

il bambù strutturale

a cura di Marco Fabiani

n° 1 - 2015

Il bambù come materiale da costruzione

Sommario. In questo articolo viene descritta la pianta del bambù come materiale da costruzione. Vengono inoltre mostrate ed analizzate le sue principali modalità di impiego nel campo dell'ingegneria civile.

Il bambù è una pianta sempre verde appartenente alla famiglia delle *Graminacee* che presenta oltre 1400 specie e cresce spontaneamente nelle zone centrali di tutto il Mondo, cioè tra i paralleli 50°N e 47° S. Non esistono però specie spontanee in Europa, ma questa pianta presenta una particolare capacità ad essere coltivata in moltissimi luoghi del Pianeta. In Italia esistono numerosi coltivatori di bambù che attualmente lo utilizzano per la produzione di alimenti, come tisane e germogli, e di articoli per l'edilizia, come parquet e rifiniture. Sono inoltre presenti lungo tutta la Penisola modeste aree di boschetti (detti bambuseti) non gestiti dall'uomo dove si possono notare numerosissime specie differenti.

Tuttavia, tra le tantissime varietà presenti in Natura, solo alcune di esse sono adatte alle applicazioni dell'ingegneria 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 900 furono eseguiti numerosi test per conoscere e valutare il suo comportamento meccanico, tra questi si ricordano i contributi di Meyer (1923)

per la resistenza delle travi di calcestruzzo rinforzate col bambù, di Duff (1941) per le proprietà meccaniche del culmo e di Cox (1969) per la resistenza a trazione.

Il lavoro fondamentale che unificò le conoscenze della pianta a scopi ingegneristici fu 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 Fangchun (1982) e di Arce-Villalobos (1993). Una serie di importanti risultati scientifici furono inoltre pubblicati a cavallo tra gli anni novanta e il primo decennio del ventunesimo secolo: tra questi si ricordano maggiormente il contributo di Nogata et al. (1995) per aver definito il bambù un FGM, di Amada et al. (1997) per aver studiato le proprietà viscoelastiche della pianta, di 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 Ghavami (2005) per il comportamento delle travi in calcestruzzo rinforzate col bambù, di Mitch (2009) per aver studiato la meccanica della frattura e infine di

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 (detta culmo). Alcune specie si presentano quasi perfettamente rettilinee, altre con leggere curvature, alcune sono affusolate (la sezione del culmo diminuisce lungo l'altezza), altre invece mantengono una certa uniformità di diametro. Ogni culmo è caratterizzato dalla presenza di visibili diaframmi chiamati *nodi*, che hanno sia lo scopo di conferire maggiore rigidezza flessionale alla pianta sia di garantire alcune fondamentali funzioni biologiche.

Analizzando la sezione trasversale del culmo, si notano numerosissimi piccoli puntini 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 le fibre, mentre il tessuto parenchimatico rappresenta la matrice. Da questa descrizione si può affermare che la pianta del bambù è un materiale trasversalmente isotropo, dove il numero delle costanti elastiche indipendenti sono in numero pari a cinque.

Numerosissime prove sono state effettuate con la finalità di conoscere i valori delle principali caratteristiche meccaniche del bambù quali appunto la resistenza a compressione e a trazione. Sebbene la variabilità dei valori finali sia molto elevata, la resistenza a compressione è un valore compreso fra 50 e 90 MPa, mentre la resistenza a trazione è compresa fra 100 e 350 MPa. Il modulo di elasticità relativo a sforzi di compressione è compreso fra 5000 e 10000 MPa, mentre quello a trazione tra 10000 e 15000 MPa. Un'altra tipologia di prove meccaniche molto utile per la progettazione e la verifica dei culmi è la

prova a flessione dalla quale vengono stimate sia la resistenza che il modulo di elasticità. Dai risultati presenti in letteratura, la resistenza a flessione è un valore compreso fra 5000 e 10000 MPa, mentre il modulo di elasticità a flessione è compreso fra 10000 e 15000 MPa. Si ricorda che tutti i dati sopra esposti si riferiscono a test fatti su provini di bambù in condizioni standard.

Le attuali applicazioni in ambito ingegneristico

Il bambù può essere utilizzato in vari modi nell'ambito dell'ingegneria civile. L'impiego più classico, ma anche più antico, è proprio 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 di abitazioni e di grandi strutture (Fig.1).

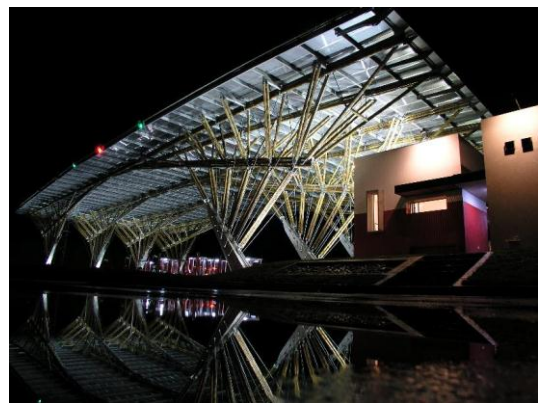


Figura 1: Autopista del Cafè, Colombia

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 più strisce e poi sagomate con lavorazioni meccaniche in modo da ottenere lamelle perfettamente rettangolari e rettilinee. Successivamente a questa lavorazione, le lamelle vengono incollate tra di loro per ottenere al termine del processo elementi strutturali come travi e pilastri (Fig.2). Negli USA il bambù lamellare è già considerato un materiale da

costruzione e quindi utilizzabile per realizzare costruzioni civili.



Figura 2: Elemento in bambù lamellare

Un ulteriore impiego di questa pianta consiste nella produzione di materiali compositi, il *Bamboo Fiber Composite*, dove le fibre impiegate sono proprio quelle estratte dal culmo (Fig.3). Alcune prove sperimentali hanno dimostrato che elementi compositi con fibre di bambù a matrice polimerica (resina epossidica) hanno una resistenza a trazione circa pari a 350 MPa.



Figure 3: Composito con fibre di bambù

Infine, 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 industrializzate 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 altamente resistente. E'

rinnovabile perché la pianta cresce rapidamente e raggiunge la sua massima resistenza meccanica circa dopo 3-5 anni dalla nascita, a differenza del legno che occorrono invece diversi decenni. E' sostenibile perché cresce senza particolari trattamenti chimici e fisici del terreno. Inoltre 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. Quest'ultima caratteristica potrebbe rendere il bambù una soluzione ideale per limitare il problema delle emissioni di anidride carbonica in molte città del Mondo.

Bibliografia

J.J.A. Janssen, *Bamboo in building structures*, (Tesi di dottorato). Eindhoven, University of Technology, Olanda, 1981.

J.J.A. Janssen, *Mechanical properties of bamboo*. Dordrecht, Olanda: Kluwer Academic Publishers, 1991.

G. Minke, *Building with bamboo*. Basel, Svizzera: Birkhauser, 2012.

O.A. Arce-Villalobos, *Fundamentals of the design of bamboo structures*, (Tesi di dottorato). Eindhoven, University of Technology, Olanda, 1993.

M. Fabiani, *Bamboo structures: Italian culms as likely resource for green building*, (Tesi di dottorato). Ancona, Università Politecnica delle Marche, Italia, 2014.