



Molto diversa, anche se spesso confusa con la precedente tecnica del *scuci-cuci*, è la tecnica della sostituzione muraria, cioè della sostituzione di aree abbastanza ampie di paramento murario con una muratura nuova. Questa tecnica, di cui si abusa spesso per altri scopi, se portata a termine con dovizia, consente di risolvere quadri di dissesto piuttosto ampi introducendo però un elemento estraneo, con diverse caratteristiche di elasticità e permeabilità al vapore acqueo, all'interno del paramento murario. La sostituzione muraria è efficace solo se, una volta rimosse le cause del dissesto, si riesce ad assicurare la buona adesione e la collaborazione elastica fra i vecchi e i nuovi elementi. Tale compito è affidato alle malte, che devono possedere, perciò, buone caratteristiche di presa (sufficientemente rapida) e di stabilità dimensionale (ritiro limitato), tali da evitare pericolosi assentamenti della nuova struttura nell'attimo in cui essa sarà chiamata a cooperare con la preesistente.

Integrazioni e nuove costruzioni

A seguito di una demolizione è d'uopo un risarcimento puntuale delle pareti che può persino arrivare alla costruzione ex novo della muratura.

Tradizionale, innovativo o mix? Tutto è possibile, se condotto con cognizione di causa e senza facili pregiudizi. Possiamo pertanto individuare due modi di agire, tenendo anche conto del valore storico-culturale dell'edificio sul quale si deve intervenire:

- 1) in caso di ricostruzione di una muratura in pisé / mattoni crudi è opportuno risarcire i settori crollati con materiali e tecnologie analoghe o compatibili. L'uso della terra cruda comporta sempre una valutazione preventiva del costo per confrontare tale spesa con quella di una muratura tradizionale seppur differente. La scelta della terra cruda è ottimale per garantire la congruità dei materiali. Un'accortezza: per distinguere per carattere e tecnologia la struttura storico-tradizionale ancora esistente con la nuova opera di risarcimento in terra cruda e/o di altri materiali associati, sarà opportuno, soprattutto in edifici di particolare significato testimoniale e identitario, effettuare una distinzione fra la parte originale e quella ricostruita ex novo, evitando comunque di introdurre soluzioni di continuità nel corpo murario o nel rivestimento potenzialmente dannose e di complessa manutenzione. Anche un semplice barretta metallica può definire due porzioni di muratura;
- 2) la ricostruzione perpetrata con materiali e tecniche innovative, e comunque non tradizionali, non va scartata a priori, anche in considerazione del fatto che negli ultimi secoli le architetture in terra cruda hanno dimostrato una spiccata attitudine e predisposizione a coesistere con materiali e tecnologie differenti, a volte riportando risultati del tutto dignitosi. Il problema di fondo è legato all'abuso di pratiche così drastiche e per nulla necessarie con l'introduzione massiccia e indiscriminata di materiali di qualsiasi genere a sostituzione di quelli preesistenti, compreso il *cemento*, così periglioso e incompatibile con la terra cruda dal punto di vista meccanico e termoigrometrico. Il tecnico dovrebbe astenersi dal deturpare, se non necessario, murature in terra faccia a vista.

Tiranti, catene, elementi di rinforzo

Le murature di un edificio realizzato con terra cruda equivalgono dal punto di vista funzionale ad una "scatola" con pareti unite negli spigoli. Come già esposto in precedenza, il compito viene assolto egregiamente dalle catene interne alla muratura, inglobate durante le fasi di getto oltre alla funzione aggiuntiva assolta dall'orditura di copertura e dalle travi dei solai. È importante che il

proprietario di una casa di questo tipo sappia come la struttura funzioni, così da evitare errori grossolani di rimozione di una serie di questi elementi, tanto essenziali quanto sconosciuti; di contro, la conoscenza della tecnologia costruttiva adottata per la propria abitazione aiuta a risolvere per tempo problemi che potrebbero rivelarsi seri se trattati con leggerezza da tecnici inesperti del settore. Sistemi di rinforzo storicamente accettati sono costituiti da tiranti e catene.

Tali elementi storico-tradizionali, fissati alle murature tramite capochiave o bolzoni, sono di materiale metallico (solitamente di ferro) o in legno, resistenti a forte trazioni ed allo stesso tempo con comportamento elastico, e possono essere “a vista” oppure nascosti (o seminascosti) negli spazi cavi e di riempimento dell’estradosso delle volte, al di sotto dei pavimenti.

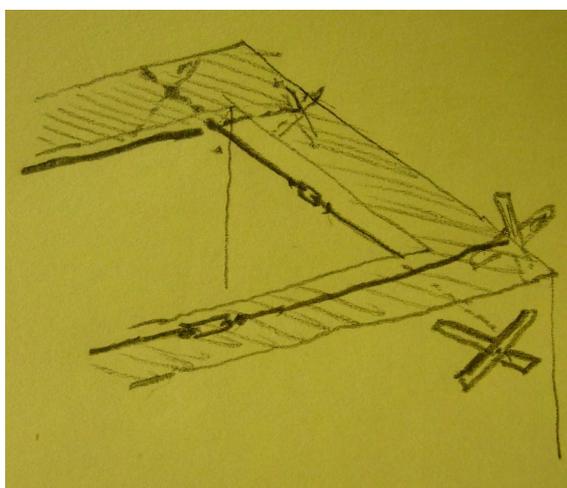
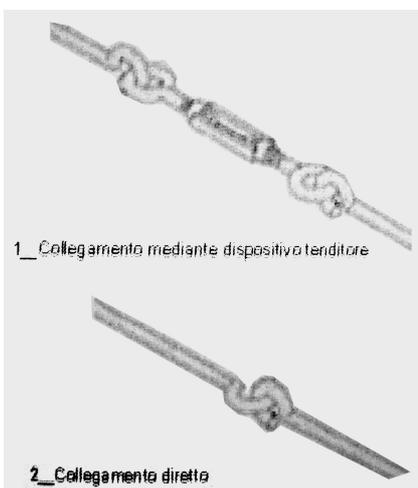
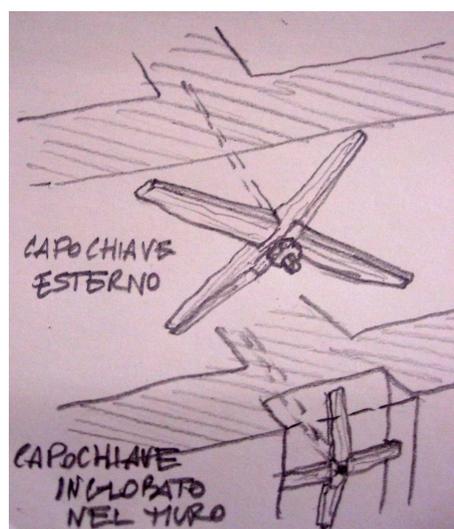
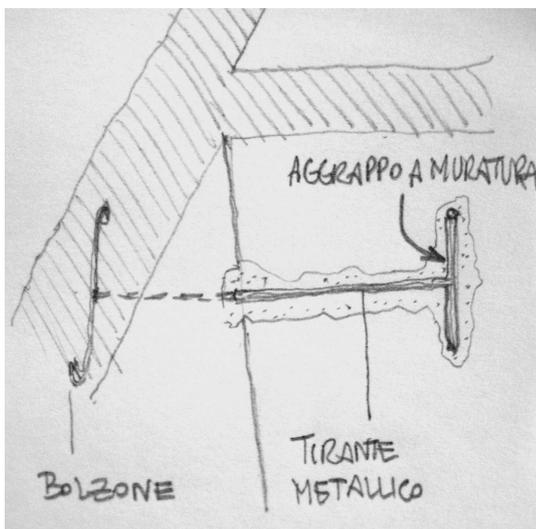
Il tirante può essere costituito da una barra unica o da due barre filettate collegate da un dispositivo tenditore.

