

GRUPPO DI RICERCA SULLE STRUTTURE IN LEGNO UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO



Seismic Engineering
Research Infrastructures
for European Synergies



Seismic performance of multi-storey timber buildings¹

¹ The research leading to these results has received funding from the European Community's Seventh Framework Programme [FP7/2007-2013] for access to Laboratório Nacional de Engenharia Civil under grant agreement n° 227887.



TEST SISMICI SU EDIFICI IN LEGNO REALIZZATI CON DIVERSE TECNOLOGIE COSTRUTTIVE

Il progetto europeo SERIES (Seismic Engineering Research Infrastructures for European Synergies²) ha l'obiettivo di promuovere la cooperazione fra le strutture di ricerca europee in ambito sismico e di favorire la divulgazione delle conoscenze più avanzate in questo settore. Le tematiche affrontate all'interno di questo progetto sono molte e abbracciano molti settori dell'ingegneria sismica avanzata.

All'interno di questo contesto il gruppo di ricerca sulle strutture in legno dell'Università degli Studi di Trento³, coordinato dal Prof. Maurizio Piazza e dal Prof. Roberto Tomasi e composto dagli ing. Daniele Casagrande, ing. Paolo Grossi e ing. Tiziano Sartori, è stato capofila di uno specifico progetto volto alla caratterizzazione sismica di quattro edifici in legno progettati con differenti tipologie costruttive. Il primo è stato costruito con la metodologia blockhaus, il secondo e il terzo con la metodologia a parete portante intelaiata ed il quarto edificio mediante pareti portanti in CLT (XLAM).

Il team di Trento, oltre ad avere svolto il ruolo di coordinamento di tutte le operazioni, ha condotto direttamente i test sui due edifici a pareti portanti intelaiata. L'Università del Minho si è occupata del test sull'edificio in blockhaus mentre l'Università di Graz ha condotto la sperimentazione sull'edificio in CLT. I test si sono svolti presso il Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC) di Lisbona nei mesi di Giugno e Luglio 2012. I test sull'edificio in CLT si svolgeranno entro la fine dell'anno 2012.

Lo scopo di questa estesa campagna sperimentale è stato articolato secondo diversi aspetti. In primis valutare il reale comportamento delle strutture nella sua interezza e soggette alle reali condizioni di carico dinamico. Allo stesso tempo si intende verificare le attuali metodologie di calcolo e stimare l'influenza delle ipotesi ingegneristiche introdotte nella predizione del comportamento di un edificio in scala reale. Mediante un'opportuna prova si è valutato il danneggiamento dell'edificio e delle sue finiture al variare dell'intensità del sisma applicato. Si è

² <http://www.series.upatras.gr/>

³ <http://www.unitn.it/en/dims/16845/timber-structures>

infine creata una proficua sinergia fra mondo della ricerca e mondo industriale per favorire la diffusione e lo sviluppo delle tecnologia costruttive lignee.

Nel seguito vengono descritte le caratteristiche comuni ai 4 test e le prove effettuate.

GEOMETRIA EDIFICI TESTATI E CARATTERISTICHE LABORATORIO

L'edificio di prova è caratterizzato da una pianta rettangolare 5 m x 7 m. Si sviluppa su tre livelli (piano terra, primo piano e sottotetto) per un'altezza massima al colmo di 7.65 m.

