



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

FLORE

Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

Determinazione sperimentale della resistenza di nodi puntone-catena di capriate lignee tradizionali

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

Original Citation:

Determinazione sperimentale della resistenza di nodi puntone-catena di capriate lignee tradizionali / H. Thoma; M. Togni; L. Uzielli. - STAMPA. - Architettura e tecnica delle coperture - Atti - A cura di M. D'Orazio, D. Dogana:(2007), pp. 151-156. (Intervento presentato al convegno Architettura e tecnica delle coperture - Storia, Tecnologie, Progetti tenutosi a Ancona nel 10-11 marzo 2006).

Availability:

This version is available at: 2158/242351 since: 2016-12-01T08:05:48Z

Publisher:

BE-MA editrice

Terms of use:

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

Publisher copyright claim:

(Article begins on next page)

DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA RESISTENZA DI NODI PUNTONE-CATENA DI CAPRIATE LIGNEE TRADIZIONALI

Hektor Thoma (*), Marco Togni (), Luca Uzielli(**)**

(*) Facoltà di Scienze Forestali, Università Agricola di Tirana Kamez, Tirana, Albania, E-mail: hektor_thoma@hotmail.com

(**) Dipartimento di Scienze e Tecnologie Ambientali Forestali, Università degli Studi di Firenze, 13 via San Bonaventura, Firenze, Italia, E-mail: marco.togni@unifi.it, luca.uzielli@unifi.it

Abstract

La capriata lignea ha un'ampissima diffusione come struttura portante delle coperture di edifici antichi e recenti.

Il perfetto funzionamento dell'intera capriata e la sua sicurezza strutturale dipendono principalmente dall'unione puntone-catena. In tale nodo sono fondamentali la correttezza di disegno e realizzazione dei dettagli costruttivi assieme alle caratteristiche del legno impiegato; com'è noto, infatti, il legname strutturale può presentare anomalie e difetti che ne incrementano la variabilità, già elevata nel legno cosiddetto "netto".

Allo scopo di riprodurre in laboratorio le effettive condizioni di carico del nodo puntone-catena di una tipica capriata in dimensione d'uso, un'apposita apparecchiatura di prova è stata ideata, realizzata e messa a punto.

Sono stati assemblati e provati nove nodi di capriata, costituiti da elementi lignei aventi sezione 15x15 cm: 3 di pioppo (*Populus* sp.), 3 di abete (*Picea abies* Karst. e *Abies alba* Mill.) e 3 di castagno (*Castanea sativa* Mill.), ricavati sia da travi antiche sia da legno recente.

Queste prime prove hanno permesso di determinare i valori più significativi di deformazione e resistenza dei nodi, pervenuti a rottura a carichi compresi tra 82 e 144 kN.

Come atteso, e come si verifica normalmente nelle capriate sane in opera, in tutti i nove casi la rottura è avvenuta per taglio, con distacco e scorrimento del tallone in corrispondenza dell'intaglio sulla catena. L'effetto della presenza di difetti e degradamenti a opera di agenti biologici è stato accuratamente valutato.

I valori di resistenza ottenuti vengono confrontati con i principali dati riportati in letteratura e nella recente normativa tecnica; ne risulta che anche il legname strutturale "antico" è in grado di fornire prestazioni meccaniche decisamente buone.

L'influenza dei difetti tipici delle travi lignee, e dei degradamenti intervenuti in opera, ha confermato come rimanga sempre indispensabile la valutazione specifica e dettagliata dei singoli elementi portanti e delle loro connessioni.

Keywords

capriate lignee, nodo puntone-catena, taglio.

Introduzione

La capriata lignea è una struttura portante molto utilizzata in Italia per la copertura di edifici tradizionali; se propriamente progettata e realizzata rappresenta un'ottima sintesi di rigidità, resistenza e leggerezza. È presente nelle costruzioni antiche e in quelle più recenti come pure in edifici di nuova realizzazione dove trova frequente impiego. Se le condizioni ambientali e di esercizio sono corrette, e con i necessari interventi di manutenzione periodica, può svolgere egregiamente il suo ruolo strutturale per un tempo assai lungo [Bonamini *et al.*, 2001; Uzielli, 2001-2004].

