

# Le costruzioni in legno

a cura di Anidis (Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica)

Il legno è considerato un materiale vantaggioso per la costruzione in zona sismica in virtù della massa volumica ridotta rispetto alla capacità portante, con rapporti massa/resistenza simili a quelli delle strutture di acciaio piuttosto che a quelle in calcestruzzo. Ciò significa che le sollecitazioni agenti su una costruzione lignea in caso di sisma, essendo proporzionali alla massa della costruzione stessa, risultano di molto inferiori.

D'altra parte le strutture in legno risultano generalmente più flessibili di strutture analoghe, realizzate a esempio in calcestruzzo armato o in muratura: questo si rivela essere un ulteriore vantaggio, in quanto una struttura flessibile è meno "sensibile" alle sollecitazioni di origine dinamica derivanti da una eccitazione sismica.

Tuttavia il legno presenta sicuramente caratteristiche sfavorevoli legate all'intrinseca fragilità del materiale, almeno nel caso di sollecitazioni di trazione. Si deve osservare però che l'edificio in legno non è mai un corpo monolitico, ma è formato da diversi elementi (travi, pareti, solai), uniti tra di loro attraverso connessioni meccaniche. Tali collegamenti, se ben progettati ed ese-

guiti, possono dare un contributo estremamente favorevole al comportamento globale dell'edificio, grazie alle deformazioni plastiche degli elementi metallici ed all'attrito tra le superfici di contatto, consentendo di dissipare notevoli quantità di energia sviluppata durante il terremoto. Queste affermazioni sono ampiamente provate sia da recenti studi effettuati sui moderni edifici in legno, sia dall'osservazione del comportamento delle strutture esistenti durante i passati eventi sismici. Molte costruzioni in Giappone e in Cina, soprattutto templi, hanno resistito indenni a molti eventi sismici presentando parecchi secoli di vita. Un esempio per tutti: la Pagoda di Sakyamuni, nella contea di Yingxian (provincia di Shanxi), che con i suoi 67 metri di altezza e una realizzazione totalmente in legno (ivi compresi i nodi di collegamento tra le diverse parti) vanta più di 950 anni di vita. Nell'ambito di una recente ricerca di CNR-Ivalsa (progetto Sofie), un edificio in scala reale di 7 piani e 24 metri di altezza, realizzato con struttura a pannelli di legno e provato su tavola vibrante, ha resistito ottimamente a un sisma di magnitudo 7,2 della scala Richter,

pari al terremoto di Kobe che nel 1995 in Giappone provocò la morte di oltre seimila persone. Tali ottime prestazioni sono riconosciute, già da alcuni anni, anche a livello di normative internazionali che di normative europee armonizzate, e quindi applicabili anche in Italia. I recenti sviluppi nella tecnica costruttiva e il mercato hanno imposto in Europa due principali sistemi per la realizzazione di edifici civili, utilizzando pannelli di legno con struttura a distanza piuttosto ravvicinata (il telaio di legno appunto), viene rivestita con pannelli lignei di ridotto spessore, impiegando semplici mezzi di collegamento quali chiodi, cambrette, viti, bulloni. Le costruzioni di tipo massiccio, che utilizzano pannelli di tavole incrociate, sono sistemi di recente introduzione, con buone possibilità di sviluppo in Europa, grazie a diversi fattori quali l'eccellente stabilità di forma dei pannelli, il basso costo di produzione e l'avanzato grado di industrializzazione

per la realizzazione di edifici civili, utilizzando pannelli di legno con struttura a distanza piuttosto ravvicinata (il telaio di legno appunto), viene rivestita con pannelli lignei di ridotto spessore, impiegando semplici mezzi di collegamento quali chiodi, cambrette, viti, bulloni. Le costruzioni di tipo massiccio, che utilizzano pannelli di tavole incrociate, sono sistemi di recente introduzione, con buone possibilità di sviluppo in Europa, grazie a diversi fattori quali l'eccellente stabilità di forma dei pannelli, il basso costo di produzione e l'avanzato grado di industrializzazione

