

UN ARCO PER L'UNIVERSITÀ DI "TOR VERGATA" A ROMA

Lo scorso maggio, in occasione del Convegno Internazionale "Tensegrité: Analyse et Projects", organizzato a Villa Mondragone dall'Università di Roma "Tor Vergata" in collaborazione con l'Università francese di Montpellier, è stato presentato il progetto preliminare di un grande arco di tipo "tensegrity" da costruire nell'area del Campus universitario di Roma, redatto da un gruppo di lavoro del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Roma "Tor Vergata".

Al convegno hanno partecipato, oltre a quelli di Roma, Montpellier (prof. R. Motro) e Pittsburgh, altri gruppi di ricerca qualificati, tra i quali quello di Cambridge, U.K., (prof. S. Pellegrino) e quello di San Diego, CA, USA (prof. R. Skelton).

Una struttura di tipo "tensegrity" è un sistema reticolare spaziale costituito da funi e aste rettilinee collegate soltanto da cerniere nodali. Nella loro configurazione tipica queste strutture presentano uno stato di presollecitazione (prestress) necessariamente assiale, anche in assenza di carichi esterni. Dei due insiemi di elementi strutturali, quelli compressi (puntoni) non sono mai collegati tra di loro, quelli tesi (tiranti) formano un insieme connesso. Il termine "tens(-ile inte-)grity" è stato coniato, nel 1948, dall'architetto R. Buckminster Fuller proprio per sottolineare il carattere peculiare: ogni nodo congiunge un solo puntone e tre o più tiranti in modo che nella struttura gli elementi tesi si organizzano in una unica spezzata spaziale.

Durante l'assemblaggio, una struttura di questo tipo non possiede alcuna rigidità fino alla messa in opera dell'ultimo elemento, il quale viene interposto tra i due nodi da collegare mediante trazione se è una fune o compressione se è un'asta, così da imporre il desiderato stato di prestress a tutta la struttura. Questa è pieghevole e

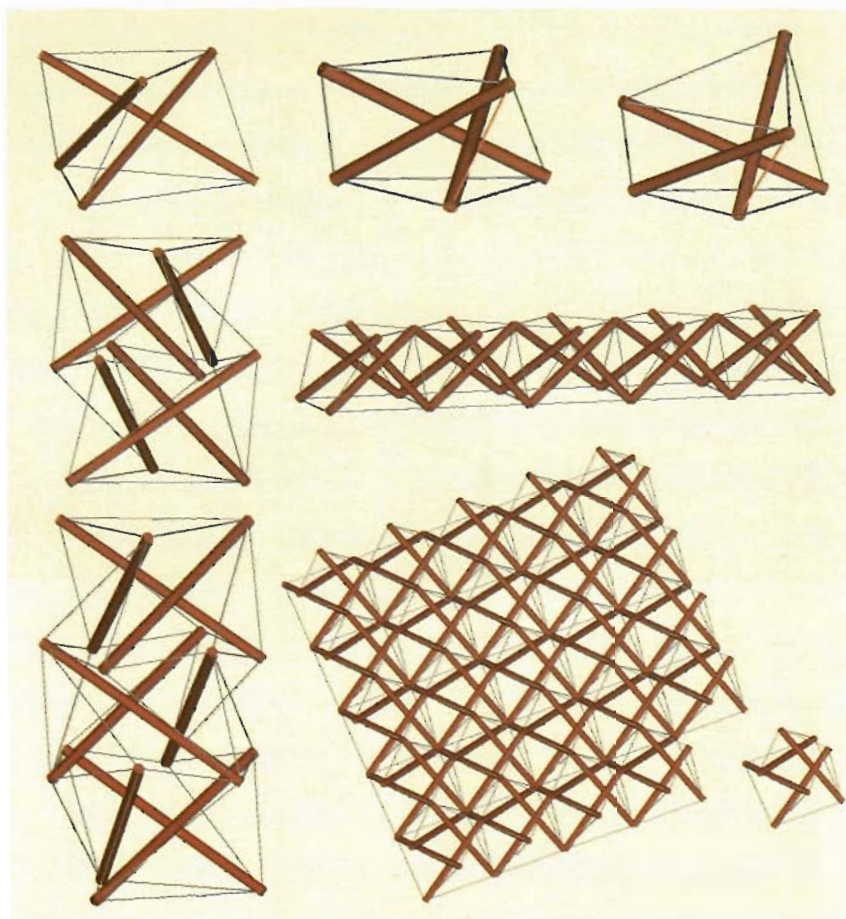
facilmente dispiegabile: la rimozione di pochi elementi consente di ripiegare il sistema dispiegato tridimensionale, compattandolo in un assetto bi o monodimensionale.

Dato un insieme di nodi e connessioni, esistono diverse configurazioni "tensegrity" per una stessa struttura ed è possibile passare dall'una all'altra, variando simultaneamente le lunghezze di due o più elementi.

