

SISTEMA CUCITURE ATTIVE C.A.M.

Il patrimonio storico in Italia è largamente costituito da fabbricati e monumenti in muratura. Le tipologie costruttive e i materiali utilizzati sono i più vari (pietrame a secco, con letti di malta, a sacco).

Per tutte le tipologie il comportamento prevalente è delegato alla resistenza per equilibrio tra i singoli blocchi portanti, spesso coadiuvati da letti di malta per migliorare il comportamento a trazione e con funzione di legante.



La malta però sebbene abbia un ruolo fondamentale nel comportamento resistente della singola parete risulta quasi sempre, vista l'anzianità dei manufatti storici, polverizzata e non più capace di fornire la funzione di legante cui è demandata.

Di fatto le strutture portanti in muratura sono così costrette ad equilibrare le azioni esterne non tanto grazie ad una resistenza del materiale bensì ad una resistenza per equilibrio alla dislocazione dei blocchi.

Proprio per tale motivo il sistema di Cuciture Attive CAM trova piena efficacia nello “spostare” la resistenza dei pannelli murari da quella per equilibrio a quella per resistenza del materiale sfruttando dunque tutte le capacità della muratura.

1 APPLICAZIONE SULLA MURATURA

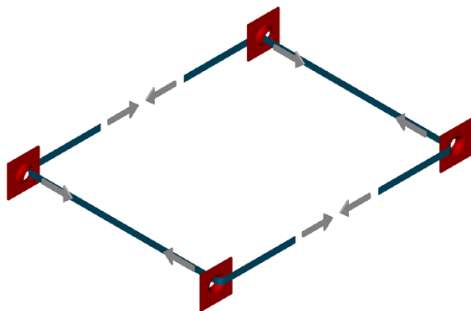
La necessità di ricompattare la massa muraria, spesso caratterizzata da un apparecchio murario disordinato o a doppio paramento, con scarse o nulle connessioni trasversali, suggerisce l'idea di utilizzare un sistema tridimensionale di cuciture, capace di "impacchettare" la muratura, fornendo anche un calibrato e benefico stato di precompressione triassiale.

Esso viene realizzato interamente mediante nastri in acciaio inossidabile, così da eliminare qualsiasi problema di durabilità ed ottenere caratteristiche di notevole duttilità

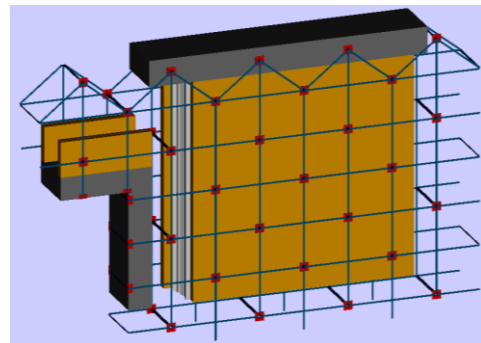
Negli edifici in muratura il danneggiamento scaturisce per i seguenti fenomeni:

1. Limitata resistenza a taglio della muratura (fenomeni di rottura per fessurazione diagonale);
2. Limitata resistenza a pressoflessione della muratura (fenomeni di rottura per schiacciamento o ribaltamento dentro e fuori dal piano);
3. Mancanza di ammorsamento tra pannelli murari ortogonali (ribaltamento fuori dal piano);
4. Carenza di collegamento tra i solai e i pannelli murari e di rigidezza dei solai stessi (mancanza di una buona ripartizione delle azioni sismiche tra le pareti resistenti);

Elementi Costituenti il sistema



Schema statico elementare di riferimento



Disposizione su pannello murario

Gli elementi costituenti il sistema CAM per la muratura sono:

- Nastri in acciaio Inox
- Piastre imbutite (funzione di distribuzione del carico concentrato in posizione del foro)
- Sigilli necessari al serraggio delle maglie di nastro
- Macchine pretensionatrici

L'intervento di rinforzo mediante CAM sulle murature prevede l'inserimento di nastri in acciaio Inox a formare maglie chiuse nello spessore delle pareti (mediante forature a maglie rettangolari o a quinconce) estese a tutto il pannello, nelle zone di intersezione tra pannelli ortogonali, e alle zone di appoggio dei solai come cucitura (travi in legno, solai in CA alleggerito ecc.).

