

promo_legno

INCONTRO DI STUDIO

12 OTTOBRE 2012

COSTRUIRE IN SICUREZZA IN ZONA SISMICA. IL CONTRIBUTO DEL LEGNO

**SPERIMENTAZIONE, RICERCA, AGGIORNAMENTO
NORMATIVO**

ING. ROBERTO TOMASI



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno

**Inquadramento storico della normativa
italiana relativamente agli edifici
multipiano in legno in zona sismica**



Il **quadro normativo** relativo alle costruzioni in legno è stato caratterizzato in passato da una certa frammentarietà e lacunosità, quando non da una esplicita diffidenza

Regio Decreto 18/04/1909 n. 193.

Cita il legno (costruzioni intelaiate e baraccate)

Legge 25 novembre 1962 n. 1684. Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche

Sono ammesse costruzioni in legname soltanto in linea eccezionale previo motivato nulla osta dell'ufficio del genio civile (art. 9).

Legge n. 1086 (5 novembre 1971) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica"

Non cita le strutture in legno (Art.1... quelle in cui la statica è assicurata in tutto o in parte da elementi strutturali in acciaio o in altri metalli ...)

Legge n. 64 (2 febbraio 1974) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"

Cita le strutture in legname tra i sistemi costruttivi .

Impone dei limiti di altezza per le strutture in legno: "Qualora vengano usati sistemi costruttivi diversi da quelli in muratura o con ossatura portante in cemento armato normale e precompresso, acciaio o sistemi combinati dei predetti materiali, per edifici con quattro o più piani entro e fuori terra, la idoneità di tali sistemi deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal presidente del consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso consiglio".

I **decreti attuativi**, contenenti le regole tecniche di progettazione emanate in accordo con le leggi quadro, riportano poche indicazioni sul calcolo delle strutture in legno, spesso di carattere prescrittivo, con alcune indicazioni erronee o fuorvianti sulle strutture in legno.

D. M. 16-1-1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"

C.8 Edifici con struttura in legno

"Le costole montanti e le altre parti costituenti l'organismo statico degli edifici in legno devono essere di un solo pezzo oppure collegate in modo da non avere indebolimenti in corrispondenza delle giunzioni"



in chiara contraddizione con quanto riportato a livello europeo nell'Eurocodice 8 (**UNI EN 1998:2005**), secondo cui "le zone dissipative devono essere localizzate in corrispondenza dei nodi e delle connessioni, mentre si deve assumere per le membrature di legno un comportamento elastico."

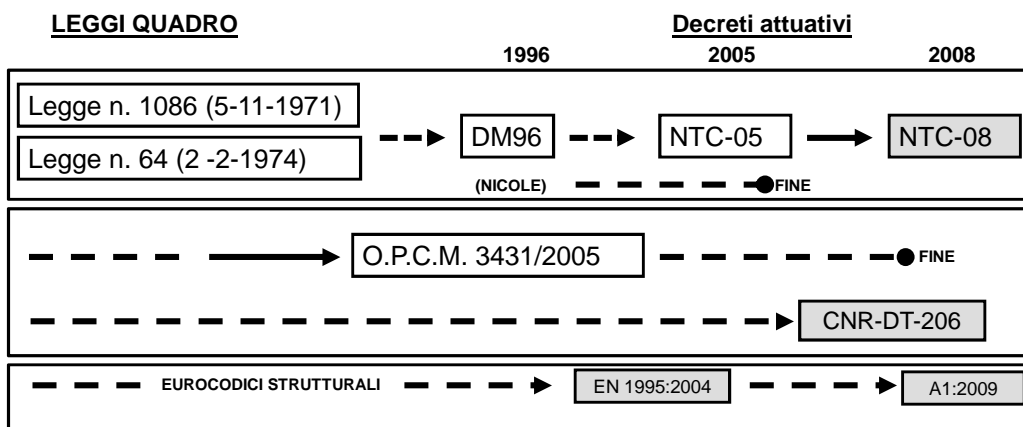
I **decreti attuativi**, contenenti le regole tecniche di progettazione emanate in accordo con le leggi quadro, riportano poche indicazioni sul calcolo delle strutture in legno, spesso di carattere prescrittivi, con alcune indicazioni erronee o fuorvianti sulle strutture in legno.

D. M. 16-1-1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zona sismica"

al punto C.2 del decreto del 1996 viene ribadito un approccio improntato alla cautela nei confronti delle strutture in legno in zona sismica, che di fatto pone delle limitazioni di altezza molto severe, limitando praticamente l'altezza massima della parte lignea dell'edificio ai due piani per le zone più sismiche (S = 12, S = 9), ed ai tre per le zone a sismicità minore (S=6), fermo restando il sopracitato obbligo stabilito dall'articolo 1 legge 64 per tutti i comuni della Repubblica non rientrati in una delle tre precedenti zone.

LIMITI DI ALTEZZA

Tipo di struttura	Altezza massima (m)		
	s=6	s=9	S=12
Legno	10	7	7



Approccio prestazionale della norma

NTC 08

(cogenti da 1 luglio 2009 DL ABRUZZO)

Indicazioni sul calcolo delle strutture in legno (statico e sismico)

Si rimanda ad altri riferimenti tecnici per il calcolo (Eurocodici, Documenti CNR)

Prescrizioni sulla "qualificazione dei materiali" (p.e. Marchio CE)

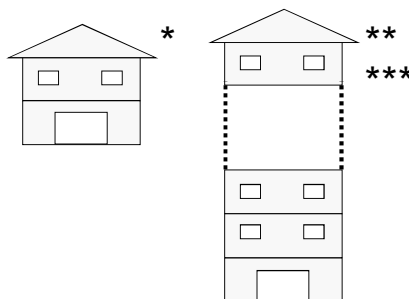
NTC-08 Norme Tecniche per le costruzioni

LIMITI DI ALTEZZA

* Per le tipologie strutturali: costruzioni di legno e di muratura che non accedono alle riserve anelastiche delle strutture, ricadenti in zona 1, è fissata una altezza massima pari a due piani dal piano di campagna, ovvero dal ciglio della strada. Il solaio di copertura del secondo piano non può essere calpestio di volume abitabile.

** Tipologie strutturali che accedono alle riserve anelastiche delle strutture

*** Strutture in zona 2,3,4



vengono eliminati i limiti di altezza fissati nelle precedenti norme per le diverse tipologie strutturali

tali norme rimangono, principalmente da un **punto di vista giuridico**, subordinate alle indicazioni presenti nelle cosiddette leggi quadro, tra cui il limite dei quattro piani riportato nell'articolo 1 della legge 64 (punto successivamente richiamato anche all'art. 52 del **DPR 380/2001** testo unico per l'edilizia).