Anche i bolzoni potrebbero essere occultati parzialmente o totalmente con un rivestimento murario. Pertanto, prima di sconnettere, rimuovere o tagliare elementi strutturali ignoti di questo tipo, bisogna accertarsi della loro funzione, prevedendo eventuali problematiche dovute all’azione di forze orizzontali “parassite” che si andranno ad innescare sulle murature a seguito del nostro agire.

Ogni elemento facente parte della catena deve essere opportunamente dimensionato per evitare effetti di punzonamento.

Per inserire nuove catene occorre:

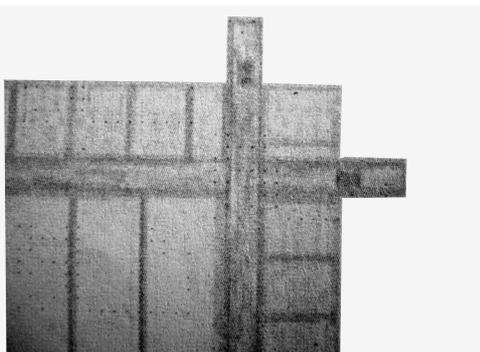
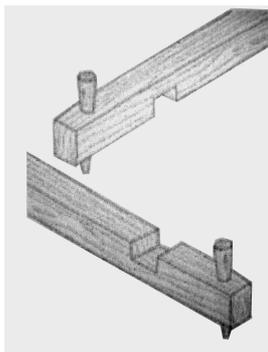
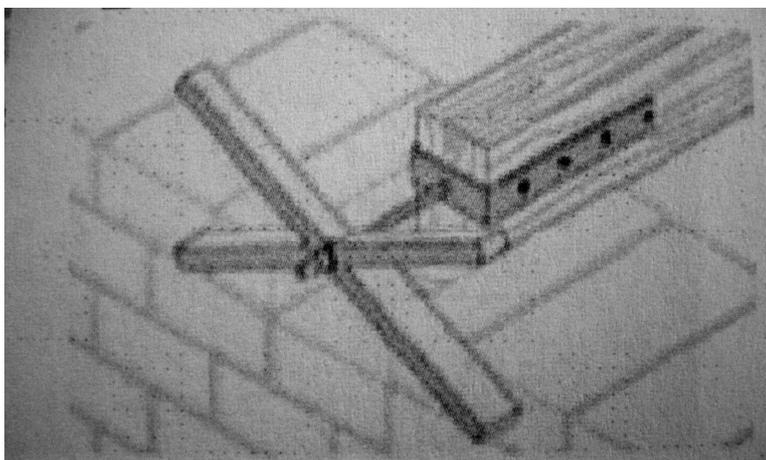
- 1) valutare quale sia la posizione più efficace, se necessario previo rinforzo della muratura;
- 2) preparazione del foro di passaggio del tirante, da eseguirsi con trapano a rotazione;
- 3) posizionamento del tirante, con l’ausilio di malte espansive o di resine epossidiche;
- 4) fissaggio del dispositivo capochiave tipo bolzone, con occhiello e cuneo) o tipo piastra imbullonata;
- 5) attivazione dell’eventuale dispositivo tenditore.



In caso di catene lignee, di norma si tratta delle travi principali degli orizzontamenti (solai intermedi o struttura di copertura), è possibile inserire staffe o cravatte metalliche e capochiavi collegate alle teste delle chiavi e ancorate alla muratura.

Ciò permette di rafforzare il solaio per sostenere i carichi permanenti e accidentali di esercizio mentre viene serrata la scatola muraria.

Eccone un esempio:



I cordoli

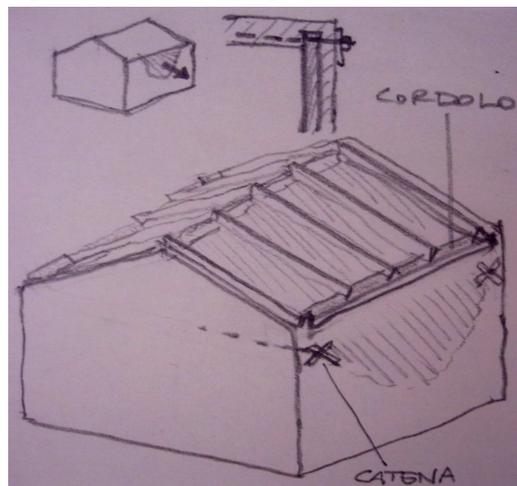
Un ulteriore irrigidimento della scatola muraria per evitare la tendenza delle murature ad aprirsi è offerto dai cordoli e cerchiature in coincidenza con l'attacco tra muratura e copertura.

Tale soluzione dovrebbe essere adottata in condizioni veramente critiche, nel caso di crolli della struttura. Essa presuppone lo smantellamento della copertura o delle parti residue e la predisposizione dell'alloggiamento per il nuovo cordolo.

I cordoli potranno essere lignei, eventualmente provvisti di squadre per evitare la tendenza dei dormienti ad aprirsi negli spigoli del fabbricato o in calcestruzzo di calce, opportunamente armati; non è raccomandabile l'uso del cemento nel conglomerato per non incorrere in tensioni impreviste, in un gradiente di permeabilità disomogeneo fra i materiali e in dilatazioni termiche incongruenti rispetto a quelle della terra.

Terminata la posa del/dei cordolo/i si procederà al rifacimento della copertura.

I nuovi cordoli assolveranno al compito di ripartitore del carico della copertura sulle murature perimetrali oltre a sopperire alla funzione di cerchiatura della scatola muraria.



Come si opera invece oggi...

Per quanto riguardano gli interventi sulle murature, è condivisa l'opinione che la sostituzione della muratura tradizionale, realizzata in terra cruda, con un'altra realizzata con materiali commerciali standard e facilmente reperibili sul mercato, non solo sia la soluzione ottimale ma l'unica strada attualmente percorribile.



Non è affatto raro vedere interventi sostitutivi simili a quello sopra riprodotto. Sebbene la nuova muratura sia poi stata realizzata a regola d'arte e quindi il lavoro risulti ineccepibile sotto il profilo tecnico, non è escluso che gli operatori sarebbero potuti intervenire in modo differente, cioè secondo soluzioni alternative all'abbattimento e sostituzione di una struttura muraria apparentemente sana.

Il degrado delle coperture e la riqualificazione del sistema strutturale

La copertura e la gronda sono elementi particolarmente esposti al degrado in quando posti a intera protezione della struttura sottostante.