Miglioramenti conseguenti alla applicazione del sistema

Il sistema CAM trova la sua naturale applicazione su murature intonacate mediante la rimozione dell'intonaco o di strisce di intonaco nelle quali alloggiare i nastri; grazie all'utilizzo di acciaio inox consente di non utilizzare intonaci cementizi per la finitura o il ripristino.

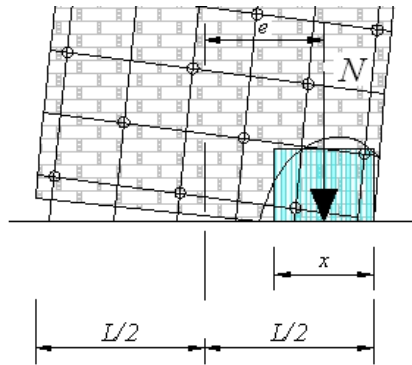
I nastri pre-tesi applicano uno stato di precompressione tridimensionale, particolarmente utile in direzione trasversale; è grazie agli speciali elementi di connessione che i nastri d'acciaio realizzano un sistema continuo di tirantatura, in grado di ripercorrere le irregolarità della muratura, sia in orizzontale, lungo tutta la parete rinforzata, che in verticale, per tutta l'altezza.

Il sistema assicura il miglioramento della resistenza a taglio ed a pressoflessione dei maschi murari e delle fasce di piano sia per azioni nel piano della muratura sia per azioni fuori del piano ed inoltre impedisce la formazione di meccanismi locali di collasso mediante il collegamento fra pareti ortogonali e fra parete in muratura e cordolo sovrastante.

In particolare il rinforzo mediante il CAM migliora i seguenti comportamenti:

1. I nastri orizzontali, costituendo una staffatura, migliorano fortemente la resistenza a taglio dei singoli pannelli che passano da una resistenza di un elemento non armato ad armato a taglio;
2. I nastri orizzontali, forniscono un immediato aumento di resistenza a compressione (grazie al pretensionamento) e migliorano il comportamento di duttilità a compressione della muratura. I nastri verticali costituiscono una armatura a trazione nei confronti delle azioni di pressoflessione e pertanto ne migliorano notevolmente la resistenza;
3. Tra pannelli ortogonali le maglie di nastri "cuciono" direttamente le pareti fornendo automaticamente quel collegamento necessario tra le pareti per scambiare e ripartire fra loro le sollecitazioni agenti.
4. I nastri possono essere utilizzati per collegare, mediante piatti o presso piegati opportuni, testate di travi in legno, cordoli in CA, solai in latero-cemento, ecc. alle murature che le sorreggono e che poggiano su esso. Questo consente di assicurare alle murature un corretto collegamento di piano (le

travi in legno diventano equivalenti a tiranti) e dunque una completa ripartizione delle azioni sismiche tra le pareti resistenti.