LIMITI DI ALTEZZA: l'aggiornamento della ricerca e della tecnica hanno permesso in diversi paesi di proporre edifici "alti" in legno sulla base di un quadro normativa rinnovato

6 piani totale	7 piani totale	8 piani totale	9 piani totale	10 piani totale
Svizzera 2006	Berlino 2008	Svezia 2009	Londra 2008	Milano 2012



Gruppo di lavoro Linee Guida per sistemi costruttivi in legno relativamente alla Certificazione di idoneità tecnica di cui all'art. 52 del DPR 380/2001 per edifici a 4 o più piani realizzati con sistemi costruttivi in legno

Gruppo di lavoro: ing. Panecaldo, Lucchese, Lorenzi (STC), prof Piazza, Tomasi, Zanon (Università di Trento), Fragiaco (Università di Sassari), prof. Ceccotti (IVALSA CNR) dr. Luchetti (Federlegno)



In Italia

A dicembre 2011 il quadro normativo è stato ulteriormente modificato a seguito dell'emanazione dell'art. 45 "Disposizioni in materia di edilizia" del **DL 6 dicembre 2011** n.201 (decreto Monti), che ha modificato l'art. 52 del DPR 380/2001 come segue:

"Qualora vengano usati materiali o sistemi costruttivi diversi da quelli disciplinati dalle norme tecniche in vigore, la loro idoneità deve essere comprovata da una dichiarazione rilasciata dal Presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici su conforme parere dello stesso Consiglio."

Attualmente **non esistono quindi in Italia limitazioni** di carattere normativo per la realizzazione di un edificio multipiano **in zona sismica** realizzato completamente in legno.



NTC



Norma di tipo prestazionale

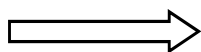
COSA SIGNIFICA

Vengono fissate le **azioni esterne** da considerare, i **livelli di sicurezza** da raggiungere e le **prestazioni minime attese** per le strutture e si definiscono le **responsabilità** almeno di alcuni degli attori coinvolti nel processo di costruzione (Committente, Fornitore/Impresa, Progettista, Direttore dei Lavori).

COSA NON

DOVREBBE ESSERE

La norma non prescrive **formule o procedure di dettaglio** demandandone la scelta al Progettista o, per i parametri rilevanti ai fini della sicurezza, al concerto Progettista/Committente. Il vincolo resta solo quello di basarsi su regole o procedure ampiamente consolidate e/o adeguatamente giustificate.



Riferimenti tecnici di cui al capitolo 12 delle NTC'08

Riferimenti tecnici di cui al capitolo 12 delle NTC '08

EUROCODICI (Versioni definitive 2004, aggiornamenti 2008)

UNI EN 1995-1-1 Regole comuni e regole per gli edifici

UNI EN 1995-1-2 Progettazione strutturale contro l'incendio

UNI EN 1995-2 Ponti

UNI EN 1998-1 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici

Annessi Tecnici per gli Eurocodici (NAD), approvati in Luglio '09,
in corso di pubblicazione in G.U.



DOCUMENTO CNR-DT 206: 2007

Nasce da bozza di Norma Italiana Costruzioni in Legno (NICoLe), mai rilasciata da CNR o pubblicata in GU, sulla base di stato dell'arte di norme europee (DIN, Eurocodici, ...)

http://www.cnr.it/sitocnr/IICNR/Attivita/NormazioneeCertificazione/DT206_2007.html

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI *Revisione*

cap. 4.4 Costruzioni di legno

cap. 7 Progettazione in presenza di azioni sismiche

7.7 Costruzioni di legno

cap. 11 Materiali e prodotti

11.7 Materiali e prodotti a base di legno

Coefficienti parziali di sicurezza dei materiali

ing. Roberto Tomasi - Università degli studi di Venezia, Dipartimento di Architettura, 12 Ottobre 2012


COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

Differenza fondamentale con altri materiali da costruzione: gli elementi di legno sono classificati (e marcati) così come sono e, come tali messi in opera, non "compongo" una trave di legno in cantiere !




Elementi a gambo cilindrico (viti, chiodi, bulloni, spinotti etc) sono inclusi nella norma armonizzata EN14592-2008, che dal 01/08/2010 sancisce la marcatura CE obbligatoria per tali prodotti

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

 01234
GlulamCo A/S, P.O. Box 12, DK 1234 05 01234-CPD-00234
EN 14080 Glued laminated timber, Strength Class GL 32 Adhesive Type I according to EN 301 Spruce: Picea abies Formaldehyde class: Class E1 Reaction to fire: Class D-s2,d0 Durability Class: 4




 01234
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 06 01234-CPD-00234
EN 14081-1 Structural timber C24 (STII) Dry graded Species code WPCA Grading standard EN 338 + NF B 52 001 Reaction to fire D-s2,d0 (Table C.1) Durability class 4

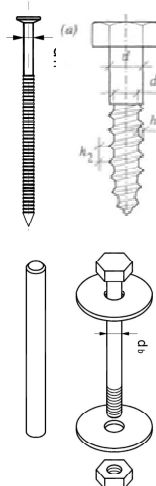



EN 14080 LEGNO LAMELLARE
Dow 01/12/2012

EN 14081 LEGNO MASSICCIO
Dow 31/12/2011

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI


AnyCo Ltd 06
EN 14592:2008 Round cross-sectional plain shank nails for structural timber products Dimensions: Diameter = 4 mm, \bar{D} Head area 28 mm ² , Length = 50 mm Material: - Non-alloy steel rods according to EN 10016-2; - Characteristic tensile strength of wire (f_{t1}) in acc. with EN 10218-1, minimum: 600 N/mm ²
MECHANICAL STRENGTH AND STIFFNESS: - Characteristic yield moment $M_{yk} = 5.610 \text{ Nm}$ - Characteristic withdrawal parameter in timber with characteristic density $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$, coating type 1, 2 or 3 $f_{wk} = 2,45 \text{ N/mm}$ - Characteristic head pull-through parameter in timber with charact. density $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$ $f_{hsk} = 3,57 \text{ N/mm}^2$ - Characteristic tensile capacity $f_{tsk} = \text{NPD}$
DURABILITY (i.e. corrosion protection): - Z275 Hot-dip zinc coating (Service Class 2 acc. to EN 1995-1-1)



