COSTRUIRE

N. 260 • € 5,20 (only for Italy) • COSTRUIRE EDIZIONI SPA

GENNAIO 2005

PRODOTTI A CONFRONTO

- Case prefabbricate in legno
- Canne fumarie metalliche

Bambù, un materiale da riscoprire

Acciaio vegetale

Congiunturali di settore a confronto

Torre Skybridge a Chicago

Fiere: Sicurezza, Lift, anteprima Bau

I limiti dei ponti sospesi

COSTRUIRE

RIVISTA FONDATA NEL 1982

Editore > Renato Minetto

Fondatore > Leonardo Fiori
www.costruire.it
redazione@costruire.it
Direttore responsabile > Roberto Minetto
Vicedirettore esecutivo Maurizio Favalli
m.favalli@costruire.it
Caposervizio Chiara Maranzana
c.maranzana@costruire.it
Fulvio Bertamini
f.bertamini@costruire.it
Coordinamento area progetto
Luca Maria Francesco Fabris
progetto@costruire.it
Coordinamento area tecnologia
Alfredo Zappa
a.zappa@costruire.it
Consulente per le tecnologie impiantistiche
Antonio Briganti
redazione@costruire.it
Segreteria di redazione
Angela Betteo (responsabile)
redazione@costruire.it
Grafica
Teresa Cardona (Art director), Raffaella Sesia
Creative consultant
Laboratorio srl, Milano
Archivio di Costruire
archivio@costruire.it
Classifiche di Costruire
classifiche@costruire.it
Sito web
notizieinrete@costruire.it
Hanno collaborato a questo numero
Hedrich Blessing/Nick Merrick, Alessandro Braida, Géraldine Bruneel, Angelo Bugatti, Mauricio Cárdenas Laverde, Aldo Cauvin, Renzo Chiesa, M. Cristofori/Marka, Costanza Guerri, Umberto Menicali, Emilio Pizzi, Marco Ponti, Stefano Ravasio, Giuseppe Repossini, Ermanna Rota (revisione bozze), Philippe Ruault, Michele Santoro, Alberto Spotti, Giuseppe Stagnitto, Steinkamp, Alessandro Trivelli, Monica Zerboni

Editrice Abitare Segesta spa
via Ventura, 5 – 20134 Milano
tel. 02210591 – fax 0221059316

Presidente > **Renato Minetto**
Amministratore delegato > **Roberto Minetto**
Direttore generale > **Fabio Franzoni**
Direzione editoriale > **Antonella Minetto**
Marketing editoriale > **Patrizia Cappi**
Direzione amministrativa > **Raimondo Gerosa**
Manifestazioni e iniziative speciali >
Alessandra Fedele
Segreteria di Direzione >
Gabriella Donini (assistente dell'editore)
Monica Scotti
Ufficio tecnico > **Rinaldo Ronchi**
Servizio abbonamenti > **Isa Camattari**
abbonamenti@costruire.it
tel. 02 21059242/244/241

Estratti Per ogni articolo è possibile richiedere la stampa di un quantitativo minimo di 500 estratti a:
tel. 0221058201, fax 0221058217
e-mail: a.minetto@abitare.it

SKYBRIDGE A CHICAGO
Una forcella in cielo
PAG. 36

DOSSIER

Bambù

- Le caratteristiche generali
- I trattamenti protettivi
- Un materiale da rivalutare
- Il sistema costruttivo
- Il padiglione Zeri

PAG. 57

'S-HERTOGENBOSCH (NL)
Vele d'Armada
PAG. 44

GENNAIO

7 **Questo mese**
9 **Filo diretto**
10 **Libri**
13 **Calendario**

AVVENIMENTI

16 **Analisi congiunturali delle costruzioni**
Galoppano ancora
20 **Credito alle imprese**
Lo spauracchio del rating
24 **Rassegna urbanistica nazionale**
Obiettivo rinviato
26 **Le classifiche europee**
Avanzano gli italiani
30 **Notizie**

PROGETTO

36 **Torre residenziale Skybridge a Chicago**
Qualcosa di nuovo
42 **Complesso scolastico Robert Lebon a Villejuif (F)**
Tutti i colori del bianco
44 **Il quartiere Armada a 's-Hertogenbosch (NI)**
Con il vento in poppa
50 **Segni**
54 **Concorsi**

DOSSIER

57 **Bambù**

Concessionaria esclusiva pubblicità
PRS Pubblicità Stampa Edizioni srl
via Quaranta 29 - 20141 Milano
tel. 02573717.1
fax 02573717.290/289
Promozione e coordinamento pubblicità
Pierluigi Bollini

