

CORDE E SPIGOLI UNA RELAZIONE PERICOLOSA

Giuliano Bressan
CAAI - CSMT

Massimo Polato
Sezione di Milano
CSMT

La rottura di una corda in arrampicata, nei rari casi in cui accade, non avviene al contatto tra corda e moschettone, bensì al contatto violento con una lama di roccia (esclusi i casi di danneggiamento per eventi impropri come ad esempio l'effetto di acidi, caduta sassi, ecc.).

Questa situazione è pertanto differente da quanto previsto dalla Norma UIAA 101 e dalla corrispondente Norma Europea EN 892: qui, infatti, la rottura avviene su un orifizio arrotondato che simula la superficie di contatto determinata dalla presenza di un moschettone.

Nonostante la norma abbia i suoi pregi, si è dunque pensato, per circa mezzo secolo, di associarle una prova che simuli la rottura su uno spigolo di roccia. Questa esigenza recepita dalla Norma UIAA 108, fu poi sospesa nel 2004 perché non sufficientemente adatta a discriminare tra le varie corde.

Solo recentemente, grazie anche allo sviluppo della strumentazione, il CSMT (Centro Studi Materiali e Tecniche del CAI) è riuscito ad associare alla norma classica un test che tenta di simulare, per quanto possibile, questo evento [1]. La prova, denominata "Very Sharp Dodero", è ancora soggetta a discussioni e conferme pratiche, ma costituirà comunque un mezzo per migliorare le corde nei confronti dell'evento che ne comporta il maggior rischio di rottura.

CRONISTORIA E STATO DELL'ARTE

Chi s'interessa di materiali per l'alpinismo sa cos'è il DODERO: un'apparecchiatura inventata a Grenoble dal Professor Dodero per concepire una norma per la qualifica delle corde. Si era negli anni '50, e alle corde di canapa si sostituivano quelle in nylon, non solo più resistenti ma soprattutto più "elastiche". Fu un grande progresso dal punto di vista della costruzione delle corde perché, essendo più cedevoli, arrestavano più gradualmente la caduta generando forze di arresto più basse; ciò ha portato al doppio vantaggio di ridurre la probabilità di rottura e diminuire le sollecitazioni sul corpo umano.

Si poneva però il problema di come sottoporle a prova, come prescritto dalla neonata UIAA. Infatti non aveva più senso imporre un carico di rottura statico, perché il valore della forza di arresto variava secondo le caratteristiche elastiche della corda. Da qui la necessità di provarla mediante la caduta di una massa che l'UIAA scelse di 80 kg. La caduta, verticale, nel Dodero è guidata senza attrito lungo due colonne; la corda, fissata a un'estremità, passa