La casistica dei dissesti è la seguente:

- a. per patologie intrinseche e costruttive:
 - patologie causate da insufficiente dimensionamento o da pessima qualità del legname facente parte della carpenteria di copertura;
 - dissesti derivanti dalla presenza di spinte orizzontali;
 - sistemi di smaltimento delle acque meteoriche sottodimensionati o carenti;
- b. per patologie connesse a modificazioni intervenute in tempi successivi:
 - sostituzione di strutture lignee con solai in latero-cemento incompatibili con la terra cruda;
 - sostituzione casuale di gronde metalliche laddove la configurazione originaria prevedeva sistemi di smaltimento delle acque meteoriche differenti;
- c. per patologie dovute a cattiva o assente manutenzione:
 - deterioramento delle strutture lignee corrotte da marciume (patologie umide) e danneggiate dall'aggressione di insetti xilofagi;
 - rotture o sconnessioni al sistema di smaltimento delle acque meteoriche, con relativo distacco dei canali di gronda e danneggiamento dei pluviali, con conseguente infiltrazione di acqua nelle murature;
 - inflessioni delle linee di colmo e perdita di planarità delle falde causate da cedimenti, imbarcamenti e fratture degli arcarecci di colmo o mediani.



Per quanto concerne il ripristino della copertura, è possibile individuare due possibili soluzioni:

- 1) ripristinare le strutture esistenti in situ, affiancando eventualmente alle strutture vetuste degli elementi strutturali nuovi per incrementarne la funzione portante;
- 2) smontare la copertura e:

- recuperare ciò che è possibile riparare;
ovvero:
- sostituire ciò che risulta irrecuperabile.

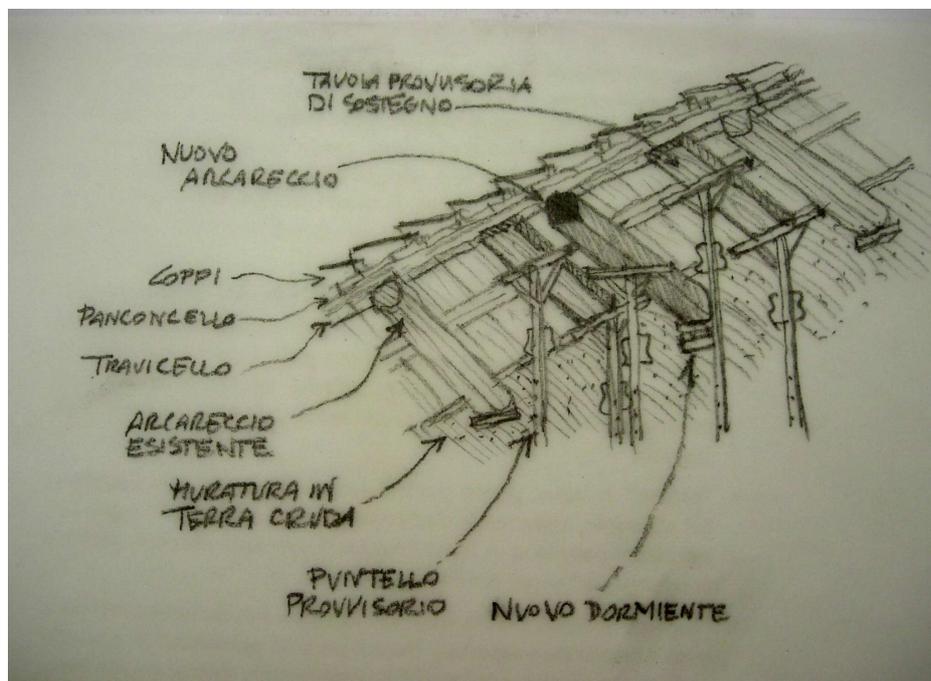
Sarebbe importante rispettare le seguenti indicazioni:

- 1) utilizzare tecnologie e materiali locali, tradizionali e compatibili;
- 2) conservare le configurazioni originarie, i dimensionamenti e l'aspetto complessivo del tetto (cioè il profilo).

Nell'immagine sottostante è riportato un esempio schematico di sostituzione di un arcareccio ammalorato.

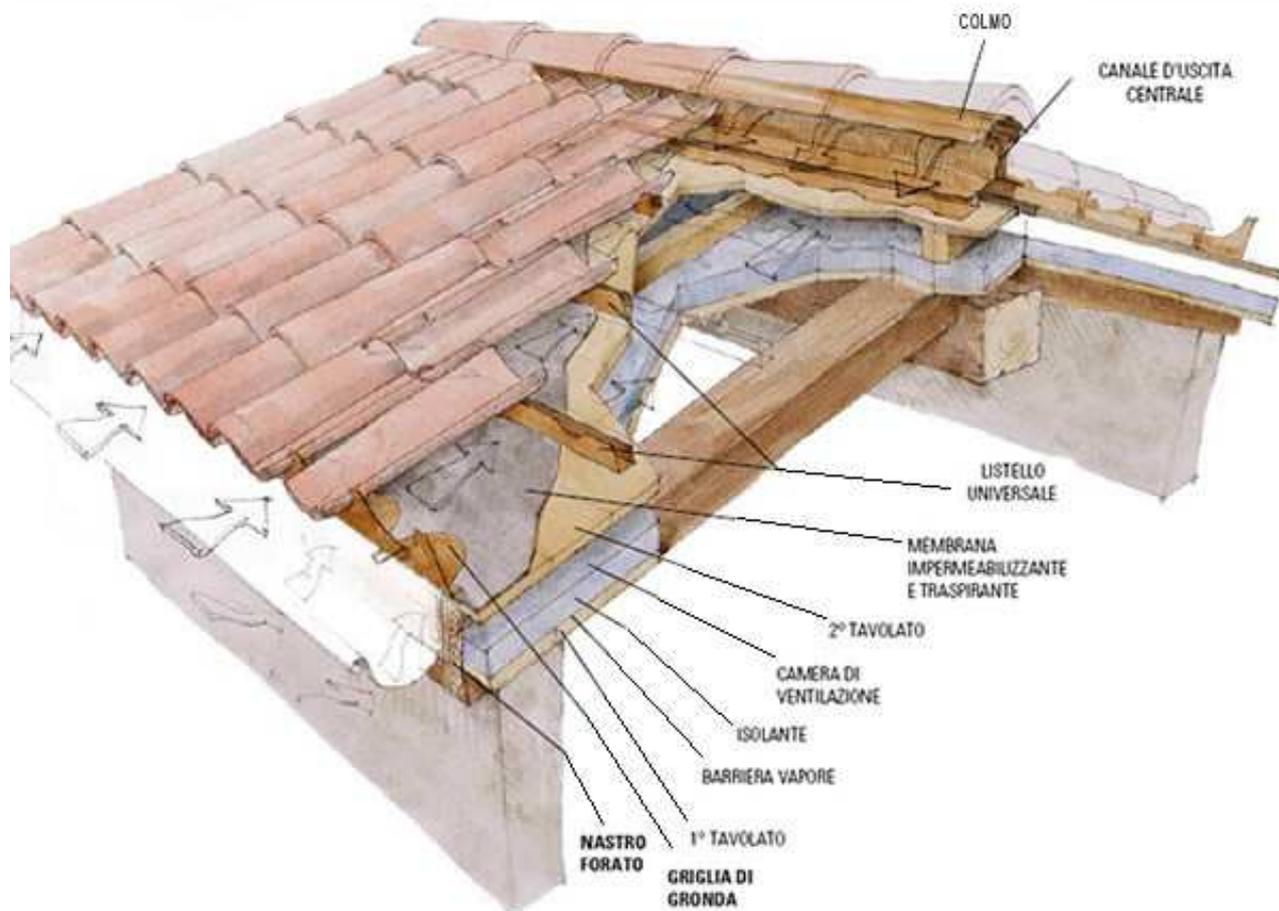
In pratica si opera provvedendo:

