

CAPITOLO VI

**"METTERE IN FORZA!"
analisi del dettaglio**

L'unione delle parti ha caratterizzato nella storia un tema capace di sviluppare l'ingegno d'architetti e di maestri costruttori. Specialmente se riferito ad un materiale estremamente lavorabile quale il legno, il nodo, inteso come fulcro della costruzione, ha dato origine a infinite soluzioni dipendenti sia dal tipo di costruzione da realizzare che dal luogo, dal tempo e dalla cultura che lo ha generato. Alcuni filoni cultural-costruttivi europei e asiatici hanno naturalmente approfondito il *tema del nodo* nelle costruzioni in legno. Molte delle soluzioni individuate, le più comuni, sono state codificate già in manuali a fine ottocento. Nel capitolo, dopo una breve introduzione sulle tipologie costruttive del nodo in generale, si passerà all'analisi di alcuni tra i più articolati, realizzati in esempi d'architettura ungherese, finlandese e giapponese.

VI. 1.

Introduzione

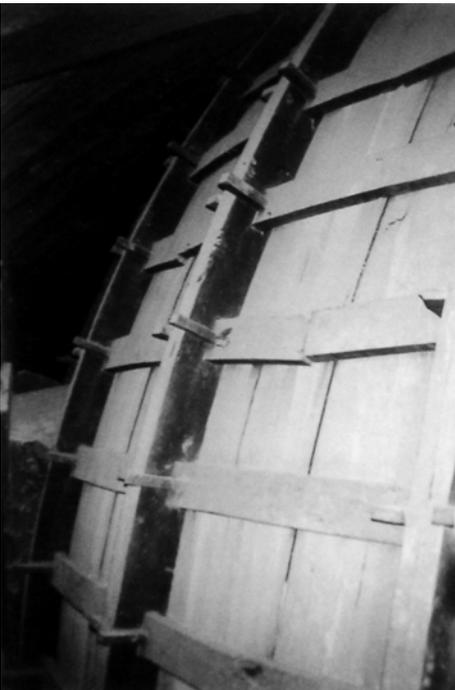
Il "mettere in forza" rappresenta l'espressione più densa per indicare un'abitudine e un'attitudine propria del buon costruire, anche con pochi mezzi e per grandi risultati.

In molti cantieri in cui si è utilizzato questo principio nella composizione delle pietre a secco o l'unione di pezzi in legno, i processi costruttivi sono stati massimamente ottimizzati e si sono ridotti gli sprechi di materiali e di energia. Il "mettere in forza" si basa sulla possibilità di realizzare uno stato di pre-tensione tra le parti, capace di far funzionare meglio l'intera struttura, rendendola più duratura. La "messa in forza" si determina attraverso diverse tecniche alla base delle quali c'è l'idea d'unione. Facciamo un esempio utile per capire meglio il senso e l'importanza del concetto.

Supponiamo di avere un unico pilastro in legno conficcato nel terreno. Il suo peso viene direttamente scaricato alle fondazioni. Ipotizzando la costruzione di una struttura più complessa, a più pilastri e controventi, uno dei tanti modi per mettere in presollecitazione l'insieme (e quindi costringere la struttura a lavorare) è l'introduzione di una sorta di cuneo detto *cavicchio*, capace di imporre uno stato di coesione allo sforzo, tra le parti unite. Il cavicchio permette ai controventi d'irrigidire il pilastro, aiutandolo a scaricare il peso. In sua assenza non c'è coesione e trasmissione delle forze tra le parti coinvolte. Si tratta di un metodo per rispondere contemporaneamente alle sollecitazioni che vengono dall'esterno e dall'interno dell'insieme.



Chiesa della Compagnia del Gesù, Cordoba
Cupola



Chiesa della Compagnia del Gesù, Cordoba
Dettaglio dell'estradosso della cupola

Le coperture in legno, usate nella Chiesa della Compagnia del Gesù a Cordoba in Argentina¹, propongono un sistema, realmente esistente, in pre-tensione del cavicchio appena illustrato.

La sua struttura portante è realizzata in muratura e la copertura in legno è formata da una volta a botte lungo la navata unica longitudinale, e da una cupola all'intersezione con il transetto. Ambo i sistemi di costruzione richiamano, con diverso sviluppo spaziale, quello proposto da de l'Orme nel '500. Si pensa, infatti, che il loro autore Lemer, carpentiere navale belga, nel 1667, al momento dell'attacco della volta, fosse a conoscenza di questo sistema. Sul perché avesse deciso di adottare questa tecnica si possono formulare delle ipotesi: in primo luogo l'abbondanza di una mano d'opera non qualificata; la necessità di concludere velocemente i lavori; la necessità di coprire grandi luci non avendo tronchi utili a poter realizzare capriate; la necessità di non dover costruire coperture spingenti tali da richiedere un ingrossamento dei muri sottostanti. Tutte ragioni sufficienti, per adattare le abilità acquisite nei cantieri navali alla realizzazione di quest'opera importante.

La semplicità e ripetitività delle operazioni nel montaggio del modulo di base, sufficientemente piccolo da non consentire spreco di materiale ed energia, opportunamente ripetuto e bloccato da cavicchi, ha determinato il successo della costruzione e la piena rispondenza alle richieste accennate. Un modo antelitteram di pre-fabbricazione di qualità. Si tratta di un atteggiamento ancor oggi giusto da seguire: conoscere le tecniche del passato per dare risposte a problemi del presente.

L'analisi delle modalità d'unione vuole dare un senso ampio al concetto del "mettere in forza". La struttura "in forza" è una struttura che sebbene realizzata per piccole parti può avere la pretesa di funzionare come un continuum. Si tratta, razionalizzando i nodi codificati della tradizione, d'individuare quelle metodologie costruttive ancora affini a processi moderni di realizzazione, al fine di determinare un linguaggio del legno compatibile alle esigenze contemporanee, nel rispetto di un substrato tradizionale.

¹ Cfr. IV. 2.1

VI. 2.

Idea d'unione

L'idea d'unione si concretizza per le costruzioni in legno in diverse maniere, a seconda della tipologia e posizionamento degli elementi da unire e del tipo di sforzo a cui sono chiamati a rispondere. In funzione dell'ambito in cui si vuole valutare un nodo (tipologico, strutturale, meccanico, storico) si usano appositi strumenti.

Per questo le descrizioni a cui si può far riferimento sono innumerevoli.

