BIMESTRALE – Organo ufficiale di APA

www.casaeclima.com

CASA&CLIMA

Euro 8

Rivista sull'EFFICIENZA ENERGETICA e il COMFORT ABITATIVO

N. 14 · ANNO III · SETTEMBRE 2008

SOSTENIBILITÀ
OLTRE LA CERTIFICAZIONE

VISTI IN FIERA
SOLE IN VETRINA A INTERSOLAR E SOLAREXPO

MATERIALI
TUTTI I SEGRETI DEL BAMBÙ

COMFORT
Ermeticità e ventilazione

INTERVISTE
La parola a Matteo Bo

STRATEGIE ENERGETICHE
Inerzia o isolamento?

PROGETTARE
Ottiche a specchi per la facciata

DENTRO L'OBIETTIVO
Riqualificazione: interventi diversi per edifici identici a Wuppertal
Nuovi materiali per una Classe A+

Quine Business Publisher

Poste Italiane Spa - Sped. abb. post. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/02/2004 n.46) art.1, comma1 - DCB MI

Acciaio vegetale

Leggero come una piuma, solido come la roccia il bambù comincia ad essere impiegato in Europa come materiale da costruzione. Usato da secoli in Asia e in Sud America per erigere abitazioni resistenti e durature, ha proprietà tecniche interessanti, unite a un impatto ambientale quasi nullo

di Richard Ramponi

Foto: Satoshi Asakawa

La scelta dei materiali da costruzione avviene tradizionalmente in base al costo e alla durabilità. Oggi l'emergenza ambientale porta ad aggiungere tra i parametri da considerare anche l'energia inglobata nella produzione del materiale e il consumo di risorse naturali. Da qui la necessità di valutare tipologie costruttive nuove o l'impiego di materiali differenti, non sempre provenienti dalla ricerca tecnologica. In questo senso il bambù, grazie alla rinnovabilità e alle proprietà fisico-meccaniche, sta ricevendo una notevole considerazione da parte di alcuni tecnici del settore. Infatti, se utilizzato in culmi (ovvero come si presenta in natura), il bambù è il materiale edile meno impattante tra tutti quelli sino ad ora conosciuti, anche tenendo conto del trasporto dal Sud America o dall'Asia.

Negli USA la certificazione LEED, cui molti gruppi immobiliari si ispirano per i nuovi progetti in territorio non solo statunitense, ha già inserito dei punteggi per i parametri "Rapidly Renewable Materials" e "Low-Emitting Materials: Composite wood" che, più generiche, prevedono nel primo caso l'utilizzo di piante per costruzioni edili con un ciclo minore di dieci anni e, nel secondo, l'impiego di materiali naturali che non rilascino formaldeide.

In Europa, invece, si è giunti ad una certificazione delle proprietà fisiche e meccaniche del bambù secondo la ISO/DIS 22156 "Bamboo Structural Design" e la ISO/DIS 22157 "Determination of physical and mechanical properties of bamboo". Queste norme, stilate recentemente in modo molto dettagliato proprio al fine di definire le diverse varietà di bambù e le caratteristiche meccaniche di ciascuna, stabiliscono dei protocolli particolareggiati nonché un coefficiente di sicurezza nei calcoli statici elevato, commisurato alle specie di bambù disponibili anche con prestazioni meccaniche minori.

Piccoli, giganti o "running"

Il bambù, detto anche "erba gigante", è una delle piante che si adatta più facilmente a diversi climi, terreni e zone d'ombra e di sole. La tendenza a fare massa, inoltre, caratterizza i boschi dove la produzione di ossigeno supera del 30% quello presente in una normale foresta.

In commercio ad oggi sono reperibili i

Alcune delle 1600 specie di bambù fioriscono annualmente, altre sporadicamente. Nella fioritura "gregaria" la maggior parte delle piante della stessa specie fioriscono contemporaneamente in qualunque parte del mondo si trovino. A seconda della specie, inoltre, il ciclo della fioritura può variare dai 10 ai 145 anni. Il seme è disponibile per soli sei mesi e ciò può creare problemi per le popolazioni che dipendono da una fornitura costante di bambù per la loro sopravvivenza.

bambù nani, che non superano 1,5 metri d'altezza, i bambù piccoli che arrivano sino a 3 metri, i bambù medi che vanno da 3 a 9 metri e i bambù giganti che arrivano fino a 35/40 metri d'altezza.