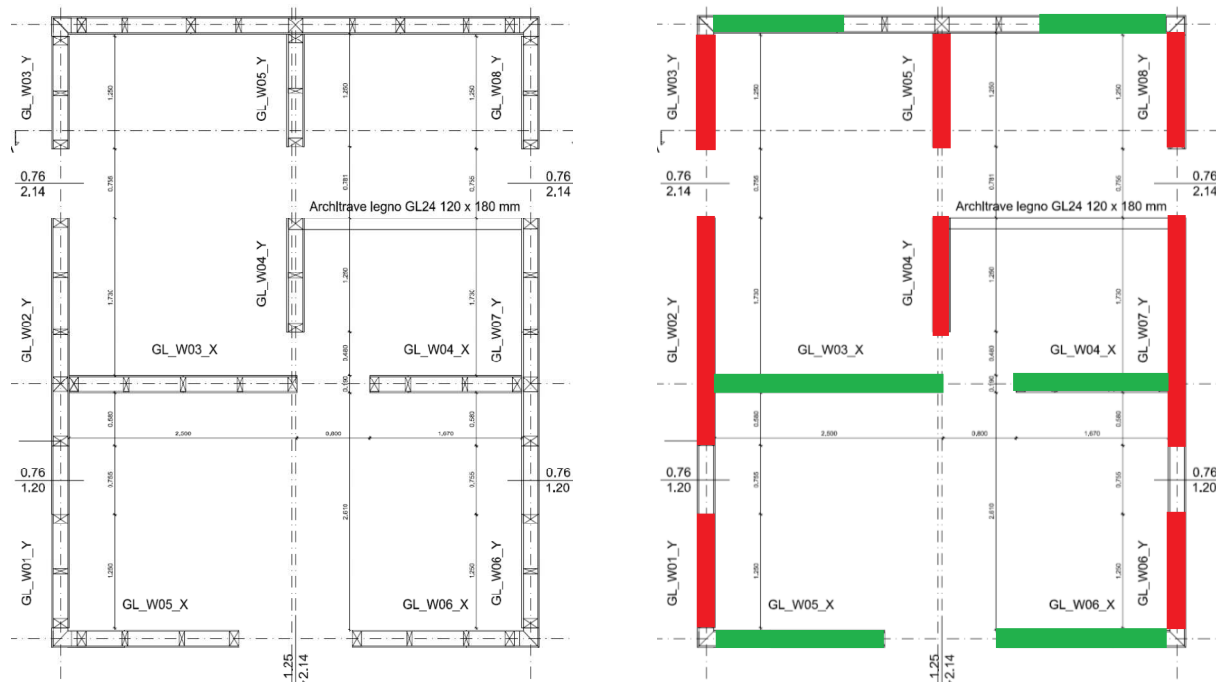


Figura 1: Sx: disposizione in pianta. Dx: pareti strutturali nelle due direzioni

La copertura è a due falde inclinate. La disposizione in pianta è quella riportata in Figura 1.

Per garantire il diretto confronto fra le varie tecnologie costruttive i carichi permanenti e l'aliquota di carico accidentale sono stati mantenuti costanti in tutte le prove effettuate.

I test sono stati effettuati ai laboratori LNEC⁴ di Lisbona. La tavola vibrante è di tipo triassiale ed in grado di riprodurre fedelmente terremoti di elevate intensità.

⁴ <http://www.lnec.pt/organization/de/nesde>

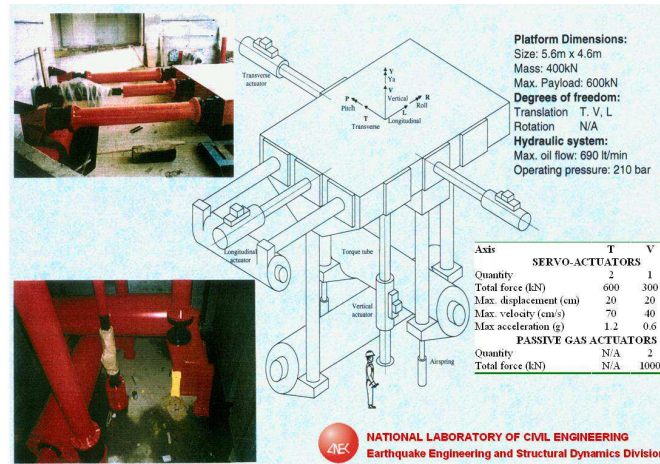


Figura 2: Tavola vibrante laboratorio LNEC

Gli edifici sono stati collegati alla tavola vibrante tramite un apposito basamento metallico (Figura 3).



Figura 3: Basamento metallico

Per simulare le componenti di finitura mancanti e la quota parte di carico accidentale sui solai di tutti gli edifici sono state posizionate delle piastre in acciaio (Figura 4).