Lo schema strutturale della capriata lignea assunto come riferimento per questo lavoro è la capriata semplice a nodo aperto, realizzata con il monaco staccato dalla catena; spesso tali due elementi sono collegati attraverso una staffa. Nella capriata a nodo aperto ciascuna connessione è essenziale per il corretto trasferimento dei carichi; in particolare, il nodo puntone-catena (nodo P-C) è uno dei punti più critici, sia per le elevate sollecitazioni a cui è sottoposto, sia per la sua posizione, frequentemente interna alla muratura cosicché ne risulta difficile l'ispezione e agevole l'accumulo di umidità. Nella maggior parte dei casi, il malfunzionamento delle capriate è prodotto proprio da cedimenti del nodo P-C, causati da biodeterioramento o da carichi eccessivi [Ceccotti *et al.*, 1998; Uzielli, 2001-2004]; al cedimento del nodo consegue uno scorrimento verso l'esterno del puntone rispetto alla catena, e quindi un abbassamento del monaco, che finisce per appoggiarsi.

Le prestazioni del nodo P-C sono molto influenzate anche dalle caratteristiche del legname impiegato.

Come è noto, infatti, il legname strutturale può presentare anomalie e difetti che possono ridurne anche notevolmente la resistenza meccanica; sia per selezionare il materiale da impiegare nelle strutture nuove tramite classificazione, sia per valutare la capacità portante di quelle esistenti, occorre quindi valutarne accuratamente le proprietà generali (specie legnosa, densità, fittezza degli anelli di accrescimento, andamento generale della fibratura, ecc.), e le caratteristiche puntuali (deviazioni localizzate della fibratura, nodi, fessurazioni da ritiro, attacchi biotici, ecc.). In opera, tale valutazione delle proprietà, delle anomalie e dei difetti del legname, deve essere integrata con la stima delle sollecitazioni a cui è sottoposto, per ciascun elemento ligneo e in corrispondenza delle connessioni [Bonamini *et al.*, 2001; Bonamini *et al.*, 2002; UNI 11119:2004].

Obiettivi

Questo lavoro costituisce la fase iniziale di una attività di ricerca mirante a verificare il comportamento reale di nodi P-C in dimensioni d'uso strutturale, realizzati a partire da elementi lignei di specie, età di servizio e provenienze differenti, con i seguenti principali obiettivi:

- messa a punto di apparecchiature atte a simulare in laboratorio le sollecitazioni a cui è sottoposto il nodo P-C di capriate lignee tradizionali in dimensioni d'uso
- determinazione della capacità portante, delle deformazioni sotto carico statico, e delle modalità di rottura dei nodi studiati
- confronto dei dati ottenuti con i valori di letteratura
- valutazione dell'influenza dei difetti del legno sulla resistenza del nodo P-C nelle capriate lignee antiche.

Lo scopo ultimo è quello di disporre di dati e informazioni affidabili, tali da essere utilizzati nelle ispezioni tecnologiche *in situ* che –anche secondo la vigente normativa UNI– devono essere condotte sulle strutture lignee esistenti, preliminarmente a qualsiasi tipo di intervento [UNI 11119:2004, UNI 11138:2004].

Non rientra fra gli obiettivi di questo lavoro lo studio della rigidità rotazionale del giunto, già affrontato da altri Autori [Parisi e Piazza, 2000].

Apparecchiatura sperimentale

La metodologia di prova è stata impostata in modo da soddisfare ai seguenti requisiti:

- lavorare su elementi in dimensione d'uso, per evitare distorsioni
- limitare la prova al solo nodo P-C, per economia di materiale e semplicità operativa
- simulare al meglio le effettive modalità di applicazione dei carichi, e lo stato di sollecitazione dei singoli elementi
- utilizzare macchine di prova già in gran parte disponibili.

