

IL LEGNO LAMELLARE TRA LIMITI PRODUTTIVI E POTENZIALITÀ TECNOLOGICHE

Ornella Fiandaca

*Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica, Edile, Ambientale e Matematica Applicata.
Università degli Studi di Messina, Italia*

Abstract

The static conception of a warp of "curved beams" according to a horizontal position plane, hypothesized in glulam, it has had to confront with the impossibility of achieving structural elements with the desired geometry; the productive scenery, at present, solves only solutions arc mixtilinear, the only type derivable from the glulam with horizontal arrangement of the slats. This study, including the reasons for the detected limit, has investigated the technological feasibility of the glulam with a vertical arrangement of the slats, the only one that would allow a curvature in the horizontal position plane. To proceed in this direction, it was considered essential, advance, characterize the new material under the theoretical-experimental profile, analyzing the technical problems, to be addressed through a review of the production cycle, and researching the failure mechanisms, through a program of experimental tests.

Validated the consistency of the hypothesis advanced, of which we report very encouraging results, you will have to face a technological reflection in the productive sector, to ensure the concrete possibility to start a dedicated production line to the beams in vertical glulam, linear or curved; then proceed to define a model of computation consistent with the structural efficiency found experimentally, such as to make possible their structural design.

Keywords: Glulam, Technological innovation, Experimental program

1

La produzione di elementi strutturali curvi in legno lamellare

Nel panorama architettonico contemporaneo si osserva la continua ricerca di soluzioni tecniche capaci di superare i limiti posti dalla produzione industriale, per conseguire innovazione e qualità, per assecondare la volontà di stupire, talvolta per osare l'imponderabile. La ricerca applicata, sostenuta dall'ardimento dei progettisti, sfida se stessa proponendosi nuovi traguardi: i programmi prestazionali di ciascun materiale diventano sempre più complessi e vengono formulati per rispondere più da vicino a ogni caso specifico. A partire da connotati naturali - per la pietra come per il legno - da miscele industriali - per il vetro come per i metalli - da composti sinterizzati - per i polimeri come per i compositi - la tendenza è di immaginare caratterizzazioni diverse per abbattere restrizioni geometriche, fisiche, chimiche, meccaniche, figurative.

Una lacuna riscontrata nel panorama produttivo a fronte di un'esperienza progettuale avviata ha innescato il desiderio di prendere parte a questa sfida tecnologica per confrontarsi con il superamento di un limite intrinseco alla natura del legno: la possibilità di essere curvato.

La concezione statica di un ordito di "travi curve" a giacitura orizzontale, immaginate nell'ambito di un progetto¹ da realizzarsi in legno lamellare, si è bruscamente arrestata di fronte all'inattuabilità di elementi strutturali con la geometria ipotizzata. Il panorama produttivo, allo stato presente, risolve unicamente soluzioni mistilinee ad arco, le uniche derivabili da una ricomposizione della sezione lignea con la disposizione orizzontale delle lamelle.

Un'indagine in ambito commerciale ha consentito di conoscere e valutare le ragioni tecnico-scientifiche che non consentono attualmente di declinare una soluzione tecnica al problema, e di verificare quali studi teorici, programmi sperimentali e innovazioni tecnologiche, a breve, medio e lungo termine, dovrebbero attivarsi per consentire almeno l'elaborazione di un prototipo.

Bisogna sottolineare l'assenza, almeno sul territorio nazionale, di studi specifici in ciascuno degli ambiti coinvolti dal problema produttivo: progettuale, tecnologico, normativo, scientifico. Un solo esempio di realizzazione assimilabile, individuato nella trave di bordo di una pianta ellittica nella piscina Acquarena di Bressanone², è stato risolto come un problema contingente, ruotando di 90° un arco in legno lamellare con un limite produttivo di altezza pari a 22 cm, quindi nell'individualità del risultato, più che con la volontà effettiva di intraprendere analisi sistematiche finalizzate alla soluzione dei problemi rinvenuti e alla generalizzazione degli esiti.

Le ragioni per cui il legno lamellare in produzione non può assumere una morfologia curva nel piano orizzontale sono da riconoscere nella relazione matematica esistente fra il raggio minimo di curvatura realizzabile R e lo spessore dell'elemento da curvare s , che rende possibile unicamente la realizzazione di elementi strutturali con curvatura nel piano verticale: archi per conformazione geometrica e per concezione statica.

Interrelando la legge di Bernoulli-Eulero con la formula di Navier scritte per le condizioni limite di rottura:

$$K_{\max} = \frac{1}{Rc_{\min}} = \frac{M_{\text{rott}}}{EI} \quad \text{legge di Bernoulli-Eulero}$$

$$\sigma_{\text{rott}} = \frac{M_{\text{rott}}}{I} \cdot \frac{h_{\text{res}}}{2} \quad \text{formula di Navier}$$

2

si ottiene l'espressione:

$$Rc_{\min} = \frac{E \cdot h_{\text{res}}}{2 \cdot \sigma_{\text{rott}}}$$

con:

K_{\max} curvatura massima [1/m],

Rc_{\min} raggio di curvatura minimo [m],

M_{rott} momento flettente a rottura [Nm],

E_{long} modulo elastico a flessione [N/m^2],

I momento di inerzia [m^4],

σ_{rott} tensione di rottura a flessione [N/m^2],

h_{res} altezza resistente che giace nel piano di curvatura [m]

Mettendole a sistema, si è ottenuta la relazione che esprime il concetto fisico secondo cui il raggio minimo di curvatura per un elemento strutturale dipende, attraverso il modulo elastico a flessione E_{long} e la tensione di rottura a flessione σ_{rott} del materiale utilizzato, dall'altezza resistente h_{res} che la sezione offre nel piano di sollecitazione a flessione.

Sostituendo i valori tabulati per un elemento strutturale in legno lamellare con disposizione orizzontale delle lamelle:

$$E = E_{long} = 11.000 N / mm^2$$

$$\sigma_{rott} = 2,75 \cdot \sigma_{amm} = [2,75 \cdot 10] N / mm^2 = 27,5 N / mm^2$$

si ottiene

$$Rc_{min} = 200 \cdot h_{res}$$

Dalla relazione dedotta deriva la necessità di attribuire a h_{res} valori esigui per ottenere curvature significative.

