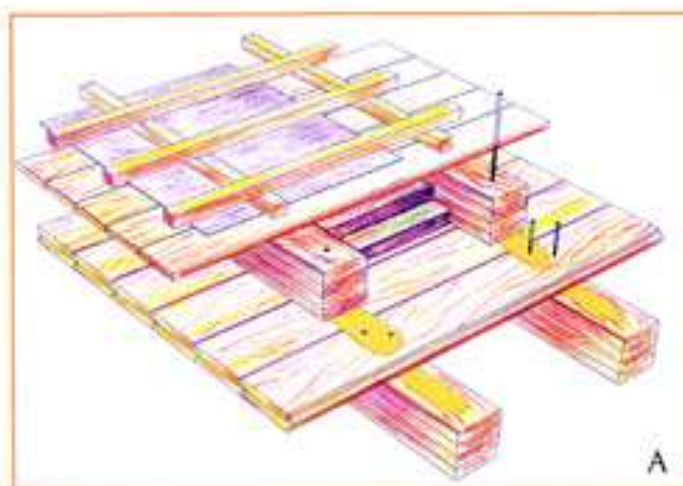


INNOVAZIONI NELLE STRUTTURE IN LEGNO

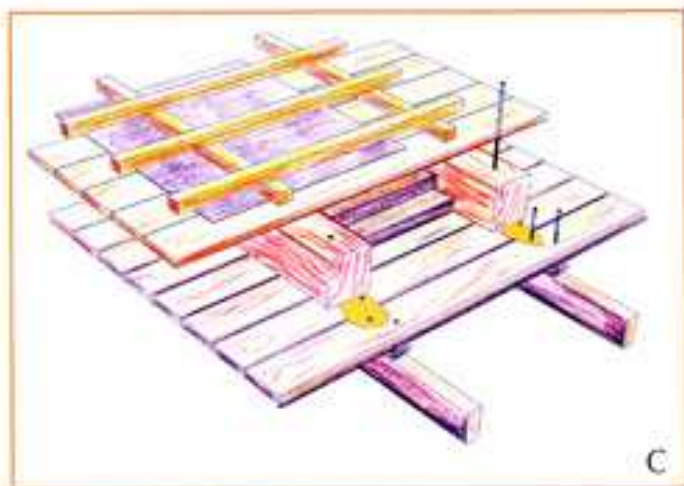
I SISTEMI LEGNOFORMA®

Una nuova soluzione statica brevettata, concessa gratuitamente con licenza d'uso alle ditte di carpenteria. Legnoforma® è il sistema costruttivo che ho ideato e brevettato e che metto a disposizione dei tecnici e delle aziende produttrici di carpenterie in legno. Il sistema è di grande semplicità, è assolutamente

rispettoso della *Scienza delle Costruzioni* ed è verificabile con la conoscenza della *Statica*. L'utilizzo è interessante quando non sia possibile trasportare o mettere in opera travi in legno lamellare e si abbia ugualmente l'esigenza di conseguire elementi strutturali affidabili.



