm.

TEST A TRAZIONE LENTA

Per cercare di rispondere alla prima domanda, abbiamo iniziato una serie di test sia statici sia dinamici.

Ogni alpinista può portare con sé differenti fettucce di diversi materiali e, nel prolungare una protezione, può dare origine a un mix di situazioni totalmente casuali; tra la grande varietà di casi possibili, ne abbiamo isolati quattro che riteniamo significativi ai fini della nostra analisi.

Nello specifico, abbiamo individuato due tipi di giunzione

degli anelli di fettuccia precucita; una generata da un nodo a strozzo e l'altra da un nodo piano. Il passo successivo, nella creazione del "mix" di situazioni, è stato quello di unire assieme differenti tipologie di larghezze e materiali. Nell'immagine 1, due esempi delle combinazioni appena esposte: nodo a strozzo (a sinistra) e piano (a destra), utilizzando le fettucce in Dyneema da 8 e 12 mm. Stessa cosa vale per il sistema Dyneema 8 mm - Nylon 15 mm.

I test a trazione lenta, eseguiti presso il laboratorio del Centro Studi Materiali e Tecniche del CAI, hanno evidenziato che a causa dell'"effetto" nodo che viene a crearsi, la resistenza meccanica del sistema si riduce di molto rispetto a quella della singola fettuccia. Ricordiamo che per una fettuccia precucita, il valore di resistenza minima prescritto dalla norma EN-566, è di 22 kN.

Nella tabella si riportano i carichi medi ottenuti nelle prove effettuate con le varie configurazioni in precedenza descritte.

tipo prova	carico medio (daN)
CASO A (nodo a strozzo)	
Dyneema 8 mm / Dyneema 12 mm	1346
Dyneema 8 mm / Nylon 15 mm	1401
CASO B (nodo piano)	
Dyneema 8 mm / Dyneema 12 mm	1355
Dyneema 8 mm / Nylon 15 mm	1161

TEST DINAMICI A FATTORE DI CADUTA 1

Una volta analizzato il comportamento delle fettucce accoppiate assieme a trazione lenta, siamo passati ai test dinamici eseguiti all'apparecchio Dodero del laboratorio del CSMT, opportunamente configurato per eseguire le prove (immagine 2).

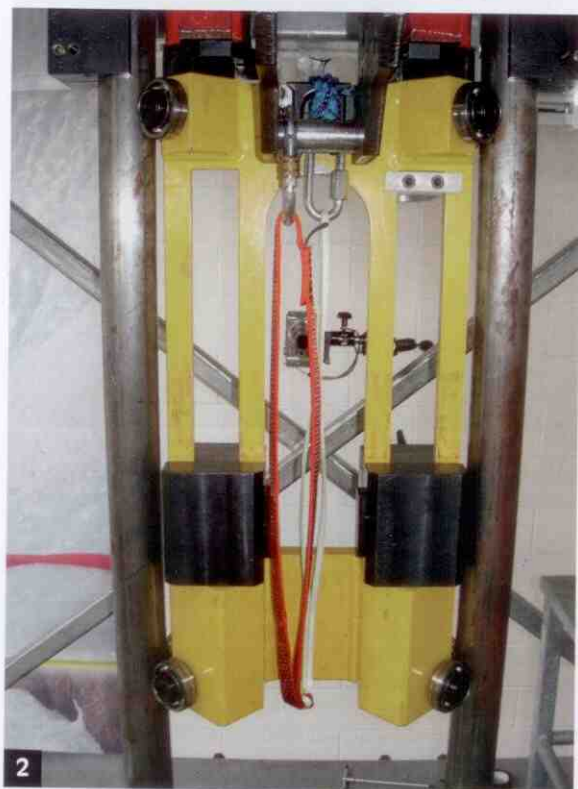
Le prove sono state effettuate a fattore di caduta 1 per comodità operativa. Nella realtà la situazione classica prevede l'arrampicatore che sale, predispone il rinvio e poi cade; è evidente che si verifica una situazione meno critica rispetto al test ma, nello studio dei materiali alpinistici, è bene porsi sempre nella situazione peggiore.

La massa di 80 kg, viene fatta cadere dalla posizione in cui si vede nell'immagine 2 e quindi la caduta può essere pari al massimo alla lunghezza delle due fettucce.

