

Ferrara - Venerdì 12 ottobre 2012

promo_legno

Il quadro tecnologico La costruzione in legno in zona sismica

A. BERNASCONI

Consulente dell'Istituto per la costruzione, le strutture e la tecnologia del legno Dipartimento di
Ingegneria Civile, Politecnico di Graz (Stiria, Austria)

Professore di tecnologia e costruzione di legno,

University of applied sciences Western Switzerland, Yverdon (Svizzera)

Incontro di studio

Costruire in sicurezza in zona sismica

Il contributo del legno

In collaborazione con G. SCHICKHOFER, Politecnico di Graz (Stiria, Austria)

Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

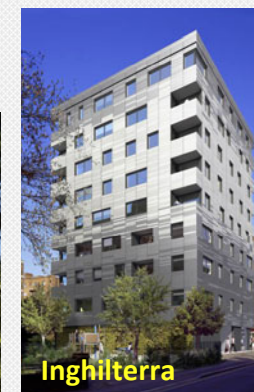
Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 1

La costruzione in legno moderna

promo legno

L'edificio di legno attuale può essere una soluzione interessante

- per i grandi progetti
- per le grandi strutture dell'edilizia



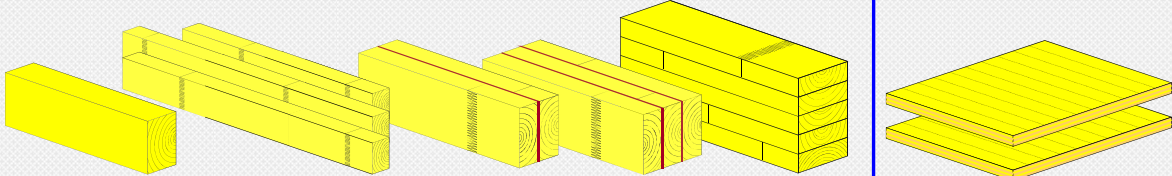
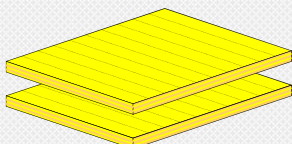
La tecnologia del legno offre

- materiali moderni
- qualità e sicurezza adeguate

Prodotti per uso strutturale all'avanguardia

promo_legno

Il legno oggi - Il materiale legno massiccio "ingegnerizzato"

	Elementi strutturali lineari - travi					Elementi piani
Materiale e prodotti						
	MH	KVH	DUO/TRIO	GLT	Lamellare	XLAM
Qualità estetica	- aspetto estetico / - uso a vista / - esigenze speciali					
Dimensioni	60 / 100 mm 140 / 280 mm		... 600 / 240 mm ... 2500 / 240 mm			Pannello: fino 4.80 m x 20 m Spessore: fino a < 300 mm
	fino a 18 m		fino a oltre 40 m			
Qualità tecniche	Profili prestazionali - Classi di resistenza Omologazioni nazionali ed europee - Marcatura CE Normative specifiche sui prodotti e i materiali					



Esigenze e qualità regolate dalla normativa vigente - europea e naz.

Normativa attuale - La qualità e la sua sicurezza

promo_legno

Il sistema di qualità - Le garanzie - La normativa vigente veglia ...

Lamelle grezze:

- cernita e classificazione certificata e sorvegliata
- autocontrollo
- controllo esterno
- certificazione degli impianti
- certificazione del personale
- tutte le lamelle sono marcate

Le colle:

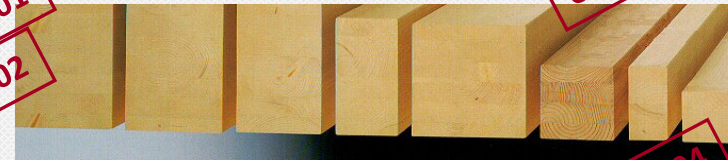
- omologate per l'uso previsto

I giunti a pettine delle lamelle:

- impianti omologati
- collanti omologati
- controllo interno permanente della qualità:
prove di carico
- sorveglianza costante esterna:
prove di carico

L'incollatura:

- impianti omologati
- controllo interno permanente della qualità
- sorveglianza esterna
- protocollo della produzione



Il prodotto finito:

- protocollo della produzione e della sorveglianza della qualità
- certificazione della produzione
- marcatura permanente del prodotto

Normativa attuale - La qualità e la sua sicurezza

promo_legno

Il sistema di qualità - Le garanzie - La normativa vigente veglia ...

Lamelle grezze:

- cernita e classificazione certificata e sorvegliata
- autocontrollo
- controllo esterno
- certificazione degli impianti
- certificazione del personale
- tutte le lamelle sono marcate

Le colle:

- omologate per l'uso previsto

I giunti a pettine delle lamelle:

- impianti omologati
- collanti omologati
- controllo interno permanente della qualità:
prove di carico
- sorveglianza costante esterna:
prove di carico

L'incollatura:

- impianti omologati
- controllo interno permanente della qualità
- sorveglianza esterna
- protocollo della produzione



Normativa italiana:

Testo unico

DT 206 CNR

Il prodotto finito:

- protocollo della produzione e della sorveglianza della qualità
- certificazione della produzione
- marcatura permanente del prodotto

Normativa attuale - La qualità e la sua sicurezza

promo_legno

La situazione normativa attuale in Italia ...

... normativa per la costruzione di legno

Testo Unico - Norme tecniche per le costruzioni

- Capitolo 4: Norme sulle costruzioni
 - 4.4 Costruzioni di legno - 12 pagine
- Capitolo 7: **Progettazione per azioni sismiche**
 - 7.7 **Costruzioni di legno** - 5 pagine
- Capitolo 11: Materiale e prodotti per uso strutturale
 - 11.7 Materiali e prodotti a base di legno - 8 pagine



Applicazione, modelli di calcolo, complementi

- Documento CNR DT 206 Istruzioni per la Progettazione, Esecuzione e Controllo delle Strutture di Legno
- altri documenti UNI, EN, ...

Una BUONA SINTESI della normativa attuale di tutta europa

- con riferimenti UNI, UNI-EN, EN

La costruzione in legno e la sismica

promo_legno

**La storia racconta e insegna:
spesso la costruzione in legno ha ben sopportato il sisma**



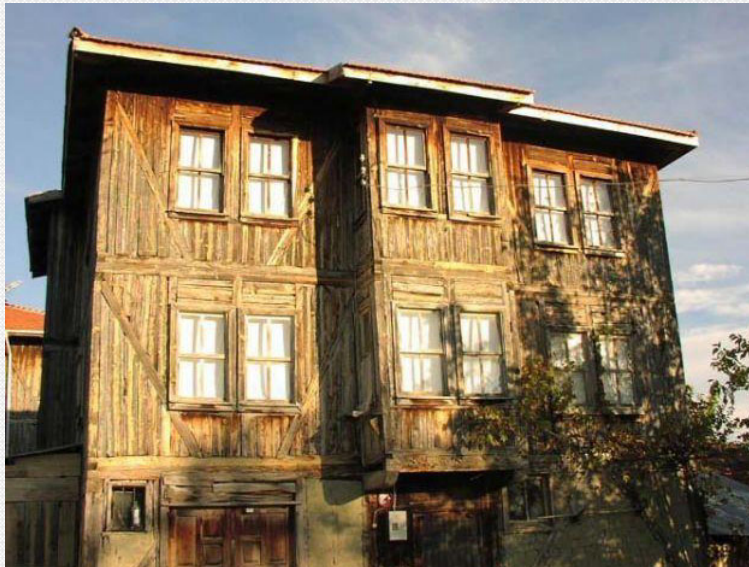
**Il legno vanta una "buona reputazione" fra gli addetti ai lavori:
perchè ?
ma sarà proprio vero ?**

Le testimonianze scientifiche e interessanti

Table 1
Turkey earthquakes and damages of buildings

Earthquake	M_w or M_s	a_g	d_f	t	Buildings			Behaviour of traditional wooden buildings
					HD	MD	LD	
July 2, 2004 Dogubeyazit [13,14]	5.0	0.09	9	5	300	200	500	There is no detailed information about wooden buildings. Especially poorly constructed Hatıl structures were heavily damaged or collapsed
March 25, 2004 Erzurum [14]	5.1	5.45	5.5	5	-	-	-	
July 26 2003 Buldan [14,15]	5.6	1.2	10.6	25	330		313	Kaplan et al. [15] illustrated damaged traditional wooden building photos
May 01, 2003 Bingöl [14,16]	6.4	5.45	10.5	15	3214	3448	6096	The hatıl construction fared the worst
January 27, 2003 Pülümür [14,17]	6.0	1.13	10	-	21			There is no detailed information about wooden buildings. Especially poorly constructed hatıl structures were heavily damaged or collapsed
February 03, 2002 Sultandağı [18]	6.3	0.94	10	10	4390	1730	9556	Most of the injuries and loss of life took place in the region are associated with the total collapse of the hıms dwellings built with heavy roofs
June 6, 2000, Cankırı [14,19]	5.9	0.63	10	10				The hatıl barns fared the worst. Collapses were limited to abandoned structures with rotted timbers. Some damaged traditional structure photos illustrated by references [10,19,20]
November 12,1999 Duzce [21,22]	7.2	5.14	20	25	1364	493	825	Wooden buildings have been discussed the most after these earthquakes. Many Traditional timber framed buildings were performed better than the other buildings with different material [5,6,23]
August 17, 1999 Kocaeli [17,22]	7.4	3.22	20	40	41,266	43,618	48,008	
October 01, 1995 Dinar [14,22]	6.1	2.83	24	15	4909			It was reported that 30% of the private buildings either collapsed or suffered heavy damage. Only one photo illustrated for damage to an adobe building [24]
30 October, 1983 Erzurum [14,22]	6.8	1.73	16					Hughes [9] reported some weakness and recommend some suggestion for hatıl construction
28 March, 1970 Gediz [22]	7.2		18					Bagdadi constructions performed better than the hıms constructions, 12% of the bagdadi and 45% of the hıms constructions damaged heavily [25]
1967 Mudurnu [22]	7.1		18					Some timber framed buildings in which framing elements supported on single rock collapsed [26]
1944 Bolu-Gerede [22]	7.2		10					Taşman [11] recommended after this earthquake that wooden buildings should be preferred masonry building
1939 Erzincan [22]	7.9		20					500 wood houses were taken from Austria just after the earthquake and constructed within four months. These houses were well appreciated and used long time by the people lived in Erzincan [27]
1894 İstanbul								concluded that timber structures outperformed masonry buildings even if they were old and poorly built [1]

Le testimonianze scientifiche e interessanti



Turkey earthquakes and damages of buildings

Earthquakes

12.11.99 Duzce
17.08.99 Kocaeli



Behaviour of traditional wooden buildings

Wooden buildings have been discussed most after these earthquakes.