È stato di conseguenza progettato e realizzato [Thoma, 2002] l'apparato sperimentale illustrato nella Figura 1, costituito e funzionante come segue:

- il nodo da sottoporre a prova è realizzato con spezzoni di puntone e di catena aventi sezione delle dimensioni d'uso (nelle prove qui descritte, 15x15 cm), ma lunghezze ridotte (puntone 100 cm, catena 130 cm), ed è orientato in direzione diversa rispetto alla normale posizione che assumerebbe in opera: il puntone risulta infatti verticale e di conseguenza la catena è inclinata del corrispondente angolo (nelle prove qui descritte, 30°)
- il puntone è sollecitato essenzialmente a compressione assiale, con limitata pressoflessione dovuta all'eventuale eccentricità di applicazione del carico (non è applicata la componente perpendicolare come quella dovuta agli arcarecci, che genera una sollecitazione a flessione sullo stesso elemento ligneo, ma influisce limitatamente sulla resistenza del nodo)
- la catena è sollecitata a trazione (contrastata da un tirante imbullonato all'estremità lontana dal nodo), a compressione trasversale (appoggiando su una piastra d'acciaio scorrevole, che simula l'appoggio della capriata sulla muratura), e alla spinta del puntone (esercitata obliquamente, attraverso l'incastro che riceve la testa sagomata del puntone stesso)
- il supporto meccanico è costituito da due piastre d'acciaio spesse 20 mm, opportunamente rinforzate e irrigidite da nervature saldate: una costituisce il basamento orizzontale d'appoggio, su di essa è incernierata (con perni di 40 mm di diametro) l'altra che costituisce il supporto obliquo. Due manicotti a doppia vite consentono di modificare l'inclinazione del supporto obliquo, in funzione dei diversi angoli di progetto tra catena e puntone, al fine di garantire sempre la verticalità dell'asse del puntone stesso. Realizzando e regolando opportunamente le dimensioni dei vari elementi, il carico assiale agente sul puntone si scarica in prossimità e davanti all'asse della cerniera, facendo sì che i manicotti non siano

- mai compressi e non rischino il carico di punta. Tutti gli elementi sono stati verificati per un carico massimo di 400 kN, ampiamente superiore ai carichi previsti per questa prima sessione di prove
- l'intero supporto meccanico viene inserito in una pressa idraulica (capacità massima di 1000 kN), in modo che l'asse verticale del puntone sia allineato con il pistone della pressa che agisce su di esso
 - il carico verticale applicato dal pistone della pressa (1) viene misurato da un sistema di tre celle di carico estensimetriche, della portata di 500 kN ciascuna e collegate al sistema di registrazione digitale, le quali sostengono la piastra di base dell'apparecchiatura. Le tre celle consentono sia di misurare il carico applicato, sia di localizzarne la retta d'azione, ove necessario
 - in corrispondenza della testa del puntone e del tallone della catena sono stati applicati vari trasduttori di tipo LVDT, disposti in modo da leggere sia le deformazioni degli elementi lignei, sia gli scorrimenti relativi fra di essi.

Legname impiegato

Una parte del legname utilizzato per le prove è stata prelevata da travi, rimosse da edifici antichi con oltre un secolo di vita, in seguito ad interventi di restauro [Bevilacqua, 2001]. Con questo materiale sono stati realizzati tre nodi P-C in dimensione d'uso, appartenenti alle seguenti specie legnose:

- 1 nodo di Abete rosso (*Picea abies* Karst.)
- 2 nodi di Abete bianco (*Abies alba* Mill.)
- 3 nodi di Pioppo (*Populus sp.*).

Altri tre nodi sono stati realizzati con spezzoni di travi di Castagno (*Castanea sativa* Mill.) relativamente recenti, già sottoposte a prove di laboratorio in precedenti studi [Bonamini e Togni, 1999].

