

Prova su spigolo delle corde. Facciamo il punto

Giuliano Bressan, Vittorio Bedogni, Carlo Zanantoni, con il supporto tecnico di Sandro Bavaresco

1 - Nota introduttiva

La rottura di una corda in arrampicata, nei rari casi in cui accade¹, non avviene al contatto tra corda e moschettone, bensì al contatto violento con una lama di roccia. Questa situazione è pertanto differente da quanto previsto dalla Norma 101 dell'UIAA (Unione Internazionale Associazioni Alpinistiche): qui, infatti, la rottura avviene su un orifizio arrotondato che simula il 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 venne recepita dalla Norma 108 dell'UIAA, che fu poi sospesa nel 2004 in quanto non sufficientemente adatta a discriminare tra varie corde, come si dirà nel seguito.

Solo recentemente, grazie anche allo sviluppo della strumentazione, il nostro CSMT è riuscito ad associare alla Norma classica una prova che tenta di simulare, per quanto possibile, questo evento. Essa 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.

2 - Un po' di storia

Chi s'interessa di materiali per l'alpinismo sa che cosa è il DODERO: un'apparecchiatura inventata a Grenoble dal Prof. 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, perché essendo più cedevoli arrestavano più gradualmente una caduta, così generando forze di arresto più basse, con il doppio vantaggio di ridurre la probabilità di rottura e di ridurre le sollecitazioni sul corpo umano.

Si poneva però il problema di come sottoporle a prova, come aveva deciso la UIAA, da pochi anni creata: 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 la UIAA scelse di 80 kg. La caduta, verticale, nel DODERO è guidata senza attrito lungo due colonne; la corda, fissata ad una estremità, passa per un orifizio a bordo arrotondato che simula il moschettone. La massa sale al di sopra dell'orifizio per tutta l'altezza concessa dalla lunghezza dello spezzone di corda, poi viene 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, vale dunque 2; questo è ovviamente il massimo valore possibile (in realtà è un po' inferiore a 2, perché il sistema di bloccaggio consente uno scorrimento dell'ordine di 10 cm attraverso l'orifizio). Si sottopone quindi la corda al massimo sforzo possibile, perché se si scegliesse una maggiore altezza di caduta, lo sforzo non varierebbe. È infatti facile convincersi che lo sforzo di arresto dipende 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 da assorbirla.

¹ esclusi i casi di danneggiamento per eventi impropri (acido, caduta sassi, etc.)

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 '79.

Questa prova, assieme a vincoli sul massimo sforzo e sul massimo allungamento, costituisce ancora oggi l'essenza della *norma* (in Inglese si dice *standard*). Non si pensi che non sia stata criticata; critiche ci sono state fin dagli inizi. La più seria riguardava il significato fisico del test, un misto di scorrimento e di sforzo di taglio, e la quantità soggetta a misura: il numero di cadute sostenute, cioè non un dato fisico, ma un numero, che fra l'altro perde significato tanto più quanto più cresce. Questo è particolarmente evidente al giorno d'oggi, poiché le corde, che facevano fatica a raggiungere le 5 cadute negli anni '70, oggi arrivano a 15 e più, e i numeri alti si perdono facilmente, come mostrano gli studi sull'usura in arrampicata: mentre per passare da 6 cadute a 5 ci vogliono anni di uso, per passare da 16 cadute a 15 bastano solo pochi metri di discesa in doppia (si prendano questi dati come qualitativi).

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. La prima iniziativa fu presa da Leonard McTernan, al National Engineering Laboratory, Glasgow, nei tardi anni '70. Non apportò modifiche alla struttura del DODERO, se non un aumento della massa, raddoppiata a 160 kg. Bisognava, infatti, portare la corda a rompersi alla prima caduta. Leonard ebbe difficoltà, con la strumentazione di allora, a registrare con opportuna precisione la tensione della corda e il suo allungamento. Sicché dopo un po' lasciò perdere.

