

STUDIO DELLE SOLLECITAZIONI ALL'INTERFACCIA SCI-ATTACCO PER L'ANALISI E LO SVILUPPO DI GIUNZIONI INNOVATIVE

N. Petrone, F. Parise

¹Department of Mechanical Engineering, University of Padova, Padova (Italy)

E-mail: nicola.petrone@unipd.it

SOMMARIO

Nell'ambito dello sviluppo di sistemi integrati sci-attacco-scarpone, miranti alla riduzione delle masse di attacco e scarpone, si è affrontata un'attività di studio delle sollecitazioni all'interfaccia sci-attacco durante prove reali di sciata.

Il lavoro ha visto la realizzazione di un sistema di piastre dinamometriche applicabili su sci da competizione in grado di misurare i carichi dinamici allo sci senza introdurre effetti di disturbo legati sia al peso elevato delle piastre stesse, sia ad un eventuale effetto di irrigidimento: i sistemi disponibili sul mercato infatti, o presentati in letteratura, si caratterizzano ad oggi per una massa molto elevata e, in molti casi, per una costruzione basata su una rigida piastra centrale che di fatto impedisce il libero comportamento delle tavole da sci. Il sistema sviluppato, a fronte di una massa aggiuntiva che inferiore agli 800 gr per sci, si basa sullo sviluppo di una coppia di piastre, anteriore e posteriore, con capacità di misura di quattro componenti di carico ciascuna (tre forze ed un momento di asse parallelo allo sci): le due piastre mantengono la funzionalità e lo spessore della piastra di serie. Il sistema, calibrato e validato in laboratorio, è stato utilizzato sia su uno speciale tapis roulant per sciata che su pista.

I dati di carico acquisiti consentono sia la valutazione locale delle sollecitazioni alle giunzioni attacco-tavola, sia lo studio di sistemi innovativi di attacco integrati nello sci che consentano lo sviluppo di scarponi alleggeriti in grado di facilitare la sciata e la deambulazione in sicurezza.

1. INTRODUZIONE

Lo sviluppo di sistemi di giunzione innovativi tra scarpone e sci nello sci alpino è un tema che sta ritornando di attualità nel panorama tecnico in parallelo con la diffusione dello sci alpino come attività sportiva di massa e la crescente richiesta di alleggerimento dell'equipaggiamento necessario [1].

La giunzione sci-scarpone è realizzata attualmente attraverso l'attacco: tale dispositivo è un insieme di meccanismi su puntale e talloniera con la funzione di assicurare i valori di sgancio di sicurezza prescritti in normativa in caso di caduta. Di fatto, tale giunzione non ha visto sostanziali innovazioni negli ultimi dieci anni e condiziona la conformazione stessa degli scarponi da sci con la presenza delle due espansioni in punta e coda dello scarpone, dette "normative".

Una delle direzioni in cui si stanno orientando alcuni progetti innovativi della giunzione sci-scarpone è quella dell'eliminazione dell'attacco costituito da puntale e talloniera e della sua integrazione sia nel corpo dello sci che nella suola dello scarpone.

Tale principio potrebbe portare numerosi vantaggi al sistema complessivo sci-scarpone che si possono identificare nella riduzione del peso complessivo dello sci e dello scarpone, nella eliminazione delle normative anteriori e posteriori dello scarpone e nell'aumento della ergonomia e sicurezza della deambulazione con scarponi che diventerebbero più simili per geometria alle scarpe da montagna, consentendo di eliminare la tipica innaturale camminata dello sciatore con gli scarponi attuali.

Tutti questi possibili vantaggi ottenibili dall'evoluzione della giunzione sci-scarpone sono visti come fattori di successo per la diffusione dello sci alpino e la sua estensione anche a categorie di utenti meno atletici per i quali peso, ingombro, costo e anti-ergonomicità dell'equipaggiamento attuale costituiscono un forte deterrente.

