

Caratteristiche antisismiche, restauro, nuove costruzioni. Il futuro, progettare con il legno?

Nicola RUGGIERI

Le caratteristiche antisismiche, il restauro, i criteri progettuali per le nuove costruzioni, relativi alle strutture di legno e ad alcuni suoi derivati, nello specifico lamellare e cross-lam, sono stati gli argomenti principali di una giornata seminariale che si è tenuta a Cosenza, all'Università della Calabria, nell'Aula Magna, il 10 luglio scorso. (Fig.1)



Fig. 1 Locandina del seminario.

L'evento è stato voluto e coordinato dal Prof. Raffaele Zinno nell'ambito del progetto **RISPEISE** (**R**ete Internazionale per lo **S**cambio di buone **P**ratiche in **E**dilizia **I**nnovativa, **S**ismicamente sicura, **E**cosostenibile), in collaborazione con il Dipartimento di Modellistica per l'Ingegneria ed il laboratorio Smart-Lab dell'Università della Calabria.

L'iniziativa è stata supportata dalla Regione Calabria e patrocinata da Ance Cosenza, Confindustria Cosenza, Ordine Architetti Cosenza, Ordine Ingegneri Cosenza ed Ordine Provinciale Dottori Agronomi e Forestali di Cosenza.

Ha assistito l'Arch. Luciano Garella, Soprintendente per i Beni Architettonici e Paesaggistici delle Province di Cosenza, Catanzaro e Crotona.

Ha moderato il Dott. Almerico Ribera, giornalista specialistico del legno. (Fig.2)



Fig. 2 Alcuni partecipanti al seminario in visita al Castello Svevo di Cosenza. In primo piano Prof. Crisci, (proseguendo verso sinistra) il Prof. Ceccotti, il prof. Totaro, l'Arch. Ruggieri.

I vari contributi hanno trovato ordine e suddivisione in due sessioni, la mattina con relazioni riguardanti le strutture di legno antiche, attorno alle comunicazioni cardine del Prof. Arch. Ing. Gennaro Tampone, tra le varie cariche, Presidente dell'*ICOMOS International Wood Committee*, e del Prof. Ing. Nicola Totaro, docente all'Unical ed esperto di meccanica e statica muraria, mentre il pomeriggio sono stati trattati argomenti relativi alle nuove costruzioni di legno con, tra le altre, la *lectio magistralis* del Prof. Ing. A. Ceccotti, Direttore del CNR Ivalsa, riguardante le caratteristiche meccaniche ed il comportamento antisismico delle strutture in *cross-lam*.

Durante la giornata seminariale il Prof. Zinno ha presentato i dettagli organizzativi del Progetto RISPEISE, iniziativa che s'inserisce all'interno del PON FSE 2007-2013 di competenza dell'Assessorato delle Politiche Europee della Regione Calabria guidato dall'On. Giacomo Mancini, in un quadro di interventi che coinvolge anche l'Università di Reggio Calabria e di Catanzaro. (Fig.3)



Fig. 3 Il Prof. Zinno, responsabile scientifico del Progetto RISPEISE.

I lavori sono stati aperti dal Magnifico Rettore, Prof. Giovanni La Torre e dal Preside della Facoltà d'Ingegneria, Prof. Paolo Veltri, con una prolusione alle tematiche, evidenziando l'importanza delle strutture di legno e del patrimonio boschivo presente in Calabria, sottolineandone le molteplici valenze ed auspicandone, per entrambi, una valorizzazione. (Fig. 4)



Fig. 4 Apertura dei lavori (da sinistra) il Prof. Zinno, responsabile scientifico del Progetto RISPEISE; il Prof. Veltri, Preside della facoltà d'Ingegneria; Il Magnifico rettore dell'Unical, Prof. La Torre; il Prof. Tampone, Presidente ICOMOS International Wood Committee; il Dott. Ribera, moderatore del seminario.

Il primo contributo, dal titolo *"Il Patrimonio di strutture e architetture di legno"*, è stato del Prof. **Arch. Ing. G. Tampone**, con un'approfondita disamina dell'evoluzione delle strutture di legno antiche, descrivendone lo sviluppo dall'architettura egizia, continuando in un percorso attraverso le sue ultime intuizioni relative alle rappresentazioni di strutture di legno, nello specifico cupole nell'architettura funeraria etrusca. (Fig.5)



Fig. 5 Ipogeo dei Volumni, Perugia, età ellenistica. Rappresentazione di cupola di legno "a filari aggettanti".

