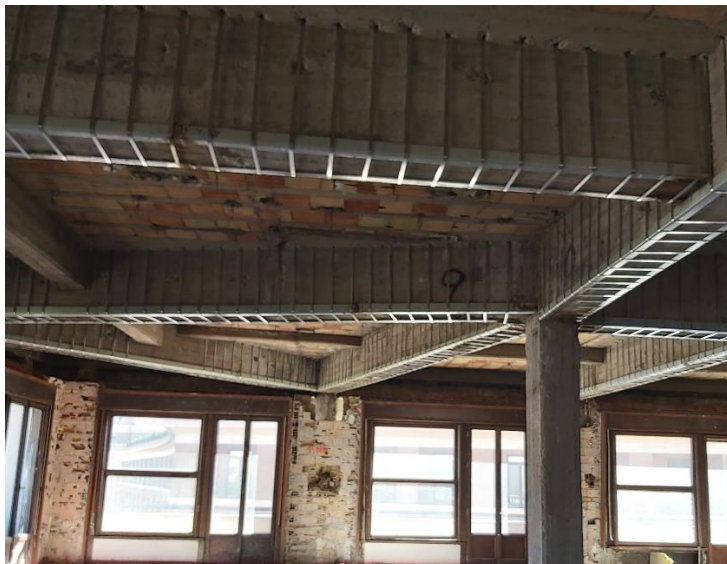
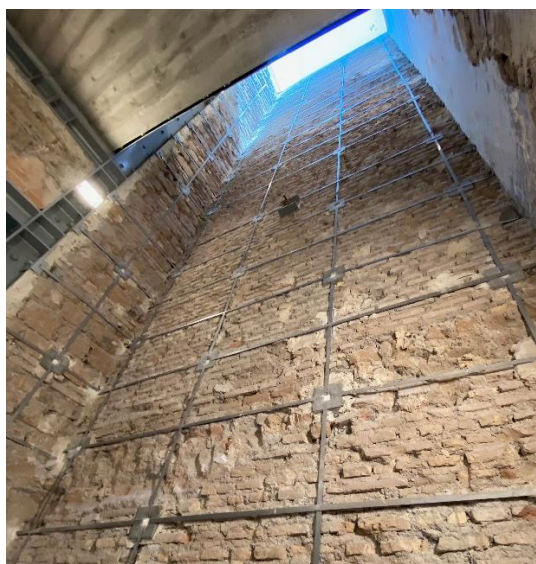


SISMABONUS con tecnologia CAM[®]: il miglioramento sismico certificato con interventi strutturali a minima invasività.

L'azienda leader nel settore del **rinforzo delle strutture esistenti** e del consolidamento attivo, si presenta con nuove proposte capaci di vincere la sfida lanciata dall'agevolazione SISMABONUS e SUPERBONUS. **Miglioramento e adeguamento statico e sismico dei fabbricati** minimizzando l'interferenza con la presenza umana all'interno dell'involucro edilizio e garantendo la prestazione attesa.

Le **tecnologie di EDIL CAM Sistemi[®] - CAM[®], SOL-CAM[®], DIS-CAM** - costituiscono l'eccellenza che risponde alla sfida possibile con **interventi di consolidamento** in grado di coniugare **sicurezza, innovazione e minima invasività**.



APPLICAZIONI EDIL CAM SISTEMI[®]

LA TECNOLOGIA A MARCHIO CAM[®]

La **EDIL CAM Sistemi[®]** è l'azienda che si promuove sul mercato con i **sistemi a marchio CAM[®]** e i brevetti ad esso correlato. Nell'ambito del **miglioramento e adeguamento sismico** delle strutture esistenti è l'azienda leader nell'ambito del consolidamento attivo, vantando un know-how unico con oltre 500 applicazioni specialistiche della tecnologia di cui è proprietaria.

Il principio base risiede nell'utilizzo strutturale di un **nastro in acciaio inox pretensionato** all'atto dell'applicazione. Il nastro, posto in opera secondo configurazione di anello chiuso e anche in più sovrapposizioni, ha geometria ridotta (19x0,90mm) ma elevate caratteristiche meccaniche ed è utilizzato in due classi, l'una per le applicazioni su fabbricati in muratura ($f_{tk} > 500\text{MPa}$ ed $\epsilon_{uk} > 35\%$), l'altra per strutture in CA ($f_{tk} > 1000\text{MPa}$ ed $\epsilon_{uk} > 15\%$).

Nei fabbricati in muratura la ripetizione degli anelli in posizione orizzontale e verticale, attraversando lo spessore murario, forma il **reticolo tridimensionale** la cui azione risultante è quella

di confinare il nucleo di muratura racchiuso al proprio interno, compattando la massa muraria e realizzando un diaframma meccanico di collegamento.