per la realizzazione di edifici civili, utilizzando pannelli di legno con struttura a distanza piuttosto ravvicinata (il telaio di legno appunto), viene rivestita con pannelli lignei di ridotto spessore, impiegando semplici mezzi di collegamento quali chiodi, cambrette, viti, bulloni. Le costruzioni di tipo massiccio, che utilizzano pannelli di tavole incrociate, sono sistemi di recente introduzione, con buone possibilità di sviluppo in Europa, grazie a diversi fattori quali l'eccellente stabilità di forma dei pannelli, il basso costo di produzione e l'avanzato grado di industrializzazione

per la realizzazione di edifici civili, utilizzando pannelli di legno con struttura a distanza piuttosto ravvicinata (il telaio di legno appunto), viene rivestita con pannelli lignei di ridotto spessore, impiegando semplici mezzi di collegamento quali chiodi, cambrette, viti, bulloni. Le costruzioni di tipo massiccio, che utilizzano pannelli di tavole incrociate, sono sistemi di recente introduzione, con buone possibilità di sviluppo in Europa, grazie a diversi fattori quali l'eccellente stabilità di forma dei pannelli, il basso costo di produzione e l'avanzato grado di industrializzazione

**Maurizio Piazza  
Roberto Tomasi**  
Dipartimento Ingegneria Meccanica e Strutturale,  
Università degli Studi di Trento  
Anidis

# Le strutture di legno e il terremoto

*"I tragici avvenimenti di quest'anno in Abruzzo hanno portato all'attenzione il tema della sicurezza sismica - spiega Paolo Ninatti, presidente di Assolegno, l'Associazione di FederlegnoArredo che riunisce le industrie prima lavorazione e costruzioni in legno. Gli edifici di legno sono passati agli onori della cronaca; se ciò è positivo, perché porta alla ribalta un materiale le cui qualità sono da tempo note agli addetti ai lavori ma poco alla gente comune, dall'altra parte il rischio è di generare la convinzione che le case di legno siano le "casette" che si vedono spesso nei giardini. È allora più che mai necessario chiarire le caratteristiche di questo materiale e delle costruzioni in legno".*

Il primo aspetto da spiegare è che non ha alcun senso parlare di materiali antisismici, ma di strutture ben progettate in grado di resistere al "terremoto di progetto" per il sito in cui verranno realizzate. E questo, teoricamente, è possibile con qualsiasi materiale da costruzione. Come spiegano Maurizio Follesa e Marco Pio Lauriola di Timber Engineering e StudioDeda, esistono però dei materiali particolarmente adatti a realizzare edifici resistenti alle azioni sismiche e in grado di subire danni minimi e facilmente

riparabili anche a seguito di terremoti catastrofici. È il caso del legno: strutture realizzate con materiali leggeri come il legno hanno masse ridotte e quindi sono interessate da forze sismiche minori. Per resistere a tali forze, inoltre, le strutture devono possedere delle adeguate riserve di resistenza e da questo punto di vista il legno strutturale non soffre certo di "complessi di inferiorità" rispetto ad altri materiali da costruzione. Inoltre, le strutture rigide sono interessate da forze sismiche maggiori rispetto alle strutture flessibili e deformabili come le strutture di legno. Esiste poi un'altra proprietà, ossia la duttilità e la capacità di una struttura di dissipare l'energia trasferita dal sisma attraverso lo sviluppo di deformazioni in campo non lineare. Nelle strutture di legno - continuano Maurizio Follesa e Marco Pio Lauriola - è possibile raggiungere elevati livelli di duttilità grazie all'utilizzo di connessioni meccaniche con elementi metallici che collegano i vari elementi strutturali di legno.

Queste caratteristiche rendono le strutture di legno adatte alla realizzazione di edifici anche di molti piani, che dimostrano un ottimo comportamento nei confronti dei

terremoti. I risultati delle prove sperimentali anche recenti ne sono solo un'ennesima conferma. Occorre semmai accelerare il processo di aggiornamento delle normative ai più recenti risultati della ricerca e della tecnica. Le costruzioni di legno sono pienamente contemplate dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni, tuttavia per alcuni sistemi costruttivi mancano indicazioni sui metodi di calcolo e sui particolari costruttivi da realizzare. Ciò ne ostacola la piena diffusione.