Sono stati presentati quindi gli studi svolti dal conferenziere sulle carpenterie più antiche esistenti al mondo, le capriate di Santa Caterina del Sinai, (Fig.6), che hanno mostrato tra l'altro l'alta durabilità di elementi portanti di legno.

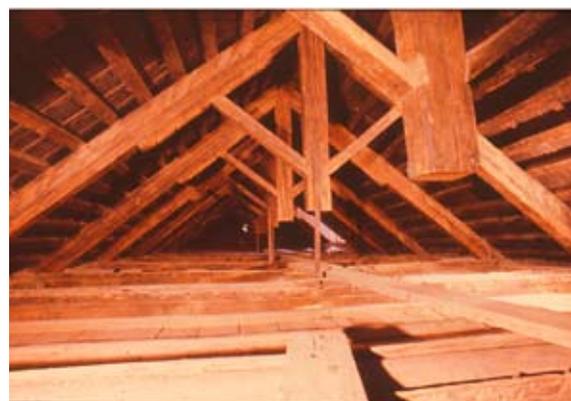


Fig. 6 Santa Caterina, fortezza del monte Sinai, VI sec. d.C. La carpenteria di copertura.

Altre riflessioni sono state svolte sulle strutture di legno come prototipi dei sistemi strutturali fondamentali: il Ponte di legno sul Danubio di Apollodoro di Damasco, raffigurato nella colonna Traiana a Roma costituisce, per esempio, il diretto predecessore nella configurazione strutturale e persino nei particolari tecnologici del più antico sistema strutturale in *ferro puddellato*, quello del famoso Ironbridge settecentesco nello Shropshire. Anche relativamente alle cupole con esempi desunti dall'architettura vernacolare e da quella di Venezia, San Marco nello specifico, il Prof. Tampone ha evidenziato una fonte fondamentale d'ispirazione per moderni Architetti, Nervi ad esempio.

L'esame di alcune invenzioni e realizzazioni di Leonardo, Vasari e Palladio hanno introdotto

all'analisi del patrimonio intellettuale di strutture lignee evidenziando come i sistemi strutturali sono l'espressione dell'ingegnosità dell'uomo nell'inventare dispositivi, applicazione di acute teorie matematiche. (Fig 7)

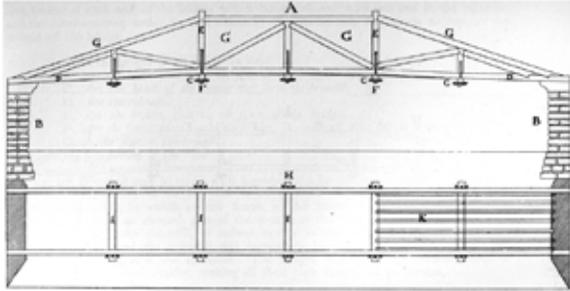


Fig. 7 Palladio, il ponte sul Cismon, XVI sec.

La conclusione, quasi un paradosso, è il tema dell'albero, in una "circolarità" sottolineata, origine della materia ed al contempo decisa ispirazione di contemporanee e forse future architetture, come quelle realizzate in legno da Tadao Ando per il Padiglione Giapponese all'Expo 92 di Siviglia ed il Centro Culturale Jean-Marie Tjibaou in Nuova Caledonia di Renzo Piano.

E' stato l'Arch. N. Ruggieri, appartenente al Dipartimento di Modellistica per l'Ingegneria dell'Unical, il secondo relatore, con un intervento dal titolo "Vulnerabilità/resistenza al sisma delle strutture di legno antiche", un'analisi storica-euristica di tipologie costruttive di legno calabresi, con particolare riguardo al comportamento nell'eventualità di azioni dinamiche dovute ai terremoti.

La presentazione è iniziata con una breve digressione intorno alle dimensioni del patrimonio boschivo calabrese ed alla sua valorizzazione perseguita da millenni, con utilizzo del legno soprattutto a scopi costruttivi, che ha comportato importanti benefici effetti economici e un avanzamento considerevole nello sviluppo tecnico e tecnologico delle civiltà che si sono avvicinate sul territorio regionale. Quindi il contributo comprende l'analisi di un modellino fittile di provenienza enotria del VI secolo a.C., risultato di un recente studio del relatore, che interpreta l'oggetto come una capanna con sistema strutturale definito secondo una intelaiatura lignea. (Fig.8)



Fig. 8 Rappresentazione virtuale di una capanna enotria desunta da modello fittile del VI sec. a.C.