Ma le specie di bambù si distinguono anche per la crescita. Vi sono infatti i bambù "running" che si sviluppano in lunghezza facendo nascere i nuovi culmi dal medesimo rizoma e i bambù "clumping" che crescono invece a forma di cespuglio.

Tecniche d'impiego

Nel campo dell'edilizia il bambù può essere utilizzato in diversi ambiti applicativi. In America, ad esempio, una delle maggiori opportunità consiste nel produrre i telai delle pareti, normalmente in legno e ferro. In questo impiego infatti, il bambù sembra essere idoneo grazie alla conducibilità termica, simile al legno, e alla resistenza, pari a quella dell'acciaio.

Ignifugo, il bambù risulta essere indicato anche per la costruzione di travetti. Le fibre di cui è composto assicurano massima resistenza sia ai lati che al centro della struttura, mentre la leggerezza intrinseca dal materiale permette di liberare da pesi notevoli l'intero telaio.

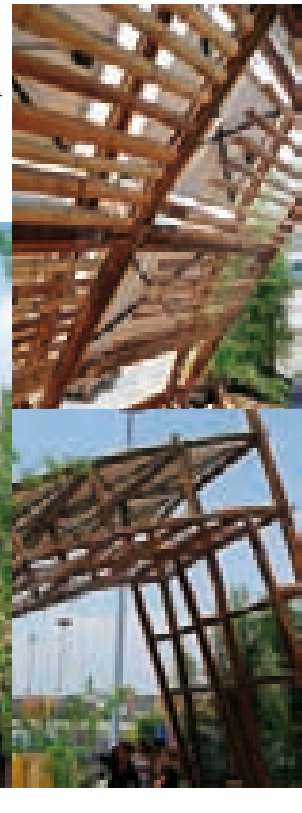
Ma utilizzare il bambù per costruire edifici in occidente non è sempre vantaggioso. Ad esempio, le travi sono una componente edile costosa e scomoda da trasportare a causa delle dimensioni considerevoli. Simile è il riscontro se parliamo di rivestimenti per facciate; anche in questo caso, la scelta ricade sul legno, materiale tecnicamente più stabile e duraturo.

Come elemento di rinforzo il bambù viene invece già utilizzato nella **malta cementizia**, nell'armatura per il calcestruzzo e nei pannelli truciolari.

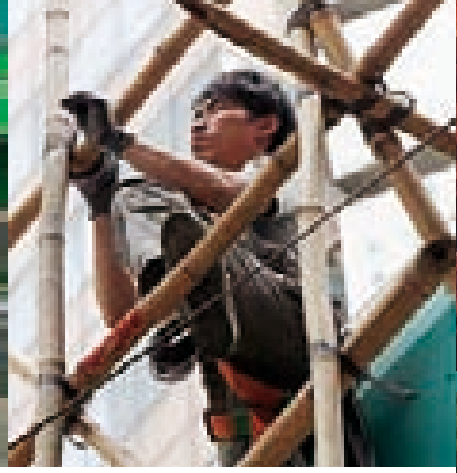
Nel primo caso le fibre dovrebbero agire come rinforzo per il calcestruzzo. Il problema del bambù è che se da un lato possiede adeguata resistenza alla trazione, dall'altro non è sufficientemente rigido. Sembrerebbe quindi che non possa essere utilizzato come rinforzo, ma non è così. Durante studi effettuati nel Regno Unito nei primi anni '80 ci si rese conto che le fibre di bambù non potevano sopravvivere per più di sei mesi all'interno dell'ambiente alcalino del calcestruzzo. Dopo un primo momento in cui si pensò che questa tecnica fosse destinata a fallire, si osservò che durante le prove di flessione su travi rinforzate da fibre di bambù, avvicinandosi al punto di rottura, queste si comportavano in modo diverso. In quelle in cui erano state inserite le fibre si avevano meno fessure e una resistenza alla trazione più alta. La spiegazione è semplice: nel primo caso, nonostante le fibre agiscano solo per qualche mese, una volta degradate lasciano dei piccolissimi vuoti che bloccano il propagarsi della fessura.

La tecnica del **calcestruzzo armato** con bambù è stata invece studiata

A confronto due pensiline solari: la prima, in legno, si trova presso l'Environement Park di Torino mentre la seconda, in bambù, è stata costruita al XXIII Congress of Architecture di Torino. Progettata dagli architetti Gabriele Casu e Giuseppe De Nunzio, la struttura ha una resistenza alla compressione pari a 32,80 MPa, una resistenza al taglio di 14,56 MPa e una flessibilità di 110,96 MPa.