Many **traditional timber framed buildings were performed better** than the other buildings with different materials.

Le testimonianze scientifiche e interessanti

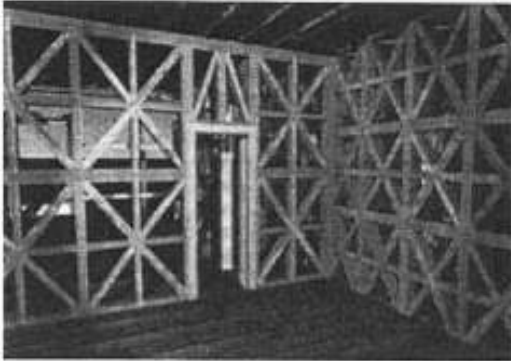


This two-story wood frame dwelling underwent a lateral displacement of more than 0.5 m as illustrated by the slant in the porch columns, and also fell more than 0.5 m from its foundation due to lack of adequate anchorage and support
(1983, Coalinga Earthquake - California)



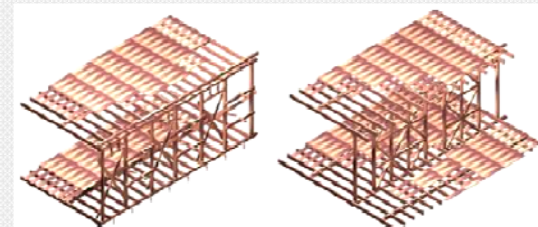
This one-story wood frame dwelling slid on its foundation by approximately 1.0 m
(1983, Coalinga Earthquake - California)

Le testimonianze scientifiche e interessanti



Terremoto de Lisboa,
occoreu no dia 1 de Novembro de 1755
novo Sistema Antisismico

- Sebastião José de Carvalho e Melo, Marquês de Pombal ou Conde de Oeiras (1699- 1782), nobre e estadista português; Primeiro Ministro do rei D. José (1750-1777)
- frontal pombalino, formadas por umatreliça de madeira preenchida com elementos cerâmicas e rebocada ... A introdução das paredes em frontal pombalino pretendia conferir aos edifícios a capacidade resistente necessária **para dissiparem toda a energia transmitida pelas acções horizontais**, sem que sofressem estragos consideráveis na totalidade da sua estrutura.



La costruzione in legno e la sismica

promo_legno

Le testimonianze scientifiche e interessanti

Le costruzioni in legno più vecchie esistenti ... si trovano in Giappone



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012



One of the oldest surviving timber structures in the world is the Horyuji temple, which was built at the start of the 8th century.

These buildings have outlasted many earthquakes including the Kobe-earthquake in 1995.

La costruzione in legno e la sismica

promo_legno

Le testimonianze scientifiche e interessanti

Le costruzioni in legno più vecchie esistenti ... e più vicine del Giappone



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

... si trovano nelle zone alpine
maggiormente soggette al
rischio sismico



Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 13

La costruzione in legno e la sismica

promo_legno

Le testimonianze scientifiche e interessanti

Le costruzioni in legno più vecchie esistenti ... si trovano in Giappone



Sakyamuni Pagoda, Fogong Temple
(NW Ying County, Prov. Shanxi)

$h_{\text{tot}} = 67.31 \text{ m}$

costruito da Qing Ning nel 1056



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 14

La costruzione di legno moderna

promo_legno

Ieri come oggi ? No, per tante ragioni

- esigenze architettoniche e strutturali
- aspetti energetici ed ecologici
- aspetti particolari divenuti più importanti
- richiesta di prestazioni elevate



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012



Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 15

La costruzione di legno moderna

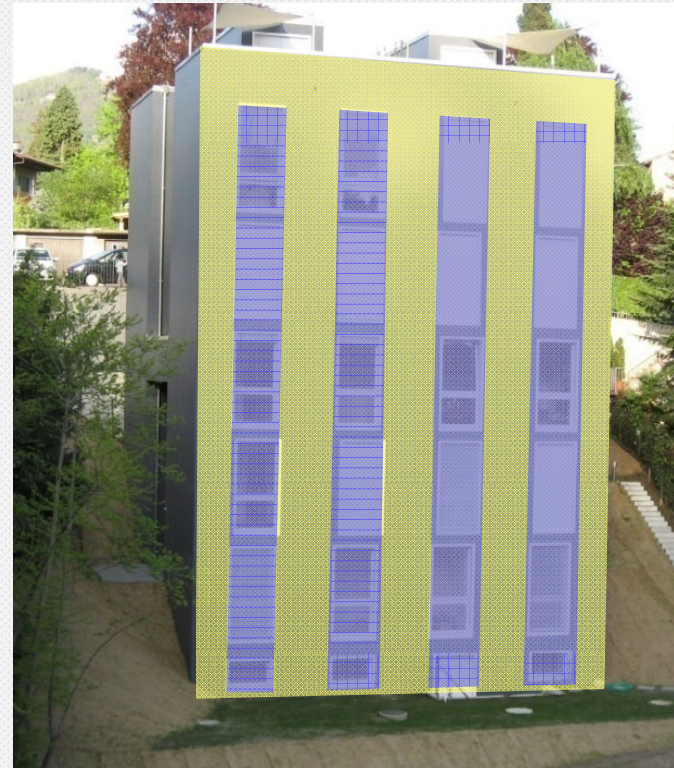
promo_legno

Ieri come oggi ? No, per tante ragioni

- esigenze architettoniche e strutturali
- aspetti energetici ed ecologici
- aspetti particolari divenuti più importanti
- richiesta di prestazioni elevate



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012



Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 16

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

Il peso ridotto

- interessante per la lavorazione, il trasporto e il montaggio
- struttura e costruzione leggera
- **interessante anche in caso di evento sismico**



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012



Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 17

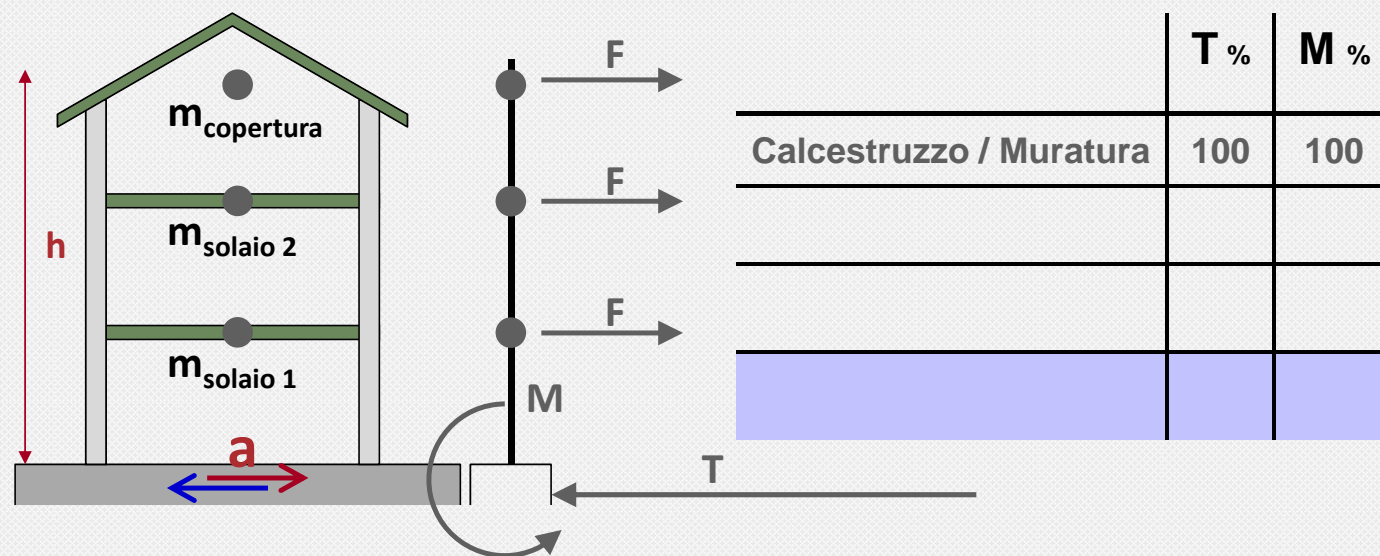
La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La costruzione in legno ha una massa ridotta

Le forze in gioco dipendono dalla massa

- le forze sono data da $F = \text{massa} \times \text{accelerazione}$
- massa legno = ca. 1/4 massa calcestruzzo
- costruzione in legno: forze ridotte al 25%