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. Per ottenere un numero significativo di cadute, si scelse uno spigolo non molto tagliente (raggio di curvatura 0,75 mm), in granito. La forma era all'incirca quella dello spigolo (in acciaio) rappresentato qualitativamente in **FIG. 1**. Autore della proposta fu Erich Kurzböck, che curava la produzione delle corde EDELWEISS per la ditta austriaca Teufelberger. Se ne occupò anche la nostra Commissione, che considerò l'opportunità di variare il fattore di caduta. L'idea non ebbe successo, perché il confronto fra corde non apparve convincente.

L'idea di introdurre la rottura su spigolo non fu però abbandonata; a fine anni '90, ritenendo di dovere escludere un approccio più ambizioso a causa delle inadeguatezze della strumentazione, Pit Schubert

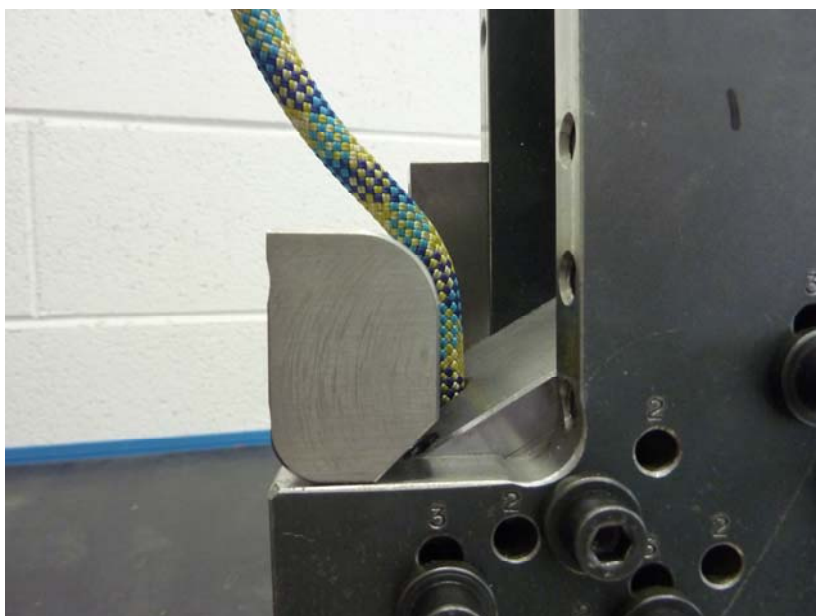


FIG. 1 – assetto della corda sullo spigolo

proposte di limitarsi a introdurre, come norma UIAA 108, una prova addizionale di caduta su spigolo in acciaio, della stessa forma di **FIG.1**, richiedendo la resistenza ad una sola caduta. Si introduceva così, per le corde già soddisfacenti alla Norma UIAA, una nuova categoria di corde: quelle che i produttori volessero dichiarare "*resistenti a caduta su spigolo*". Una prova di questo genere (passa/non passa) era chiaramente inadeguata a qualificare con decente precisione una corda; fu comunque accettata perché non era presentata come alternativa, ma semplicemente associata alla prova classica. Usata da alcuni costruttori, fu snobbata dai più.

A questo punto, nel 2000, venne la proposta del nostro Centro Studi: si propose di valutare l'energia assorbita dalla corda fino al momento della sua rottura su spigolo. Perché così tardi? Ci si rese conto che finalmente la precisione della strumentazione era sufficiente a valutare l'energia assorbita dalla corda con accuratezza tale da qualificarla in modo significativo. Infatti la cella per la misura delle forze registrava con accuratezza di 0.1 % la tensione della corda alla frequenza di 1 millisecondo, un laser poteva misurare la posizione della massa durante la caduta con l'accuratezza di 2 mm. La conoscenza della forza che agisce sulla massa e della posizione di questa durante la caduta consente il calcolo dell'energia assorbita dalla corda. Il nostro 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 corde. Diamo alcune informazioni tecniche nel seguito; pensiamo però opportuno dire subito che l'esperienza nel calcolo dell'energia ha mostrato che non è più necessario l'uso del laser; è infatti più semplice e preciso ottenere la posizione della massa mediante il calcolo, partendo dalla registrazione della forza. Si usa quindi il solito apparecchio Dodero senza altra aggiunta che la sostituzione dell'orifizio con uno spigolo standard e l'accrescimento della massa a 100 kg per avere sicurezza che la corda si rompa alla prima caduta. Altra premessa opportuna: la prova su spigolo è vista come prova addizionale, non sostitutiva, rispetto alla prova classica DODERO.