DOSSIER

Bambù

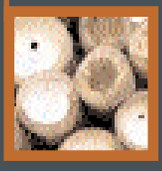
LE CARATTERISTICHE GENERALI

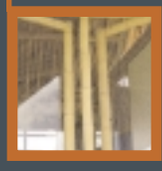
I TRATTAMENTI PROTETTIVI

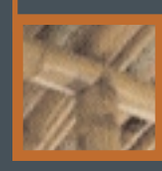
UN MATERIALE DA RIVALUTARE

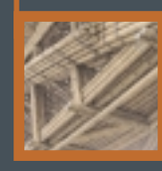
IL SISTEMA COSTRUTTIVO

IL PADIGLIONE ZERI

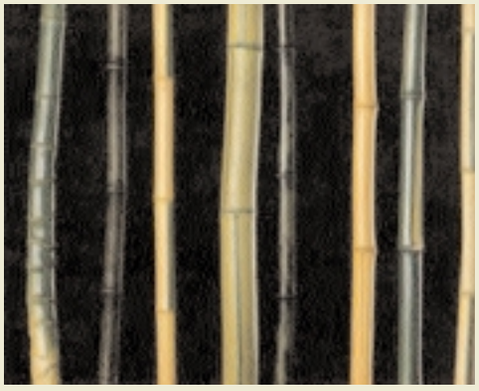








Al contrario di quanto accade in Asia, America latina e Africa, dove cresce in abbondanza ed è perciò di facile reperibilità e accessibile a tutti, in Occidente si sa pochissimo del bambù, pianta che può essere utilizzata per costruire case, ponti, mobili, laminati, pavimenti, materiali compositi, carta, trova applicazioni anche in medicina ed è un ottimo alimento. E, grazie al lavoro svolto negli ultimi decenni da importanti architetti e ingegneri in tutto il mondo, sta tornando a essere un materiale nobile da costruzione.
Per un lungo periodo, l'utilizzo diffuso di materiali moderni ha significato per il bambù la perdita del ruolo che aveva come materiale da costruzione nelle regioni del pianeta in cui era diffuso. È stato gradualmente sostituito da calcestruzzo, acciaio e legno ed è cosi divenuto "il legno dei poveri". Ma oggi questa connotazione e l'idea della sua deperibilità sono due fattori in parte superati: insieme con altre tecnologie basate sull'utilizzo di materiali naturali, il bambù è in fase di rivalutazione da parte di architetti e ingegneri di tutto il mondo. E nessun altro materiale s'identifica così appieno con gli attuali ideali di progettazione sensibile agli aspetti ambientali e sostenibili.



Il bambù è una pianta il cui tessuto è composto da fibre che conferiscono una eccezionale resistenza. In alcune specie lo spessore del culmo può arrivare fino a 30 millimetri e il diametro fino a 30 centimetri, con altezze che, in casi eccezionali, possono raggiungere i 40 metri. Alcune delle migliaia di specie di bambù sono purtroppo a rischio di estinzione a causa degli incendi provocati dall'uomo per rendere disponibili i terreni ad altre coltivazioni.

LE CARATTERISTICHE GENERALI

Il bambù è più resistente del legno a tensione e compressione: la resistenza a tensione delle sue fibre può arrivare sino a 12.000 kg/cm^2, quasi due volte quella dell'acciaio. E supera addirittura il calcestruzzo nella resistenza a compressione (**vedi le tabelle 1 e 2**). Processa il biossido di carbonio (CO_2) più efficacemente della maggior parte degli alberi tropicali. Ha bisogno di una ridotta quantità d'acqua per

TABELLA 1
RESISTENZA COMPARATIVA

Materiale	Forza N/mm²	Massa/ volume	Rapporto
• cemento	8	2.400	0,003
• acciaio	160	7.800	0,020
• legno	7,5	600	0,013
• bambú	10	600	0,017

TABELLA 2
RESISTENZA COMPARATIVA

Materiale	E-modulus MN/m²	Massa/ volume	Ratio
• cemento	25.000	2.400	10
• acciaio	210.000	7.800	27
• legno	11.000	600	18
• bambù	20.000	600	33

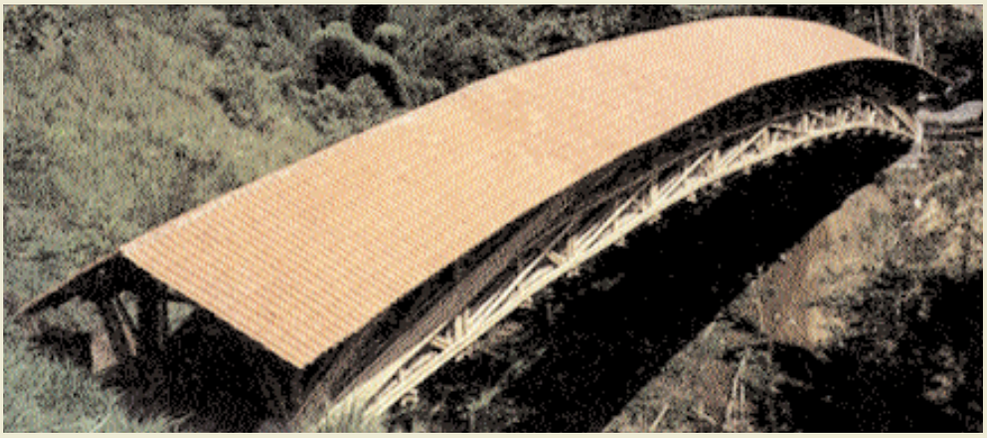
Resistenza comparativa del bambù: prove realizzate dal professor Jules Janssen, direttore del programma di Ingegneria del bambù per Inbar (Red Internacional del bambú y el Ratán).