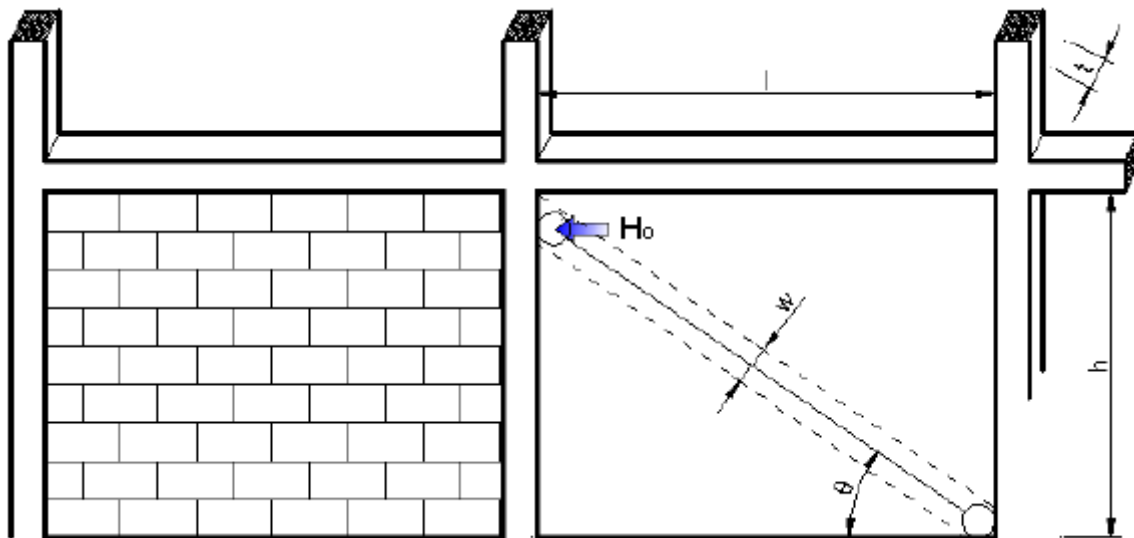


2 APPLICAZIONE SUL CEMENTO ARMATO

Gli edifici in CA esistenti presentano, come si è evidenziato dall'analisi dei collassi parziali e/o totali dovuti ai recenti eventi sismici, alcune deficienze strutturali dove si accumulano gli eventi di danneggiamento.

Gli eventi di danneggiamento maggiormente frequenti possono essere così riassunti:

1. Collasso per bassa resistenza e duttilità a compressione dei calcestruzzi realizzati in opera (schiacciamento dei pilastri);
2. Collasso per carenza di armatura a flessione/pressoflessione (bassa resistenza delle sezioni);
3. Collasso a taglio sia di pilastri che travi per carenza di armatura a taglio;
4. Collasso dei nodi trave-pilastro non interamente confinati (definiti come da DM2008) dovuti a bassa resistenza del calcestruzzo, alla presenza di una limitata staffatura di confinamento del nodo, e all'effetto puntone dovuto a tramezzature "consistenti" presenti nei perimetrali della struttura.



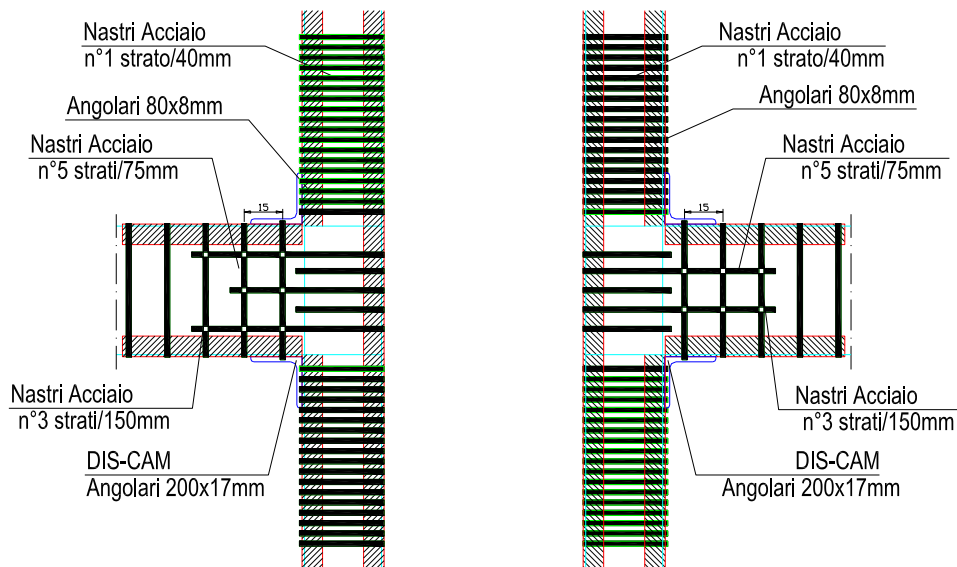
Collasso dei nodi Trave-Pilastro per effetto puntone tamponature. (RELUIS, Linee Guida per la Riparazione ed il Rafforzamento di Elementi Strutturali, Tamponature e Partizioni)