I risultati di questi test sono in perfetta sintonia con quan-



1



2

to si è visto in uno studio effettuato sulle "Longe", e con quanto compare in letteratura riguardo a delle prove, sullo stesso argomento, eseguite all'estero (vedi "Sling and anchor of outrageous fortune" di George McEwan).

Nel passare da materiali "dinamici" come il Nylon a materiali più "rigidi" come il Dyneema, il comportamento delle fettucce cambia. La resistenza meccanica dell'intero sistema formato dall'accoppiamento delle due fettucce, diminuisce bruscamente e, di conseguenza, il sistema cede. I dati riportati in tabella, rappresentano i carichi medi a cui le varie combinazioni hanno ceduto.

TEST DINAMICO (Caduta a FC=1)

tipo prova carico medio (daN)

CASO A (nodo a strozzo)	
Dyneema 8 mm / Dyneema 12 mm	432
Dyneema 8 mm / Nylon 15 mm	864
CASO B (nodo piano)	
Dyneema 8 mm / Dyneema 12 mm	442
Dyneema 8 mm / Nylon 15 mm	1067

Lo stesso tipo di test eseguito con delle fettucce in Nylon riutilizzate, produce dei risultati molto diversi; questo conferma quanto conosciamo sul differente comportamento tra Nylon e altri materiali più "rigidi", quando a questi ultimi, si affidi il compito di assorbire energia e non solo di trasmettere forze (v. Bressan G. - Polato M., *Longe e Daisy Chain: impieghi*; Annuario CAAI 2012-13). In questo caso nessuna fettuccia si è rotta ma, i valori medi di forza d'arresto registrati, si attestano attorno ai 1451 daN; si tratta comunque di carichi superiori a 1200 daN e siamo "solo" a fattore di caduta 1!

TEST CON IMPIEGO IN SOSTA

Per dare risposta alla seconda domanda che c'eravamo posti all'inizio, ci siamo spostati alla "Torre" del CSMT e abbiamo eseguito dei test, utilizzando sempre le tre tipologie di fettucce usate nelle prove precedenti, impiegandole nella costruzione di tre tipi di soste: una "mobile", una "semi-mobile" e una "fissa-bilanciata"; tutte su due ancoraggi. Per ognuna di queste, inoltre, abbiamo eseguito dei test ipotizzando due diverse situazioni operative:

- SENZA cedimento di un ancoraggio
- CON cedimento di un ancoraggio



1.1 UTILIZZO DELLE FETTUCCE IN SOSTA SENZA CEDIMENTO DI UN ANCORAGGIO

Nell'immagine 3, viene indicata la configurazione della prova con la fettuccia in Nylon 15 mm. Tale configurazione vale anche per le prove eseguite con gli altri tipi di fettuccia e di sosta.

La massa (di 80 kg), viene fatta cadere da un'altezza di 1,5 m sopra il vertice della sosta (quindi per una lunghezza di volo complessiva di ≈ 3 m), ed è collegata alla sosta in modo fisso (non vi è la presenza di alcun freno). In questo modo si simula la situazione più critica che possa succedere a una cordata, ovvero, la caduta del primo direttamente sulla sosta.

Quest'accorgimento è stato adottato per avere un elevato grado di ripetibilità in tutte le prove. È sicuramente una condizione di prova severa ma – ripetiamo - nello studio dei materiali alpinistici, è bene porsi sempre nella situazione peggiore (anche se ha bassa probabilità di verificarsi), perché se il sistema resiste in questa configurazione, a maggior ragione resisterà quando si troverà a lavorare in un modo migliore. Nel caso alpinistico, ricordiamo che il sistema si trova a lavorare in "condizioni migliori", quando tra la massa e il vertice della sosta è interposto un freno, che dissipa in gran parte l'energia di caduta. In questa prima situazione, si è visto come non ci sia sostanzialmente alcun problema per quel che riguarda tutti i tipi di fettuccia impiegati nell'utilizzo su sosta mobile e semimobile.