Sopra, l'edificio che ospita la facoltà di Architettura dell'Università "La Gran Colombia" ad Armenia (Colombia) è stato progettato da alcuni docenti e realizzato interamente in bambù . Per questo progetto sperimentale sono state applicate diverse tipologie di dettagli costruttivi ed è stato utilizzato per prima volta un prodotto prottetivo ecologico.

Qui sopra, il dettaglio di una finestra: il clima tropicale di questa regione offre la possibilità di realizzare serramenti non completamente ermetici.
Sotto, la cattedrale "temporanea" di Pereira (Colombia), realizzata in bambù su progetto di Simòn Vélez, è stata utilizzata durante il periodo dei lavori di restauro della cattedrale antica e poi demolita.

Sotto, una tipica casa della regione colombiana della "cafetera", dove alcune città hanno interi quartieri realizzati in bambù, con edifici alti anche tre piani.

nutrirsi e, con le sue radici, è un'eccellente protezione contro erosione e slittamento del terreno. Può essere utilizzato al posto del legno in tutte le sue applicazioni. Viene tagliato e lavorato con estrema facilità, nonostante la resistenza e la durezza del culmo.
Il bambù è un materiale molto suscettibile all'attacco di funghi e insetti. La sua resistenza contro questi agenti naturali può essere considerevolmente aumentata seguendo alcuni accorgimenti, quali la selezione della specie più adatta alla costruzione, l'età della pianta al momento del taglio e le modalità di taglio, essiccazione, trattamento, protezione dall'acqua e dalla luce.
Le varietà di bambù sono centinaia e la scelta della specie più adatta diventa fondamentale per la costruzione. In America latina, in particolare in Colombia, le specie utilizzate a fini costruttivi, per dimensione e resistenza naturale, sono la *Guadua Angustifolia*, la *Guadua Cebolla* e la *Guadua de Castilla* (le ultime due non ancora classificate scientificamente). Queste specie sono le più resistenti all'aggressione da parte d'insetti e funghi se si procede al taglio dei culmi quando sono maturi e durante la stagione delle piogge, quando il livello di amido è molto basso. Dopo varie ricerche si è verificato infatti che le »



I ponti sono le costruzioni che meglio dimostrano le proprietà di resistenza e leggerezza del bambù. Come accade per quelli in legno, la copertura si rivela un elemento di fondamentale importanza per proteggere la struttura dal degrado indotto dal sole e dalla piogga. Qui sopra, un ponte realizzato da Jorg Stamm; a destra, un dettaglio di quello pedonale realizzato da Simòn Vélez a Bogotà.

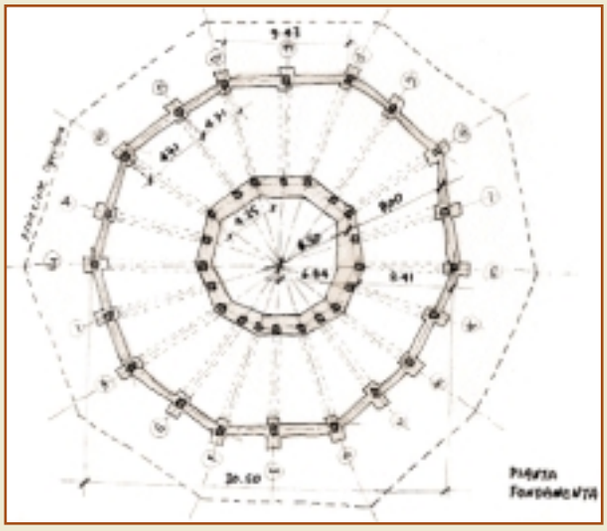
specie che contengono più amido sono quelle più suscettibili all'attacco degli insetti (secondo Walter Liese, tra i massimi esperti mondiali in biologia del bambù, la quantità di amido nel culmo raggiunge il massimo livello durante le stagioni di siccità). A Manizales, città colombiana conosciuta come la culla dell'architettura in bambù nelle Americhe, esistono ancora case realizzate nel 1890 utilizzando la specie *Guadua Angustifolia*.
Il taglio del bambù è un altro fattore importante per ottimizzarne l'utilizzo e la durata. In genere viene tagliato alla base, appena sopra il primo nodo fuori terra. L'età nella quale il bambù deve essere tagliato dipende dall'uso al quale è destinato. Per la costruzione dopo tre o quattro anni di vita. Una volta tagliato, si procede alla stagionatura dei culmi. I culmi secchi o stagionati sono più resistenti e facili da tagliare e lavorare. Devono essere essiccati all'aria per almeno due mesi prima di poter essere utilizzati per fini strutturali e realizzare nodi ad alta precisione. Per velocizzare l'essiccazione si dispongono in posizione verticale.