In generale dunque le strutture in CA se non correttamente dimensionate, o realizzate in epoche in cui poca importanza si dava ad alcune “regole” oggi ben consolidate e note, presentano una forte carenza in termini di resistenza e ancor di più di duttilità intesa come capacità di plasticizzazione e dissipazione dell’energia sismica trasmessa.

Miglioramenti conseguenti alla applicazione del sistema

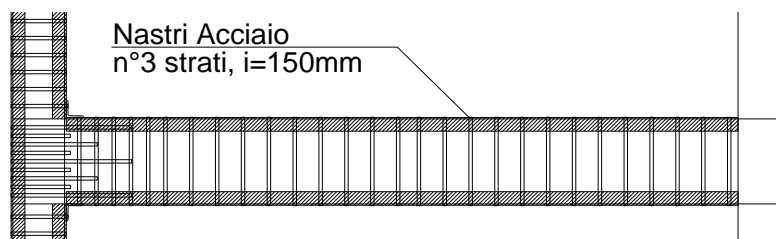
Per ognuno di degli eventi descritti precedentemente il sistema CAM permette di ottenere miglioramenti nel comportamento tanto in termini di resistenza che di duttilità. In particolare:

1. Il rinforzo tipico per i pilastri è costituito dall’inserimento di quattro angolari continui negli spigoli del pilastro connessi tra loro mediante nastri in acciaio ad alta resistenza a costituire magli chiuse staffanti la sezione, in numero ed interasse specifico, pretensionati. Tale intervento consente di migliorare la resistenza a compressione centrata del CLS e di aumentarne ancor più la duttilità a pressoflessione (deformazione ultima a compressione raggiunge valori ben oltre quello previsto per il CLS normale e pari a $\epsilon_{cu} = 0.0035$).



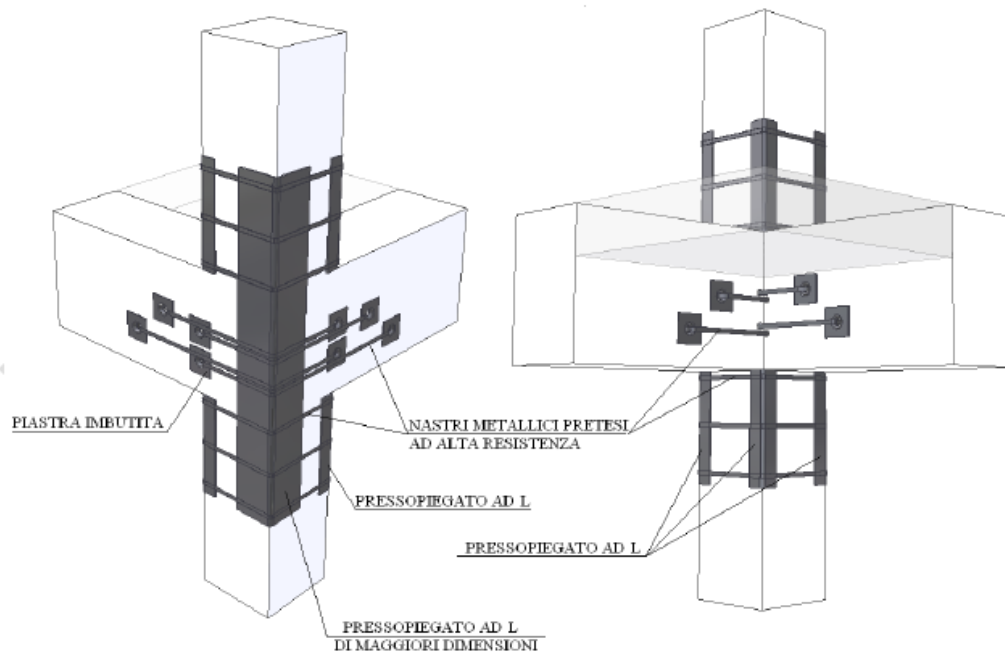
Applicazione tipica del CAM per un pilastro in CA. (Progetto di messa in sicurezza di due Edifici ATER, Comune di Scandriglia)