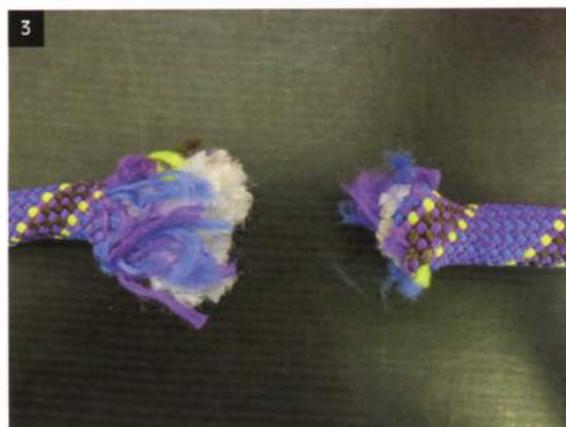
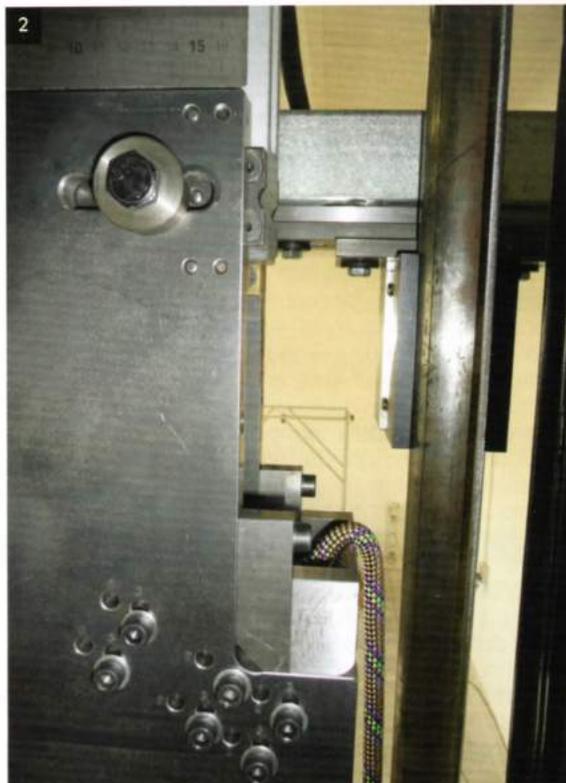
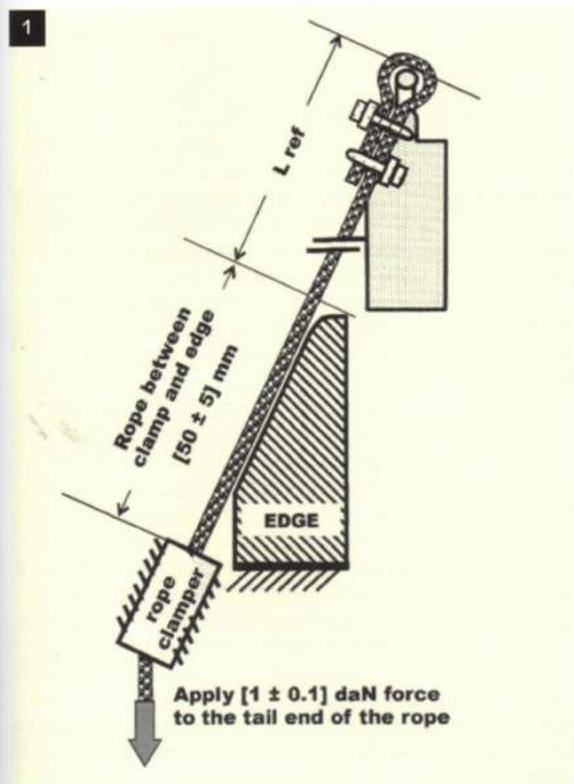
per un orifizio a bordo arrotondato che simula il moschettone. La massa sale sopra l'orifizio per tutta l'altezza concessa dalla lunghezza dello spezzone di corda, poi è lasciata cadere. La caduta libera (cioè fino al punto in cui la tensione inizia) è ovviamente il doppio della lunghezza della corda sporgente dall'orifizio. Il rapporto fra queste due lunghezze, che si chiama fattore di caduta (fc), vale dunque 2; questo è ovviamente il massimo valore di fc realizzabile (in realtà è un po' inferiore a 2, perché il sistema di bloccaggio consente un limitato scorrimento della corda attraverso l'orifizio).

Si sottopone quindi la corda alla massima sollecitazione possibile, perché se si scegliesse una maggiore altezza di caduta, lo sforzo non varierebbe. La forza di arresto dipende, infatti, solo dal fattore di caduta: se l'altezza di caduta cresce, cioè l'energia da assorbire cresce, cresce anche proporzionalmente la lunghezza di corda destinata a dissiparla tramite la sua elasticità.

Soluzione indubbiamente brillante; restava da decidere a quante cadute la corda dovesse resistere. Erano 2 ai primi tempi, poi con il miglioramento delle corde, dovuto anche all'esistenza della norma, il numero passò a 3, per finire a 5 nel 1979. Oggi si superano le 10-15 cadute.

Questa prova, assieme a vincoli sul massimo sforzo e sul massimo allungamento, costituisce ancora oggi l'essenza della Norma UIAA 101. Ciononostante, questa direttiva è stata fin dagli inizi criticata soprattutto riguardo al significato da attribuire, in particolare, alla grandezza definita come "resistenza dinamica della corda" (in pratica il numero di cadute che essa è in grado di sopportare nelle condizioni prescritte); un parametro questo che non è assimilabile a una quantità fisica misurabile in modo oggettivo e indipendente da altri fattori che portano a una certa variabilità dei risultati.

