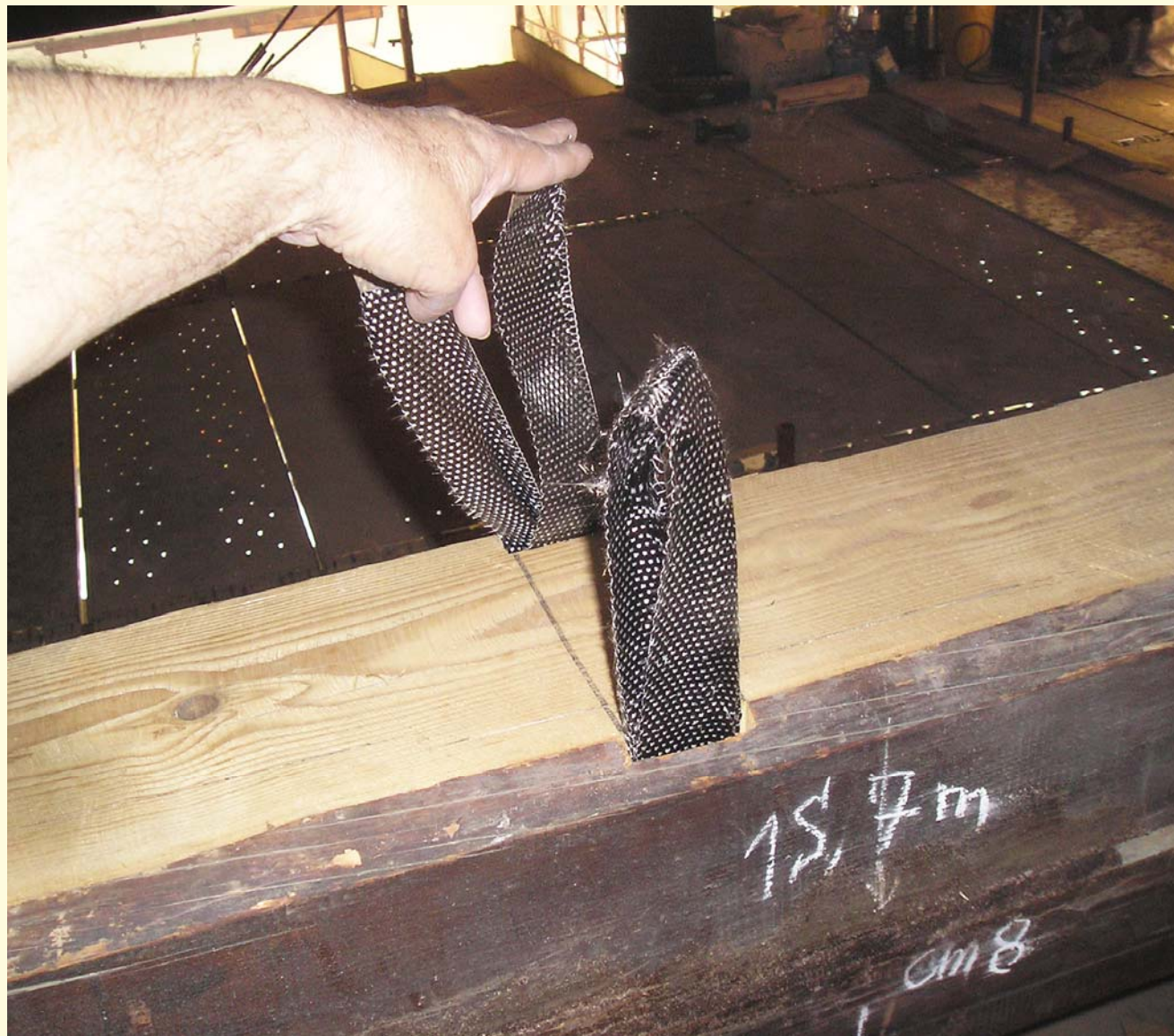


ESEMPI DI RIABILITAZIONE con gli eccellenti adesivi Xepox®

Evitare il crollo di grandi capriate,
senza far spendere un'enormità al Comune



Tetto & Pareti - settembre 2007

Titolo : Carbonio ed adesivo epossidico per riabilitare le capriate malconce della palestra di Signa