I TRATTAMENTI PROTETTIVI

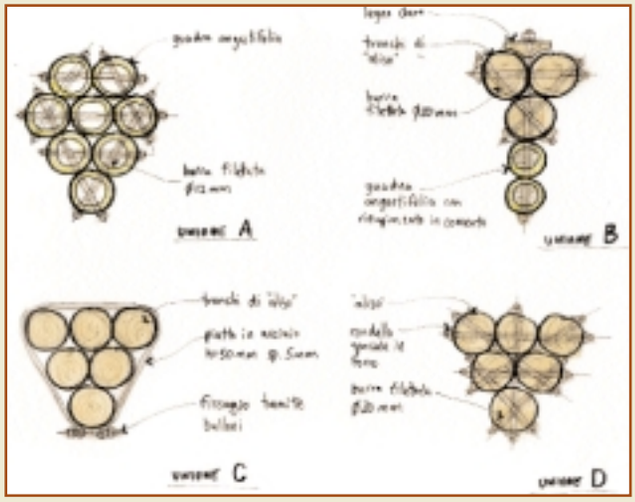
Un fattore decisivo per migliorare la durata del bambù è costituito dal trattamento contro gli agenti che lo rendono deperibile. Ne esistono due tipi: fisico e chimico. Il metodo fisico ha lo scopo di distruggere o ridurre l'amido all'interno dei culmi. È il trattamento più economico e per questo più diffuso. Si attua in diversi modi: immersione in acqua, in terra bagnata, in sabbia, essiccazione attraverso il fuoco o tramite fumo, oggi il più praticato. Questa tecnica antica, proveniente dall'Asia, si pratica in Colombia da vari decenni. Si tratta di impregnare i culmi con il fumo, proveniente dal fuoco prodotto da scarti di bambù o legno, fino alla saturazione (tre o quattro settimane); è molto efficace dal punto di vista della protezione contro insetti e funghi, ma modifica il colore originale della pianta.
Il sistema chimico utilizza invece prodotti molto efficaci contro insetti e funghi, ma molto dannosi per l'ambiente e per le persone che abitano e lavorano in queste costruzioni.
Ci sono due tipi di trattamento chimico: quello temporaneo, conosciuto come il metodo profilattico, e quello a lungo termine. I trattamenti chimici solitamente praticati al legno possono essere applicati alle strisce di

Nella foto in alto a sinistra, una casa in Costa Rica, progettata dall'architetto Jorge Moran per essere realizzata in autocostruzione. Qui a fianco e sopra, un ristorante tipico della campagna intorno alla città di Armenia (Colombia).

La maggior parte delle costruzioni realizzate in questa regione sono costruite in bambù. Esiste una forte tradizione nell'utilizzo di questo materiale non solo per le opere di architettura, ma anche per l'arredamento e l'artigianato.



A fianco e sopra, particolari della copertura del padiglione Zeri, visti dall'interno. Nei disegni a sinistra, dettagli delle varie tipologie di unioni che compongono la struttura del padiglione.