 01234	
AnyCo Ltd 11 01234-CPD-00234	
WI 124.118:2010 Cross laminated timber used in buildings Spruce: Picea Abies	
Mechanical resistance and Fire Resistance	
Member size l x b x t	16.000 x 2.450 x 211
Layout Size of layer in mm/orientation p/c= Orientation of layer parallel/perpendicular to length	All layers C24 42p-42c-42p-42c-42p
Phenolic adhesive	Type I
Reaction to fire	D-s2, d0
Release of formaldehyde	E1
Release of other dangerous substances	NPD
Natural durability Durability acc. to EN 350-2	4-SH-SH-S

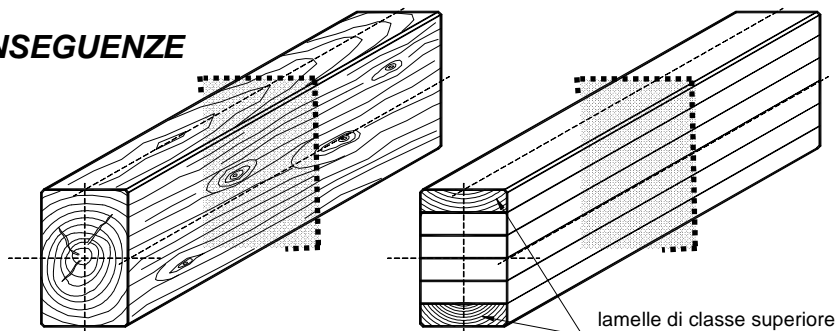


EN 14592 connessioni gambo cilindrico
Dow 01/08/2010

prEN16531 progetto norma CLT

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

CONSEGUENZE



a) legno massiccio

b) legno lamellare combinato

Le norme di classificazione consentono l'assegnazione per ogni elemento di una classe di resistenza. Successive lavorazioni o tagli come quelli mostrati in figura che **modifichino la geometria originaria della sezione** non garantiscono più l'appartenenza alla classe assegnata

Ammissibile invece una "sezionatura" dell'elemento

COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

$$\sigma_d \leq f_k \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

•Nelle NTC 08 inseriti valori circa 15% più elevati di quelli presenti nella versione dell'Eurocodice 5 (il legno compariva per la prima volta in una normativa)

•Assente il coefficiente di sicurezza per il materiale XLAM

Tab. 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali

Stati limite ultimi	γ_M	
	'08	EC5
combinazioni fondamentali		
legno massiccio	1,50	1,30
legno lamellare incollato	1,45	1,25
pannelli di tavole incollate a strati incrociati (X-Lam)	-	-
pannelli di particelle o di fibre	1,50	1,30
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40	1,20
unioni	1,50	1,30
combinazioni eccezionali	1,00	1,00

NTC-12

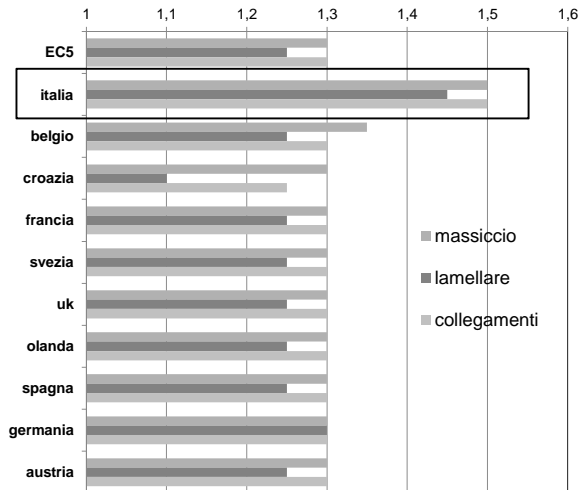
COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA SUI MATERIALI

$$\sigma_d \leq f_k \frac{k_{mod}}{\gamma_m}$$

Nella maggior parte dei Paesi Europei, le normative nazionali ed i documenti nazionali per l'applicazione degli Eurocodici, hanno adottato coefficienti di sicurezza dei materiali lignei in sintonia o molto spesso identici a quelli proposti dall' Eurocodice EN 1995 (si veda la tabella 1, documento N275).



Document CEN/TC 250/SC 5: **N 275**



NTC-12

CONFRONTO NORMATIVO NTC - EC

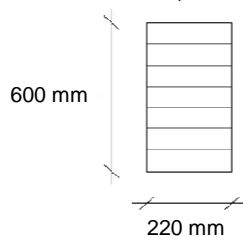
EN 1995-1-1
NTC '08

EN 1993-1-1
NTC '08

EN 1992-1-1
NTC '08

LEGNO LAMELLARE

BS 11 - GL 24 (EN 1194)



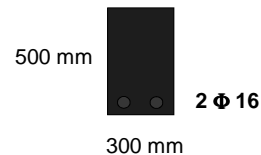
ACCIAIO S 275

HE 200 B

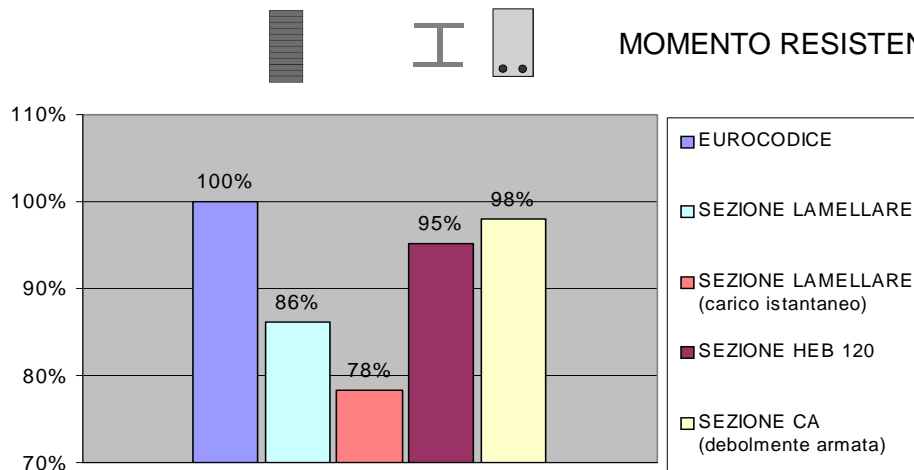


SEZIONE C.A.

debolmente armata



CONFRONTO NORMATIVO NTC'08 - EC



ing. Roberto Tomasi - Università degli studi di Venezia, Dipartimento di Architettura, 12 Ottobre 2012

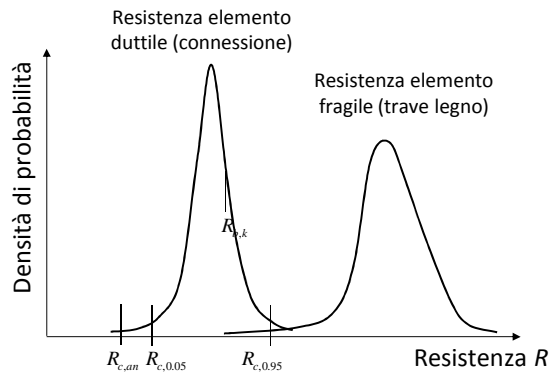
7 PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE

7.7 COSTRUZIONI DI LEGNO

ing. Roberto Tomasi - Università degli studi di Venezia, Dipartimento di Architettura, 12 Ottobre 2012

7.2.2. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI STRUTTURALI

Precisazioni generali in merito a duttilità, progetto in capacità, sovraresistenza.