Oggetto: Riabilitazione strutturale senza alcuna rimozione

LINK: <http://www.cenci.com/evitare-crollo-storiche-capriate.pdf>



Cenci Legno sas - Piazza Alessandro Volta, 33 - 22100 - Como - Tel. (031) 26.78.13 - Fax (031) 26.78.16
www.cenci.com - cenci@cenci.com - cencilegno@cenci.com

SINERGIA
MadeCK®

Carbonio ed adesivo epossidico per riabilitare le capriate malconce della palestra di Signa

L'evoluzione dei sistemi CNP (Cenci, Nosedà, Piazza)[®], con carbonio e l'adesivo Xepox14, consente di conciliare appieno la Norma UNI 11138/2004 e le Linee Guida 21.07.2006 con le esigenze di concretezza e sicurezza, per di più evitando di buttare denaro pubblico

La numerazione attribuita alle figure di questo DOCUMENTO TECNO-DIDATTICO è soprattutto in funzione di poterle richiamare agevolmente nell'ambito di CORSI DI FORMAZIONE, tra cui quelli organizzati o compartecipati dalla Cenci Legno s.a.s.

Chi mai, guardando l'immagine (fig. 1), penserebbe che la struttura in legno del tetto è in condizioni di assoluta instabilità?

Se al momento della foto il tetto non era ancora crollato, poco c'entra che in un passato ormai remoto il manto di copertura in coppi fosse stato sostituito con altro in lamiera e che mai fosse nevicato più di quanto previsto dalle norme.

Eppure il legno interno di alcuni appoggi era completamente marcito ed il sostegno assicurato solo dalla ben misera superficie di contatto esterno dei mensolini (fig. 4), probabilmente applicati successivamente all'epoca della costruzione, che certamente risale ancor prima dell'ultimo conflitto mon-

diale. Si è potuto desumerlo dalla posizione delle sbrecciature degli spigoli di un puntone e della sottostante catena (fig. 13,15,16), provocate dal proiettile di un mitragliamento aereo. Difficile dire se l'evento portò alla semplice riparazione del sottomanto in tavole di cotto o alla sua totale sostituzione.

È certo che il marcimento dei nodi terminali innescò la sconnessione tra loro degli elementi principali (puntone su catena) delle capriate e, consequenzialmente, l'inarrestabile dinamica del naturale processo involutivo, con reciprocità di cause-effetti degenerativi, che di fatto coinvolse tutti gli elementi delle capriate: nel colmo venne meno la contrastatura indiretta dei puntoni, perchè non serravano più il monaco ma lo carica-



1



2



3



4



5



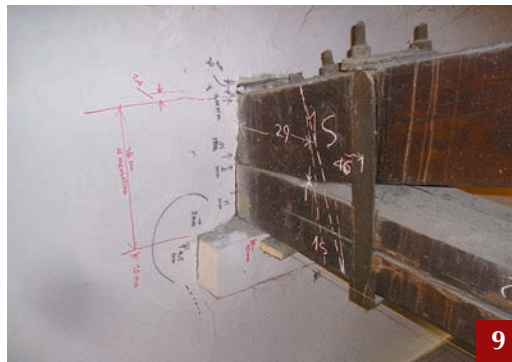
6



7



8



9



10



11

Anzitutto un sopralluogo preliminare, poi indagini e diagnostica; quindi il rilievo metrico e fotografico, se è il caso con annotazioni sugli stessi elementi ispezionati.

Estratto dalle LINEE GUIDA 2006 (Parere n° 66 Cons. Sup. LL. PP., seduta 21.07.2006)

6.3.5 Interventi in coperura

È in linea generale opportuno il mantenimento dei tetti in legno, in quanto capaci di limitare le masse nelle parti più alte dell'edificio e di garantire un'elasticità simile a quella della compagine sottostante.