2. Normalmente gli angolari (anche per le travi) sono posizionati sul CLS previo allettamento con malte o resine per migliorare l'aderenza tra le parti (gli angolari prevedono anche una finitura irruvidente sulle superfici di contatto con il CLS). Normalmente non viene tenuta in conto l'efficacia di tale adesione nelle verifiche e dunque gli angolari non vengono considerati una armatura aggiuntiva per le verifiche a presso-flessione o flessione semplice. E' invece possibile tener conto degli angolari qualora si preveda un calcolo adeguato dell'aderenza tra angolari e CA mediante le malte/resine di allettamento, oppure prevedere dei collegamenti meccanici (inghisaggi) ancor più efficaci e facilmente dimensionabili.
3. Come descritto al punto 1, sia per le travi che per i pilastri, il rinforzo mediante C.A.M prevede l'inserimento di nastri in acciaio ad alta resistenza adatto a fornire un incremento di duttilità/resistenza al CLS. Tali nastri per loro natura costituiscono anche un incremento della staffatura esistente aumentando conseguentemente la resistenza a taglio.

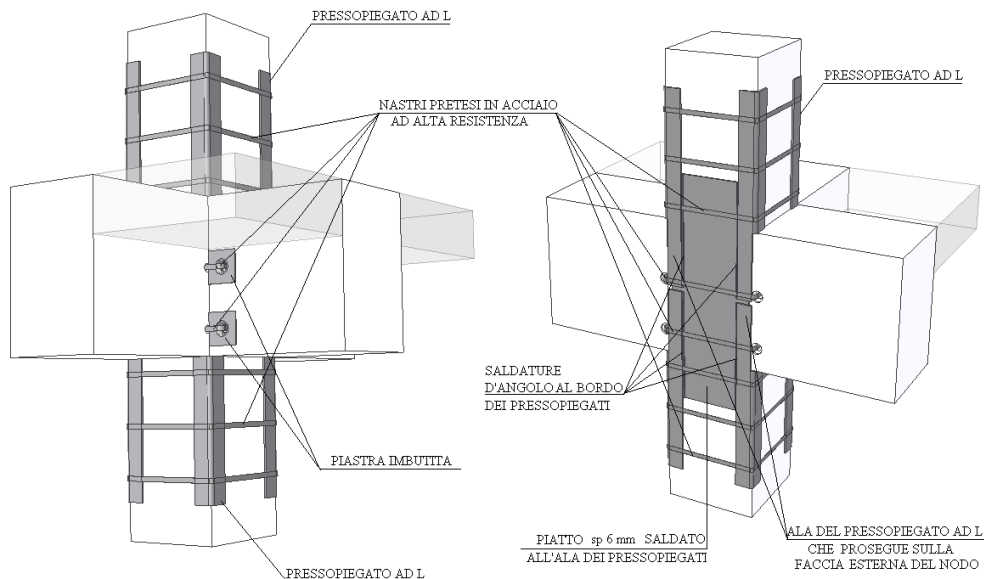


Applicazione tipica del CAM per una trave in CA. (Progetto di messa in sicurezza di due Edifici ATER, Comune di Scandriglia)