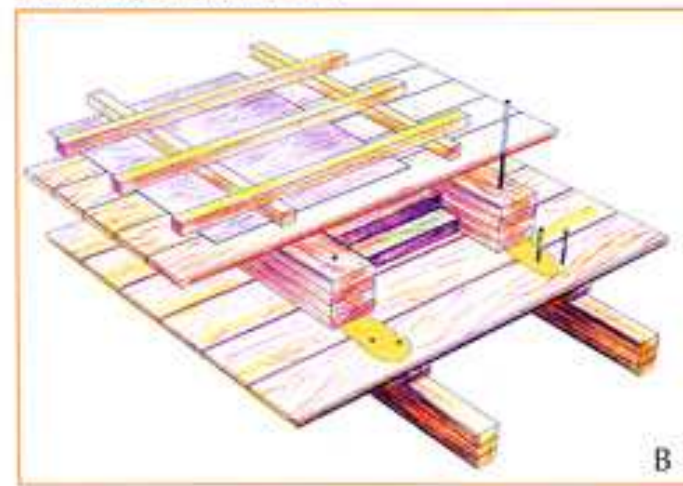
A



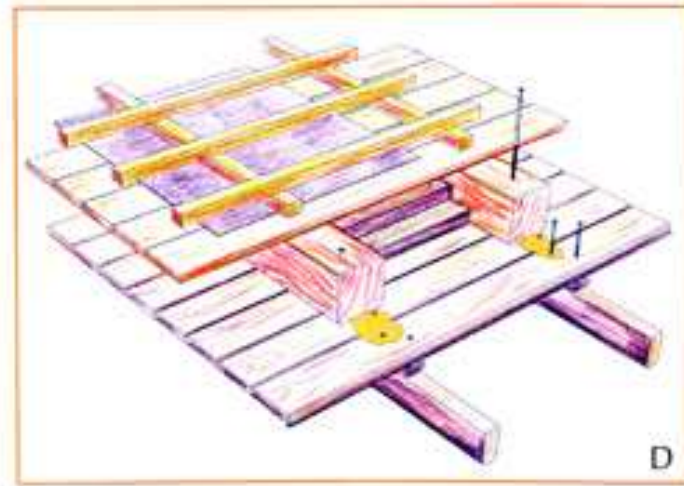
C

Figure A e B: esempio di Solaiiforma®, rappresentato nella realizzazione in legno lamellare, oppure legno bilama o KVH Select. Sopra nella condizione corrente e sotto come risulterebbe dopo un tempo di incendio convenzionale di 60 minuti primi, durante i quali si ha una penetrazione della carbonizzazione di 42 millimetri (valutazione 0,7 millimetri per minuto). I due correnti del travetto composto hanno ciascuno sezione cm 16x16. Si noti come l'assito in bilama o KVH Select, dello spessore di cm 6, eserciti un'azione protettiva nei confronti dell'asta superiore della sezione composta del travetto

Figure C e D: esempio di Solaiiforma®, rappresentato nella realizzazione in legno massello. Sopra nella condizione corrente e sotto come risulterebbe dopo un tempo di incendio convenzionale di 60 minuti primi. Le sezioni dei due correnti del sistema composto sono cm 18x18. Lo spessore dell'assito, perché in legno massello, è stato aumentato a cm 8 per essere in grado di proteggere convenientemente il corrente superiore



B



D

Il sistema è nuovo e non va confuso con il procedimento di costruzione delle travi lamellari, perchè non utilizza tavole (lamelle) di spessore sottile, non si avvantaggia dei macchinari e degli impianti di produzione delle grandi travi monolitiche in legno lamellare, non usa lo stesso tipo di colle adottate per la costruzione del lamellare e non si avvale degli stessi criteri di impacchettamento e serraggio delle lamelle, tipico delle travi lamellari. Per costruire le travi, i solai monodirezionali e le piastre bidirezionali in Legnoforma®, le cui denominazioni sono rispettivamente Traveforma®, Solaioforma® e Piastraforma®, sono impiegabili unicamente aste di legno di comprovata affidabilità strutturale e con sezione regolare, adesivo strutturale epossidico bicomponente, preferibilmente allo stato gel, viti da legno con filetto ondulato (vedi foto sotto), per evitare le operazioni di preforatura. Per aste con affidabilità strutturale devono intendersi aste in legno massello, aste bilama, aste in KVH Select ed anche travetti in legno lamellare.

L'adesivo ha un ruolo fondamentale per la realizzazione di sistemi in Legnoforma®. L'adesivo Xepox® previsto per l'utilizzo del brevetto, ha caratteristiche di assoluta stabilità molecolare nel tempo ed ha una resistenza a taglio che si avvicina a dieci volte quella del legno. Il metodo di costruzione Legnoforma® non è in contrapposizione al lamellare, ma può soddisfare i casi ove non è possibile l'utilizzo delle grandi travi lamellari a fronte di ostacoli logistici. Anzi il nuovo sistema può utilizzare aste a sezione ridotta in legno lamellare, facilmente trasportabili.

Tralascio l'esposizione della parte principale del brevetto e mi limito a fornire alcune indicazioni per il dimensionamento, la verifica ordinaria e la verifica di resistenza al fuoco per 60 minuti primi di un Solaioforma®.