Lo sviluppo crescente dell'urbanizzazione cinese ha comportato un uso del bambù nella costruzione di impalcature. Infatti, grazie alla sua resistenza e al peso contenuto, il montaggio e lo smontaggio risultano rapidi e poco costosi. Occorre però impiegare bambù di almeno 3 o 4 anni di età, momento in cui la resistenza è massima.



e sviluppata da Glenn durante la Seconda guerra mondiale per costruire edifici nel Pacifico evitando di utilizzare l'acciaio. I risultati, tuttavia, non furono molto soddisfacenti. Vi sono infatti alcuni vantaggi, come l'alta resistenza alla trazione e il basso costo, ma anche notevoli aspetti negativi che non ne rendono sempre conveniente l'utilizzo, almeno dov'è reperibile l'acciaio. Uno dei fattori che rende il bambù poco efficiente come armatura è la percentuale di utilizzo. Infatti mentre generalmente nel caso dell'acciaio è sufficiente lo 0,6% della sezione del calcestruzzo, con il bambù questo valore è intorno al 4%.

Il vero problema però è un altro. È difficile garantire l'aderenza tra bambù e calcestruzzo perchè questi due materiali non legano tra loro, al contrario di acciaio e calcestruzzo, quindi la compatibilità dev'essere garantita artificialmente. Alcune semplici soluzioni sono l'immersione del bambù in una soluzione bituminosa, l'inserimento dei chiodi attraverso la canna o l'utilizzo di tre strisce di bambù intrecciate tra loro. Questi metodi, seppur efficienti, costano, tanto che risulta più conveniente acquistare barre d'acciaio.

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
Bambù	**10**	**600**	**0,017**

Materiale	Modulo elastico N/mm²	Massa/Volume	Rapporto
Cemento	5.000	2.400	10
Acciaio	210.000	7.800	27
Legno	11.000	600	18
Bambù	**20.000**	**600**	**33**

Le caratteristiche naturali del fusto di bambù sono confrontabili con quelle di altri materiali da costruzione.

La produzione di **pannelli truciolari** avviene con l'utilizzo degli scarti della normale lavorazione del bambù. I residui vengono miscelati, pressati, tagliati e macinati sino ad ottenere delle particelle della dimensione di 20 x 1,5 x 0,1 mm. Fatte essiccare all'interno di un asciugatore rotante, raggiungono il 3-6% di umidità, quindi vengono tagliate.

Proprietà tecniche

Nel mondo si contano quasi 1600 specie di bambù. I pochi studi svolti negli anni hanno però reso difficile la possibilità di riconoscere le diverse varietà apportando alle schede tecniche in circolazione valori inesatti o approssimativi.

In generale si può affermare che il bambù, come pianta da costruzione, si contraddistingue per la morfologia del nodo, per la distanza internodale, colore, tipo di foglie e spessore della parete.

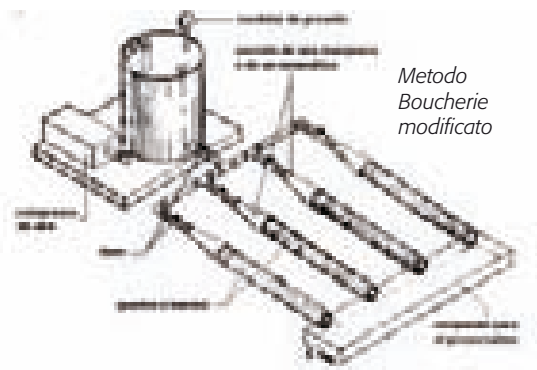
Altri fattori di classificazione sono la conformazione e la densità. La forma cava della pianta, infatti, non solo diminuisce il peso totale della stessa ma ne esalta la durezza all'altezza dei nodi centrali. La densità del materiale viene invece definita attraverso la presenza delle fibre intorno ai vasi. Grazie alla composizione fisica del bambù, questo valore aumenta nella zona centrale del fusto sino a diminuire alle estremità.

Come si lavora

Tra i sistemi di lavorazione più o meno rudimentali adottati dai Paesi produttori quali l'Asia e il Sud America, è possibile classificare i metodi tradizionali e quelli di sintesi.

Tra le tecniche di lavorazione classiche troviamo l'essicazione in una stanza calda o nel fumo e l'immersione in acqua.

