

Le soste, facciamo il punto

Vittorio Bedogni
(Centro Studi Materiali e Tecniche - CSMT)

E' con piacere che accolgo l'invito dell'amico Elio Guastalli per fare il punto sulle soste, un argomento molto sentito dal mondo alpinistico. Di seguito saranno riportate alcune conclusioni condivise sui meccanismi di funzionamento della sosta, premettendo che le considerazioni fatte riguardano la progressione in alpinismo praticato su terreno di avventura in cui la sicurezza è preminente rispetto alle comodità; quindi non situazioni di soccorso organizzato in cui si applicano ben altre considerazioni. Di questi fatti si era già parlato ampiamente a Trento nel 2013 e a Predazzo nel 2014 [1]

Partiamo dai concetti base del concepimento di una sosta premettendo che questa va progettata per la peggiore situazione, quando cioè non è stato ancora messo il primo rinvio e quindi si ha a che fare con una caduta con un fattore geometrico pari a due.

Sull'argomento esistono tantissime scuole di pensiero, spesso legate a tradizioni ormai sedimentate; tutte però condividono alcuni punti fondamentali. Gli infissi devono essere *solidi* e questo, che può apparire un'ovvietà, non è così scontato, specie su terreno di avventura; infatti, la valutazione della tenuta di un infisso può essere fatta solo qualitativamente con casi di errori anche grossolani come le esperienze di misura delle forze di estrazione ci hanno dimostrato. Se ragionevolmente un infisso non basta, allora bisogna affiancarne un altro: da cui il concetto di *ridondanza*. Un altro punto di difficile valutazione è la stima del carico a cui la sosta sarà soggetta: esso dipende da tanti fattori quali il peso di chi sta cadendo, il tipo di freno usato, la posizione del punto di caduta rispetto alla sosta, la capacità di tenuta della mano dell'assicuratore (*gripping*) etc. Tutte queste considerazioni rendono impossibile la soluzione del problema in termini deterministici e quantitativi (per progettare qualcosa è necessario conoscere sia il carico che la resistenza del materiale).

In questa situazione d'incertezza, l'unica risposta ragionevole è quindi tenere i carichi sugli infissi il più basso possibile e questo porta a perseguire la massima *equalizzazione*. Questo requisito porta a fare quindi considerazioni sul tipo di collegamento da applicare agli infissi. Si sa che ne esistono concettualmente di due tipi: in serie e in parallelo. Scartando subito il primo (il carico non è ripartito), resta il secondo. In questo caso si pongono essenzialmente due soluzioni: collegamento *mobile* o *fisso*, fig. 1. Nel testo il collegamento fisso trattato è quello *bilanciato* come fatto dalle Guide alpine.



Collegamento mobile classico

Fig. 1



Collegamento fisso "bilanciato" (come fatto dalle Guide Alpine)

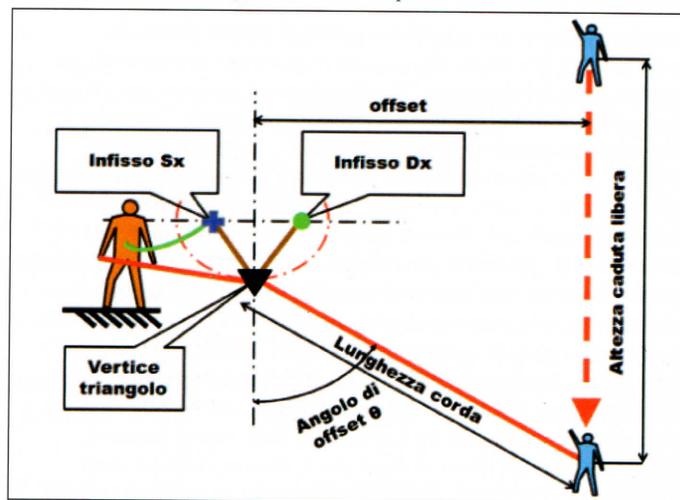
Si pone a questo punto un altro problema che in genere è riassunto nella domanda "e se un infisso dovesse cedere"? La risposta più comune è che l'abbassamento del vertice della sosta dovrebbe essere minimo altrimenti "chissà che botta prende l'ancoraggio che resta"! Questo ci porta a ricercare una soluzione che abbia un *abbassamento nullo* o ridotto al minimo.

Fatte queste considerazioni di progetto, veniamo all'analisi vera e propria del problema.