4. Per i nodi trave/pilastro il CAM può essere applicato sia in termini di staffatura aggiuntiva sul nodo (realizzando una staffatura passante nelle travi a confinamento del nodo), di aumento di resistenza a compressione del CLS (effetto di confinamento) ed anche in termini di aumento di resistenza a taglio considerando quello aggiuntivo degli angolari che allo scopo non vengono interrotti sul nodo. Nel caso vi sia l'esigenza di un aumento di resistenza ancora maggiore, ad esempio nel caso di punzonamento del nodo a causa dell'effetto puntone delle tamponature per pilastri di facciata o di spigolo, possono essere aggiunti dei piatti saldati, in corrispondenza del nodo, tra gli angolari, estesi sia superiormente che inferiormente.



Nodo d'angolo rinforzato con CAM ed angolare passante. (RELUIS, Allegato alle Linee Guida per la Riparazione ed il Rafforzamento di Elementi Strutturali, Tamponature e Partizioni)



Nodo di facciata rinforzato con CAM angolari passanti e piastra saldata. (RELUIS, Allegato alle Linee Guida per la Riparazione ed il Rafforzamento di Elementi Strutturali, Tamponature e Partizioni)

3 APPLICAZIONE SU STRUTTURE MISTE

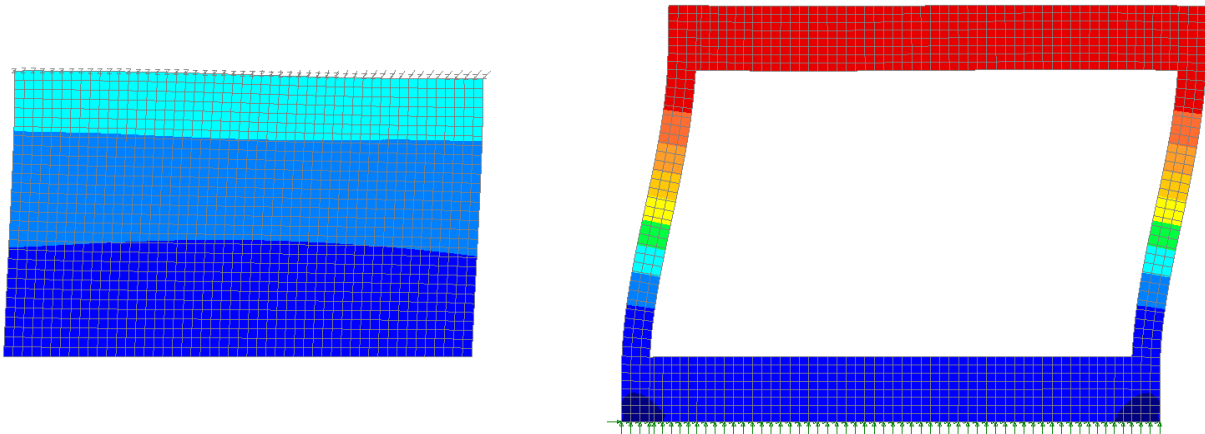
Nel caso in cui una struttura in CA non abbia sufficienti caratteristiche di resistenza e anche con una adeguata progettazione di rinforzo non si riescano a raggiungere le caratteristiche richieste, una utile ed efficiente soluzione è quella, ove possibile, di utilizzare le tamponature normalmente non portanti o non considerate tali, come elementi aggiuntivi di irrigidimento e resistenti.

Naturalmente le tamponature che dovranno essere rese collaboranti dovranno avere una consistenza tale da poter essere equiparata ad una muratura portante.

Di importanza cruciale dunque in questo caso è lo studio tanto del rinforzo di tutti gli elementi strutturali in CA (pilastri, travi e nodi) e dei pannelli in muratura, quanto e soprattutto delle connessioni tra le due tipologie strutturali.