Se, infatti, la curvatura viene effettuata nel piano verticale, contestualmente all'incollaggio, l'altezza resistente è proprio lo spessore della singola lamella, piuttosto che l'altezza della sezione dell'elemento strutturale in legno lamellare. Quindi, per lo spessore attualmente in produzione pari a 3.3 cm, il raggio di curvatura minimo è:

$$Rc_{min} = 6.6 \text{ m con } h_{res} = 0.033 \text{ m} = \text{spessore della lamella}$$

Altrimenti, se si intende ottenere una curvatura nel piano orizzontale, l'altezza resistente sarebbe quella dell'intera base della sezione corrispondente alla larghezza della lamella. Pertanto, considerato il valore in produzione compreso fra 8 e 22 cm, il raggio di curvatura minimo risulterebbe compreso fra:

$$Rc_{min} = 16 \text{ m per } h_{res} = 0.080 \text{ m} = \text{larghezza minima della lamella}$$

$$Rc_{min} = 44 \text{ m per } h_{res} = 0.220 \text{ m} = \text{larghezza massima della lamella}$$

Ne consegue che, anche utilizzando la lamella in produzione più stretta, l'operazione di curvatura nel piano orizzontale, restituirebbe soluzioni progettuali non rispondenti a esigenze reali (Fig. 1).

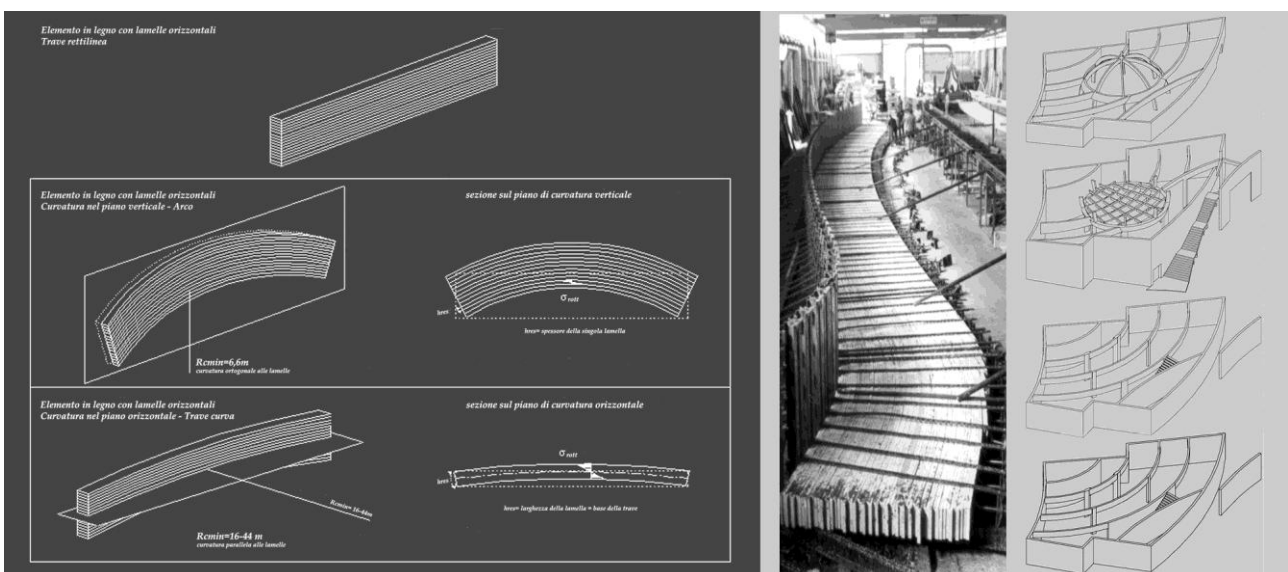


Fig. 1 - Raggi di curvatura possibili nei due piani, orizzontale e verticale indagati per realizzare l'ordito di travi curve di progetto ipotizzato

Nel delineare le coordinate di questo studio si è indagata quindi quale potesse essere la più concreta possibilità produttiva per ottenere una curvatura della sezione lignea nel piano orizzontale, ripercorrendo i termini tecnologici della soluzione trovata per gli archi e individuandola nella ricomposizione di “travi curve” mediante una disposizione verticale delle lamelle, contestualmente incollate e curvate³. Per validarne la fattibilità sono stati quindi riscontrati i problemi tecnologici da affrontare, attraverso un’analisi del ciclo di produzione, e ricercati i meccanismi di rottura, attraverso un programma di prove sperimentali, giungendo ad alcuni esiti, che si propongono, interessanti per motivare una nuova linea di produzione per il “legno lamellare incollato”.

La ricerca di una soluzione tecnica praticabile per “travi curve”

Per approdare alla realizzazione di un prototipo di “trave curva” in legno lamellare è stato pertanto necessario avviare un confronto sinergico fra problemi tecnologici e problemi strutturali, che si è inizialmente tradotto in alcune opzioni produttive, due delle quali hanno mostrato, per ragioni diverse, più fondate possibilità di sviluppo:

Soluzione a: realizzazione della sezione prevista per la “trave curva” con la sovrapposizione di n elementi base in legno lamellare, di altezza variabile da 8 a 22 cm, con disposizione orizzontale delle lamelle, preventivamente sottoposti a curvatura nel piano orizzontale, ruotati di 90 gradi e fra loro sfalsati e incollati (Fig. 2a)

Soluzione b: realizzazione della sezione prevista per la “trave curva” per incollaggio e contemporanea curvatura di lamelle disposte in verticale (Fig. 2b). Attualmente manca un ciclo di produzione pensato per tale configurazione.

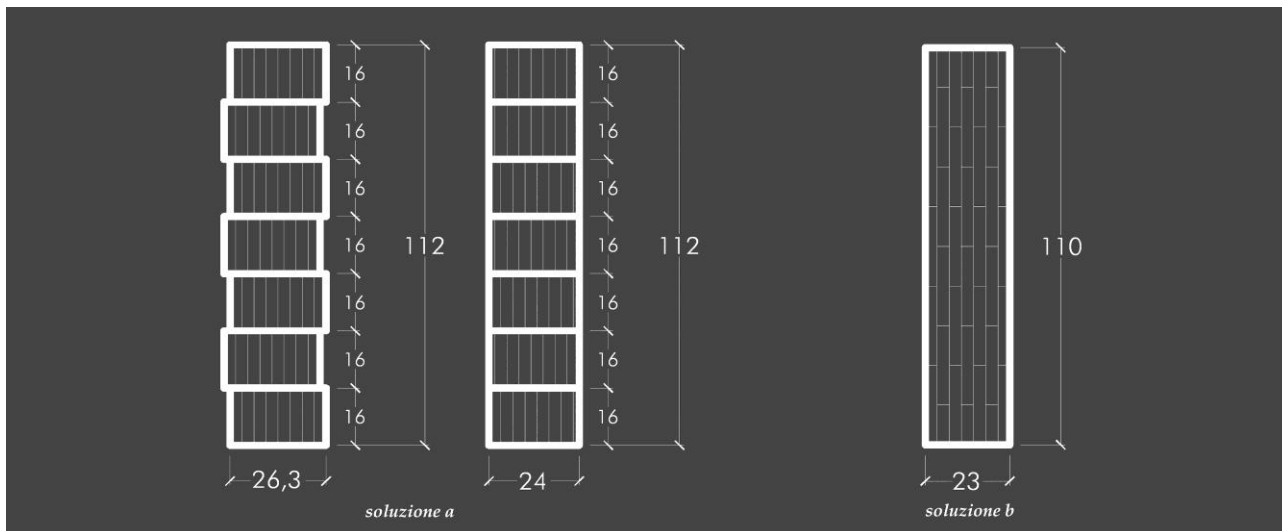


Fig. 2 - Le due ipotesi: di incollaggio di n elementi base precedentemente curvati (a) e di incollaggio e contestuale curvatura di lamelle verticali (b)