Realizzazione dei nodi puntone-catena

Per ricavarne gli elementi lignei costituenti i nodi, le travi sono state depezzate (la catena a 130 cm, il puntone a 100 cm) e leggermente piallate per arrivare alla sezione finale di circa 15x15 cm.

La parte terminale del puntone e quella della catena sono state assemblate attraverso un incastro semplice detto "a un dente" in modo da ottenere una inclinazione relativa di 30°. A tale scopo sono stati realizzati un intaglio sulla catena e la sagoma complementare sul puntone, ottenendo di conseguenza la formazione del tallone. L'intaglio che lo forma è posto a circa 20 cm dalla testa della catena ed è profondo circa 4 cm.

Tutto il legname utilizzato è stato mantenuto per alcuni mesi in ambiente interno; la sua umidità, verificata più volte mediante misuratori elettrici a resistenza, nel periodo delle prove era sempre compresa nell'intervallo 11-14%, assai prossima alla "umidità normale" del 12%.

Risultati delle prove

In tutti i casi osservati, la rottura è riconducibile ad un'unica tipologia, cioè alla rottura del tallone a taglio, parallelamente alla fibratura. Le superfici di scorrimento, seguendo il normale comportamento del legno, si sono aperte all'improvviso, con uno schianto secco e fragoroso, a partire dallo spigolo basso dell'incavo predisposto per la formazione dell'incastro. Tali superfici risultano variamente conformate, in funzione dell'orientamento degli anelli di accrescimento e dei difetti presenti:

- la superficie di scorrimento nelle catene di Abete, di Castagno e nel Pioppo 1 si è sviluppata in buona parte lungo una cerchia di accrescimento annuale: (a) nel Castagno in corrispondenza della zona primaverile (cerchio poroso); (b) nelle altre al confine tra la parte tardiva di un anello e quella primaticcia del successivo
- in un caso (Abete bianco 2), contestualmente alla rottura a taglio si è verificata una rottura a trazione longitudinale che ha coinvolto una piccola porzione del tallone (v.oltre).

Tra i difetti originari del legno presenti nelle catene e coinvolti nella zona di rottura, vi sono: (a) nodi in Abete rosso 1 (Figura 2), A.bianco 2 e Pioppo 2; (b) deviazione localizzata della fibratura in Pioppo 1 e Castagno 3; (c) fessurazioni da ritiro che in alcuni casi si trovano molto vicine alla superfici di taglio, ad es. a 15 mm, in Pioppo 3 (Figura 3), ma che non hanno avuto alcun effetto eccetto che in A.bianco 2 dove la superficie di scorrimento si è raccordata con una fessura da ritiro, ma in seguito alla rottura a trazione di una porzione di legno del tallone e a valori di sollecitazione superiori alla media; (d) gallerie dovute ad attacchi non attivi di insetti (della Famiglia degli Anobidi), presenti su Pioppo 1, 2 e 3, affiorate sulle superfici scoperte dalla rottura a taglio.

Le misure di deformazione del giunto (scorrimento relativo fra puntone e catena in direzione dell'asse della catena) hanno mostrato (Grafico 1) un comportamento di tipo plastico con scorrimento massimo

di circa 2,5 mm (in Pioppo 2 e A.rosso 1). Questa deformazione è riferibile a un progressivo adattamento fra le superfici del puntone e della parete del tallone nella catena, a seguito del quale nei due legni a contatto si produce una sorta di impronta complementare; in particolare la testa del puntone realizza la maggior penetrazione, perché la sua fibratura è sostanzialmente parallela alla direzione della sollecitazione, mentre nella catena l'angolo tra sollecitazione e fibratura è necessariamente diverso da zero.