In questa sede porremo attenzione alle *metodologie di realizzazione delle unioni* e agli *strumenti meccanici* che permettono anche a parti di forte connotazione seriale, di funzionare come un corpo omogeneo, quasi organico. Fulcro dell'attenzione saranno le *connessioni interne*, ovvero quelle che in vario modo uniscono esclusivamente due o più parti in legno, in cui si evidenziano elementi metallici o lignei, utili alla creazione dello stato di "messa in forza" di cui abbiamo già detto. Tra questi, ripresi dai metodi tradizionali della carpenteria in legno, sono comunemente adottati:

- *Grappe/arpioni* (metallo) per il *collegamento*.
- *Chiodi* (con o senza rondelle) per il *fissaggio*.
- *Viti, bulloni, chiavarde* per il *fissaggio, serraggio assiale*.
- *Biette, caviglie, cavicchi* (legno), *spinotti* (metallo) impedimento allo *scorrimento longitudinale, messa in tensione* dell'insieme d'elementi su cui agisce.
- *Perni* (legno o metallo) per il *fissaggio d'organi* con parti in muta rotazione.
- *Ganci, pendini* (legno) e *tiranti* (metallo) per la *sospensione*.
- *Cuffie* (metallo) per il *fissaggio e serraggio periferico*.
- *Gattelli* (legno) impedimento alla *traslazione trasversale*.
- *Guance, fazzoletti, piastre* (metallo) per *fissaggio, impedimento alla traslazione* in tutte le direzioni del piano, *impedimento alla rotazione*².

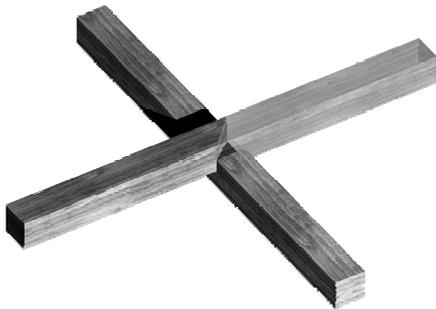
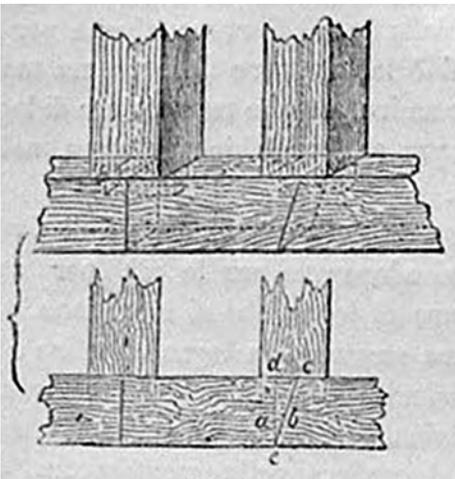
Con l'analisi delle connessioni interne, s'intende definire una piccola piattaforma cognitiva, utile all'interpretazione delle variazioni e della specificità in cui le culture prese a riferimento (finlandese, giapponese e ungherese) si sono specializzate.

² Questa suddivisione viene integralmente presa dal testo di Gennaro TAMPONE, *Il Restauro delle strutture di legno*, editore Ulrico Hoepli, Milano 1996, pag.168

VI. 2.1 Unioni generiche: tipologie di giunzioni

La giuntura esprime tecnologicamente la possibilità di disporre una serie di parti: quindi offre la possibilità di generare una *successione*. La variazione della successione dovuta alla *posizione*, alle *peculiarità* di taglio, ai *rapporti* tra le parti da unire ed agli strumenti utilizzati, determina una specifica tipologia per una specifica applicazione. Una maggiore definizione dei dettagli consente una differenziazione in giunzione per *sovrapposizioni* (*commesure*) e in giunzione per incastri (*incastrature*)³. Analizzeremo le tipologie più comuni, al fine di coglierne potenzialità e verificarne gli usi.

Giuntura semplice verticale ed obliqua



Si tratta di una tra le più semplici tipologie d'unione realizzate al fine di determinare un allungamento. Il campo d'applicazione delle giunture di questo genere è molto limitato perché non hanno resistenza a flessione e a torsione. Poste sopra o sotto un corrente che ne assorbe il carico, vengono in genere usate per la realizzazione di tramezzi o pareti intelaiate. Per un buon esito, nella *giuntura obliqua* è norma costruttiva corrente che nel triangolo rettangolo *cde* il cateto minore (*cd*) sia la metà del cateto maggiore (*de*). In genere la loro applicazione è corredata dall'uso di una staffa uncinata⁴, che s'innesta esternamente, rafforzando la struttura.

Singolare applicazione della *giuntura obliqua* si realizza nell'unione di due travi complanari che si sovrappongono a croce su una terza. La convenienza si genera dal massimo appoggio reso alle estremità delle due travi da unire e all'allargamento della superficie utile di contatto rispetto a quella verticale.

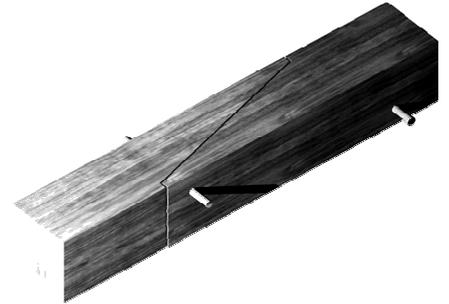
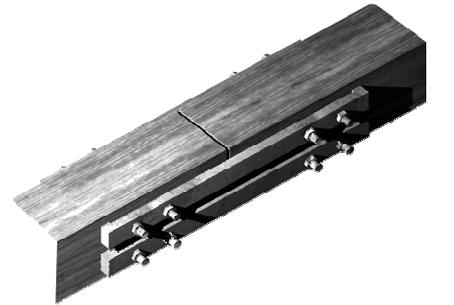
Volendo che le parti unite a semplice giuntura lavorino meglio a sforzo assiale longitudinale, spesso si fa ricorso a piastre che nel secolo scorso erano realizzate in ferro battuto ed oggi in acciaio. Spesso, queste piastre risultano ripiegate alle estremità e innestate per una profondità adeguata al legname. A tenerle unite provvedono delle chiavarde a vite, ovvero un sistema formato da un gambo alle cui estremità si trovano da un lato una testa fissa e dall'altro una sorta di bullone che blocca la parte. Con questo tipo di connessione il gambo dell'elemento è la

³ Le definizioni sono assunte dall'analisi e consultazione del testo di G.A. BREYMAN, *Costruzioni in legno*, 4° ed. completamente rifatta da H. LANG con traduzione dell'Ing. Carlo Valentini con note dell'Ing. Mazzocchi, volume II, Antica casa Editrice Vallardi.

⁴ Si tratta di un elemento in metallo a forma di [particolarmente usato nelle costruzioni storiche non tanto per unire parti in legno, ma per migliorare l'adesione tra piastra e legno.

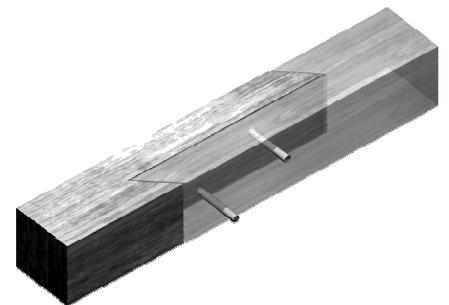
parte maggiormente sollecitata, che deve impedire tanto lo spostamento longitudinale dell'elemento, quanto la rotazione della parte in legno intorno all'asse del gambo. Grande attenzione va prestata all'attuazione del foro, le cui dimensioni non devono essere né troppo piccole da impedire l'infilaggio, né troppo grandi da consentire al gambo, movimenti interni. Nelle immagini sono rappresentate le congiunzioni messe a punto nell'America di fine XIX per la costruzione dei ponti.