Alcune criticità si sono verificate con la sosta fissa-bilanciata nel caso delle fettucce in Dyneema da 8 mm, in cui

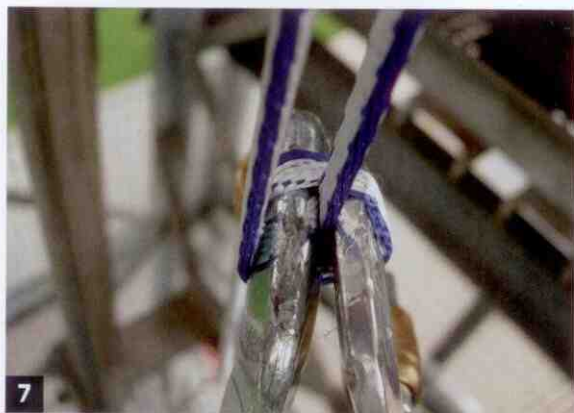


la fettuccia si è lesionata (immagini 4 e 5) nel nodo al vertice.

1.2 UTILIZZO DELLE FETTUCCE IN SOSTA CON CEDIMENTO DI UN ANCORAGGIO

Se nel caso precedente non si sono evidenziati particolari problemi, nell'esempio in cui uno dei due ancoraggi di sosta dovesse cedere, la questione si pone in termini ben più critici dal punto di vista del comportamento delle fettucce.

Il set-up di prova in questo caso è quello riportato nell'immagine 6 e il cedimento di uno degli ancoraggi è stato operativamente realizzato interponendo tra l'oc-



chiello della cella di carico di sinistra e il relativo moschettonone, un singolo trefolo di corda dinamica. Quest'accorgimento ci permette di avere la perfetta ripetibilità dell'evento per tutte le prove. Come nel caso precedente, questa configurazione è stata adottata per tutti i tipi di fettuccia presi in considerazione e per tutti e tre i tipi di sosta analizzati. La diversità di comportamento delle fettucce in risposta alle sollecitazioni esterne prodotte in questa seconda configurazione, come sopra accennato, è evidente. Vediamo di descrivere per ogni tipologia di sosta il comportamento dei diversi materiali.

2.1 SOSTA MOBILE CON CEDIMENTO

Nel caso di **SOSTA MOBILE**, emergono in maniera significativa alcune criticità sull'utilizzo delle fettucce nella sua costruzione. In caso di cedimento di un ancoraggio, infatti, il moschettonone che sta sul vertice della sosta, trascinato verso il basso dalla massa, va a impattare contro il moschettonone dell'ancoraggio che è saltato. Questo impatto fra i due moschettoni, può avvenire con due modalità diverse; in particolare può verificarsi che la fettuccia si trovi pizzicata tra i due moschettoni oppure no e queste eventualità, possono generarsi in maniera del tutto casuale (immagini 7 e 8).

Il risultato macroscopico di questi due tipi di comportamento è che se nel momento dell'impatto ci troviamo



nella situazione peggiore delle due, cioè nel caso in cui la fettuccia viene pizzicata tra i due moschettoni, il sistema:

- CEDE se la fettuccia è in Dyneema 8 mm (immagine 9);
- RESISTE nel caso di fettucce in Dyneema 12 mm e Nylon 15 mm.

In questo secondo caso, comunque, pur resistendo, le fettucce si lesionano in modo importante (immagini 10 e 11).



2.2 SOSTA SEMIMOBILE CON CEDIMENTO

Il secondo caso che prendiamo in esame è quello della **SOSTA SEMIMOBILE**.

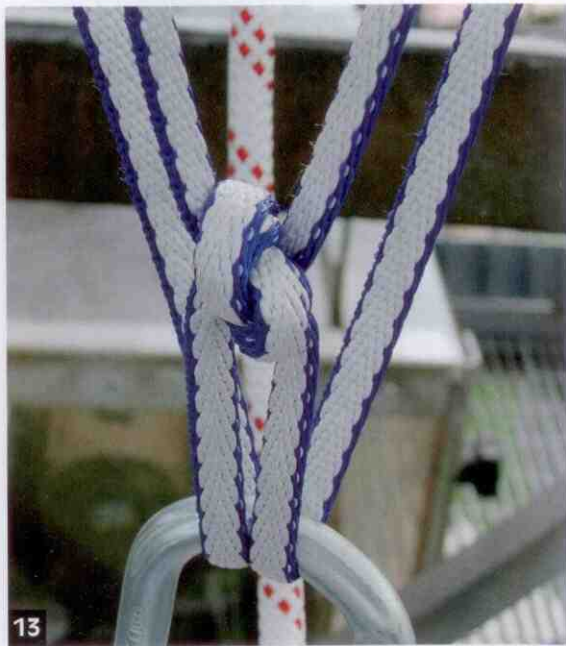
A differenza del caso precedente, il moschettono del vertice della sosta non va a impattare direttamente sul moschettono dell'ancoraggio che salta, perché vi trova interposto il nodo che si fa per rendere la sosta in parte mobile. In tutte le nostre prove, questo nodo è stato fatto a circa 10 cm dal moschettono dell'ancoraggio.