I valori di resistenza nominale a taglio $\tau_{\text{rott,nom}}$ determinati sulla base della superficie nominale del tallone (larghezza catena x lunghezza tallone), sono compresi fra 2,5 e 4,5 N/mm². Dalla misura della effettiva dimensione della superficie resistente a taglio (superficie reale) sono stati ottenuti valori di $\tau_{\text{rott,eff}}$ poco differenti, compresi fra 2,6 e 4,2 N/mm². Tutti i risultati sono riportati in Tabella 1.

Discussione dei risultati

I valori di resistenza a taglio ottenuti sono stati confrontati con vari dati di letteratura relativi a legno recente (vedi Grafico 2): (a) con i valori caratteristici della Classe di Resistenza C24 della UNI EN 338:2004; (b) con i valori caratteristici riportati in UNI 11035:2003, cui fa anche riferimento il Testo Unico-Norme tecniche per le costruzioni, di recentissima approvazione [MIT, 2005]; (c) con i dati riportati dal Prof. Guglielmo Giordano [Giordano *et al.*, 1999]. Questi ultimi sono valori di tensione ammissibile e per poterli confrontare con i suddetti valori caratteristici sono stati moltiplicati per il coefficiente 2,75, spesso usato a tale scopo come fattore di conversione [Uzielli, 2002].

Alla luce dei risultati si può sintetizzare che i valori di resistenza a taglio individuati attraverso le prove dei nodi di capriata risultano in quasi i tutti i casi maggiori dei valori di resistenza caratteristici riportati nella recente normativa tecnica e dei valori di tensione ammissibile riportati da Giordano. Solo in un caso (A.bianco 1) il valore ottenuto è inferiore a quello della Categoria S1 della UNI 11035-2, scelta come riferimento; ma tale risultato dipende dalla particolare conformazione della catena in questione (classificabile solo nella categoria inferiore S3 a causa di un grande smusso) con una superficie resistente ridotta di circa il 40%. Per il Pioppo 3 il valore di resistenza a taglio è circa uguale al minimo previsto dalla norma UNI 11035.

Peraltro, da recenti studi [Bonamini e Togni, 1999] si è rilevato che le classi di resistenza previste dalla UNI EN 338 per le latifoglie non sono adatte a rappresentare le proprietà meccaniche del Castagno. Gli stessi Autori, in seguito ad una campagna di prove, hanno indicato per la resistenza a scorrimento del Castagno il valore di 2 N/mm², recepito poi dalla UNI 11035.

Conclusioni

La ricerca svolta ha consentito di formulare le seguenti conclusioni:

- la metodologia di prova e le apparecchiature appositamente progettate si sono rivelate valide e hanno consentito di ottenere risposte realistiche sul comportamento meccanico del nodo
- il fatto, peraltro ben noto, che in caso di sovraccarico e con legno in buone condizioni, il nodo P-C cede essenzialmente per rottura a taglio del tallone, è stato largamente verificato
- i valori di resistenza a taglio e le modalità di rottura osservati sono molto vicini ai comportamenti reali e prevedibili di elementi strutturali *in situ* e queste prove hanno consentito di riprodurre adeguatamente l'effettivo stato di sollecitazione del nodo puntone-capriata, in modo assai simile ma più realistico rispetto alle prove di taglio standardizzate
- le fessurazioni longitudinali da ritiro indeboliscono il tallone per le sollecitazioni di taglio soltanto se giacciono proprio sullo stesso piano di rottura; in caso contrario, ancorché si trovino ad esso molto vicine, non sortiscono alcun effetto
- la classificazione secondo la resistenza degli elementi lignei [UNI 11035] è concepita soprattutto in funzione delle sollecitazioni di flessione, compressione, trazione; per il taglio le "caratteristiche che riducono la resistenza" non hanno avuto effetti negativi; al contrario non si può escludere che alcuni dei difetti presenti in prossimità del tallone, per conformazione e posizione, possano avere un'azione positiva su tale resistenza
- i valori di resistenza ricavati sono troppo pochi per essere elaborati statisticamente; confrontati con i dati di letteratura, indicano comunque che il legname sottoposto a prova, benché con qualche debole attacco di insetti, ha fornito prestazioni meccaniche paragonabili al legno nuovo
- i valori di scorrimento misurati nelle prove non hanno correlazione con i valori di rottura a taglio; l'elevata capacità del nodo di deformarsi può essere intesa come una certa positiva duttilità dell'insieme strutturale, se sovraccaricato.