La forma più complessa della giuntura obliqua è detta *calettatura* o *commessura ad unghia semplice* (o unghia tagliata). Maggiormente sagomata e con un piano inclinato d'appoggio tra le parti più ampio, quest'unione garantisce una certa resistenza agli sforzi secondo l'asse longitudinale delle membrature. Anche in questo caso, il rafforzamento dell'unione può realizzarsi con l'uso di chiodi metallici.



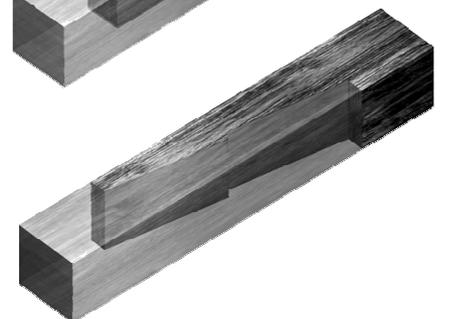
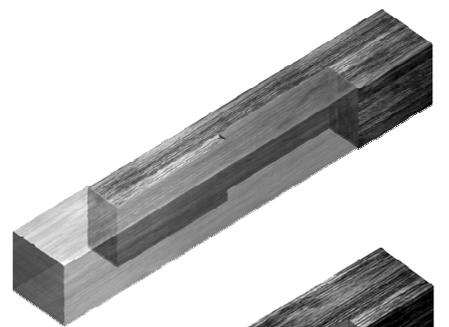
Giuntura semplice a metà dritta ed obliqua

Tra le congiunzioni semplici, caratterizzata dalla semplice sovrapposizione di parti, individuiamo quella a *metà dritta*, nella prima immagine, e a *metà obliqua*, con taglio inclinato, nella seconda immagine. La lunghezza tra le parti sovrapposte è stabilita in funzione dell'altezza della trave. In genere sono unite da chiodi in metallo, ma anche da *spine* o *caviglie in legno*⁵. Alcuni esempi riportano caviglie conficcate in diagonale per migliorare le prestazioni e impedire che le due parti in legno scorrendo, si spacchino.



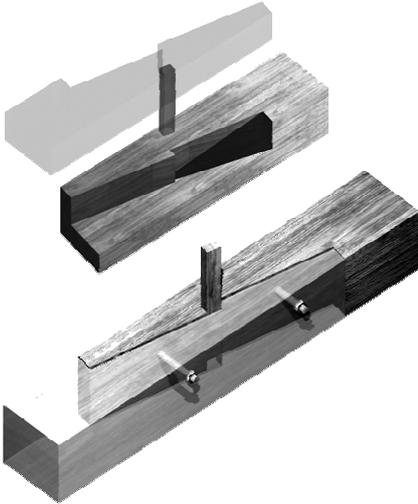
Giuntura semplice dritta ed obliqua a dentatura

La forma più complessa di *giuntura semplice a metà* è quella *dentata*, realizzabile dritta od obliqua. La giuntura a dentatura, nelle sue due forme, è di solito preferita alla giuntura semplice a metà dritta, perché più efficace. Tra le due quella a dentatura obliqua è migliore perché è meno soggetta a spaccamento. Si noti che i denti sono perpendicolari alla faccia a vista dell'elemento intagliato e che quello centrale si trova a metà della lunghezza e altezza del taglio. La giuntura rimane occultata. Infatti l'intaglio si distacca dalla faccia esterna per uno spessore pari almeno ad un quinto dell'intero.



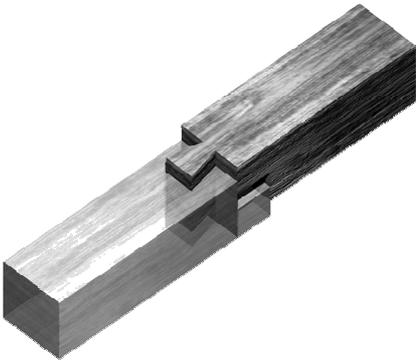
⁵ Le spine o caviglie semplici sono dei chiodi o pioli dal gambo circolare a sezione continua o affusolate, munito di testa di fissaggio. Per le travi maestre si usano anche sezioni triangolari che esercitano maggiore attrito.

Giuntura semplice a dentatura obliqua con bietta (incastro a smusso dentato o dardo di Giove)



L'introduzione di una bietta centrale, di forma prismatica in legno, potenzia le prestazioni di questa connessione. La sua azione provoca un irrigidimento dell'insieme, garantito sino allo sfilaggio della bietta stessa. A causa delle piccole dimensioni e del ruolo che investe, la bietta è realizzata in legno di quercia. Differentemente dal caso *della giuntura semplice obliqua a dentatura*, i denti sono inclinati per consentire una maggiore aderenza ed efficacia dell'unione.

Spesso, la connessura è ulteriormente rinforzata con delle chivarde a vite.



Giuntura a coda di rondine con appoggio

Richiede una certa "abilità scultorea" la realizzazione della giuntura a coda di rondine con appoggio.

Si tratta di un particolare tipo d'incastro usato come punto d'appoggio per la posa delle travi dei solai. Ha ottime prestazioni in senso longitudinale, impedendo ogni forma di scorrimento.

VI. 2.2 Tipologie d'unioni complanari: intersezioni (o commesure) e incastrati (incastrature)

Le contemporanee metodiche di costruzione in cemento armato hanno disabituato tanto i progettisti quanto i capomastri all'uso di una certa tipologia di linguaggio per la definizione d'alcuni elementi e nodi costruttivi.

La lettura e il confronto con alcuni manuali sette-ottocenteschi sulla lavorazione e produzione d'elementi in legno, utili alla creazioni di nodi strutturali, evidenzia una ricchezza di termini tecnici, usati per indicare specifici attributi e peculiarità legate alla forma, alle dimensioni, alle modalità d'unione. Se la giuntura indica una semplice successione, e quindi un grado di serialità molto alto, il concetto d'intersezione (*commessura*) evidenzia un grado di specificità superiore e quello d'intersezione angolare ovvero incastro (*incastratura*), il massimo grado di specializzazione tra le tipologie di nodo.

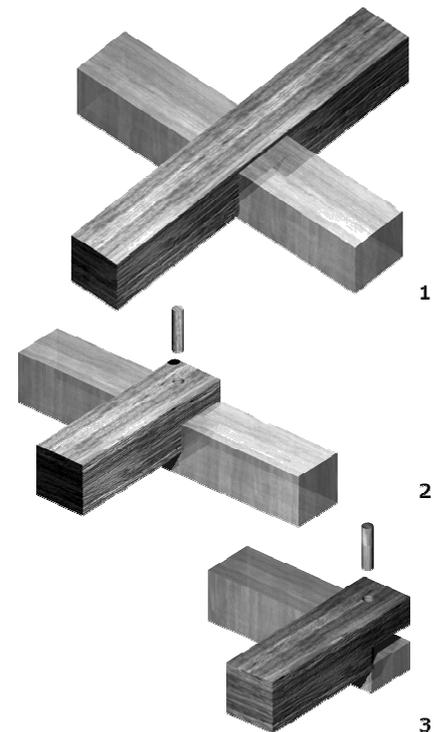
L'incastro rappresenta la specifica tipologia d'intersezione usata quando nessuna tra le due parti da unire, continua oltre il punto d'incontro. Le parti da collegare possono essere complanari; se non lo sono, almeno una faccia costituente detta *faccia d'unione*, dovrà trovarsi su un piano comune ad ambo i pezzi.

