

Dipartimento di Ingegneria

Università degli Studi di Ferrara

Corso di

“PROGETTAZIONE DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI”

Prof. Ing. Maurizio Biolcati Rinaldi

EDIFICI A STRUTTURA LIGNEA

***Sistema Xlam e
PROGETTO SOFIE***

Sintesi degli argomenti trattati a lezione

Sistema XLam

Sistema XLam (o Cross-Lam) -

(XLam è un acronimo dall'inglese cross laminated timber, ossia legno incollato a strati incrociati)



X-LAM è un sistema costruttivo costituito da pannelli di legno massello a strati incrociati ed incollati (minimo 3 strati).
L'incollaggio di strati longitudinali e trasversali riduce la dilatazione e la contrazione del legno a livelli trascurabili..

Tipologia pannello – Abete (pino, abete, cembro)

Incollaggio – Colla senza formaldeide, secondo la norma EN 301

Umidità del legno – 12% (+/- 2%)

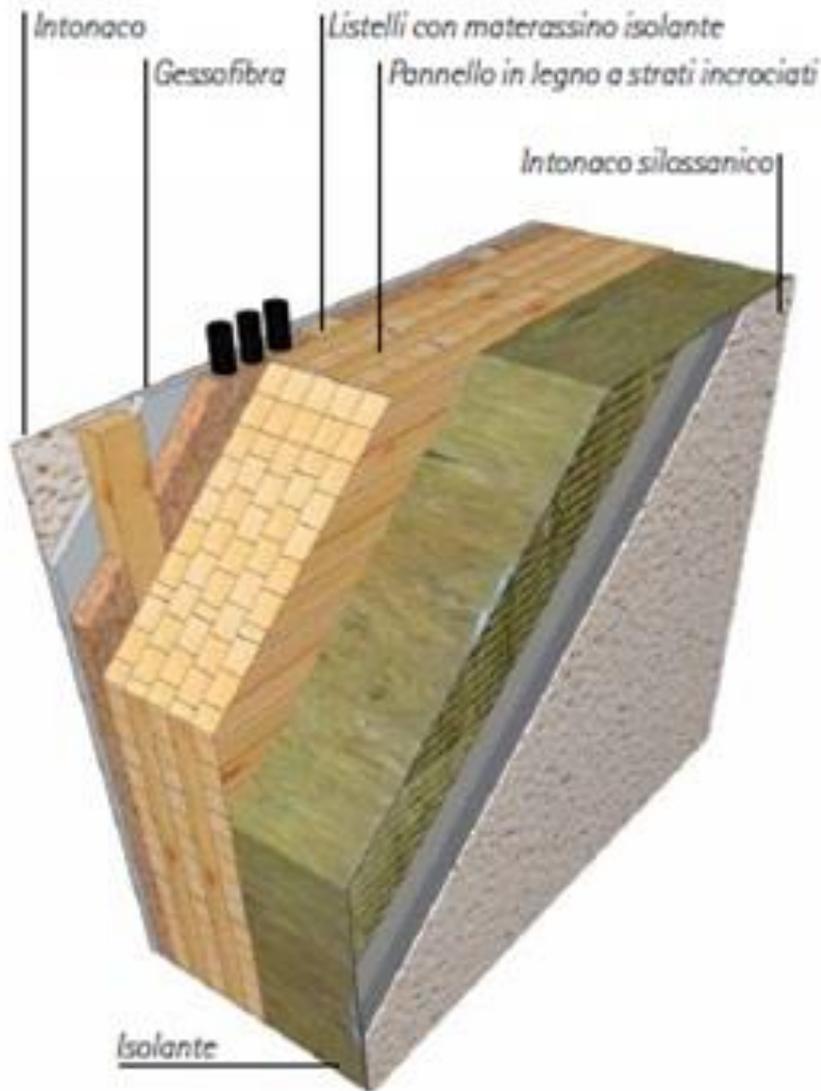
Peso – 5,0 kN/m³ secondo la norma la EN 1991-1-1:2002 per i calcoli statici 471 kg/m³ per la determinazione del peso di trasporto

Coduttività termica – $\lambda = 0,13 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ secondo la norma EN 1252

Comportamento al fuoco – Euro classe D-s2, d0

Velocità di perdita al fuoco – Velocità di 0,67 mm/min nel caso di combustione del solo strato esterno o di 0,76 mm/min nel caso di più strati

Sistema XLam



I pannelli portanti in legno vengono rivestiti sia internamente che esternamente per realizzare la parete finita. Un esempio è il seguente.

1. Rivestimento interno per il passaggio degli impianti (cavedio) - Pannello in ERACLIT cementolegno e successivamente con il pannello di finitura interna in cartongesso o gessofibra. (esempio)
2. Rivestimento esterno - Formazione di un "cappotto" di idoneo spessore con termoisolante predefinito (EPS, lana di roccia, ecc.); installazione di freni vapore e membrane traspiranti; stesura uniforme del rasante (Intonaco con resine organiche) per uno spessore di almeno 2-3 mm; interposizione di rete in fibra di vetro (trattata con resine antialcaline) e stesura uniforme di strato definitivo del rasante per almeno 2-3 mm. (esempio)

CROSS LAMINATED TIMBER (X-LAM) –

- Soluzione che muta la tecnologia del legno lamellare associando con resine o connettori meccanici più elementi massicci in doghe o pannelli.
 - Sistema costruttivo basato su **pannelli massicci incrociati**, resi solidali con **resine**, con i quali vengono composti solai e pareti.
-
- **Tavole** - spessore di 2-3 cm.
 - **Pannelli** - spessore fra 5 e 30 cm. in funzione della luce.
 - **Dimensione dei pannelli** - dipende dal produttore (in Europa i grandi produttori sono una decina, ma sono molti i piccoli produttori).
 - **Numero degli strati** - varia da 3 a 11.
-
- **Tecnologia che consente di costruire edifici multipiano**