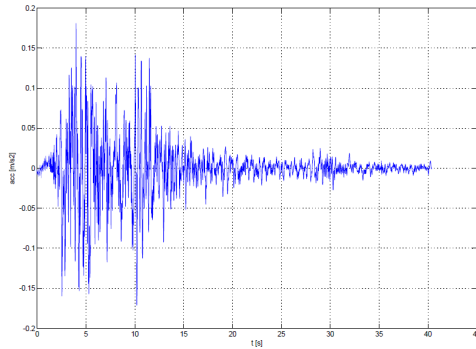
Figura 4: Zavorre in acciaio

PROCEDURE DI PROVA

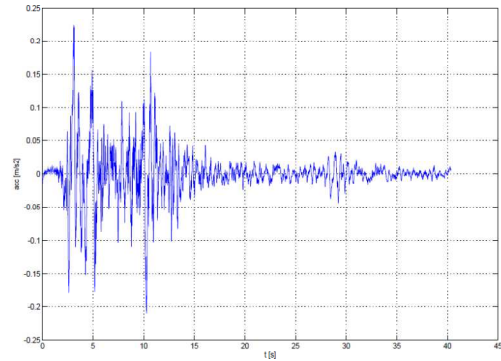
Il programma di prova consiste nell'applicazione di una sequenze di segnali bidirezionali di intensità crescente così come riportato in Tabella 1. Il moto sismico di riferimento è quello registrato durante il sisma del Montenegro del 1979 nella stazione Ulcinj Hotel Albatros (Figura 5). Esso è stato poi scalato in modo da ottenere diversi livelli di intensità.

Seismic test level	L (Longitudinal)		T (Longitudinal)		Motion
	Shake Table direction		Shake Table direction		
1	Montenegro X	-	Montenegro Y	0.07g	2D
2	Montenegro X	-	Montenegro Y	0.15g	2D
3	Montenegro X	-	Montenegro Y	0.28g	2D
4	Montenegro X		Montenegro Y	0.50g	2D

Tabella 1: Input sismici



Montenegro X record



Montenegro Y record

Figura 5: Segnali utilizzati nei test

I segnali utilizzati fanno riferimento ad un terremoto naturale compatibile con le caratteristiche sismologiche del territorio italiano. Le caratteristiche di tale input sismico (contenuto in frequenza) lo rendono inoltre particolarmente adatto a sollecitare in modo severo le strutture testate.

TEST 1: EDIFICIO BLOCKHAUS

L'edificio blockhaus è stato realizzato dall'azienda portoghese Rusticasa⁵ mentre L'Università del Minho⁶ si è occupata direttamente sia della fase di progettazione che di sperimentazione. La geometria dell'edificio è la stessa degli altri campioni, tuttavia coerentemente a quanto accade nella comune pratica costruttiva, l'altezza è stata ridotta di un piano così da raggiungere un'altezza massima al colmo di 5,06 m. Questa riduzione è imputabile ai limiti intrinseci del sistema che presenta elevate deformazioni verticali dovute all'orientamento orizzontale dei componenti lignei.



Figura 6: Edificio Rusticasa

⁵ <http://www.rusticasa.pt/>

⁶ <http://www.eng.uminho.pt/>

L'edificio è stato realizzato con legno lamellare di sezione 140x160 mm per le pareti esterni e 80 x 160 mm per le pareti interne. Come si può notare dall'immagine di Figura 7, una delle caratteristiche di questo campione è stata l'assenza di tegole in copertura, sopperita mediante il posizionamento di pesi d'acciaio. L'edificio è stato strumentato con 23 trasduttori di spostamento, 8 celle di carico e 32 accelerometri del tipo riportato in Figura 8.



Figura 7: Pesì in copertura



Figura 8: Nodo d'angolo con accelerometro

L'edificio è stato sottoposto alla serie di sismi previsti senza subire danni tali da comprometterne la funzionalità statica.

TEST 2: EDIFICIO A PARETI PORTANTI INTELAIATE CON FINITURE NON STRUTTURALI

L'edificio è stato realizzato dall'azienda italiana Legnocase⁷. L'Università di Trento ne ha seguito la progettazione e le fasi di test. La geometria è esattamente quella descritta in precedenza. La struttura grezza di questo edificio era già stata testata presso la fondazione Eucentre di Pavia nella primavera 2011 (Figura 9) esibendo un ottimo comportamento fino ad accelerazioni di picco pari ad 1g. L'edificio, dopo un accurato controllo delle singole componenti e la sostituzione di quelle danneggiate, è stato rimontato a Lisbona, equipaggiato delle finiture esterne, finiture interne, pavimenti serramenti ed impianti (Figura 11) e ritestato.