Si è a lungo discusso nelle Scuole del C.A.I., tra le Guide alpine e forse anche nel C.N.S.A.S.: è meglio il collegamento *mobile* o quello *fisso*? Per quanto riguarda l'*equalizzazione* dei carichi, anche a livello internazionale, si è spesso arrivati alla conclusione, da dati sperimentali, che non ci fosse particolare differenza tra le due soluzioni [2]. A ben guardare la conclusione è corretta ma fuorviante: infatti, tutte le sperimentazioni fatte hanno riguardato situazioni in cui la linea di caduta passava per il centro della sosta rendendo così impossibile una corretta differenziazione tra le due soluzioni. Il C.S.M.T. ha pertanto adottato, per le sue prove, geometrie che prevedessero una linea di caduta disassata (*offset*) rispetto al centro della sosta rendendo quindi possibile la differenziazione, fig. 2, e avvicinandosi maggiormente alla situazione reale. Già con mezzo metro di *offset* (in realtà un niente!) le differenze incominciavano a evidenziarsi.

Fig. 2

Geometria delle prove



Il meccanismo di equalizzazione richiede un po' di approfondimento dei due tipi di collegamento.

Nel collegamento mobile lo scorrimento permette un auto-risposizionamento del moschettono di vertice che parzialmente equalizza le lunghezze dei due rami del triangolo e quindi le rispettive tensioni e quindi i carichi generati sugli infissi (è quello che in genere viene definita come *direzionalità*, termine che però non coglie appieno le implicazioni che questo comporta, cioè una migliore ripartizione dei carichi e quindi una riduzione del loro valore massimo). Abbiamo detto *parzialmente* perché una completa equalizzazione, 50/50 fatto 100 il

carico totale, è possibile solo nel caso ideale di attrito nullo tra moschettone e cordino. Nel caso reale un attrito ragionevole, che provoca un rapporto di forza pari a due nei due rami, genera carichi pari a 66/33 con un peggioramento, sull'infisso più caricato, del 33% rispetto al caso ideale.

Nel collegamento fisso, l'auto-riposizionamento del moschettone di vertice è molto inferiore rispetto al caso mobile e limitato al solo strizzamento del nodo con sbilanciamenti superiori e quindi con carichi più elevati sull'infisso più sollecitato.

Il meccanismo di ripartizione dei carichi coinvolge, maggiormente nel caso fisso, anche l'allungabilità del cordino/fettuccia con cui è realizzato il triangolo assorbendo le differenze di lunghezza dei rami. Questo porta a preferire materiali allungabili come mezza corde di piccolo diametro o spezzoni di corda gemellare piuttosto che kevlar, dyneema o, allo stesso modo, cordini poiché questi sono realizzati in nylon non trattato termicamente e quindi più rigido rispetto a quello delle corde; per questi ultimi anche la tessitura è diversa rispetto alle corde. Nelle sue attività di sviluppo, il C.S.M.T. si è avvalso essenzialmente di due tipi di strumenti: sperimentali e numerici. I primi sono indispensabili per l'analisi della caduta nella sua globalità riferendosi a casi reali con elementi fisici concreti, fig. 3; i secondi sono costituiti da un modello matematico che

Fig. 3

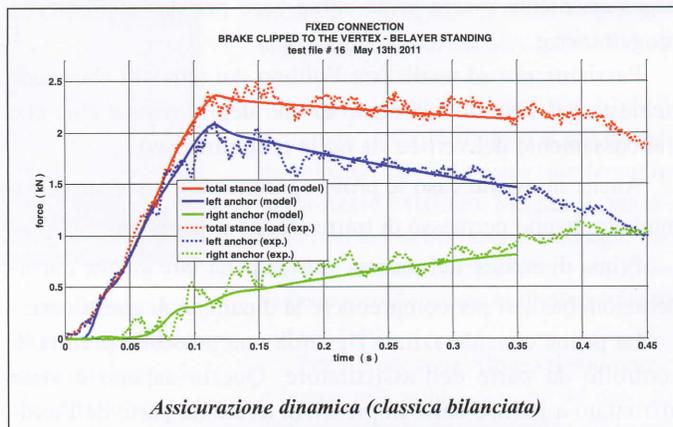
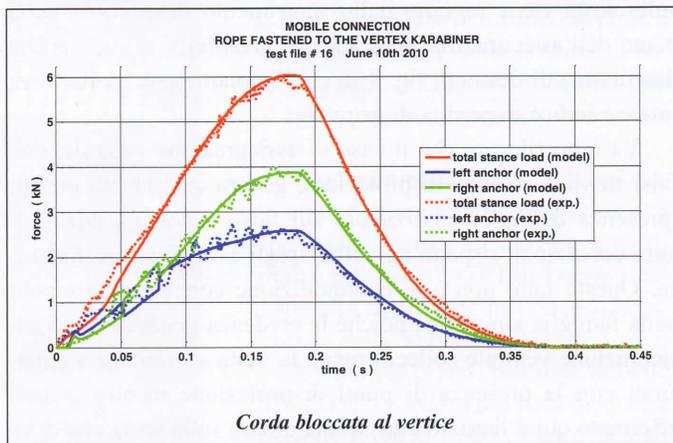
Attrezzature sperimentali