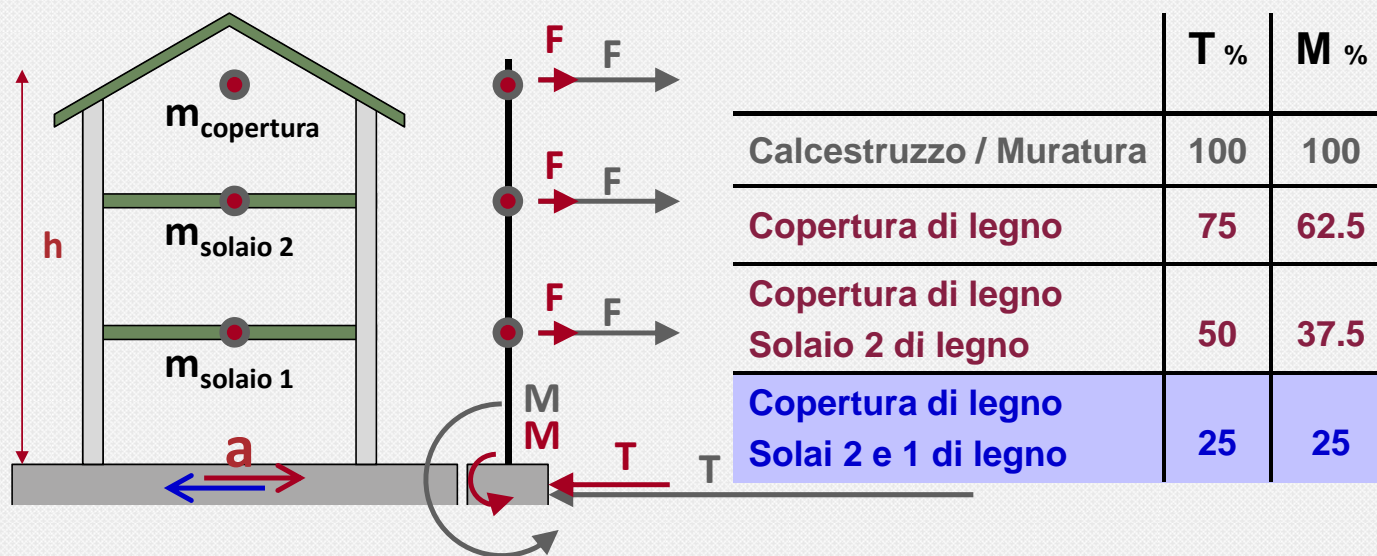
La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La costruzione in legno ha una massa ridotta

Le forze in gioco dipendono dalla massa

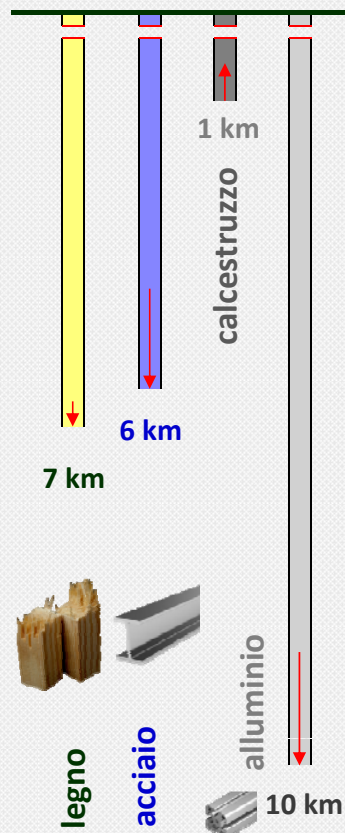
- le forze sono data da $F = \text{massa} \times \text{accelerazione}$
- massa legno = ca. 1/4 massa calcestruzzo
- costruzione in legno: forze ridotte al 25%



La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

Il legno ha una resistenza eccellente



I materiali a confronto

- la lunghezza di rottura a strappo
- il legno non è più debole dell'acciaio

Il legno offre:

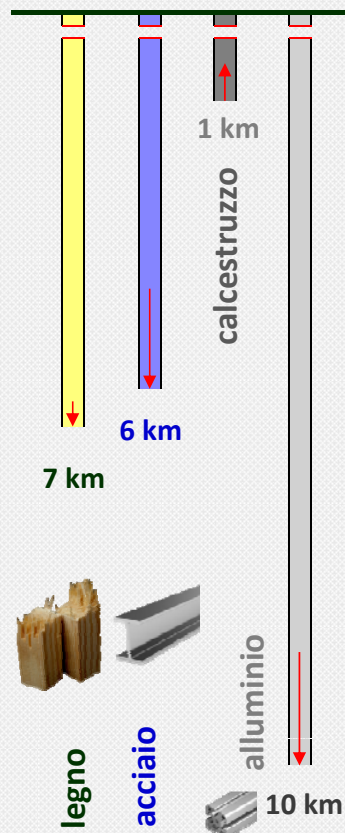
- leggerezza
- resistenza



La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

Il legno ha una resistenza eccellente

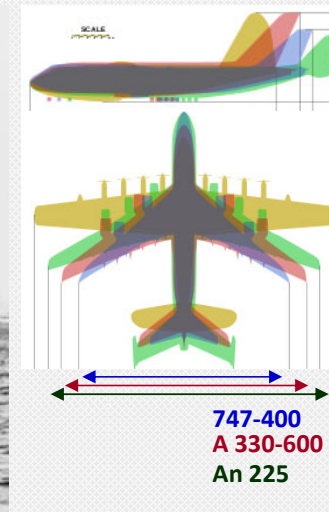


I materiali a confronto

- la lunghezza di rottura a strappo
- il legno non è più debole dell'acciaio

Il legno offre:

- leggerezza
- resistenza



La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La rigidezza - la facoltà di deformarsi sotto sollecitazione

- buona in realzione all'impegno strutturale
- spesso ridotta se paragoanta ad altri materiali
- situazione interessante anche in caso di evento sismico



Prove su un modello di edificio XLAM a un piano - pianta 7 x 7 m

Prove pseudo-dinamiche del DIMS - Uni Trento - Prof Piazza

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La rigidezza - la facoltà di deformarsi sotto sollecitazione

- buona in realzione all'impegno strutturale
- spesso ridotta se paragoanta ad altri materiali
- situazione interessante anche in caso di evento sismico



Prove su un modello di edificio XLAM a un piano - pianta 7 x 7 m

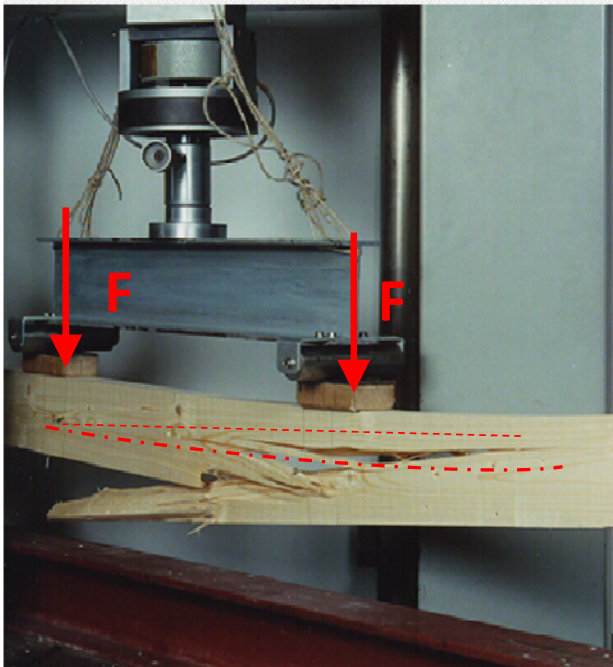
Prove pseudo-dinamiche del DIMS - Uni Trento - Prof Piazza

La costruzione di legno e il sisma

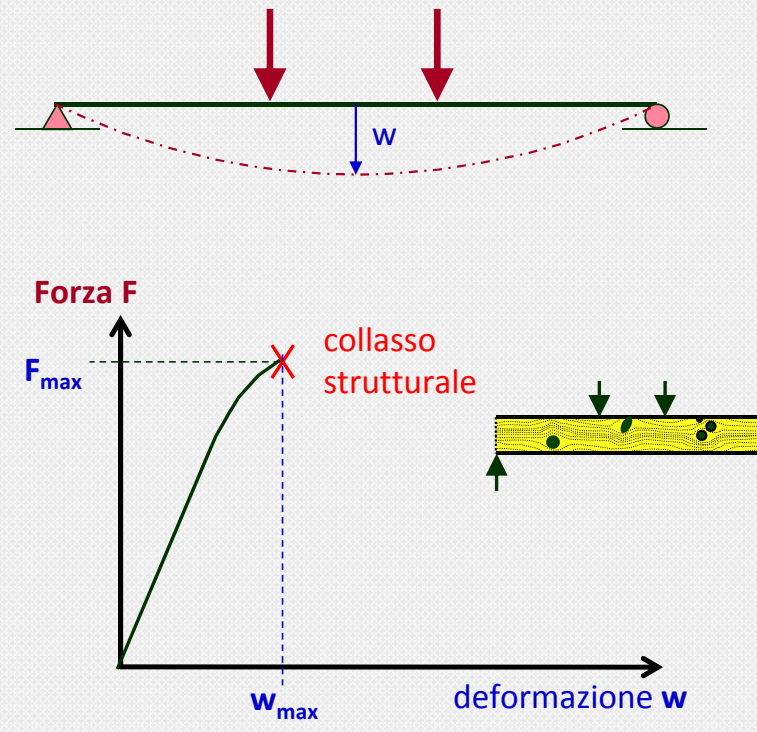
promo_legno

La fragilità del legno - il collasso strutturale senza grandi deformazioni

- l'aspetto meno favorevole del legno
- la mancanza di duttilità **del materiale**
- da tener presente nello studio del comportamento sismico



