CORDA FISSA CARICHI E TENSIONI

Giuliano Bressan
CAAI, CSMT

Massimo Polato
Sezione di Mirano CSMT-VFG

Paolo Ramous
Sezione di Padova CSMT-VFG

Un argomento che ultimamente genera molto interesse, soprattutto in campo escursionistico è quello riguardante le corde fisse; in particolare da più parti sono giunte al CSMT delle richieste di chiarimento riguardo ai carichi che si generano nei vari elementi: corda e ancoraggi. Per rispondere ai vari quesiti, sfatare alcune convinzioni e cercare di fare un po' di chiarezza sull'argomento, abbiamo eseguito delle apposite prove presso il Laboratorio e la Torre del Centro Studi Materiali e Tecniche del CAI.
Scopo delle prove: definire e misurare i carichi che si scaricano agli ancoraggi e le tensioni che si generano nella corda durante la sua posa. Tutto questo riguardo al tipo di corda utilizzato (singola, mezza e statica) e ai sistemi utilizzati per mettere in tensione la corda stessa, che nel caso specifico sono il sistema a carrucola (figura 1) e il paranco doppio con piastrina autobloccante.
Abbiamo scelto questi due sistemi per capire se vi fosse così tanta differenza tra loro pensando anche al tipo di materiale di cui, normalmente, un escursionista è dotato.

I TEST IN LABORATORIO

Nelle varie prove è stata simulata la situazione di una corda tesa tra due ancoraggi posti a una distanza di 12 m e caricata in mezzeria (figura 2). Da una parte la corda era fissata a un ancoraggio tramite un nodo delle guide con frizione, posto a un'altezza dal suolo di 1,5 m; dall'altro si applicava la tensione alla corda utilizzando, come sistema di tiraggio e bloccaggio un paranco doppio con piastrina autobloccante. Su quest'ultimo punto di ancoraggio, fissato a una delle colonne del Dodero, a un'altezza da terra di 2,9 m (necessaria per poterci appendere un corpo in mezzeria senza toccare il pavimento), era presente il sistema di acquisizione dei dati composto da una cella di carico HBM da 20 kN collegata a un computer dotato di apposito software in grado di rilevare i valori di forza (kgf) in funzione del tempo (s).
Le prove in laboratorio, sono state eseguite utilizzando tre tipi diversi di corda: una singola, una mezza corda (che possiede tutte e tre le omologazioni previste dalla norma EN 892: singola, "mezza" e "gemellare") e una corda statica (*).

(*) Anche se non propriamente corretto, adottiamo per semplicità la dicitura "statica" per identificare le corde con allungamento statico ≤ 5%. La normativa EN1981, di riferimento per questo tipo di DPI, non usa mai i termini "statico" o "semi statico" (storicamente introdotti dalle case costruttrici), ma parla, in generale, di "Corde con guaina a basso coefficiente di allungamento".

Le caratteristiche delle tre corde sono qui riportate:

Corda singola (secondo norma EN 892):

Produttore	BEAL
Modello	TOP GUN II
Diametro	10,5 mm
Forza d'Arresto	7.4 kN
Allungamento dinamico	37%
Allungamento statico	9.5%

Mezza corda (secondo norma EN 892):

Produttore	BEAL
Modello	JOKER
Diametro	9.1 mm
Forza d'Arresto	6 kN
Allungamento dinamico	32%
Allungamento statico	8%

Corda statica (secondo norma EN 1891):

Produttore	EDELRID
Modello	SUPERSTATIC
Diametro	10 mm Tipo: A
Carico di Rottura	28.9 kN
Allungamento a 1.5 kN	4.1%

MESSA IN OPERA DELLA CORDA FISSA, PARANCO DOPPIO E PIASTRINA AUTOBLOCCANTE

Dal punto di vista operativo abbiamo, prima di tutto, messo in trazione la corda tra i due ancoraggi tramite un paranco doppio e piastrina autobloccante e abbiamo rilevato la tensione che si generava nella corda senza caricarla ulteriormente.
Nella tabella 1 si riassumono i dati relativi alla misurazione della tensione di picco generata nella fune per metterla in opera e tenderla, senza, cioè, applicarvi ancora nessun carico.