La commessura, invece può essere costituita da due parti che continuano (maggior grado di serialità) oppure da una parte che continua dopo l'intersezione ed una che si chiude.

Il concetto apparirà più chiaro dall'osservazione della successione secondo grado di serialità (dal minimo al massimo) delle tipologie d'intersezione proposte:

- Intersezione tra elementi che continuano (fig.1).
La posizione del punto d'intersezione è abbastanza centrale rispetto alla lunghezza d'ambo i membri.
- Intersezione tra un elemento che si conclude e uno che continua. (fig.2)
- Incastro. Ambo gli elementi terminano nel punto d'intersezione, caratterizzato dalla presenza del perno in legno.

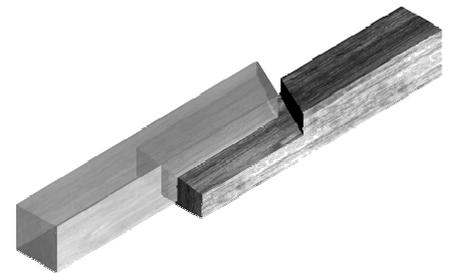
La fig. 2 evidenzia che tra la suddivisione tipologica non è così rigida, e che continuamente esistono combinazioni differenti tra gli stessi elementi. Infatti, appare la presenza del perno, che è un tipico dell'incastro.



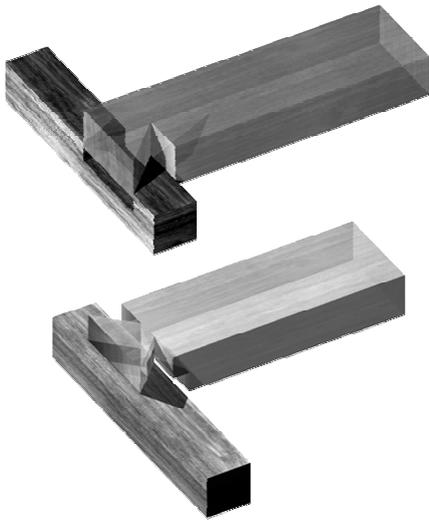
VI. 2.2.1 Tipologie d'intersezioni (o commesure)

Commesure ovvero intersezioni per sovrapposizione ad angolo retto.

Le intersezioni ad angolo retto rappresentano tipologie di sovrapposizione molto comuni. Quelle nelle fig. 1, 2, 3, sono tutte ad angolo retto e a *mezzo legno*, cioè la sagoma dell'incastro occupa la metà dell'altezza totale. Dovendo e potendo calibrare le dimensioni, conviene che l'elemento sottostante sia più grande perché portante della parte sovrastante.

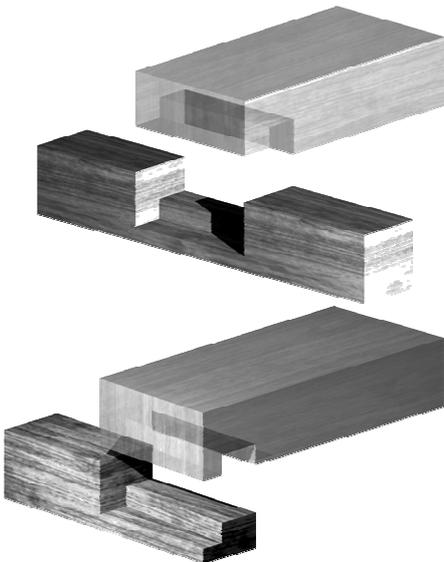


Nella soluzione angolare della sovrapposizione ad angolo retto si trova con una certa frequenza la variante a *taglio obliquo*. Tagliando le facce da connettere in modo obliquo, s'impedisce lo scorrimento delle parti. Il distacco potrebbe verificarsi solo per sollevamento. Quindi si realizza questa tipologia di sovrapposizione quando su essa scaricano grandi pesi in verticale.

Commessure sovrapposte a coda di rondine

Le sovrapposizioni ortogonali a coda di rondine sono di due tipi. La prima immagine presenta una sovrapposizione a coda di rondine semplice, in cui attraverso il particolare taglio s'impedisce che il pezzo superiore si stacchi dall'inferiore.

Nella seconda è rappresentata una sovrapposizione a *coda di rondine con appoggio*. Nella generica coda di rondine, l'incastro si realizza solo su un terzo dell'intera altezza d'ambo le parti da sovrapporre; invece, con questa tipologia l'altezza totale d'appoggio della parte superiore, comprendente anche il piccolo dentino è pari alla metà dell'altezza intera. Anche esteticamente la soluzione porta alcuni vantaggi, perché a differenza del caso precedente, accorciando leggermente la coda, si maschera completamente la fronte del nodo.

*Commessure sovrapposte a dente*

Con queste sovrapposizioni s'impedisce che la parte superiore si stacchi da quella inferiore. In realtà la soluzione è più fragile di quella precedentemente descritta, dato che il dentino se eccessivamente sollecitato salta.

Di maggior pregio è la soluzione a dente angolare. Infatti la sua sagomatura a cuneo e il lato interno leggermente inclinato impediscono qualsiasi movimento. Questo sistema è particolarmente usato per unire correnti orizzontali per pareti.

VI. 2.2.2 Tipologie d'incastri (incastrature)

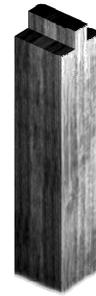
Il principio base dell'incastro si fonda sulla compenetrazione di due parti sagomate e genericamente dette a maschio-femmina. Una volta realizzati, il controllo dei nodi può risultare difficoltoso perché esternamente non è correttamente valutabile se il maschio è per dimensioni adeguato all'incavo. Questa condizione diventa pericolosa quando un cattivo incastro rende possibile la penetrazione d'acqua e d'umidità, decretando l'impregnamento e la conseguente rovina del legno.

Per questo, dove è possibile, è opportuno lasciare che l'aria circoli negli interstizi attraverso degli appositi fori o dei distanziatori. Tra tutte le tipologie d'unione presentate, queste sono le più comuni, sebbene la loro realizzazione presenti non poche difficoltà.

Incastro comune (incastro a tenone e mortasa)

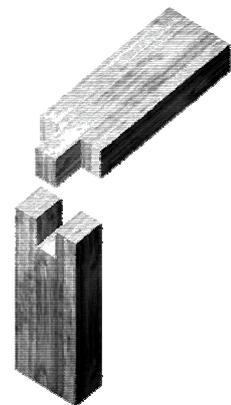
Affinché si determini un funzionamento ottimale, è necessario che il maschio abbia dimensioni rispettose di precise relazioni con l'intero elemento.