Prove di questo tipo, se opportunamente estese ad altre combinazioni di specie legnose, dimensioni e angoli di capriata, possono risultare particolarmente utili a fornire indicazioni valide ai fini della ispezione tecnologica *in situ* e della valutazione della capacità portante delle strutture lignee.

Bibliografia

- Bevilacqua L.G., 2001, Travi antiche di abete (*Abies alba* Mill. e *Picea abies* Karst.) in dimensione d'uso: classificazione visuale secondo la resistenza e derivazione dei valori caratteristici. Tesi di laurea in Scienze Forestali e Ambientali, A.A. 2000/01
- Bonamini G., Noferi M., Togni M., 2002, On-site grading of old timber members, in *Wooden Handwork/Wooden Carpentry: European Restoration Sites*. Editions scientifiques et médicales Elsevier: 205-210 (ISBN 2-84299-344-6)
- Bonamini G., Noferi M., Togni M., Uzielli L., 2001, *Manuale del legno strutturale - Ispezione e diagnosi in opera*, Mancosu Editore, Roma
- Bonamini G., Togni M., 1999, Classificazione e determinazione dei valori caratteristici del legname di Douglasia e di Castagno per usi strutturali, di provenienze toscane, I legni di Castagno e di Douglasia della Toscana, Quaderno 9/99 ARSIA-Regione Toscana, 12/99
- Ceccotti A., Bonamini G., Ruffino M., Uzielli L., 1998, *Restauro conservativo di capriate lignee*, CLUT, Torino
- Giordano G., Ceccotti A., Uzielli L., 1999, *Tecnica delle costruzioni in legno*, Milano, Hoepli, (V Ed.)
- Ministero Infrastrutture e Trasporti, 2005, *Norme tecniche per le costruzioni*, D.M. 14 settembre 2005 del MIT, Pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23/09/2005 S.O. n.159
- Parisi M.A., Piazza M., 2000, Mechanics of plain and retrofitted traditional timber connections. *Journal of Structural Engineering*, 1395:1403
- Thoma H., 2002, Il nodo puntone-catena nelle capriate lignee tradizionali: prove in laboratorio per la valutazione della capacità portante, tesi per titolo di Dottore di Ricerca, Università di Firenze, A.A. 2001/02
- UNI 11035-2:2003, *Legno strutturale - Regole per la classificazione a vista secondo la resistenza e i valori caratteristici per tipi di legname strutturale italiani*
- UNI 11119:2004 *Beni culturali – Manufatti lignei – Strutture portanti degli edifici – Ispezioni in situ per la diagnosi degli elementi in opera*
- UNI 11138:2004 *Beni culturali – Manufatti lignei – Strutture portanti degli edifici – Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi*
- UNI EN 338:2004, *Legno strutturale - Classi di resistenza*
- Uzielli L. (Coordinatore dell'opera), 2001-2004, *Manuale del legno strutturale (4 volumi)*, Mancosu Editore, Roma
- Uzielli L., 2002, La classificazione del legname strutturale. *L'Edilizia* n. 4, anno XVI, pagg. 60-73

Note

1 Il carico è stato applicato secondo una procedura basata sulla norma UNI EN 380:1994 – "Strutture di legno. Metodi di prova. Principi generali per le prove con carico statico".