(omissis)

Nel caso delle capriate, deve essere presente un buon collegamento dei nodi, necessario ad evitare scorrimenti e distacchi in presenza di azioni orizzontali. Questo può essere migliorato con piastre e barre metalliche o con altri materiali (ad esempio fibrorinforzati).

(omissis)

Il tetto della palestra scolastica comunale è stato sempre in condizioni precarie. Al di sotto centinaia di bambini hanno giocato e fatto ginnastica. Fortunatamente in tempo, i tecnici comunali hanno voluto vederci chiaro, evidenziando il problema. È dimostrato che i valori di scarsa rigidità delle capriate sono stati responsabili del dissesto rilevato.



12



14



13



15



16

vano solamente e ne provocavano l'abbassamento con il conseguente trasferimento di non meno della metà del peso del tetto in mezzaria alle catene. Inevitabilmente, le catene si comportarono da semplici travi su due appoggi, purtroppo dotate di ben poca inerzia a fronte dell'abnorme carico centrale concentrato. La conseguenza fu l'impressionante deformazione flessionale (fig. 2,12,14) accompagnata dal pauroso sbandamento (fig. 3) e l'aumento delle crepe (soprattutto dimensionale), per subentro dell'imprevista azione di scorrimento interno prodotta dal carico imposto, in aggiunta alla plausibile modesta forza tagliante originata dal solo peso proprio dell'asta.

A lavori appaltati, solo nel corso delle successive ispezioni e con la disponibilità del ponteggio a tutta estensione, è stato accertato che le capriate fossero state certamente costruite per imitazione e con esemplifica-

zioni non giustificate, per di più con legname ad elevatissimo tenore di umidità. Lo si è ravvisato dallo spessore di alcune stuccature, certamente fatte al momento della costruzione e dall'utilizzo di alcune zeppe per recuperare il contatto (fig. 7). Eppure anche in quei tempi si era in grado di eseguire semplici calcoli di sostanza ed il metodo cremoniano era comunemente praticato. Difficilmente oggi lo si insegna.

La possibilità di effettuare nuove e più accurate indagini e gli otto modelli di calcolo che ho espletato e messo a confronto, hanno significato con estrema chiarezza quanto fosse pregiudicata la situazione statica e quanto verosimile l'eventualità di imminente pericolo per le stesse maestranze, se non si fosse prodotta immediata sicurezza. Contestualmente c'era l'esigenza di evitare l'insorgere di problemi che avrebbero potuto aggravare le instabilità strutturali pregresse



Collegare tenacemente le aste sbiegate serve per eliminare le labilità locali e/o generali. È necessario collegare tenacemente le aste per ottenere e conservare il ripristino della solidità dell'elemento principale portante nella sua interezza, non per questo inficiando la possibilità di interazione "duttile" con le altre entità strutturali.

che ora avevo potuto compiutamente accertare, immediatamente rendendo edotto il costruttore Ferruzzi e lo staff di progettazione opere pubbliche del comune di Signa.

Ho accertato che il mancato novinio della struttura era merito dell'accurata costruzione delle murature perimetrali, ben ammassate tra loro, che avevano retto alla spinta dei quattro cantonali, i quali in sommità ancora contrastavano lo sbandamento dei colmi. Nell'altro impediva il ribaltamento delle capriate ed il crollo del tetto. Mi sono sentito in dovere di prospettare la modifica di parte delle soluzioni progettuali inizialmente proposte e fatte proprie dai tecnici comunali.

Le soluzioni innovative riscontrabili dalle immagini, che ho escogitato e fatto applicare, sono il risultato dell'appassionata ricerca e della perseveranza che ho condiviso

con i signori Ferruzzi, finalizzate a conciliare le gravose esigenze strutturali con i disposti della legge 1° giugno 1939, 1089, che tutela le cose di interesse artistico o storico e le bellezze naturali, incluso gli edifici pubblici datati oltre 50 anni.