Per contro, l'eliminazione dell'attacco tradizionale e la sua integrazione nello sci richiede un grossissimo investimento da parte delle industrie del settore che raramente possiedono in casa le tecnologie di produzione sia di sci che di attacchi e scarponi. La nuova soluzione dovrà conservare ovviamente i livelli di sicurezza che gli attuali attacchi hanno consentito negli ultimi anni (riducendo di molto le lesioni alla caviglia ed alla tibia) e presentare livelli di funzionalità e affidabilità almeno simili a quelli degli attuali attacchi. L'integrazione del sistema di sgancio nello spessore dello sci richiede una miniaturizzazione sia del sistema di sgancio che degli elementi di aggancio inglobati nello scarpone che sono la vera complessità del progetto e sono il motivo per cui tale soluzione non è ancora presente sul mercato.

Il presente lavoro presenta le attività di prova svolte nella direzione della rilevazione dei carichi di esercizio durante la sciata con sistemi di misura applicati a sci-attacchi-scarponi tradizionali da utilizzare nella progettazione di sistemi innovativi di collegamento sci-scarpone.

2. STRUMENTAZIONE

Un'informazione fondamentale per la progettazione delle giunzioni sci-scarpone è costituita dai carichi di sciata all'interfaccia scarpone/attacco: tale misura consente sia di confrontare diversi sciatori a parità di equipaggiamento, sia di valutare l'effetto di variazioni dell'equipaggiamento sulle sollecitazioni presenti a livello delle diverse articolazioni coinvolte.

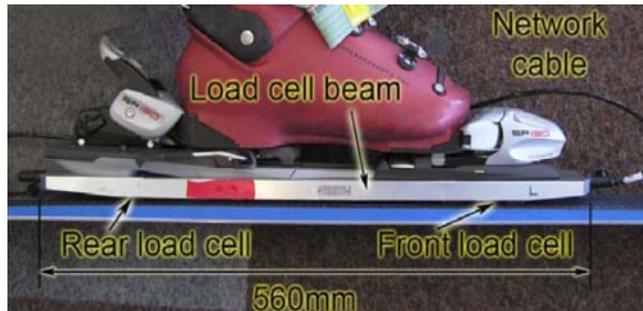
In tal senso, l'approccio adottato da diversi gruppi di ricerca in generale è stato la realizzazione di piastre dinamometriche da interporre tra scarpone e sci: va osservato però che non sempre le soluzioni proposte sono state in grado di soddisfare requisiti di leggerezza e bassa invasività sul comportamento strutturale stesso dello sci. Con riferimento infatti a due delle soluzioni notevoli rilevate in letteratura [2,3] ed ampiamente utilizzate per la pubblicazione di dati di carico misurati in pista, si deve osservare come tali soluzioni, basate su sensori piezoelettrici [2] o estensimetrici [3], siano in generale risultate di spessore non inferiore ai 30 mm e di massa aggiuntiva pari a più di 2kg per sci.

Con tali caratteristiche, è chiaro che da un lato i carichi dinamici misurati sono influenzati dalla massa delle celle (superiore a quella di sci e attacchi messi insieme), dall'altro il comportamento flessotorsionale delle tavole da sci è notevolmente influenzato dal sistema di misura [4].

Nel presente lavoro si è utilizzato un sistema di celle di carico dinamometriche opportunamente sviluppato e calibrato in un precedente lavoro [5] con i requisiti di (i) mantenere lo spessore aggiuntivo pari a quello delle piastre di serie, (ii) limitare la massa aggiuntiva del sistema di misura e (iii) conservare il sistema di vincolo alla tavola della piastra di serie per non influenzare il comportamento flessionale della tavola.