Sovraresistenza. Resistenza caratteristica $R_{b,k}$ di elemento fragile (es. trave legno) deve essere superiore al frattile inferiore al 95% della distribuzione delle resistenze sperimentali dell'elemento duttile (connessione), $R_{c,0.95}$. Il fattore di sovraresistenza g_{Rd} è quindi dato dal rapporto $\gamma_{Rd} = R_{b,k}/R_{c,0.95}$. $R_{c,0.95}$ è la resistenza caratteristica di elemento duttile calcolata utilizzando le formule da normativa.

7.3 METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA

Le analisi lineari si applicano alle strutture a comportamento sia non dissipativo sia dissipativo (§ 7.2.2).

In quest'ultimo caso (analisi lineare di strutture a comportamento dissipativo), la domanda sismica è ridotta utilizzando un opportuno **fattore di comportamento q**.

7.7.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA

Precisazioni per i fattori di struttura, cioè inseriti in tabella intervalli di valori, anziché un valore unico, in modo che sia sempre da giustificare la scelta di un valore (elevato) per q_0 .

(in realtà questa precisazione era implicita, si è sempre parlato di valori massimi di q_0)

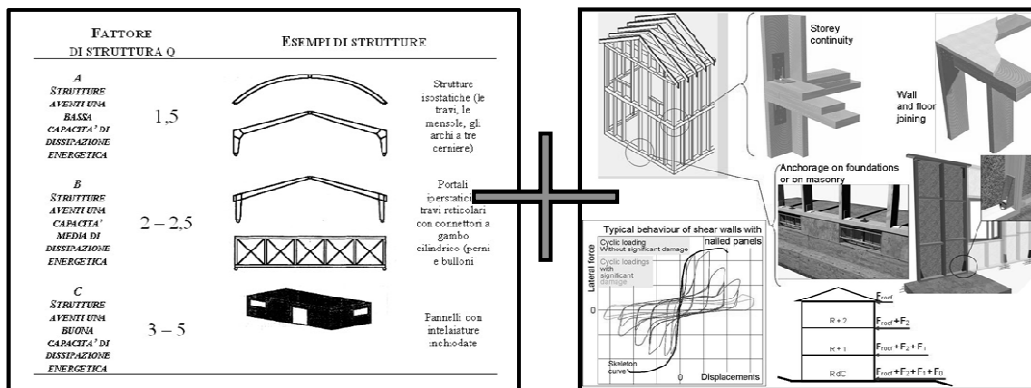
Sarà onere del Progettista giustificare la scelta dei valori assunti nei calcoli per il fattore q_0 , sulla base della capacità dissipativa del sistema strutturale nonché dei criteri di dimensionamento dei collegamenti, che dovranno essere in grado di garantire una adeguata resistenza e duttilità, prevenendo rotture fragili mediante una puntuale applicazione del principio di gerarchia delle resistenze.

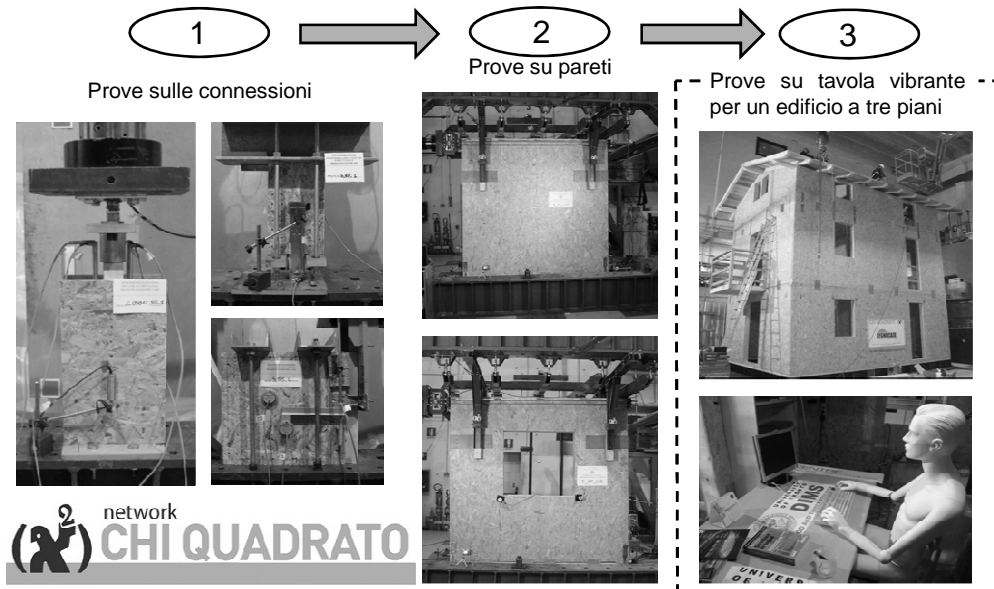
7.7.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA

Errato legare comportamento strutturale (e quindi il valore q_0) a tipologia strutturale

Sistemi costruttivi \equiv fattore di struttura

Dettagli costruttivi e Capacity Design

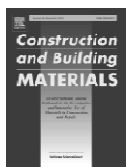




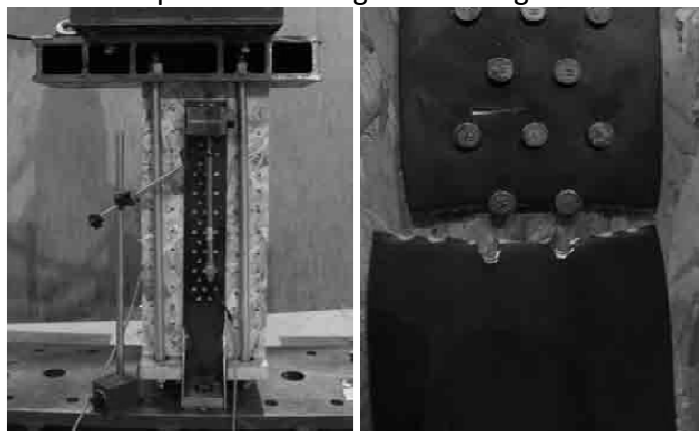
7.7.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA

Errato legare *comportamento strutturale* (e quindi il valore q_0) a *tipologia strutturale*

Esempi di rottura fragile nei collegamenti

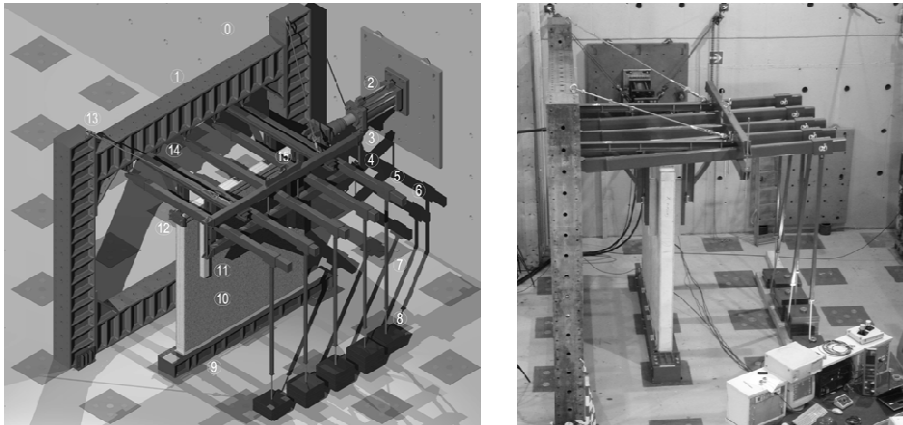


Prove
Uni. di Trento
Tomasi et al.



7.7.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA

Set-up di prova adatto a testare pareti portanti in legno



UniTN: Set-up di prova per pareti portanti in legno sottoposte ad azione orizzontale ciclica, con differenti dimensioni, carichi verticali, condizioni di vincolo a terra.

7.7.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA

Errato legare *comportamento strutturale* (e quindi il valore q_0) a *tipologia strutturale*

Esempi di rottura fragile nei collegamenti



Prove
Uni. di Trento
Tomasi et al.



7.7.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA

Errato legare *comportamento strutturale* (e quindi il valore q_0) a *tipologia strutturale*

Esempi di rottura fragile nei collegamenti



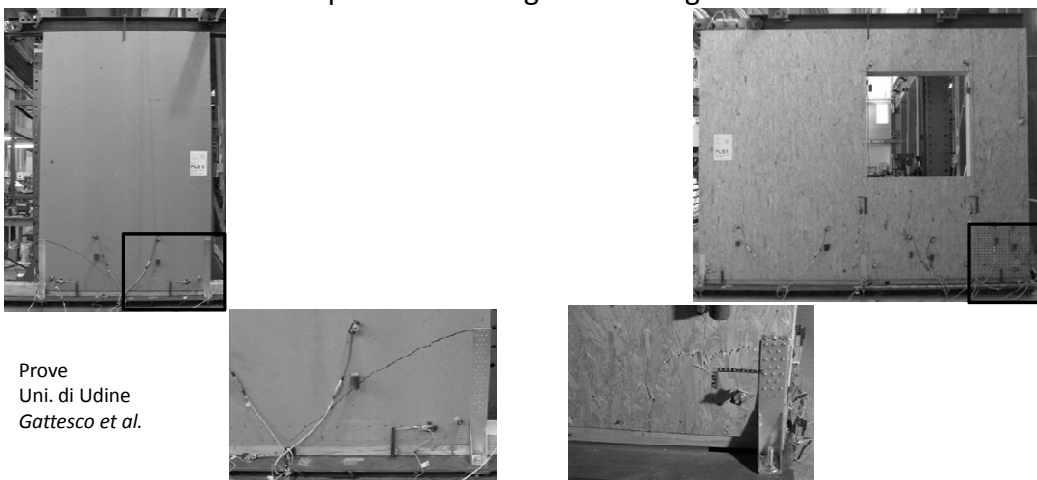
Prove
Uni. di Trento
Tomasi et al.



7.7.3 TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI STRUTTURA

Errato legare *comportamento strutturale* (e quindi il valore q_0) a *tipologia strutturale*

Esempi di rottura fragile nei collegamenti



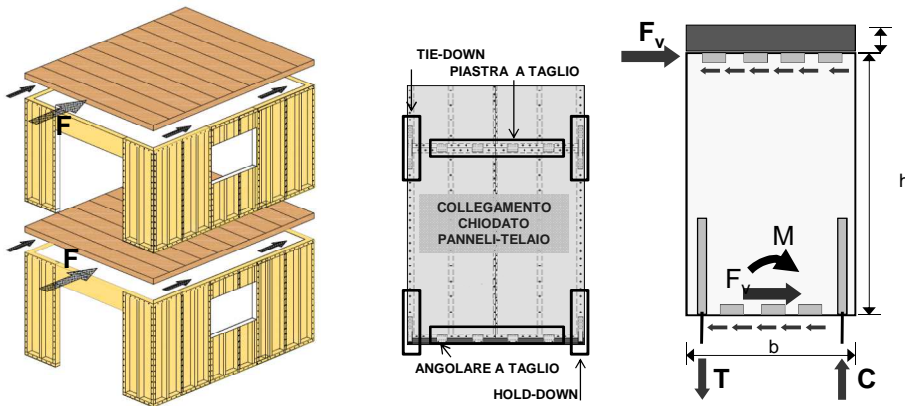
Prove
Uni. di Udine
Gattesco et al.



Progetto ReLUIS - DPC 2010-2013

2.1. Aspetti nella progettazione sismica delle nuove costruzioni

Task 2.1.4 – Strutture in legno



Progetto ReLUIS - DPC 2010-2013

2.1. Aspetti nella progettazione sismica delle nuove costruzioni

Task 2.1.4 – Strutture in legno

ID	UNITÀ DI RICERCA	RESPONSABILE	STRUTTURA UNITÀ
UNINA	Napoli	Calderoni	Lenza, Giubileo, Pacella
UNIBS	Brescia	Giuriani	Metelli, Preti
UNIUD	Udine	Gubana	Buttazzi, Zorzini
UNITS	Trieste	Gattesco	Franceschinis, Clemente
UNISS	Sassari	Fragiacomo	De Nicolo
COORDINAMENTO			
UNITN	Trento	Piazza	Loss