3 - Alcuni dettagli tecnici

Il CSMT (Centro Studi Materiali e Tecniche del CAI) lavora in questo campo da più di dieci anni; questo suggerisce quanto sia stato difficile fare scelte e superare le critiche e le opposizioni cui faremo cenno. Un primo punto critico fu quello di scegliere se usare uno spigolo che generasse, almeno in parte, un'azione di taglio per scorrimento sulla corda, simulando l'azione di un coltello. Dopo lunghe riflessioni questo fu

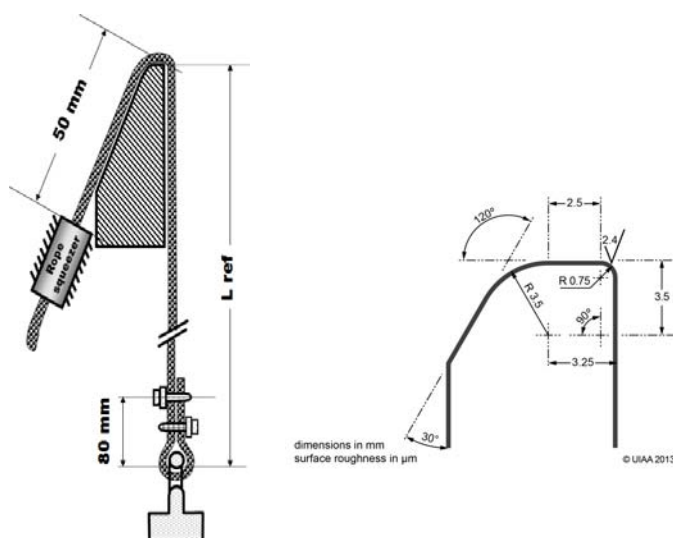


FIG. 2 – schema della prova secondo UIAA

escluso per una serie di motivi, per esempio la difficoltà di realizzare lo slittamento della corda sullo spigolo durante la caduta della massa e di evitare che l'energia assorbita dalla corda prima della rottura fosse troppo piccola o troppo dipendente dalla forma dello spigolo tagliente. Si decise anzitutto di usare uno spigolo orizzontale in acciaio temprato, senza allontanarsi troppo dalla forma descritta in **FIG.1**. Non entriamo nei dettagli, limitandoci a riportare, dallo Standard UIAA, la **FIG. 2** e a citare che il filo dello spigolo ha raggio di curvatura 0.75 mm.

Questo, oltre all'effetto di taglio, contribuisce a limitare lo scorrimento e quindi la tensione della corda nel tratto a monte dello spigolo, così riducendo la difficoltà di progettare un morsetto che non conceda uno scorrimento della corda superiore a 2 mm. È, infatti, necessario che la lunghezza dello spezzone di corda (L_{ref} in **FIG. 2**), responsabile dell'assorbimento di energia, sia conosciuta con precisione poiché l'energia assorbita deve ovviamente essere riferita all'unità di lunghezza (o all'unità di peso) di corda. Per lo stesso motivo il collegamento della corda alla massa che cade deve essere eseguito con morsetti (in questo ci si discosta dal DODERO classico che prevede un nodo a "otto"). In **FIG. 3** è riportato l'andamento della forza misurata con una cella di carico e l'energia assorbita come integrale della forza in funzione della posizione della massa. Si possono notare, sul lato sinistro del grafico, le oscillazioni prodotte dall'allungamento non