Per es., la larghezza del maschio deve essere pari ad un terzo dell'intera larghezza del pezzo; la sua altezza può al minimo variare tra un quarto e un terzo; ed infine la profondità può avere varie dimensioni a seconda del tipo d'incastro. A rafforzare l'incastro comune contribuisce in genere una *caviglia* che può essere posta o alla base del maschio (se non è sufficientemente alto) o nel suo baricentro. Questa attraversando l'intero incastro, ne contrasta l'azione di taglio.



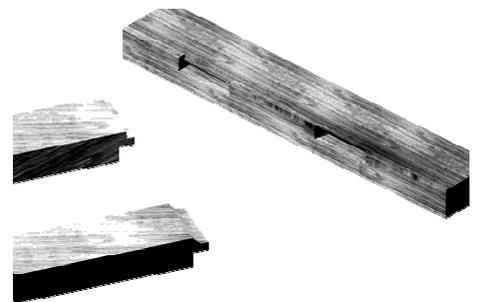
Incastro a mascella o unione d'angolo

Per la costruzione dei tetti a due spioventi ed in particolare per l'unione dei puntoni, la forma maggiormente usata è quella dell'incastro comune opportunamente inclinato.



Incastro a maschio nascosto

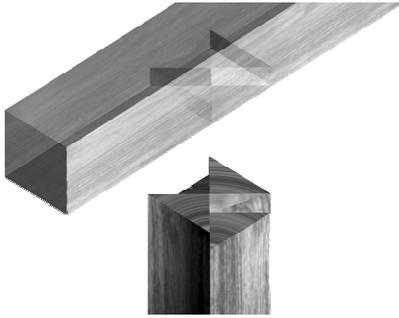
Questa tipologia è realizzabile solo quando gli elementi devono disporsi esclusivamente in orizzontale e quando la parte munita di maschio deve portare un peso considerevole. Con questa tipologia d'incastro si garantisce alla parte con maschio un appoggio pari almeno alla metà della sezione utile. Le due formule presentate offrono un'unica differenza nella sagomatura inclinata della prima rientranza. Questa soluzione consente un buon miglioramento dell'aderenza, ma la sua realizzazione è particolarmente difficoltosa.



Incastro a coda di rondine

Si tratta di un incastro molto efficace, perché la parte dotata di maschio, una volta inserita nell'incavo, è fissata da una *bietta* che si dispone nell'apposita fessura, che garantisce uno stato di messa in forza

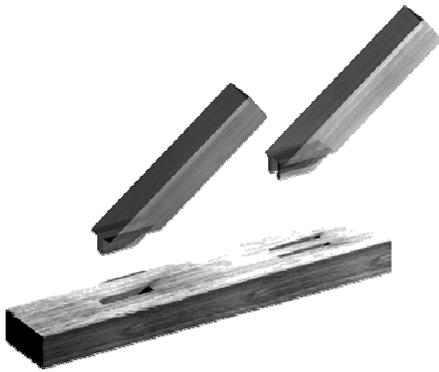




Incastro a croce

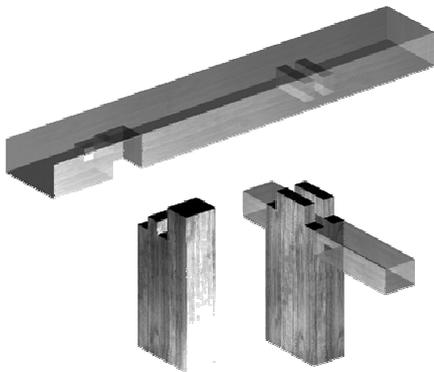
È un incastro quasi esclusivamente usato per unire parti verticali a parti orizzontali. Per via della forma particolare l'acqua può accumularsi negli interstizi, decretando la deperibilità dell'intera struttura. Per questo, l'incastro a croce è utilizzato negli interni o in luoghi riparati.

Incastro a dente obliquo e a doppio dente obliquo.



Si tratta di un incastro che nella versione ad un unico dente (fig.3) è comunemente usato per i tetti a falda; in quella doppia (fig.4), nelle costruzioni più impegnative, tipo quelle idrauliche dove sono da incastrare parti ortogonali tra loro. In questo caso bisogna prestare attenzione alla sagomatura del legno perché se mal fatto è suscettibile d'infiltrazione d'acqua. È possibile però approntare nella parte orizzontale un foro del diametro di circa un centimetro, senza comprometterlo staticamente. Anche qui, la determinazione delle grandezze del maschio è in funzione delle sue proporzioni con l'intero elemento.

Sovrapposizione con incastro semplice (A) e doppio (B)



È possibile praticare questo tipo d'incastro quando gli spessori degli elementi sono sufficientemente grandi, così da poter applicare anche una caviglia. Nell'immagine B è presentato un triplo incastro in cui due elementi orizzontali s'innestano tra loro e all'elemento verticale. In questo caso le dimensioni dei due maschi disposti lateralmente nei terzi esterni dell'elemento verticale sono uguali tra loro. L'incastro individuato con la lettera A, non è angolare. L'intero spessore dell'elemento verticale è stato diviso (idealmente) in quattro parti uguali e alternando un pieno e un vuoto, si sono realizzati maschi di dimensioni diverse tra loro. Nella soluzione proposta nel caso A il maschio più alto rimane visibile sulla faccia dell'elemento, mentre nel B ambo i maschi sono completamente nascosti. Del caso A è riportato anche un'ulteriore versione, in cui i maschi, diversi per dimensione (uno occupa la metà dell'intero spessore; l'altro un quarto) sono dislocati in continuità con le facce esterne dell'elemento, coprendo il vuoto centrale.

In tutti in casi, la bietta o la chiavarda vengono inserite alla radice dei maschi, se di dimensioni differenti, o nel baricentro se di dimensioni uguali.

VI. 2.3 Tipologie d'unioni non complanari: sovrapposizioni parziali

In molte circostanze le parti da unire appartengono a piani diversi; quindi, adottando con opportune modifiche, le tipologie d'unioni già analizzate si riesce a generare il collegamento. In questi casi la *sovrapposizione parziale* degli elementi interessati (ovvero una compenetrazione attuata con piccoli spessori), impedisce lo scorrimento o lo scivolamento. Come la *complanare*, in cui le parti hanno in comune almeno un piano di contatto, anche la *sovrapposizione parziale* consta di tre casi, a diverso grado di serialità, quello in cui:

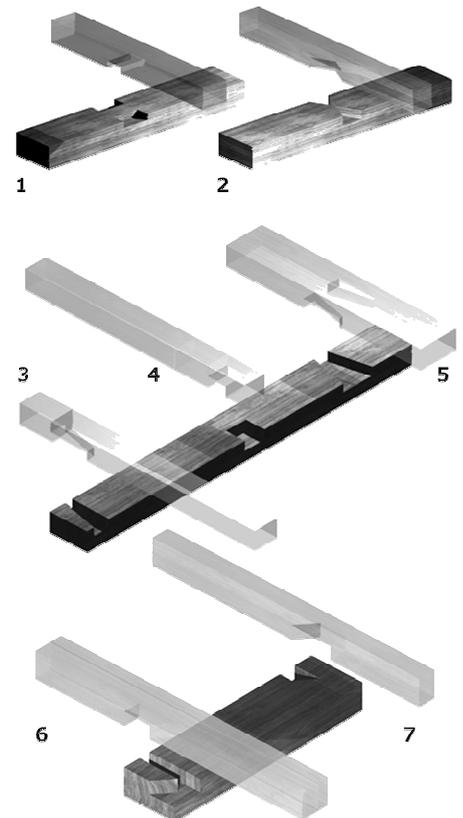
- dopo l'intersezione, gli elementi proseguono;
- dopo l'intersezione un elemento prosegue e l'altro termina;
- ambo le parti si concludono nell'intersezione.