Ho concluso l'intervento facendo rievdenziare le crepe preesistenti, temporaneamente sigillate. Uniche tracce visibili della riabilitazione strutturale, sono rimasti i piccoli cunei laterali tra puntone e catena ed i diagonali metallici di sicurezza, poco appariscenti, grazie ai quali ho ridotto al 15% le tensioni interne di progetto, abbattendole da 29 N/mm² a soli 4,5 N/mm², incluso il sovraccarico neve attualmente normato. Ora necessita riabilitare i componenti strutturali di secondo e terzo ordine.

Giovanni Cenci
[info@cazorzedizioni.it]



Si rimuovono i residui instabili causati dalle escavazioni del capricorno della casa (*Hylotrupes bajulus*).

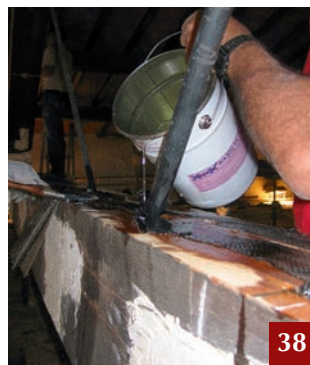


Ad intervalli prestabiliti si praticano i modesti intagli avvolgenti interni, nei quali vengono introdotti i nastri continui in carbonio unidirezionale 12K 416 gr/m², imbibiti con adesivo epossidico Xepox 14.





37



38



39



40



41



42



43



44



45



46

COSÌ LA NORMA UNI 11138/2004

Beni culturali - Manufatti Lignei - strutture portanti degli edifici - Criteri per la valutazione preventiva, la progettazione e l'esecuzione di interventi.

La norma Uni 11138 attribuisce massima importanza all'aspetto ingegneristico, che certamente non può essere scisso dai basilari principi di **compatibilità materica, efficacia, durabilità e reversibilità**.

5.2 Criteri informativi delle scelte progettuali

In linea del tutto generale, qualsiasi intervento che sia progettato e realizzato lascerà una traccia che non deve essere nascosta ma armonizzata nell'attuale contesto strutturale. La reversibilità deve essere intesa, nell'ambito della presente norma, come tendenza perseguibile. Le operazioni di rimozione di interventi pregressi (trattamento, riparazione, consolidamento) e soprattutto se stratificati nel tempo sono in generale, da evitare. Dal punto di vista strutturale, il progetto deve cercare, per quanto possibile, di rispettare il modello statico di comportamento globale; tale requisito è rispettato anche se sono inseriti elementi localizzati di rinforzo in singoli elementi. Tale requisito non può essere imposto quando sia chiaramente ed esaurientemente dimostrato che la configurazione attuale non è comunque compatibile con i livelli di sicurezza indicati nel punto 5.3, anche dopo eventuali interventi di consolidamento a tal fine progettati. (omissis)

5.4 Interventi di recupero

5.4.1 Generalità

Gli interventi di recupero di una situazione statica compromessa sono ammissibili, anche con materiali non lignei, nel rispetto dei criteri di reversibilità e della compatibilità fisico-meccanica. In tale categoria si devono ritenere compresi gli interventi di reintegro di continuità del singolo elemento ligneo.

5.4.2 Reintegro di materiale

Per gli interventi di reintegro di materiale ligneo mancante si deve distinguere tra gli interventi che utilizzano materiale legnoso e quelli che impiegano materiali diversi dal legno. (omissis)

5.4.3 Reintegro della continuità strutturale dell'elemento ligneo

Il reintegro di continuità strutturale tra parti diverse di uno stesso elemento può essere realizzato mediante collegamenti tradizionali a secco utilizzando elementi metallici o, quando possibile, lignei, o altri materiali riconosciuti idonei. Esso può anche realizzarsi mediante un apposito sistema che utilizzi un adesivo strutturale ed elementi metallici o lignei. È esclusa la possibilità di utilizzo dell'adesivo strutturale per trasmettere tensioni di trazione ortogonali al

piano di incollaggio (vedere anche UNI ENV 1995) (omissis)

5.4.4 Reintegro di funzionalità del collegamento tra elementi

Come già richiamato nel punto 5.2, i collegamenti tra differenti elementi lignei devono essere ripristinati nella loro funzionalità statica mantenendo per essi valori di rigidità simili a quelli posseduti dai medesimi nella struttura originaria. (omissis) Il requisito non si impone quando sia chiaramente dimostrato che i valori di rigidità attuali sono da ritenersi responsabili, in tutto o in parte, dei dissesti rilevati.