In corrispondenza dei fori vengono poste **piastre imbutite** e in corrispondenza degli spigoli **angolari** ripartitori o angolari bugnati. Con semplici componenti base nasce quindi il Sistema di consolidamento tridimensionale attivo che è in grado di 'cucire' la struttura in muratura impedendone l'attivazione dei meccanismi locali di collasso, evitando il ribaltamento delle pareti e realizzando l'effetto scatola che ne consente il buon funzionamento nei confronti dell'azione sismica.

Nelle strutture in CA analogamente i nastri svolgono il ruolo di [staffe aggiuntive poste in coazione](#), cerchiando il perimetro della sezione secondo il passo richiesto in progetto. Scongiorare le rotture fragili per meccanismi di rottura a taglio in travi, pilastri e nodi è possibile con minima assistenza muraria, ridotte demolizioni, efficacia certificata.

La posa della componentistica e la tesatura del nastro attraverso la macchina pneumatica è **certificata dalla EDIL CAM Sistemi[®] in conformità alle specifiche del marchio e del brevetto a garanzia della prestazione richiesta in progetto.**

La leggerezza e la versatilità del Sistema lo rendono vincente sulle altre tecnologie: le caratteristiche della cantierizzazione, pressoché prossime ad una applicazione a secco, la velocità di posa e le elevate performance raggiungibili, l'elevato controllo in cantiere e le maestranze specializzate fanno sì che esso sia considerato dagli esperti del settore e dai committenti **l'eccellenza nel campo degli interventi di retrofitting di strutture esistenti, siano esse strutture in CA che storiche e vincolate.**

SISMABONUS, SUPERBONUS E DECRETO RILANCIO: UNA GRANDE POSSIBILITÀ

I decreti legge e le circolari che negli anni si sono succedute hanno come scopo l'incentivo alla messa in sicurezza del patrimonio edilizio su scala nazionale. Tra i documenti fondamentali il [decreto n.58 del 28/02/2017 del M.I.T. e s.m.i.](#) introduce la classificazione del rischio sismico, suddivisa in 8 classi strettamente connesse alle conseguenze dell'evento sismico, non solo in relazione alla capacità della struttura ma anche alla quantificazione economica del danno. L'attribuzione della classe di rischio segue due differenti metodi: 'convenzionale' o 'semplificato'. Il **metodo convenzionale** fondamentalmente presuppone la conoscenza del fabbricato e lo studio della classe di rischio secondo metodi analitici noti e verifiche diffuse su tutto il fabbricato. Il calcolo va svolto nello stato di fatto e nello stato di progetto fino a certificarne la prestazione finale nei confronti dell'azione sismica di sito.

Il **metodo semplificato** è una procedura che consente una stima approssimata del comportamento del fabbricato di rapida valutazione. Utilizzando tale metodo è possibile unicamente il passaggio alla classe di rischio immediatamente successiva.

Vengono fornite indicazioni relativamente alla mitigazione del rischio e, nell'ottica di facilitarne l'uso ai tecnici, vengono proposti **interventi atti al miglioramento del comportamento nei confronti**

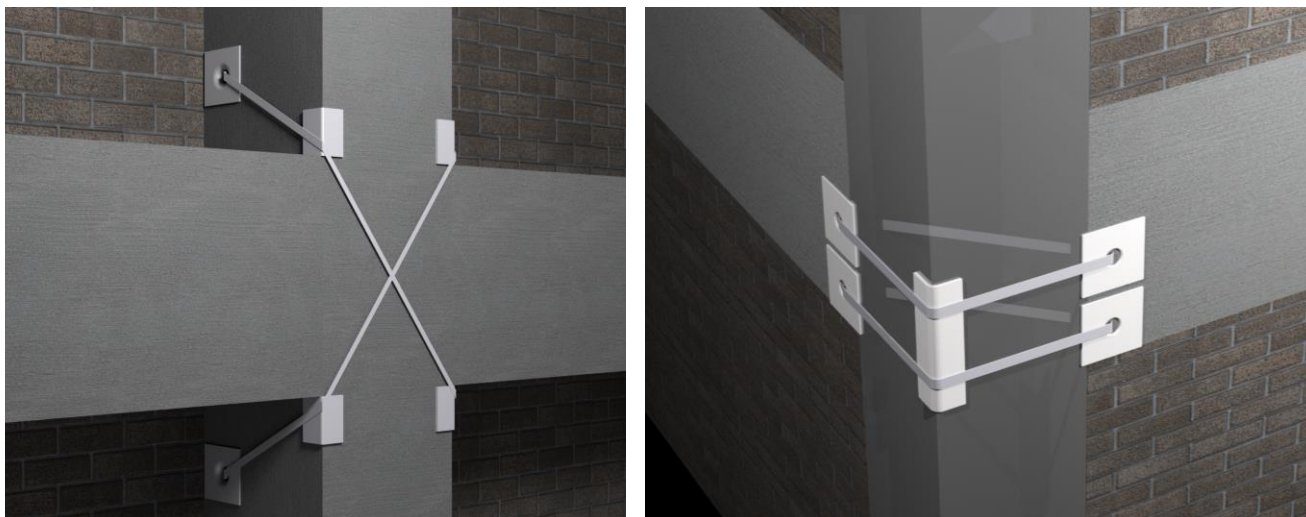
dell'azione sismica differenziati per tipologia strutturale. Questi vanno letti come provvedimenti volti a sviluppare una gerarchia di rottura e possono facilmente calarsi nella realtà dell'esistente.