- 1) al sostegno mediante puntellatura e aggiunta di tavole in prossimità della trave da sostituire;
- 2) all'alleggerimento della zona interessata dall'intervento con rimozione dei coppi e dei panconcelli;
- 3) alla rimozione dell'elemento ammalorato;
- 4) alla predisposizione del piano di posa con l'inserimento di un eventuale dormiente (ligneo, lapideo o formato da laterizi) opportunamente dimensionato al fine di distribuire meglio sull'appoggio il peso concentrato derivante dal nuovo elemento strutturale e di isolare la testa dell'arcareccio rispetto alla muratura, così da scongiurare eventuali futuri attacchi da muffe e funghi;
- 5) all'inserimento dell'arcareccio, sistemato o sostituito a seconda delle gravità del danno, in assetto obliquo e poi messo in piano sollevando l'estremità opposta e traslando la trave orizzontalmente;
- 6) ricucitura della muratura e sigillatura dell'appoggio, rintuzzando quanto necessario il vano d'appoggio, permettendo comunque un'aerazione della testa nuova trave;
- 7) posizionamento della piccola orditura e del manto di copertura in coppi;
- 8) rimozione dei puntelli.

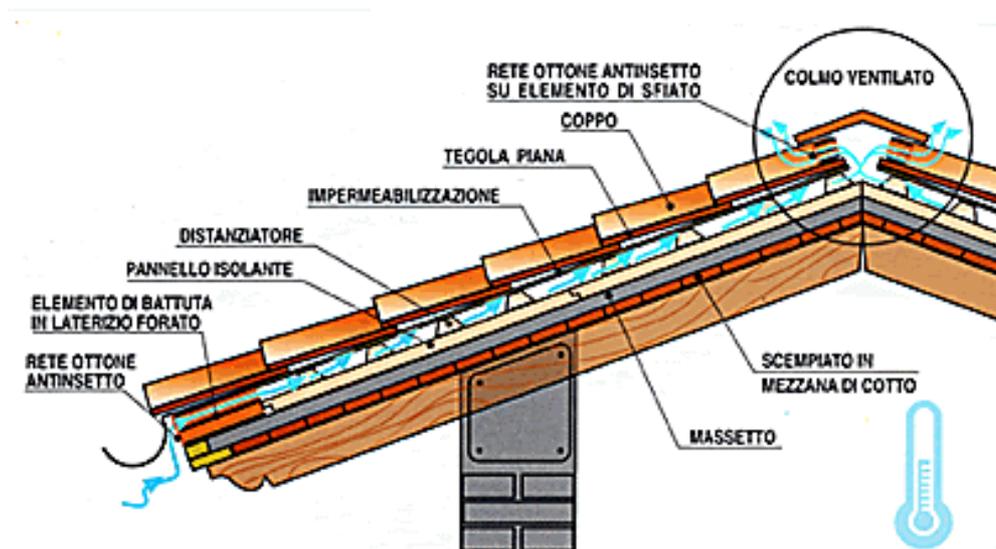


Per quanto riguarda la tipologia di copertura più appropriata per edifici con murature in terra cruda, si consiglia il tetto ventilato in quanto, oltre all'elevata capacità di protezione termica e acustica,

questo tipo di copertura garantisce la traspirabilità. Ecco due possibili soluzioni, tratte da siti specializzati in coperture ventilate e indicati in nota.



Fonte: Auxiliagest S.r.l. (www.auxiliagest.it)



Fonte: Alfa Omega S.r.l. (www.alfaetomega.it)

Cenni sulla riparazione o sostituzione degli orizzontamenti lignei di tetti e solai

Nel caso in cui le patologie “umide” abbiano avuto un’azione continua su un elemento strutturale dei solai della casa rurale storico tradizionale in terra cruda, è probabile che l’azione di insetti xilofagi o della marcescenza delle parti lignee abbia generato un degrado consistente, specie nella testata della trave o della capriata.

Il degrado dei solai in legno può essere causato:

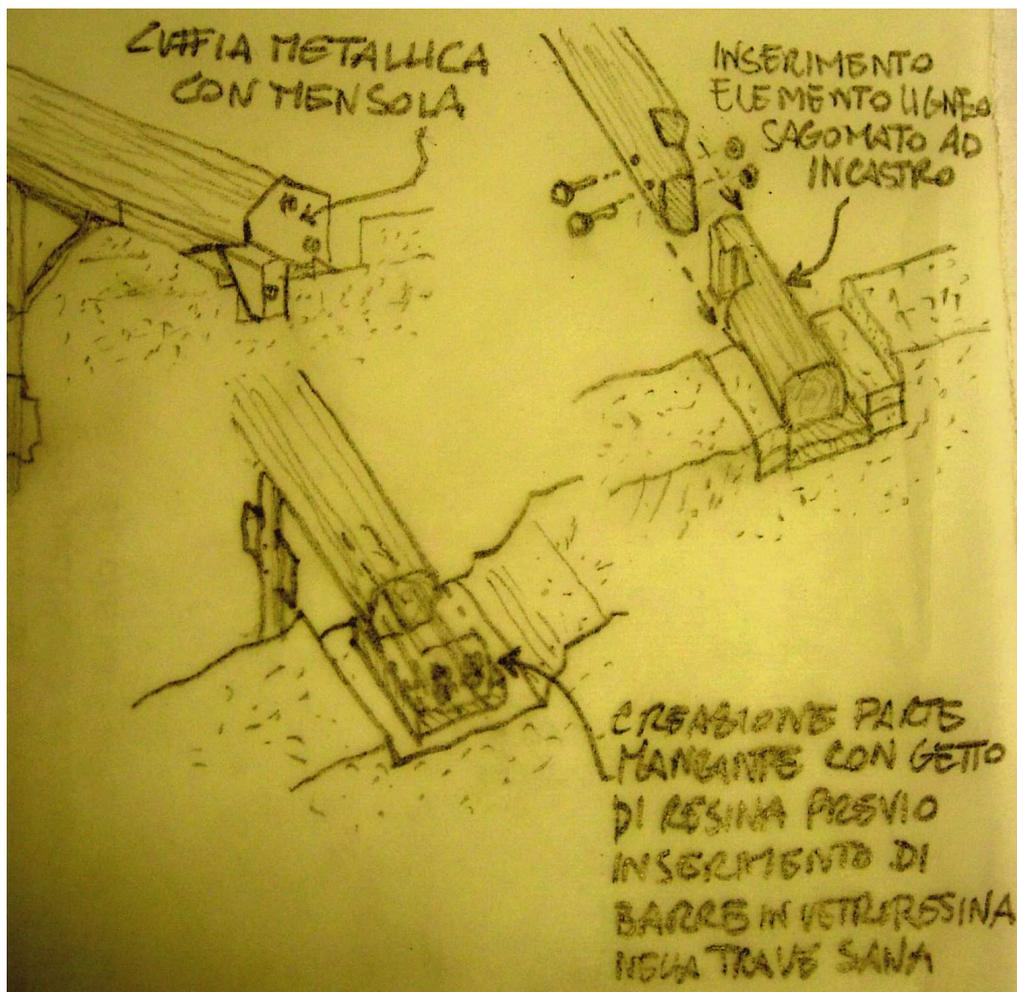
- a) da patologie intrinseche e costruttive:
 - 1) insufficiente dimensionamento o cattiva qualità del legno;
 - 2) cattiva realizzazione degli alloggiamenti delle testate nelle murature;
- b) da patologie collegate a rimaneggiamenti come:
 - 1) la sostituzione degli elementi lignei con settori in laterocemento, dal comportamento meccanico rigido, causa di tensioni incontrollate e pertanto incompatibili con la muratura in terra cruda;
 - 2) l’introduzione nel sistema solaio di massetti cementizi particolarmente rigidi;
- c) da patologie dovute a cattiva o assente manutenzione:
 - 1) patologie umide con deterioramento delle parti strutturali a causa di fenomeni di marcescenza e di aggressione di insetti xilofagi;
 - 2) deterioramento dell’impalcato in tavole a causa di infiltrazioni di acqua piovana e dissesti.