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012



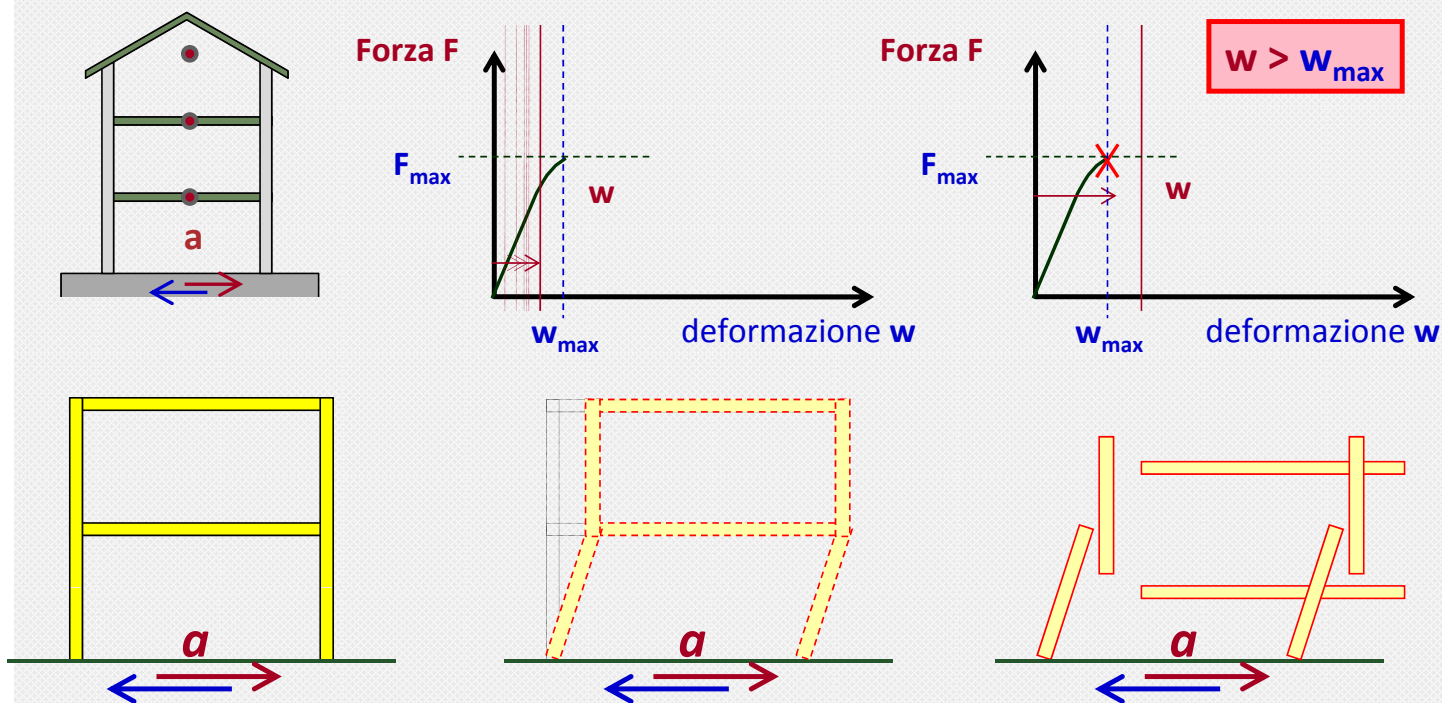
Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 24

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

L'effetto del sisma

- spostamento imposto delle fondamenta
- deformazione della struttura quale conseguenza
- sollecitazioni della struttura



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

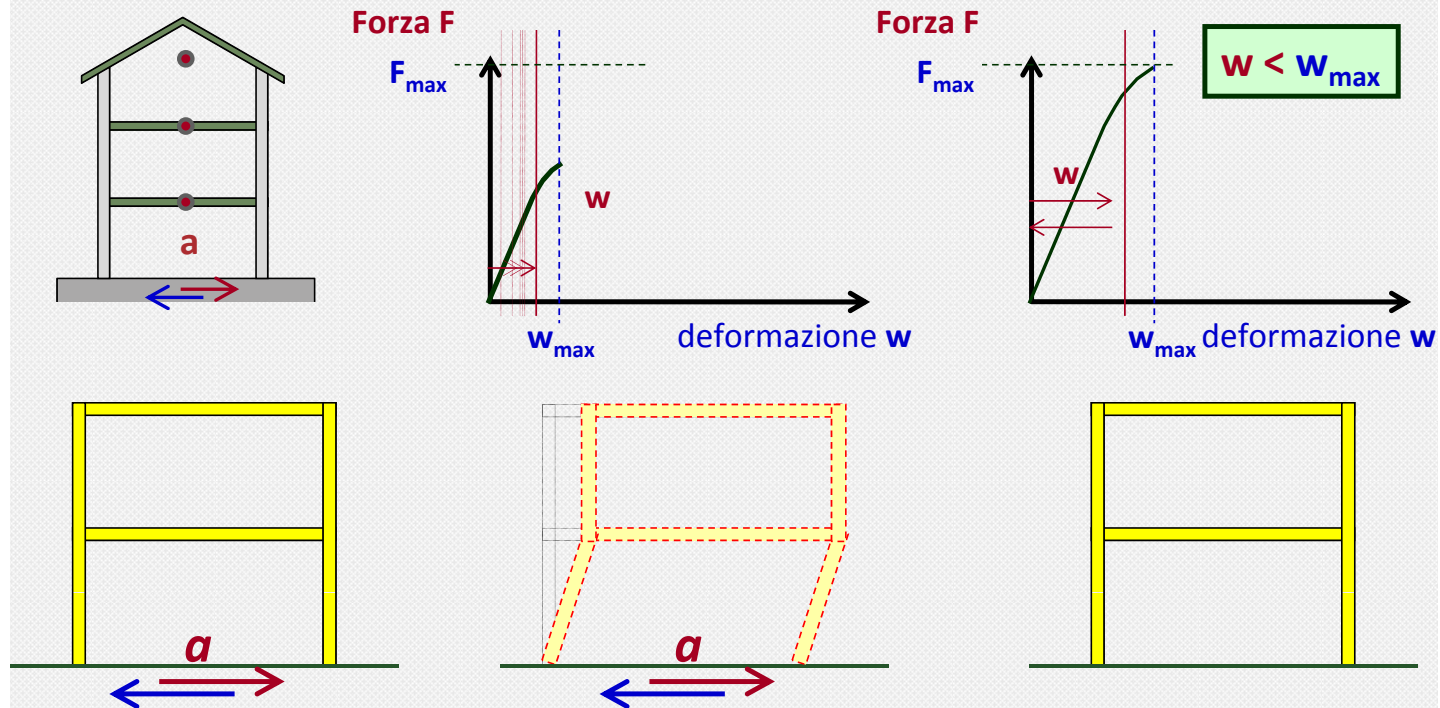
Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 25

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La resistenza al sisma è data

- da una **resistenza sufficientemente grande**
- deformazione della struttura quale conseguenza
- **sollecitazioni della struttura da gestire**

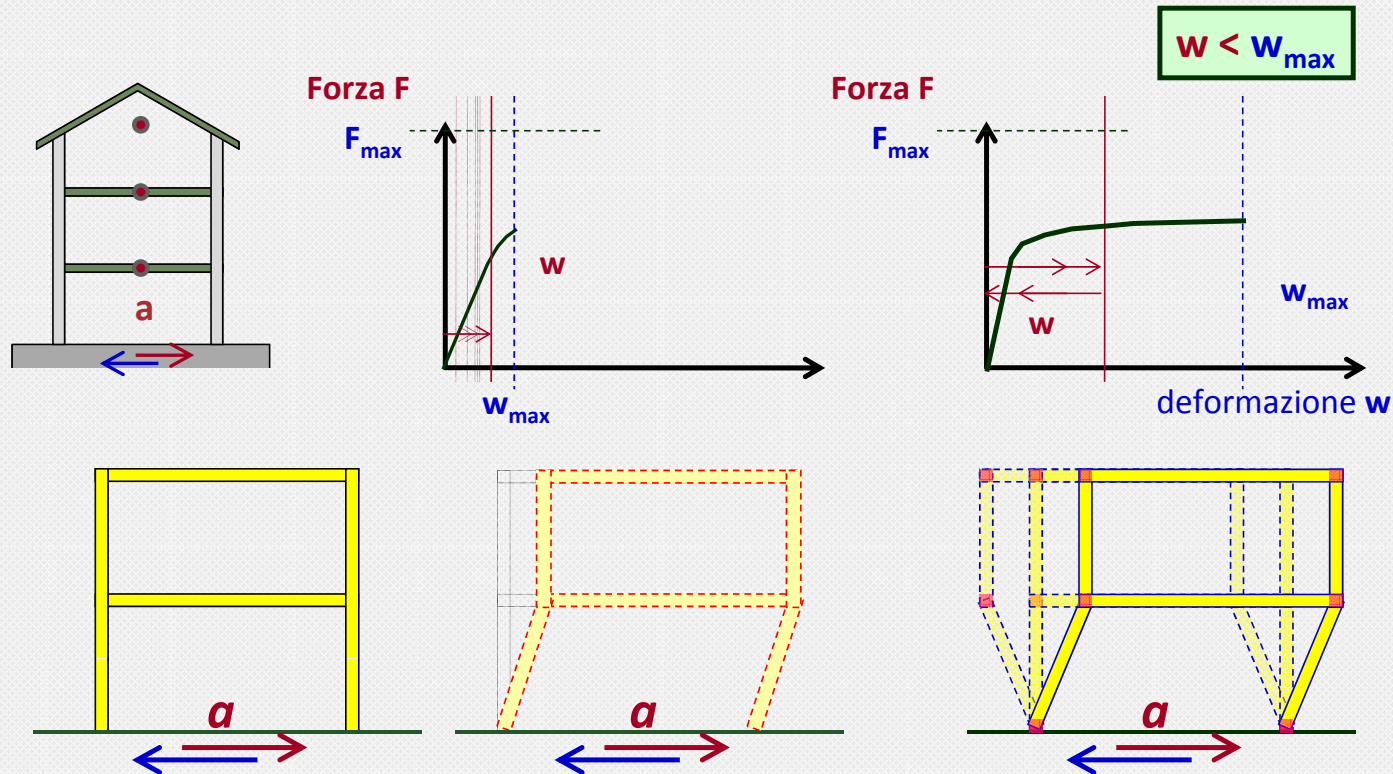


La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La resistenza al sisma è data