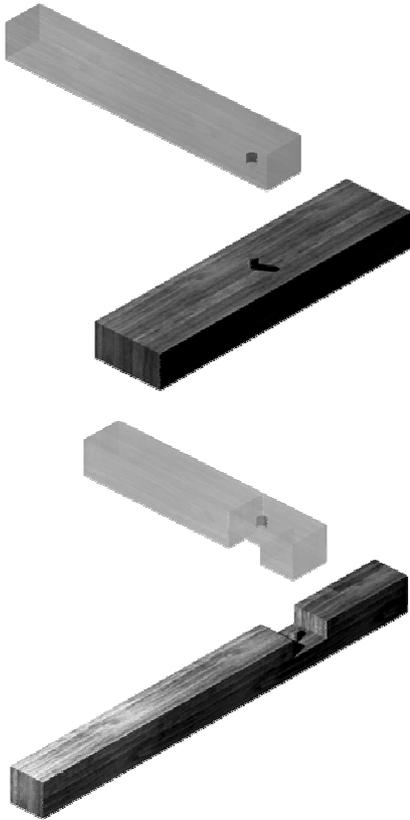
La caratteristica propria di quest'unione consiste in una sorta di sagomatura dei due elementi che s'incontrano. Tanto l'incavo, quanto la sagomatura (maschio) hanno un'altezza notevolmente più piccola (nell'ordine di 1/10) dell'altezza della sezione utile. Il principio è quello di un *calco*, perciò in un elemento ci sarà un positivo (impropriamente associabile al *maschio*) e nell'altro, un negativo (impropriamente associabile all'*incavo*). La forma assunta dal punto d'intersezione è abbastanza indifferente rispetto a come poi si sviluppano gli elementi nello spazio.

I due esempi (figg. 1 e 2) riportati sono tra i più comuni fra quelli in cui le due parti continuano: le sovrapposizioni sono rispettivamente dette, *parziale a un terzo centrale* (fig.1) e *parziale a croce* (fig.2).

Quelli proposti, sono disegni di sovrapposizioni in cui un elemento continua e l'altro termina. Tra le più comuni, quella a *taglio dritto* (fig. 4) e quella a *taglio obliquo* (fig. 3). Quella a coda di rondine, (fig. 5) sebbene più impegnativa da realizzare, risulta più efficace. La sagomatura in questo caso è in continuità con l'elemento, a differenza delle altre due, dove alla sagomatura segue un pericoloso vuoto. Se soggette a grandi sforzi di trazione, le sagome dette 3 e 4, rischiano di rompersi.

Nella fig.6 e fig.7 sono rappresentate le sovrapposizioni parziali d'angolo. Tra le due proposte, quella maggiormente usata è la 7, dato che la sagomatura effettuata all'angolo della 6 è meno resistente a sollecitazione.



VI. 2.4**Tipologie d'unioni comuni:
uso caviglie**

Molte culture propongono in sostituzione dell'uso di sovrapposizioni parziali, l'uso di pioli specifici.

Nel primo caso mostrato, si praticano dei fori dello spessore variabile compreso tra i 2,5 e i 3 cm. All'interno si dispone un piolo o caviglia, generalmente realizzato con un legno più duro, tipo quello di quercia. Il foro, quindi la lunghezza del piolo, non deve essere eccessivo, e la sua posizione è al mezzo della profondità totale. Con questa tecnica si apparecchiavano comunemente i solai, in particolare si garantisce l'unione fra travetti e travi principali. Così disposta la caviglia serve più per facilitare il montaggio che per migliorare la resistenza.

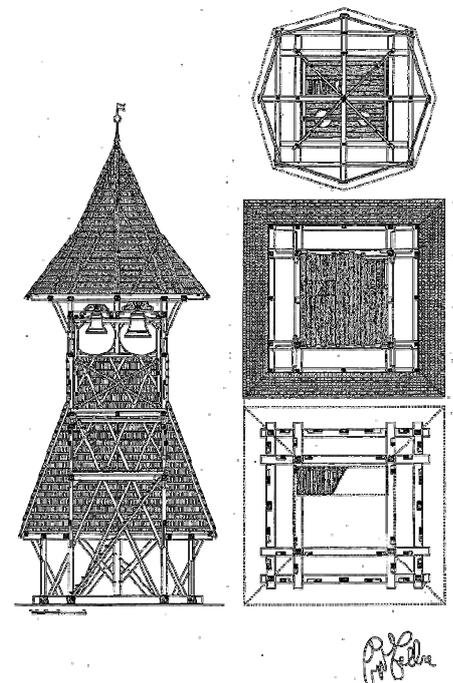
Nel secondo caso assistiamo ad un'evoluzione del sistema. Realizzando una leggera sagomatura si ottiene un semincastro che impedisce ai due elementi di ruotare intorno alla caviglia uno sull'altro (come può accadere nel primo caso). Con un sistema a caviglia s'impedisce il sollevamento degli elementi che s'intersecano. Il sistema risulta debole se soggetto a grosse flessioni.

VI. 3. Sugli incastri lignei ungheresi

L'emblema della tradizione costruttiva ungherese è rappresentato dalle torri campanarie lignee della regione della Transilvania. Karoly Kos e Laszlo Debreceni⁶, architetti d'inizio secolo, concordano nel ritenere quest'area culla della lavorazione e produzione d'architettura in legno. Conservandone le forme arcaiche, assumendo la lezione dell'architettura in pietra sia religiosa che militare, considerando la diffusione continua dalle città ai villaggi limitrofi, si è giunti alla realizzazione di torri campanarie che rappresentano vere e proprie opere di alta arte architettonica.

Motivi comuni, fortemente legati a queste torri, quali il casco (guglia) con arcate o i quattro pinnacoli angolari, sono diventati patrimonio di tutta la produzione architettonica successiva, non necessariamente sacra. Esiste quindi una grande varietà tipologica di torri⁷, diversificate sulla base di alcuni caratteri derivanti, ad esempio, dalle diverse configurazioni che può assumere la *gonna* o il *collo* o ancora la posizione dei pilastri, ecc. In generale, prescindendo dai caratteri tipologici, è possibile astrarne un modello e farne delle considerazioni di carattere costruttivo.