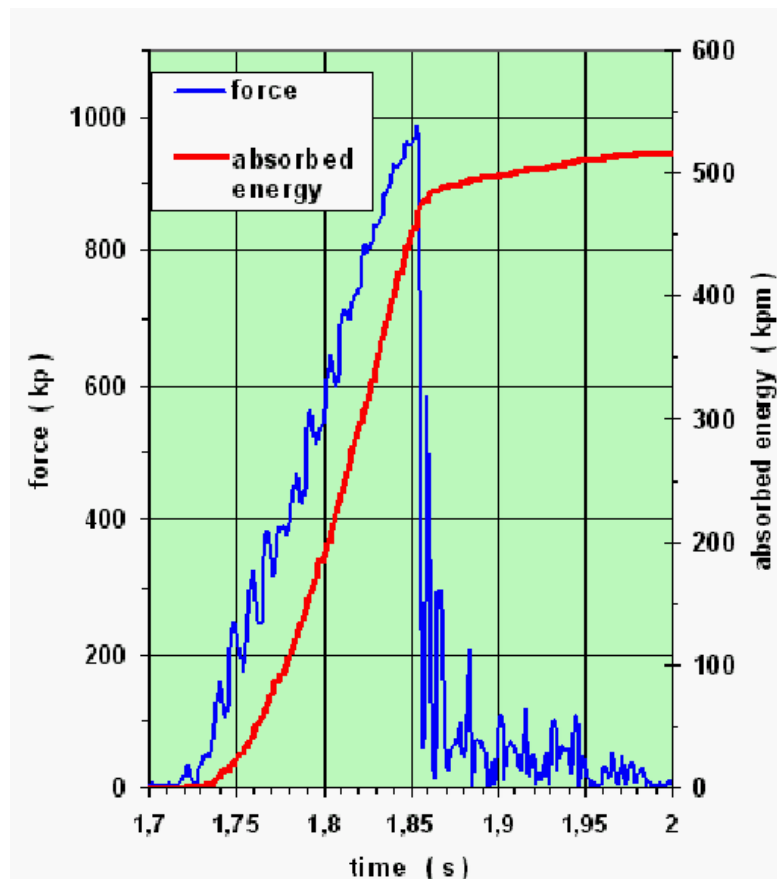


FIG. 3 – forza e assorbimento di energia a partire dalle misure di forza (cella) e di spostamenti (laser)

continuo della corda, cui si sovrappongono anche piccole oscillazioni del sistema di misura. Sul lato destro compaiono invece oscillazioni molto più importanti subito a valle della rottura: esse sono generate dal violento contraccolpo percepito dalla cella di carico a causa del repentino cedimento della corda che collassa istantaneamente in meno di un millesimo di secondo.

Difficoltà nel rendere perfettamente congruenti le forze e gli spostamenti misurati hanno portato a sostituire la misura dello spostamento con un'analisi numerica (metodo attualmente condiviso dalla