I sali di Boro sono invece le sostanze normalmente adottate nei trattamenti di sintesi. Questi, che possono essere inseriti nella canna tramite il metodo Boucherie semplice o modificato, non rilasciano sostanze tossiche e prevengono la comparsa di funghi e insetti. Il metodo Boucherie semplice consiste nel tenere la canna in posizione verticale ed attendere che il liquido inserito dall'alto esca dalla parte inferiore, mentre il metodo

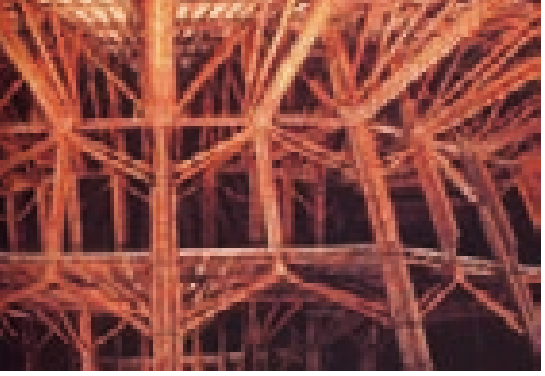


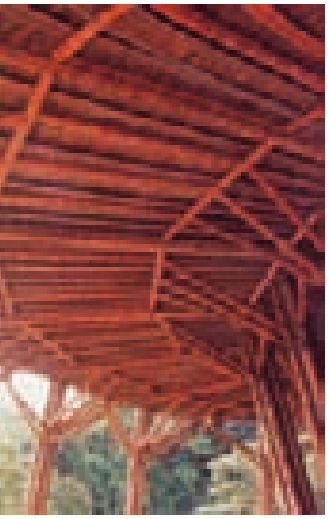
Metodo Boucherie modificato

PROPRIETÀ MECCANICHE DELLA GUADUA ANGUSTIFOLIA

Modulo elastico	1800 KN/cm²
Resistenza a trazione	15,0 KN/cm²
Resistenza a compressione	3,9 KN/cm²
Resistenza a flessione	7 KN/cm²

Il settore edile vede oggi un maggior utilizzo della specie di bambù chiamata Guadua Angustifolia. Della famiglia delle Pocaceae, è caratterizzata da un fusto dritto ad eccezione della punta leggermente curva. L'altezza varia dai 7 ai 20 metri mentre il diametro va dai 5 ai 25 centimetri.





Realizzato completamente in bambù il Padiglione Zeri dell'Expo 2000 di Hannover, in Germania. L'architetto colombiano che lo progettò, Simon Velez, dovette sviluppare la struttura prima in Colombia, per testarne l'effettiva sicurezza.
Foto: Carlo Zanni

"learning by doing" che prevedeva la costruzione nel Bosco delle Capre di un padiglione completamente in bambù.

Costruito in circa nove mesi, il padiglione copre un'area di circa 500 metri quadri per uno sviluppo planimetrico di 30 metri per 16 circa. È costituito da tre "tettoie" a due falde, una centrale, alta in corrispondenza alle linea di gronda 4,50 metri e lunga 13, e due corpi laterali più bassi di un metro e lunghi rispettivamente 8 e 11 metri. L'altezza all'intradosso del colmo è rispettivamente di 6,80 e 5,80 metri.

La struttura, ispirata a uno schizzo dell'architetto colombiano Simon Velez, è costituita da 15 moduli di due metri. Il modulo è la porzione di copertura larga due metri posta a cavallo di una capriata sostenuta da tre pilastri per lato: uno verticale e due inclinati come contrafforti. La luce tra gli appoggi verticali della capriata è di 10 metri.

Il bambù scelto per questa costruzione, della specie Guadua Angustifolia, è stato importato dalla Colombia via nave nella quantità di 400 culmi della lunghezza di 9 metri ciascuno, con diametro variabile da 16 a 8 cm.

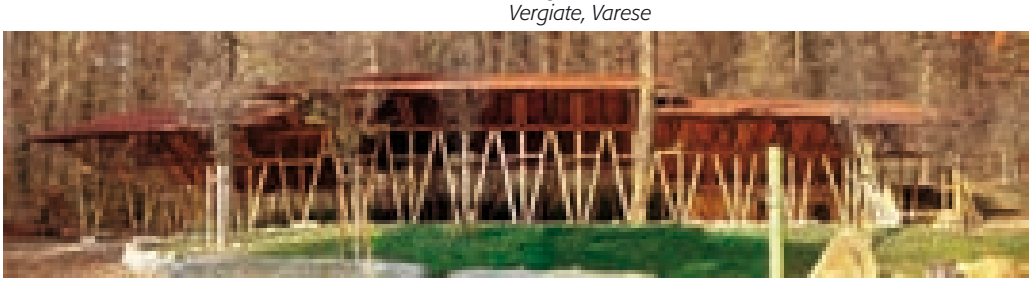
La sequenza costruttiva è iniziata con il tetto ed è terminata con le fondazioni. L'inversione è dovuta al fatto che i culmi di bambù non sono rettilinei, né hanno un diametro,

Padiglione in bambù realizzato nel Bosco delle Capre di Vergiate, Varese

Boucherie modificato, leggermente più complesso e che necessita di macchinari specifici, prevede che le canne vengano poggiate orizzontalmente al terreno ed attaccate ad una macchina in grado di inserire i sali all'interno del fusto ad una pressione stabilita.