Abbiamo detto che il moschettono del vertice non va a cozzare contro quello dell'ancoraggio che salta, ma anche in questa situazione succede qualcosa che tanto bene alle fettucce non fa...

Per spiegare il meccanismo che si innesca, immaginiamo di guardare al rallentatore la scena: una volta che la massa si trova nel punto più basso, comincia a sollecitare la sosta; il ramo vincolato dalla parte del fusibile entra in tensione e quest'ultimo, avendo una bassissima resistenza, salta.

A quel punto il moschettono del vertice scorre ad arrivare in battuta del nodo costruito vicino all'ancoraggio. Dovrebbe essere tutto finito, ma inizia invece un altro fenomeno. Il moschettono del vertice che è arrivato in battuta del nodo, continua a trazarlo e questo inizia a scorrere, generando calore e dissipando una parte di energia. Questo scorrimento continuerà fino a quando il sistema non raggiungerà un nuovo stato di equilibrio se i nodi, che rendono la sosta più o meno mobile, sono fatti vicino al vertice. Se, invece, i nodi sono fatti vicino ai moschettoni degli ancoraggi (come nel nostro caso), essendoci poca possibilità di scorrimento, il nodo scivolerà fino ad arrivare in battuta del moschettono (vedi immagine 12).

Rimane da fare un'ultima considerazione, riguardo a quanto appena spiegato, sulla natura del materiale della fettuccia. La fibra polietilenica essendo molto scivolosa tende ad



accentuare notevolmente il fenomeno di scorrimento sopra esposto; inoltre avendo anche un basso punto di fusione ($\approx 150^{\circ}\text{C}$), la cosa risulta ancor più preoccupante.

Non a caso in tutte le prove con questo tipo di sosta, le fettucce in Dyneema, sia da 8 o 12 mm, hanno ceduto. Il calore generato nello scorrimento ha indebolito la fettuccia al punto di fonderla. Anche il Nylon non è uscito molto bene da queste prove (si vede bene nell'immagine 12), e non sempre ha resistito.

2.3 SOSTA FISSA-BILANCIATA CON CEDIMENTO

L'ultimo caso considerato nell'utilizzo delle fettucce in sosta è quello della **SOSTA FISSA-BILANCIATA** (vedi particolare immagine 13).

Si tratta, di fatto, di una sosta fissa e quindi gode di due grandi vantaggi:

- Non è interamente compromessa, qualora un ramo che la compone venga, per qualche motivo, tranciato.
 - In caso di fuoriuscita di un ancoraggio, il vertice della sosta presenta un abbassamento minimo legato solo all'elasticità del materiale e alla strizione del nodo al vertice.
- In tutte le prove eseguite con gli anelli di fettuccia in Dyneema, sia nella versione da 8 mm che in quella da 12 mm, **il risultato è stato sempre il cedimento dell'intera sosta.** Quando salta uno dei due ancoraggi, il moschettono al vertice inizia a trazarlo il ramo dell'ancoraggio rimasto e a schiacciare il nodo al vertice. Con materiali molto scivolosi come il Dyneema, il nodo inizia a scorrere generando calore, raggiungendo molto velocemente la temperatura di fusione e la conseguente rottura.