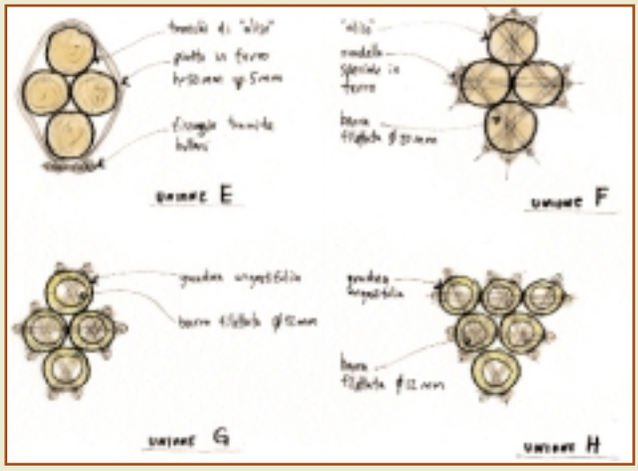


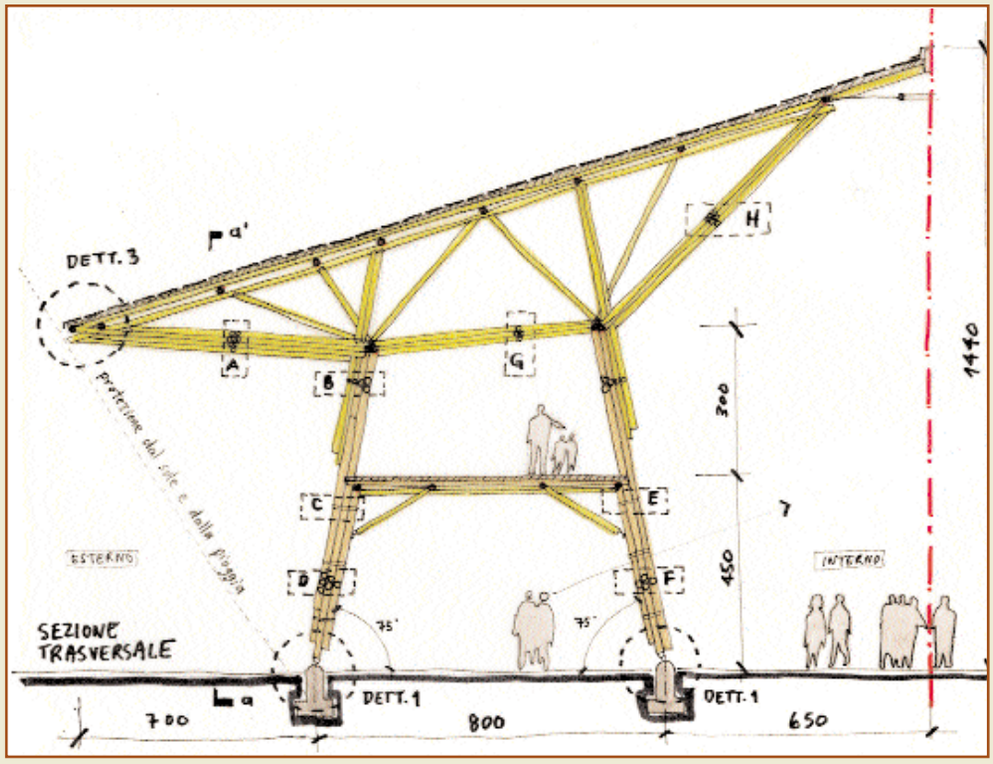
Nella foto sotto, una vista del prototipo a scala reale del padiglione Zeri, realizzato a Manizales (Colombia) per condurre le prove statiche. Diversamente da quanto accaduto per quella realizzata per l'Expo 2000 di Hannover, questa struttura non è stata demolita e attualmente è utilizzata nell'ambito di un complesso culturale all'interno di un parco.

bambù, però solo alcuni di essi possono essere applicati ai culmi. Anatomicamente diverso dal legno nei tessuti, il bambù reagisce diversamente durante i trattamenti chimici. L'ultimo e, forse, più importante accorgimento riguarda la protezione degli elementi strutturali attraverso la progettazione. Il bambù deve essere protetto dall'acqua e dalla luce: l'attacco a terra e la copertura sono cruciali.

UN MATERIALE DA RIVALUTARE

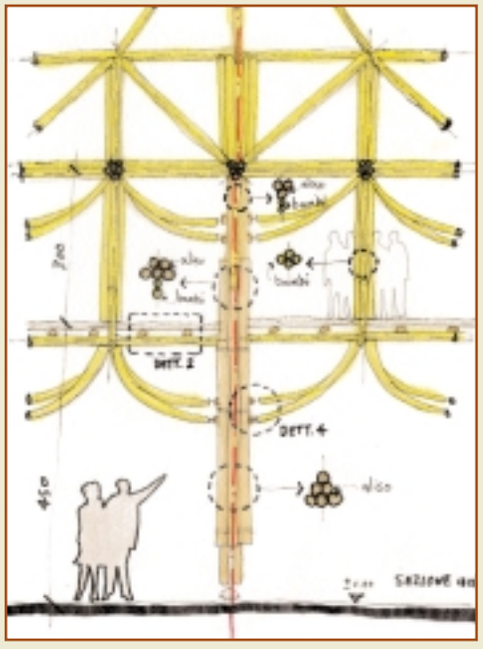
In un mondo con risorse sempre più limitate, la necessità di dotare di abitazioni una popolazione in rapida crescita ha portato a »