Come si può vedere, pur agendo con tutta la forza disponibile, chi mette in tiro la fune è in grado di applicare carichi che non arrivano nemmeno a 100 kgf.
Si può anche notare come questo valore rimanga abbastanza simile tra i diversi tipi di corda utilizzati.
Questo ci porta a osservare che la tensione che si riesce ad applicare sulla corda durante la fase di tensionamento non sembra dipendere dal tipo di corda utilizzata (più o meno allungabile), ma dalla forza con cui l'operatore riesce a trazionare.

Se dopo aver messo in tensione il sistema, lo lasciamo in questo stato, senza applicarvi alcun altro carico, si nota come la tensione nella corda diminuisca ulteriormente e, in pochi minuti, si stabilizza secondo i valori esposti in tabella 2.
Ciò è dovuto al fatto che i nodi si stringono e l'anima e la calza della corda si allungano per effetto della loro più o meno elevata elasticità e geometria (secondo il tipo di corda: statica o dinamica).

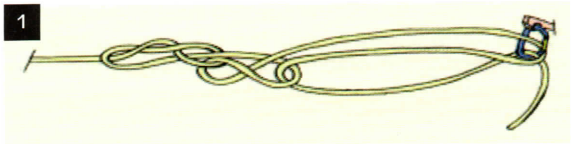
CARICO AGLI ANCORAGGI

Una volta misurata la tensione con cui la corda è stata messa in opera, per simulare una scivolata dell'escursionista, è stato applicato un carico costituito da un operatore di massa 65 kg, esattamente a metà della campata, vincolato alla corda tramite un nodo Prusik. Per sollecitare maggiormente la corda fissa, si è prestata attenzione affinché il corpo non toccasse terra e scaricasse parte del peso dal sistema (figura 3).
Abbiamo nuovamente misurato la tensione che si genera nella corda per effetto di questo carico esterno ricavando, così, il valore di forza cui sono sottoposti gli ancoraggi nella condizione più sfavorevole.
Faremo riferimento a due valori:

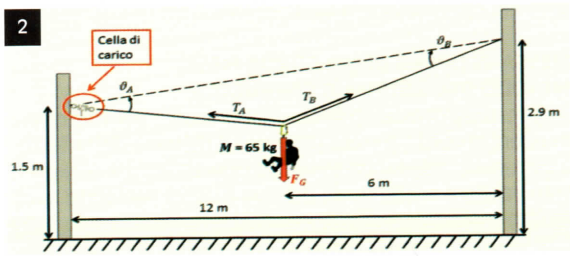
- *Carico sugli ancoraggi - valore di picco* (riferendoci al valore più elevato generato negli istanti in cui il peso si appende alla corda).
- *Carico sugli ancoraggi - valore stabilizzato* (intendendo il valore di forza che agisce sugli ancoraggi una volta che il peso ha caricato stabilmente la corda e rimane fermo e sospeso).

Nella tabella 3 sono esposte le sintesi di questi valori.
Dai dati in tabella si vede come entrambi questi due parametri siano molto simili per le tipologie di corde dinamiche e aumentino, in accordo con quanto ci si attendeva, nel caso si utilizzi una corda statica.
Come in precedenza osservato (tensione media stabilizzata), anche in queste prove una volta che la massa è stata applicata stabilmente, si raggiunge un nuovo equilibrio statico; ciò deriva a seguito dell'allungamento della corda che consente una sorta di "rilassamento" delle tensioni, riducendo in misura non trascurabile il carico agli ancoraggi (figura 4).
Un altro fatto importante che si è verificato in queste prove è stato un certo **scorrimento di corda nella piastrina** quando il sistema era caricato. Ciò si verifica perché la piastrina autobloccante è tale se il carico è applica-

