

Il bambù come materiale strutturale

Marco Fabiani Docente

Il bambù è una pianta sempreverde appartenente alla famiglia delle graminacee, presenta oltre 1400 specie e cresce spontaneamente nelle zone centrali di tutto il Mondo. Al di fuori di questa vasta area geografica, invece, la pianta può essere coltivata. In Italia, infatti, esistono già diversi coltivatori di bambù che lo utilizzano per la produzione di alimenti, come tisane e germogli, e di articoli per l'edilizia, come parquet e rifiniture. Nel nostro territorio, oltre ai bambuseti privati, esistono anche bambuseti naturali dove si possono notare numerosissime specie differenti. Tra le tantissime varietà presenti in natura, comunque, solo alcune di esse sono adatte come materiale strutturale.

La ricerca scientifica

Lo studio del bambù come materiale da costruzione inizia più di un secolo fa quando la Royal Dutch East Indies Army lo utilizzò come elemento strutturale nelle opere provvisorie edificate nei territori asiatici. Durante tutto il novecento furono eseguiti numerosi test per conoscere e valutare il suo comportamento meccanico; tra i primi contributi, si ricordano il lavoro di H.F. Meyer e di B. Ekelund (1923) sulla resistenza delle travi di calcestruzzo rinforzate con bambù e le analisi di C.H. Duff (1941) sulle proprietà meccaniche di base. Il lavoro fondamentale che unificò le conoscenze della pianta a scopi ingegneristici fu, tuttavia, quello di J.J.A. Janssen del 1981. L'autore, nella sua tesi di dottorato, pubblicò una serie di risultati utili per le successive indagini scientifiche e per la formulazione delle future norme tecniche ISO relative al bambù strutturale. Dopo quello di Janssen, seguirono altri studi di estrema importanza e consistenza quali, appunto, quello di Z. Fangchun (1982) e di O.A. Arce Villalobos (1993). Dopo questi, una serie di importanti risultati scientifici sono stati pubblicati tra gli anni novanta e il primo decennio del ventunesimo secolo: tra questi si ricordano il contributo di F. Nogata et al. (1995) per aver definito il bambù un "materiale ottimizzato", di S. Amada et al. (1997) per aver studiato le proprietà viscoelastiche della pianta, di K.F. Chung et al. (2002) per aver realizzato un numero molto consistente di prove meccaniche e per aver definito un metodo per la valutazione del carico critico dei culmi, di K. Ghavami (2005) per il comportamento delle travi in calcestruzzo rinforzate con bambù, di D. Mitch (2009) per aver studiato la meccanica della frattura e, infine, di L. Keogh et al. (2015) per aver definito la sua resistenza a fatica.

Il bambù come materiale strutturale

Il bambù è generalmente un'asta cilindrica cava. Alcune specie si presentano quasi perfettamente rettilinee, altre con leggere curvature, alcune sono affusolate (ossia la sezione del culmo varia lungo l'altezza), altre invece mantengono una certa uniformità di diametro. Ogni culmo è caratterizzato dalla presenza di visibili diaframmi chiamati nodi, che hanno lo scopo di conferire maggiore rigidezza flessionale alla pianta e di

garantire alcune fondamentali funzioni biologiche. Analizzando la sezione trasversale del culmo, si notano numerosissimi piccoli punti che rappresentano il suo tessuto vascolare. Questo tessuto, presente per il 48% del volume totale del bambù, ha la funzione di dare sostegno alla pianta (tessuto sclerenchimatico) e di trasportare le sostanze nutritive al suo interno. La parte restante di volume, pari al 52%, è rappresentato dal tessuto parenchimatico che ha, invece, la funzione principale di immagazzinare le sostanze nutritive. Il bambù è, quindi, da un punto di vista ingegneristico, un materiale composito, dove il tessuto sclerenchimatico rappresenta la parte resistente, mentre il tessuto parenchimatico rappresenta la matrice. Numerosissime prove sono state effettuate con la finalità di conoscere i valori delle principali caratteristiche meccaniche del bambù, come ad esempio la resistenza a compressione e a trazione. Sebbene la variabilità dei valori finali sia molto elevata, la resistenza a compressione media è un valore compreso fra 50 e 100 MPa, mentre la resistenza a trazione media è compresa fra 100 e 350 MPa. Il modulo di elasticità relativo a sforzi di compressione è compreso fra 5.000 e 25.000 MPa, mentre quello a trazione tra 10.000 e 25.000 MPa.