Qualora il committente decidesse per la conservazione del solaio (anche se, ahime, si opta generalmente per la sostituzione con quello in laterocemento), dovrà essere condotta un’ispezione minuziosa delle varie parti costituenti l’orizzontamento, perché non sempre il danno è visibile; è necessario valutare la consistenza delle fibre del materiale posato in opera, verificare la portanza e ricercare le possibili aggressioni biologiche, le lesioni e le deformazioni.

Inutile ricordare che il restauro comporta il rispetto delle caratteristiche costruttive storico-tradizionali e i principi strutturali, pur rispettando le attuali esigenze di coibentazione termoacustica.

Prima di effettuare la rimozione dell’elemento in toto con successiva sostituzione, occorre valutare la possibilità di conservare parzialmente, per quanto possibile, l’elemento, provvedendo alla sua riparazione e rinforzo, sempre previo preventivo puntellamento, per mezzo di:

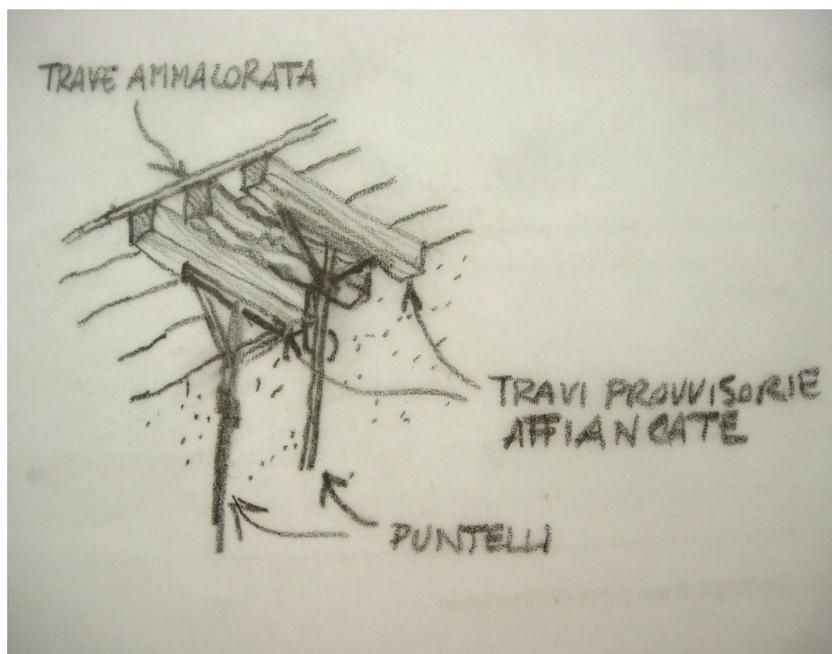
- mensole metalliche di alloggiamento, staffe e bicchieri metallici per il contenimento della testata della trave;
- piastre in legno o metalliche inchiodate/imbullonate alla parte sana (sopra, sotto o a fianco) per aumentare la sezione resistente venuta a meno per l’azione ripetuta della patologia umida;
- protesi lignee (meglio in legno stagionato) inserite al posto della parte corrotta e unite alla parte ancora sana tramite incastro tipo “dardo di Giove” (vedi fig. a pag. 109);
- protesi in resina epossidica previo inserimento di barre in vetroresina opportunamente calcolate e disposte secondo determinate inclinazioni stabilite dalla ditta installatrice, che rendono così solida la parte ricostruita che volendo giungere, per paradosso, a una situazione di rottura, si spezzerebbe prima la parte reputata ancora sana piuttosto che quella ricostruita ex novo con materiale differente e apparentemente più fragile;
- inserimento di anime metalliche di irrigidimento, opportunamente ancorate, all’interno del corpo della struttura.



In alternativa si può affiancare la trave danneggiata con protesi lignee che devono essere inserite in un apposito alloggiamento murario realizzato ad hoc e solidarizzate con la trave esistente. Solo successivamente si provvederà a rimuovere la testata danneggiata.

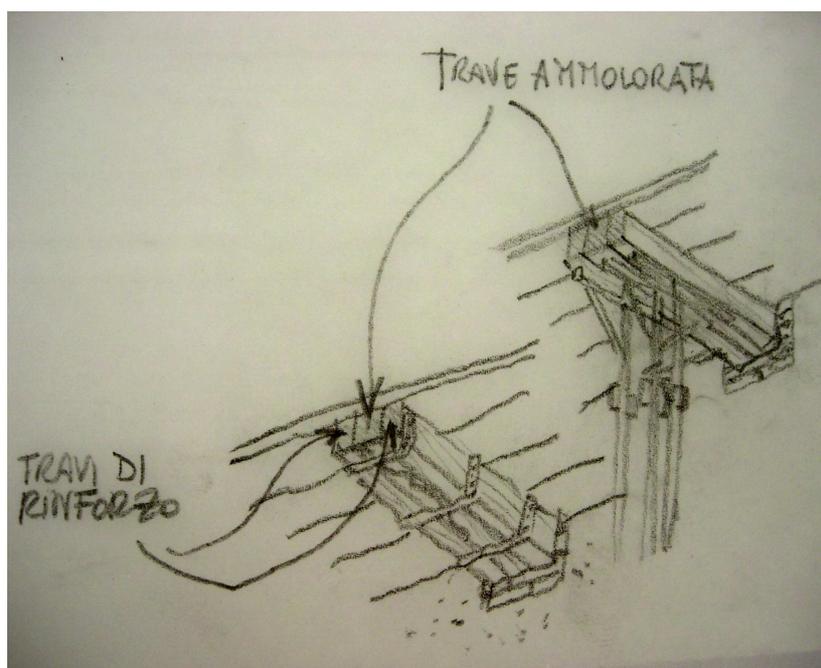
Nel caso che si rendesse necessaria la sostituzione dell'elemento ligneo si deve provvedere secondo i seguenti dettami:

- predisposizione di due travi affiancanti quella danneggiata, sostenute da puntelli in grado di reggere il carico sovrastante;
- imbracatura della trave ammalorata e suo sezionamento nella parte mediana; successiva rimozione della stessa;
- ampliamento e rimodellamento degli alloggiamenti delle testate con predisposizione di dormiente per l'ottimale ripartizione dei carichi;
- una volta collocata la trave in opera, si provvede a sigillare l'alloggio murario consentendo al contempo l'aerazione delle teste di trave;
- provvedere quindi a forzare la nuova trave contro la struttura dei travicelli o dell'impalcato con appositi cunei, assecondando eventuali deformazioni permanenti della struttura così da evitare spiacevoli lesioni alle pavimentazioni superiori, eventualmente pre-caricando la nuova trave;
- rimozione delle opere di puntellamento.