Analizzare quanto suggerito per l'innalzamento di una classe di rischio nel metodo semplificato sarà da guida per l'impiego del metodo convenzionale: capire la logica generale che è dietro tali indicazioni comporta l'esecuzione di interventi che potranno essere comunque validi per gestire il miglioramento sismico delle diverse tipologie strutturali.

L'analisi del danno a valle degli eventi sismici anche più recenti ha permesso di catalogare quali interventi possano considerarsi prioritari al variare delle tipologie strutturali. È la logica della generazione di ingegneri prima "dell'appiattimento" generato dall'utilizzo massivo dei software di calcolo: capire la struttura e sapere intervenire, anche senza conoscere il dettaglio numerico della verifica.

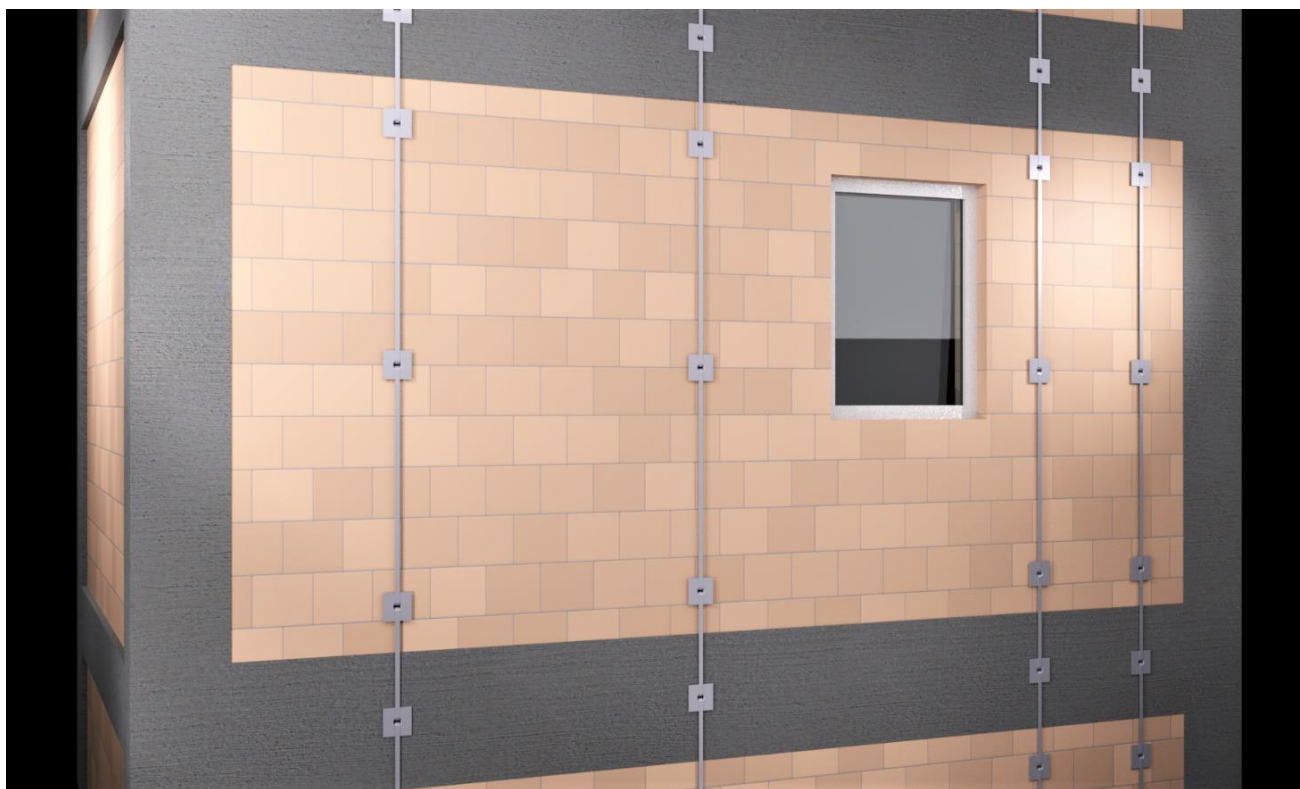
Nelle strutture intelaiate è chiaro come l'elemento più vulnerabile sia il [nodo trave-pilastro](#). L'assenza di staffe al nodo determina il limite di prestazione anche della trave e del pilastro ad esso confluenti. Da qui dunque l'indicazione per le strutture in CA di intervenire confinando i nodi perimetrali. Si pone l'attenzione sul fatto che si parla di confinamento: il sistema CAM[®] è l'unica tecnologia di intervento che permette la posa di una staffa chiusa, aggiunta a posteriori e posta in coazione.