CROSS LAMINATED TIMBER (X-LAM) -

- **MONTAGGIO** – Sistemi di connessione
 - Connettori metallici
 - Predisposizione di incastri
 - Chiodatura diffusa
 - Inserimento di perni tronco-conici in legno
- **SCHEMA DI MONTAGGIO** - Sempre riconducibile a elementi scatolari, efficace in caso di sisma perché unisce
 - la grande elasticità del materiale
 - la minima deformabilità della configurazione geometrica
- **SOLAI** – Con spessori di **14-30 cm.** si raggiungono 10 m. di luce (anche in funzione dei carichi)
- **PARETI** – Spessori di **12-16 cm.**

CARATTERISTICHE sistema XLam

- Il **metodo dell'incollaggio di strati di tavole incrociate** forma **pannelli** con:
 - **eccellente stabilità dimensionale**
 - **ottime proprietà meccaniche**
 - **buon comportamento al fuoco**
- **Caratteristiche pannelli XLam**
 - **estremamente rigidi e resistenti indipendentemente dalla qualità del legno**
 - **uso di legno strutturale classificato di qualità medio-bassa**
- Il **Sistema costruttivo** mostra :
 - **discreta duttilità**
 - **buone proprietà dissipative in funzione dei collegamenti utilizzati**
- **Processo costruttivo**
 - **molto rapido e semplice** anche per mano d'opera non specializzata
 - **adatto alla realizzazione di casette monofamiliari e di edifici multipiano**

TECNOLOGIA X-LAM



TIPOLOGIA COSTRUTTIVA (esempio)

Interrato: calcestruzzo armato

Elevato: pannelli in compensato di tavole di legno X-LAM

Parete esterna: pannelli in compensato di tavole X-LAM

Materiale isolante: pannelli in fibra di legno 40+60, ecofibra cm 3, doppia lastra di cartongesso

$U = 0.248 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Sfasamento dell'onda: 13 h

Solaio verso cantina non riscaldata in calcestruzzo: solaio a lastra

Materiale isolante: alleggerito in polistirene cm 12, materassino polistirene per supporto riscaldamento a pavimento cm 4/6 e massetto in calce cm 4, $U = 0.309 \text{ W/m}^2\text{K}$

Tetto: pannelli in compensato di tavole di legno X-LAM

Materiale isolante: pannelli in fibra di legno 80+80+20,

$U = 0.187 \text{ W/m}^2\text{K}$ - Sfasamento dell'onda: 16 h

Finestre: $U_f = 1.50 \text{ W/m}^2\text{K}$



Soluzione mista con pareti in X-Lam e telai lignei con OSB – Pareti Interne ed esterne pareti in attesa dell'introduzione dell'isolamento termico (trucioli di legno)



QUALITÀ DEI MATERIALI

Legno

Massello di conifere almeno della classe S10, strutture lamellari a norma DIN 1052-1:1998-04 o compensato per l'edilizia a norma DIN 68705-3.

Chiodi

I chiodi scanalati BMF sono in possesso di Certificato di classificazione KA 306, KA 307, KA 308, KA 273 a norma DIN 1052.

I chiodi per travetti BMF sono in possesso di Certificato di classificazione KA 309 a norma DIN1052

GIUNTI PER LEGNO

Le scarpe per travi BMF sono in possesso della Certificazione

A. Giunti prodotti da lamiera d'acciaio zincate a fuoco

- *Zincatura* in fabbrica con una zincatura di 275 g/m² (misurata da ambedue le parti), che rappresenta uno spessore di copertura di circa 20 µm.

- Giunti ricavati da lamiera d'acciaio S250GD+Z275 a norma EN 10147

B. Giunti in lamiera d'acciaio zincati a fuoco completamente dopo lo stampaggio.

- *Zincatura* a fuoco con uno spessore di materiale $t < 3,0$ mm è di almeno 45 µm, comunque in media almeno 55 µm, a norma EN ISO 1461:1990-10-15, tabella 3

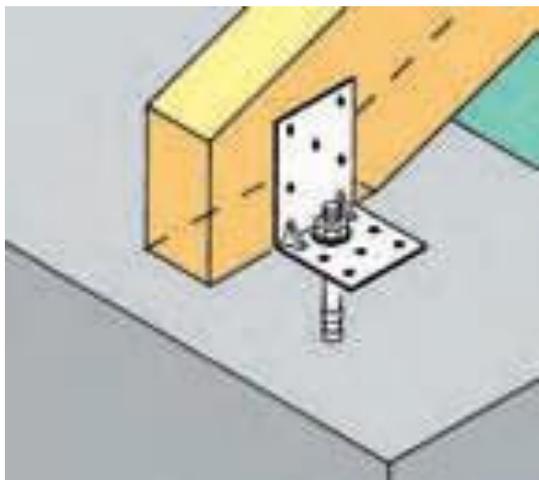
- Giunti ricavati da lamiera d'acciaio S235 JR a norma EN 10 025 con tolleranze a norma 10051