Qualora bastasse rinforzare la trave ammalorata si potrebbe operare nel seguente ordine, provvedendo a:

- puntellare la trave danneggiata;
- predisporre l'alloggiamento nella muratura delle travi di rinforzo;
- inserire le travi "ascellari" di rinforzo;
- sigillare l'alloggio murario;
- solidarizzare le travi connettendole con fasce chiodate, barre metalliche filettate o fibre di carbonio...;
- forzare la nuova sezione lignea contro i travicelli o l'impalcato con appositi cunei;
- rimuovere i puntelli.



Si tenga in oltre presente la possibilità di irrigidire maggiormente un solaio attraverso l'inserimento nel telaio di una *trave rompitratta*.

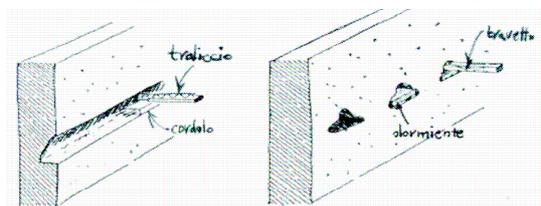
Le travi di un solaio in legno costruito ex-novo possono essere inserite in tagli effettuati nella muratura di almeno la metà dello spessore del muro.

La realizzazione dei solai in latero-cemento, a volte necessaria, dipende da diversi parametri: stato del muro e dell'eventuale solaio in legno esistente, aspetti estetici e comodità di utilizzo, costo e fattibilità del lavoro.

Come si opera. Viene dapprima praticato un taglio continuo a sezione obbligata nella muratura nel quale vengono poi inseriti i travetti in c.a., meglio se fatti appoggiare su un cordolo in c.a. realizzato in precedenza. Per le volte, la fase di taglio della muratura è simile, solamente va effettuata con la lama posizionata in maniera inclinata. Se la struttura è in legno occorre lasciare una camera d'aria fra muratura e testata della trave per non rendere il legno marcescibile, limitando la funzione dell'appoggio. Il surplus sarebbe quello di realizzare alcuni scoli inclinati verso l'esterno durante la posa in opera dell'orizzontamento, in maniera da eliminare l'umidità in eccesso che potrebbe formarsi all'interno di questa traccia, in prossimità dell'appoggio della trave sulla muratura.



Se la muratura viene privata di una sua porzione limitata, la parte superiore del muro non crolla ma tende a scaricare il proprio peso sulle ali laterali dell'apertura tramite un'immaginario arco di scarico. La nuova muratura al di sotto di questa fenditura non sarà più soggetta alla totalità dei pesi che le giungevano in precedenza dall'alto.



Scanalatura continua per solaio in latero-cemento e puntuale per le travi del solaio in legno.

8. CENNI SU ALTRI EVENTI CAUSA DI DISSESTI

IL TERREMOTO, IL COMPORTAMENTO DELLE COSTRUZIONI IN TERRA IN PRESENZA DI SCOSSE TELLURICHE ED INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE ANTISISMICA

Tra gli innumerevoli eventi che possono minare la vita fisica di un edificio, uno dei più violenti è certamente il terremoto. Si è già constatato come la maggior parte delle aree di diffusione del crudo sia caratterizzata proprio da un'alta sismicità. A giudicare dalle catastrofiche conseguenze in termini di distruzioni materiali e di vite umane perdute, si sarebbe portati a pensare alle migliaia di modeste abitazioni in crudo e alle decine di edifici storici coinvolti in quegli eventi come trappole mortali; ma esaminando i fatti e le statistiche, si può notare come la reazione di un edificio in crudo nei confronti del sisma non è peggiore, in generale, di quella di un edificio costruito con altri metodi, e in alcuni casi è anche migliore, in quanto la struttura presenta una spiccata capacità elastica essendo le murature meno rigide rispetto ad esempio a uno scheletro portante in

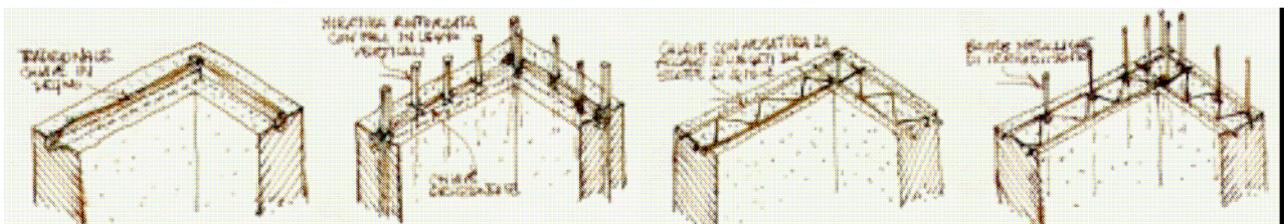
calcestruzzo armato. Alcuni rapporti tecnici sono concordi nell'ammettere che già a poca distanza dalla zona megasismica nei pressi dell'epicentro, gli effetti distruttivi sulle strutture in crudo si attenuano rapidamente; il fatto indica una straordinaria capacità di assorbimento delle scosse sia sussultorie che ondulatorie, certamente maggiore che in analoghi edifici più rigidi e meglio costruiti. Già in passato si adottavano tecniche per prolungare la vita dell'oggetto architettonico, intenzionalmente destinato a costituire un ricordo, un esempio duraturo, se dotato di una certa mole. Infatti, siano essi i templi-torre mesopotarnici, siano esse le piramidi cerimoniali mesoamericane, si nota come siano tutti di dimensioni ragguardevoli, soprattutto se rapportate alle conoscenze del tempo in fatto di tecnologia, di statica e di organizzazione del cantiere.

Questi monumenti sono essenzialmente delle masse inerti di terra pressata nelle quali le parti piene sono di gran lunga superiori a quelle vuote interne, cioè a quelle utilizzabili come ambienti chiusi.

Le mura di queste costruzioni, per evidenti ragioni statiche, sono costantemente rastremate verso l'alto, tecnica che si è poi trasferita alle costruzioni in pietra squadrata. La massa di crudo era sempre collegata orizzontalmente mediante tiranti di legno ed altri sistemi di distribuzione dei carichi.