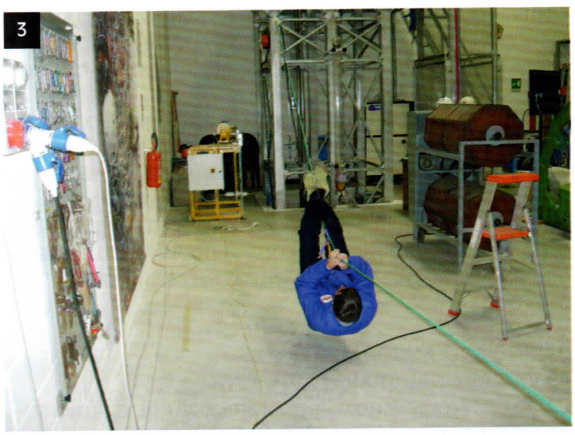
1



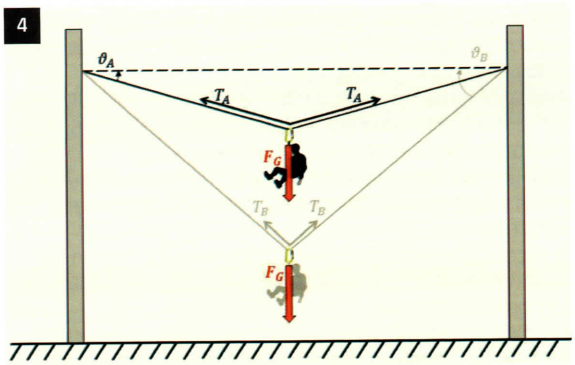
2



3



4



to in modo verticale; quando, al contrario come nel caso in esame, si lavora con corde pressoché orizzontali o con un certo angolo rispetto all'orizzontale, la corda superiore non riesce a schiacciare quella inferiore come dovrebbe avvenire per rendere il dispositivo autobloccante.
Si raccomanda vivamente, quindi, di eseguire in battuta della piastrina, asola e contro asola per bloccare la corda appena finito di trazionare il sistema, così da evitare eventuali scorrimenti e relative perdite di tensione della corda fissa.

I TEST IN TORRE

Terminata questa prima serie di prove, i test sono stati ripetuti nell'area della "Torre" con una lunghezza della corda fissa corrispondente a circa la metà di quella predisposta in laboratorio; in pratica la distanza tra i due ancoraggi è di 5 metri.
Lo scopo di questa seconda serie di prova era di verificare se al diminuire della luce tra i punti di ancoraggio vi fossero dei cambiamenti a livello di carico tra gli ancoraggi.

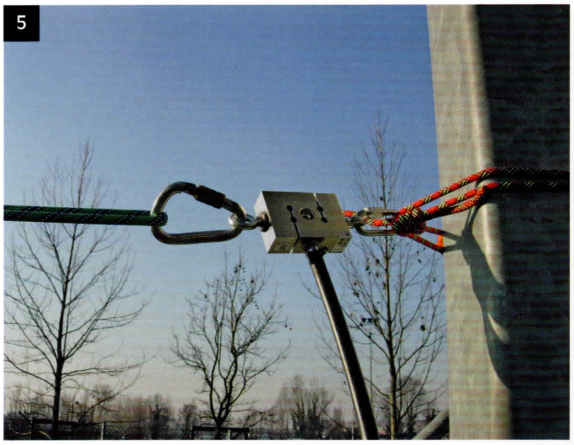
MESSA IN OPERA DELLA CORDA FISSA, METODO DEL SISTEMA A CARRUCOLA

A differenza di quanto fatto in laboratorio, per mettere in opera la corda, è stato utilizzato il metodo del sistema a carrucola; utilizzando lo stesso operatore, si è così potuto valutare anche quale dei due metodi permette di ottenere tensionamenti maggiori.
I valori ottenuti sono riassunti nella tabella 4.
Come si può vedere dai dati, anche in questo caso i valori di tensione di picco sono molto simili per le tre tipologie di corda utilizzate; le differenze sono veramente trascurabili.
E da notare come, per tutte e tre le tipologie di corda, i valori di tensione sono leggermente inferiori a quelli ottenuti utilizzando il paranco doppio e la piastrina.
Analogamente a quanto abbiamo visto in laboratorio, riportiamo nella tabella 5 i valori di tensione media stabilizzata, derivanti dal lasciare la corda a riposo dopo averla messa in tensione senza sollecitarla con alcun carico esterno.