Il riconoscimento normativo, lo sviluppo della tecnica e della ricerca e la realizzazione di progetti esemplari stanno finalmente portando a considerare il legno come un materiale strutturale al pari di altri. Se a questo sommiamo tutti gli altri vantaggi delle costruzioni di legno, prima fra tutte l'estrema velocità di realizzazione, diventa facile comprendere come il legno non sia solo un materiale da costruzione naturale e rinnovabile, ma prima di tutto sicuro, economico e affidabile.

**Paolo Ninatti**  
Presidente Assolegno di Federlegno Arredo

# Un'esperienza all'avanguardia: il condominio di legno

Casa SPA, la società che progetta, realizza e gestisce il patrimonio di edilizia pubblica di 33 comuni dell'area fiorentina, ha intrapreso la progettazione di un intervento che prevede la realizzazione di tre edifici di cui due a destinazione residenziale, 6 e 4 piani, destinati ad ospitare complessivamente 45 alloggi per una superficie calpestabile totale complessiva di 4400 m<sup>2</sup>, e un terzo a destinazione pubblica per una ludoteca che si sviluppa su due piani per circa 600 m<sup>2</sup>, da costruire nell'area Ex Longinotti, in Viale Giannotti a Firenze.

Il progetto, cofinanziato dal Comune di Firenze, da Casa SPA e dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti 16 marzo 2006 "Per la riduzione del disagio abitativo dei conduttori di immobili assoggettati a misure esecutive di rilascio" e, come previsto dal programma ministeriale ed in piena attuazione delle politiche sull'edilizia sostenibile della Regione Toscana, è stato scelto

un sistema costruttivo innovativo, ossia il sistema costruttivo a pannelli portanti di legno massiccio a strati incrociati.

Per l'edificio di 6 piani in particolare la costruzione verrà realizzata mediante:

- fondazioni e piano interrato con strutture di calcestruzzo armato;
- 6 piani fuori terra con strutture interamente di legno (pareti, solai di interpiano e copertura, scale e vani ascensore) e collegamenti di acciaio;

- finiture tradizionali con intonaco e pannelli di rivestimento di legno-cemento all'esterno e pannelli di cartongesso per le pareti interne, pavimentazioni in ceramica e controsoffitti di cartongesso.



Figura 1: Prospetto edificio a 6 piani e 39 alloggi - Affaccio su Piazza Artusi



Figura 2: Schema delle strutture in pannelli di legno massiccio di un edificio di 6 piani in progetto a Firenze.

L'edificio si presenterà nel suo aspetto definitivo come un moderno edificio, particolarmente curato dal punto di vista architettonico e perfettamente integrato nel contesto urbanistico circostante, nel quale il rivestimento esterno (cappotto con intonaco e parete ventilata) coprirà le strutture di legno, lasciate a vista per testimonianza solamente all'interno del front-office al piano terra, dietro un rivestimento in vetro. Mantenendo lo stesso livello di sicurezza e di prestazioni termoacustiche si attendono dei vantaggi davvero significativi:

- tempi di realizzazione nettamente più rapidi, grazie alla costruzione completamente a secco;
- impatto ambientale decisamente minore in termini di emissioni di CO<sub>2</sub>, consumi di energia e uso di materie prime.