Una condizione spesso richiesta ai costruttori di opere in legno è che le solette in legno di interpiano e quelle del tetto risultino poco invasive all'interno dei locali, anche quando si hanno luci notevoli o condizioni di carico particolarmente gravose. A questa necessità ho provveduto con l'idea di scomporre il travetto portante di una soletta in una doppia nervatura ed interponendo tra le due sezioni, anzichè un modesto perlinato un tavolame di spessore adeguato, per ottenere una rilevante resistenza al fuoco senza l'impiego di trattamenti.

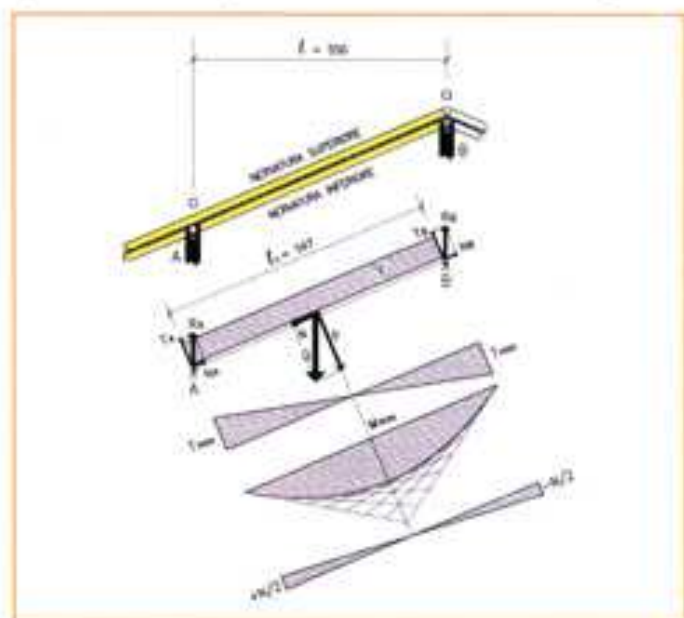
Il tavolato non può essere considerato come rivestimento, ed entra a far parte del sistema strutturale e come tale anch'esso è verificato al fuoco.

Ne consegue che la sezione del travetto in vista ha dimensioni contenute, mentre, rispetto al sistema tradizionale, ora risulta aumentata la sezione dell'asta che abitualmente era già presente all'interno

del pacchetto per il contenimento della coibentazione e la formazione dello spazio di ventilazione o di transito degli impianti. Insomma, con questo brevetto, all'assito ed all'asta interna vengono affidate funzioni strutturali che prima non avevano. Parimenti a tutti i sistemi Legnoforma®, anche i Solaioforma® si possono costruire con aste in legno massello, oppure travetti bilama, o travetti in legno lamellare o ancora con aste in legno KVH SELECT (KonstruktorVollHolz).

Ai fini della penetrazione della carbonizzazione, le aste KVH SELECT, come pure le aste bilama, possono essere considerate alla stregua dei travetti in legno lamellare BS11, perchè hanno in comune la stessa classe di qualità.

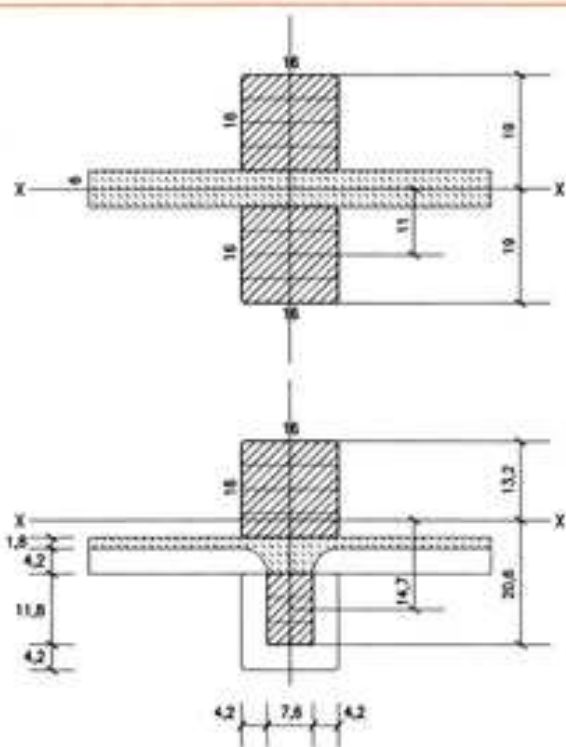
Procediamo con ordine ad una verifica pratica di un Solaioforma® nella versione con doppia asta strutturale lamellare BS11, con sezione cm 16x16 ad interasse di cm 66 ed assito in legno bilama o KVH spessore cm 6, per una soletta a tetto, a Livigno.