5.4.5 Reintegro di funzionalità della struttura lignea nell'edificio

(omissis) Si deve anche osservare che, generalmente, la struttura lignea costituisce parte essenziale nel comportamento statico di insieme della struttura dell'edificio. Conseguentemente modificazioni staticamente importanti della struttura lignea necessitano di analisi statiche globali atte a evidenziare l'interazione tra elementi lignei e non lignei nonché l'effettivo contributo delle stesse membrature lignee al comportamento strutturale globale, anche durante le fasi intermedie di lavorazione. (omissis)

Quasi tutte le capriate di Signa hanno denunciato gravi problemi negli appoggi: alcune avendo le estremità immurate completamente marce, un'altra con un appoggio torto sin dall'origine per impiego di travature verdi, un'altra ancora aggredita dal capricorno della casa. Pertanto, per ciascun appoggio sono state definite specifiche varianti operative, anche se riconducibili allo stesso modello progettuale riabilitativo.



47



48



49



50



51



52



53



54



55



56



57



È evidente che l'intervento fa assumere alle capriate il comportamento di travi reticolari. Però le sollecitazioni massime scendono dagli oltre 290 daN/cm² a meno di 45 daN/cm², facendo cessare il pericolo di crollo per l'utenza finale, ma anche per le maestranze addette ai lavori. Per ottenere il contenimento e la completa diffusione interna dell'adesivo epossidico Xepox 14, introdotto per semplice percolazione (bassissima viscosità ed elevatissima bagnabilità del carbonio 12K, 416 gr/m²), occorre provvisoriamente stuccare le macro fessure e placcare le superfici con pasta a base di gesso.



73



74



75



76



77



78



79



80



81



82



83



84



85



86



87



88



89



90

Pulizia e ripristino dell'aspetto originario. L'intervento riabilitativo delle capriate di Signa asseconda i principi di compatibilità materica, efficacia, durabilità ed anche di possibile reversibilità, se fossero escogitati nuovi sistemi migliori.



91



92

Comune di Signa
Settore 4
Opere pubbliche
Gruppo di
progettazione:
ingegnere
Valerio Venturini,
responsabile del
procedimento;
geometra
Mariano Barfucci;
architetto
Vittorio Donti.

Appaltatore
delle opere
di riabilitazione
strutturale:
Ferruzzi Mario
& Carlo snc
Falegnameria
e segheria
Panzano in
Chianti.
Realizzazione
su progetto
statico-esecutivo
02.05.2007
del geometra
Giovanni Cenci

Documento
tecnico redatto
dal consulente
statico
Giovanni Cenci,
geometra,
strutturistica in
legno, ideatore
dei sistemi
e progettista
incaricato dalla
ditta Ferruzzi.

Copyright © 2007
Giovanni Cenci

Per saperne
di più sull'adesivo
epossidico
Xepox 14
e sul carbonio
unidirezionale e
bidirezionale
12K, 416 gr/m²,
visita:
www.cenci.com

Le resine epossidiche
per impieghi strutturali

Xepox®

sono prodotti



con il marchio CE



UNI EN 1504-4

AGENTI ADESIVI PER RINFORZI CON PIASTRA ADERENTE
per C.A. - LEGNO - ACCIAIO - FRP (Fiber Reinforced Polymers)

Xepox®

è l'unico adesivo legittimato:

per i **Giunti CNP®** tradizionali in acciaio
o con piastre sottili sabbiato SA3;

per i **Giunti Italia®**

con inserti in FRP "prodotti in situ"
e composti da nastri unidirezionali
di carbonio HTS 12k (400 g/m²)
e stuoie bilanciate in vetro E
Polyevery® G800



USARE PRODOTTI CE

PENSARE

MadeCK®