Esempi pratici

Nell'estate del 2002, l'Amministrazione Comunale di Vergiate ha deciso di aderire alla proposta di EmissioniZero



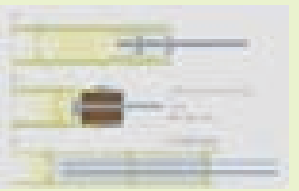
COLLEGAMENTI

Nel momento in cui si decide di utilizzare il bambù nella sua forma originaria, bisogna valutare i metodi di collegamento più adatti al tipo di costruzione. Infatti, i nodi e gli internodi che compongono il fusto, hanno valori di resistenza diversi che vanno necessariamente tenuti in considerazione.

1. Giunto che coinvolge l'intera sezione
In questo caso il collegamento prevede un contatto fra l'intera sezione delle canne collegate tramite corde, giunti di ferro o malta. Nei primi due casi è importante valutare il possibile deterioramento degli elementi di raccordo, mentre nel terzo caso la malta non deve contenere acqua in eccesso al fine di evitare il ritiro, la fessurazione e la rottura delle canne collegate.

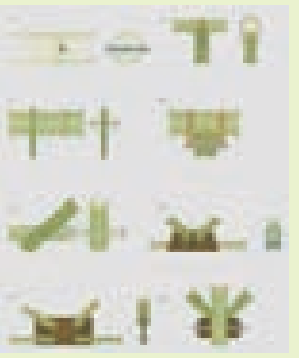
Foto: Janssen 1981

2. Collegamento attraverso un elemento parallelo all'interno della canna
Il trasferimento degli sforzi avviene attraverso un elemento posizionato parallelamente all'asse della canna ancorato al bambù con diversi materiali. In molti casi l'interno della canna viene riempito con malta in cui viene affogata una barra di acciaio o un elemento in legno. Questo tipo di collegamento dona al giunto maggior resistenza.

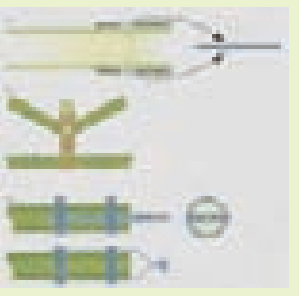


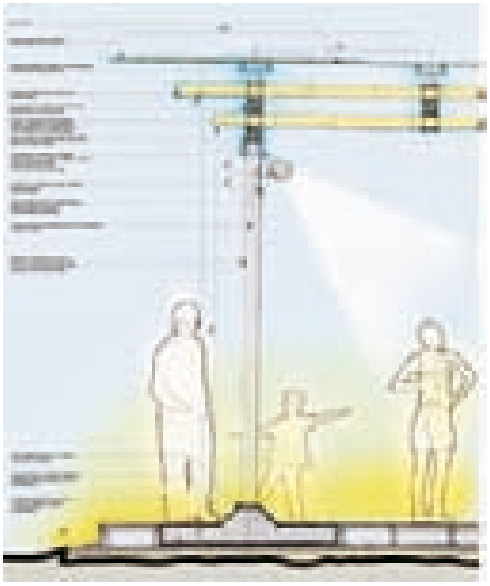
3. Collegamento dell'intera sezione trasversale attraverso un elemento parallelo
Anche in questo caso gli sforzi passano direttamente dalla sezione della canna di bambù all'elemento esterno collegato parallelamente e unito con giunti di ferro o di legno.

4. Collegamento dell'intera sezione trasversale ad un elemento perpendicolare alla canna
Più semplice da realizzare, questo tipo di collegamento consiste nell'inserimento trasversale di un elemento d'acciaio che funge sia da rinforzante che da giunto.



5. Collegamento dall'esterno della canna a un elemento perpendicolare
Molto più resistente, il metodo del collegamento esterno, prevede l'unione di giunti di diverso materiale alla canna di bambù.