La già scarsa invasività del Sistema trova ulteriori spunti di soluzione specializzando il rinforzo lungo le giaciture principali, come nella configurazione Criss-Cross oppure intervenendo in confinamento parziale, [sperimentato dalla Università di Napoli 'Federico II'](#).



PARTICOLARI APPLICAZIONI EDIL CAM SISTEMI[®] SU NODI TRAVE-PILASTRO

Di non minore importanza risultano gli elementi denominati 'secondari' il cui meccanismo di collasso può instaurare situazioni di forte pericolo. Ricorsi verticali di nastri pretesi posso agevolmente vincolare fuori piano le **tamponature** per evitarne il **ribaltamento**.



SISTEMA DI ANTIRIBALTAMENTO DELLE TAMPONATURE PROPOSTO DA EDIL CAM[®] SISTEMI

Le strutture in muratura, a differenza delle strutture intelaiate, non nascono come sistemi continui e connessi, pertanto il primario meccanismo di crisi delle strutture è legato all'assenza di vincoli ed a cinematismi locali, quali disgregazione della massa muraria, ribaltamento di facciate, perdita di appoggio degli orizzontamenti. La filosofia degli interventi sulle strutture storiche in muratura è necessariamente sempre la stessa: utilizzare catene diffuse, ammorsare efficacemente le pareti tra loro, vincolare i solai alle pareti. **Ricreare l'effetto scatola**, impiegando i nastri delle **Cuciture Attive** sulla **Muratura**: da qui nasce l'acronimo e marchio CAM[®].

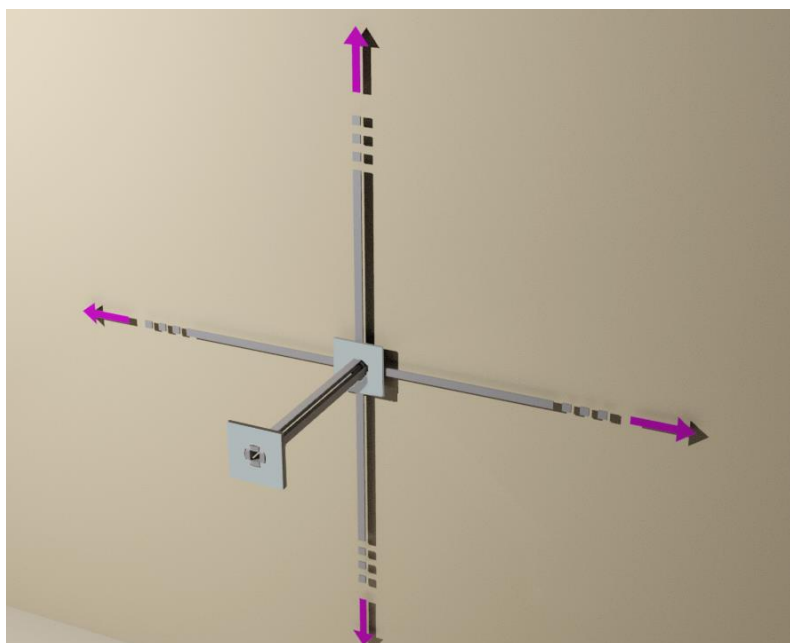
Il Sistema è per questi motivi considerato un'eccellenza nel campo del consolidamento. Quale dunque la nuova sfida? Aprirsi ad un mercato diverso, in cui la minima invasività deve farne da padrona, senza perdere di vista la visione aziendale in cui **l'efficacia della posa deve essere certificata**, attraverso l'evidenza sperimentale e il know-how unico.

Nelle strutture in muratura la conservazione della completa fruibilità dell'immobile in genere mal si sposa con provvedimenti qualitativamente e quantitativamente efficaci.

È evidente come non possano considerarsi equivalenti interventi che non interessino entrambi i paramenti murari ai medesimi applicati su entrambe le facce della parete.