Non c'è dunque da stupirsi che fin dagli inizi si sia cercato di sostituire al numero di cadute una quantità fisica: l'energia assorbita dalla corda prima di rompersi. Un'altra critica importante al test Dodero fu presa in considerazione nei primi anni '80: come si è detto, la corda nell'uso reale non si rompe sul moschettone, ma per azione di spigoli di roccia, più o meno vivi. Si propose dunque di sostituire l'orifizio con uno spigolo. Ci si doveva ancora basare, data la strumentazione disponibile, sul numero di cadute. A fine anni '90, ritenendo di dovere escludere un approccio più ambizioso a causa delle inadeguatezze della strumentazione, Pit Schubert propose di limitarsi a introdurre, come Norma UIAA 108, una prova addizionale



di caduta su spigolo in acciaio, richiedendo la resistenza a una sola caduta. S'introduceva così, per le corde già soddisfacenti alla Norma UIAA 101, una nuova categoria di corde: quella per eventuali produttori che volessero dichiarare le proprie corde anche "resistenti a caduta su spigolo". Una prova di questo genere (passa/non passa) era chiaramente inadeguata a qualificare con sufficiente precisione una corda; fu comunque accettata perché presentata come prova volontaria, aggiuntiva al test classico. Usata da alcuni produttori, fu non considerata dai più. A questo punto, nel 2000, giunse la proposta del Centro Studi: valutare l'energia assorbita dalla corda fino al momento della sua rottura su spigolo. Ciò fu reso possibile dai progressi nella nostra strumentazione che consentono oggi di valutare l'energia assorbita dalla corda con accuratezza tale da qualificarla in modo significativo. Il no-

A lato:
 ■ Rappresentazione apparato test Very Sharp Dodero
 Sopra:
 ■ Assetto della corda sullo spigolo Sharp Edge (raggio 0.75 mm)
 ■ Esempio rottura corda con Dodero versione Sharp Edge

MATERIALI E TECNICHE

stro metodo fu presentato all'UIAA nel 2002; da allora molto lavoro è stato fatto per perfezionarne i dettagli, applicarlo ai confronti fra corde e, recentemente, allo studio delle stesse.

Per il test si usa il solito apparecchio Dodero, con un sistema di bloccaggio della corda per evitare il minimo scorrimento sia nella massa che nell'orifizio, sostituito rispetto alla versione standard con uno spigolo orizzontale in acciaio temprato; inoltre, il peso della massa viene elevato a 100 kg per avere la sicurezza che la corda si rompa alla prima caduta (Fig. 1-2-3).

La norma presentata dal Centro Studi è stata formalmente accettata a Chamonix nel giugno 2013 da parte della Safety Commission UIAA (e anche, poco dopo, a livello di preliminare norma europea), come prova aggiuntiva rispetto al test Dodero classico.

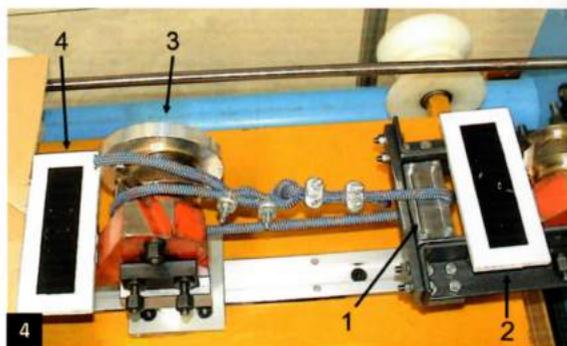
La versione attuale della norma (UIAA 101_7 - Maggio 2016), prevede che il produttore dichiari il valore dell'energia assorbita dalla corda a rottura per caduta su spigolo con massa di 100 kg.

IL CENTRO STUDI - ALTRE RICERCHE

Come già esposto il CSMT si è occupato e si dedica al problema della rottura di una corda in arrampicata da quasi vent'anni. Oltre a proporre la prova aggiuntiva UIAA, si sono svolte altre ricerche e sono attualmente in corso ulteriori test sull'argomento..