GIUNTI PER LEGNO



ANGOLARI E20/3

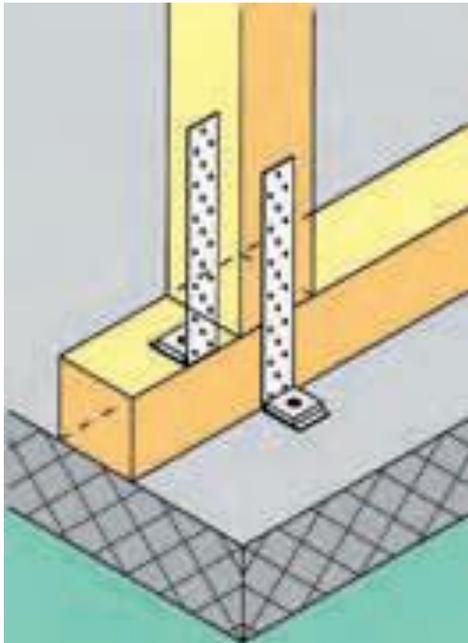
110 x 95 x 3 x 170



ANGOLARI 6090 - 6191

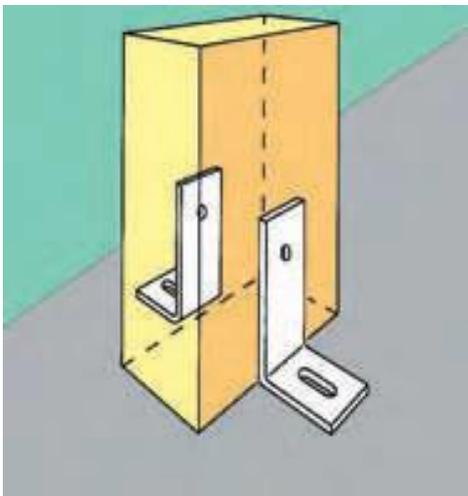
90 x 60 x 2,5 x 60





ANGOLARI AH

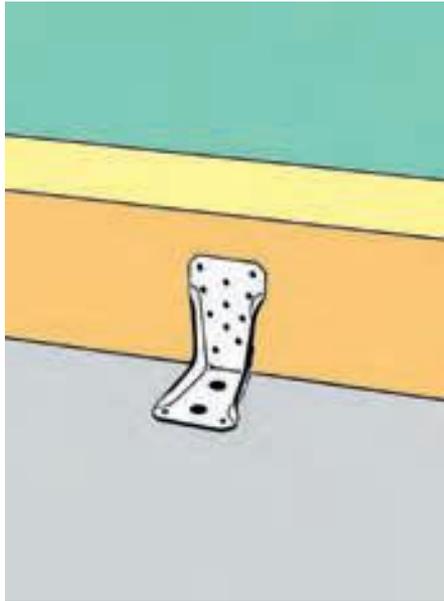
| | |
|----|---------------------------|
| AH | 190 x 190 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 290 x 290 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 390 x 390 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 490 x 490 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 610 x 610 x 50 x 2,0 x 40 |



ANGOLARE PER CEMENTO

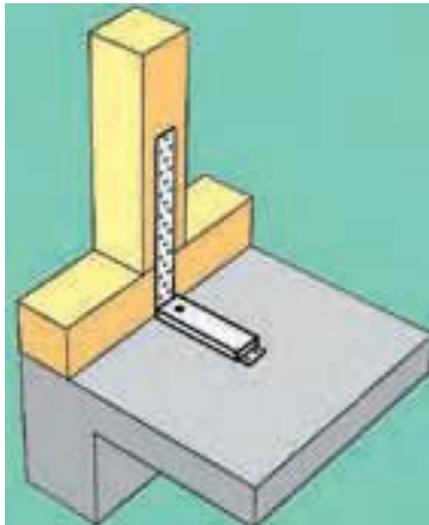
| | |
|------------|-------------------|
| P 75 d14 | 75 x 75 x 6 x 50 |
| P100 d14 | 100 x 75 x 8 x 60 |
| P150 d14 | 150 x 75 x 8 x 60 |
| P150 d17,5 | 150 x 75 x 8 x 60 |
| S100 d11 | 100 x 50 x 8 x 50 |
| S100 d14 | 100 x 50 x 8 x 50 |





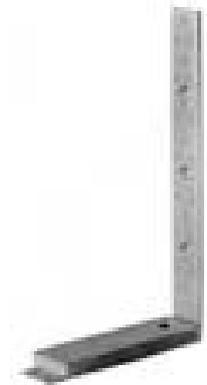
ANGOLARI KR

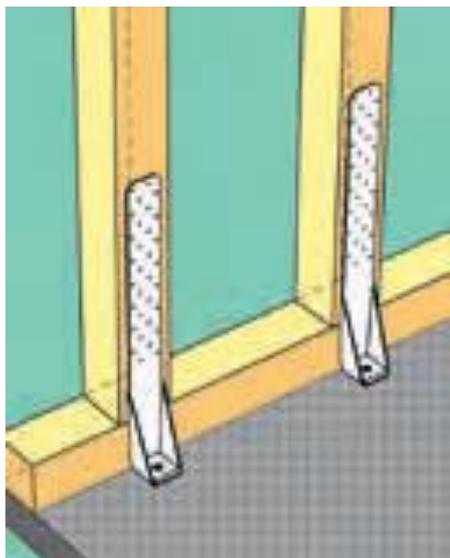
| | |
|----------|---------------------|
| KR 95 | 95 x 85 x 4,0 x 65 |
| KR 95 L | 95 x 85 x 4,0 x 65 |
| KR 135 | 135 x 85 x 4,0 x 65 |
| KR 135 L | 135 x 85 x 4,0 x 65 |
| KR 285 | 285 x 85 x 4,0 x 65 |
| KR 285 L | 285 x 85 x 4,0 x 65 |



