

RECISIONE ISTANTANEA DI CORDE SOTTO SFORZO

Lorenzo Contri
Sezione di Padova
Membro associato
della Comm. Materiali
e Tecniche VFG

I fenomeno, conseguente alla brusca applicazione alle corde di piccoli intagli, interessa le corde d'alpinismo, sulle quali è stato da tempo sperimentato, così come le funi d'acciaio portanti delle funivie e ogni altra fune che, in qualsiasi tipo di impiego, realizzi le condizioni di pericolo che verranno analizzate.

1. In base alla ricerca svolta, il fenomeno consiste nella rapida trasmissione, per attrito, degli sforzi dei fili, bruscamente interrotti, ai fili adiacenti, con innalzamento della loro sollecitazione fino a rottura, e conseguente propagazione a catena della lacerazione, di filo in filo o di trefolo in trefolo, a tutta la fune.

Dalle indagini sviluppate in campo sperimentale e su modelli numerici, risulta che perché ciò possa avvenire si devono anzitutto realizzare le sottoelencate condizioni preliminari, sempre verificate nelle corde da alpinismo:

- i fili di cui è composta la corda devono essere dotati di sufficientemente piccola deformabilità plastica assiale con riferimento al raggiungimento della rottura;
- tra i fili bruscamente interrotti, che si ritirano, e quelli adiacenti devono svilupparsi forze di attrito in grado di trasmettere a questi ultimi parte sensibile del loro sforzo, in relazione alle caratteristiche di avvolgimento dei fili nella fune e alla lunghezza della fune stessa.

Dovranno inoltre verificarsi le condizioni seguenti che interessano direttamente l'alpinista:

- lo sforzo applicato alla corda deve essere sufficientemente elevato in relazione all'entità dell'intaglio che si pratica;

- l'intaglio deve essere praticato tanto rapidamente da non permettere la redistribuzione dello sforzo sulla residua sezione della corda, a norma dell'equilibrio statico.

Il campo di maggiore interesse pratico dei valori dello sforzo di presollecitazione di una fune, per il fenomeno di cui si tratta, è quello superiore ad $1/3$ del suo carico di rottura; d'altra parte il valore massimo previsto per il carico di esercizio può raggiungere per esempio $1/2$ del carico di rottura.

Sforzi dell'ordine di $1/2 \div 1/3$ del valore di rottura si possono appunto verificare in una corda da alpinismo, nel breve intervallo di tempo in cui essa entra in azione per frenare la caduta di un alpinista, con riferimento alle condizioni di estremo bloccato e altezza di caduta doppia della lunghezza della corda interessata (fattore di caduta = 2). Ciò può verificarsi per il bloccaggio della corda in

una fessura o intorno ad uno spuntone, o per l'inzeppamento del sistema di frenamento graduale usualmente previsto. Questa situazione è di fondamentale importanza nella progettazione della corda, secondo la normativa europea che limita a 12 kN lo sforzo massimo che si può formare nella corda per la caduta di un corpo della massa di 80 kg, con riferimento alle condizioni geometriche più onerose per lo sforzo e cioè che l'altezza della caduta sia appunto doppia della lunghezza della corda in gioco. Si ricorda a tale riguardo che, superato il limitato valore dell'altezza di caduta per cui sono sensibili gli assorbimenti di energia da parte dei dispositivi di trasmissione dello sforzo al corpo umano e del corpo stesso, lo sforzo massimo suddetto dipende, per una data corda, solo dal rapporto fra l'altezza di caduta e la lunghezza della corda in gioco¹. Il valore massimo di tale rapporto o "fattore di caduta" è 2 e il dispositivo sperimentale "Doderò", di controllo per la concessione del "label EN", cui si riferisce il suddetto valore dello sforzo di 12 kN, realizza sostanzialmente condizioni del tipo suddetto (con una altezza di caduta di 4,6 m oltre all'allungamento della corda). Le corde "dinamiche"² per alpinismo, di cui si tratta, devono essere conseguentemente dotate di un sufficiente grado di deformabilità (si veda la norma UNI EN 892). Esse sono composte da una guaina intessuta e da un'anima di vari trefoli, il tutto in nylon, e presentano nei tipi normali di "corda intera", il diametro di $10 \div 11$ mm.