Di particolare interesse lo studio eseguito da Francesco Chifarin durante il suo lavoro di tesi di laurea triennale in Ingegneria Meccanica all'Università di Padova. La ricerca ha avuto origine da un testo tratto dal libro di Pit Schubert "Sicherheit und Risiko in Fels und Eis" (DAV, München, 1994). Basandosi sul fatto che dalle statistiche risulta che la quasi totalità delle rotture di corde da arrampicata è generata da spigoli taglienti di roccia [2][3], lo studio ha approfondito quest'argomento analizzando il comportamento delle corde dinamiche d'arrampicata nella tenuta su spigolo. In pratica, nelle prove effettuate nel laboratorio del Centro Studi, sono state utilizzate tre corde di diverso diametro e marca, da ciascuna delle quali si sono ricavati sei spezzoni: tre per la prova dinamica, svolta nella versione "very sharp" e tre per quella statica. Le prove dinamiche sono state eseguite al Dodero secondo la procedura "very sharp", mentre per la prova statica è stata utilizzata la macchina a trazione lenta, opportunamente modificata per applicare lo "sharp edge" in cui la corda, sottoposta allo stesso tipo di spigolo, viene tensionata lentamente fino a rottura (Fig. 4).

L'obiettivo del confronto tra i due test era distinguere le varie proprietà della corda su spigolo e capire se la prova dinamica può essere sostituita da un'unica prova statica che risulti più precisa, rapida, ripetibile ed economica; questo confronto era, in effetti, già stato proposto [4]. Risultati e analisi dei vari test sono esposti nella tesi "Analisi comparativa del comportamento a rottura di corde d'arrampicata in prove statiche e dinamiche" [5].



Prova statica: 1. Sharp Edge; 2. Marker fisso; 3. Marker mobile; 4. Testa mobile

PROVA SU SPIGOLO DELLE CORDE FACCIAMO IL PUNTO

Recentemente si sono verificati diversi casi di rotture di corde in arrampicata. Ricordiamo che le corde si possono tranciare se si bloccano (ad esempio su uno spuntone) o se entrano in tensione sfregando su uno spigolo (vedere il video del volo fino a terra di Michele Caminati, causato dalla corda che si è spezzata nella falesia di Curbar, in Inghilterra). <http://www.planetmountain.com/it/notizie/arrampicata/michele-caminati-e-il-video-della-caduta-shock.html>

Considerando proprio questa eventualità il Centro Studi ha iniziato un'indagine comparativa fra varie tipologie di corda, diverse per diametro e costruzione. Nelle prove sono stati analizzati 12 tipi di corda eseguendo i test al Dodero nella versione standard, sostituendo però l'orifizio a bordo arrotondato che simula il moschettone con uno spigolo di raggio 0.75 mm e utilizzando una massa di 80 kg. L'obiettivo proposto è valutare, in caso di volo, la capacità di assorbimento di energia alla rottura dei vari tipi di corda per confrontarne parametri e prestazioni. Nelle Tabelle 1-2-3 sono esposti i risultati dei vari test (per ragioni di correttezza non sono visibili i nomi dei produttori e delle corde). Analizzando i dati si può notare il diverso comportamento dei campioni testati: corda recisa sullo spigolo alla prima caduta, corda solo scamicciata (Fig. 5), corda scamicciata con rottura di qualche trefolo (Fig. 6). Per perfezionare lo studio abbiamo inoltre verificato, con test al Dodero versione standard (EN 892), se la forza di arresto alla prima caduta e il numero di colpi sopportati corrispondevano ai valori dichiarati dai produttori. Possiamo affermare che le prestazioni non sono mai state inferiori ai parametri esposti. Anzi, in diversi casi, vari tipi di corda hanno dato risultati addirittura superiori.

Si noti inoltre che alcuni tipi di corda, ben immagazzinati, sono parecchio longevi (1998, 2000, 2004 e 2010); i test confermano quindi quanto già esposto da Carlo Zanantoni sulla resistenza delle corde [6].