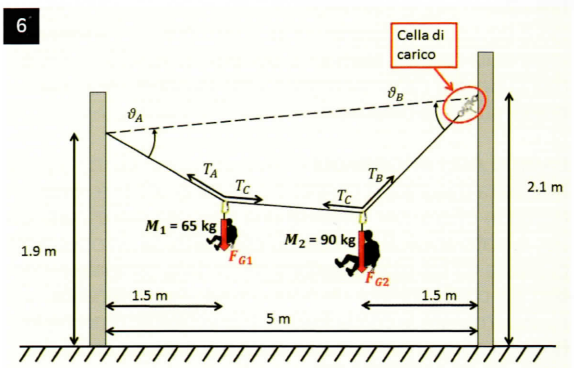
CARICO AGLI ANCORAGGI AL VARIARE DEL CARICO APPLICATO

Come per i test eseguiti in laboratorio, tutte le prove sono state ripetute utilizzando i tre tipi di corda visti in precedenza e il sistema di acquisizione dei dati è lo stesso di quello utilizzato in laboratorio; nella figura 5 il particolare della cella di carico utilizzata.
Anche in Torre, il secondo parametro che è stato rilevato è il carico che va a sollecitare gli ancoraggi (figura 6), considerando tre diverse configurazioni di carico:
nella prima configurazione un operatore (con massa di 65 kg), si è agganciato alla corda in corrispondenza della mezzeria;
a) successivamente la prova è stata ripetuta con un secondo operatore (massa di 90 kg), agganciato alla corda, sempre in mezzeria;
b) infine si sono appesi alla corda entrambi gli operatori (65 e 90 kg), ognuno alla distanza di 1,5 m da ciascuno

5



6



dei due ancoraggi (figura 6).
I valori rilevati sono esposti nella tabella 6.
Come si prevedeva, il carico agli ancoraggi aumenta all'aumentare delle masse che sollecitano la corda per ognuno dei tre tipi utilizzati.
La differenza tra corda singola e mezza corda non è così marcata; si individuano, valori maggiori, invece, per la corda statica.
Nell'ultima riga sono stati inseriti, inoltre, i valori registrati in alcuni casi in cui gli operatori appesi sollecitavano volontariamente e in modo deciso la corda fissa.

CONCLUSIONI

Alla fine di questo studio, con riferimento alla tensione interna della corda e al carico che sollecita gli ancoraggi cui essa è fissata, si possono fare alcune considerazioni di carattere generale sull'argomento:

tensione interna

Per quanto riguarda questo parametro, considerando la tensione di picco che si genera in fase di messa in opera, possiamo confrontare i dati che si riferiscono alle tabelle 1 e 4 riassumendoli nella tabella 7.
Si può vedere come dette tensioni siano molto simili nei due casi e, quindi, non vi sia grossa differenza tra i due metodi di tensionamento della corda; ricordiamo che per trazionare la fune in laboratorio e in Torre si utilizzavano rispettivamente il paranco doppio con pia-

Tabella 1. Prove in Laboratorio: tensione a seguito della sola messa in opera della fune

	corda singola	mezza corda	corda statica
metodo tensionamento	Paranco doppio e piastrina GiGi	Paranco doppio e piastrina GiGi	Paranco doppio e piastrina GiGi
tensione di picco [kgf]	66,0	57,0	56,0

Per **"Tensione di picco"** s'intende il valore **massimo** di tensione che lo strumento ha rilevato nell'atto di mettere in trazione la corda da parte dell'operatore.