Mauricio Cardenas, architetto colombiano che collabora con diversi studi internazionali tra cui quello di Renzo Piano a Parigi, ha progettato il padiglione temporaneo Dagdad dell'edizione 2006 del Salone del Mobile. La struttura, aperta sui quattro i lati, è composta da bambù, acciaio e una copertura trasparente. Interessante la scelta dei collegamenti tra le diverse canne di bambù: per poterle riutilizzare una volta finita la manifestazione, non sono state bucate ma solo riempite con cemento e appoggiate una sull'altra. La struttura è quindi composta da un pilastro in acciaio satinato di 100 mm di diametro, un piatto sottile in acciaio, un parallelepipedo di gomma neoprene che evita il contatto diretto del bambù con l'acciaio, quattro canne di bambù e un ragno in acciaio satinato che sostiene la struttura collegandola alla lastra di vetro posta in cima alla costruzione.

uno spessore e una distanza internodale regolari e perciò i diversi elementi della costruzione implicano necessariamente delle imperfezioni formali, dimensionali e strutturali. Le tolleranze dimensionali risultanti sono dell'ordine dei centimetri e la possibilità compensarle con le fondazioni consente di risolvere i problemi di complanarità o linearità degli elementi strutturali.

Il processo costruttivo può essere definito di semi-prefabbricazione:

• Modellazione delle estremità delle aste di bambù a "bocca di pesce".

• Realizzazione a pié d'opera delle travi reticolari, giuntando le aste a secco mediante barre filettate.

• Collocazione delle travi retorcolari sui ponteggi.

• Prima della posa della copertura, negli appositi fori, si è colata la boiacca di cemento negli internodi interessati dai giunti in modo da renderli rigidi e quindi atti a trasmettere i carichi senza deformarsi.

• Con la struttura primaria e secondaria ancora sui ponteggi, è stato posato un assito di legno, partendo dal limite di gronda contemporaneamente su entrambe le falde.

Nodo di gronda

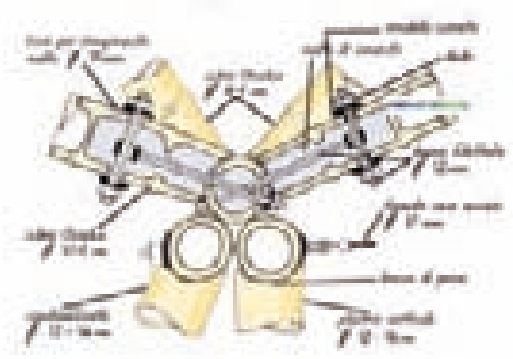
• Composizione a pié d'opera dell'orditura secondaria del tetto. Successivamente smontata e rimontata in quota fissandola alle travi portanti, sempre con barre filettate.

• La scelta finale del manto di copertura in tegole canadesi – che sono relativamente leggere e chiodate all'assito – è stata determinata da ragioni di sicurezza per garantirne la stabilità anche sotto l'azione del vento.

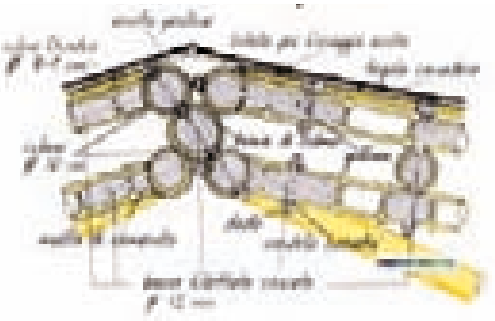
• Messa in opera di catene in acciaio e di controventature longitudinali realizzate con puntoni di collegamento tra le travi di bordo e le aste superiori delle travi reticolari.

• Fissaggio dei pilastri preconfezionati nelle opportune misure e con un'estremità a "bocca di pesce" alle travi di bordo. L'attacco alle fondazioni è stato realizzato con barre filettate saldate alla gabbia di armatura del getto e con bicchieri in ferro di appoggio dei pilastri.

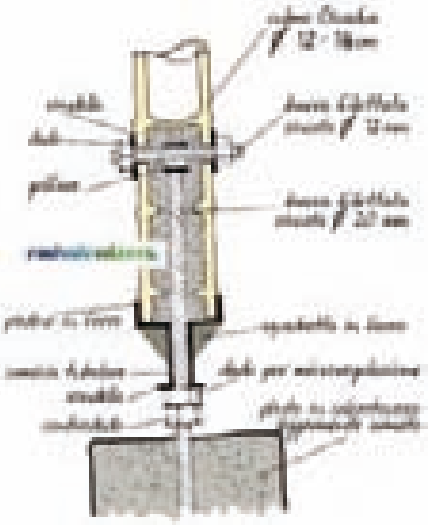
• Da ultimo sono stati gettati in opera i plinti cilindrici in calcestruzzo leggermente armato attorno alla parte delle barre filettate sporgenti dal pavimento.