Si assumono i seguenti valori di carico:

| | | |
|---|--------------------------|-------------|
| • neve m 1816 s.l.m. | daN/m ² | 985 |
| • piolte Valmalenco | daN/m ² | 120 |
| • assito grezzo mm 24 | daN/m ² | 17 |
| • incid. asta superiore | daN/m ² | 20 |
| • incidenza sughero compresso cm 5+5 | daN/m ² | 15 |
| • tavole bilama o KVH | daN/m ² | 30 |
| • incid. asta strutturale inf. | daN/m ² | 20 |
| | daN/m ² | 222 |
| daN/m ² 222/cos 23° | daN/m ² | 241 |
| | daN/m² | 1226 |

| | | |
|---|-------|-----|
| Per ogni travetto in proiezione orizz. | daN/m | 817 |
| Angolo pendenza massima 23° (p=42,45%); | | |
| Per ogni travetto in sviluppo di falda | daN/m | 752 |



TRAVETTO COMPOSITO LEGNOFORMA® IN LEGNO LAMELLARE

Travetto composito di Solaiiforma® in legno lamellare, legno bilama e KVH Select: sopra come è costruito; sotto dopo un incendio della durata convenzionale di 60 minuti primi

Le caratteristiche di ciascuna nervatura composita risultano essere:

$$A_{utile} = \text{cm}^2 511$$

$$J_{utile} = \text{cm}^4 72.692$$

$$I_{sup} = \text{cm} 19$$

$$I_{inf} = \text{cm} 19$$

$$W_{sup} = J/I_{sup} = \text{cm}^3 3.826$$

$$W_{inf} = J/I_{inf} = \text{cm}^3 3.826$$

$$\text{Momento statico } M_i = A/2 \times 11 = \text{cm}^3 2.818$$

$$l_{\text{in pianta}} = \text{m } 5,50$$

$$l_{\text{in sviluppo}} = \text{m } 5,97;$$

A favore di sicurezza si è trascurata l'influenza dell'aggetto.

$$M_{max} = q \times l^2/8 = \text{daN/m } 752 \times \text{m } 5,97^2/8 = \text{daN} \times \text{m } 3.350$$

$$\sigma_{max} = \text{daN} \times \text{cm } 333.500/\text{cm}^3 3.826 = \text{daN/cm}^2 87 < 110 \text{ (BS11)}$$

$$N_{max} \text{ in posizione degli appoggi} = (q \times l/2) \times \sin 23^\circ = \text{daN } 877$$

N in mezzaria → nullo

$$T_{max} \text{ in corrispondenza degli appoggi} = (q \times l/2) \times \cos 23^\circ = \text{daN } 2.066$$

$$\text{Scorrimento unitario massimo} = M_i \times T/J = \text{cm}^3 2.818 \times \text{daN } 2.066 / \text{cm}^4 72.692 = \text{daN/cm } 80,1$$

$$\text{Tensione tangenziale massima nel legno} = \text{daN/cm } 80,1 / \text{cm } 16 = \text{daN/cm}^2 5,0 < 12$$

$$\text{Forza complessiva di scorrimento} = (\text{daN/cm } 80,1/2) \times (\text{cm } 597/2) = \text{daN } 11.953$$

Considerando cautelativamente una superficie di incollaggio effettiva di due terzi rispetto a quella di sovrapposizione tra le aste e l'assito interposto, la tensione media di interfaccia risulta:

$$\text{daN } 11.953 / (\text{cm } 16 \times 2/3 \times \text{cm } 597/2) = \text{daN/cm}^2 3,75$$

che è davvero molto modesta ed è inferiore a $\text{daN/cm}^2 12$, che è la tensione ammissibile a taglio del piano del tavolame. È utile ripetere che invece la resina cede a taglio intorno a $\text{daN/cm}^2 400$, a fronte della resistenza a taglio del legno all'incirca di un decimo di tale valore.