Per completare il quadro possiamo affermare, analizzando i risultati presenti in letteratura, che la resistenza a flessione media è un valore compreso fra 50 e 200 MPa, mentre il modulo di elasticità a flessione è compreso fra 10.000 e 20.000 MPa (si ricorda che tutti i dati sopra esposti si riferiscono a test fatti su provini di bambù in condizioni standard).

Le modalità di utilizzo

Il bambù può essere utilizzato in vari modi nell'ambito dell'ingegneria civile. L'impiego più classico, ma anche più antico, è quello di utilizzarlo nella sua forma naturale (culmo) per realizzare travi e pilastri. Questa modalità di

impiego è molto diffusa in Oriente, in particolare in Cina, dove viene usato per realizzare ponteggi, e in Sud America, in particolare in Perù e in Colombia, dove viene impiegato per la realizzazione di travi e pilastri sia di abitazioni che di grandi strutture.

Un'altra modalità che si sta proponendo attualmente in Occidente è quella del bambù lamellare. In questo caso il culmo viene "splittato" lungo il suo asse longitudinale, quindi viene diviso in strisce che poi vengono sagomate con lavorazioni meccaniche in modo da ottenere lamelle perfettamente rettangolari e rettilinee.

Sebbene la variabilità dei valori finali sia molto elevata, la resistenza a compressione media è un valore compreso fra 50 e 100 MPa, mentre la resistenza a trazione media è compresa fra 100 e 350 MPa

Successivamente a questa lavorazione, le lamelle vengono incollate tra di loro andando a formare al termine del processo elementi strutturali come travi e pilastri. Negli USA il bambù lamellare è già considerato un materiale da costruzione e quindi utilizzabile per realizzare costruzioni civili.

Un ulteriore impiego di questa pianta consiste nella produzione di materiali compositi, ovvero il bamboo fiber composite, un composito di materiale plastico con le fibre estratte dal culmo. Alcune prove sperimentali hanno dimostrato che questo materiale a matrice polimerica (resina

epossidica) ha una resistenza a trazione circa pari a 350 MPa.

Per ultimo, il culmo può essere anche impiegato come elemento sostitutivo dell'acciaio nella realizzazione delle membrature in calcestruzzo armato. Questa tecnologia viene spesso adottata in tutte quelle zone poco industrializzare del Brasile dove la reperibilità dell'acciaio è ancora piuttosto scarsa.

Perché scegliere il bambù

Il bambù è una risorsa rinnovabile e sostenibile, oltre che un materiale particolarmente resistente. È rinnovabile perché la pianta cresce rapidamente e raggiunge la sua massima resistenza meccanica dopo circa 3-5 anni dalla nascita (a differenza del legno al quale occorrono invece diversi decenni per raggiungere la propria maturazione). È sostenibile perché cresce senza particolari trattamenti chimici e fisici del terreno. Produce una buona quantità di biomassa e riduce l'erosione dei terreni attraverso le sue radici. Infine, assorbe quantità di CO₂ maggiori rispetto a molte altre specie di alberi, mostrandosi così adatto a limitare il problema dell'effetto serra in molte parti del mondo.

Da uno studio olandese condotto da De Flander et al. (2009) si dimostra che il bambù sia molto più sostenibile rispetto ad un comune legno. La ricerca, infatti, afferma che un ettaro di foresta di bambù riesce annualmente a fornire il quantitativo necessario per edificare una casa di media grandezza (175 m²), a differenza del legno che mediamente riesce a fornire lo stesso quantitativo ogni quattro anni per ettaro di foresta.

Resistenza caratteristica del bambù [MPa] (Kaminski et al., 2016)	
Compressione parallela alle fibre	20
Trazione parallela alle fibre	40
Flessione	30
Taglio	2

La normativa tecnica

Attualmente non esistono norme nazionali che definiscono i principi e i criteri per un utilizzo sicuro del bambù nell'ambito dell'ingegneria civile. Questo vuoto normativo di certo non facilita i professionisti del settore a sceglierlo come materiale da costruzione.