- da una **duttilità sufficientemente grande**
- deformazione della struttura importante possibile e accettata
- sollecitazioni e defromazioni della struttura da gestire

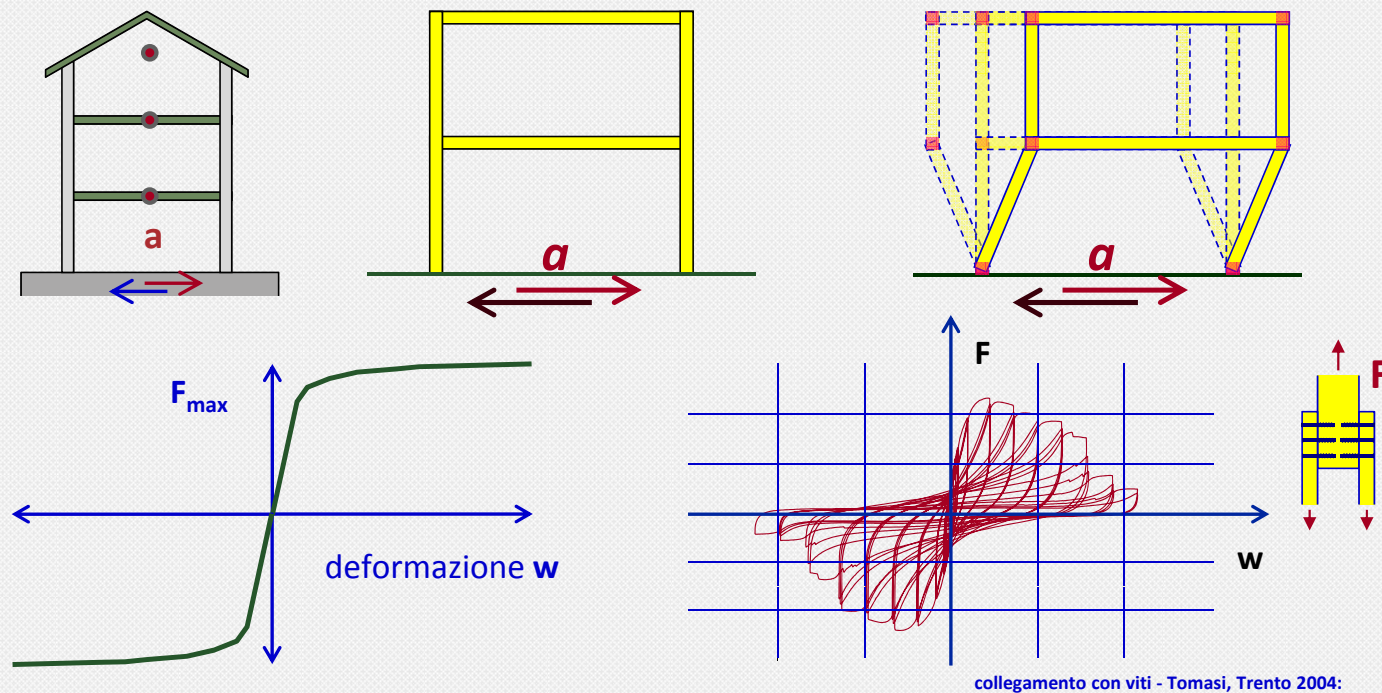


La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La resistenza al sisma è data

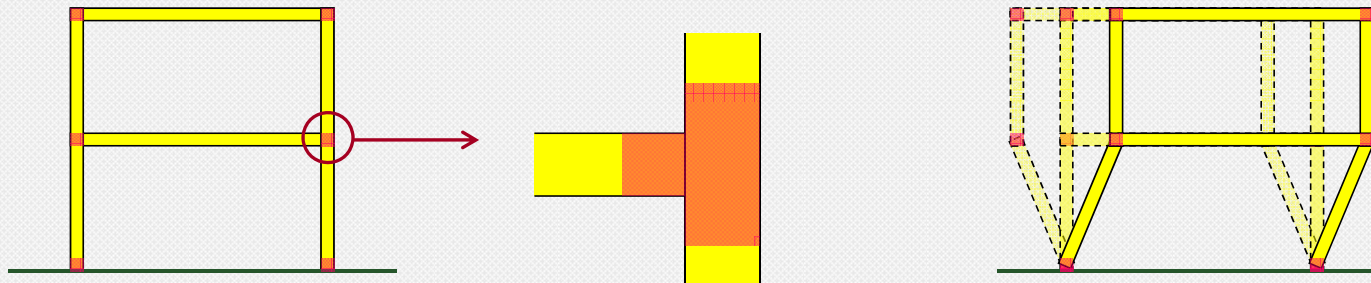
- da una **duttilità sufficientemente grande**
- deformazione della struttura importante possibile e accettata
- **sollecitazioni e defromazioni della struttura da gestire**



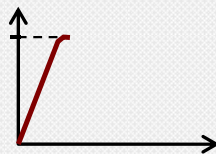
La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

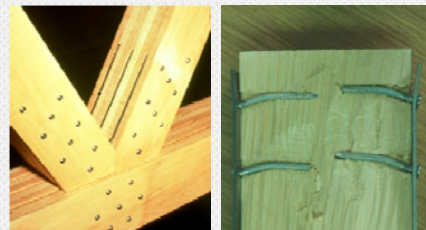
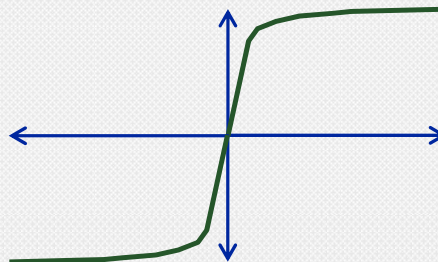
La resistenza al sisma è data dal comportamento della struttura



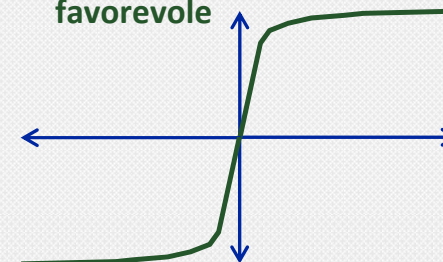
Elementi in legno:
- resistenti ma fragili



Collegamenti metallici:
- comportamento interessante



Combinazione - struttura:
- comportamento favorevole



La costruzione di legno e il sisma

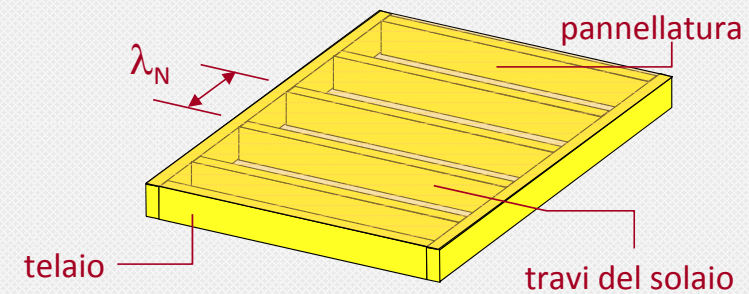
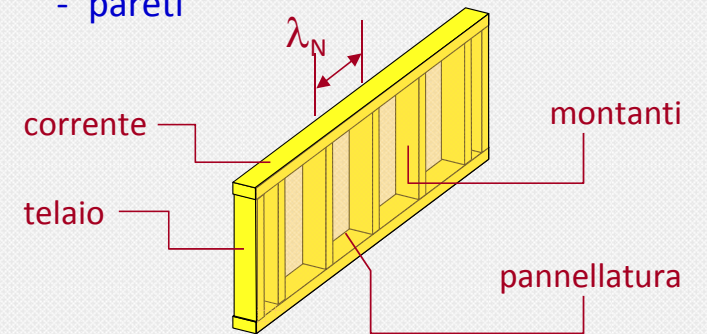
promo_legno