simula, anche in dettaglio, quanto avviene fisicamente durante una caduta: forze, velocità, scorrimenti della corda nel freno etc. sono valutati a partire dalle leggi fisiche che stanno alla base del fenomeno dell'arresto della caduta. Il modello è stato validato positivamente confrontando i risultati sperimentali e numerici di uno stesso caso, fig. 4. Un grande vantaggio del modello è rendere possibile l'analisi dell'influenza di un solo parametro alla volta, non possibile fisicamente in maniera com-

Fig. 4

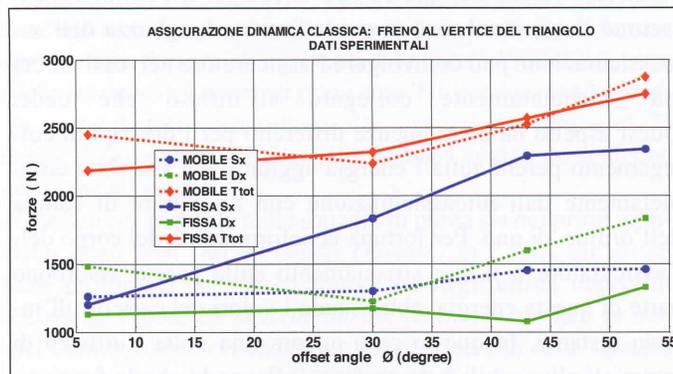
Confronto modello - dati sperimentali nel caso di collegamento mobile



piuta nel caso reale quando è molto difficile modificare una sola grandezza mantenendo costanti tutte le altre. Con questi strumenti la C.S.M.T. ha svolto una grande quantità di prove e di calcoli; un esempio è riportato nell'analisi parametrica di Fig. 5 in cui si confronta, da dati sperimentali, il collegamento mobile e fisso al variare dell'angolo di offset nel caso di una assicurazione classica con freno collocato al vertice del triangolo.

Fig. 5

Confronto assicurazione classica con collegamento fisso e mobile al variare dell'angolo di offset



Da tutte le prove e calcoli fatti si può concludere che in generale il collegamento mobile equalizza meglio i carichi agli infissi che non il collegamento fisso in tutte le situazioni analizzate e cioè corda bloccata al vertice, assicurazione classica e classica bilanciata e assicurazione ventrale. Questo permette una riduzione del carico sull'infisso più sollecitato.

Nella quasi totalità dei casi con assicurazione dinamica, specie in cadute lunghe, si è notato che il picco di forza totale sulla sosta viene *tagliato* dallo scorrimento della corda nella mano dell'assicuratore (mancanza di *gripping*); si veda anche diagramma di destra di fig. 4 in cui l'appiattimento della forza totale è indice di perdita di *gripping*.

Va fatto rilevare che il caso di assicurazione ventrale, con falsi rinvii e assenza di protezioni, genera carichi più elevati (presenza dell'*effetto carrucola* sul falso rinvio), a parità di altre condizioni, rispetto agli altri tipi di assicurazione dinamica. Questo fatto non è in contraddizione con quanto risaputo nella famiglia alpinistica poiché la credenza generale che l'assicurazione ventrale solleciti meno la sosta si riferisce a situazioni con la presenza di punti di protezione mentre quanto affermato qui è limitato alla caduta diretta sulla sosta che deve necessariamente essere presa come base per una sua corretta progettazione.

Passiamo ora ad analizzare l'ultimo dei requisiti che viene richiesto nel caso di cedimento di uno degli infissi e cioè che l'abbassamento del vertice sia nullo o minimizzato.

Anche in questo caso le prove sperimentali, e soprattutto il modello, hanno permesso di trarre alcune conclusioni.

Prima di entrare nel merito, vale la pena fare alcune considerazioni basilari per comprendere la dinamica di questi casi.