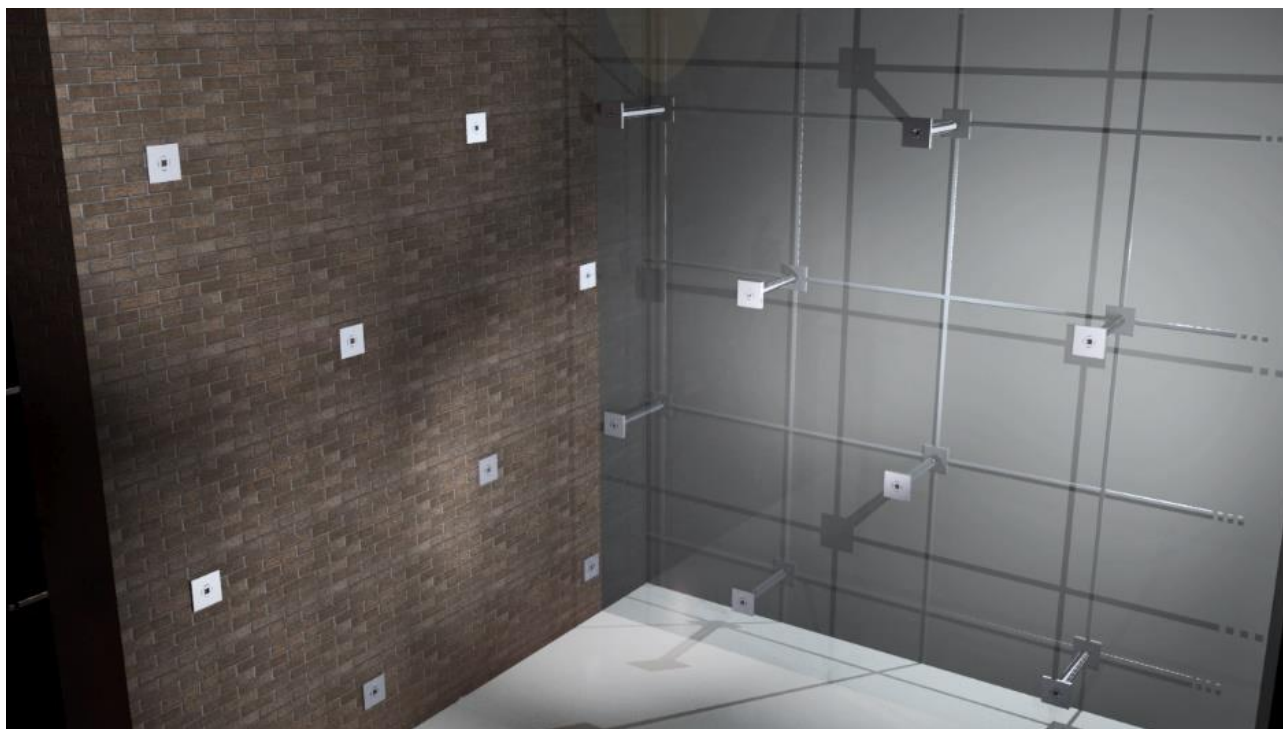
Non tutte le tecniche monolaterali possono rispondere in modo analogo nel soddisfare le necessità strutturali senza considerare evidenti compromessi.

Il Sistema CAM[®] nasce tridimensionale ed è questa caratteristica che ne ha validato l'efficacia nelle numerose sperimentazioni svolte da Università ed Enti nel corso degli anni ([video prova su tavola vibrante all'Enea](#)).

*SCHEMA DI INTERVENTO UNI CAM®*

La tridimensionalità dell'intervento è mantenuta anche nel nuovo campo di **applicazione del Sistema su murature facciavista**. Nell'UNI CAM® i nastri che attraversano lo spessore murario, trovano punto di ritorno nella particolare piastra "capochiave" disposta in facciata. Nell'unico foro visibile corre in andata e ritorno lo stesso nastro che sul lato opposto concorre a formare il reticolo tradizionalmente leggibile del CAM®.

Le particolari piastre **UNI CAM®**, prodotte con nuove tecnologie appena messe appunto dalla EDIL CAM® Sistemi, possono assumere l'aspetto e il ruolo del capochiave tradizionale degli interventi presenti nei borghi più antichi. Ribaltando la problematica in tutte quelle applicazioni in cui è necessaria la minima interferenza con l'interno abitato, la soluzione UNI CAM® risulta capace di coniugare la ridotta invasività con un intervento visivamente monolatero ma con piena ed unica **efficacia diatonale di cucitura attiva**.