Per la verifica di resistenza al fuoco con un carico d'incendio di 60 minuti primi, considerando che la norma UNI 9504 impone di assumere il valore di penetrazione della carbonizzazione in ragione di mm. 0,7 per minuto, risulta la seguente condizione strutturale finale:

$$A_{residua} = \text{cm}^2 345$$

$$J_{residua} = \text{cm}^4 32.758$$

$$I_{sup} = \text{cm } 13,2$$

$$W_{sup} = J/I_{sup} = \text{cm}^3 2.481$$

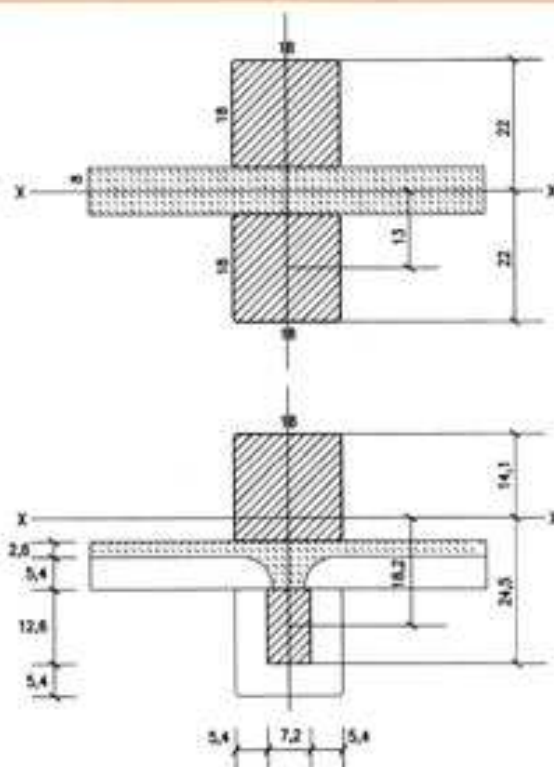
$$I_{inf} = \text{cm } 20,6$$

$$W_{inf} = J/I_{inf} = \text{cm}^3 1.590$$

Momento statico

$$M_i = \text{cm} [(7,6 \times 11,8) \times 14,7] = \text{cm}^3 1.318$$

Travetto composito di Solaiiforma® in legno massello: sopra come è costruito; sotto dopo un incendio della durata convenzionale di 60 minuti primi.



TRAVETTO COMPOSITO LEGNOFORMA® IN LEGNO MASSELLO

Per la verifica allo stato limite, la normativa autorizza a decrementare del 30% il sovraccarico neve. Pur lasciando a favore di sicurezza tutti i pesi permanenti, incluso lo strato di legno consunto, il carico complessivo risulta:

$$q = [\text{daN/m}^2 (985 \times 0,7) + 241] \times 0,66 \times \cos 23^\circ = \text{daN/m} 565$$

Applicando le stesse formule usate per la verifica con carico ordinario, si ha:

$$\begin{aligned} M_{\max} &= \text{daN} \times \text{m} 2.518 \\ \sigma_{\text{fless max}} &= \text{daN/cm}^2 158 < 180 \\ N_{\max} &= \text{daN} 659 \\ T_{\max} &= \text{daN} 1.552 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Scorrimento unitario max} &= \text{daN/cm} 62,4 \\ \text{Tensione tangenziale max legno} &= \text{daN/cm}^2 8,2 < 15 \\ \text{Forza complessiva di scorrimento} &= \text{daN} 9.313 \end{aligned}$$