Il manufatto, documento fondamentale al fine della comprensione dell'evoluzione tecnico-scientifica in periodo proto-storico, presenta su uno dei telai la prima rappresentazione di croce di sant'Andrea e quindi di membrature atte ad incrementare la rigidità di piano e rispondere, in un certo qual modo, ad azioni orizzontali. Il modellino, oltre ad una rappresentazione precisa e dettagliata dei nodi, del sistema strutturale di copertura costituito da due incavallature, ha offerto al conferenziere la possibilità di evidenziare nel manufatto la rappresentazione del fenomeno dell'instabilità molto prima di Leonardo ed Eulero, relativo ad un'asta costituente il controventamento. Proseguendo la relazione ha descritto le proprietà di rigidità di un solaio caratterizzato da un soffitto dipinto, appartenente al XVIII secolo, un orizzontamento costituito da un tavolato superiore ed un secondo connesso all'intradosso delle travi, dipinto appunto. (Fig.9)



Fig. 9 Tavolato dipinto, Cosenza, XVIII sec.

L'Architetto Ruggieri si è quindi soffermato sul sistema antisismico antico per eccellenza, la Casa Baraccata borbonica, esponendone le caratteristiche di resistenza nei confronti di azioni dinamiche e l'avvenuto "collaudo" dovuto al terremoto distruttivo che ha nuovamente colpito la Calabria meridionale ed il messinese nel 1908. (Fig 10)

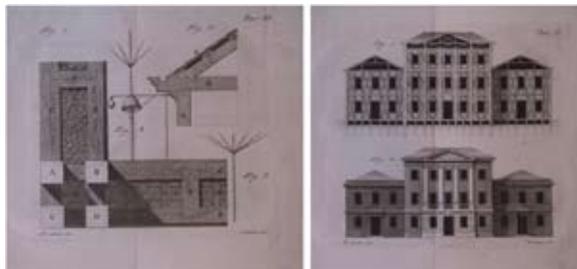


Fig. 10 Il sistema borbonico, XVIII sec., da Vivencio G., 1787, *Istoria de' tremuoti*, Napoli.

Il contributo è stato concluso con la descrizione del comportamento, in regime di azioni dinamiche, delle capriate antiche, per tale tipologia costruttiva, i nodi del tipo a gravità consentono una dissipazione di energia sismica mediante l'attrito che si genera all'interfaccia tra i collegamenti delle varie membrature e la plasticizzazione che si ottiene per la presenza di compressione perpendicolare alla fibratura.

Le strutture di legno sono frequentemente reperibili nell'edilizia storica, in associazione a costruzioni in muratura, con vari possibili meccanismi e dispositivi di collegamento, in un'ottimizzazione e mutualità strutturale e funzionale; tale argomento ha caratterizzato il successivo intervento del **Prof. Ing. N. Totaro**, con il titolo "*Interazione legno-muratura*". (Fig. 11)

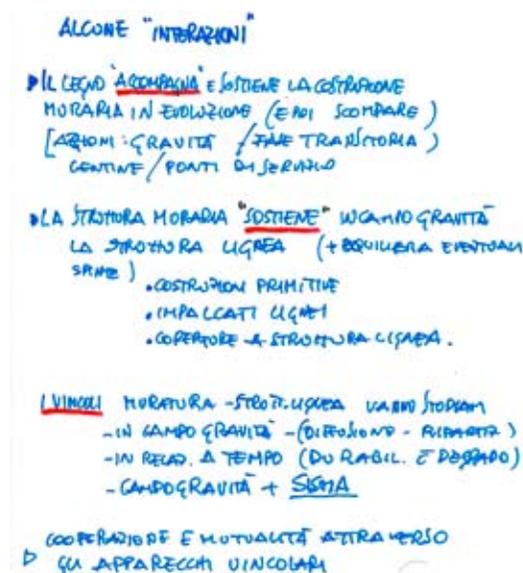


Fig. 11 Interazioni legno-muratura. Appunti.