*SISTEMA EDIL CAM SISTEMI® PER APPLICAZIONE SU MURATURE FACCIAVISTA*

LA SFIDA POSSIBILE: CONIUGARE EFFICACIA E MINIMA INVASIVITÀ

Le tecnologie a marchio CAM® si specializzano in molteplici soluzioni di intervento sui fabbricati esistenti, molte di esse nate direttamente dalla ricerca della soluzione alle singole problematiche di cantiere affrontate.

La naturale richiesta di mercato nell'ottimizzazione di prodotto e nell'aumento delle performance ha portato la EDIL CAM Sistemi® ad essere l'azienda leader nel retrofitting strutturale, scelta da tecnici e imprese per le caratteristiche spesso vincenti rispetto alle altre tecnologie a disposizione.

Il materiale impiegato per i nastri è acciaio inox ad elevata resistenza unico nel suo genere, prodotto in due classi per le specifiche applicazioni su strutture in CA e in muratura. L'intera componentistica impiegata sui cantieri in muratura è in acciaio inox, caratteristica che da sempre ha distinto il Sistema per la compatibilità chimica con qualsiasi finitura superficiale e per la garanzia di durabilità. La pretensione fornita all'atto della posa è il principale strumento distintivo rispetto alle altre tecnologie passive, la cui calibrazione è frutto di ottimizzazione degli strumenti e certificazione di prodotto.

Il Sistema CAM® non implica modifiche sostanziali al comportamento della struttura, non alterando masse e rigidità. La posa pressoché 'a secco' permette velocità di applicazione e compatibilità con qualsiasi temperatura di esercizio.

La preparazione delle superfici è minima: è sufficiente la sola rimozione dell'intonaco, preferenzialmente anche in traccia, senza ulteriori trattamenti delle superfici.

La flessibilità del sistema permette soluzioni 'cucite' addosso al fabbricato, in particolare in relazione alla compatibilità con impianti, macchinari, nonché con finiture architettoniche, infissi ed elementi decorativi tipici delle strutture storiche. L'essere reversibile lo rende il sistema approvato dalle Soprintendenze per gli interventi su fabbricati vincolati, sposando l'esigenza conservativa all'efficacia di intervento.

Il confronto tra la tecnologia CAM® e altre tecniche a disposizione può essere facilmente schematizzato:

STRUTTURE IN CA								
COMPARAZIONE	Sistema attivo	Alterazione massa e rigidità	Preparazione superfici	Compatibilità impianti, tubature, infissi	Reversibilità	Certificazione materiali	Capacità protezione al fuoco	Temperature idonee alla posa
INCAMICIATURA IN CA	No	Si	Necessaria (lieve)	No	No	Si	Massima	Qualsiasi
CALASTRELLATURA IN ACCIAIO	No (si se riscaldati)	No	Non necessaria (solo intonaco)	No	Si	Si	Alta	Qualsiasi
BETON PLAQUÈ	No	No	Necessaria (forte)	No	No	?	Bassa (resina)	5-35° (resina)
INCAMICIATURA IN FRP	No	No	Necessaria (forte)	No	No	?	Bassa (resina)	5-35° (resina)
SISTEMA CAM®	Si	No	Non necessaria (solo intonaco)	Si	Si	Si	Alta	Qualsiasi

STRUTTURE IN MURATURA								
COMPARAZIONE	Sistema attivo	Alterazione massa e rigidezza	Preparazione superfici	Compatibilità impianti, tubature, infissi	Reversibilità	Certificazione materiali	Capacità protezione al fuoco	Temperature idonee alla posa
BETONCINO ARMATO TRADIZIONALE	No	Si	Non necessaria (solo intonaco)	No	No	Si (se tradizionale)	Alta	Qualsiasi
BETONCINO ARMATO CON FRP	No	Si	Non necessaria (solo intonaco)	No	No	Si (se tradizionale)	Alta	Qualsiasi
APPLICAZIONE FILI O TESSUTI IN FRP	No	No	Necessaria (forte)	No	No	?	Bassa (resina)	5-35° (resina)
SISTEMA CAM®	Si	No	Non necessaria (solo intonaco)	Si	Si	Si	Alta	Qualsiasi

Nell'articolo completo vengono dettagliate le soluzioni in ambio SISMABONUS con le tecnologie della Edil CAM® Sistemi.

LE STRUTTURE IN CA: SAPER INTERVENIRE

Il salto di una classe di rischio sismico nelle strutture intelaiate in CA viene garantita, anche con metodo semplificato, intervenendo solo a livello locale senza preventiva attribuzione di una classe di rischio.