PROGETTO DI RICERCA CHI-QUADRATO

FASE 3: PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI



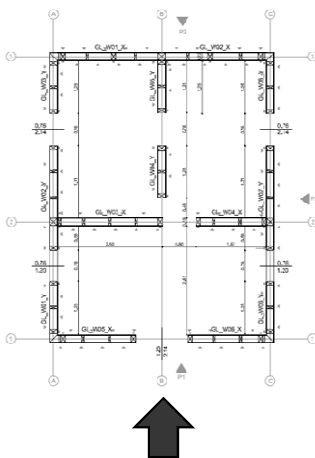
OBIETTIVI

- VALIDARE GLI ATTUALI MODELLI DI CALCOLO PRESENTI NELLE NORMATIVE VIGENTI
- STUDIARE L'INTERAZIONE DELLE COMPONENTI STRUTTURALI ALL'INTERNO DI UN EDIFICIO REALE

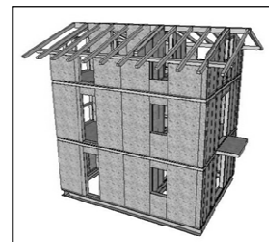


PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

EDIFICIO DI PROVA



- Pianta rettangolare 5 m x 7 m
- Altezza del colmo: 7.65 m
- Simmetria longitudinale
- 8 pareti in direzione parallela all'input sismico. Lot: 12.5 m
- Elementi di solaio a sezione scatolare (h=140 mm) irrigiditi mediante pannelli OSB di spessore 15 mm
- Pareti intelaiate con pannelli di rivestimento in OSB (15 mm) chiodato su 2 lati mediante chiodi «ring» 2.8 x 60

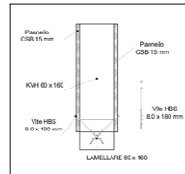


PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

SISTEMI DI COLLEGAMENTO

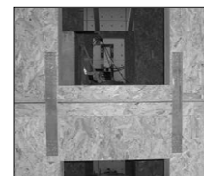
A) Scorrimento orizzontale delle pareti

- Piano terra: Viti inclinate a 45°
- Piani superiori: Piastre chiodate



B) Ribaltamento delle pareti

- Piano terra: Hold-down
- Piani superiori: Tie-down



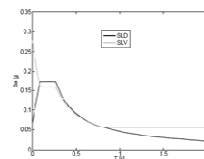
C) Scorrimento solaio

- Viti da legno 8 x 220

PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

PARAMETRI DI PROGETTO

- Progetto in accordo con NTC08 e Ec5/Ec8
- $V_R=50$ anni
- Comune di Ferla (SR)



- $q=4$ (prescrizioni alta capacità dissipativa soddisfatte)
- Carico permanente portato: 1.3 kN/mq
- Carico accidentale: 2 kN/mq

STATO LIMITE	PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DELL'AZIONE SISMICA P_{ov}	PERIODO DI RITORNO (T_R)	a_g (g)	F_0	T_1^*
SLD	03%	50	0,068	2,518	0,288
SLV	10%	475	0,377	2,280	0,424

MODELLO DI CALCOLO

- *Analisi statica lineare (edificio regolare in altezza)*
- *Distribuzione delle forze orizzontali proporzionale alla lunghezza delle pareti*

PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

ANALISI PARAMETRI DI PROVA

1. Massa campione
2. Proprietà dinamiche edificio

Massa totale del campione
(edificio + basamento)
(37 ton + 4 ton)



Payload Tavola Vibrante
(140 ton)



3. Accelerogramma di prova
4. Taglio resistente

PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

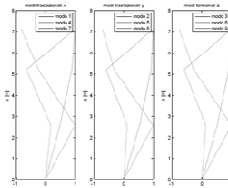
ANALISI PARAMETRI DI PROVA

Proprietà dinamiche dell'edificio

- Periodi
- Modi di vibrare
- Masse partecipanti

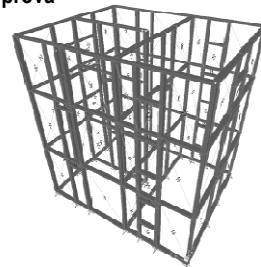


Modello elastico lineare



OBIETTIVI

- Fase di tuning tavola
- Scelta accelerogramma di prova



1. Massa campione
2. Proprietà dinamiche edificio

3. Accelerogramma di prova
4. Taglio resistente

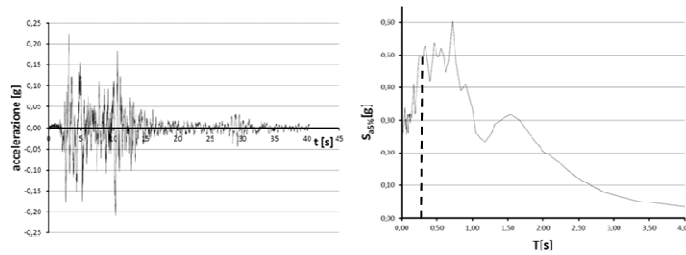
PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

ANALISI PARAMETRI DI PROVA

Accelerogramma di prova

- 1. Massa campione
- 2. Proprietà dinamiche edificio
- 3. Accelerogramma di prova
- 4. Taglio resistente

Montenegro 1979 (Ulcinj – Hotel Albatros)-
Mw=6.9 – r=21km – PGA = 0.224g
meccanismo focale: faglia inversa



PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

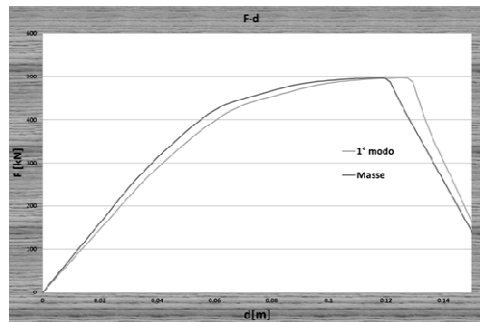
ANALISI PARAMETRI DI PROVA

Taglio resistente e OTM

- 1. Massa campione
- 2. Proprietà dinamiche edificio
- 1. Accelerogramma di prova
- 4. Taglio resistente

OBIETTIVI

- Previsione comportamento edificio
- Scelta PGA delle fasi di prova



Analisi statica non lineare

PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI
LABORATORIO DI PROVA e FASI DI MONTAGGIO
TREESLAB – EUCENTRE – PAVIA

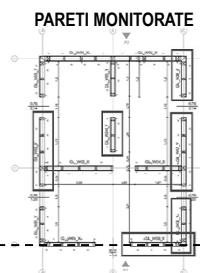


PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI
SET-UP DI MISURA
SISTEMI DI ACQUISIZIONE

1) TRADIZIONALE:

- Misure di Accelerazioni, Spostamenti e Forze
- Si sono privilegiate le pareti parallele all'input
- Frequenza di campionamento: 256 Hz fase di tuning, 1024 Hz prove sismiche