Il contributo descrive la cooperazione tra legno e muratura che inizia dalle prime fasi della costruzione; infatti, almeno fino al XX secolo, i supporti necessari alla realizzazione di una costruzione in muratura, centine ed incastellature, sono di legno ed "accompagnano" la struttura muraria nella sua evoluzione. Tali dispositivi, segnalati oggi dalla presenza di buche e mensole, sono stati descritti dal relatore mediante alcuni esempi come Pont Saint Martin ad Ivrea (Fig. 12 Pont du Gard ed il Tempio di Diana a Nimes). Avanzando



Fig. 12 Il Pont Saint Martin ad Ivrea.

nei secoli, il Prof. Totaro dopo aver messo in risalto l'opera di Galilei relativamente alle sue sperimentazioni su travi di legno, precedute dalle osservazioni dell'Alberti e da Leonardo con eccezionali intuizioni intorno alla resistenza ed alla reologia di una trave, puntualizza e dimostra come la formula di resistenza a cui giunge lo scienziato pisano, da molti ritenuta errata (S. Di Pasquale, 1998) non è, al contrario, così lontana dal reale comportamento di una trave inflessa di legno.

L'analisi si sposta quindi descrivendo alcune tecniche d'intervento dettate dalle normative, "mode" definite, che hanno caratterizzato per esempio la fase 1955-1985, quando nel restauro monumentale veniva raccomandato l'utilizzo del c.a. anche in sostituzione del legno; il fallimento di queste proposizioni è risultato purtroppo evidente, con disastrose conseguenze, ha continuato il relatore, negli ultimi eventi tellurici che hanno caratterizzato la storia sismica dell'Italia, come quelli dell'Umbria e delle Marche. Nella fase seguita di terremoti del 1976 in Friuli e dell'Irpinia nel 1980, la tendenza, questa volta relativa al modello di calcolo, "scopriva" il metodo POR, che al fine di una sua applicazione,

necessitava di solai “infinitamente” rigidi nel piano. Tali impostazioni, in realtà solo imposizioni di calcolo, hanno quindi comportato per anni la realizzazione, nell’edilizia storica e monumentale di solai in c.a. in sostituzione di quelli di legno con effetti, anche in questo caso, dannosi sul comportamento antisismico di una struttura muraria. Il conferenziere inoltre, relativamente all’uso di prodotti *Fiber Reinforced Polymers*, ne disserta, comprendendoli in una nuova fase di “moda”, materiale che innegabilmente mostra elevatissime prestazioni a trazione, ma che proprio per tale motivo in alcuni casi risulta incompatibile con le resistenze ultime della muratura e che necessita una demitizzazione dalle sue reali caratteristiche di reversibilità. Questa parte della relazione è stata conclusa dal Relatore facendo alcune osservazioni circa l’ultima normativa sulle costruzioni, il DM 14.01.2008 dove, nella comprensione del comportamento dinamico delle murature, fondamentale diventa il software di calcolo e a tal proposito, parafrasando le parole di Zdenek P. Bazant nell’occasione della premiazione con la medaglia “Timoshenko” nel 2009, avverte che le simulazioni al computer devono essere avvalorate e confermate da opportune evidenze sperimentali. Il relatore interviene quindi sul dibattito particolarmente attuale relativo alla definizione del contributo dato dalla deformabilità dei solai lignei alla distribuzione dell’azione sismica alle pareti murarie: se si accetta il modello teorico costituito da *colonne e traverse* murarie, diventa difficile, ad opinione del conferenziere, considerare il solaio come un *croupier*, distributore alla muratura sottostante di forza derivante dal terremoto.

L’intervento termina con la presentazione di un filmato relativo ad un modello di *colonna muraria baraccata*, ovvero telai lignei con riempimento in muratura in pietrame caratterizzata da ridotta pezzatura, sottoposto ad azioni dinamiche. Tale sperimentazione è lasciata dal Prof. Totaro senza alcun commento; rimane nell’uditorio, con l’audio, la percezione del tormento delle murature direbbe Mastrodicasa, traducibile in dissipazione di energia sismica, a dimostrazione di una buona duttilità della struttura mista costituente il modello. (Fig.13)

L’insegnamento di Piero Sanpaolesi, di cui è stato allievo e collaboratore diretto, è dal Prof.



Fig. 13 La casa “baraccata”, un modello euristico.

Tampone vivificato e concentrato sulle strutture portanti antiche. Esse costituiscono parte essenziale del Monumento, in quanto possiedono connotazioni storiche, costruttive ed artistiche che obbligano alla conservazione più integrale possibile. In questa direzione il Prof. Tampone è la personalità al mondo che maggiormente ha profuso il suo impegno di studioso, docente e professionista; ne sono testimonianza la catalogazione di strutture portanti di legno nel patrimonio monumentale Unesco (2005), la paternità, l’elaborazione, condivisa con gli altri componenti del comitato internazionale ICOMOS del legno, della *Carta di Mexico City* (1999) sulle strutture di legno antiche, l’organizzazione e la partecipazione a numerosi convegni internazionali, oltre ad un’imponente attività di pubblicazione e professionale. La quarta relazione, svolta proprio dal **Prof. Tampone**, dal titolo “*Il restauro delle strutture di legno, principi e tecniche*”, ha contenuto, oltre all’indicazione delle istanze ideologiche da perseguire per un corretto intervento di restauro, anche i principi tecnologici descritti attraverso numerosi esempi di consolidamento eseguiti sia sperimentalmente che durante la sua attività professionale.