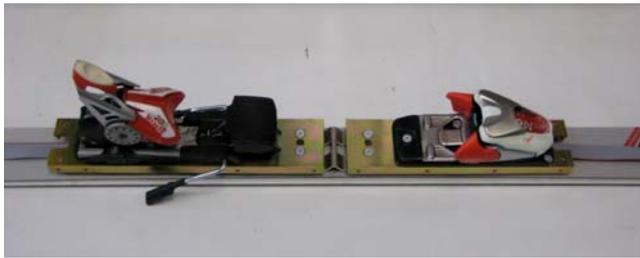


(a)

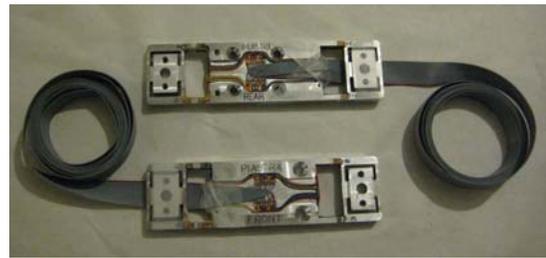


(b)

Figura 1: esempi di sistemi di rilevazione dei carichi di sciata utilizzati in letteratura. (a) Celle di carico piezoelettriche [2]. (b) Singola piastra dinamometrica [3].



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 2: il sistema dinamometrico utilizzato. (a) Sistema dinamometrico montato su uno sci (b) Elementi sensibili. (c) Sistema cablato pronto per la prova. (d) Unità di acquisizione portatile.

Il sistema sviluppato, a fronte di una massa aggiuntiva che inferiore agli 800 gr per sci, si basa sullo sviluppo di una coppia di piastre, anteriore e posteriore, con capacità di misura di quattro componenti di carico ciascuna (tre forze ed un momento di asse parallelo allo sci): le due piastre mantengono la funzionalità e lo spessore della piastra di serie.

Il sistema dinamometrico descritto è applicato al solo sci sinistro ed è stato collegato ad un sistema di acquisizione portatile Pocket EMG BTS, sviluppato per la misura di potenziali elettromiografici ed adattato per l'acquisizione di ponti estensimetrici, fino ad un totale di 16 canali.

I segnali sono campionati a 1 kHz e sono successivamente rielaborati tramite matrici di calibrazione ottenute in laboratorio per ottenere il sistema di carichi generalizzati costituito da tre forze e tre momenti nel sistema di riferimento solidale allo sci con X longitudinale, Y laterale e Z verticale verso l'alto, centrato nel punto di montaggio dell'attacco.

3. METODI

Le prove sono state svolte in due diverse sessioni e con due modalità completamente differenti. In una prima sessione di prove si è utilizzato un grande tapis roulant di costruzione

svedese, denominato "SkiMagic", costituito da una superficie in tappeto sintetico di 6x4m con che viene mantenuta leggermente bagnata e permette di sciare sulla superficie con facilità (Figura 3.a). Le due principali limitazioni di questo dispositivo sono una velocità massima raggiungibile di 22 km/h ed una inclinazione massima di 14°, usate nelle prove.

Il tester coinvolto nella prima sessione di prova è stato un maestro di sci esperto di utilizzo del tapis roulant che ha svolto sessioni di misura diverse per tipologia di sciata (spazzaneve, carving) che per ampiezza dello slalom (stretto 3m, largo 5m). Durante le prove su tapis roulant il movimento del tester è stato filmato da due telecamere poste sia frontalmente che lateralmente.

La seconda sessione di prove è stata svolta in pista sul ghiacciaio di Kaprun – Austria (Figura 3.b). Su una pista con pendenza simile a quella del tapis roulant si è tracciato uno slalom con pali nani disposti ad una distanza longitudinale di 11 m ed una laterale di 4m. Le prove sono state svolte da tre tester professionisti, tra cui un ex atleta di coppa del mondo (tester 1), filmando il movimento solo frontalmente: la velocità lineare di discesa è stata stimata attorno ai 35 km/h.



(b)

Figura 3: sessioni di prova svolte. (a) Prova di slalom su tapis roulant a Longarone. (b) Prova di slalom in pista a Kaprun.