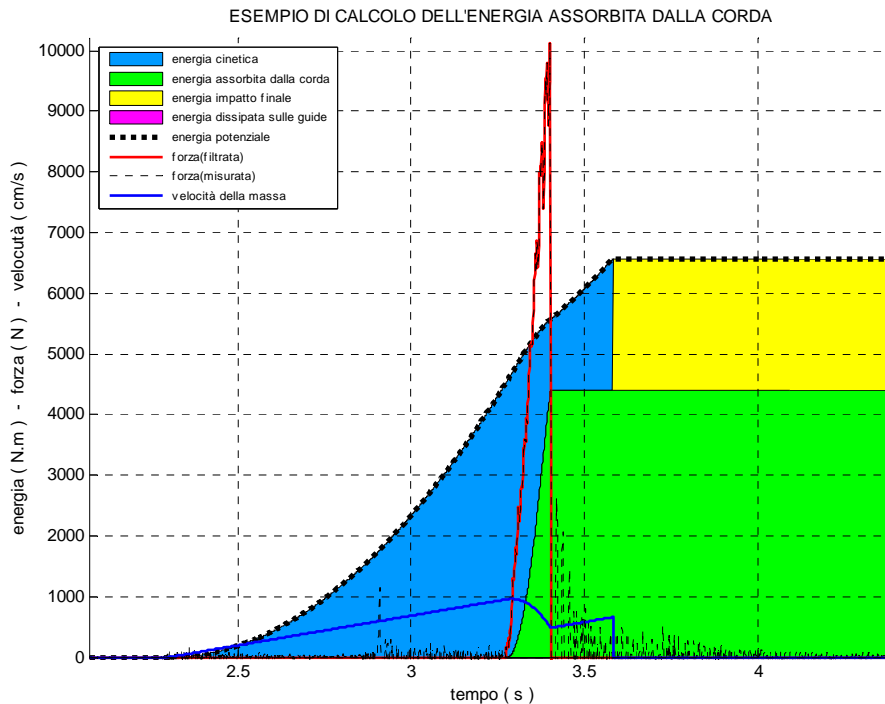


FIG. 4 – forza e assorbimento di energia mediante la misura della sola forza (cella), con l'utilizzo del modello numerico

Norma UIAA) mediante la doppia integrazione dell'accelerazione (a sua volta derivata dalla forza misurata). Il problema delle oscillazioni a valle della rottura è stato risolto mediante l'assunzione della definizione di "istante di rottura" come quello di sotto al quale la forza è minore di 400 daN. Nella **FIG. 4** sono rappresentate la forza generata dalla corda (curva rossa), l'energia cinetica della massa (area azzurra), l'energia assorbita dalla corda (area verde) e quella dissipata dall'impatto della massa a fine corsa (area gialla).

Un esempio di confronto fra corde è rappresentato in **FIG. 5**. Si noti che l'assorbimento di energia è dato per unità di lunghezza di corda (nella molto criticata unità di misura kilopond x metro /metro). I valori indicati si riferiscono a corde intere, escluso le ultime due a destra del grafico che si riferiscono a mezze corde.

4 - Lo stato dell'arte nelle discussioni internazionali

La norma da noi proposta è stata formalmente accettata a Chamonix nel giugno 2013 da parte della Safety Commission UIAA (e anche a livello working group CEN poco dopo) come prova aggiuntiva rispetto alla prova DODERO classica. L'accettazione della norma a livello CEN invece non è ancora completa, perché si attende un Round Robin Test (prova collettiva e confronto dei risultati) fra produttori di corde e laboratori certificati.

La versione attuale della norma prevede che il costruttore possa dichiarare il valore dell'energia assorbita dalla corda a rottura per caduta su spigolo con massa di 100 kg. Il risultato potrà essere presentato come indicato in **FIG. 6**, che fornisce anche visivamente la bontà della corda.

L'energia è espressa in kJ/m (si noti che 1 kJ = 1.02 kpond metro dove kJ = kilojoule e kilopond = kilogrammo-forza).

