CONNETTORI TEST AL DODERO CON CADUTE RIPETUTE

Vi siete mai chiesti a quante sollecitazioni può resistere un connettore in seguito alla trattenuta di numerosi voli ripetuti? Per rispondere al quesito il CSMT ha eseguito una serie di prove utilizzando il Dodero del Laboratorio in una versione particolare che permette, tramite un sistema di controllo dedicato, di effettuare in modo automatico dei cicli di aggancio e sgancio della massa, con la possibilità di impostare l'altezza di caduta della massa e l'intervallo di tempo tra un volo e l'altro.

I TEST: GENERALITÀ E DESCRIZIONE

Nelle prove si sono utilizzati dei connettori CT (fig. 1) con carichi di rottura rispettivamente di 23 kN (asse maggiore - valore verificato in laboratorio), 8 kN (asse minore) e 8 kN (leva aperta - valore verificato in laboratorio).
Il connettore da provare che rappresentava il rinvio era inserito su un perno della testa del Dodero; il relativo trasduttore di forze ne trasmetteva i dati al software del PC per registrare i valori.
Nelle prove si sono utilizzate i seguenti tipi di corde[1]:
- corda singola Edelweiss Emotion Ø 10.5 mm - FAD 950 daN[2,3] (con massa 80 kg)
- corda singola Roca Tasmania Ø 10.5 mm - FAD 840 daN (con massa 80 kg)
- mezza corda Beal Verdon II Ø 8,9 mm - FAD 530 daN (con massa 55 kg)
- corda gemellare (twin) Mammut Gemini Ø 8,0 mm - FAD 1150 daN (con massa 80 kg)
- corda Edelrid Pro Line Swift Ø 8,9 mm (tripla omologazione) - FAD 880 daN (con massa 80 kg)

Tutte le tipologie di corde venivano bloccate con nodo barcaiolo alla base della struttura del Dodero (fig. 2), mentre sulla massa di 80 kg, impiegata in tutte le prove, il collegamento (come da norma EN-892 e UIAA-10 relativa alle Corde dinamiche per alpinismo) si realizzava tramite un nodo a otto per la corda singola e le corde gemellari (fig. 3 e 4) e con due nodi a otto per le mezze corde (fig. 5).
La lunghezza degli spezzoni (nodi inclusi) variava da 7.00 a 8.00 metri in dipendenza dal posizionamento della massa sopra al rinvio (fig. 6), rispettivamente di 1.00 e 2.00 metri; il tratto di corda dal connettore di base al rinvio, posizionato sul perno della testa del Dodero, era lungo circa 6.00 metri. Nelle due configurazioni a corda bloccata, i relativi FC (fattore di caduta)[4] erano quindi rispettivamente di 0.29 e di 0.50.
A ogni singolo spezzone sono stati applicati intervalli di sgancio-riaggancio di 60 e di 120 secondi. In pratica, eseguiti i collegamenti dello spezzone alla base della struttura e sulla massa, venivano impostati sul PC del Dodero le altezze e i tempi di sgancio e riaggancio; il software provvedeva quindi automaticamente a portare all'altezza stabilita la massa, a sganciarla registrandone il valore della forza d'arresto e a riagganciarla riportandola alla quota stabilita. Il procedimento proseguiva fino alla rottura dello spezzone che veniva ovviamente sostituito di volta in volta; veniva così simulata la caduta ripetuta di un alpinista a corda bloccata sul connettore di rinvio, valutandone carichi e resistenza.

