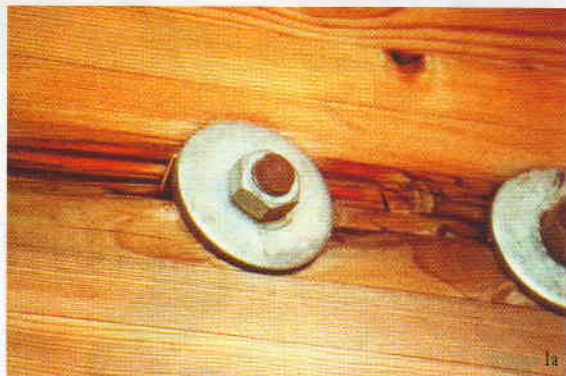


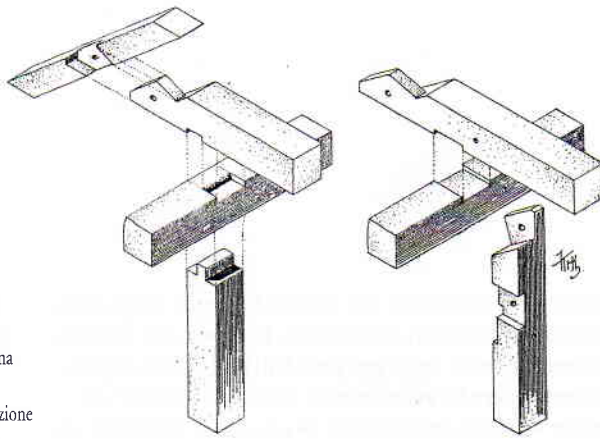
## ENNESIMA CONFERMA

nuove prove sperimentali ribadiscono l'affidabilità strutturale dei cavicchi di legno.

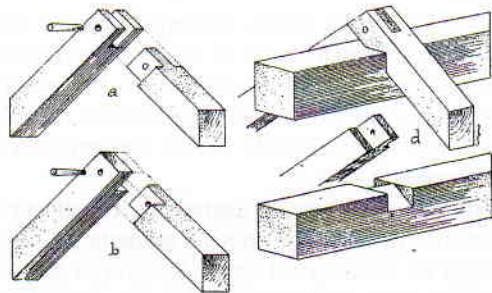
Diversi anni or sono – probabilmente l'idea mi è venuta durante l'esecuzione di prove sperimentali sull'eucalipto, a fronte dell'insospettabile resistenza meccanica di questa specie legnosa – ho iniziato ad occuparmi di cavicchi. Dapprima proprio cercando di dare un nome a questo connettore di legno cilindrico, che superasse tutto ciò che ricordasse l'acciaio, come perno, chiodo, chiavarda, caviglia, bullone... o sinonimi distortenti, come spinotto, piolo, bischero, poi cercando applicazioni storiche o in pratiche tradizionali ancora in atto. Un primo risultato fu proprio la constatazione che il ricorso ai cavicchi al posto di chiodi e tirafondi nei manufatti lignei non dipendeva dall'alto costo del ferro, quanto piuttosto dal fatto che – specie nelle imbarcazioni marine – c'era "rigetto" e poca compatibilità. Oltretutto il ferro a contatto con l'acqua, peggio se è salata, ossida e degrada in fretta! Il diverso coefficiente di conduzione termica dell'ac-



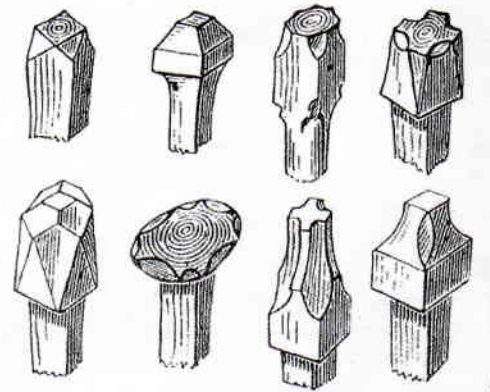
1a e 1b. Cavicchi e barre filettate: l'acciaio è portatore di patologie per il legno.



2. Esempi di unioni in spessore o semispessore. E' ben vero che le sezioni degli elementi subiscono una riduzione, ma spesso è compensata dall'impedimento che la compenetrazione offre a rotazioni o altre sollecitazioni (da: T. Krauth e F. Sales Meyer "Das Zimmermanns Buch", EAS, 1985, copia anastatica)



3. Diverse lavorazioni di teste di cavicchi (da: O. Warth "Die Konstruktionen in Holz", Leipzig, 1900).



ciaio, provoca patologie per condensa (ponte termico). Si notano infatti nei punti di contatto fra chiodo e legno degli imbrunimenti che sono indice non soltanto di ruggine del ferro, bensì di insediamento di carie, batteri, funghi e a volte anche di insetti.