Giunto tra pilastro e travi

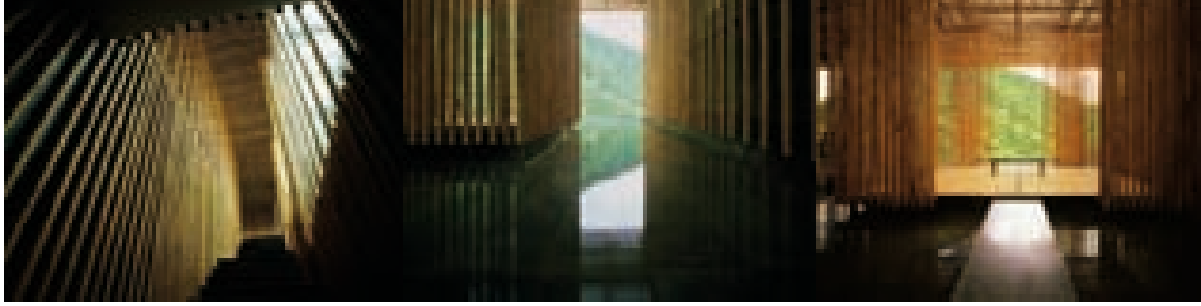


Particolare del nodo di copertura al colmo

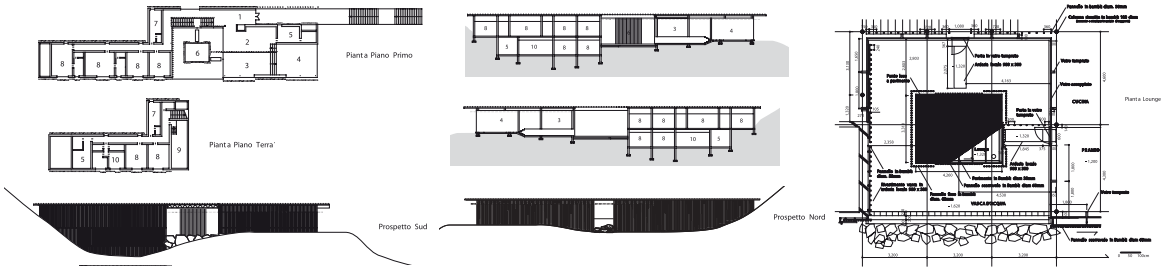


Nodo attacco a terra

Il Great Bamboo Wall è un edificio residenziale costruito in Cina, vicino alla Grande Muraglia. L'architetto, Kengo Kuma, ha utilizzato le canne di bambù non solo come elemento estetico ma anche come componente strutturale: le porte scorrevoli diventano infatti frangisole naturali.
Per realizzare i pilastri naturali è stato necessario inserire all'interno dello stelo un'asta in acciaio per tutta la lunghezza; subito dopo è stato eseguito un getto di calcestruzzo. In questo modo la canna di bambù è diventata una cassaforma a perdere.
Foto: Satoshi Asakawa



L'esperienza ha avuto il suo epilogo con il collaudo statico: la struttura è stata caricata al colmo fino a 1400 chili per simulare il carico della neve e fino a 500 kg nelle due direzioni orizzontali per simulare il carico del vento, misurando le deformazioni di carico e scarico della capriata sotto sforzo e di quelle contigue. La struttura, prima in Europa permanente a uso pubblico interamente in bambù, dimostrava un comportamento di deformazione lineare all'aumento progressivo dei carichi, salutato con soddisfazione dai responsabili del progetto di EmissioniZero – Neri Braulin e Valeria Chioetto – e del collaudo, lo Studio De Miranda Associati e l'Istituto Masini.