Mi sia concesso esemplificare. Nella realtà l'adesivo *gel* cessa di essere funzionale parimenti alla disabilitazione del legno, attivata dal processo di avanzamento della carbonizzazione. Pertanto, anche qui, considerando cautelativamente una superficie di incollaggio effettiva di due terzi rispetto a quella ancora in essere dopo 60 minuti di incendio, la tensione media di interfaccia risulta:

$$\begin{aligned} \text{daN} 9.313 / (\text{cm} 7,6 \times 2/3 \times \text{cm} 597/2) &= \\ &= \text{daN/cm}^2 6,15, \text{ molto minore di} \\ &\text{daN/cm}^2 15, \text{ ammesso della UNI 9504.} \end{aligned}$$

Per il taglio vale limitarsi a considerare il cumulo della sezione ridotta della nervatura inferiore più la sezione integra della nervatura superiore, per cui:

$$\tau = \text{daN} 1.552 \times 1,5 / \text{cm}^2 345 = \text{daN/cm}^2 6,75 < 15.$$

Per la verifica di un *Solaioforma*[®] in legno massello, valgono gli stessi criteri di calcolo, a parità di sovraccarichi e luci, tenendo presente le minori sollecitazioni ammissibili ed una penetrazione della carbonizzazione di 0,9 mm/min. Per il caso esaminato non è possibile scendere al di sotto di una sezione di cm 18 x 18 per ciascun corrente ed interponendo tavole in legno massello dallo spessore di cm 8.

La prima verifica esposta, quella con doppie aste lamellari cm 16 x 16, riguarda un lavoro realmente in corso a Livigno, per la ristrutturazione dell'albergo *Helvetia*. Le opere sono state realizzate dalla ditta *Sartorelli Falegnameria srl* di Bormio, cui va riconosciuta ottima capacità nel saper eseguire lavori anche complessi con tecniche innovative.



Visto dall'interno del locale il *Solaioforma*[®] sembrerebbe un qualsiasi solaio perlinato. Pur con notevoli sovraccarichi e rilevanti luci, la sezione in vista del travetto è modesta

La *Sartorelli Falegnameria*, condotta dal papà Beninio e dai figli Achille e Maurilio, sono una evidente testimonianza del grande valore che assumono i lavori prodotti con genialità ed appassionata applicazione. Ora stanno entrando in azienda i figli Nadia e Davide *Sartorelli*.

Aziende come la *Sartorelli* sono una dimostrazione di come il successo delle idee progettuali sia anche dovuto alla capacità e attenzione esecutiva delle ditte.

Questo atteggiamento positivo delle carpenterie sta portando a risultati molto apprezzabili, anche perchè in Italia è ormai ben acquisita la normativa DIN e, nel rispetto di tale norma, si stanno perfezio-



L'Hotel *Helvetia* di Livigno in fase di avanzata ristrutturazione. Anche i balconi sono sostenuti con sistemi a barre metalliche ed applicazione dell'adesivo *Xepox*[®]





La tecnologia molto innovativa del Solaioforma® ha reso possibile mantenere le gradevoli caratteristiche formali del vecchio albergo

nando metodi e portando avanti soluzioni che sono lo specchio della grande capacità comune a tanti piccoli operatori nazionali, che cercano di fare del proprio meglio e così danno un importante contributo al Paese.

Giovanni Cenci
[info@tettoepareti.com]

Nota

L'utilizzo del brevetto di costruzione del Solaioforma® come altri brevetti della Cenci Legno s.a.s., viene concesso gratuitamente alle carpenterie del legno con apposita convenzione di licenza d'uso, che prevede l'obbligo di applicazione dell'adesivo Xepox® e l'obbligo delle aziende di carpenteria a dotarsi di propri collaboratori tecnici.

Avvertenze

L'autore e l'editore declinano ogni responsabilità dall'utilizzo improprio delle informazioni qui contenute e sottolineano che per ciascuna opera edilizia, indipendentemente dalle dimensioni e dalla tipologia, il progetto strutturale deve essere redatto da un professionista responsabile del dimensionamento e la sua realizzazione seguita da un direttore dei lavori espressamente incaricato.