ANCORAGGIO BASE CON RONDELLA

| | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|----|----|
| 340-M12 | 340 | 182 | 2,0 | 15 | 40 |
| 400-M16 | 400 | 123 | 3,0 | 15 | 40 |
| 420-M16 | 420 | 222 | 2,0 | 20 | 60 |
| 420-M20 | 420 | 102 | 2,0 | 20 | 60 |
| 480-M20 | 480 | 123 | 2,5 | 20 | 60 |





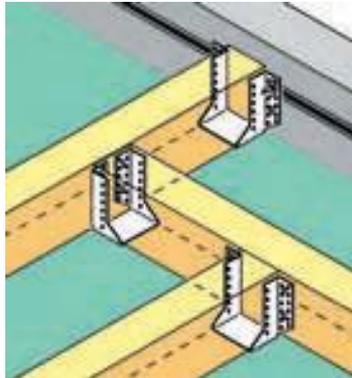
ANCORAGGIO BASE

HTT16 406 51 3 12 64 10

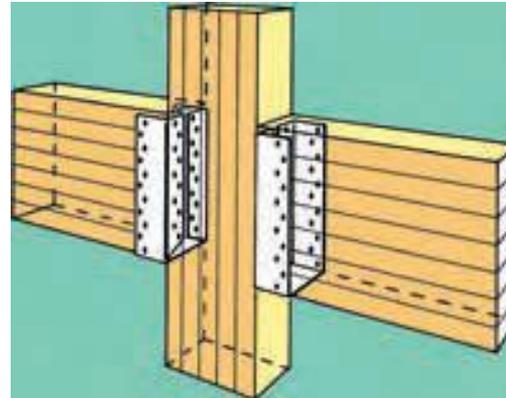
HTT22 559 51 3 12 64 10



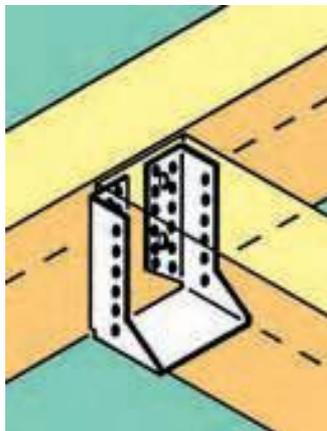
SCARPE



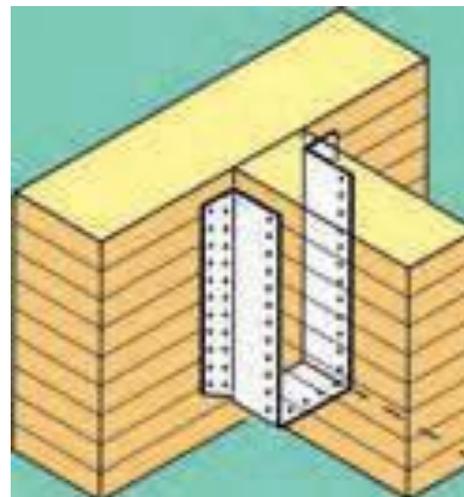
SCARPE IL



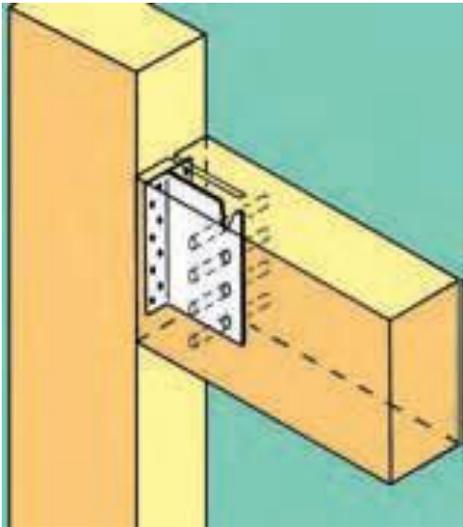
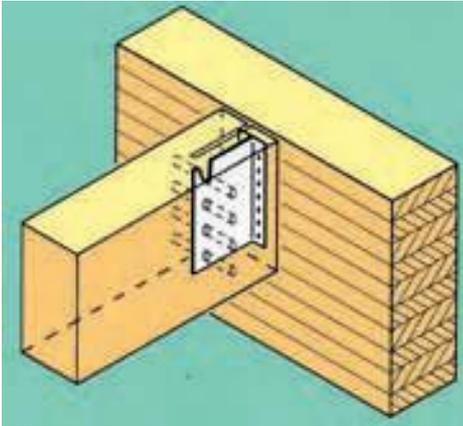
SCARPE I