1

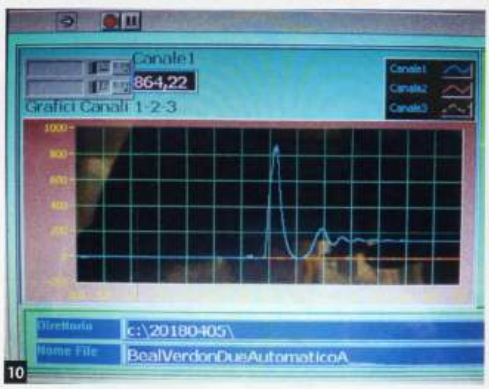
Giuliano Bressan
CAAI
CSMT

Massimo Polato
Sezione di Mirano
CSMT

RISULTATI

I test, finalizzati a determinare numericamente le sollecitazioni sostenute dal connettore in seguito alla trattenuta di molteplici voli ripetuti, hanno consentito di trarre anche interessanti e utili riscontri sul comportamento della "Forza di Arresto" e dell'usura nei vari tipi di corda all'aumentare del numero delle prove.

Sulle corde in particolare si è visto come le differenze tra il diverso diametro, il rapporto calza-anima e la loro costruzione ne abbiano condizionato l'usura, derivante dallo scorrimento del tratto a contatto con il rinvio durante la fase di caduta; questo causava, nel corso progressivo dei test, un deperimento dei filamenti della calza con conseguente scamiciamento e successive rotture dei trefoli fino a rottura della corda stessa. Il suddetto comportamento si è verificato soprattutto con corde di diametro maggiore (Edelweiss Emotion e Roca Tasmania Ø 10.5 mm) e con costruzione diversa (Roca Tasmania) (fig. 7). Nelle prove con le



mezze corde e le gemellari, eccetto il normale e progressivo deperimento (fig. 8 e 9), non si è mai verificato lo scamiciamento, bensì la rottura prima di una corda e poi, dopo numerose altre cadute, della seconda. Tale comportamento deriva dal diverso scorrimento e dalla conseguente differente trazione, nella fase di caduta e di arresto della massa, di una corda sull'altra causata dalla convessità del connettore e dal diverso collegamento degli spezzoni alla massa (fig. 4, 5 e 6). I carichi al rinvio hanno ovviamente registrato un progressivo aumento sino a raggiungere la rottura dello spezzone (fig. 10).
Nei test lo spezzone una volta giunto a rottura veniva sostituito con uno nuovo, mentre il connettore di rinvio restava collegato al perno della testa del Dodero. La rottura degli spezzoni, anche in questi casi, dipendeva dal diametro e dalla diversa costruzione delle corde, dalle diverse altezze di caduta e soprattutto dai tempi di intervallo tra una caduta e l'altra. Per portare a rottura i vari spezzoni sono stati necessari tempi variabili da 1.30 ore a 10 ore circa.
Nel caso delle corde singole (Edelweiss Emotion Ø 10.5 mm, Roca Tasmania Ø 10.5 mm e Edelrid Pro Line Swift Ø 8,9 mm), si sono rilevati un numero di voli compresi tra 29 e 171; alcuni esempi:

altezza 1 m, tempo 60 s = 80 min, 151 max
altezza 1 m, tempo 120 s = 83 min, 171 max
altezza 2 m, tempo 60 s = 29 min, 74 max
altezza 2 m, tempo 120 s = 41 min, 96 max

Nei test eseguiti con le mezze corde (Beal Verdon II Ø 8,9 mm) e con le corde gemellari (Mammut Gemini Ø 8,0 mm), il numero delle cadute si collocava invece su valori compresi tra 92 e 309, cifre ben più alte, rispetto ai test su corde singole, perché non si è mai verificato lo scamiciamento ma la rottura prima di una corda e poi, dopo numerose altre cadute, dell'altra (tab. 1 e 2).
Soggetto principale dello studio era però il connettore; i test hanno rilevato anche qui sostanziali differenze tra la prima serie di test, in cui si sono utiliz-