L’analisi condotta, considerando i limiti e le potenzialità in termini di confezionamento, ha riconosciuto nella seconda ipotesi, accanto alla possibilità di realizzare “travi curve” se pure con ricadute maggiori sull’assetto strumentale del contesto aziendale operante, caratteri teorici di efficienza strutturale più vantaggiosi e ha pertanto suggerito di procedere nella determinazione delle caratteristiche meccaniche di questa variante che si denominerà legno lamellare verticale per distinguerlo da quello attualmente in produzione.

L'attribuzione della migliore risposta meccanica avanzata per questa nuova disposizione delle lamelle scaturisce dalla considerazione che il legno lamellare, essendo composto dalla sovrapposizione per incollaggio di più lamelle con sezione pari a cm 3.3x8-22, non è un materiale omogeneo e isotropo. Il suo comportamento meccanico è quello tipico di una sezione in cui ogni lamella reagisce singolarmente e viene resa solidale alle altre grazie agli strati di colla.

Guardando alla singola lamella di cm 3.3x8-22x400, e valutandone la disposizione più opportuna in una trave, retta o curva, è evidente che questa offrirà un maggiore momento di inerzia - e quindi una maggiore resistenza flessionale - ai carichi verticali se orientata in modo da opporre l'altezza resistente più elevata, quindi cm 8-22 in luogo di cm 3.3, nello stesso piano.

Si è ritenuto pertanto necessario, al fine di accreditare questa ipotesi, avviare una ricerca sperimentale tesa a certificare l'efficienza strutturale degli elementi prodotti con disposizione verticale delle lamelle da confrontare poi con quella degli attuali prodotti con disposizione orizzontale, per accertare l'eventuale migliore resistenza meccanica, a fronte delle specifiche meccaniche identiche fornite dalle aziende di produzione e previste dalle prescrizioni normative.

La caratterizzazione meccanica del legno lamellare verticale

In assenza di studi scientifici e dettami normativi specifici a supporto di tale argomentazione, si è prefigurato ed eseguito un programma di prove sperimentali con l'obiettivo particolare di valutare su due campioni, ciascuno composto da quaranta provini, con uguale sezione trasversale e diverso orientamento delle lamelle, la resistenza a sollecitazione di flessione retta nel piano verticale baricentrico (UNI EN 408_1997 - Pt. 11), per la quale, per le considerazioni svolte, in ragione del diverso valore del momento di inerzia opposto alla sollecitazione flessionale, ci si attendeva una risposta meccanica distinta nei due casi.

Poiché i risultati attesi, vista la natura intrinseca e la tecnologia del materiale utilizzato, avrebbero potuto essere influenzati da molteplici variabili (orientamento radiale o trasversale delle tavole estratte da un tronco, difetti delle tavole, eventuali giunti a pettine tra le stesse), avvalendoci della collaborazione dei tecnici dell'Holzbau sud di Calitri, e della loro esperienza, è stata concepita, per l'esecuzione della sperimentazione, la composizione di due configurazioni A e B di provini secondo modalità tali da escludere qualsiasi altra differenza fra i campioni che non fosse la disposizione - orizzontale o verticale - delle lamelle; così è stato possibile effettuare, dal confronto dei risultati, la valutazione dell'esclusiva influenza di questo fattore sul comportamento meccanico.

Considerando che una consolidata produzione di legno lamellare prevede la sola disposizione orizzontale delle lamelle, si è ritenuto fosse giustificato ipotizzare una loro disposizione verticale, anche unicamente per la realizzazione di "travi curve", solo nel caso in cui i risultati, relativi alle tensioni flessionali a rottura, per la configurazione B si presentassero vantaggiosi o comunque paragonabili ai corrispondenti per la configurazione A.

Del programma sperimentale di prove⁴ necessario per il confronto enunciato, condotto presso il laboratorio di prove MAGEST s.r.l. di Misterbianco (CT), si descrive la sola prova di flessione semplice retta, perché si è ritenuta la resistenza corrispondente come la più significativa nel confronto riguardante elementi strutturali in cui questa sollecitazione è prevalente, oltre che al momento è l'unica, fra quelle ritenute significative, per la quale è stato normato il procedimento (UNI EN 408_1997, UNI EN 1193_1999 ed Eurocodice 5).

Confezionamento dei provini

I provini sono stati confezionati presso lo stabilimento dell'Holzbau sud di Calitri utilizzando tavole di conifera provenienti dalla medesima partita, con difetti compatibili con una 2° categoria⁵ secondo

condizioni di temperatura e umidità controllate per ottenere quelle prescritte dalla normativa durante l'intero processo produttivo.

Al fine di rispondere ai requisiti concordati, per la configurazione A sono state sovrapposte e incollate 4 lamelle (cm 10x3.3) per ottenere la sezione trasversale piattata dei provini di cm 9,6x12,9 in legno lamellare orizzontale; per la configurazione B sono state disposte in orizzontale e incollate 3 lamelle (cm 13x3.3), per ottenere con una rotazione di 90° la sezione trasversale di cm 9,6x12,9 in legno lamellare verticale: le dimensioni utilizzate sono scaturite dalla necessità di avere l'identità dei parametri dimensionali a partire dalla tecnologia produttiva del legno lamellare che sovrappone e incolla lamelle orizzontali con dimensione finita di 3.3 cm.

La luce dei provini è inferiore ai 4 m per evitare di ricorrere all'esecuzione di giunti a pettine fra le tavole che avrebbe potuto introdurre possibili differenze nella risposta meccanica.