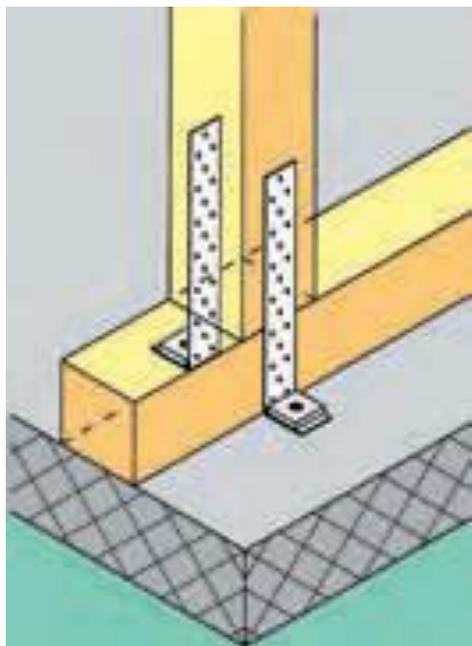


SCARPE BSD - BSDI



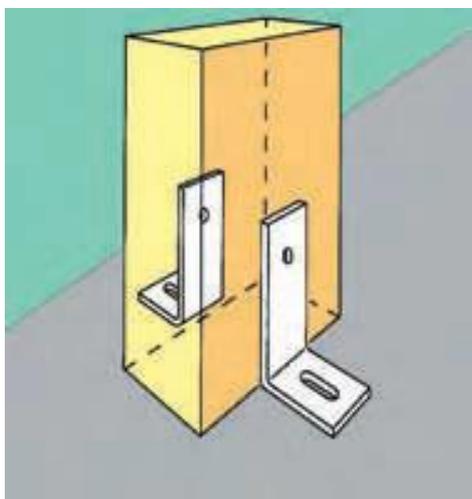
STAFFE A SCOMPARSA





ANGOLARI AH

| | |
|----|---------------------------|
| AH | 190 x 190 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 290 x 290 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 390 x 390 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 490 x 490 x 50 x 2,0 x 40 |
| AH | 610 x 610 x 50x 2,0 x 40 |



ANGOLARE PER CEMENTO

| | |
|------------|-------------------|
| P 75 d14 | 75 x 75 x 6 x 50 |
| P100 d14 | 100 x 75 x 8 x 60 |
| P150 d14 | 150 x 75 x 8 x 60 |
| P150 d17,5 | 150 x 75 x 8 x 60 |
| S100 d11 | 100 x 50 x 8 x 50 |
| S100 d14 | 100 x 50 x 8 x 50 |



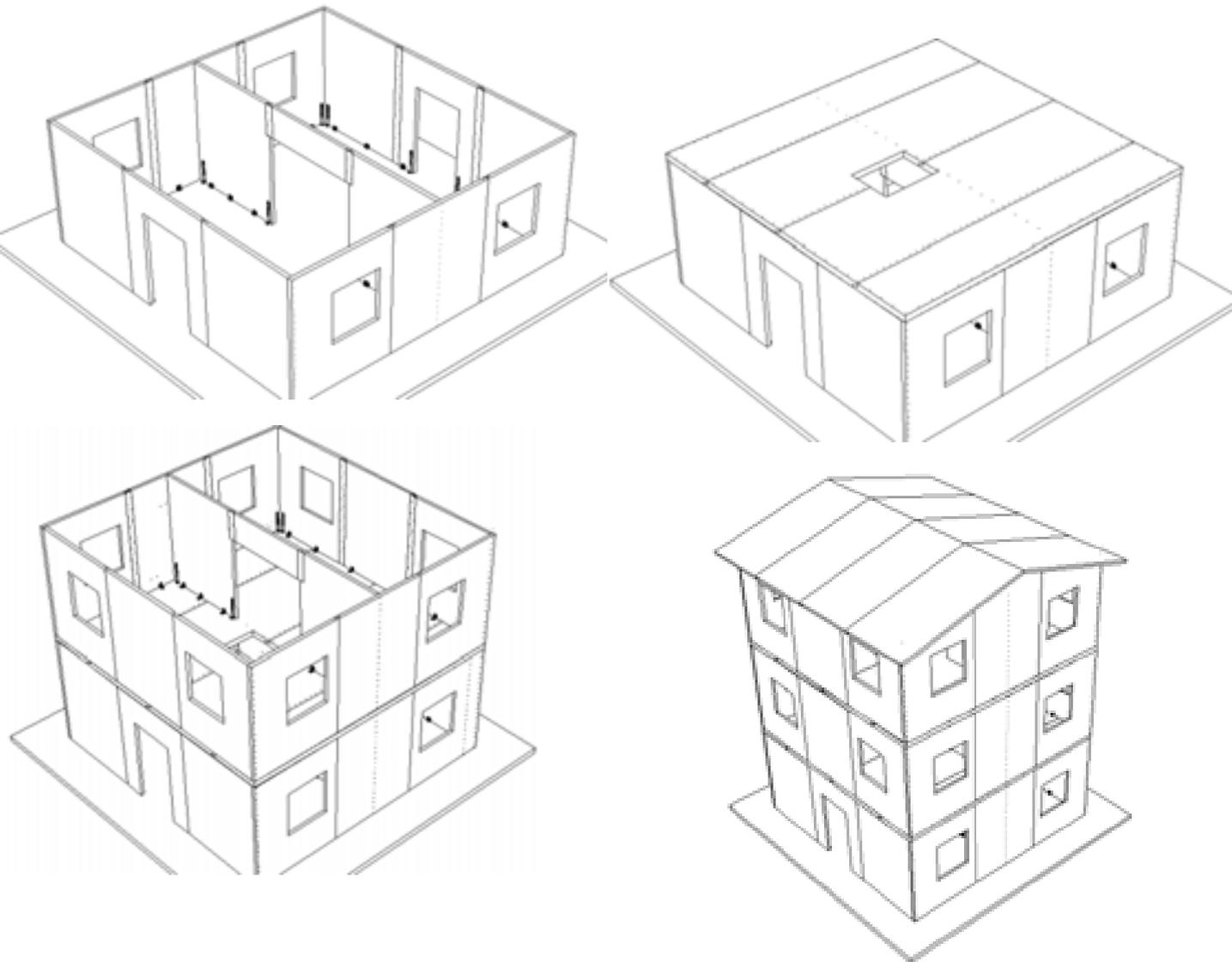
PROGETTO DI RICERCA SULL'EDILIZIA SOSTENIBILE PLURIPIANO SOFIE – (Sistema Costruttivo Fiemme)

Progetto SOFIE - progetto di ricerca finanziato dalla Provincia Autonoma di Trento e coordinato e condotto dal CNR-IVALSA (Consiglio Nazionale delle Ricerche - Istituto per la Valorizzazione del Legno e delle Specie Arboree).