Il relatore ha introdotto il tema della conservazio-

ne strutturale dissertando sui criteri che devono obbligatoriamente essere i fondamenti per ogni intervento sul patrimonio monumentale, come la conservazione dell'autenticità sia della configurazione strutturale originaria che dei materiali costituenti, invitando a rifuggire il *rafforzamento* ovvero l'indiscriminato aumento delle capacità portanti originarie e piuttosto perseguendo la conservazione della funzione di sostegno nei limiti originari, preservando le resistenze residue delle membrature, dell'unità strutturale e del sistema strutturale tutto, secondo un'originale ordinata gerarchia di configurazione da lui individuata.

Il conferenziere, continuando nell'enunciazione dei principi alla base di corretti interventi conservativi, ha segnalato la necessità che non si operino sostituzioni di membrature i dispositivi di consolidamento rappresentino un'aggiunta alla struttura danneggiata, esplicitandone anche la funzionalità, rendendo evidente la connessione diretta tra dissesto e riparazione.

Egli ha quindi mostrato e descritto alcuni suoi interventi di consolidamento effettuati con *centine metalliche*, (Figg.14 e 15) utilizzate per diverse

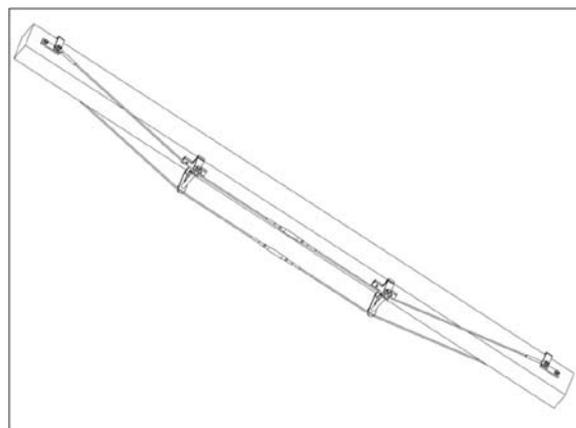


Fig. 14 Consolidamento mediante centine metalliche.



Fig. 15 Applicazione di centine metalliche per membrature inflesse.

carpenterie monumentali dal teatro di Sarteano (1986), fino ad arrivare a quelle adottate nel restauro del Palazzo dei Priori di Certaldo (2011), in un'evoluzione dei materiali, passando da barre metalliche a cavi in acciaio inox, conservando tuttavia, sempre identiche istanze linguistiche, comunicative e i criteri d'intervento più in generale.

Sono state peraltro esposte tipologie d'intervento su travi e solai, in particolare l'utilizzo di *lamine metalliche* interne alla membratura lignea, dispositivo inventato dal Prof. Tampone nel 1987 e di cui detiene il brevetto. Per tale tecnica d'intervento il relatore ha descritto dettagliatamente tutte le fasi di cantiere dal taglio della trave, (Fig16) all'in-



Fig. 16 Fasi operative per consolidamento mediante l'utilizzo di lamine metalliche.

serimento della lamina, spiegandone altresì la funzionalità e l'ottimizzazione nella risposta alle varie sollecitazioni.

Continuando nella disamina di dispositivi di conservazione strutturale egli ha dissertato relativamente ai congegni utili al fine di diminuire la deformabilità di un solaio ligneo, mostrando in questo caso alcuni esempi di controventamento di piano ottenuto mediante l'impiego di funi metalliche disposte secondo *croci di sant'Andrea*. Lo stesso obiettivo, l'aumento della rigidità del solaio, è ottenuto mediante l'utilizzo di un doppio pannello di legno multistrato per usi strutturali, opportunamente connesso all'orditura principale, invenzione del Prof. Tampone del 1995 (brevetto n. 45/817); relativamente a tale tecnica di consolidamento il conferenziere ha mostrato un intervento applicativo da lui progettato e realizzato per palazzo "Medici-Riccardi" a Firenze.