⁷ <http://www.legnocase.com/>



Figura 9: Edificio Eucentre Pavia



Figura 10: Edificio LNEC Lisbona

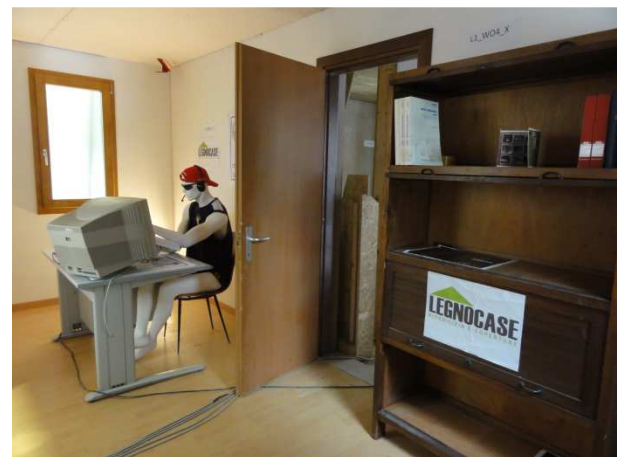


Figura 11: Dettagli delle finiture

L'edificio è stato costruito da una squadra di 5 operai in 5 giorni lavorativi, compresa la fase di completamento delle finiture. La maggior parte di esse sono state realizzate in una fase precedente in stabilimento.