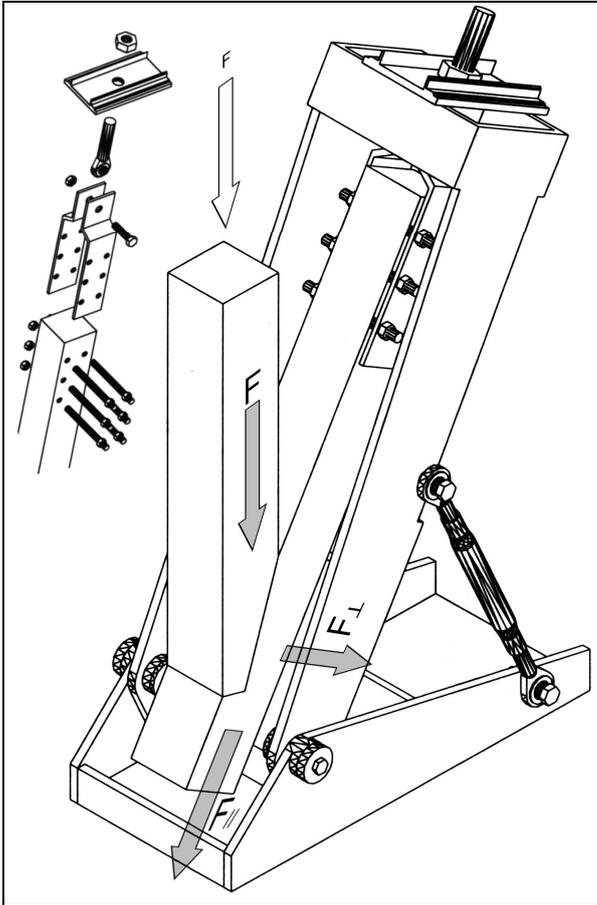


Figura 1 – Schema del supporto di prova sul nodo: il puntone è sulla linea verticale del pistone idraulico. In alto a sinistra, il sistema di aggancio della catena

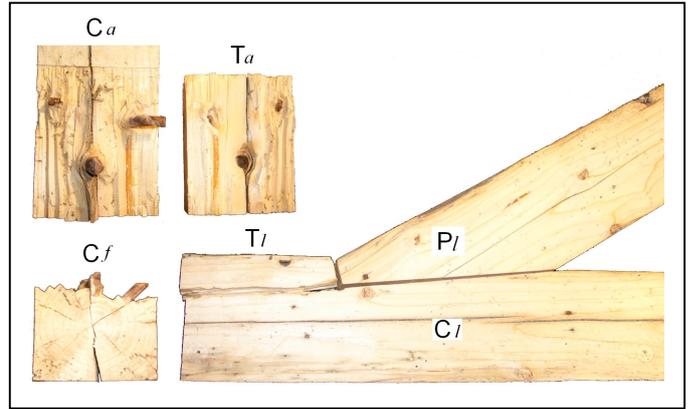


Figura 2 – Nodo puntone-catena Abete rosso 1, ricomposto dopo la rottura: P_l=puntone in vista laterale, T_l e T_a=rispettivamente tallone rotto in vista laterale e dall'alto, C_l, C_f e C_a=rispettivamente catena rotta vista dal lato, di fronte e dall'alto

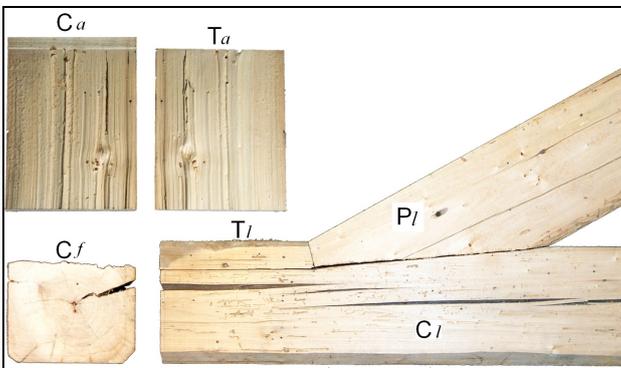


Figura 3 – Nodo puntone-catena Pioppo 3, ricomposto dopo la rottura (legenda nella didascalia di Figura 2)