L'analisi si è spostata al consolidamento delle unità strutturali, capriate ed incavallature, con dispositivi di riparazione dei nodi, in alcuni casi

semplici accorgimenti di minimo intervento, sempre comunque volti al mantenimento delle originali capacità di rigidità e quindi dissipative delle connessioni in caso di azioni dinamiche.

Il contributo è terminato con indicazioni per il consolidamento dei sistemi strutturali lignei esponendo in particolare le caratteristiche operative ed i particolari tecnologici relativi all'aumento di rigidità lungo il piano di falda di una copertura lignea, mediante l'utilizzo di croci di sant'Andrea metalliche.

E' opinione comune la scarsa resistenza del legno nei confronti del fuoco, ma se sicuramente il legno rappresenta un combustibile quindi brucia, degli opportuni *distinguo* sono stati espressi dal **Prof. Ing. Ario Ceccotti**, nell'intervento conclusivo della sessione della mattina, "*Resistenza al fuoco*". Il contributo è iniziato mostrando un filmato di un incendio appiccato per attività sperimentale in una camera, descrivendo la prima propagazione delle fiamme, con contemporanea produzione di gas e fumo e chiaramente calore intenso, tanto da far incendiare spontaneamente altri elementi, fino ad arrivare al punto denominato *flash over* in cui tutto ciò che è presente nella stanza brucia contemporaneamente. Un incendio la cui pericolosità nei confronti degli elementi resistenti è determinata dalla velocità di propagazione delle fiamme e di carbonizzazione di questi. Nel caso in studio il legno brucia lentamente, ha osservato il relatore, con una carbonizzazione che procede dall'esterno verso l'interno, lasciando praticamente inalterate le caratteristiche meccaniche della sezione residua, in quanto anche se la temperatura del legno aumenta, quello non ancora carbonizzato conserva efficienza portante. In via cautelativa e per interpretare il più realisticamente possibile il comportamento del legno al fuoco, le normative vigenti considerano, nel calcolo di verifica della sezione residua successiva ad un incendio, dimensioni ridotte secondo un opportuno coefficiente della restante parte di materiale non colpita dal fuoco.

Il conferenziere quindi attraverso un nuovo filmato con oggetto una prova sperimentale su un fabbricato di tre piani fuori terra con struttura portante in *cross-lam* realizzato in Giappone nel



Fig. 17 Prova sperimentale di resistenza al fuoco su un fabbricato con struttura in x-lam. (Giappone)

2007, (Fig.17) nell'ambito del progetto *Sofie*, ha richiamato l'attenzione sul tempo necessario alla propagazione di un incendio e le relative proprietà d'isolamento e di conservazione delle prestazioni strutturali, al fine di una classificazione al fuoco di tale derivato del legno. Il test sperimentale ha mostrato un buon comportamento in termini di reazione al fuoco (Figg. 18 e 19) (in minuti, REI: capacità portante, tenuta al fuoco, isolamento al calore) del materiale *cross-lam*, un'affidabilità che è testimoniata nella scelta da parte dell'Ivalsa di pannelli in *cross-lam* impiegati per la realizzazione dei laboratori nella sede di Sesto Fiorentino.

| Parete | Nord | Est | Sud | Ovest | Soffitto |
|--------------------------------------|------|------|------|-------|----------|
| Spessore di carbonizzazione (mm) | 3,55 | 10,2 | 2,5 | 2,5 | 7,3 |
| Tempo di esposizione XLam (min) | 7,5 | 24 | 9 | 10 | 20 |
| velocità di carbonizzazione (mm/min) | 0,47 | 0,43 | 0,28 | 0,25 | 0,37 |

Fig. 18 Valori di resistenza al fuoco relativi a prova sperimentale in Giappone.



Fig. 19 Elemento in x-lam carbonizzato superficialmente.

I lavori vengono aperti nel pomeriggio dalla relazione del **Prof. Ing. Ario Ceccotti**, con un racconto dell'impresa, al limite del mito, di realizzare un edificio di sette piani interamente di legno, nello specifico in *X-lam* (*Cross Laminated Timber*) e testarlo con l'energia che ha caratterizzato i più distruttivi terremoti. Nella parte introduttiva è stata spiegata l'alta eco-compatibilità dei prodotti derivati dal legno, successivamente sono state date indicazioni tecniche sulle modalità di assemblaggio relative ad un pannello a strati incrociati.