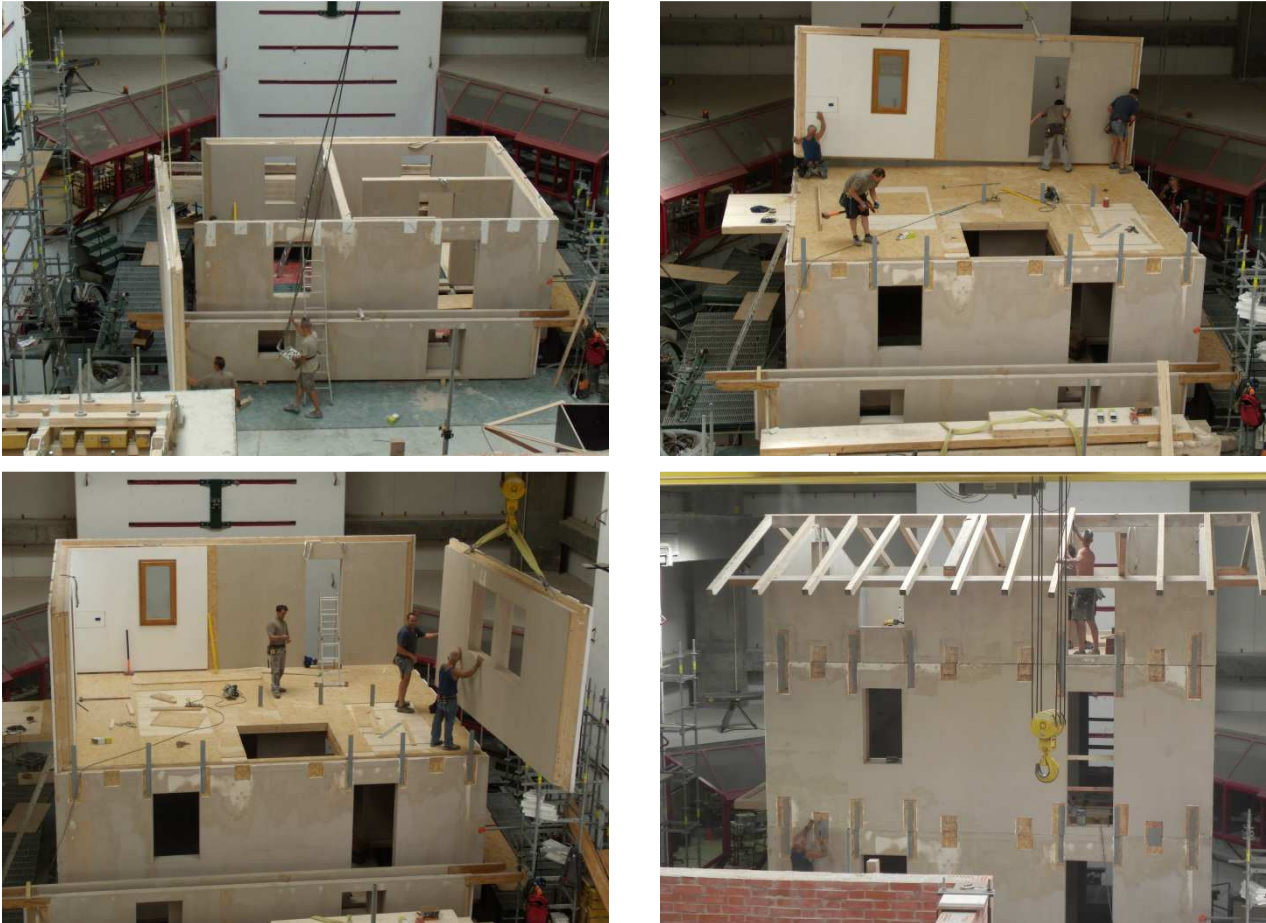


Figura 12: Fasi di costruzione

Alcuni dettagli di connessione sono ripostati in Figura 13.



Figura 13: Dettagli di connessione

La strumentazione disposta (Figura 14) è composta da 20 trasduttori di spostamento, 44 accelerometri, 10 celle di carico, un sistema di misura ottico in grado di rilevare 10 punti di misura e un ulteriore sistema di misura ottico in gradi di rilevare 17 punti.



Figura 14: Strumenti di misura. Sx: sistema ottico. Dx: trasduttori di spostamento

Nella prima parte dei test l'edificio è stato sottoposto a terremoti di intensità crescente per verificare non solo la stabilità strutturale ma anche il livello di danneggiamento degli elementi non strutturali. Questi non hanno riportato alcun danno per una serie di terremoti di intensità paragonabili a quello accaduto in Emilia Romagna o all'Aquila. In seguito all'applicazione del protocollo standard descritto in precedenza si è scelto di svolgere altri test utilizzando un terremoto differente. La scelta è ricaduta sul terremoto registrato l'11 marzo 2011 a Tohoku (Giappone). Il campione ha resistito anche in questo caso senza subire danni strutturali a tutti i terremoti a cui è stata sottoposta. Il livello di danneggiamento delle finiture è stato minimo anche per terremoti di elevata intensità (l'intonaco delle pareti esterni ha subito delle piccole fessurazioni mentre porte e finestre rimaste operative e con il vetro intatto).

TEST 3: EDIFICIO A PARETI PORTANTI INTELAIATE CONTROVENTATO CON GESSOFIBRA

L'edificio a pareti portanti intelaiate controventato in gessofibra (Figura 15) è stato realizzato dall'azienda Italiana Rubner⁸. La progettazione e i test sono stati seguiti dall'Università di Trento. Pur mantenendo inalterate geometria e tipologia costruttiva questo edificio presenta due peculiarità rispetto al test descritto nel paragrafo precedente: - il rivestimento strutturale è realizzato con pannelli in "gessofibra" connessi al telaio ligneo con cambrette metalliche - il sistema connessione con il basamento di acciaio è stato realizzato con angolari metallici.

⁸ <http://www.haus.rubner.com/it/>



Figura 15: Edificio Rubner

L'edificio è stato assemblato da una squadra di 3 operai in 4 giornate lavorative. Alcuni dettagli della fase di montaggio sono visibili nelle immagini di Figura 16.



Figura 16: Fasi di costruzione

Alcuni dettagli delle connessioni sono riportati in Figura 17.



Figura 17: Dettagli di connessione

La strumentazione disposta è composta da 20 trasduttori di spostamento, 44 accelerometri, 10 celle di carico, un sistema di misura ottico in grado di rilevare 10 punti di misura e un ulteriore sistema di misura ottico in gradi di rilevare 17 punti.



Figura 18: Strumentazione disposta

La procedura di prova è stata eseguita secondo il programma comune a tutte le tipologie costruttive. Al termine di questa fase l'edificio non ha evidenziato danni evidenti alle componenti strutturali.

TEST 4: EDIFICIO IN CLT

Il test sull'edificio in CLT verrà eseguito entro la fine dell'anno 2012. L'Università di Graz⁹ ne sta seguendo la progettazione e le fasi di test.

⁹ http://portal.tugraz.at/portal/page/portal/TU_Graz