E' infatti evidente come i telai in CA ed i pannelli murari abbiano, per azioni orizzontali comportamenti assai differenti.

Nel caso specifico di un singolo telaio in CA al cui interno sia presente una tamponatura muraria è evidente come il pannello murario abbia una deformazione prevalentemente a taglio mentre i pilastri prevalentemente a flessione.

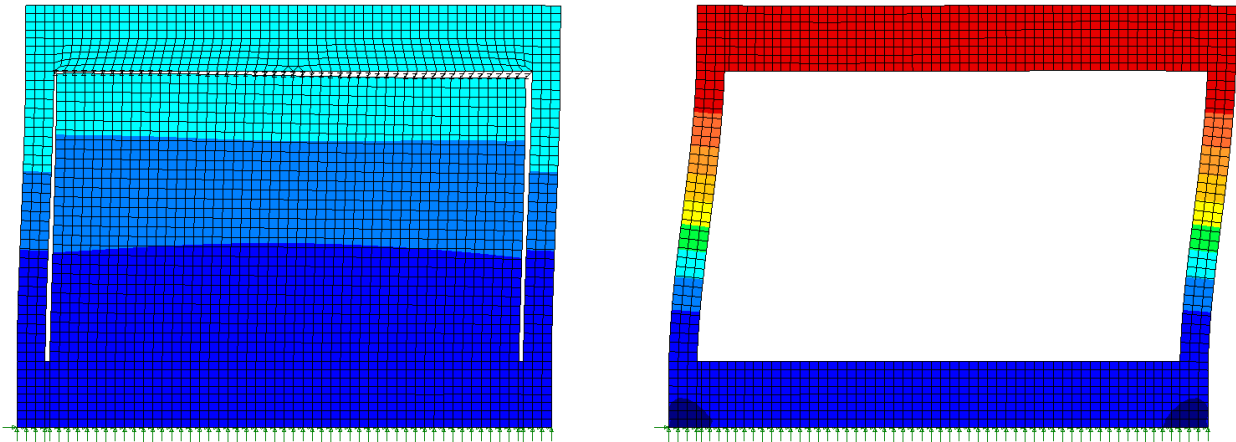


Deformazione dei due tipi di elementi struttura. Deformazione puramente a taglio per il pannello murario, deformazione flessionale dei pilastri in CA.

Un approccio progettuale per legare i due comportamenti in maniera efficiente potrebbe essere quello di consentirne l'interazione ma di lasciare che ognuno dei due sistemi possa continuare a comportarsi secondo la sua "natura".

Una soluzione ragionevole potrebbe essere quella di "legare" per azioni orizzontali il singolo pannello murario con le travi superiore ed inferiore.

In questo modo vengono vincolati gli spostamenti alla base ed in testa del pannello a quelli di interpiano della struttura in CA senza "forzare" nessuna delle due strutture a deformarsi secondo una modalità mista taglio-flessione.



Deformazione per azione al livello di solaio. Telaio in CA semplice e con tamponatura collaborante.

Come si vede dalla figura la deformazione del telaio semplice è superiore a quello con pannello in muratura collaborante mediante solidarizzazione a taglio con le travi, ovviamente per aver aggiunto una rigidità a quella totale.

Non si ha però solamente un aumento di resistenza/rigidità bensì anche un aumento di duttilità poiché può essere sfruttata l'energia di plasticizzazione del pannello murario rinforzato con CAM.

La connessione tra il pannello murario e le travi in CA verrà effettuato mediante piastre imbutite dritte (pareti esterne) o presso-piegate (pareti interne) in cui sono inseriti i nastri orizzontali e verticali CAM terminali e gli inghisaggi sulle travi in CA.

In questo modo si mantiene un'estrema facilità di posizionamento ed esecuzione dell'intervento.