Nelle prove sperimentali sulle corde da alpinismo si sono applicati sforzi adeguati, agendo mediante argano. In tali condizioni si poteva allora anche segare "gradualmente" l'intera fune senza intervento di particolari fenomeni, realizzando lo sforzo mediante la sospensione di un carico corrispondente, in una progressiva e graduale incisione della sezione, ci si sarebbe dovuti ovviamente arrestare al valore necessario per sostenere il carico a livello della tensione di rottura.

Per meglio illustrare la peculiarità del fenomeno si è anche provato che incidendo preventivamente una corda da alpinismo fino a metà del suo spessore, questa era ancora in grado di sostenere lo sforzo di arresto di una caduta (compreso tra $1/3$ e $1/2$ del suo carico di rottura statico; l'esperimento è stato realizzato al "Doderò", incidendo la corda in posizione centrale.

2. Si espongono ora i risultati di una serie di prove eseguite su corde da alpinismo³ finalizzate alla determinazione della profondità di intaglio necessaria per innescare l'autotranciamento, in relazione all'entità degli sforzi ap-

INIZIATIVE
 PUBBLICITÀ
 PUBBLICITÀ

plicati. Gli intagli sono stati provocati con una lama di acciaio affilata, con filo rettilineo, la cui profondità di penetrazione nella corda poteva essere limitata con un dispositivo di arresto, di posizione graduabile con la sensibilità del decimo di millimetro.

Il diametro nominale della corda usata era di 11 mm; ne è stato in ogni modo misurato il diametro che, in relazione ai valori di sforzo prescelti, essa andava via via assumendo per effetto di contrazione trasversale. L'area della sezione intagliata è stata poi valutata geometricamente, come area del segmento circolare di freccia pari alla profondità regolata per l'incisione e quindi trascurandone le piccole variazioni conseguenti alla comprimibilità trasversale della fune e alla probabile lieve riduzione della zona incisa agli estremi della corda che delimitava il suddetto settore circolare.

La velocità di spostamento della lama tagliente è stata mantenuta a livelli molto alti, dell'ordine di 4 m/s.

Si sono così rilevati i valori sotto tabulati.

Si rileva la progressiva diminuzione del danno necessario per innescare il tranciamento, al crescere dello sforzo; il fenomeno può ovviamente aver luogo, a seguito di incisioni più rilevanti, in presenza di valori dello sforzo inferiori a quelli sperimentati.

Agli alpinisti si segnala che lo stesso fenomeno si è prodotto impiegando, in luogo della lama di acciaio, una scheggia tagliente di granito (con questo materiale si è sperimentato in laboratorio) ovviamente allora con profondità di intaglio non quantificabile.

Alcuni, rarissimi, incidenti mortali con tranciamento netto di corde nuove e di buona qualità, appaiono dovuti appunto all'incisione della corda da parte di un bordo tagliente di roccia, nel breve intervallo di tempo in cui si era realizzato lo sforzo di arresto di una caduta con estremo della corda bloccato.

3. Il fenomeno è stato riprodotto sperimentalmente anche in corde di acciaio. Le sue cause e modalità, qui esposte sinteticamente, sono potute essere controllate e analizzate in modelli numerici, di notevole complessità⁴.

Sforzo applicato:	6	8	10	12	kN
Diametro assunto dalla corda:	9,1	8,9	8,7	8,6	mm
Profondità dell'intaglio:					
- valore massimo per cui non è mai avvenuto l'innescò:	2,8	2,3	1,6	1,8	mm
- valore minimo per cui la corda si è sempre tranciata:	3,0	2,5	1,8	2,0	mm
Valori del rapporto fra l'area della sezione intagliata e quella totale	11	9	6	5	%

Note

1 - Questo è vero anche per la legge di deformabilità delle corde da alpinismo ben diverso da quello elastico-lineare.

2 - Condizioni di lavoro completamente diverse si verificano sulle corde usate in speleologia, come binari su cui muoversi con "disensori" e "ascensori".

3 - Materiale e attrezzature sono stati messi a disposizione dalla Commissione Materiali e Tecniche VFG del CAI nel Laboratorio del Dipartimento di Costruzioni e Trasporti dell'Università di Padova.

4 - La pubblicazione estesa dei risultati è prevista in una rivista tecnica di ingegneria a nome dei ricercatori: Lorenzo Contri, Stefano Secchi e Renato Vitalini.