Guardando attentamente nel punto di rottura si possono riconoscere due condizioni: una di fusione e una di strappo. Questo si verifica perché il processo di rottura avviene in due fasi: **una prima fase** in cui s'innesca un processo



di fusione sulle fibre esterne che, sfregando le une sulle altre durante lo scorrimento del nodo, portano a generare una quantità di calore sufficiente a raggiungere il punto di fusione; vi è poi, **una seconda fase**, in cui le fibre più interne non interessate dal processo di fusione (ma che comunque si sono riscaldate e che quindi perdono parte della loro resistenza meccanica), danno luogo a una sezione resistente che però è insufficiente per reggere alle forze esterne applicate, con conseguente cedimento. **Ricordiamo che il Dyneema ha una temperatura di fusione molto bassa, circa 150°C. Ecco perché, in genere, se ne sconsiglia (caldamente!) l'utilizzo in tutte quelle manovre dove vi sia un possibile scorrimento, quindi attrito e di conseguenza generazione di calore.**

Nelle prove in cui si è utilizzata la fettuccia di Nylon, le cose sono andate notevolmente meglio; nonostante vi siano segni di fusione della parte esterna della fettuccia e una forte strizione al nodo, il sistema ha sempre tenuto. La temperatura di fusione del Nylon è di circa 220°C; se

anche in questo caso si notano segni di fusione, significa quindi che la temperatura, generata durante lo scorrimento, è arrivata a questo valore. Si comprende bene, dunque, come il Dyneema si trovi in difficoltà poiché la sua temperatura di fusione è più bassa!

Nelle immagini 14, 15, e 16, si può verificare a livello macroscopico, lo stato finale delle varie fettucce alla fine dei test.

CONCLUSIONI E RINGRAZIAMENTI

Alla fine di queste numerose prove, cerchiamo di sintetizzare i risultati arrivando ad alcune conclusioni, distinguendole in base ai vari tipi di utilizzo delle fettucce. Per quel che riguarda l'accoppiare insieme due fettucce per prolungare una protezione, perlomeno nelle modalità qui testate, non sembra essere una gran bella soluzione. L'uso di materiali diversi, di larghezze differenti e il relativo nodo d'accoppiamento, generano un mix di fattori che portano a ridurre di molto il carico di rottura rispetto all'impiego di una singola fettuccia, anche se si tratta di materiali ad elevate prestazioni. Fa eccezione il caso "Nylon/Nylon", che garantisce ancora una certa riserva di resistenza anche se, in questo caso, la resistenza meccanica è inferiore a quella dei 22 kN prescritti dalla norma EN-566. Ci sentiamo di affermare, quindi, che se abbiamo la necessità (per i più svariati motivi) di prolungare una protezione, la cosa migliore è quella d'impiegare un unico anello precucito di lunghezza maggiore e non unirne due assieme; oppure di interporre tra i due anelli un moschettone. Possiamo altresì affermare che, per questo tipo d'impiego anche l'uso degli anelli precuciti in Dyneema di larghezza pari a 8 mm, non trova nessuna controindicazione!

Per quanto concerne l'uso degli anelli precuciti in Dyneema nella costruzione di una sosta, ci sentiamo di sconsigliarne l'impiego. Non tanto perché l'anello precucito porti in sé una più limitata resistenza meccanica (abbiamo visto che non è così), ma perché **in questo specifico impiego e nell'ipotesi di cedimento di un ancoraggio**, si crea una particolare condizione per cui questo tipo di dispositivi (che in altre situazioni, lo ripetiamo, si dimostrano molto resistenti) non sono assolutamente indicati.

Nella costruzione di soste, quindi, si consiglia l'uso di fettucce di adeguata larghezza in Nylon, o meglio, spezzoni di mezza corda dinamica.

Per finire, un particolare ringraziamento va all'amico e tecnico del laboratorio del CSMT Sandro Bavaresco, la cui presenza e competenza si rivelano sempre fondamentali nello svolgimento di tutte le attività effettuate presso la "Torre" e il laboratorio.

BIBLIOGRAFIA

- [1] CNSASA, *Tecnica di Roccia*; CAI, 2008.
- [2] CIMT VFG, *Sicurezza in pillole - Autoassicurazione in sosta con fettuccia pre-cucita*; LAV 1-2010.
- [3] Zoppello C., *La longe in speleologia*; LAV 1-2011.
- [4] Antonini G. - Piazza O., *Test sui materiali: le longes*; Il Soccorso Alpino, aprile 2012.
- [5] Bressan G. - Polato M., *Longe e Daisy Chain: impieghi*; Annuario CAAI 2012-13.