Si può dire che ogni torre fonda su elementi lignei orizzontali, sovrapposti e poggiati su grandi pietre, affinché sollevate dal piano del terreno resistano maggiormente all'umidità. Questi vengono incastrati e ammortati fra loro con la tecnica nota come *blockbau*: i tipi di unione possono essere a mezzo legno, in modo da creare un piano unico; a quarto di legno, in modo che le travi superiori risultino esuberanti da quelle inferiori; a travi sovrapposte in numero di due o tre. A queste travi s'incastrano i pilastri giuntati a tenone e mortasa e le travi di controventamento giuntati a mezza coda di rondine. I pilastri si sovrappongono alle travi di fondazione tramite incastro a dente. Essi oltre a ricevere i carichi verticali accolgono i controventamenti obliqui, ammortati a mezzo angolo e incavigliati con pioli in legno, e fanno fronte al moto oscillatorio provocato dal pendolo delle campane. Queste strutture ad X o a V risultano quindi essere fondamentali alla stabilità della torre; l'incastro che viene a generarsi con gli elementi verticali dimostra l'alta perizia



Torre di Kalnok
Disegni dell'arch. Giuseppe Fallacara

⁶ Laszlo Debreceni, sul filone d'indagine tracciato da Karoly Kos, sviluppò tra il 1928 e il 1937, una raccolta di studi, disegni e rilievi d'architetture in legno in Transilvania, su commissione della principale Chiesa Riformata di Kolozsvár.

⁷ Per definire le tante torri vengono usati diversi tipi di nomi a seconda delle dimensioni, delle peculiarità delle diverse parti e dei singoli elementi, ma soprattutto del modo in cui si relazionano tra loro. La grandissima varietà tipologica è definita per grosse linee: Fatoriny, Harangláb, Piede del Campanello, Piccolo piede della campana, Piede della campana, Torri in legno e torri campanarie.



Torre di Kalnok
Soluzione d'angolo



Torre di Kalnok
Copertura

tecnica raggiunta dai carpentieri.

Se ad esempio pensiamo al pilastro d'angolo, esso deve accogliere degli elementi obliqui che giacciono su due piani differenti e ortogonali. Chi dovrà intagliare i pezzi si troverà di fronte a due diversi tipi di problemi.

In primo luogo, quello di dover ridurre al minimo le sezioni intagliate, ciò per evitare di privare di materia resistente degli elementi appartenenti ad uno dei nodi più delicati dell'opera. Gli intagli generati dovranno evitare di assottigliare troppo una sezione a vantaggio dell'altra.

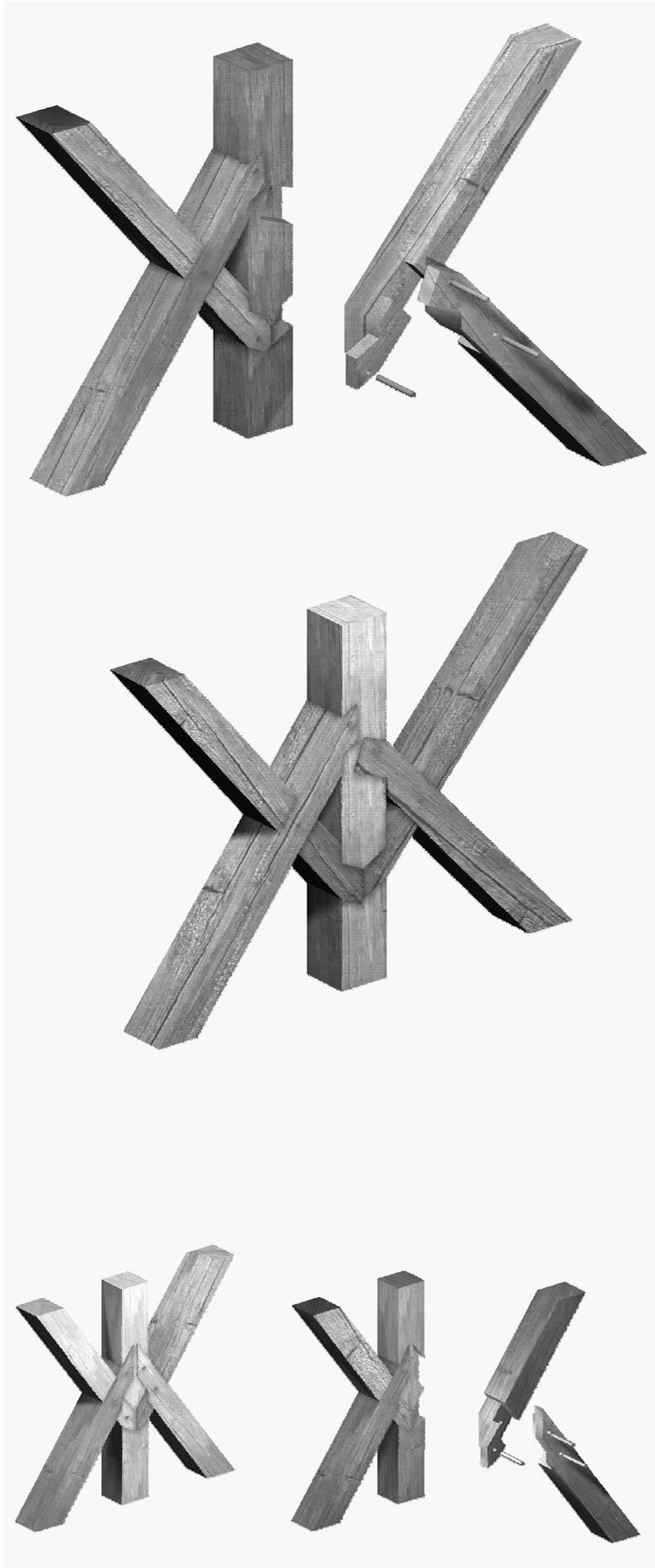
In secondo luogo, garantire la messa „funzione” statica della struttura. Ciò deve avvenire attraverso una corretta trasmissione dei carichi fra le sezioni di contatto degli elementi. Solo unioni e intagli geometricamente perfetti e combacianti garantiranno ciò.

Il sistema di copertura generalmente è costituito da puntoni che incastrati nel legno del palo centrale (legno dell'imperatore), arrivano alle travi di base del tetto. Queste, a loro volta, scaricano sulle travi di corona dei pilastri del nucleo centrale. Le travi di corona, incavigliate e giuntate con ammorsatura a mezzo angolo, sono visibili dall'esterno e spesso riportano incisioni commemorative.

Nella loggia, parte superiore della torre, trovano posto le campane. Qui gli angolari di irrigidimento tra pilastri e travi sono giuntati a coda di rondine e laddove sono più esposti alla pioggia vengono sagomati in modo che l'acqua non si depositi negli interstizi. Questi elementi spesso vengono scolpiti secondo linee curve o rette, diventando al contempo decoro e struttura.

Queste tipiche strutture lignee sono caratterizzate quindi da unioni realizzate tramite il contatto legno-legno, con l'aggiunta spesso di cavicchi. Si configurano così intelaiature spaziali iperstatiche in cui il legno, a livello dei nodi, si trova sollecitato non solo in direzione parallela alle fibre, ma anche ortogonale. Questo determina la possibilità di avere grandi spostamenti senza indurre sollecitazioni eccessive sugli elementi strutturali e una forte dissipazione di energia dovuta alla compressione ortogonale alla fibratura e all'attrito fra gli elementi.