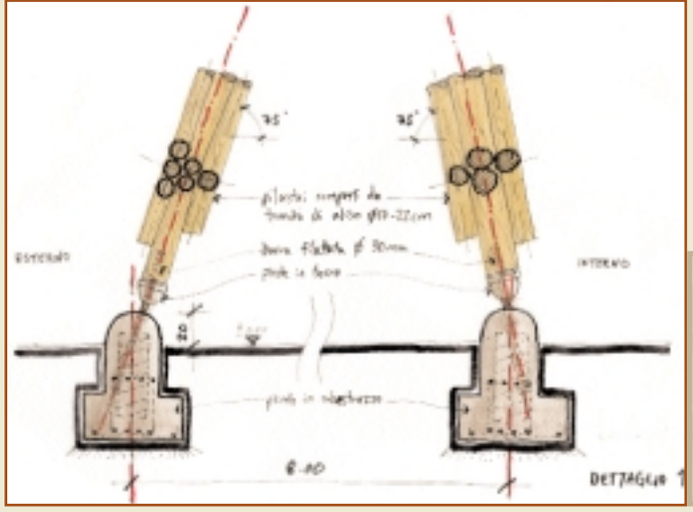


In alto, una sezione del padiglione Zeri: la struttura è stata realizzata in legno e bambù. Per la sua leggerezza e resistenza, quest'ultimo viene utilizzato soprattutto per la realizzazione della copertura. L'aggetto di 7 metri protegge la struttura dal sole e dalla pioggia.

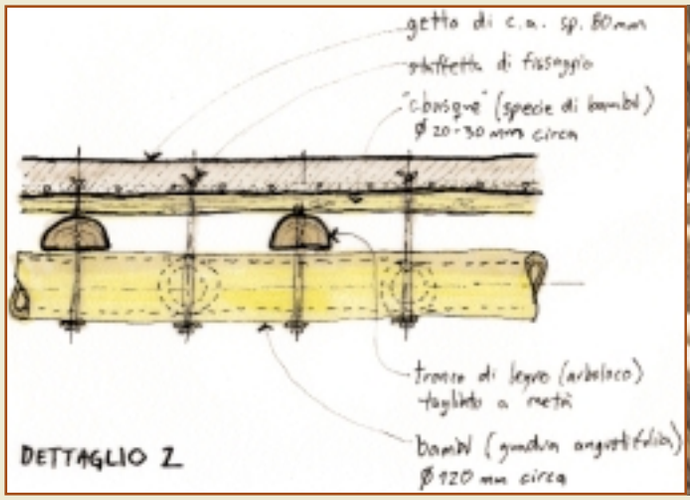
riconsiderare le applicazioni edilizie del bambù. Questo "acciaio vegetale" cresce in più di 13 milioni di ettari di terra al mondo e questa enorme ricchezza naturale è potenzialmente rinnovabile, se coltivata in maniera intensiva e programmata. Oggi il bambù è impiegato in edilizia principalmente in Asia e America latina. Nonostante il suo utilizzo sia così regionale, architetti e ingegneri di tutto il mondo hanno fatto ricerca sul bambù, da Frei Otto a Buckminster Fuller, da Arata Isozaki a Michael McDonough, a Renzo Piano.
In America latina si sono sviluppate nuove tecniche costruttive, rivoluzionarie nell'applicazione del materiale all'edilizia, favorite dal fatto che la specie *Guadua Angustifolia Kunst* sia nativa di alcune di queste regioni. In Colombia, negli ultimi trent'anni, sono state edificate costruzioni molto interessanti e ardite: l'architetto Carlos