Scelta della numerosità del campione

Tenuto conto che l'EuroCodice 5⁶, per la determinazione dei valori caratteristici di quinto percentile, prescrive una numerosità n del campione non inferiore a 30 e che la UNI EN 384_1997, per la determinazione delle proprietà meccaniche del legno strutturale, prevede un numero di provini per ciascun campione non minore di 40, si è ritenuto quest'ultimo valore significativo e cautelativo per il tipo di sperimentazione prevista per questo studio, in quanto l'esito trova nel confronto la sua ragion d'essere e, trattandosi di una produzione industriale qualitativamente controllata, la dispersione dei valori ricercati è ridotta al minimo.

Metodo di prova, per la determinazione della resistenza a flessione semplice retta

La UNI EN 408_1997 prescrive che il provino debba avere lunghezza l_{tot} pari ad almeno 19 volte l'altezza h della sezione, debba poggiare su rulli cilindrici, oppure su un altro dispositivo che assicuri condizioni di appoggio scorrevole e debba essere caricato simmetricamente a flessione su due punti posti ai due terzi della distanza tra gli appoggi l , pari ad almeno 18 h .

Lo schema grafico (Fig. 3) rappresenta le modalità di prova e il sistema di carico.

$$h=129 \text{ mm};$$

$$b=96 \text{ mm};$$

$$l_{tot} > 19 \times h = 19 \times 129 = 2451 \text{ mm}$$

$$l > 18 \times h = 18 \times 129 = 2322 \text{ mm}$$

$$a = l/3 = 2322/3 = 774 \text{ mm}.$$

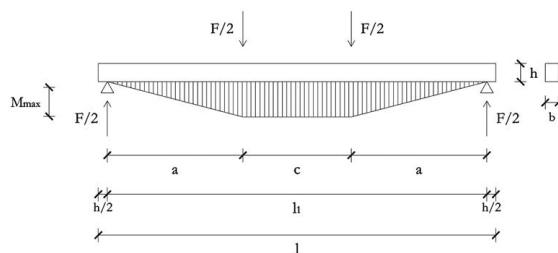


Fig. 3 – Schema di carico

La strumentazione impiegata

La rispondenza alle specifiche della stessa norma ha richiesto alcune operazioni preliminari di adeguamento della pressa disponibile presso il laboratorio di prove MAGEST s.r.l. di Misterbianco (CT).

Nell'apparecchio di carico una forza F crescente linearmente nel tempo fino a rottura viene applicata mediante un pistone cilindrico che quindi è indirettamente sollecitato a sforzo normale centrato. Per verificare l'adeguatezza della sua sezione trasversale, in acciaio di nota resistenza, si è proceduto alla determinazione della forza massima che avrebbe provocato la rottura del provino.

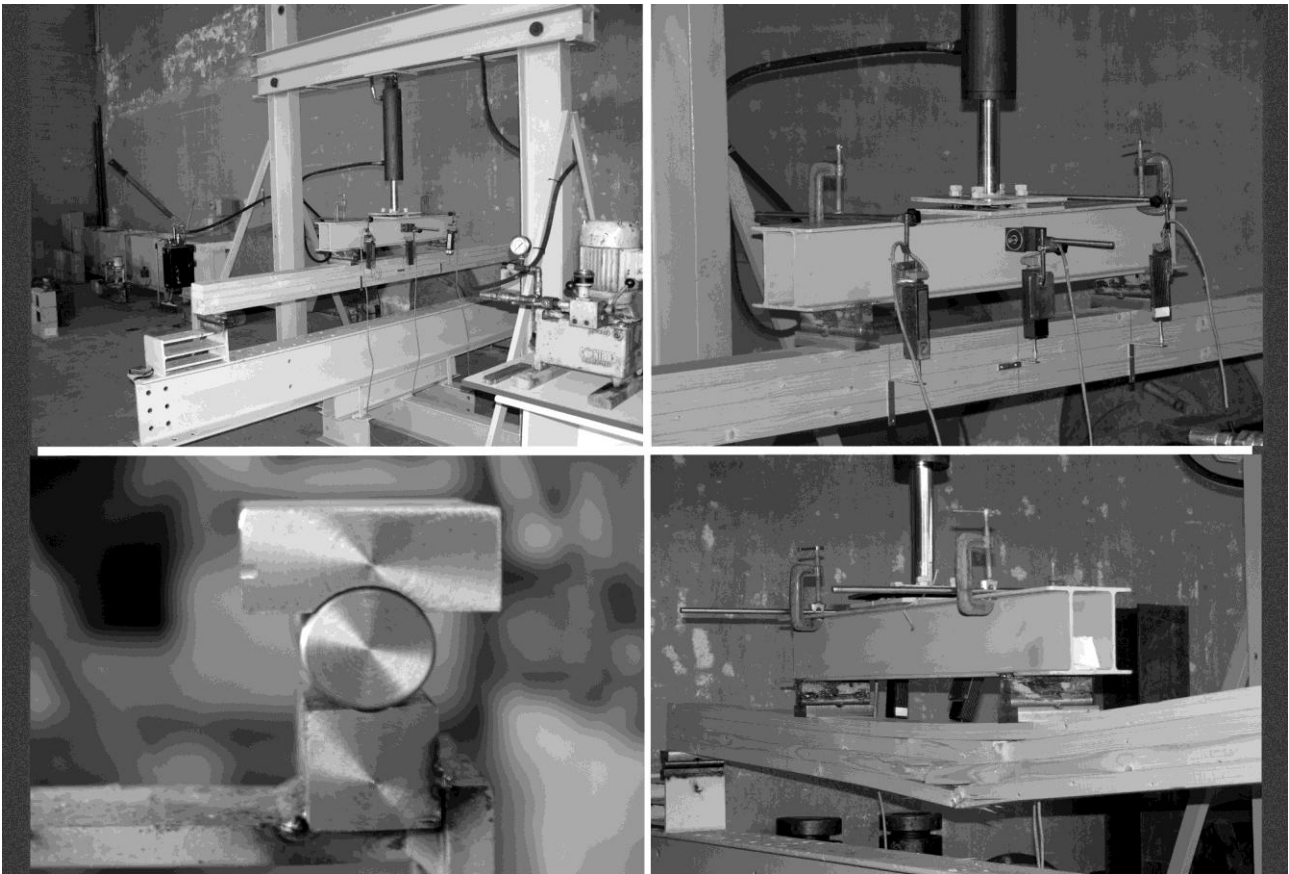


Fig. 4 – La strumentazione predisposta presso il Laboratorio MAGEST

$$M_{\max} = a \cdot \frac{F_{\max}}{2} \quad \text{con} \quad W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{96 \cdot 129^2}{6} = 266256 \quad \text{mm}^3$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{a \cdot \frac{F_{\max}}{2}}{W} \quad F_{\max} = \frac{2 \cdot W}{a} \sigma_{\max} = \frac{2 \cdot 266256}{774} \sigma_{\max} = 688 \cdot \sigma_{\max}$$

