



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Facoltà di Ingegneria  
Corso di Laurea in Ingegneria Meccatronica

Analisi numerico-sperimentale del comportamento  
strutturale di funi Warrington-Seale

Relatore

Prof. Vigilio Fontanari

Laureando

Luigi Consolaro

Correlatori:

Ing. Bernardo Monelli

Ing. Fabio Degasperi

Anno Accademico 2008/2009.

# Introduzione

---

La capacità di sopportare carichi assiali elevati unitamente alle proprietà di compattezza e leggerezza ha determinato un notevole successo delle funi metalliche come elemento strutturale. Tuttavia, sebbene il campo di impiego di tali componenti si stia estendendo con grande velocità, le dinamiche secondo le quali i carichi applicati vengono ripartiti sugli elementi costituenti non sono state ancora completamente chiarite. La causa è da addebitarsi alla complessità di tali sistemi che rende particolarmente difficile sia la formulazione delle equazioni di equilibrio per ciascun filo che la loro soluzione. D'altro canto la conoscenza dello stato di sollecitazione interno riveste un ruolo cruciale poiché permette non solo di progettare correttamente il flessibile in relazione ai carichi applicati, ma anche di prevenire alcuni fenomeni di danneggiamento, quali ad esempio l'usura dei fili, che potrebbero compromettere la sua funzionalità.

Visto il campo delicato di utilizzo (trasporto persone, tensostrutture) le normative impongono controlli in fase di produzione, margini di sicurezza molto elevati, verifiche sulla resistenza delle funi che vanno in opera e manutenzioni periodiche accurate.

In letteratura sono disponibili diversi modelli analitici che, sulla base di un set di ipotesi semplificative, forniscono una stima delle sollecitazioni e dello stato di sforzo indotti dai carichi esterni all'interno di una fune. Tuttavia, le previsioni fornite dagli approcci analitici possono essere accolte solo in parte in quanto le ipotesi di fondo riguardano aspetti chiave della risposta strutturale di un flessibile, quali la rigidità dei fili, il contatto tra gli elementi e le proprietà costitutive dei materiali. I limiti degli approcci analitici possono essere facilmente superati se invece si affronta il problema dal punto di vista numerico con il Metodo degli Elementi Finiti. In questo caso però è indispensabile individuare un compromesso tra le dimensioni degli elementi e del modello da un lato e la bontà della soluzione dall'altro, se si vuole evitare che il numero di elementi esploda e renda onerosa la soluzione del modello stesso. Data la necessità di considerare nella fase di modellazione solo una porzione del flessibile, è necessario inoltre trasferire correttamente al modello le condizioni al contorno corrispondenti alle condizioni di carico e vincolo, altrimenti la risposta del modello non risulterà consistente con quella reale. In questo contesto si inserisce il presente lavoro che mira sia ad indagare come le sopra citate problematiche influenzino la risposta del modello sia ad affrontare l'analisi di un caso di studio particolare, ossia la modellazione di una delle funi più comunemente utilizzata in ambito funiviario e, in particolare, utilizzata nella funivia Malcesine - Monte Baldo. Tale fune è composta di 186 fili disposti in 6 trefoli nella configurazione chiamata Warrington-Seale, il significato della quale verrà chiarito in seguito. Ognuno dei 6 trefoli cordati sulla fune, è composto di 31 fili e in particolare 12 sono posti nel manto più esterno e questi coprono il manto sottostante anch'esso composto di 12 fili. Il core del trefolo infine è formato da un filo centrale e sei fili avvolti in maniera elicoidale.

Data la complessità strutturale del componente, il problema è stato inizialmente affrontato per via analitica, utilizzando il modello proposto da George A. Costello, così da avere un termine di paragone da utilizzare nella fase di validazione e qualificazione del modello numerico. Sono stati poi sviluppati e analizzati una serie di modelli agli elementi finiti via via più complessi, per arrivare infine a confrontare i risultati numerici con quelli sperimentali provenienti da una fune reale. La scelta di approcciare un problema complesso passando prima dall'analisi dei particolari che lo compongono, ha permesso inoltre di acquisire esperienza nella modellazione in maniera graduale, passando dalla risoluzione di problemi semplici a quelli relativi alla struttura complessa. Lo schema concettuale utilizzato per il presente lavoro di tesi è quello raffigurato in figura 1.

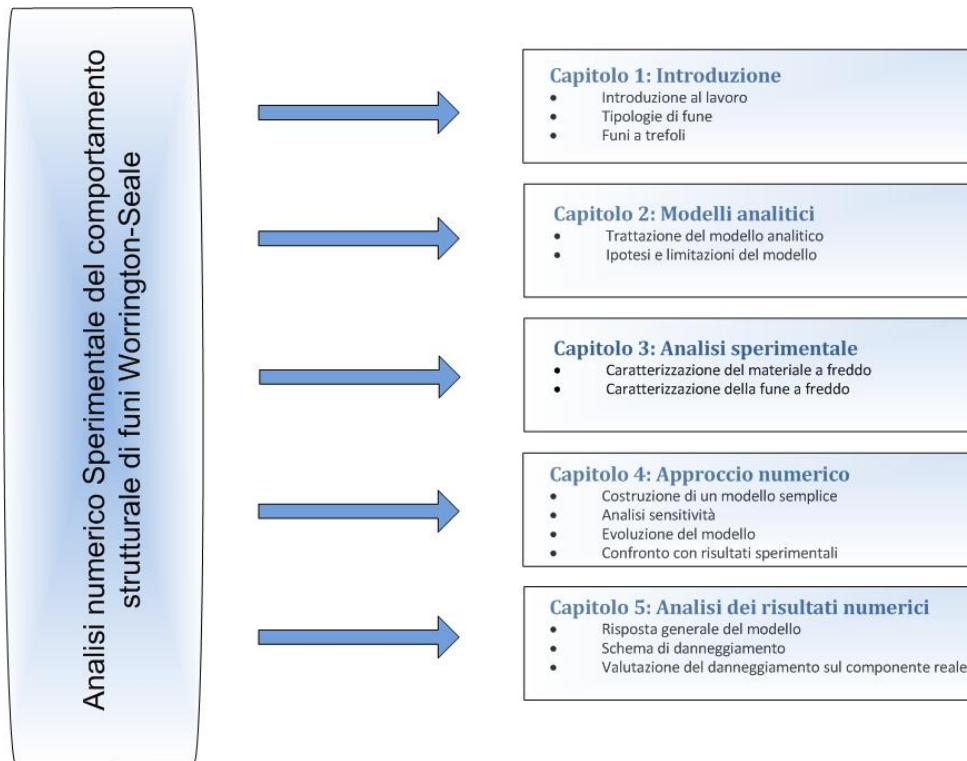


Figura 1. Schema concettuale del lavoro di tesi svolto.