4. RISULTATI E DISCUSSIONE

I dati raccolti sono stati analizzati secondo una duplice linea di indagine: da un lato la rilevazione dei carichi di esercizio assoluti sviluppati nella sciata dai due tester, dall'altro, dopo normalizzazione dei carichi alla massa del tester, la comparazione qualitativa dell'andamento dei segnali raccolti nelle due sessioni di prova.

Una prima comparazione tra le due sessioni di prova è possibile sulla base dell'analisi cinematica del movimento basata sui fotogrammi delle riprese video: in Figura 4 e Figura 5 sono riportate due sequenze di fotogrammi del gesto filmato nelle due diverse sessioni, confrontando lo slalom largo (5m) su tapis roulant con quello su pista (5 m).

Si può osservare come l'orientazione dei segmenti corporei sia sostanzialmente differente nelle due sessioni, con una evidente maggiore inclinazione interna del tester in pista rispetto a quella del tester su tapis roulant. L'ampiezza dello slalom è nominalmente comparabile, mentre le velocità lineari relative tra atleta e suolo sono sostanzialmente diverse: in questo, oltre che nella diversa tecnica di sciata dei due tester, si trovano le ragioni di una diversa disposizione dei segmenti corporei durante lo slalom. Una seconda differenza si rileva in termini di avanzamento degli sci interni rispetto agli esterni: tale effetto è molto più evidente nelle prove in pista .



Figura 4: sessione di prova su tapis roulant. Sequenza dei fotogrammi dello slalom analizzato.



Figura 5: sessione di prova in pista. Sequenza dei fotogrammi dello slalom analizzato.

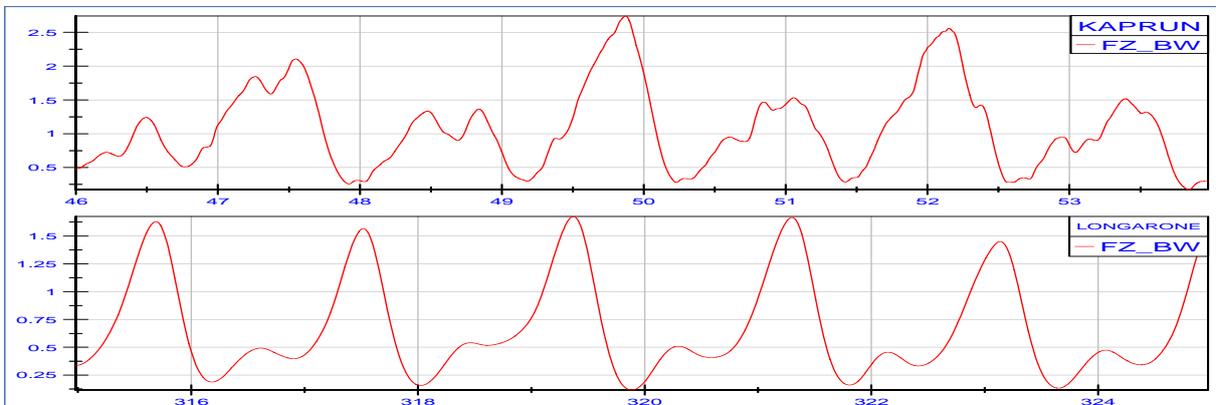


Figura 6: confronto tra i valori normalizzati di carico F_z .