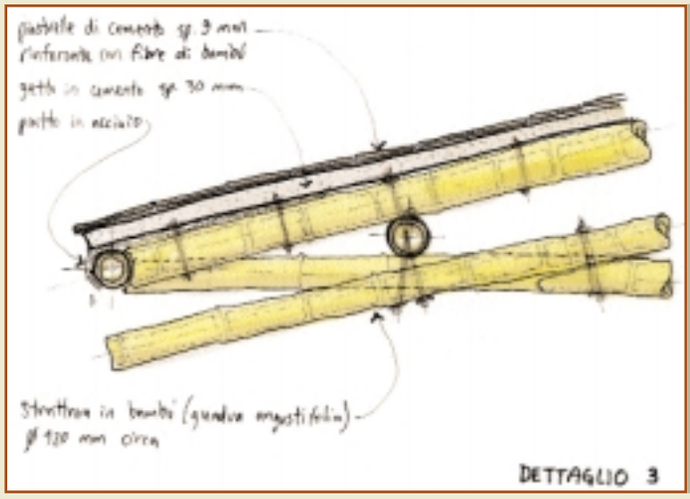


Bambù

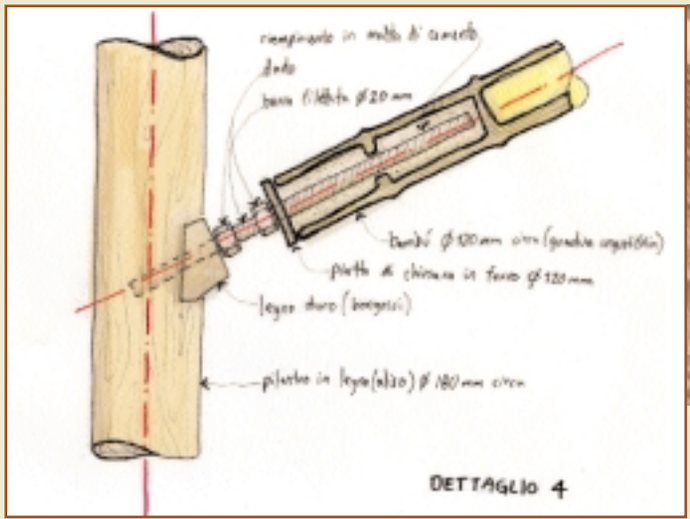


La protezione è un elemento di cruciale importanza nella progettazione. Ne sono un esempio i dettagli costruttivi sviluppati da Simòn Vélez.





La difficoltà di mettere a punto con precisione i diversi componenti strutturali, utilizzando un materiale di dimensioni non standard, rende fondamentale disporre di mano d'opera qualificata. Vélez si avvale di un gruppo di operai di altissimo livello, con i quali ha accumulato esperienza attraverso la realizzazione di almeno cinquanta grandi strutture.



Vergara ha realizzato a Cali, negli anni Ottanta, la struttura in bambù a pianta quadrata più grande del mondo. Considerato il massimo esponente mondiale per le costruzioni in bambù, Simòn Vélez ha realizzato spettacolari ville, capannoni, stalle e ponti. Anche Jorg Stamm, ingegnere di origine tedesca radicato in Colombia, ha realizzato strutture per ponti carrabili in bambù. In Costa Rica, Ecuador, Perù e Colombia sono stati costruiti interi quartieri di case popolari in bambù. E sempre in Ecuador, Jorge Moran lavora allo sviluppo di sistemi costruttivi in bambù adatti per la realizzazione di abitazioni popolari in autocostruzione. Mentre in Giappone Shoei Yoh ha studiato nuove tipologie di giunti utilizzando connessioni meccaniche in acciaio.
Tra le prime strutture contemporanee in bambù in Europa, si possono citare i progetti di Simòn Vélez per un padiglione, una casa a basso costo – realizzata in occasione di un workshop estivo sul tema della costruzione in bambù organizzato dal Centro Georges Pompidou e dal Vitra Museum a Boisbuchet, in Francia, nel 1999 – e per il padiglione Zeri all'Expo 2000 di Hannover. Quest'ultimo è finora la costruzione più significativa in Europa, poiché ha dimostrato la fattibilità dell'utilizzo di questo materiale a queste latitudini. Si tratta di un edificio a pianta poligonale (10 lati) di 14,5 metri di altezza e 40 di diametro, con uno sbalzo perimetrale di 7 metri per proteggere l'interno dal sole e dalle piogge. Il materiale utilizzato, circa 3.500 culmi della specie *Guadua Angustifolia*, proviene dalla Colombia, così come i 40 operai che lo hanno montato. Poiché in Europa non esistono standard di certificazione per le costruzioni in bambù, per ottenere l'autorizzazione a realizzare questa costruzione l'ingegner Klaus Steffens ha condotto prove statiche su un prototipo del padiglione realizzato a scala reale a Manizales, Colombia. L'eccellente esito delle prove costituisce un importante precedente. Per trovare una soluzione alla mancanza di normative relative all'utilizzo del bambù come materiale da costruzione si stanno svolgendo studi di cooperazione a livello internazionale. Oscar Hidalgo (tra i massimi esperti mondiali: ha sviluppato nuove tecniche costruttive utilizzando il bambù per prefabbricati e autocostruzione in Colombia) e Jules Jannson (fondatore e direttore del programma d'Ingegneria del Bambù all'interno dell'Inbar, International network for bamboo and rattan) in Olanda hanno condotto studi e prove sulle caratteristiche meccaniche del bambù.
Infine, la prima struttura d'Europa a uso pubblico e a carattere permanente costruita interamente in bambù è stata realizzata in »

La costruzione realizzata dall'associazione Emissionizero a Vergiate, in provincia di Varese, ha un significato molto importante: avendo ottenuto la certificazione statica dopo avere superato prove di carico molto severe, dimostra la fattibilità di realizzazione in Italia di strutture che utilizzano il bambù. Le prove sono state realizzate dallo studio d'ingegneria De Miranda Associati, mentre i test di laboratorio sono stati condotti dall'Istituto Masini.

Italia, a Vergiate (Va). Destinato a ospitare le manifestazioni estive del paese, l'edificio – il cui progetto nasce nel 2003 da una proposta formativa *learning by doing* ospitata dal Comune all'interno del Parco del Ticino – prende ispirazione da uno schizzo di Simòn Vélez ed è stato messo a punto da Neri Braulin, dell'associazione Emissionizero. I 400 culmi di bambù utilizzati per la costruzione di circa 500 metri quadrati vengono dalla Colombia. La specie utilizzata è la *Guadua Angustifolia*.