Ciò è possibile unicamente se la struttura era originariamente concepita con la presenza di telai in entrambe le direzioni e a valle dell'esecuzione dei seguenti interventi:

- Confinamento dei nodi perimetrali non confinati dell'edificio
- Opere volte all'anti ribaltamento delle tamponature
- Eventuali opere di ripristino di zone danneggiate o degradate.

Analizzando le specifiche indicate nel documento appare chiaro che, come risulta nella realtà del costruito, il primario meccanismo di crisi nelle strutture intelaiate è il collasso del nodo trave-pilastro.

Tale elemento è infatti atto al trasferimento delle azioni dalla trave al pilastro. Nelle usuali modellazioni strutturali esso è in primis modellato come zona 'infinitamente rigida' di intersezione tra trave e pilastro. Nella realtà tale elemento ha rigidità finita (rigidità del pannello nodale) ed è caratterizzato da resistenze limitate.

Tale elemento influenza necessariamente la capacità della struttura in quanto la massima sollecitazione trasmissibile tra la trave ed il pilastro è pari alla sua capacità. La crisi, come atteso per elementi 'tozzi', avviene per raggiungimento della resistenza a taglio e pertanto è una crisi fragile.



Fonte RELUIS : CRISI PER ASSENZA DI STAFFE NEL NODO TRAVE-PILASTRO

Nella quasi totalità del costruito italiano, ad eccezione delle strutture realizzate negli ultimi 15 anni, manca il dettaglio costruttivo delle staffe che proseguono nel pilastro in corrispondenza dell'intersezione con l'elemento trave.

L'assenza di staffatura non solo ne limita la capacità ad 'elemento non armato' ma permette l'instaurarsi dell'instabilità delle barre longitudinali del pilastro. In tal senso, vale la pena sottolineare come le indicazioni parlino di 'confinamento del nodo' ovvero interventi volti al cerchiaggio completo dell'elemento.

La tecnologia CAM[®], tra quelle a disposizione, è la sola in grado di realizzare una staffa chiusa, aggiunta a posteriori e posta anche in coazione. Attraverso minime operazioni propedeutiche e interventi a bassa invasività si realizza il confinamento attivo del nodo.



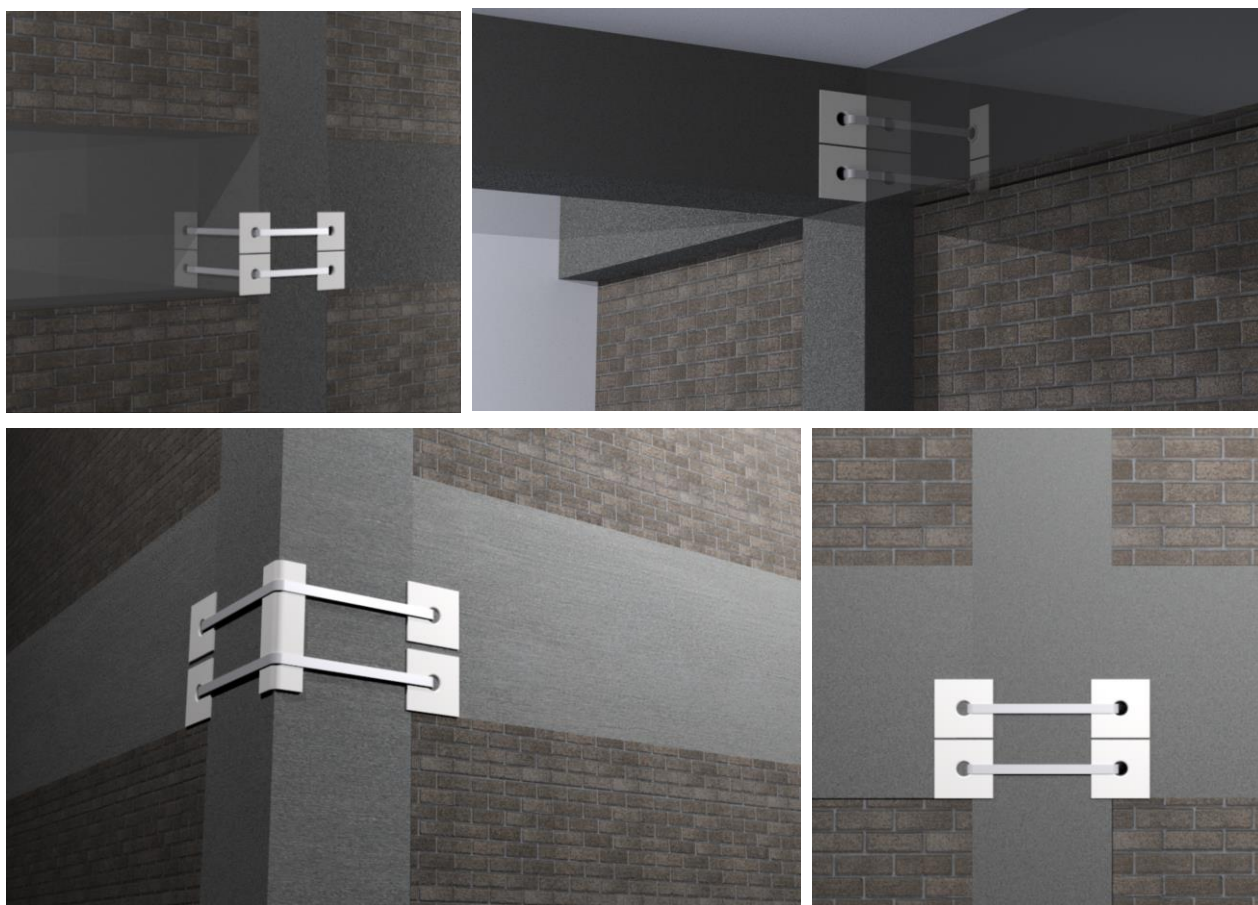
CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] IN VIA OMERIO (LESINA - FG)