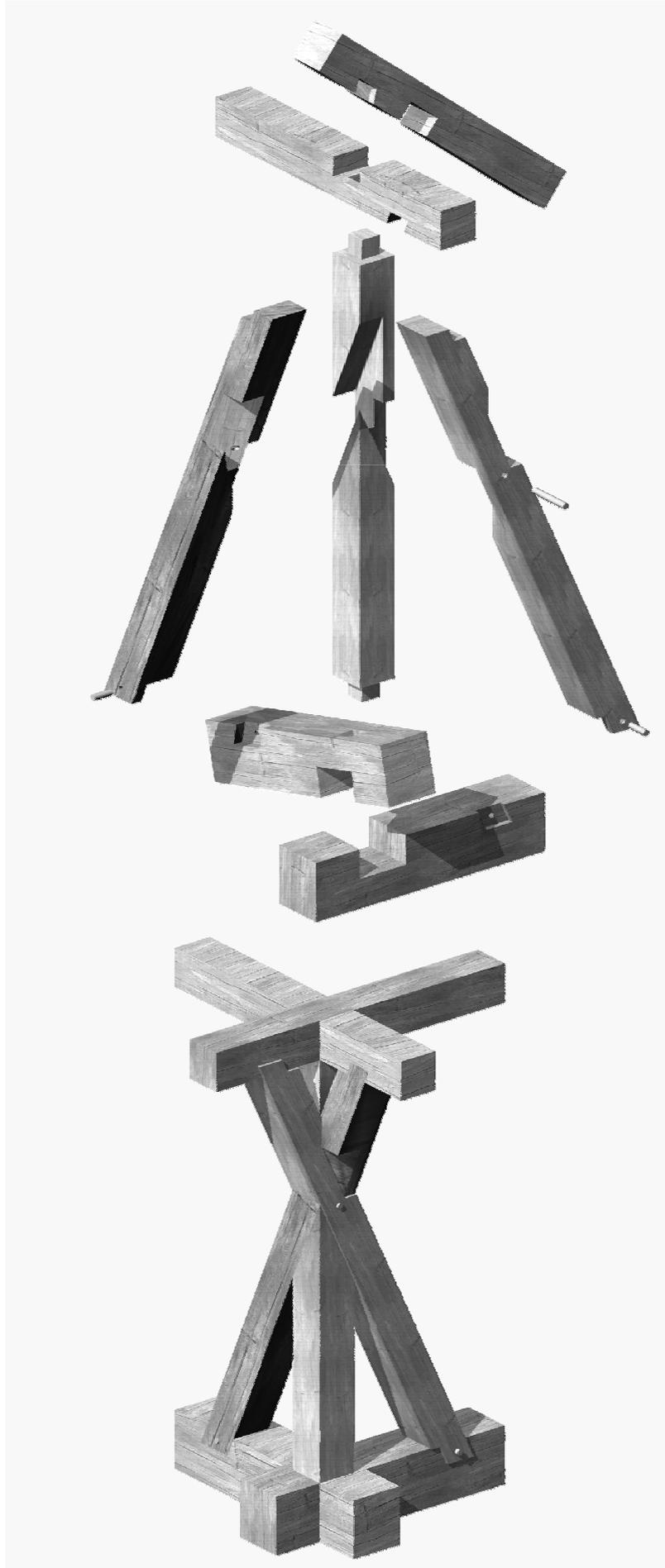
Mettere in forza!



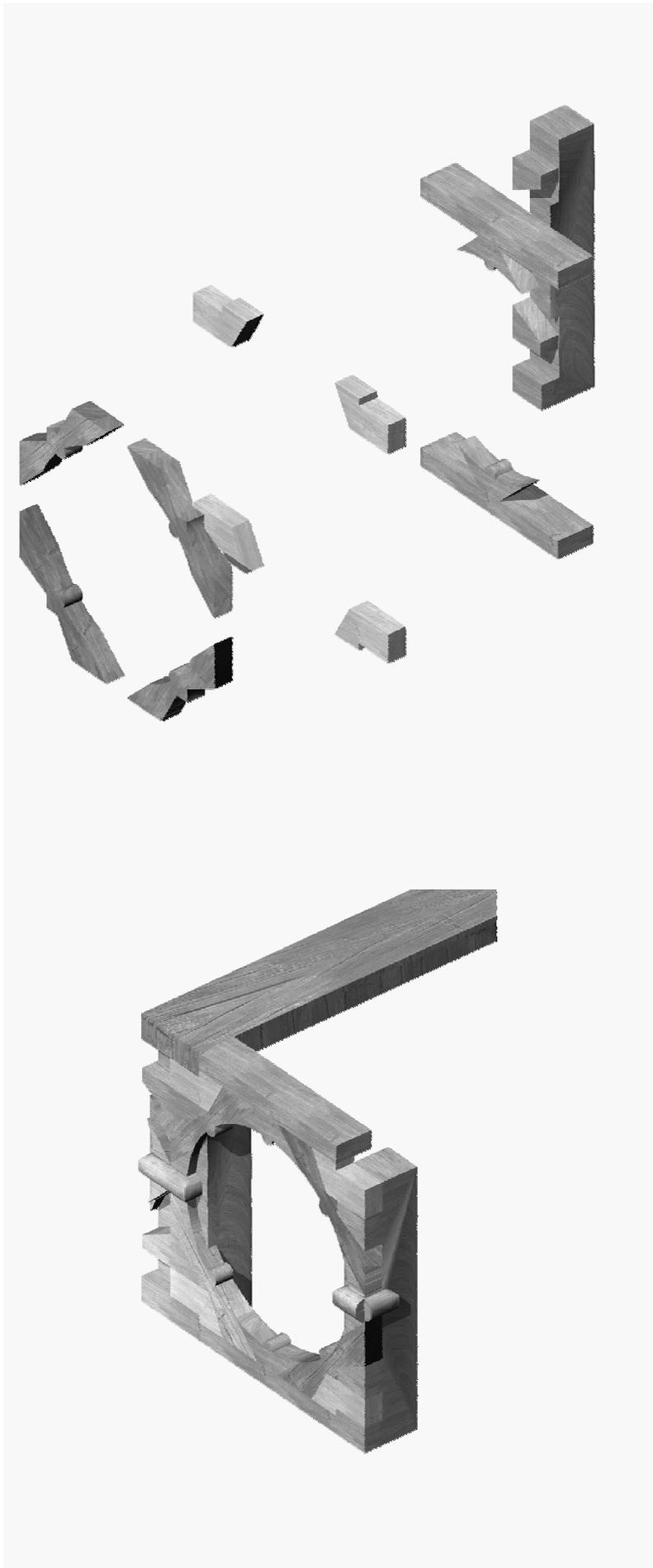
Torre di Kalnok
Nodo di incastro fra pilastro e controventamenti
Fasi di montaggio

Torre di Kalnok
Nodo di incastro fra pilastro e controventamenti
ad incroci multipli
Fasi di montaggio

Torre di Kalnok
Nodo d'angolo fra pilastro, controventamenti e travi
Fasi di montaggio



Mettere in forza!



Torre di Kalnok, loggia
Nodo di incastro fra pilastri e controventamenti
Fasi di montaggio