TABELLA 1

Corda singola Edelweiss Emotion Ø 10.5 mm - FAD 950 daN (12 trefoli)

	prova n°	forza arresto daN	distanza massima m	note
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	631.35	3.49	
	79	646.51	4.84	scamiciata-rottura trefoli
	80	716.63	6.17	rotta sul moschettone
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	612.25	3.66	
	81	845.56	4.27	scamiciata-restano 6 trefoli
	82	701.97	4.75	restano 5 trefoli
	83	735.96	6.14	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	766.51	6.05	
	73	1227.78	5.55	
	74	1013.43	7.18	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	747.17	6.21	
	56	1144.17	7.01	
	58	915.12	7.16	rotta sul moschettone

Corda singola Roca Tasmania Ø 10.5 mm - FAD 840 daN (4 trefoli intrecciati)

	prova n°	forza arresto daN	distanza massima m	note
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	653.02	3.23	
	126	1017.54	4.01	scamiciata
	150	780.87	5.10	rottura 1 trefolo
	151	452.82	6.17	rotta sul moschettone
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	647.17	3.27	
	170	1039.92	5.00	
	171	964.21	6.18	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	820.18	5.74	
	29	1233.61	6.71	
	30	1102.99	7.18	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	781.52	5.31	
	73	1153.48	6.13	scamiciata
	95	1193.09	6.67	rottura 1 trefolo
	96	765.52	6.98	rotta sul moschettone

Corda Edelrid Pro Line Swift Ø 8,9 mm - FAD 880 daN (10 trefoli)

	prova n°	forza arresto daN	distanza massima m	note
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	607.97	3.22	
	79	944.61	3.82	
	80	805.08	6.17	rotta sul moschettone
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	611.31	3.30	
	91	920.78	3.79	
	92	755.53	6.18	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	765.21	5.26	
	28	1206.16	5.95	
	29	972.75	6.98	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	750.99	5.17	
	40	1168.01	5.84	
	41	1112.92	6.99	rotta sul moschettone

Nella tabella sono riportati i valori riferiti alla prima prova, a prove intermedie e alle ultime due-tre (vedere anche note).

zati solo spezzoni di corde intere, rispetto alla seconda serie con le mezze corde e le gemellari:
1ª serie di test = rottura del primo connettore dopo 1171 prove (fig. 11).
2ª serie di test = rottura del secondo connettore dopo 1009 prove (fig. 12).
Una terza serie di prove con utilizzo di corde gemellari presenta tuttora un connettore integro dopo 1149 prove (fig. 1).

CONCLUSIONI

I test hanno confermato come il connettore caricato correttamente lungo l'asse maggiore presenti ampi margini di sicurezza anche nel caso di più cadute.
Si ricorda che nello studio i test erano eseguiti a corda bloccata e che conseguentemente i valori registrati sono più elevati rispetto a quelli che si sarebbero ottenuti a corda frenata. I valori di carico registrati sono compresi nei seguenti intervalli:
608÷1234 daN per le corde singole e 619÷1032 daN per le mezze e gemellari; pur raggiungendo valori rilevanti è confortante verificare come i connettori risultino funzionanti anche nel caso di sollecitazioni ripetute che non coincidono propriamente con quelle per le quali questi dispositivi sono progettati.
Sottolineiamo che il numero di colpi sopportati dai connettori si riferisce ad una situazione tale per cui la forza veniva applicata sempre lungo l'asse maggiore e con la leva del moschettone chiusa.
Il CSMT ha comunque in previsione la ripresa dello studio con l'impiego di altre tipologie di connettori, di tempi e di altezze diverse. Un ulteriore approfondimento potrebbe riguardare l'indagine microstrutturale della sezione collassata per verificare la tipologia di frattura o la presenza di fenomeni di fatica derivanti dalle minime deformazioni che si generano nel moschettone durante le fasi di carico che si verificano (una legata all'arresto della massa che cade e una derivante dall'aggancio del carrello sulla massa per ripescarla).