II. SISTEMA COSTRUTTIVO: UN ESEMPIO

Il padiglione Zeri è un'interessante applicazione della tecnologia costruttiva sviluppata da Simòn Vélez e basata sull'utilizzo del bambù combinato con cemento e acciaio.
I materiali utilizzati per la realizzazione del padiglione sono *Guadua Angustifolia*, legno (la specie colombiana *Aliso*), ferro e cemento. Per la realizzazione dei solai sono stati utilizzati legno *Arboloco* (specie colombiana) e *Chusque* (specie di bambù).
La sequenza operativa seguita da Simòn Vélez inizia con la costruzione del tetto, a terra, e termina con le fondazioni. La ragione di questa inversione è legata all'imperfezione del materiale bambù, che porta i diversi elementi della costruzione a essere necessariamente diseguali. È quindi opportuno trasferire le tolleranze dimensionali alle fondazioni, che non sono visibili. Queste ultime (**vedi disegno in pianta a pag. 109**) sono state realizzate in calcestruzzo, lasciando fuori terra, per un'altezza di circa 20 centimetri, i plinti sui quali poggiano i pilastri. Che, per evitare il contatto con l'umidità, non toccano terra direttamente, ma poggiano sui plinti tramite un piede in ferro (**dettaglio 1 a pag. 111**).
I pilastri, che compongono la struttura verticale primaria, sono composti da tronchi di legno *Aliso* assemblati in gruppi di 6 per l'anello esterno e di 4 per l'anello interno. Solo 2 tronchi per ogni pilastro trasmettono al basamento i carichi verticali, i rimanenti collaborano aumentando la resistenza del pilastro alla flessione (**sezione aa'**). La struttura verticale secondaria è realizzata in bambù e parte dal primo piano, collegandosi alla struttura primaria in legno. Le controventature, posizionate a livello della soletta e dell'impianto della copertura, sono realizzate utilizzando le parti inferiori dei culmi, naturalmente curve. La struttura della copertura, realizzata interamente in bambù, ha un aggetto di 7 metri per proteggere la struttura dai raggi del sole e dalla pioggia (**dettaglio 3**).
Per la composizione degli elementi strutturali sono stati studiati da Vélez due tipi di unioni (unioni A, B, C, D, E, F, G, H a pag. 109). Il primo prevede il collegamento degli elementi attraverso l'inserimento di una barra filettata in ferro all'interno dei culmi e il successivo riempimento dei "vasi" adiacenti al giunto con cemento per aumentare la resistenza a trazione (**dettaglio 4**). L'altro tipo di unione prevede il fissaggio degli elementi strutturali attraverso l'utilizzo di un piatto in ferro.

Mauricio Cárdenas Laverde

L'autore

Mauricio Cárdenas Laverde, è nato in Colombia. Architetto, ha ottenuto il dottorato presso la facoltà di Architettura degli interni del Politecnico di Milano. Ha collaborato per tre anni con lo studio di Renzo Piano a Parigi e per un anno alla direzione artistica del cantiere della nuova sede del gruppo Il Sole 24 Ore a Milano. Docente a contratto presso la facoltà di Design del Politecnico di Milano e presso la facoltà di Architettura del Politecnico di Torino, ha recentemente iniziato la sua attività come libero professionista a Milano.

Per saperne di più

- Oscar Hidalgo-Lòpez, **"Bamboo, the gift of the gods"**, Oscar Hidalgo-Lòpez editor, Bogotà, 2003
- AaVv, **"Grow your own house. Simòn Vélez and bamboo architecture"**, Vitra Design Museum/Zeri/Cireca, 2000
- AaVv, **"Bamboo as a Building Material"**, Institute for lightweight structures (IL), University of Stuttgart, director Frei Otto, publication n. 31, Karl Kramer Verlag, Stuttgart, 1985

Istituzioni e associazioni che promuovono il bambù a livello mondiale:

- **Inbar**, International network for bamboo and rattan, www.inbar.org.sg/
- **Zeri Foundation** (Svizzera), www.zeri.org
- **American bamboo society** (Stati Uniti), www.americanbamboo.org/
- **Australian bamboo network** (Australia), www.ctl.com.au/abn/abn.htm
- **Bamboo web** (Hawaii), www.kauai.net/bamboo-web/bamboo.html
- **The international bamboo foundation** (Indonesia) http://bamboocentral.org/
- **Environmental bamboo foundation** (Olanda), http://ebf-bamboo.org/
- **European bamboo society** (Regno Unito), www.bodley.ox.ac.uk/users/djh/ebs/
- **Emissionizero** (Italia), www.emissionizero.net
- **Iba**, International bamboo association (Australia), www.bamboo.org.au/iba/
- **Sociedad colombiana del bambù** (Colombia), www.guadua.org