Ipotizzando che la tensione di rottura sia influenzata da diversi fattori quali la deviazione delle fibre, la presenza di nodi, l'effetto di gradienti igrotermici, sono stati presi in considerazione valori interni a un intervallo del quale l'estremo inferiore rappresenta la tensione a rottura per flessione dei giunti a dita di cui si ha certificazione normativa⁷ e quello superiore rappresenta la tensione a rottura sperimentalmente determinata per provini di legno netto⁸.

$$F_{rot_min} = 688 \cdot \sigma_{min} = 688 \cdot 40 = 2752 \quad N=2753 \text{ Kg} \quad \text{con } \sigma_{min} = 40 \text{ N/mm}^2.$$

$$F_{rot_max} = 688 \cdot \sigma_{max} = 688 \cdot 60 = 4128 \quad N=4128 \text{ Kg} \quad \text{con } \sigma_{max} = 60 \text{ N/mm}^2.$$

Uno studio specifico, condotto insieme ai tecnici del laboratorio di prove, ha riguardato, la progettazione dei pressori e degli appoggi che dovevano ripartire, secondo quanto indicato dalle procedure di prova per azione e reazione, una forza pari a $F/2$, variabile pertanto in questo caso fra 1372 e 2064 kg. Per evitare effetti di punzonamento del legno è stato necessario interporre un sistema di ripartizione del carico, la cui superficie di contatto con il legno è risultata compatibile col valore imposto dalla UNI EN 408_1997, con una lunghezza computata come metà dell'altezza del provino, pari dunque 64 mm. I pressori quindi sono stati re concepiti, così come gli appoggi, mediante un rullo in acciaio inox che, alloggiato fra due piastre con superficie di contatto lineare-concava ed estradosso piano, hanno garantito la libertà di rotazione del provino richiesta dalla normativa (fig. 4). L'accuratezza del dato registrato per il carico applicato al provino dalla pressa è stata dell'1%. La taratura preliminare dell'apparecchiatura ha stabilito che il valore di rottura dovesse essere raggiunto in un tempo di (300 ± 120) sec, con incrementi della forza trasmessi a velocità costante. Le deformazioni sono state contestualmente registrate misurando gli abbassamenti dell'asse del provino in tre punti, il medio e in corrispondenza dei pressori, sempre con un'accuratezza dell'1%.

L'elaborazione statistica dei risultati della sperimentazione condotta

Dei provini testati si riportano di seguito i diagrammi *carico-cedimento* in funzione del tempo ottenuti, due per il legno lamellare orizzontale (013, 029) e due per il legno lamellare verticale (V3,V37), significativamente scelti per essere rappresentativi dei comportamenti di ciascun campione. La registrazione delle tensioni di rottura nel corso della prova ha mostrato un incremento della resistenza a flessione dei provini in legno lamellare verticale, generalizzato se pure di entità contenuta. Il risultato più importante ha riguardato piuttosto il meccanismo di rottura.

La sperimentazione ha prodotto un esito vantaggioso a favore del legno lamellare verticale in termini di:

- *minori abbassamenti in campo elastico:*

i provini in legno lamellare verticale hanno presentato frecce in campo elastico minori rispetto alle analoghe rilevate per il legno lamellare orizzontale;

- *migliore resistenza a flessione:*

i provini in legno lamellare verticale hanno presentato, rispetto a quelli in legno lamellare orizzontale un incremento della tensione di rottura;

- *maggior affidabilità del meccanismo di rottura:*

premesso che, come era ovvio attendersi, le rotture si sono sempre generate in corrispondenza di un difetto del legno, i provini il legno lamellare orizzontale hanno presentato un comportamento di tipo fragile (la prima rottura si è sempre instaurata nella tavola in zona tesa e si è propagata immediatamente a tutta la sezione trasversale, generando il collasso, e producendo uno scollamento fra le lamelle lungo i piani di discontinuità), mentre quelli in legno lamellare verticale hanno presentato un comportamento di tipo plastico (la prima rottura si è instaurata nella zona tesa di una delle lamelle verticali senza propagarsi subito alle altre contigue; queste ultime, sotto carico, hanno continuato a offrire alla sezione, parzializzata, una resistenza residua simulando una risposta plastica, fino al successivo collasso, e questo progressivamente in relazione al numero delle lamelle).