Volendo trarre qualche conclusione e fornire qualche utile suggerimento possiamo affermare:

- 1 - Acquistare corde in conformità alle seguenti indicazioni:
- Forza di arresto (FA) inferiore ai 1000 daN.
- Peso della corda sui 75÷80 gr/m.

MATERIALI E TECNICHE

Tab. 1 - Test DODERO Std Very Sharp (raggio 0.75 mm) - massa 80 kg - 28 settembre 2017

| Tipo corda | spessore n. | carico rottura kN | note |
|---|-------------|-------------------|-------------------------------|
| omologata: singola - mezza - gemellare diametro 8,9 mm - 2016 peso/metro 52 g/m calza 34% | A | 7,13 | rottura orifizio |
| | B | 7,39 | rottura orifizio |
| | C | 6,95 | rottura orifizio |
| omologata: singola diametro 9,5 mm - 2016 peso/metro 62 g/m calza 31% | A | 7,70 | scamiciata rottura 2/11 anime |
| | B | 7,95 | scamiciata rottura 4/11 anime |
| | C | 7,93 | scamiciata* |
| omologata: singola - mezza - gemellare diametro 8,7 mm - 2017 peso/metro 51 g/m calza 36% | A | 6,93 | rottura orifizio |
| | B | 6,68 | rottura orifizio |
| | C | 6,73 | rottura orifizio |
| omologata: singola diametro 9,5 mm - 2017 peso/metro 59 g/m calza 40% | A | 7,58 | rottura orifizio |
| | B | 8,13 | rottura orifizio |
| | C | 7,73 | scamiciata rottura 2/10 anime |

condizionate il 27 settembre 2017 umidità 50% temperatura 30°

* la corda si è rotta alla seconda prova, eseguita dopo i 5 minuti come da normativa

Tab. 2 - Test DODERO Std Very Sharp (raggio 0.75 mm) - massa 80 kg - 5 ottobre 2017

| Tipo corda | spessore n. | carico rottura kN | note |
|---|-------------|-------------------|-------------------------------|
| omologata: singola diametro 9,8 mm - 2015 peso/metro 62 g/m calza 40% | A | 7,59 | rottura orifizio |
| | B | 7,26 | rottura orifizio |
| | C | 7,41 | rottura orifizio |
| omologata: singola diametro 10 mm - 2016 peso/metro 63 g/m calza 41% | A | 7,29 | rottura orifizio |
| | B | 6,98 | rottura orifizio |
| | C | 7,17 | rottura orifizio |
| omologata: singola diametro 9,8 mm - 2016 peso/metro 61 g/m calza 33% | A | 7,02 | scamiciata* |
| | B | 6,63 | scamiciata rottura 1/10 anime |
| | C | 6,72 | scamiciata* |
| omologata: singola diametro 9,5 mm - 2016 peso/metro 57 g/m calza 35% | A | 6,63 | rottura orifizio |
| | B | 6,83 | rottura orifizio |
| | C | 6,74 | rottura orifizio |

condizionate il 4 ottobre 2017 umidità 50% temperatura 30°

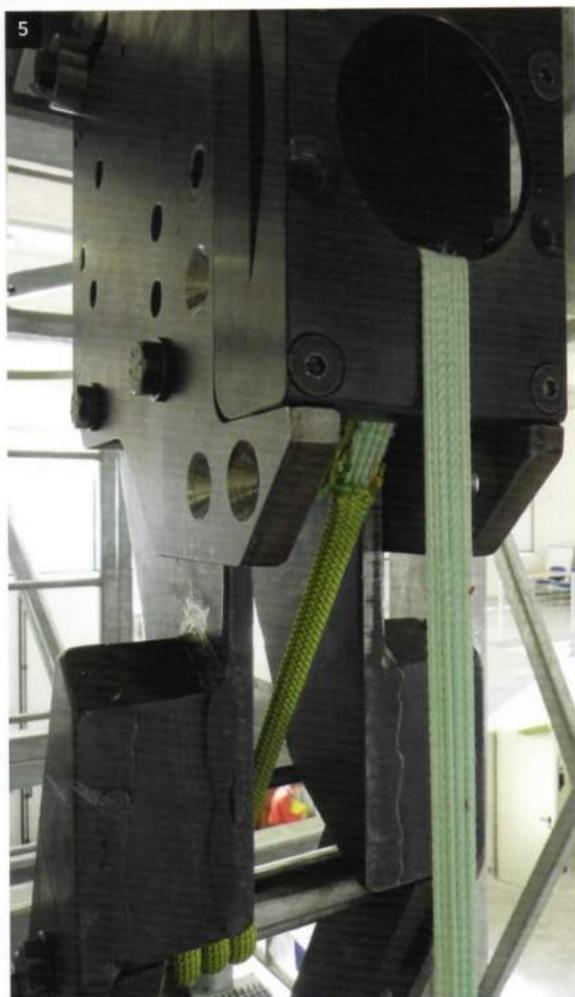
* la corda si è rotta alla seconda prova, eseguita dopo i 5 minuti come da normativa