La prima considerazione riguarda una possibile perdita di controllo da parte dell'assicuratore. Questo aspetto è stato affrontato a partire dalle impressioni avute da parte dell'assicuratore: sembra non si siano rilevati particolari problemi. La seconda considerazione riguarda l'introduzione di nuova energia nel sistema dovuta all'ulteriore abbassamento della massa cadente congruente con l'abbassamento del vertice reso possibile dallo specifico collegamento considerato. Questa preoccupazione è poco rilevante poiché la forza globale applicata alla sosta è limitata dalla mancanza di *gripping* come già accennato; al contrario è da aspettarsi un ulteriore abbassamento della massa che cade: infatti, la nuova energia è bilanciata più in termini di spostamento (abbassamento) che non di forza. La terza considerazione riguarda il possibile abbassamento dell'assicuratore nel caso di assicurazione classica bilanciata o ventrale; questo vale anche per il caso di assicurazione classica nel caso in cui la limitata lunghezza dell'autoassicurazione può coinvolgere l'assicuratore nel caso in cui sia sfortunatamente collegato all'infisso che cede. Quest'aspetto ha conseguenze differenti per i due tipi di collegamento perché tutta l'energia aggiuntiva è assorbita completamente dall'autoassicurazione con un fattore di caduta dell'ordine di uno. Per fortuna la deformabilità del corpo dell'assicuratore e il suo strisciamento sulla parete assorbono parte di questa energia, abbassando i valori del carico sull'infisso restante. In questo caso ancora una volta l'utilizzo di materiali allungabili è da preferirsi rilevando che la funzione di "trasferimento di forze" (e non di "assorbimento di energia" come nel caso della corda) non sempre è valida per i materiali usati nella costruzione della sosta. L'analisi delle considerazioni fatte porta a dire che il picco di carico sull'infisso restante debba essere prevalentemente attribuito all'abbassamento dell'assicuratore, quando esistente, piuttosto che a quello della massa che cade.

Dalle prove e dai calcoli fatti si può concludere che *in generale il collegamento fisso genera sull'infisso restante una forza meno elevata che non nel caso mobile come conseguenza del minore abbassamento.*

Come si vede, le prestazioni di due tipi di collegamento sono tra loro in contraddizione giacché la mobile è migliore nel caso che non si abbia cedimento di uno degli infissi mentre la fissa è migliore, generando un carico più basso, nel caso di cedimento. Questo risultato porta a ricercare soluzioni che siano un compromesso tra le due esigenze opposte come possono essere ad esempio il "collegamento semimobile" [3], [4] oppure il collegamento a *funzioni separate* [5] o altri che si possono trovare.

Concludendo, non dando indicazioni nel suggerire un tipo di collegamento piuttosto dell'altro (compito delle Scuole centrali del C.A.I.), la C.S.M.T. ha fornito importanti elementi di scelta fondati saldamente su dati sperimentali e numerici e rispondenti a situazioni reali riscontrate nella progressione alpinistica. Come già accennato, queste considerazioni valgono in caso di terreno di avventura mentre nei casi di arrampicate sportive o *plaisir*, in cui le soste sono attrezzate a *spit/fix* o resinati con resistenze ampiamente superiori alle richieste, il problema della scelta si pone non in termini di sicurezza bensì di comodità.

Rigraziamenti

A Giuliano Bressan, Claudio Melchiorri, Nicola Tondini e Carlo Zanantoni per i contributi di analisi, a Sandro Bavaresco, Lucio Calderone, Giovanni Duca, Stefano Petterle e Massimo Polato per i lavori di allestimento, registrazione e ripresa video delle prove. Un grazie infine a Paolo Borgonovo, Marco Brunet e Marco Segat per il loro contributo in qualità di *assicuratori*.

Bibliografia

- [1] Convegno del CSMT del CAI su *Evoluzione dei materiali e delle tecniche, evoluzione dell'alpinismo*
Soste: tipologie di soste in parete a confronto. Parte 1: Problema, prove e modelli.
Relatore: Vittorio Bedogni CSMT - CAI.
https://www.youtube.com/watch?v=skYf_lEgVDU
Soste: tipologie di soste in parete a confronto. Parte 2: Considerazioni e proposte.
Relatore: Claudio Melchiorri CSMT - CAI.
<https://www.youtube.com/watch?v=yq0ww1IKG7s>
- [2] J.M. Beverly et al., Multi-point pre-equalized anchoring system, ITRS, 2005.
- [3] V. Bedogni, G. Bressan, C. Melchiorri, C. Zanantoni - Soste mobili e soste fisse per l'alpinismo e l'arrampicata, CAI - CSMT internal document, 2010.
- [4] I Manuali del CAI: ALPINISMO SU GHIACCIO E MISTO 2011; ALPINISMO SU ROCCIA 2008.
- [5] V. Bedogni, G. Bressan, C. Melchiorri, C. Zanantoni - Stances in mountaineering and climbing activities: an analysis and a proposal for an improved equalized anchoring - Springer - Sport Engineering 2015.