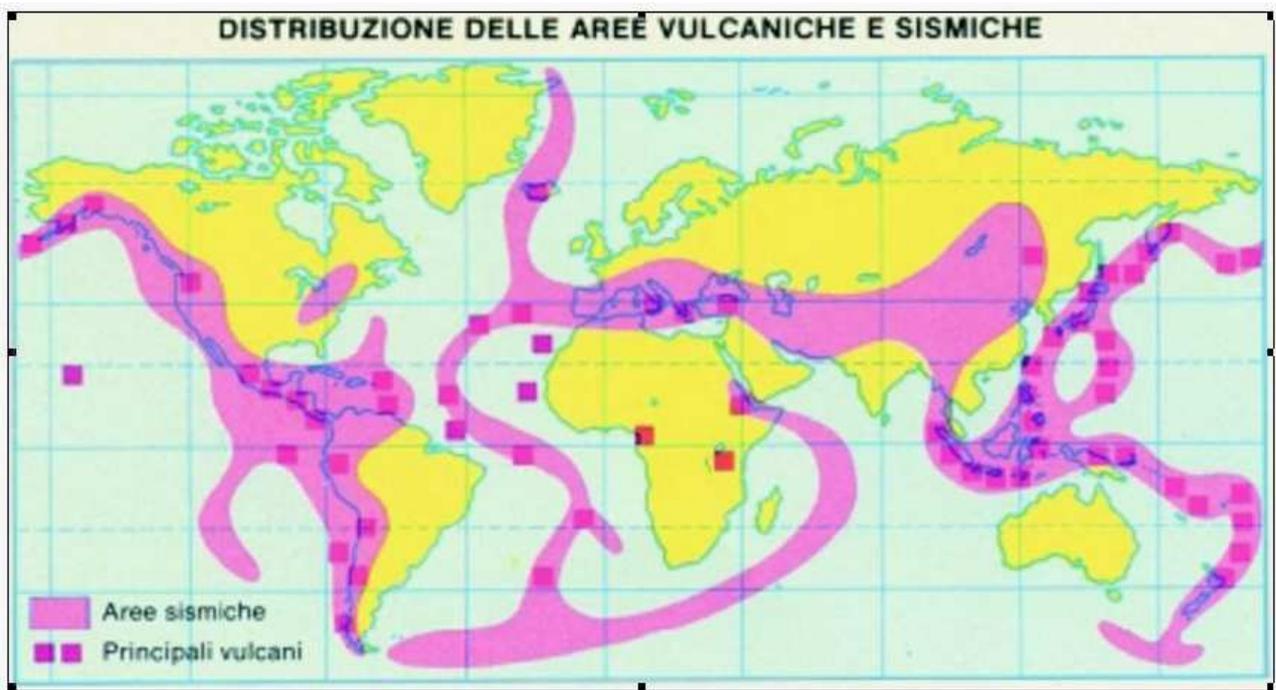
Nel caso di grandi edifici civili i collegamenti orizzontali erano integrati da sistemi verticali, cioè da veri pilastri lignei, sia pure di esili dimensioni rispetto alle masse in gioco, annegati nello spessore delle murature. Si è anche osservato in alcune costruzioni la sequenza costante, nell'ambito di serie successive corrispondenti ad altrettanti gradini o terrazze del monumento, di ricorsi di stuoie di paglia che attraversano tutta la struttura in mattoni crudi; gli intervalli vanno diminuendo in ciascuna delle serie evidentemente in relazione al ridursi della massa di crudo e quindi dei pesi.

Tra i ricorsi di stuoie si trovano sempre, con cadenze costanti e con andamento incrociato, filari di corde vegetali intrecciate che funzionano come veri e propri tiranti. Si sono poi trovati dei piccoli cunicoli, formanti una rete complessa, che attraversano da una facciata all'altra l'intera massa di crudo, allo scopo di assicurarne un completo drenaggio insieme a una efficace aerazione. Altro accorgimento era quello di non saldare l'uno all'altro i vari ricorsi lasciando al muro la più completa libertà di spostamento, pur ricorrendo all'uso di canne di bambù - flessibili ma resistenti - annegate verticalmente all'interno delle murature. Per quanto riguarda le costruzioni «leggere», dalla struttura più articolata, anch'esse, per ragioni diametralmente opposte, ossia per la loro maggiore duttilità, hanno dimostrato di saper resistere al sisma. Le masse in gioco sono decisamente minori e anche l'altezza è generalmente assai limitata. La presenza di legni di collegamento favorisce l'assorbimento delle scosse e, in definitiva, contribuisce alla stabilità. Le stesse volte, formate da elementi privi di qualsiasi resistenza alla trazione ed estremamente duttili, finiscono per costituire, sia pur entro limiti ragionevoli, delle strutture di notevole elasticità. Dalla massa monolitica dei primi esempi si passa quindi all'estrema frantumazione delle varie membrature portanti, ottenendo però, al di là di ogni aspettativa, risultati ancora una volta confortanti.



Studio di modelli di armature in legno e in acciaio.

La seconda e la quarta hanno caratteristiche antisismiche più spiccate (G. L. Prati, 2000).



(Fonte: "Atlante illustrato della Terra" - Vallardi).

Planisfero con individuazione delle aree soggette ad effetti sismici.

È automatico il confronto fra questa carta e quella raffigurante la distribuzione mondiale delle costruzioni in crudo (pag. 5), dal quale si può facilmente convenire che la maggior parte degli edifici in terra sorgono nella fascia sismica.

La sensibilità delle varie tipologie di costruzioni e i danni presunti in relazione all'intensità delle scosse

Le costruzioni in terra cruda fanno parte della categoria delle "non-engineered structures" e cioè delle strutture che non sono normalmente in grado di resistere senza danni all'attività sismica.

Esse presentano danni significativi già con scosse dell'intensità 7 della scala MSK, mentre il crollo parziale avviene presumibilmente con l'intensità 8 e la distruzione totale con l'intensità 9.

L'introduzione delle costruzioni antisismiche è da vedersi in stretto rapporto con la realizzazione dei seguenti obiettivi:

- 1) Applicazione di alcune regole elementari di progettazione e di costruzione per gli edifici in terra cruda, sulla base di regole internazionali di antisismicità per salvaguardare un livello minimo di sicurezza sismica.
- 2) Sviluppo di tecniche di rafforzamento ed introduzione di materiali da costruzione integrativi per assicurare un livello di antisismicità superiore, atto ad impedire il crollo totale anche in presenza di scosse di intensità molto elevata.
- 3) Introduzione di un ampio e diffuso sistema di formazione e controllo delle costruzioni.

Tipologie di danni

Il vantaggio delle costruzioni tradizionali dell'Asia Centrale (a differenza di quelle in India o in Iran) è costituito dal tetto relativamente leggero. La scarsità di risorse naturali (in particolare legname) tuttavia rende difficile la diffusione nell'area di soluzioni di questo tipo.

In seguito al terremoto nel Kazachistan Orientale furono osservate le seguenti tipologie di danni:

- l'apertura dei muri, causato dall'accoppiamento insufficiente nelle zone di contatto e dalla mancanza dell'armatura;
- crepe verticali nell'area di appoggio delle travi maestre, distacco di segmenti murari e parziale crollo delle capriate con gradi di danno diversi, dipendenti dall'intensità delle scosse e dalla qualità

della costruzione, dovuti cioè all'assenza di armature per impedire la concentrazione dei carichi, in parte anche per la mancanza del rinforzo verticale e trasversale dei muri longitudinali;

- crepe orizzontali e verticali a causa degli spostamenti relativi dei soffitti.