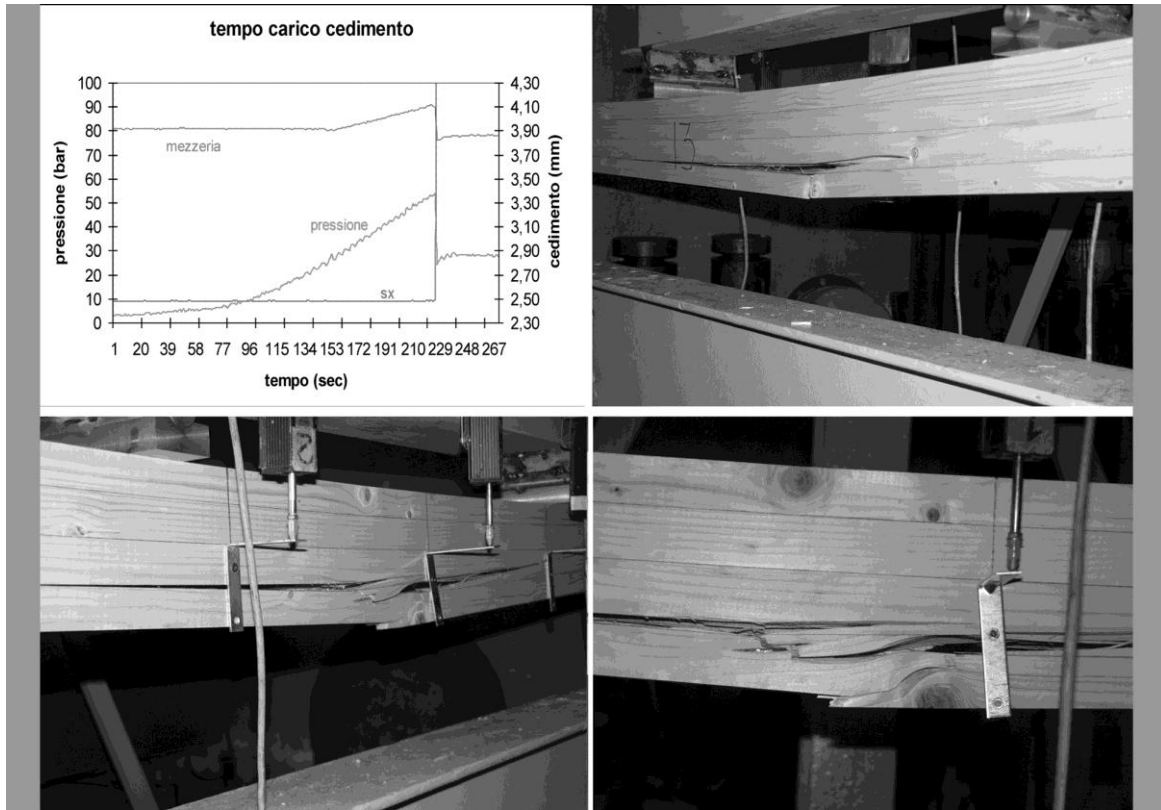


Fig. 5 – Registrazioni Provino O13

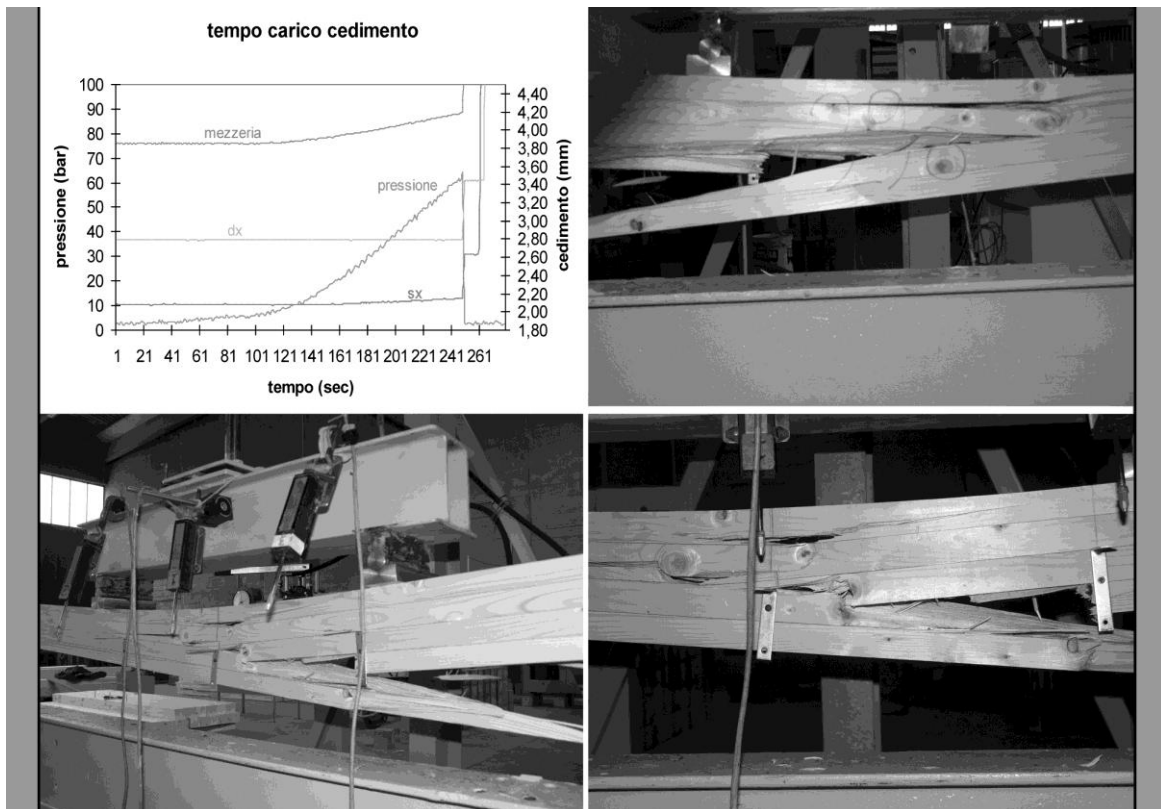


Fig. 6 – Registrazioni Provino O29

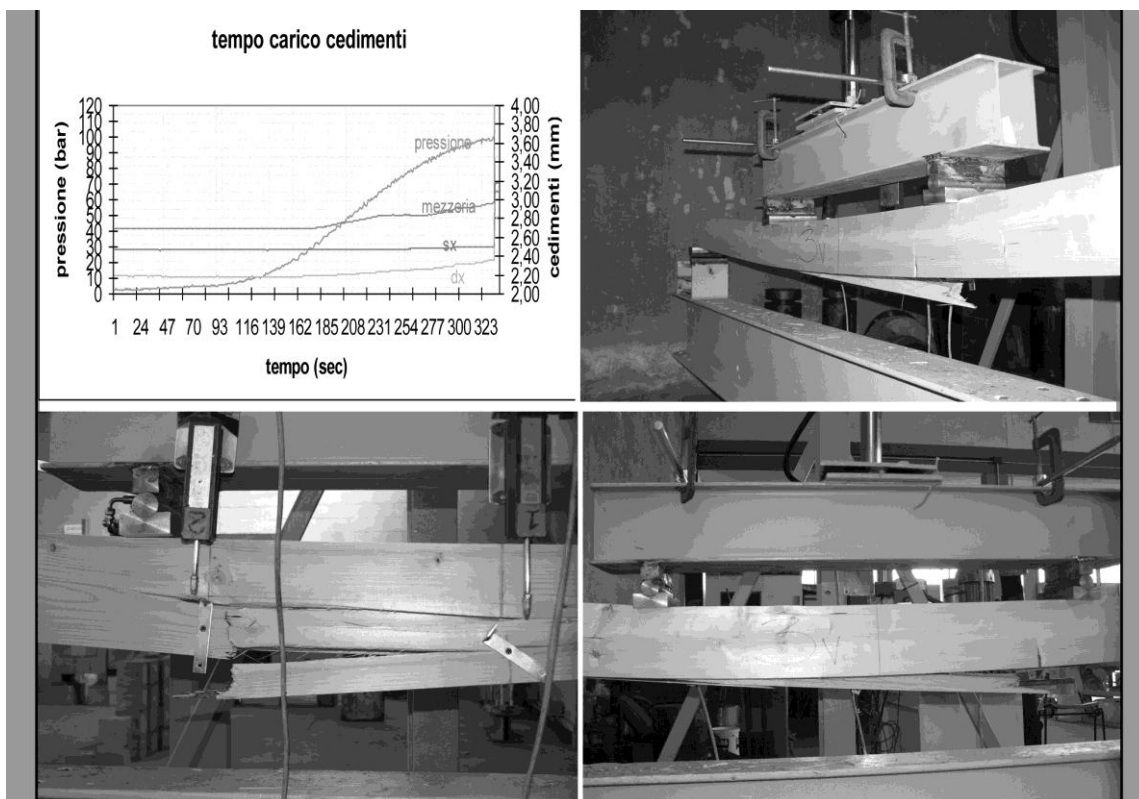


Fig. 7 – Registrazioni Provino V3

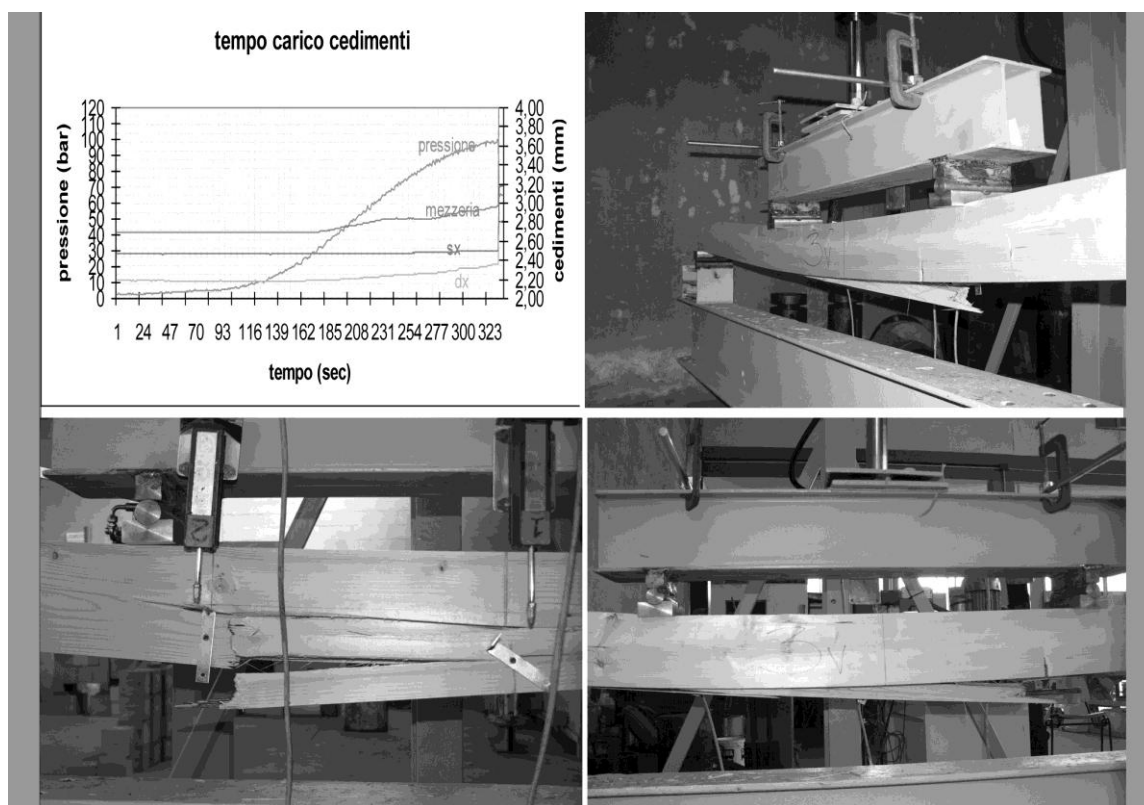


Fig. 8 – Registrazioni Provino V37

L'elaborazione statistica dei risultati ha confermato le registrazioni effettuate durante l'esecuzione della prova dando risultati sintetici e scientificamente quantificati.

Mediante l'elaborazione dell'istogramma delle frequenze semplici, del poligono delle frequenze cumulate e del poligono delle frequenze cumulate relative si sono ottenuti i risultati enunciati riconducibili non soltanto a un incremento del 20% del valore valutato sul quinto percentile, cioè a una resistenza certamente più elevata della stessa proporzione, quanto piuttosto a una minore dispersione dei dati testati che, nel produrre una maggiore affidabilità per la ricorrenza del dato, consentirebbe di assumere un coefficiente di sicurezza più ridotto da applicare alla tensione di rottura, con un ulteriore incremento della tensione ammissibile di progetto.

Gli esiti della sperimentazione condotta hanno confortato nella volontà di proseguire nell'indagine per verificare le reali possibilità di una linea produttiva appositamente concepita per realizzare "travi curve" in legno lamellare verticale nonché di affrontare il problema sotto il profilo analitico-computazionale.