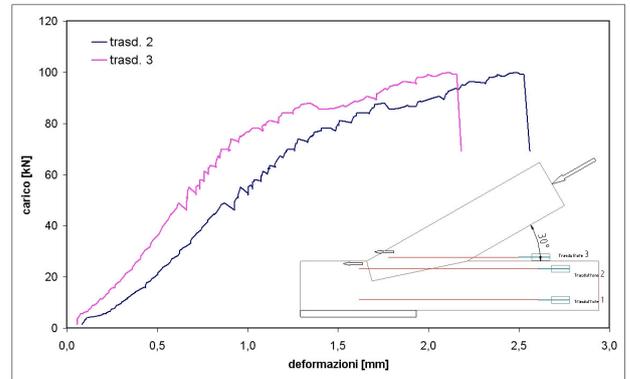


Grafico 1 – Curva carico-deformazione rilevata nel nodo Pioppo 2: Trasd.2=scorrimento tallone, Trasd.3=avanzamento puntone. La differenza delle due misure indica il progressivo adattamento fra le superfici del puntone e della parete del tallone nella catena. Trasd.1=allungamento elastico catena (trascurabile, non riportato)

	carico di rottura F _u	compon. // alla catena F _{//}	compon. ⊥ alla catena F _⊥	compr. assiale max σ _{0max}	compr. perp. max σ _{90max}	taglio: soll. nom. di rottura τ _{rott,nom}	taglio: soll. reale di rottura τ _{rott,eff}
	[kN]	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
Abete rosso 1	105,2	91,1	52,3	20,2	1,3	3,27	3,01
Abete bianco 1	81,7	70,8	40,9	15,7	0,97	2,48	3,29
Abete bianco 2	124,3	107,6	62,1	22,4	1,3	3,87	3,63
Pioppo 1	108,5	94,0	54,3	17,9	1,1	3,38	3,13
Pioppo 2	100,2	86,7	50,1	19,9	1,2	3,22	3,01
Pioppo 3	88,9	77,0	44,4	16,5	0,92	2,76	2,60
Castagno 1	143,4	124,2	71,7	17,2	1,5	3,94	3,81
Castagno 2	105,9	91,7	52,9	13,5	1,2	3,20	2,79
Castagno 3	143,7	124,5	71,9	29,6	1,5	4,48	4,19
minimo	81,7	70,8	40,9	13,5	0,92	2,48	2,6
massimo	143,7	124,5	71,9	29,6	1,5	4,48	4,19
media	111,3	96,4	55,6	19,2	1,22	3,40	3,27

Tabella 1 – I valori risultanti dalle prove di carico

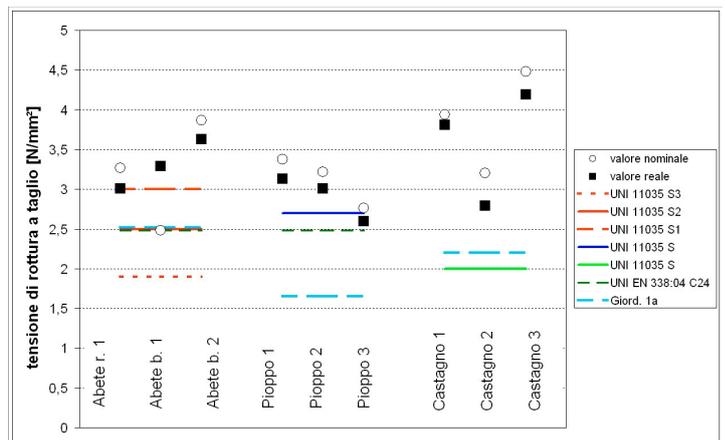


Grafico 2 – Confronto grafico tra i valori di resistenza ottenuti e i dati di riferimento