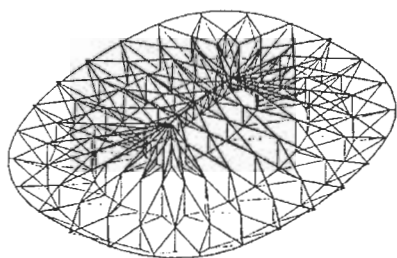
La risposta statica della struttura in una di queste configurazioni risulta dalla combinazione di un comportamento elastico sostanzialmente convenzionale e di un comportamento "geometrico" secondo il quale la rigidità della struttura è proporzionale al livello di prestress imposto. Tutti gli ele-

menti, in maggioranza funi, sono sollecitati da soli sforzi normali. Il materiale è così sfruttato in modo ottimale: quasi tutto il peso è riferibile alle aste compresse, progettate per resistere all'instabilità per carico di punta, e la struttura è dotata di una notevole leggerezza d'assieme. Questi vantaggi sono in parte bilanciati dall'esigenza di una progettazione accurata delle cerniere nodali, necessaria a garantire che la struttura funzioni quanto più è possibile secondo il prefissato schema statico.

Le proprietà di assumere forme variabili, di essere leggere e ripiegabili e quindi facilmente trasportabili rendono queste strutture particolarmente adatte alle applicazioni in campo aerospa-



Rappresentazione assonometrica di sistemi tensegrity elementari (a sinistra). Esempio del passaggio da una configurazione tensegrity ad un'altra per variazione di lunghezza di due funi (in alto a destra). Realizzazione di una "trave" e di una "piastra" mediante la composizione di più moduli a base quadrata (in basso a destra)



Il Georgia Dome ad Atlanta in Georgia, USA. La copertura del Georgia Dome è una delle più grandi mai costruite, ha una forma ovale e dimensioni di 233,5m x 186m. Il sistema di funi e aste è ancorato a un anello compreso più esterno, realizzato in calcestruzzo armato. Il progettista capo delle architetture è Scott Bradley, della Heery International, società che ha operato in collaborazione con la Rossier Fabrap Inc. e la Thompson Ventulett Stainback & Associates Inc. Il progetto strutturale della copertura e di tutto lo stadio è stato affidato alla Weidlinger Associates Inc. Lo stadio è stato terminato nel marzo del 1992 al costo di 175 milioni di dollari. La copertura è stata realizzata dalla Birdair Inc. per 20 milioni di dollari.



ziale, dove i vincoli di spazio e di peso intervengono in modo decisivo, ma anche per la realizzazione di costruzioni temporanee e leggere nel settore dell'ingegneria civile.

L'interesse del mondo accademico e professionale per tali strutture è relativamente recente, essendosi manifestato a partire dai primi anni '60 (il brevetto di Fuller è del 1961); una delle più grandi coperture costruite, il Georgia Dome ad Atlanta, in pianta 233,5m x 186m, è del 1992. La prima idea, dell'architetto Richard Buckminster Fuller con l'artista Kenneth Snelson risale al 1948. Kenneth Snelson, vanta una ampia produzione di costruzioni "tensegrity" a scopo decorativo, tra cui quelle a forma di torre, alte fino a trenta metri.

Il progetto preliminare presentato per l'Arco nel campus universitario di Tor Vergata può essere considerato come la versione ad asse curvilineo delle strutture a forma di torre costruite da Snelson.

La forma dell'arco a tutto sesto è intesa come semplice segno evocativo di uno degli elementi costruttivi più antichi della storia dell'architettura romana. L'arco, posto al centro di una rotonda da cui si diparte una delle vie principali di accesso al Campus dell'Università di Roma "Tor Vergata", ha un diametro di 50 metri e una sezione trasversa inscritta in un cerchio di 5 metri; sorge da uno specchio d'acqua di 60 metri di diametro che ne duplica l'immagine nel riflesso, disegnando un cerchio per metà virtuale. Oltre ad essere un segno rappresentativo per l'Ateneo, l'arco costituisce un importante passo nella ricerca su questa tipologia strutturale.

Attualmente il gruppo di studio è impegnato a redigerne il progetto esecutivo in base al quale avviare uno studio di fattibilità da sottoporre alle proposte costruttive e di valutazione economica da parte di alcune aziende di settore presenti sul mercato italiano ed europeo. Questo progetto presenta difficoltà

risolubili solo a seguito di particolari e laboriose analisi preliminari. Oltre ai carichi di esercizio, che consistono nel peso proprio e nell'azione del vento, nel progetto e nella verifica di funi, aste e loro collegamenti vanno infatti considerati lo smorzamento delle vibrazioni, l'analisi agli stati limite, la durabilità e manutenzione. Inoltre, come accade di consueto per le strutture presollecita-



Sopra, vedute del modello dell'Arco di Tor Vergata progettato da un gruppo di lavoro composto dai professori P. Podio-Guidugli e S. Stucchi, del Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università di Tor Vergata di Roma, dai loro collaboratori A. Micheletti, G. Torrisi e G. Verri, e dai professori I.J. Oppenheim e W.O. Williams, della Carnegie Mellon University di Pittsburgh, PA., USA. A destra, la Needle Tower II costruita da Kenneth Snelson per il Kröller-Müller Museum di Otterloo in Olanda

te, la strategia costruttiva e il processo di pretensionamento nel corso della messa in opera hanno un'incidenza che può essere fondamentale per ridurre i costi di realizzazione del manufatto. Il costo del materiale, pur tecnologicamente sofisticato, è ridotto proprio per la intrinseca leggerezza della struttura.

*Paolo Podio-Guidugli,
Andrea Micheletti, Silvano Stucchi*