Ovviamente l'ostacolo da superare è innanzitutto culturale. Già gli ingegneri amano poco il legno, che non si comporta come vogliono loro, o come le teorie formalizzate per altri materiali. Il coefficiente di dispersione (rapporto fra scarto quadratico e media) delle caratteristiche meccaniche del legno sono piuttosto elevati ed i tradizionali metodi per garantire la sicurezza mal si adattano a questo materiale che oltretutto non sta mai fermo!

È, a questo proposito, assai istruttivo il capitolo che James E. Gordon, grande tecnologo inglese del secolo scorso dedica agli aerei di legno ("La scienza dei materiali resistenti", Biblioteca EST, Mondadori, 1976). Dopo aver passato in rassegna sia i vantaggi – senza gli aerei di legno l'Inghilterra non avrebbe potuto vincere la guerra – sia gli svantaggi, conclude così: Il

4. Solaio con soletta di tavole incrociate e cavicchi caricato con 2.500 kg/m<sup>2</sup> (giornata di studio e sperimentazione organizzata da Soprintendenza Venezia e Legnami Barel, Treviso).







mobili o serramenti), sia fornendoli con bassissima umidità, in involucri sottovuoto, in modo che entrino facilmente nella sede per poi sfruttare il loro ingrossamento quando assorbiranno l'umidità ambientale. Anche le teste dei cavicchi si potranno arricchire di disegno, come la grande tradizione del loro impiego dimostra.

Nel n° 37 di questa rivista ho sinteticamente dato notizia della sperimentazione su di una trave reticolare confezionata solo con cavicchi ed ho brevemente relazionato sul comportamento dei cavicchi nei solai di legno con soletta di KLH, ovvero con pannello di tavole incrociate.

A questo proposito segnalo anche una recente sperimentazione che ho condotto nella giornata (16 maggio 2008) sul restauro del legno dedicata ai partecipanti di un corso organizzato dalla Soprintendenza di

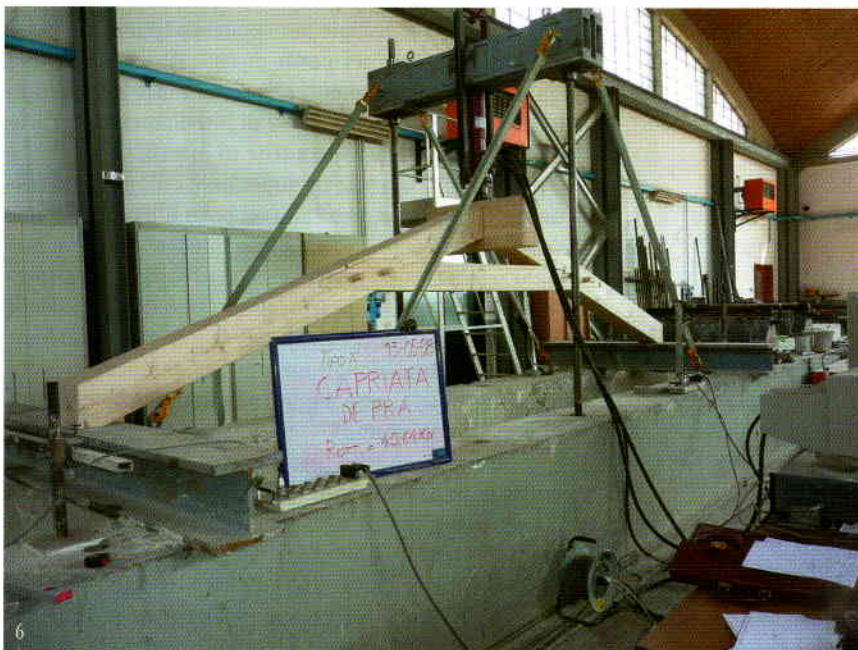
5. Particolare dei cavicchi di connessione della soletta di legno.

6. Banco di prova delle capriate con catena rialzata e connessioni di cavicchi di faggio (realizzazione delle capriate, Adriano De Prà, Valdobbiadene, Treviso).

legno non è un materiale che accetta con gioia la stupidità e parecchi dei problemi degli aeroplani di legno erano dovuti a teste di legno. Questo accadeva a tutti i livelli. Alcuni progettisti pensavano che il legno "avrebbe dovuto" comportarsi come un metallo. Se così pensando sbagliavano, la colpa era del legno e non loro. Agli ufficiali del Genio, o perlomeno alle nuove leve, era stato insegnato che i metalli erano i materiali per eccellenza e a volte costoro non avevano abbastanza pazienza con il legno.