La struttura intelaiata degli edifici



- Elementi strutturali piani

- solai
- pareti

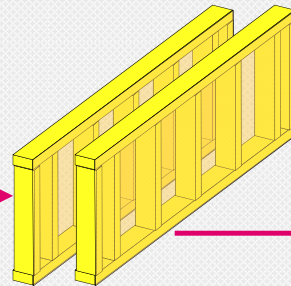
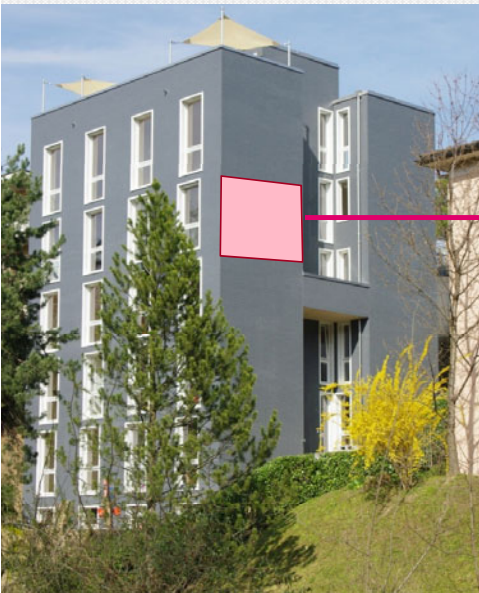
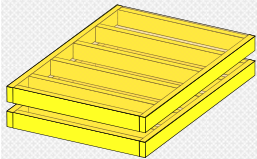


La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura intelaiata degli edifici

Esempio di edificio multipiano con tutti gli elementi strutturali in legno



- Telaio e montanti
 - lamellare / massiccio
- Pannellatura
 - OSB



La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura intelaiata degli edifici

Comportamento favorevole in caso sismico

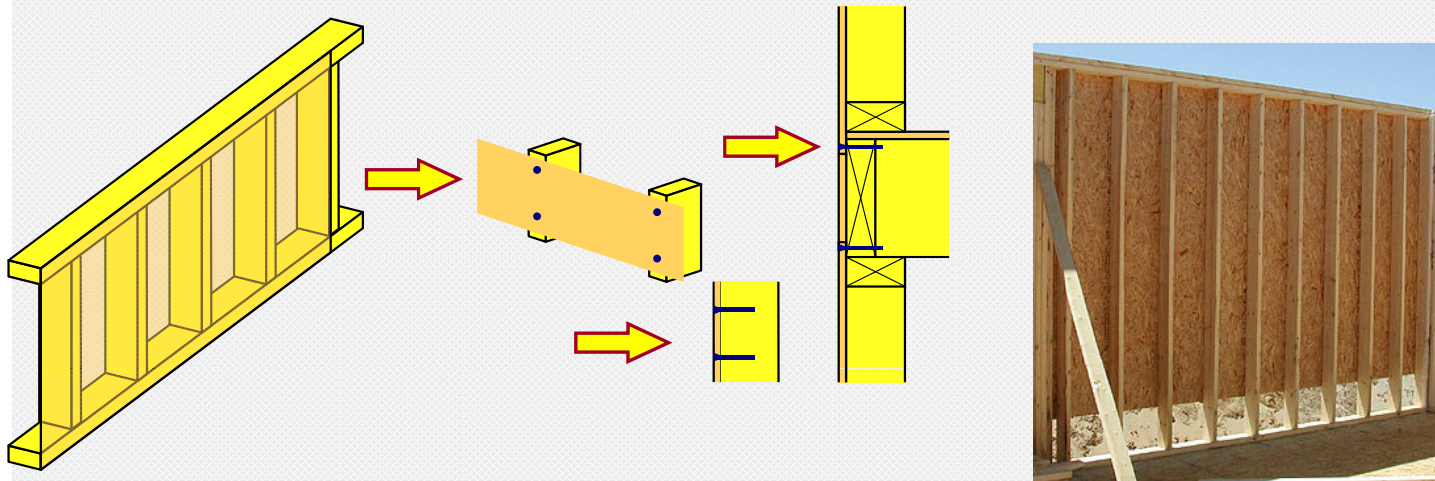
Molti collegamenti ben distribuiti sulla struttura:

- collegamenti con elementi metallici all'interno di pareti e solai
- collegamenti con elementi metallici fra pareti e solai

Coefficiente di comportamento q :

- **fino** a $q = 5$
- diverse condizioni da rispettare

Collegamenti



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 32

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura intelaiata degli edifici

Comportamento favorevole in caso sismico

Molti collegamenti ben distribuiti sulla struttura:

- collegamenti con elementi metallici all'interno di pareti e solai
- collegamenti con elementi metallici fra pareti e solai

Coefficiente di comportamento q :

- **fino** a $q = 5$
- diverse condizioni da rispettare



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012



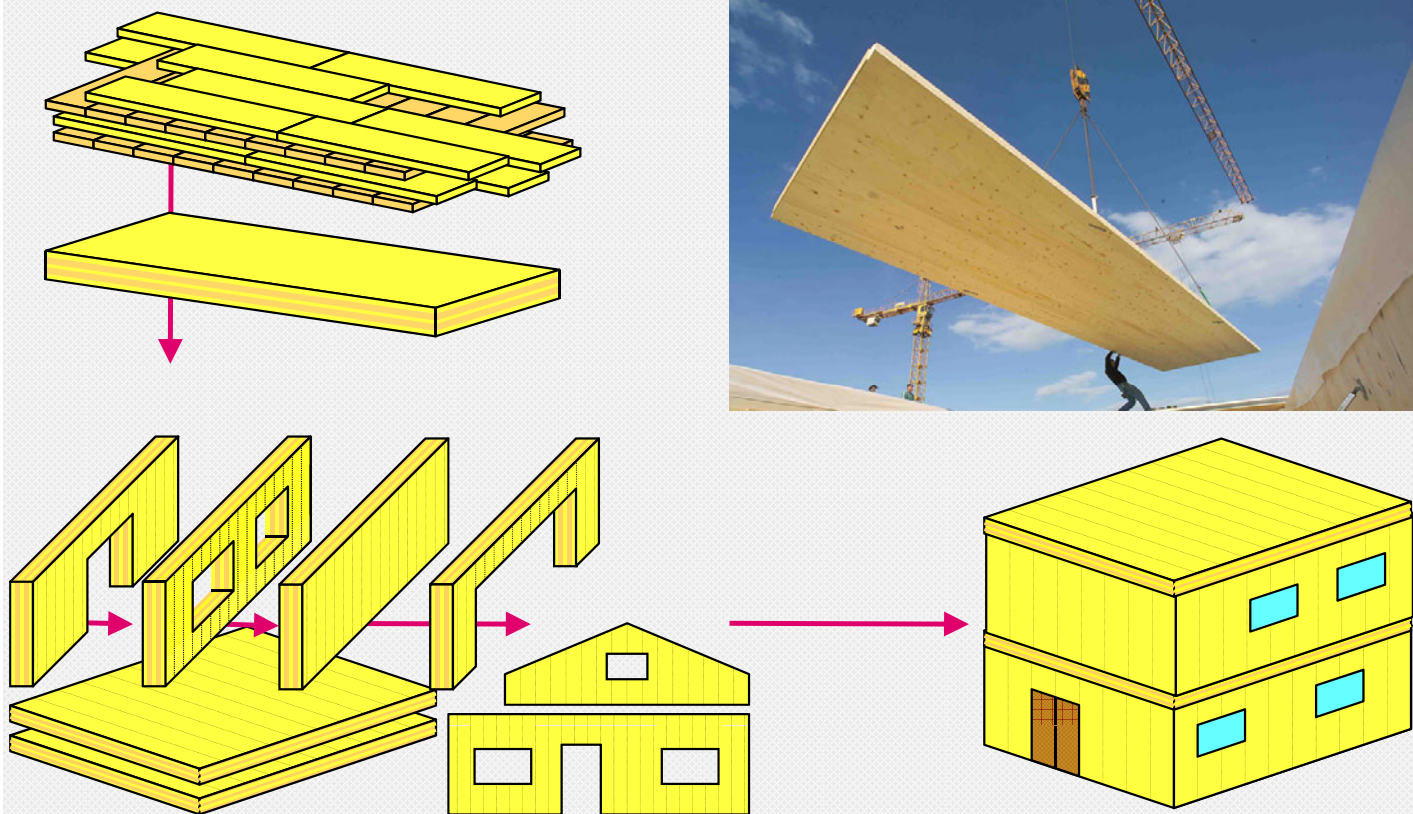
Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 33

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura XLAM degli edifici

Comportamento favorevole in caso sismico



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 34

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura XLAM degli edifici

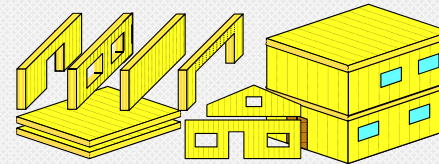
Comportamento favorevole in caso sismico

Colelgamenti fra i singoli pannelli:

- collegamenti con elementi metallici all'interno di pareti e solai
- collegamenti con elementi metallici fra pareti e solai

Coefficiente di comportamento q :

- **fino** a $q = 2$
- resistenza molto elevata
- diverse condizioni da rispettare



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 35

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura dei capannoni in legno

Comportamento favorevole in caso sismico

Colelgamenti fra i singoli elementi dei telai:

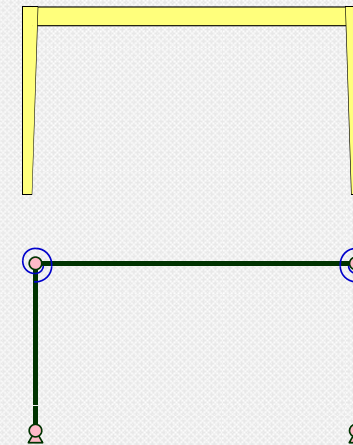
- collegamenti con elementi metallici

Indice di comportamento q :