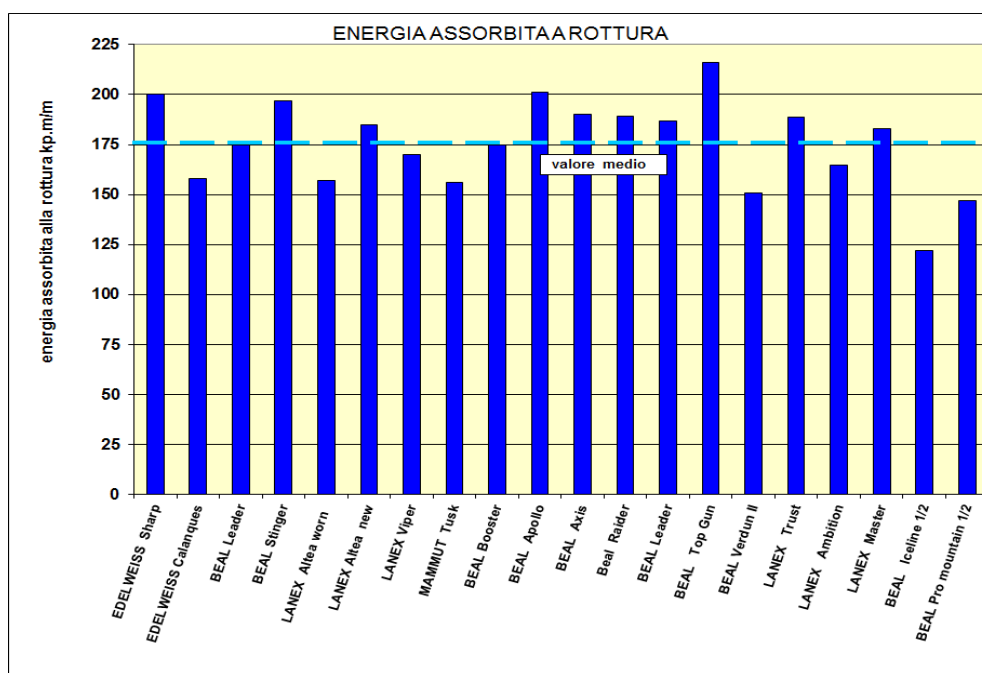


FIG. 5 – assorbimento di energia per unità di lunghezza per varie corde

All'infuori di un produttore, nessun altro ha ancora apportato le piccole modifiche al DODERO e soprattutto appreso a eseguire i calcoli, anche se abbiamo distribuito un software, scritto in linguaggio "SCILAB", che permette di valutare rapidamente l'energia assorbita fino alla rottura. Le principali resistenze vengono dai produttori tedeschi e svizzeri, per motivi che non hanno molto interesse dal punto di vista tecnico; preferiamo quindi non discuterli, perché poco pertinenti ai fini del discorso qui fatto. Citiamo invece la critica di un altro produttore: che le differenze percentuali fra corde, misurate come energia assorbita nelle prove su spigolo, sono minori di quelle, misurate in numero di cadute, in base al metodo DODERO classico. A parte la scarsa rilevanza ai fini dei problemi tecnici cui qui si fa cenno, ci pare che questa osservazione non meriti molta attenzione. Si può, infatti, obiettare che anche agli inizi delle ricerche basate sul DODERO classico le differenze fra corde erano più piccole di quelle che oggi si riscontrano: lo scopo della norma è

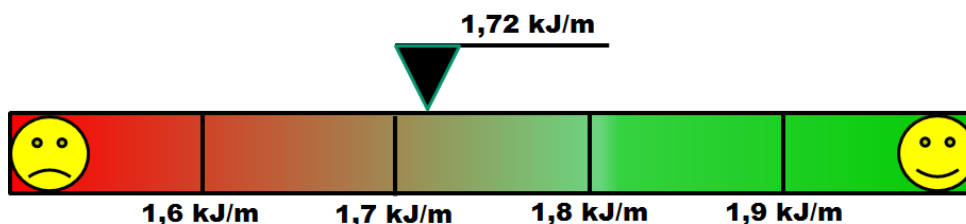


FIG. 6 – rappresentazione dell'energia assorbita fino a rottura da una corda

proprio fornire ai costruttori uno strumento di confronto stimolando la competizione, quindi migliorando le prestazioni delle corde. Notiamo inoltre che le differenze di cui si parla a proposito del metodo classico sono fra i numeri alti che, come abbiamo rilevato, hanno poco significato sia pratico che scientifico. Questo riduce l'incisività della critica. Si tratta dunque di obiezioni a livello puramente commerciale e di pubblicità ingannevole.