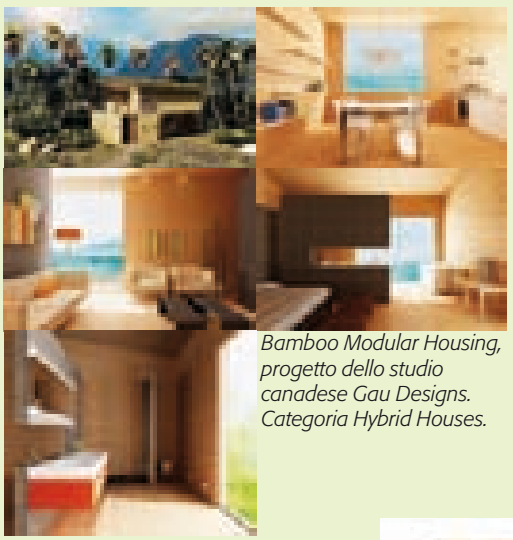
VINCA IL MIGLIORE

L'International Bamboo Building Design Competition, che si svolge ogni primavera negli Stati Uniti, è un concorso per la progettazione di edifici in bambù. Divisa in 12 categorie tra cui abitazioni residenziali, edifici urbani e strutture di emergenza, ha una giuria composta da 5 tecnici del settore per ogni categoria. I criteri di valutazione sono la funzionalità dell'edificio, la struttura, l'estetica, il concetto e il design applicati, il layout generale e il metodo di utilizzo del bambù.Tra i partecipanti italiani al concorso anche Claudia Bisceglia e Williams Troiano dello Studio Azimuth hanno presentato un progetto: la Sliding House. Nata dall'osservazione del comportamento umano durante i cambiamenti climatici, è un'abitazione passiva e flessibile alle esigenze dell'utente. È infatti caratterizzata dalla presenza di elementi fissi e mobili che permettono di cambiare in modo semplice e veloce l'assetto dell'abitazione. In inverno, con le stanze unite, diventa un cubo compatto mentre in estate le stanze a sud, traslate, creano zone d'ombra favorendo la ventilazione incrociata. www.bamboocompetition.com

Progetto e particolari costruttivi della Sliding House dello Studio Azimuth147. Caratterizzata dalla presenza di elementi fissi e mobili, la Sliding House ha sotto ogni stanza rivolta a sud due pedane rivestite sull'estradosso con listelli di bambù e costituite da un telaio in acciaio con un profilo a C che accoglie un tavolato anch'esso in bambù. Due coppie di staffe snodabili dotate di molle collegano il pavimento della stanza con la prima pedana mentre altre due coppie collegano questa alla seconda. In questo modo la traslazione degli elementi diviene veloce e comoda.

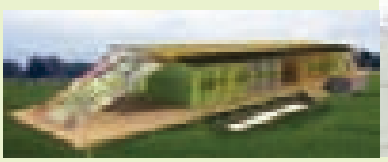
Configurazione estiva

Configurazione invernale

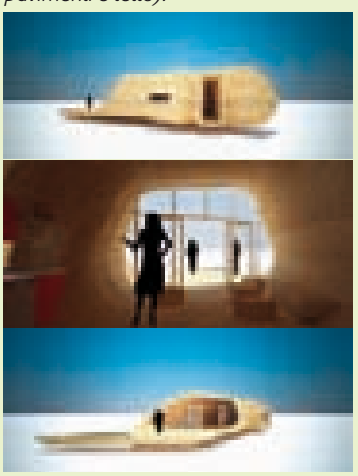


Bamboo Modular Housing, progetto dello studio canadese Gau Designs. Categoria Hybrid Houses.

Kai Huar Primary School. Progetto presentato da Sarah Khalid nella sezione Commercial, Public building and Infrastructure.



Woven House, progetto di Soren Karsgeord presentato nella sezione Custom Houses. Progettata per essere costruita in Asia, Vietnam, Cina, India o Indonesia, è completamente in bambù, comprese le zone interne (muri, pavimenti e tetto).



BIBLIOGRAFIA

- Università di Pisa, Facoltà di Ingegneria. Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria delle costruzioni civili. *Tesi di Laurea di Nicola Puccinelli.* "Coperture sismoresistenti in bambù: prove sperimentali ed aspetti progettuali per edifici a basso costo". Anno Accademico 2006/2007.
- Università degli Studi di Firenze, Facoltà di Ingegneria. Corso di Laurea in Ingegneria Civile. *Report della Tesi di Laurea di Francesca Parotti.* "Il bambù nelle costruzioni: analisi sperimentale e caratterizzazione. Anno Accademico 2005/2006.
- The development of "Conventional" American building elements made from bamboo.
- Associazione Italiana Bambù – www.bambuitalia.it
- International Bamboo Building Design Competition – www.bamboocompetition.com
- Bamboo Living – www.bambooliving.com
- EmissioniZero – www.emissionizero.net
- Ing. Mario De Mirada, Studio De Miranda Associati