- **fino** a $q = 2.0$
- resistenza elevata
- diverse condizioni da rispettare



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012



Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 36

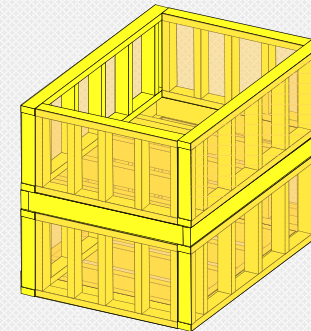
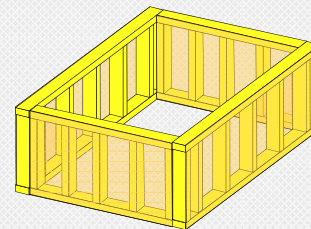
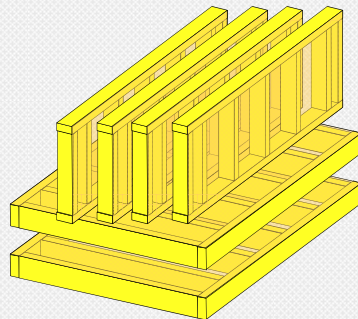
La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

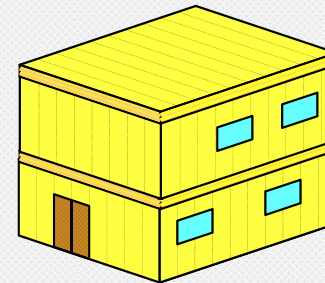
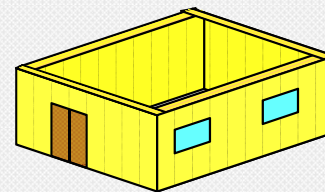
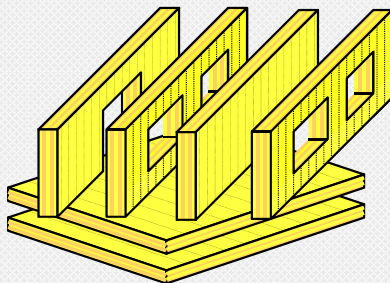
La struttura degli edifici di legno è di tipo scatolare e 3D

cioè composta da pareti e solai strutturali

Costruzione intelaiata



Costruzione XLAM



**La struttura scatolare distribuisce le forze su tutta la struttura
è particolarmente interessante per il caso di azioni sismiche**

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

Le regole di base dell'ingegneria sismica devono essere rispettate



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Simmetria in pianta

- geometrica
- strutturale

Regolarità dell'elevazione

- resistenza
- rigidità

Ridondanza strutturale

- struttura scatolare - 3D
- continuità strutturale



Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 38

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

Le regole di base dell'ingegneria sismica devono essere rispettate



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Simmetria in pianta

- geometrica
- strutturale

Regolarità dell'elevazione

- resistenza
- rigidezza

Ridondanza strutturale

- struttura scatolare - 3D
- continuità strutturale



Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 39

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

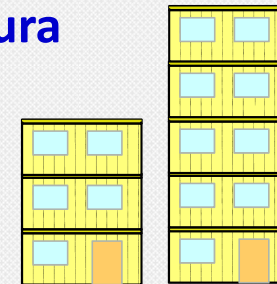
L'edilizia in legno multipiano e urbana

La struttura 3D e il sisma

- struttura adatta
- rispetto delle regole di base dell'ingegneria sismica

L'analisi strutturale e la definizione della struttura

- considerazione strutturale 3D
- rigidità globale e locale
- modelli di calcolo approfonditi necessari
- **effetto di connessioni e collegamenti**
- affidabilità dei modelli numerici da valutare



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 40

La costruzione di legno e il sisma

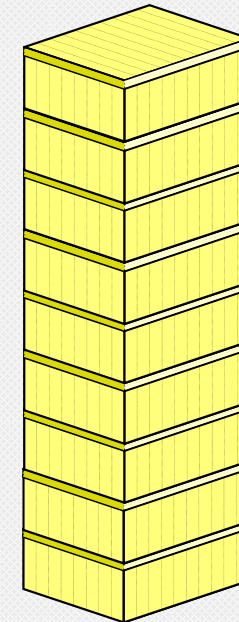
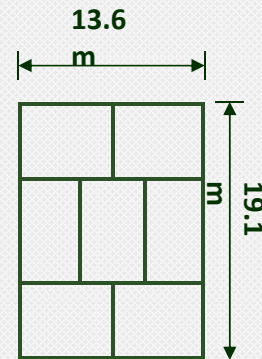
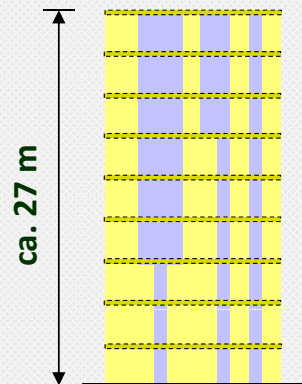
promo_legno

La struttura dell'edificio di grandi dimensioni



Struttura portante di 9 piani

- composta da pareti e solette XLAM
- struttura completamente di legno
- vano scale/lift con struttura XLAM



La costruzione di legno e il sisma

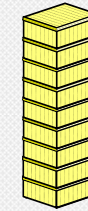
promo_legno

Requisiti di base dell'ingegneria sismica



Principi essenziali con effetto progettuale

- semplicità
- **regolarità**
- **ridondanza**



Semplicità

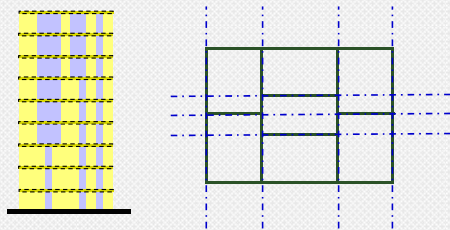
- vani scale centrali e continui
- pareti esterne e interne portanti continue
- balconi e simili quali prolungamenti della struttura

Regolarità

- in pianta e in elevazione
- simmetrie del progetto e della struttura
- continuità dei setti verticali e orizzontali
- struttura scatolare XLAM

Ridondanza

- struttura scatolare
- continuità delle superfici strutturali - collegamenti



Requisiti rispettati senza riserve dal progetto



La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

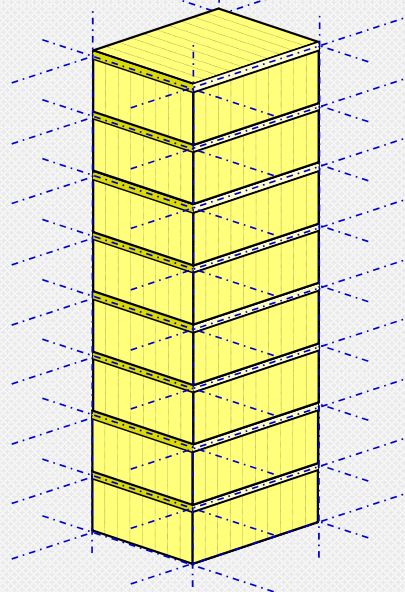
La struttura portante è composta dalle superfici e dai collegamenti

La struttura portante globale

- struttura scatolare (3D)
- composta dall'unione delle singole superfici (2D) strutturali
- i collegamenti - cioè le "linee strutturali" (1D) - sono un elemento essenziale

Struttura scatolare

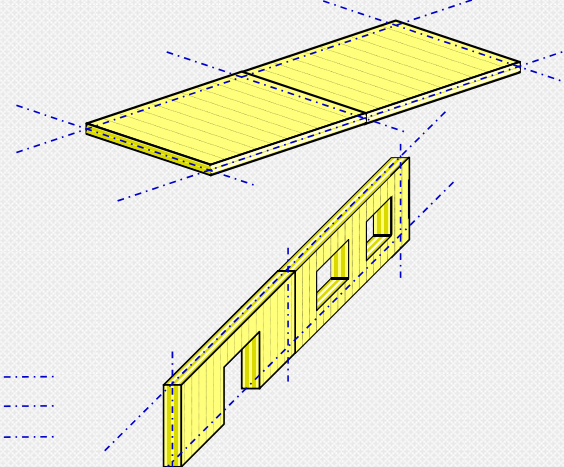
3 D



$$3D = 2D + 1D$$

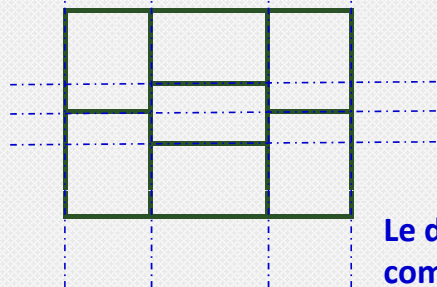
Superfici strutturali

2 D



Linee di
collegamento

1 D



Le dimensioni dei singoli pannelli e la composizione dell'insieme è rilevante

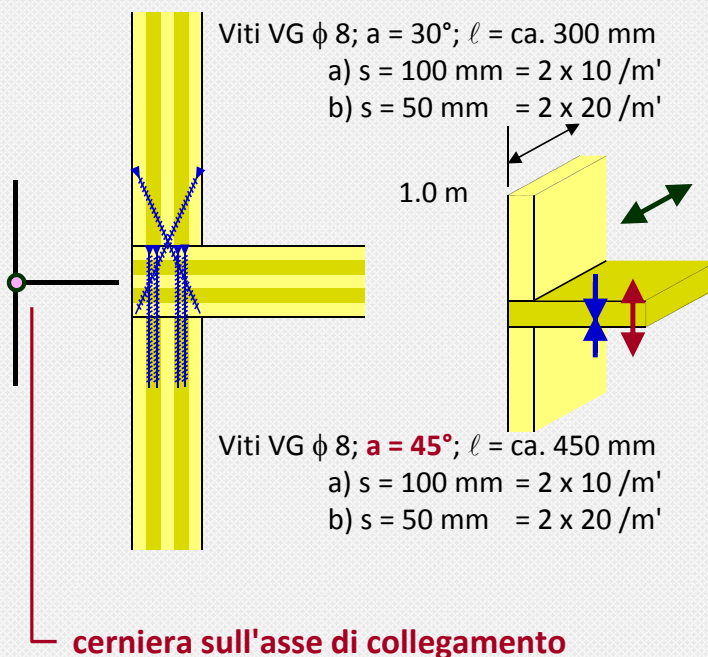
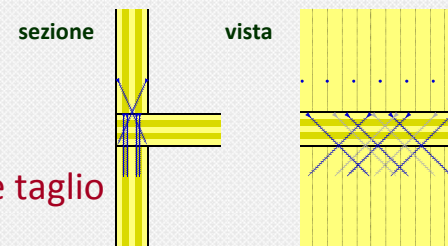
La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