Al momento solo alcuni Paesi non europei, come l'India, l'Ecuador, il Perù, la Colombia e gli USA, dispongono di una normativa tecnica nazionale che supporta gli architetti e gli ingegneri nella progettazione e nella verifica delle opere portanti realizzate con questo materiale naturale.

L'ente più importante a livello mondiale per la definizione delle norme tecniche, ovvero l'ISO, ha pubblicato, tuttavia, alcune normative a sostegno del bambù strutturale. Le prime due, pubblicate nel 2004, ovvero la ISO 22156 e 22157, riguardano le regole di progettazione delle strutture in bambù e le modalità per valutare



Fig.2 Un provino dopo la prova di compressione

correttamente le proprietà fisiche e meccaniche dei culmi. La ISO 19624, successiva alle prime due e in fase di sviluppo, definisce, invece, le procedure per la valutazione dei culmi attraverso prove non distruttive. La ISO 21625, in fase di preparazione, definisce la classificazione dei prodotti di bambù ed, infine, la ISO 23478 riguarda i test per definire le proprietà fisiche e meccaniche da effettuare sul bambù lamellare.

Il padiglione di Vergiate

Attualmente al mondo esistono numerose opere di ingegneria civile che presentano elementi strutturali in bambù. Molte di esse sono presenti in quelle parti del mondo dove la materia prima è facilmente reperibile e dove esistono normative tecniche a supporto dei professionisti che intendono progettare le proprie opere con questo materiale. Esempi di architetture in bambù si possono trovare infatti in Colombia, in India, in Cina e in Costa Rica. Tuttavia, anche in Europa sono stati costruiti edifici utilizzando il culmo come elemento strutturale. Nel 2000, in occasione dell'EXPO di Hannover, Simon Velez, uno dei più importanti architetti di strutture in bambù, ha progettato un padiglione di forma circolare con un diametro di 40 m e alto 7 m. Per ottenere i permessi per costruire l'opera, il padiglione venne precedentemente costruito in scala 1:1 a Manizales, in Colombia, per condurre le prove di resistenza con lo scopo di ottenere i permessi necessari alla sua realizzazione in Germania.

In Italia, a Vergiate in provincia di Varese, è presente dal 2003 un edificio realizzato con culmi di bambù appartenenti al genere Guadua. L'opera, attualmente unico esempio di costruzione in bambù permanente in Europa, è stata ideata dall'architetto Neri Braulin con il supporto tecnico dell'ingegnere Mario De Miranda e l'architetto Giuliano Curti, nell'ambito della attività di formazione "learning by doing" organizzata

dall'associazione Emissioni Zero (ora GreenB). L'opera è divisa in tre parti e copre un'area di 32 m x 16 m. La parte centrale è la più alta e misura 7 m dal suolo, mentre le restanti due sono alte entrambe 6 m. Le connessioni sono realizzate con viti d'acciaio e malta cementizia posta all'interno del culmo. La briglia superiore della capriata e le aste di parete sono in bambù, mentre la briglia inferiore è realizzata con un cavo di acciaio.

Bibliografia

J.J.A. Janssen. *Bamboo in building structures*. Tesi di dottorato. Eindhoven, University of Technology, Olanda; 1981.
O.A. Arce-Villalobos. *Fundamentals of the design of bamboo structures*. Tesi di dottorato. Eindhoven, University of Technology, Olanda; 1993.
G. Minke. *Building with bamboo*. Basilea, Svizzera: Birkhauser; 2012.
M. Fabiani. *Bamboo structures: Italian culms as likely resource for green building*. Tesi di dottorato. Ancona, Università Politecnica delle Marche, Italia; 2014.
S. Kaminski et al. *Structural use of bamboo. Part 3: design values*. The Structural Engineer. 2016; 94(12): 42-45.
De Flander et al. *One laminated bamboo-frame house per hectare per year*. Construction and Building Material. 2009; 23: 210-218.

Il presente articolo è disponibile sotto la licenza *Creative Commons* con le seguenti caratteristiche: [Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale](#). Questo significa che chiunque può modificare, redistribuire, ottimizzare ed utilizzare i suoi contenuti non per scopi commerciali citando l'autore e licenziando le nuove opere mediante i medesimi termini.