- **SISTEMA COSTRUTTIVO X-LAM** –
 - Nato una decina di anni fa in Germania
 - Perfezionato da CNR-IVALSA (prof. Ario Ceccotti)

- **INCENDIO** – Simulazioni d'incendio su edificio di tre piani in laboratorio giapponese (Building Research Institut a Tsukuba)
 - Resiste ad un incendio di un'ora conservando le capacità meccaniche
 - Lascia inalterata la struttura portante
 - Non causa pericolo per gli occupanti

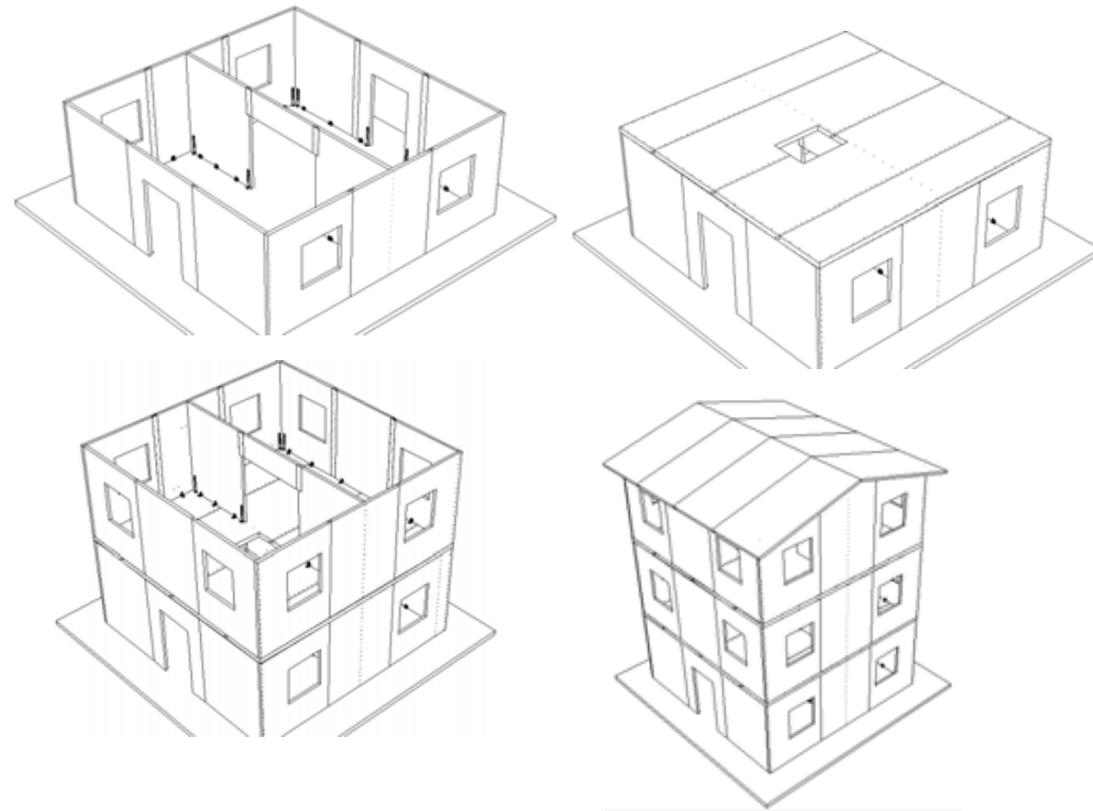
TECNOLOGIA X-LAM e PROGETTO SOFIE



Fasi di costruzione
dell'edificio di 3 piani sottoposto a prove sismiche presso la tavola vibrante del NIED a Tsukuba nel Giugno e Luglio del 2006.

Il processo costruttivo è molto rapido e semplice anche per mano d'opera non particolarmente specializzata.

TECNOLOGIA X-LAM e PROGETTO SOFIE



L'edificio è formato da:

- **quattro pareti esterne di 85 mm di spessore,**
- una **parete interna parallela alla direzione Est-Ovest dello stesso spessore** con un'apertura di 2,55x2,25m al centro.