Il primo aspetto assume una importanza fondamentale per effettuare una valutazione comparativa dei costi di costruzione rispetto a soluzioni tradizionali. La riduzione dei tempi di cantiere infatti è un obiettivo primario di molti operatori, che già consente significative economie in termini finanziari e che in futuro porterà a costi necessariamente più bassi. Il progetto sarà completato, in considerazione del carattere sperimentale dell'intervento, secondo requisiti particolarmente ambiziosi e severi, definiti dalla committenza, ben superiori rispetto ai valori minimi di legge, con particolare riferimento alla resistenza al fuoco, all'azione sismica, alla classificazione energetica e ai requisiti di isolamento acustico. Il tema della sicurezza sismica dell'edificio in particolare, è stato sin dalle prime fasi di progettazione dominante rispetto agli altri aspetti, ben prima che i tragici avvenimenti di quest'anno lo rendessero di scottante attualità. La sfida è stata triplice. Non si conoscono infatti attualmente al mondo realizzazioni di edifici a struttura di legno di queste dimensioni e con questo sistema costruttivo in zona sismica. In secondo luogo, l'essere partiti da una soluzione architettonica inizialmente pensata per un sistema intelaiato in calcestruzzo armato, con soluzioni strutturalmente impegnative (il corpo dell'edificio che va dal piano primo al quinto che sporge a sbalzo su due fronti rispetto al piano terra per poi riprendere la stessa configurazione planimetrica all'ultimo piano) ha reso ancora più impegnativa la progettazione. Infine l'attuale carenza di indicazioni sia progettuali che costruttive sul sistema costruttivo all'interno delle normative sia italiane che europee, ha reso necessario uno sforzo maggiore in fase di progettazione per ricavare e motivare le scelte progettuali e i metodi di calcolo adottati al fine di garantire il pieno rispetto dei requisiti di sicurezza previsti dalla normativa in vigore. Il sistema scelto per la costruzione del condominio in legno è un sistema costruttivo di recente sviluppo, che tuttavia si sta già imponendo in tutta Europa come il sistema più utilizzato per la realizzazione di edifici multipiano in legno (nel 2008 è stato realizzato un edificio di nove piani a Murray Grove nel quartiere di Islington a Londra, zona non sismica) e che, come testimoniato dai risultati delle recenti ricerche effettuate in merito nel nostro paese, alle naturali doti di leggerezza, resistenza e flessibilità di tutti i sistemi costruttivi in legno unisce un eccellente livello di duttilità, capacità di dissipazione di energia e sicurezza nei confronti delle azioni sismiche. Proprio al fine di aumentare il livello di duttilità dell'intera struttura è stato previsto di realizzare le pareti mediante pannelli di larghezza contenuta collegati fra loro mediante giunti verticali realizzati con pannelli multistrato e viti auto-foranti. Questa soluzione, a differenza della realizzazione delle pareti con un unico pannello già dotato di aperture per porte e finestre, consente di ottenere oltre ad un miglior comportamento strutturale dell'edificio nei confronti del terremoto, una maggiore praticità e velocità durante le fasi di trasporto e montaggio dell'edificio. Le caratteristiche di non regolarità strutturale dell'edificio hanno reso necessaria una modellazione

dinamica in campo lineare. L'edificio è stato dapprima predimensionato mediante analisi statica lineare, assumendo in prima battuta e in assenza dei risultati di una analisi modale che consentisse di valutare il periodo fondamentale di vibrazione, il valore massimo dell'ordinata dello spettro di progetto. Il dimensionamento preliminare mediante l'analisi statica lineare ha consentito di progettare gli elementi costruttivi in legno e i collegamenti meccanici fra i vari componenti strutturali. Per la valutazione del fattore di struttura, in assenza di precise indicazioni normative per la tipologia

strutturale considerata sono stati presi in considerazione i risultati di ricerche recentemente effettuate in Italia e riportati in vari articoli scientifici. Mediante i risultati del predimensionamento è stato quindi realizzato il modello dell'edificio per l'analisi dinamica. In considerazione dell'importanza dell'intervento sono stati preparati tre modelli distinti, analizzati mediante tre software diversi agli elementi finiti. Gli edifici sono stati modellati schematicamente, oltre ai componenti strutturali in legno, tutti gli elementi di connessione meccanica con le loro caratteristiche di resistenza e rigidità. L'azione sismica è stata calcolata considerando l'edificio in Classe IV secondo il DM 14/01/2008, ossia costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anziché in Classe II, come previsto per gli edifici per civile abitazione, quindi prevedendo una condizione notevolmente più gravosa rispetto a quella co-

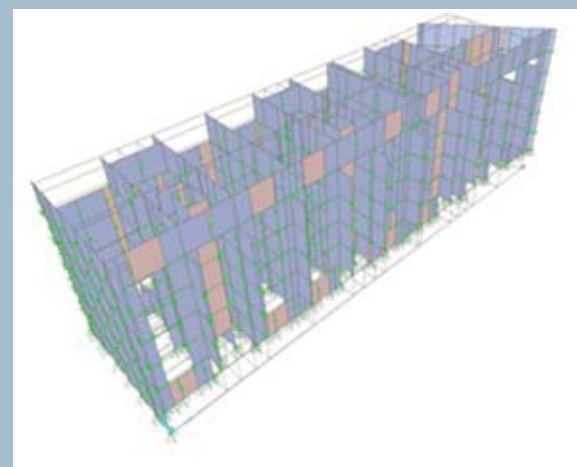


Figura 3: Modello di calcolo dell'edificio per l'analisi dinamica.