Configurazione 222303	
Strumenti	N°
Accelerometri	23
Potenzimetri LVDT cd filo	25
Potenzimetri a filo pareti	12
Potenzimetri a filo solai	16
Potenzimetri LVDT tavola	3
Coppie di estensimetri Tie-Down	11
Celle di carico Ho'd-Down	12
Sistema di acquisizione ottico	
TOTALE n.Canali	102



2) OTTICO:

- Pareti Facciata P3 monitorate da telecamere HD a raggi infrarossi



PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

SET-UP DI MISURA- Acquisizione tradizionale

CELLE DI CARICO HOLD-DOWN



LVDT PER IL MOTO RIGIDO DELLA PARETE

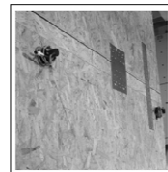


ESTENSIMETRI TIE-DOWN

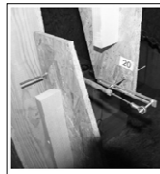


SPOSTAMENTO D'INTERPIANO

POTENZIOMETRI PER LA DEFORMAZIONE A TAGLIO DELLE PARETI



POTENZIOMETRI PER LA DEFORMAZIONE A TAGLIO DEGLI IMPALCATI



PROVA SU TAVOLA VIBRANTE IN SCALA REALE DI UN EDIFICIO A 3 PIANI

FASI DI PROVA

PROVE SISMICHE

Prova sismica	Accelerogramma	Fattore di scala	PGA (g)
1	Montenegro	0.31	0.05
2	Montenegro	1.25	0.20
3	Montenegro	1.25	0.20
4	Montenegro	2.25	0.50
5	Montenegro	3.13	0.70
6	Montenegro	4.46	1.00

INPUT: Accelerogramma Montenegro «scalato»

FASE DI TUNING E IDENTIFICAZIONE DINAMICA

- Effettuate prima e dopo ciascuna prova sismica
- Obiettivi: calibrazione tavola vibrante e stima dei parametri dinamici dell'edificio

INPUT: Rumore bianco RMS 0.05g [0.2 Hz- 40 Hz]



Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno



Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

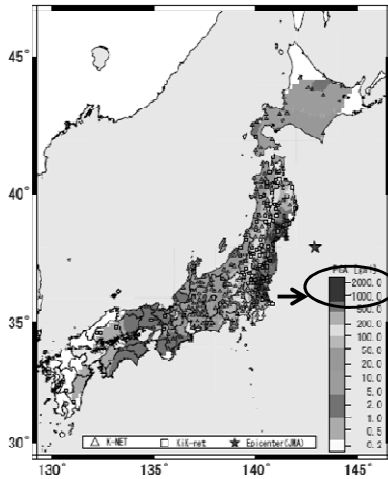
promo_legno



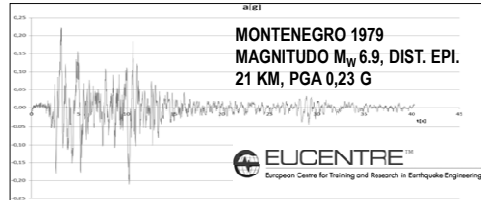
Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno

2011/3/11 14:46,
 M9.0 (JMA)
 Peak Ground Acceleration (surface)



- | | PGA |
|---|-------|
| 1 | 0,07g |
| 2 | 0,28g |
| 3 | 0,50g |
| 4 | 0,70g |
| 5 | 1,00g |



Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno

Multi-storey timber buildings. Timber houses

ON-GOING RESEARCH PROJECT ON SEISMIC BEHAVIOUR OF TIMBER BUILDINGS



PARTNER



**NATIONAL CIVIL
 ENGINEERING
 LABORATORY,
 LISBON**



**UNIVERSITY
 OF TRENTO**



**UNIVERSITY
 OF GRAZ**



**UNIVERSITY
 OF MINHO**

Research Group on Timber Structures

Piazza M., Tomasi R., Ballerini M., Grossi P., Andreolli M., Casagrande D., Giongo I., Loss C., Polastri A., Riggio M., Sartori T.

Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno

Multi-storey timber buildings. Timber houses

ON-GOING RESEARCH PROJECT ON SEISMIC BEHAVIOUR OF TIMBER BUILDINGS



SEISMIC ENGINEERING RESEARCH
 INFRASTRUCTURES FOR EUROPEAN SYNERGIES

UNIVERSITY OF TRENTO
 DEPARTMENT OF MECHANICAL AND STRUCTURAL
 ENGINEERING

THREE STOREY TIMBER FRAMED BUILDING
 SHAKING TABLE TEST



Rivestimento strutturale OSB
Rivestimento non strutturale

Rivestimento strutturale fibrogesso

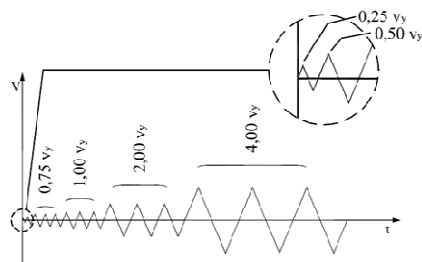
NATIONAL CIVIL ENGINEERING
 LABORATORY, LISBON



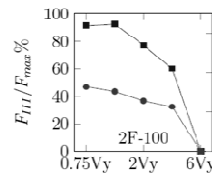
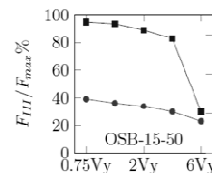
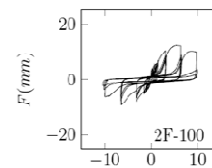
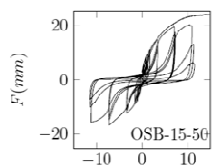
Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno

precisazioni



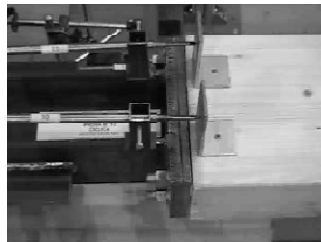
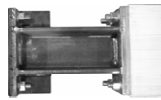
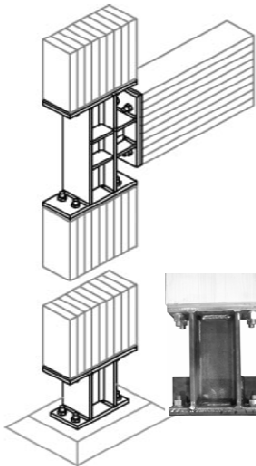
EN 12512



Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno

SISTEMI DI COLLEGAMENTO INNOVATIVI PER EDIFICI MULTIPIANO IN ZONA SISMICA



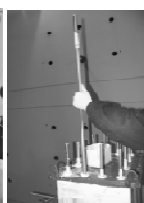
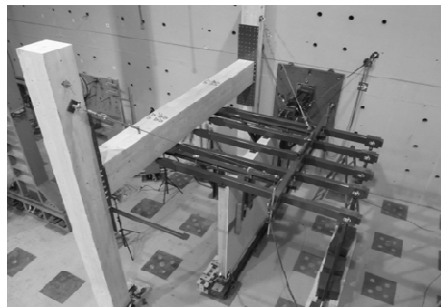
Mauro Andreolli , Ph D thesis
*Giunti Semirigidi con barre incollate
per strutture lignee*



**Premio MADEexpo 2012 per la migliore Tesi di
Dottorato in memoria di Luca Alberghini**

Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno



7.7.2 MATERIALI E PROPRIETÀ DELLE ZONE DISSIPATIVE

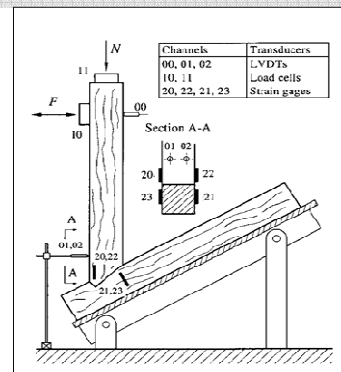
...

Qualora si faccia affidamento a comportamenti strutturali dissipativi (CD "A" o "B"), in mancanza di più precise valutazioni teoriche e sperimentali, si devono applicare le regole seguenti:

- nelle *zone considerate dissipative* possono essere utilizzati solamente materiali e mezzi di unione che garantiscono un adeguato comportamento di tipo oligociclico;
- le *unioni incollate* devono essere considerate, in generale, come non dissipative;
- i nodi di carpenteria possono essere utilizzati solamente quando possono garantire una sufficiente dissipazione energetica, senza presentare rischi di rottura fragile per taglio o per trazione ortogonale alla fibratura, e con la presenza di dispositivi atti ad evitarne la sconnessione.

7.7.2 MATERIALI E PROPRIETÀ DELLE ZONE DISSIPATIVE

Nodi di carpenteria



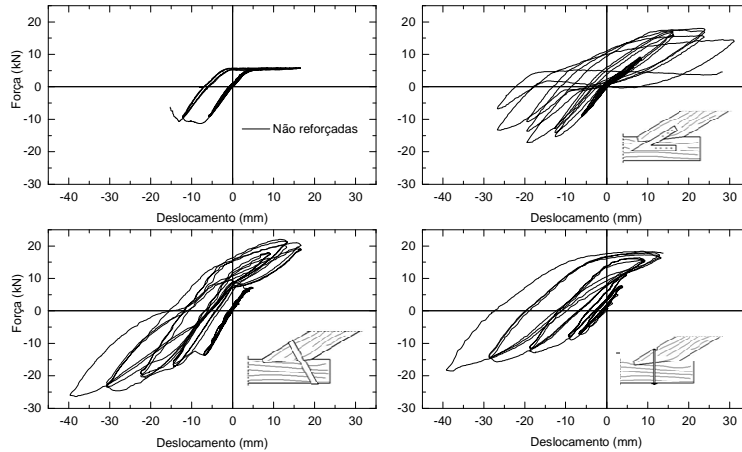
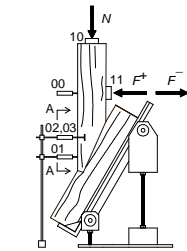
Nodi provati con angoli di 30-60-90° - Rinforzi: nessuno, bullone/i, fascia, reggia



Piazza M., Parisi M. A., *Mechanics of plain and retrofitted traditional timber connections*, 'Journal of Structural Engineering', ASCE, 126 (12), 2000: pp.1395-1403

7.7.2 MATERIALI E PROPRIETÀ DELLE ZONE DISSIPATIVE

Nodi di carpenteria



Branco J.M., Piazza M., Cruz P.J.S., *Experimental evaluation of different strengthening techniques of traditional timber connections*, Engineering Structures, vol. 33, Issue 8, 2011, p. 2259-2270

7.7.7 REGOLE DI DETTAGLIO

7.7.7.1 DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER I COLLEGAMENTI

Perni e bulloni di diametro d superiore a 16 mm non devono essere utilizzati nei collegamenti legno-legno e legno-acciaio, eccezion fatta quando essi siano utilizzati come elementi di chiusura dei connettori e tali, quindi, da non influenzare la resistenza a taglio. Il collegamento realizzato mediante spinotti o chiodi a gambo liscio non deve essere utilizzato senza accorgimenti aggiuntivi volti ad evitare l'apertura del giunto.



Puntuale applicazione del principio di gerarchia delle resistenze, si veda anche:

Andreolli M., Piazza M., Tomasi R., Zandonini R., *Ductile moment resistant steel-timber connections*, ICE Proc. of the Institution of Civil Engineers Structures and Buildings, Vol. 164, Issue 2, 2011, p. 65-78



The capacity design for heavy timber structures according to the chain model

11 Materiali e prodotti

11.7 MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

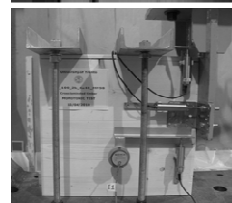
ing. Roberto Tomasi - Università degli studi di Pavia, Dipartimento di Architettura, 12 Ottobre 2012

BIBLIOGRAFIA

Andreolli M., Piazza M., Tomasi R., Zandonini R., Ductile moment resistant steel-timber connections, SPECIAL ISSUE IN TIMBER ENGINEERING, Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings, Vol. 164, Issue 2, 2011, p. 65-78, ISSN: 0965-0911

A. Acler, M. Piazza, R. Tomasi, M Webber (2011), Experimental investigation of the behaviour of different types of connections between the XLAM panels and the concrete slab, Proceedings of the Structural Engineering World Conference, Como Cernobbio, Italy 2010

Andreolli M., Casagrande D., Piazza M., Polastri A., Sartori T., Tomasi R. (2011), Indagine sperimentale del comportamento sismico di edifici multipiano in legno realizzati con pareti di taglio intelaiate, Convegno nazionale ANIDIS, Associazione Nazionale di Ingegneria Sismica, Bari 18-22 Settembre 2011



Costruire in sicurezza in zona sismica. Il contributo del legno
RICERCA E NORMATIVA

promo_legno



ing. Roberto Tomasi - Università degli studi di Venezia, Dipartimento di Architettura, 12 Ottobre 2012

Wood & Timber Engineering