I due **solai** realizzati con **pannelli XLam ma di 142 mm di spessore**

Pannelli della copertura realizzati con **pannelli XLam di spessore di 85 mm**

TECNOLOGIA X-LAM e PROGETTO SOFIE

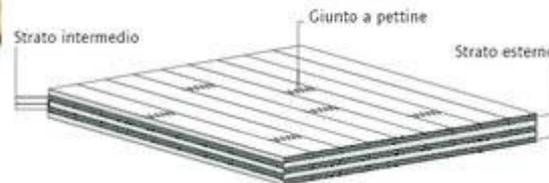
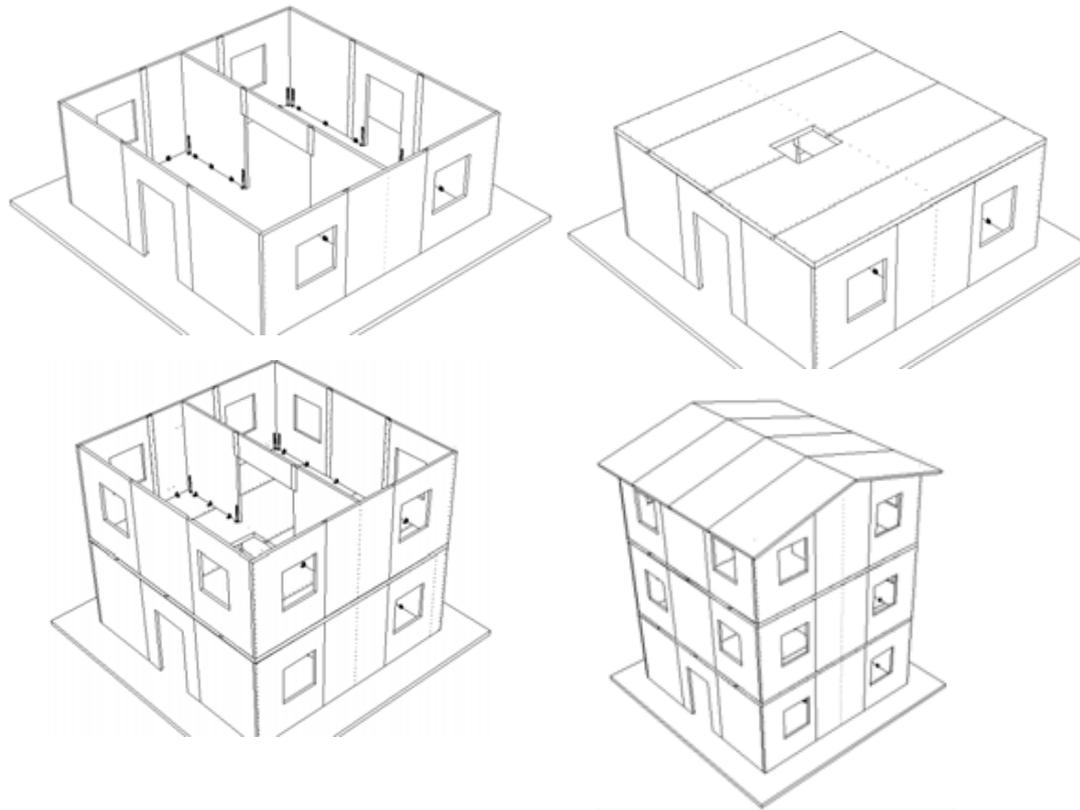
pareti esterne del primo e secondo piano

realizzate con **due aperture per finestre di dimensione di 1,10x1,20 m**

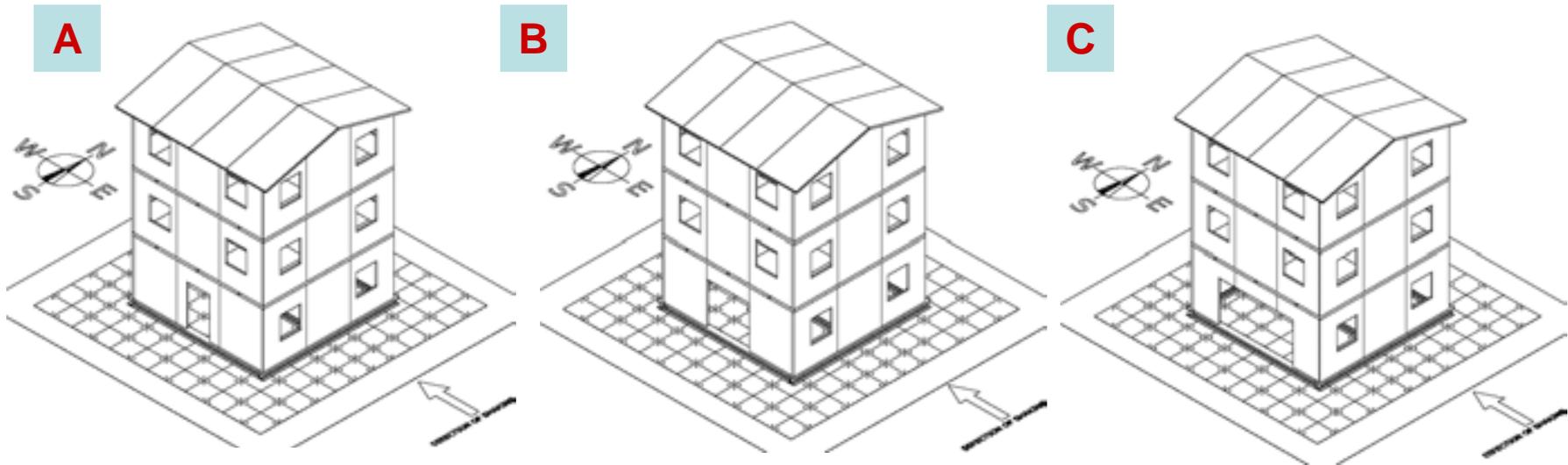
pareti esterne al piano terra perpendicolari alla direzione di applicazione del sisma (direzione N-S) hanno ancora **due aperture per finestre di 1,10x1,20 m**

pareti esterne parallele alla direzione di applicazione del sisma

dotate di **aperture per porte** la cui **larghezza è stata variata da 1,20 m a 4,00 m** nelle diverse configurazioni di prova



TECNOLOGIA X-LAM e PROGETTO SOFIE



Tre differenti configurazioni di prova.

Le configurazioni **A** e **B** hanno una *distribuzione simmetrica delle aperture al piano terra* (rispettivamente aperture per porte di 1,20m e 2,55m di larghezza) *in direzione parallela a quella di applicazione del sisma*.

La configurazione **C** è *asimmetrica* dal momento che l'apertura sul lato Nord al piano terra è uguale a quella della Configurazione B (2,55 m) mentre quella sul lato Sud ha una larghezza di 4,00m.