Tabella 2. Prove in Laboratorio: tensione media stabilizzata

	corda singola	mezza corda	corda statica
metodo tensionamento	Paranco doppio e piastrina GiGi	Paranco doppio e piastrina GiGi	Paranco doppio e piastrina GiGi
tensione media stabilizzata [kgf]	56,0	48,0	46,0

Tabella 3. Prove in Laboratorio: carico sugli ancoraggi

	corda singola	mezza corda	corda statica
metodo tensionamento	Paranco doppio e piastrina GiGi	Paranco doppio e piastrina GiGi	Paranco doppio e piastrina GiGi
massa applicata [kg]	65,0	65,0	65,0
carico sugli ancoraggi; valore di picco [kgf]	143,2	132,0	200,4
carico sugli ancoraggi; valore stabilizzato [kgf]	119,4	112,6	145,2

Tabella 4. Prove in Torre: tensione a seguito della sola messa in opera

	corda singola	mezza corda	corda statica
metodo tensionamento	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola
tensione media rilevate valore di picco [kgf]	46,2	43,4	45,0

Tabella 5. Prove in Torre: tensione media stabilizzata

	corda singola	mezza corda	corda statica
metodo tensionamento	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola
tensione media stabilizzata [kgf]	28,6	27,6	25,7

Tabella 6. Prove Torre: tensione della corda in funzione del carico applicato

	corda singola	corda singola	corda singola	mezza corda	mezza corda	mezza corda	corda statica	corda statica	corda statica
metodo di tensionamento	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola	sistema a carrucola
massa applicata [kg]	65,0	90,0	90 + 65	65,0	90,0	90 + 65	65,0	90,0	90 + 65
carico sulla corda valore di picco [kgf]	**128,3**	**153,4**	**171,4**	**121,7**	**151,0**	**189,6**	**166,0**	**219,2**	**231,7**
carico sulla corda a seguito di vigorose oscillazioni [kgf]						219,7	183,6		303,8

Tabella 7. Prove in Laboratorio e Torre: tensioni di picco a seguito della sola messa in opera

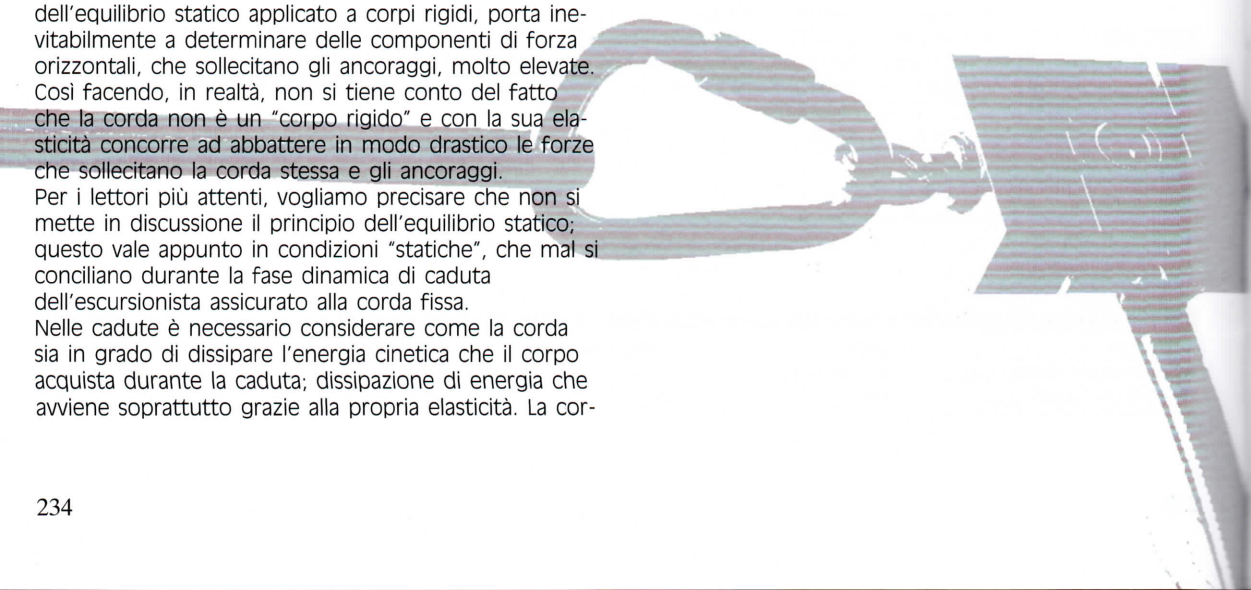
	luogo	corda singola	mezza corda	corda statica
tensioni medie rilevate valore di picco [kgf]	Laboratorio	66,0	57,0	56,0
	Torre	46,2	43,4	45