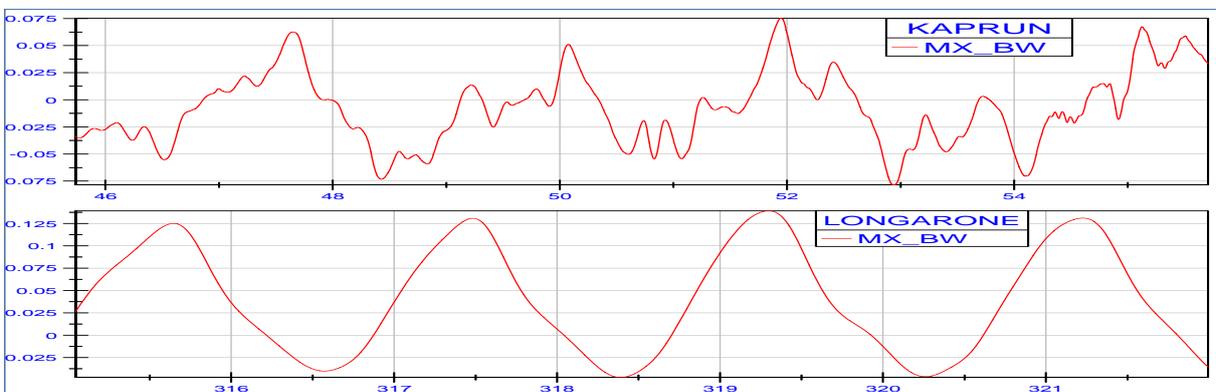


Figura 7: confronto tra i valori normalizzati di carico M_x .

In termini di carichi rilevati, si sono riportati in Figura in 6 e 7 gli andamenti dei carichi normalizzati al peso corporeo dei due diversi tester per le componenti Fz ed Mx. Tale normalizzazione consente una prima comparazione in termini di valori massimi e di andamento dei segnali registrati tra sessioni e tester anche molto diversi. La comparazione tra i valori massimi delle forze FZ ottenute in pista e su tappeto evidenzia valori massimi dell'ordine di 2.7 volte il peso corporeo in pista contro i valori massimi di 1.7 rilevati su tappeto: tali differenze sono riconducibili alla diversa velocità lineare di esecuzione del gesto. Evidenti sono anche le differenze morfologiche dei segnali, che rivelano una maggiore simmetria di spinta tra interno ed esterno del tester in pista rispetto al tester su tappeto. Tali differenze sono tipicamente riconducibili alla diversa tecnica di sciata.

In termini di momento Mx, i valori estremi del ciclo di carico sono invece comparabili, a meno di un diverso valore medio legato alle già osservate diverse percentuali di carico interno esterno espresse dai due tester.

Con riferimento alle finalità dello studio, va osservato come i dati rilevati, soprattutto quelli su pista, costituiscano di fatto il punto di partenza per una progettazione strutturale di sistemi di collegamento innovativi tra sci e scarpone: la registrazione di discese complete, svolte in condizioni tipiche di sciata da parte di sciatori esperti va considerata come il passo successivo per la rilevazione degli spettri di sollecitazione a cui la giunzione è sollecitata necessari alla loro progettazione e verifica a fatica.

4. CONCLUSIONI

Il lavoro riporta le attività di prova svolte sia su tapis roulant che in pista con l'obiettivo di una rilevazione dei carichi di esercizio in slalom. Le due diverse modalità di prova sono state comparate in termini cinematici e dinamici, evidenziando prevedibili differenze sostanziali in termini massimali ma andamenti simili delle sollecitazioni.

I valori assoluti raccolti in pista costituiscono un primo set di carichi utilizzabili per la progettazione statica ed a fatica di sistemi innovativi di collegamento tra sci e scarpone e di giunzioni integrate sulla struttura dello sci.

Bibliografia

- [1] – V. Senner: Synopsis of Current Developments: Modelling and Measurement Equipment in Skiing, in: ISEA conference, Munich (2006).
- [2] Federolf PA (2005) Finite element simulation of a carving snow ski, Doctor of Technical Sciences dissertation ETH No. 16065. Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.
- [3] Scott N., Measurement of the sky-snow pressure profile, Sport Engineering (2007) 10, pp145-147.
- [4] De Gobbi M., Petrone N., Acquisizione ed analisi del comportamento flessotorsionale di tavole da sci in slalom, Atti del XXXVI Convegno Nazionale AIAS, Napoli, 4-8 Settembre 2007.
- [5] Petrone N., Gardin P., Salandin M., Sviluppo di piastre dinamometriche per la misura in pista dei carichi su tavole da sci, Atti del XXXVII Convegno Nazionale AIAS, Roma, 10-13 Settembre 2008.