Collegamento alla tavola vibrante

- mediante un **telaio d'acciaio formato da profilati H 300x300x10x15**
- a sua volta connesso alla tavola mediante **bulloni ø50**.

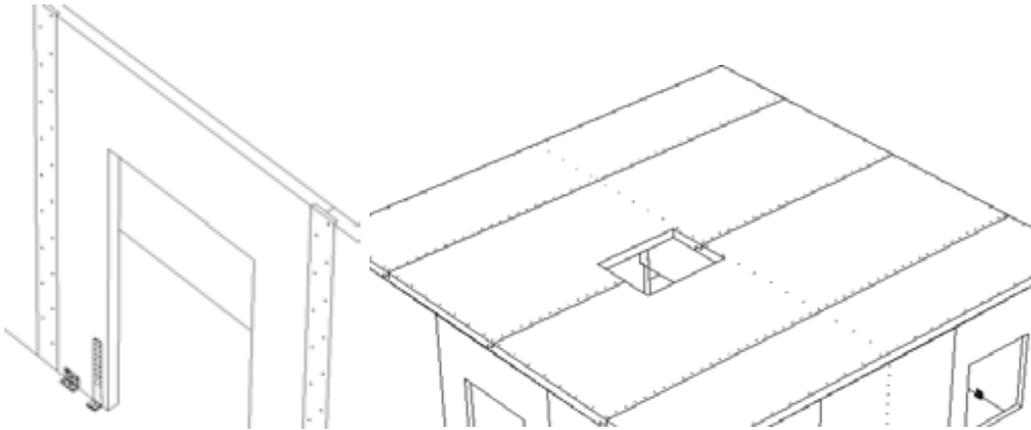
L'edificio provato è di

- **tre piani**
- in **pianta di m 7x7** circa
- di **10 m di altezza totale**
- con **copertura a due falde**

I pannelli parete e solaio sono

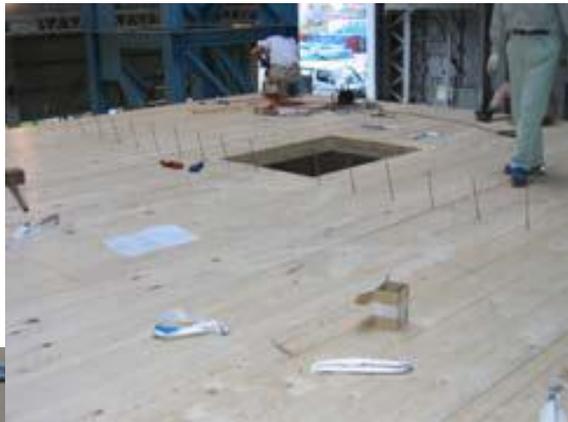
- legno dalla Val di Fiemme
- lavorati e tagliati a misura mediante macchine a controllo numerico
- montati in Giappone con un team di carpentieri italo-giapponese direttamente sopra la tavola vibrante.

TECNOLOGIA X-LAM e PROGETTO SOFIE



ciascuna parete

- di **tre pannelli parete connessi tra loro mediante giunti verticali realizzati con una striscia di legno microlamellare (LVL)** inserita in appositi intagli eseguiti sui bordi dei pannelli e viti autoforanti $\varnothing 8 \times 80$



pannelli solaio

- collegati fra loro con **giunti di sovrapposizione** a mezzo legno e ancora **viti autoforanti $\varnothing 10 \times 180$**



collegamento solaio-pareti inferiori

stessa connessione con viti



Il **collegamento al telaio d'acciaio di base** effettuato con

- **ancoraggi al sollevamento**
(holdown tipo Simpson StrongTie HTT22 collegati al telaio con bulloni $\varnothing 16$ classe 8.8 e alle pareti con chiodi $\varnothing 4$ a rilievi tronco conici)
posizionati alle estremità delle pareti in corrispondenza delle aperture per le porte

- e mediante **collegamenti a taglio**
realizzati con **angolari d'acciaio**
(tipo BMF 90x48x3x116 collegati al telaio con bulloni $\varnothing 12$ classe 8.8 e alle pareti ancora con chiodi $\varnothing 4$ a rilievi tronco conici) distribuiti lungo la lunghezza delle stesse pareti.



90x48x3,0x116



HTT22

ANCORAGGIO IN FONDAZIONE

1. L'edificio è ancorato alla fondazione nei confronti del sollevamento e dello scorrimento mediante piastre angolari d'acciaio, tirafondi per il collegamento delle stesse piastre alla fondazione e chiodi a rilievi tronco-conici per il collegamento delle stesse piastre alle pareti.
2. Come presidio al sollevamento il collegamento viene effettuato con holdown tipo SIMPSON STRONG TIE HTT22 collegati alla soletta di fondazione con tirafondi $\varnothing 16 \times 120$ e alla parete con 12 chiodi $\varnothing 4 \times 60$ a rilievi tronco-conici

Angolari d'acciaio BMF 90x48x3,0x116 , holdown HTT22 e chiodi $\varnothing 4$ a rilievi tronco-conici utilizzati per collegare entrambi i tipi di piastra alle pareti

PROGETTO DI RICERCA SULL'EDILIZIA SOSTENIBILE PLURIPIANO SOFIE – (Sistema Costruttivo Fiemme)

- **SISMICA** – Simulazioni in laboratorio giapponese NIED (National Institut for Earth science and Disaster prevention)
 - Prova su edificio di legno (250 mc)
 - Edificio di 7 piani per 24 m. di altezza
 - Onda sismica di Kobe (1995)
 - magnitudo 7,2 della scala Richter
 - **Effetti.** Danni minimi e riparabili