I principi per le costruzioni antisismiche dovranno essere seguiti, applicando i seguenti criteri di progettazione:

- corretta progettazione di pianta ed alzata, ossia limitazione della lunghezza e dell'altezza dei muri, con piante possibilmente simmetriche e regolari, evitando rientri, sporgenze, ecc.;

- corretto dimensionamento degli elementi costruttivi, p.es. definendo gli spessori minimi dei muri;

- corretto inserimento di elementi orizzontali e verticali di stabilizzazione, come p.es. rinforzi delle colonne, degli architravi e degli elementi cantonali per le aperture;

- corretti collegamenti e raccordi, p.es. armatura per l'accoppiamento dei muri, costruzione di solette e capriate con ripartizione della distribuzione del carico.

Interventi di rinforzo antisismico

Con le tipologie di costruzioni in terra, pietre e legno, alcuni mezzi ed interventi relativamente semplici consentono di ottenere un sensibile miglioramento della resistenza antisismica.

Le costruzioni portanti tradizionali in terra cruda richiedono tre strategie di intervento:

1) applicazione delle regole di progettazione antisismica;

2) il miglioramento delle caratteristiche di resistenza dei materiali mediante additivi;

3) l'applicazione di elementi di armatura in particolare nelle zone di congiunzione di muri, fra i tramezzi e fra solette/tetto, muro e fondamenta.

Un grado di antisismicità maggiore potrà essere raggiunto da costruzioni con ossatura o scheletro di legno, in cui la terra cruda è utilizzata esclusivamente per il tamponamento.

Dopo il terremoto nel Kazachistan Orientale, le costruzioni in terra massiccia vennero sostituite dalla seguente tipologia: l'ossatura portante tridimensionale costituita da legname squadrato verticale ed orizzontale viene efficacemente stabilizzata con un traliccio diagonale; con il traliccio viene realizzata una costruzione quasi con intercapedine, riempita con stuoie di paglia. L'intonaco viene realizzato con un rinzafo di terra cruda.

Costruzioni con scheletro portante e con tamponamento in mattoni di terra cruda

Le ossature in legno, confrontabili con le costruzioni tipo Fachwerk con tamponamento in mattoni di terra cruda, sono molto diffuse. Spesso, per il tamponamento dell'ossatura portante, i mattoni in terra cruda vengono posati a spiga, il che conferisce una maggiore stabilità alla costruzione in caso di attività sismica. In molti casi si tratta di costruzioni con base massiccia in mattoni crudi o blocchi grezzi, mentre il piano superiore è costruito con un'ossatura leggera e tamponamento in terra cruda, o con combinazioni delle due tecniche. Le tecniche tipo Fachwerk presentano un'antisismicità maggiore rispetto alle costruzioni in terra massiccia, ma sono poco compatibili con la scarsità di legname disponibile nella regione di edificazione.

Questa ricerca esula dal tema riguardante la protezione antisismica, pertanto non si approfondirà oltre tale tema.



Trentino Alto-Adige: casa Jörg a Sluderno (BZ), i blocchi di terra cruda e la struttura portante in Fachwerk .

IL FUOCO

Paradossalmente un nemico ancora più terribile dell'acqua è il fuoco. Può sembrare quasi spontaneo far ricorso al fuoco per prolungare la vita degli edifici in crudo, ed effettivamente da parecchi anni sono in corso sperimentazioni di questo genere, sia su cantieri archeologici sia in laboratorio.

Passando dai semplici lanciafiamme fino ai raggi infrarossi, si è tentato, fino ad ora invano, di provocare una cottura, che si potrebbe definire «in opera» che fosse al tempo stesso leggera, uniforme e che agisse in profondità senza alterare né il colore né la grana della materia. Ma il risultato è quasi sempre quello della vetrificazione dei mattoni o peggio del loro sbriciolamento. Il crudo sembra quindi voler rifiutare quel fuoco che gli fu negato all'inizio della sua vita di materiale da costruzione.



Cascinotto distrutto da un incendio e rimasto in balia degli agenti atmosferici.

L'IMPORTANTE DISTINZIONE FRA I VARI TIPI DI INTERVENTO

Esistono varie tipologie di interventi; attualmente, oltre alle manutenzioni ordinarie/straordinarie, la scelta è purtroppo univoca: la ristrutturazione.

- **Manutenzione ordinaria:** intervento di recupero del patrimonio edilizio riguardante le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie a integrare o a mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti.
- **Manutenzione straordinaria:** intervento di recupero del patrimonio edilizio esistente per rinnovare o sostituire parti anche strutturali di un edificio, e anche per realizzare o integrare servizi igienico sanitari e tecnologici, sempre che non vengano alterate le superfici e i volumi esistenti e che non vengano modificate le destinazioni d'uso.
- **Restauro:** operazione mediante la quale si restituisce alle forme originali un'opera d'arte, un manufatto, un edificio riparandolo, rinnovandolo, ricostruendolo.
- **Risanamento conservativo:** intervento di recupero edilizio, mirato alla conservazione dell'organismo edilizio nel rispetto delle sue caratteristiche tipologiche, formali e strutturali e al suo adeguamento funzionale per consentire destinazioni d'uso anche diverse ma comunque compatibili con quelle originarie.
- **Ristrutturazione edilizia:** intervento di recupero rivolto a trasformare un organismo edilizio in un altro in parte o completamente diverso dal precedente.
- **Adeguamento, interventi di — (criteri antisismici):** “Si definisce intervento di adeguamento l'esecuzione di un complesso di opere che risultino necessarie per rendere l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche” (Decreto Ministeriale 24.I.1986, capo C.9 1.1).
- **Miglioramento interventi di — (criteri antisismici):** esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza per altro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale. È fatto d'obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio (Decreto Ministeriale 24.I.1986, capo C.9 1.2).

IL RECUPERO

Il recupero, a differenza del restauro che è finalizzato al rigoroso ripristino dei connotati originali, porta una trasformazione funzionale e architettonica che comprende, oltre all'eliminazione del degrado materiale, anche la costruzione ex novo di ambienti e un adeguamento estetico. Tale operazione richiede necessariamente un'integrazione tra valore storico-culturale.

Le operazioni che rendono possibile il recupero sono le seguenti:

- *rilievo (geometrico dimensionale o planivolumetrico, critico – ossia quello che individua le trasformazioni subite dall'edificio, che mette a nudo la struttura, che registra le lesioni, ecc. –, fotografico);*
- *progettazione, cercando di creare un'abitazione comoda e funzionale sebbene rispettosa dal modello culturale e abitativo originario;*
- *realizzazione, seguendo per quanto possibile i concetti contenuti nel presente manualetto, soprattutto per quanto concerne le murature in terra cruda, conservando dove possibile e valutando pur sempre gli interventi sotto il profilo funzionale ed economico.*

BIBLIOGRAFIA

Gian Luigi Prati, *Progettare e costruire in terra cruda* (tesi di laurea), Relatore: Prof. Arch. Roberto Mattone, Politecnico di Torino, 2000.

J. Jeannet, G. Pollet, P. Scarato, *Le Pisé - Patrimoine, Restauration, Technique d'avenir*, édition Créer, Nonette.

Antonello Sanna, Carlo Atzeni, *I manuali del recupero dei centri storici della Sardegna, Architettura in terra cruda dei Campidani, del Cixerri e del Sarrabus*, DEI-Tipografia del Genio Civile.