Caratteristiche meccaniche dei collegamenti

Definizione per i collegamenti - tipo

- resistenza a trazione, compressione e taglio
- rigidità di riferimento a trazione, compressione e taglio



R_d [kN]			K_{ser} [kN/mm]		
a	b		a	b	
40	80		24.0	48.0	
112	224		47.0	93.0	
446			585		

Compressione: contatto

Trazione: collegamento meccanico

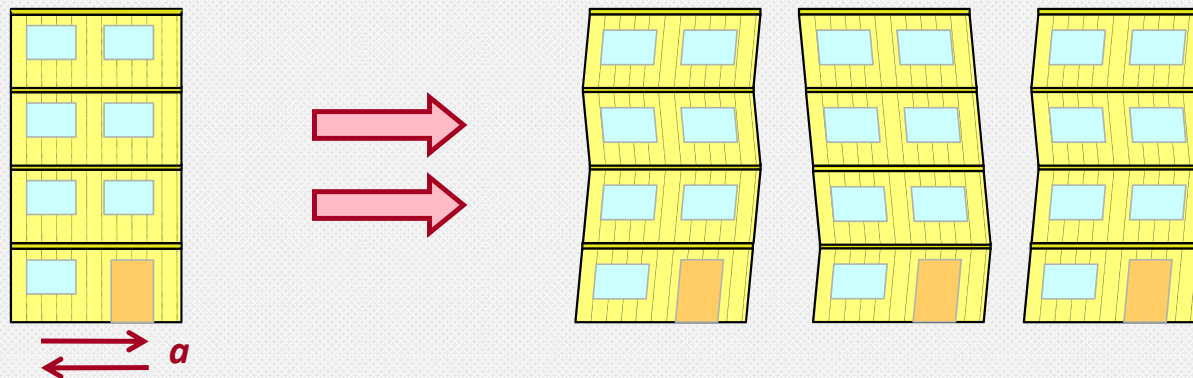
Taglio: collegamento meccanico

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La costruzione in legno ... ha una massa ridotta

... presenta un comportamento favorevole in caso di sisma



Favorevoli alla resistenza sismica sono ...

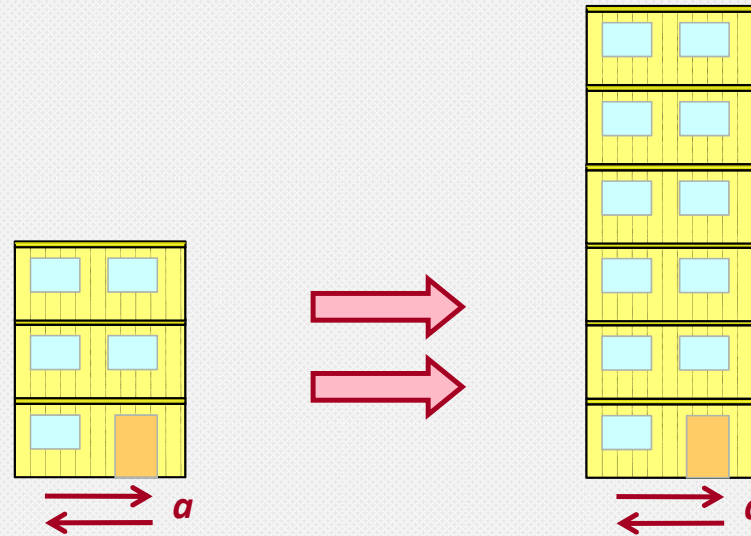
- le strutture di legno:
 - peso ridotto
 - caratteristiche meccaniche del legno
 - caratteristiche delle connessioni fra elementi
- gli elementi piani in generale

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La costruzione in legno ... ha una massa ridotta

... presenta un comportamento favorevole in caso di sisma



Costruzioni moderne, multipiano in legno

- aumento del numero di piani possibile
- spesso senza misure ulteriori contro il sisma



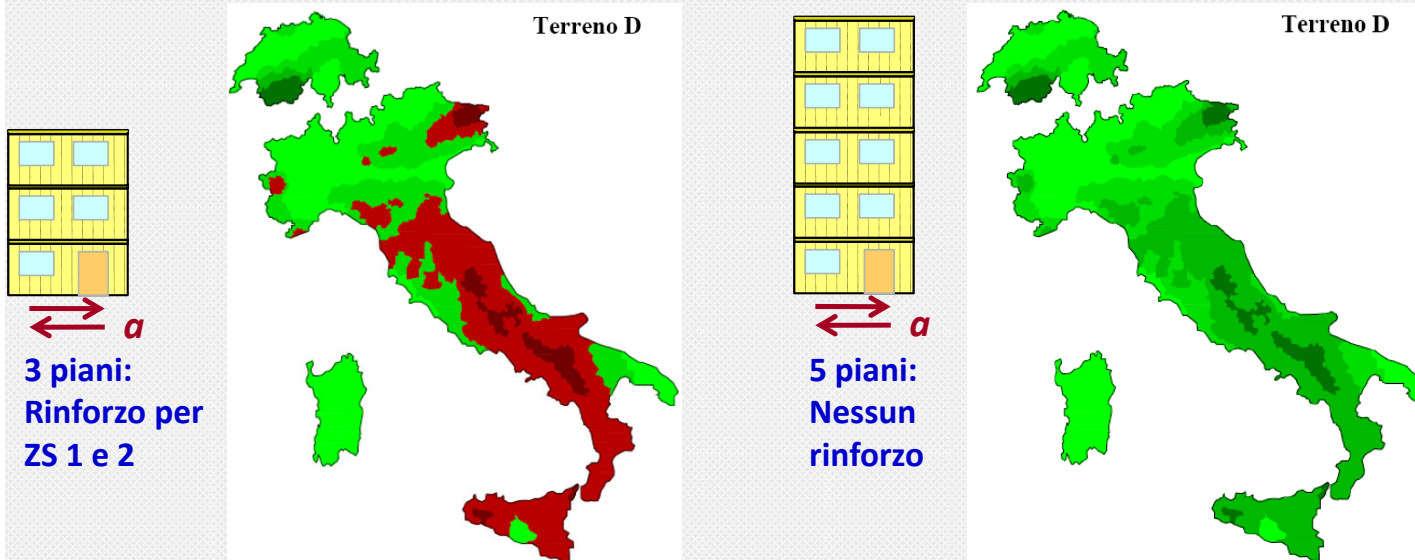
La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura in legno ... e il rischio sismico

Caso concreto e reale: edificio abitativo interamente in legno

- struttura dimensionata secondo i carichi statici (compreso il vento)
- analisi strutturale sismica e determinazione delle zone sismiche in cui un rinforzo strutturale è necessario



Zone in verde: nessun rinforzo strutturale necessario

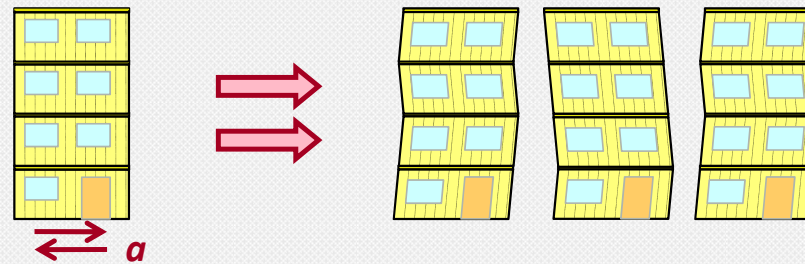
Zone in rosso: rinforzo strutturale necessario

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura in legno ... e il rischio sismico

- il legno è leggero
- il legno si deforma in modo importante



- la struttura di legno è resistente e solida
- la struttura di legno assorbe in modo ottimale il sisma

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

La struttura in legno ... e il rischio sismico



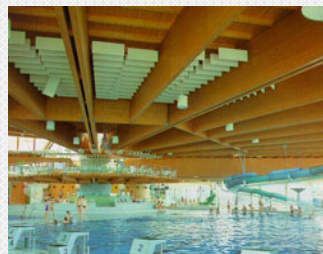
**Prova su tavola vibrante di un edificio di 7 piani, con piante di 7 x 7 m:
Progetto Prof. Ario Ceccotti, IVALSA CNR, tavola vibrante in Giappone**

La costruzione di legno e il sisma

promo_legno

Conclusioni

- materiali e tecnologie moderne e attuali
- prestazioni meccaniche e tecniche adatte alle esigenze
- soluzioni interessanti e adeguate anche per le zone sismiche



Dr. A. Bernasconi
Ferrara, 12 ottobre 2012

Convegno - Costruire in sicurezza in zona sismica
La costruzione in legno in zona sismica - 50