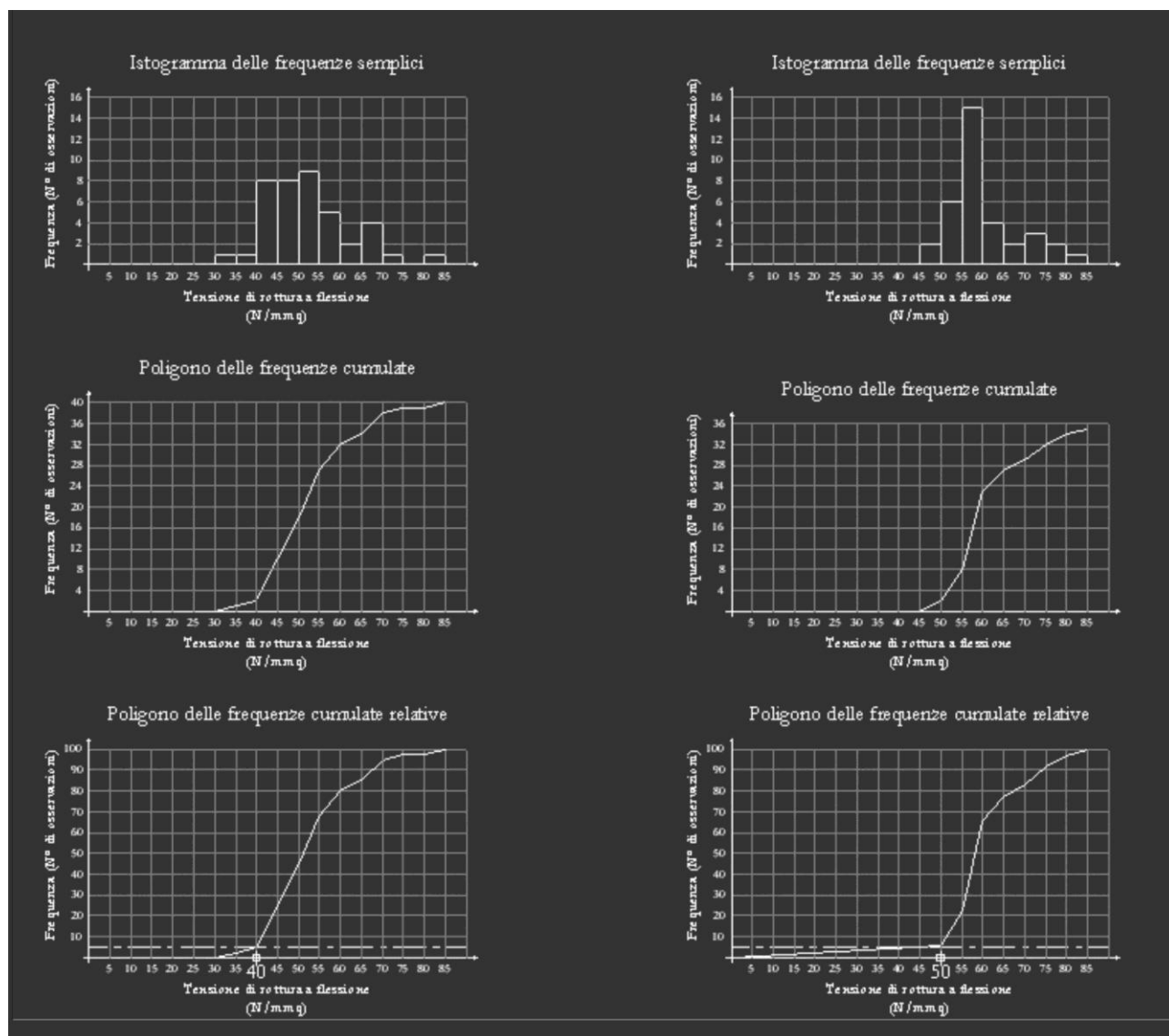


Fig. 9 – Elaborazione statistica dei dati sperimentali

La successiva fase di sperimentazione dovrà passare inevitabilmente da provini “ideali” a elementi in dimensioni d’uso; per verificare quanto la risposta meccanica potrebbe essere condizionata dalla presenza dei giunti a pettine (necessari per ottenere le lunghezze desiderate), dalla variabilità del numero delle lamelle accostate (necessaria per ottenere le larghezze desiderate), dal numero e dalle dimensioni delle lamelle sovrapposte (necessarie per ottenere le altezze desiderate).

Quanto alle problematiche indotte dal ciclo di produzione del legno lamellare verticale sono state definite, insieme alle aziende consultate, le principali fasi sulle quali intervenire per trovare soluzioni strumentali adeguate: la giunzione di testa delle lamelle per raggiungere l’altezza della trave desiderata, se necessaria; le modalità di spargimento e quindi il tipo di colla; la garanzia di una adeguata pressione di serraggio; la piallatura delle superfici di intradosso ed estradosso della trave.

Queste operazioni richiederebbero macchinari appositi e diversi da quelli attualmente in uso, mentre le altre fasi possono trovare soluzione tecnologica del tutto analoga a quanto fatto per il legno lamellare orizzontale. I risultati ottenuti che, sulla base di quanto trovato sperimentalmente e già avviato analiticamente per affinare specifici modelli di calcolo, si sono mostrati assai incoraggianti, si spera possano convincere gli operatori del settore a riflettere su un programma di innovazione tecnologica che renda possibile la realizzazione di “travi curve” e perché no, alla luce della migliore efficienza strutturale, anche di travi rette, in legno lamellare verticale.

Note

¹ Il presente contributo si è sviluppato al margine dello studio condotto nel corso della tesi di laurea di Iolanda Raimondi, *L'ARCHITETTURA SI CAMMINA: il legno lamellare tra percorsi formali e innovazioni costruttive*, che si è aggiudicata una Borsa di Ricerca per innovare i sistemi produttivi locali, bandita dall’associazione SINTESI ed è stata sviluppata con la collaborazione dell’Holzbausud S.p.a. di Calitri e del Laboratorio di prove strutturali MAGEST di Misterbianco (CT). Tutor universitario: prof. Ornella Fiandaca; Tutor aziendale: ing. Patrizia Pandolfo.

² Impianto sportivo realizzato a Bressanone nel 2002; progettista arch. Ralf Dejaco, strutture in legno lamellare prodotte dall’azienda Rubner Holzbau.

³ Nella norma UNI EN 14080 relativa ai requisiti necessari per la marcatura CE del legno lamellare incollato, in vigore dal giugno 2013, è prevista la disposizione “sdraiata” dell’elemento prodotto con disposizione orizzontale delle lamelle. Viene dichiarato che le caratteristiche meccaniche da assumere per tale diversa collocazione mantengono gli stessi valori. Naturalmente le dimensioni possibili sono quelle previste per il legno lamellare orizzontale, poiché si tratta di una semplice rotazione e non di una produzione specifica.

⁴ La caratterizzazione meccanica prevista dalla norma UNI 408 prevede: Resistenza a flessione semplice retta (pt. 11); Resistenza a trazione parallela alla fibratura (pt. 13); Resistenza a compressione parallela alla fibratura (pt. 15).

Si dovrebbe inoltre valutare l’opportunità di eseguire prove di resistenza a taglio da forza trasversale e da torsione.

I riferimenti normativi che contemplano una prova di resistenza a taglio sono la ISO 8905 e la EN 1193; testando una resistenza a taglio parallela alla fibratura, le si può adottare per conoscere la risposta nel caso della configurazione B, mentre rimane da definire la modalità di prova per individuare l’analogia nel caso della configurazione A.

Per la prova a torsione non si è in possesso di alcun riferimento normativo

⁵ Legname sano, immune da perforazioni e guasti provocati da insetti o funghi, con tolleranza di lievi alterazioni cromatiche. Esclusione di canastro esteso, di cipollature e altre lesioni, con tolleranza di tasche di resina di spessore non superante i 3 mm. Andamento delle fibre avente deviazione massima di 1/8 rispetto all’asse longitudinale del pezzo; nodi aderenti aventi diametro non superiore a 1/3 della dimensione minima di sezione e in ogni caso non superiore a cm 7; frequenza dei nodi tale che in 15 cm di lunghezza della zona più nodosa la somma dei diametri dei vari nodi non superi i 2/3 della larghezza della sezione.

⁶ UNI ENV 1995-1-2: Eurocodice 5. Progettazione di strutture di legno. Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l’incendio. UNI ENV 1995-2: Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.

Il dato è riportato nell’Appendice A.

⁷ UNI EN 385:2003 - Prova di resistenza a flessione del giunto a dita. Per le lamelle della classe impiegata nel confezionamento dei provini la tensione di rottura ha un valore medio di 40 N/mm².

⁸ La tensione di rottura per provini di legno netto ha un valore di 60 N/mm². Cfr. Natteren J., Herzog T., Volz M., *Atlante del legno*, vol. 2, Torino 1998.