Figura 4: Prospetto edificio di 2 piani destinato ad ospitare la nuova ludoteca di Piazza Bartoli

SCHEDA TECNICA INTERVENTO	
Committente:	Casa SPA
Ubicazione	Viale Giannotti, Firenze
Dati tecnici	
Sistema costruttivo:	Pannelli portanti a strati incrociati
Responsabile Unico del Procedimento:	Arch. Vincenzo Esposito - Direttore Generale Casa SPA
Progetto architettonico:	Arch. Marco Barone - Casa SPA Prof. Arch. Carlo Canepari Arch. Matteo Canepari
Progetto strutturale:	Ing. Lorenzo Panerai - Casa SPA
Progetto strutture di legno	Legnopii srl - Ing. Maurizio Martinielli Timber Engineering - Ing. Maurizio Follesa, Ing. Marco Pio Lauriola Ing. Lorenzo Panerai - Casa SPA
Progetto impianti	Ing. Dimitri Celli - Casa SPA
Coordinamento della sicurezza	Arch. Rosanna De Filippo - Casa SPA
Progetto termo-acustico	Geom. Stefano Cappelli - Casa SPA

**Chi siamo:**  
**Casa S.p.A.**

È la società, partecipata dai 33 Comuni dell'area fiorentina, di progettazione, realizzazione e gestione del patrimonio di edilizia residenziale pubblica. Gestisce circa 12.000 alloggi e attualmente ha in corso di programmazione, progettazione e realizzazione interventi di nuova costruzione, recupero edilizio e manutenzione straordinaria per circa 3.300 alloggi. L'intera attività costruttiva della società è da tempo incentrata su criteri di eco-compatibilità e di efficienza energetica. Oltre ottanta alloggi e attrezzature pubbliche, attualmente in costruzione, su cinque interventi, hanno ricevuto il sostegno finanziario della Regione Toscana ex delibera G.R. 227/2007 "Distretti energetici ad altissima efficienza energetica", con la realizzazione di alloggi sociali e attrezzature con un fabbisogno energetico ridotto del 50% rispetto al valore limite previsto dalla normativa che entrerà in vigore nel 2010 (indice termico di 23-25 kWh/mq. anno, classe "A" secondo la classificazione Casa Clima Bolzano). Sempre nel campo dell'efficienza energetica, la società fornisce ai Comuni Servizi integrati di analisi e diagnostica strumentale del comportamento energetico dei fabbricati e progetta e realizza i conseguenti interventi di efficientamento energetico, completi del piano economico-finanziario e della ricerca dei finanziamenti in sede regionale, nazionale ed europea.

CASA S.p.A. ha recentemente completato il primo lotto del programma "OUT amianto IN fotovoltaico" su 12 fabbricati e.r.p. di proprietà dei Comuni dell'area fiorentina, con la sostituzione di oltre 9.000 mq di coperture contenenti cemento-amianto e l'installazione di oltre 6.000 mq di pannelli fotovoltaici, con una produzione annua di 920.000 KWH di energia elettrica, una riduzione annua di 488 tonnellate di emissioni di anidride carbonica nell'atmosfera ed un investimento di 5.600.00 euro. Per ulteriori informazioni consultare il sito [www.casaspa.it](http://www.casaspa.it).

**Scheda tecnica Casa S.p.A.:**  
**SOCI**

33 Comuni del LODE Fiorentino

**CONSIGLIO D'AMMINISTRAZIONE**

Presidente - Giovanni Pecchioli

Consiglieri: Pietro Barucci, Alessandro Bolognesi, Mauro Pratesi, Rolando Sorri

**DIPENDENTI**

73

**PATRIMONIO GESTITO**

12.000 alloggi

100 unità immobiliari non residenziali in locazione

**VOLUME D'AFFARI**

Valore della produzione 34 milioni di Euro

di cui 27 milioni di Euro per attività svolta per conto dei Comuni

Casa S.p.A.  
Via Fiesolana 5 - 50122 Firenze  
Tel. 055.226241 - Fax 055.22624269  
E-mail: [info@casaspa.it](mailto:info@casaspa.it)  
Sito internet: [www.casaspa.it](http://www.casaspa.it)