strina autobloccante e il sistema a carrucola.
È stato preso come riferimento il parametro della "tensione di picco" e non la "tensione media stabilizzata" perché tra i due è il più elevato e quindi quello che sollecita maggiormente gli ancoraggi cui la corda è fissata.
Facciamo notare che la variabilità della misura di questo parametro è abbastanza alta perché per quanto un operatore si sforzi di applicare sempre la stessa forza di trazione, la cosa non è così semplice.
Ricordiamo, inoltre, che in tutte le prove svolte, sia in Laboratorio sia in Torre, la corda era portata in tensione da un solo operatore.
In ogni caso, la tensione durante la posa non ha mai superato i 100 kgf nonostante l'operatore durante le operazioni di posa agisse con un certo vigore.

Carico agli ancoraggi

Anche per quel che riguarda questo parametro se confrontiamo i "carichi di picco", presenti in tabella 6 notiamo due cose:
1. I dati rappresentano quel che ci si aspettava, cioè un incremento di carico dovuto all'aumento della massa che si appendeva alla corda (in sequenza 65, 90 e 65+90 kg).
2. Un comportamento tutto sommato simile per quel che riguarda le corde dinamiche (siano esse singole o mezze) e leggermente peggiore per le corde statiche.
Anche provando a sollecitare vigorosamente la corda con entrambe le masse appese, il valore di tensione e di carico massimo si è fermato a 303 kgf.
Valore che non è poi così alto se confrontato ai valori che spesso si sente ipotizzare quando si parla di corde fisse e che molto spesso si identificano in cifre che superano i 2000 kgf.
Questo avviene perché molti nel cercare di calcolare "a tavolino" le sollecitazioni in una corda fissa utilizzano il classico e, da un punto di vista prettamente matematico, corretto schema del triangolo dato dall'orizzontale che collega i due punti di ancoraggio, un ipotetico carico appeso in mezzeria e come vertice del triangolo la quota data dalla freccia dovuta all'abbassamento del carico appeso.
Questa tecnica, derivante dalla risoluzione del problema dell'equilibrio statico applicato a corpi rigidi, porta inevitabilmente a determinare delle componenti di forza orizzontali, che sollecitano gli ancoraggi, molto elevate.
Così facendo, in realtà, non si tiene conto del fatto che la corda non è un "corpo rigido" e con la sua elasticità concorre ad abbattere in modo drastico le forze che sollecitano la corda stessa e gli ancoraggi.
Per i lettori più attenti, vogliamo precisare che non si mette in discussione il principio dell'equilibrio statico; questo vale appunto in condizioni "statiche", che mal si conciliano durante la fase dinamica di caduta dell'escursionista assicurato alla corda fissa.
Nelle cadute è necessario considerare come la corda sia in grado di dissipare l'energia cinetica che il corpo acquista durante la caduta; dissipazione di energia che avviene soprattutto grazie alla propria elasticità. La corda non si "prende" parte del carico bensì gran parte dell'energia.

Alla fine di questo lavoro, speriamo di essere riusciti a rendere più chiare alcune dinamiche che riguardano l'argomento "corde fisse" contribuendo, in questo modo, anche a dare alcuni spunti pratici per quanto concerne la messa in opera e la valutazione della solidità che gli ancoraggi devono avere.
A tal proposito, considerando che non sempre ci si trova ad allestire le corde su ancoraggi fissi in loco, è d'obbligo ricordare che rimane sempre a chi predispone la corda fissa di analizzare in modo critico la solidità degli ancoraggi cui la ancora. A questo purtroppo per l'aleatorietà del terreno non si può prescindere per cui gioca un'importanza fondamentale, la capacità di valutazione di chi opera.

BIBLIOGRAFIA

Alpinismo su roccia, I Manuali del CAI, 2008
Track Lines and Guiding Lines: Forces Based on Point Loads in a Catenary, Rigging Lab Academy, 2016