TABELLA 2

Corde mezze Beal Verdon II Ø 8,9 mm - FAD 530 daN (con massa 55 kg)

	prova n°	forza arresto daN	distanza massima m	note
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	631.77	3.22	
	163	680.08	3.94	rotta sul moschettone *
	172	787.86	6.17	rotta sul moschettone
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	618.93	3.28	
	287	770.18	3.88	rotta sul moschettone *
	309	811.17	6.17	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	738.93	5.22	
	75	899.16	5.90	rotta sul moschettone *
	92	773.38	6.96	rotta sul moschettone
quota impostata = 2 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120" cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	807.25	5,61	
	77	889.48	6.57	rotta sul moschettone *
	95	1015.56	6.97	rotta sul moschettone

* si è rotta la corda di destra

Corde twin Mammut Gemini Ø 8,0 mm - FAD 1150 daN

	prova n°	forza arresto daN	distanza massima m	note
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 60 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	693.27	3.06	
	195	951.95	3.44	
	196	790.12	3.56	rotta sul moschettone *
	235	944.48	4.32	
	236	818.17	6.16	rotta sul moschettone
quota impostata = 1 m sopra rinvio intervallo sgangio = 120 " cicli impostati = 100 massa 80 kg	1	702.71	2.98	
	208	1032.00	3.58	
	219	863.32	3.75	rotta sul moschettone *
	250	1001.79	4.64	
	252	726.08	6.16	rotta sul moschettone

* si è rotta la corda di sinistra che scorreva sullo spigolo del moschettone
Nella tabella sono riportati i valori riferiti alla prima prova, a prove intermedie e alle ultime due-tre (vedere anche note).

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.

NOTE

1 - Corda singola: è in grado di arrestare la caduta libera di una persona di 80 kg limitando la FAD a 12 kN (1200 daN); viene provata singolarmente al Dodero con massa di 80 kg.
Mezza corda: utilizzata normalmente in coppia può trovarsi a sostenere singolarmente una caduta, nel caso in cui le due corde vengano inserite alternativamente nei rinvii. Per questo motivo la mezza corda viene provata singolarmente con massa di 55 kg e la FAD non deve superare 8 kN (800 daN).
Corda gemellare (twin): deve essere utilizzata accoppiata, come se fosse una sola corda singola. Le corde gemellari vengono provate in coppia con una massa di 80 kg e la FAD non deve superare 12 kN (1200 daN).
Attualmente nel mercato sono presenti corde con "tripla omologazione"; possono cioè essere utilizzate come corda singola, mezza o gemellare.
2 - FAD (Forza Arresto Dodero): s'intende la "Forza di Arresto" misurata durante l'omologazione al Dodero; il valore viene riportato nel manuale d'istruzione delle corde.
3 - 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/s^.
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.
4 - Fattore di caduta (FC): si intende il rapporto tra la lunghezza del volo Lv e la lunghezza di corda interessata Lc; in formula FC = Lv/Lc.
Ha senso parlare di fattore di caduta solo nel caso in cui la corda sia bloccata in sosta. Infatti, l'energia in gioco in una caduta dipende dall'altezza del volo che, nel caso in cui la corda sia bloccata, viene assorbita dalla corda mediante la sua deformazione; maggiore è l'altezza di caduta, maggiore sarà l'energia cinetica da dissipare. In tal caso ha però senso misurare anche la lunghezza di corda che interviene a dissipare tale energia: maggiore è la lunghezza di corda, maggiore è la sua capacità di assorbire energia.

ERRATA CORRIGE

In riferimento al contributo *"Connettori: resistenza alla rottura fuori asse. Quarta parte"* pubblicato in LAV II/2024 nella rubrica *Materiali e Tecniche* (p. 227), la colonna della tabella titolata *"materiale"* vede nella prima cella "Ergal" e nella seconda "Acciaio AISI 316". La corretta interpretazione, invece, è quella opposta, come indicato più sotto:

materiale	carico di rottura [N/mm²]	carico di snervamento [N/mm²]	Modulo Elastico [Mpa]	densità [kg/m³]
Acciaio AISI 316	500 ÷ 700	200	200000	≈7900
Ergal®	510 ÷ 570	503	70000	≈2700