Il Direttore dell'Ivalsa ha quindi mostrato diversi esempi di costruzioni realizzate secondo il sistema *X-lam*, sottolineandone la facilità di messa in opera e l'alta adattabilità: minime sono infatti le limitazioni di carattere "architettonico". In tal senso evidente è la testimonianza di un complesso residenziale realizzato a Londra su progetto degli architetti Waugh e Thistleton. Da un punto di vista costruttivo la struttura in pannelli beneficia per i collegamenti degli ultimi ritrovati, per quanto concerne le dimensioni di chiodi, viti e scarpe metalliche; con tali nuovi prodotti, i nodi hanno mostrato in diversi test effettuati su pareti, un diagramma *Forza-Spostamento* con cicli d'isteresi particolarmente "panciuti" (*pinching*), a dimostrazione dell'ottimo comportamento dissipativo di tali connessioni sotto azioni dinamiche.

Il Prof. Ceccotti ha quindi introdotto l'analisi del comportamento antisismico di una struttura realizzata con il sistema *X-lam*, proiettando un filmato con la descrizione dei danni occorsi alla città di Kobe in Giappone, conseguenti al terribile sisma del 1995 di magnitudo 7.3 della scala Richter (*The Great Hanshin-Awaji Earthquake*). Nel 1999 dunque, successivamente a tale cataclisma, il governo giapponese, anche per ragioni di ordine simbolico, decise di realizzare a Miki, limitrofa a Kobe, la tavola vibrante (*E-defense*) più grande del mondo (20mt x 15mt), capace di simulare in tre direzioni l'intensità di qualsiasi terremoto. Proprio questa piattaforma sperimentale ha dato l'occasione al CNR italiano ed al Prof. Ceccotti nello specifico, di compiere un test dinamico mai concepito su una struttura di legno di settepiani. (Fig.20)

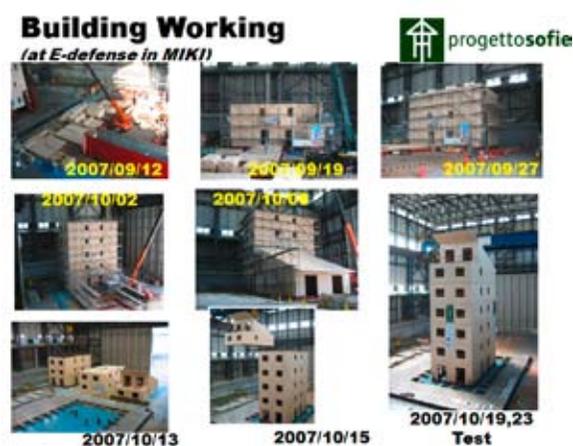


Fig. 20 Fasi costruttive di fabbricato in x-lam per prova sperimentale su piattaforma MIKI. (Kobe, Giappone)

Nell'ottobre del 2007, ha raccontato il conferenziere, alla presenza di rappresentanti di tutto il mondo, una costruzione di 24 mt di altezza interamente in x-lam con legno italiano proveniente dalla val di Fiemme è stata sottoposta a Miki, a dieci "terremoti" consecutivi di elevata energia, simulanti la magnitudo 7.3 della scala Richter.

La costruzione nonostante l'enorme energia distruttiva a cui è stata sottoposta non ha mostrato apprezzabili deformazioni residue, riportando danni minimi e riparabili con semplici interventi. (Figg. 21 e 22)



Fig. 21



Fig. 21 e Fig. 22 Fabbricato in x-lam prima della prova sperimentale e dopo l'applicazione di 10 "terremoti" con $PGA > 0.3$ g. (Kobe, Giappone)

Il risultato di tale sperimentazione, ha spiegato il relatore, è da ricercare nella massa sismica limitata, conseguente ad un basso peso specifico del materiale, ed alla notevole dissipazione di energia che si ottiene nei nodi tra i pannelli in X-lam.

La relazione successiva, dal titolo "Caratteristiche fisico-meccaniche del legname di Pino laricio calabrese", del **Dott. M. Brunetti**, ricercatore dell'Ivalsa, ha rappresentato un giusto tributo alla regione che ha ospitato la giornata seminariale, riportando sulle proprietà fisico-meccaniche, derivanti da diverse sperimentazioni compiute nei laboratori del CNR a Firenze, relativamente a due specie legnose calabresi, il Pino laricio ed il Castagno.