Un altro ostacolo all'impiego dei cavicchi è di ordine pratico ed economico. Economico perché un cavicchio costa pochi centesimi, contro qualche euro dell'acciaio e così si guadagnerebbe troppo poco! Non è pratico ed è assai più agevole lavorare con l'acciaio.

L'infissione dei cavicchi non è sempre facile, per gli attriti che si ingenerano, per l'aria che si comprime se il cavicchio è troppo preciso. Ma sono tutti problemi risolvibili, sia per il sempre più diffuso impiego di macchine a controllo numerico, sia per la possibilità di confezionare cavicchi zigrinati (come gli spinotti per



7. Particolare della connessione con cavicchi di 8mm di diametro.



8. Rottura della capriata con due cavicchi di 40mm.



9a e 9b. Particolari delle modalità di rottura delle due tipologie.





Venezia con Legnami Barel presso il suo stabilimento. Ho allestito un solaio con travi principali, soletta di 5cm di tavole incrociate fra loro solidarizzati con cavicchi legno di faggio.

Le dimensioni delle due travi erano di 14x19cm di abete rosso massiccio, luce libera di 5m e larghezza del solaio di 1,2m.

L'esito è stato strepitoso!

Il diagramma carico (ottenuto con la sovrapposizione di pacchi di tavole di peso noto) - deformazioni è stato lineare e superiore ad ogni aspettativa! Non si è potuto portare a rottura il manufatto per pericolo di instabilità del carico e per l'impossibilità di caricarlo oltre. In pratica il carico è stato fermato a 2.500 kg/m<sup>2</sup>, 15.000 kg in totale!

Per dare un confronto, un normale solaio, realizzato con due travi 14x19 e tavolato non collaborante si sarebbe rotto con 500-600 kg/m<sup>2</sup>. Il modulo di elasticità, determinato grazie alla registrazione delle deformazioni (freccia) è stato di 102000 kg/cm<sup>2</sup>.

E veniamo all'ultima sperimentazione per ribadire l'affidabilità strutturale dei cavicchi, ma anche la bellezza dei nodi che con questa tecnologia si può progettare. Con Adriano De Prà, entusiasta carpentiere, abbiamo realizzato due capriate con la catena rialzata e unioni con cavicchi.

E' una tipologia poco impiegata per i "pericolosi" momenti che si possono ingenerare, ma assolutamente utile qualora ci siano problemi di altezza nei sottotetti abitati.

Il punto di maggior vulnerabilità è dunque il nodo puntone-catena rialzata. Ebbene per la sua confezione abbiamo scelto due diversi criteri, ma sempre con l'impiego di cavicchi. In una abbiamo impiegato cavicchi di piccolo diametro (8mm) e di numero elevato. Viceversa, nell'altra, i cavicchi erano solo 2 e di buon diametro (40mm)



La differenza registrata non è stata di resistenza allo stato limite di rottura, bensì di comportamento in fase di carico. Nel caso di cavicchi diffusi l'unione si comporta come se fosse incollata. Le tensioni sono diffuse su tutta l'interfaccia, mentre nei cavicchi di maggior diametro si concentrano, fino a rompere, per rifollamento, la catena. Dal punto di vista formale, mi sembra più eloquente e bella l'unione con pochi cavicchi. Anche esecutivamente è più veloce. Pertanto direi che è meglio proseguire su questa seconda strada!

L'altra indicazione è che l'incastro non si deve progettare affidando la tenuta al solo connettore, ma lavorare per "fondere", compenetrare gli elementi da unire, anche se non totalmente in spessore. Si tratta in altre parole di far lavorare il contrasto che si ingenera sul perimetro delle parti a contatto.

10. Particolare della rotazione del nodo di colmo in fase di rottura.



Frontespizi di alcune tesi di laurea sulle unioni col legno discusse all'Università Iuav.



Anche se si perde in spessore delle sezioni a contatto, in particolare la sezione del puntone, incavata, si guadagna per il contrasto offerto alla rotazione o alla trazione. Ancora una volta cioè la sperimentazione ci invita a guardare con attenzione alle tecniche del passato. Si pensi solo all'attacco delle saette o dei controventi dei telai delle farkwerk e si capirà che il bello e l'utile coesistono. Mettere insieme allora progetto e calcolo, bellezza e razionalità, o, se si vuole, architettura ed ingegneria è ciò che reclama l'innovazione nelle costruzioni di legno!

Franco Laner