Tab. 3 - Test DODERO Std Very Sharp (raggio 0.75 mm) - massa 80 kg - 12 ottobre 2017

| Tipo corda | spessore n. | carico rottura kN | note |
|--|-------------|-------------------|-------------------------------|
| omologata: singola diametro 10,5 mm - 1998 peso/metro 70 g/m calza 40% | A | 7,96 | rottura orifizio |
| | B | 7,94 | rottura orifizio |
| | C | 8,07 | rottura orifizio |
| omologata: singola diametro 10,5 mm - 2004 peso/metro 73 g/m calza 40% | A | 7,61 | scamiciata* |
| | B | 7,55 | scamiciata* |
| | C | 7,65 | scamiciata* |
| omologata: singola diametro 10,5 mm - 2000 peso/metro 70 g/m calza 41% | A | 6,78 | rottura orifizio |
| | B | 7,73 | rottura orifizio |
| | C | 7,04 | rottura orifizio |
| omologata: singola diametro 10,2 mm - 2010 peso/metro 70 g/m calza 40% | A | 7,88 | scamiciata* |
| | B | 7,54 | scamiciata* |
| | C | 7,57 | scamiciata rottura 4/11 anime |

condizionate il 11 ottobre 2017 umidità 50% temperatura 30°

* la corda si è rotta alla seconda prova, eseguita dopo i 5 minuti come da normativa



• Numero di cadute al Dodero almeno di 10÷12 (maggiori garanzie di sicurezza anche per uso prolungato).

2 - Eseguire sempre un attento esame visivo e tattile della corda dopo ogni suo impiego.

3 - Compilare un diario giornaliero su cui annotare i metri di arrampicata distinguendo tra i metri effettivi di progressione e i metri di arrampicata in moulinette o corda doppia. I danni arrecati dall'arrampicata in moulinette e/o da piccoli voli tipici dell'arrampicata sportiva, di solito sopportabili in falesia, potrebbero, infatti, risultare fatali al primo volo serio in montagna.

4 - Non usare mai la stessa corda per l'arrampicata sportiva e la pratica alpinistica in montagna.

Lo studio continua!

Sopra:
■ Corda scamicciata

Sopra a lato:
■ Corda scamicciata, e con trefolo rotto

BIBLIOGRAFIA

- [1] Bedogni V., Bressan G., Zanantoni C., "Rottura di una corda in arrampicata", CAI Montagne 360 aprile 2016
- [2] Schubert P., "Le corde si possono rompere? 1ª parte", Le Alpi Venete, febbraio 2000
- [3] Schubert P., "Le corde si possono rompere? 2ª parte", Le Alpi Venete, febbraio 2001
- [4] Melchiorri C., Casavola P., Zanantoni C., "Nuove attrezzature per studi sulle corde dinamiche", La Rivista del CAI, luglio-agosto 2003
- [5] Chitarin F., "Analisi comparativa del comportamento a rottura di corde da arrampicata in prove statiche e dinamiche per lo sviluppo di normative di sicurezza", Tesi Laurea, Università Studi Padova, A.A. 2011-12
- [6] Zanantoni C., "Le corde nel cassetto", La Rivista del CAI, marzo-aprile 1997

Gli articoli elencati in bibliografia sono scaricabili, in formato digitale, dal sito del CSMT:
www.caimateriali.org
(Articoli e Dispense Materiali Corde)