Il contributo è iniziato mostrando i dati sull'imponente estensione di boschi di Pino laricio in Sila (Fig. 23) e le caratteristiche dimensionali a maturità ottenibili da un fusto diritto con portamento *colonnare* peculiare di tale specie legnosa. Quindi il relatore ha approfondito il quadro normativo vigente riguardante la caratterizzazione meccanica del legno massiccio per usi strutturali, a tal proposito oltre alla classificazione a vista normata da UNI 11035, ottenibile attraverso un'analisi visiva dei "difet-

ti" del legno da parte di un operatore, ha dato indicazione relativamente ad una distinzione delle proprietà meccaniche del legno di diversa qualità, mediante macchina, uno scanner in particolare (*GoldenEye Multisensor Scanner*), con caratteristiche di lettura puntuali ed oggettive.



Fig. 23 Pino laricio in Sila.

Proprio con la procedura a "macchina" sono stati classificati i 522 campioni di legno di Pino laricio con sezione variabile sottoposti a prove di rottura. Tali test, ha esposto il dott. Brunetti, hanno mostrato le notevoli capacità meccaniche del legno di Pino laricio, (Fig. 24), raggiungendo, ad esempio



Fig. 24 Prove sperimentali su Pino laricio.

per la classe migliore, un valore di resistenza a flessione di 40 N/mm², con una conseguente buona attitudine all'impiego strutturale sia come legno massiccio che come lamellare incollato o in pannelli di *X-lam*.

Il contributo è proseguito con l'esposizione dei risultati derivanti da diverse prove a rottura effettuate nei laboratori del CNR su elementi strutturali di legno di Castagno proveniente da diverse aree dell'Italia, il Lazio, il Piemonte, la Calabria, e della Francia, Ille de France, Rhone Alpes e Picardie. I risultati hanno mostrato, anche in questo caso, che il legno di Castagno calabrese (Fig. 25) possiede buone caratteristiche strutturali ed è da ritenersi il migliore, con



Fig. 25 Travi di legno di Castagno calabrese.

specifico riguardo alle proprietà meccaniche, tra quelli provenienti dall'Italia e dalla Francia. E' da auspicare, ha concluso il ricercatore, che a fronte delle ottime prestazioni strutturali di queste due specie legnose si inizi un'attività di valorizzazione e sfruttamento del Castagno e del Pino laricio con conseguenti benefici economici ed occupazionali per le industrie calabresi operanti nel settore.

Il terzo intervento "*Strutture di legno e sisma, aspetti di calcolo*" conclusivo dei contributi tecnici della sessione pomeridiana, è stato dell'Ing. **A. Madeo**, afferente al Dipartimento di Modellistica per l'Ingegneria dell'Unical ed esperto di meccanica computazionale.

Dopo avere dato alcune note esplicative circa la *modellazione agli elementi finiti*, per l'analisi di strutture di legno in presenza di azioni sismiche e problemi d'instabilità, il relatore ha mostrato alcuni casi di collassi strutturali di costruzioni di legno caratterizzate da una marcata snellezza. Tali realizzazioni, nonostante un

calcolo completamente conforme alle norme attuali, hanno subito un collasso in maniera imprevista per problemi d'instabilità. Ne deriva, ad opinione dell'Ing. Madeo, la necessità di revisione dell'attuale approccio di calcolo contenuto nei codici normativi basato sostanzialmente sul concetto di carico critico, con metodologie più appropriate per descrivere in modo più realistico il comportamento critico e post critico delle strutture di legno.

La giornata seminariale volta quindi ad affrontare diversi aspetti e problematiche riguardanti il legno, rappresenta la prima di una serie di iniziative che il progetto RISPEISE, nella persona del responsabile Prof. Zinno, ha nel suo programma e che nei mesi successivi troveranno attuazione. Tali azioni comprenderanno nuovi contributi alla ricerca con la specifica volontà di studio di nuovi metodi di riduzione della vulnerabilità al sisma delle nuove costruzioni e di quelle esistenti, i cui risultati troveranno immediata diffusione attraverso pubblicazioni, convegni ed altre giornate di studio e di formazione dedicate ai tecnici del settore.

Nicola RUGGIERI, nato a Cosenza nel 1972, architetto; attualmente è docente a contratto di "Consolidamento degli Edifici Storici" alla Sapienza, Università di Roma; è Dottorando nella Facoltà d'Ingegneria dell'Università della Calabria. E' autore di pubblicazioni sul Restauro e la Storia delle tecniche costruttive.

12. Papacino D'Antoni, *Dell'architettura militare ... Libro quinto*, 1781, tav. I, fig. 5.