A partire dalla quota sotto solaio possono realizzarsi più ricorsi ciascuno costituito da più nastri in sovrapposizione (fino ad un massimo di 6-7 nastri sovrapposti), posti ad un interasse minimo di 12-15 cm. La foratura che interessa le travi emergenti concorrenti al nodo è ridotta (foro del diametro di $\Phi 20-25\text{mm}$) e puntuale e può essere facilmente ripristinata. Propedeuticamente è solo necessaria la rimozione dell'intonaco nella minima porzione del nodo interessata dall'intervento.



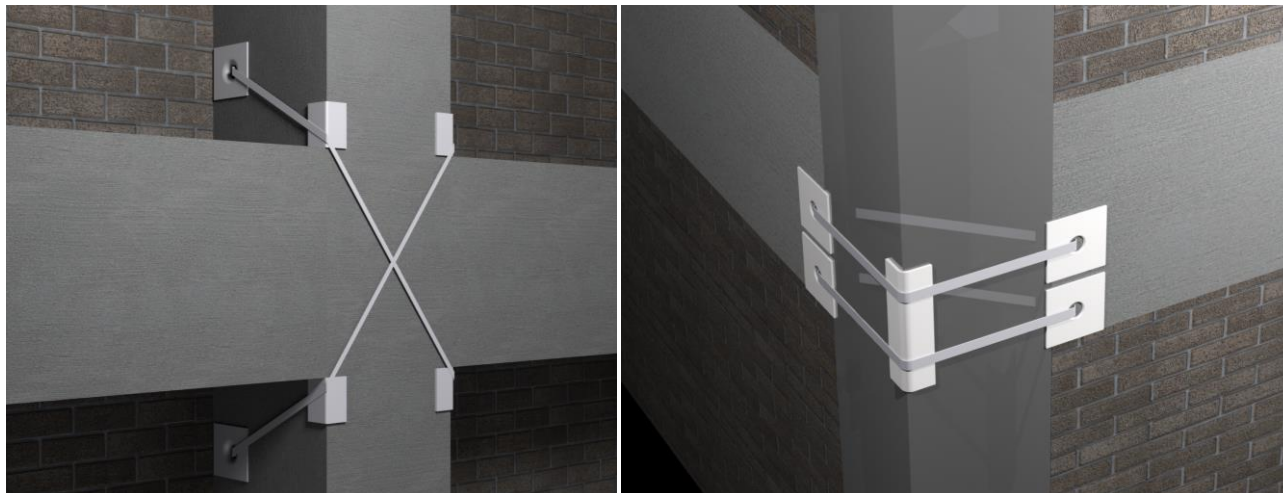
MINIMA PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI E GESTIONE DELLE INTERFERENZE PER LA POSA EDIL CAM[®] SISTEMI

Le immagini sono esplicithe: l'applicazione del rinforzo in completo cerchiaggio del nodo tramite tecnologia CAM[®] risulta assolutamente non invasiva.



DETTAGLIO DI RINFORZI DI NODO DI FACCIA O D'ANGOLO NELLE STRUTTURE INTELAIATE

Le soluzioni CRISS-CROSS e d'angolo parziale possono rispondere ad ulteriori necessità. Siano le ancor più ridotte demolizioni necessarie, sia la presenza di fabbricati in adiacenza, sia la presenza di finiture di facciata il cui smontaggio risulta eccessivamente oneroso.



SCHEMI GRAFICI EDIL CAM SISTEMI[®] DI INTERVENTI SU NODI TRAVE-PILASTRO

Di non minore importanza risultano gli elementi di chiusura del telaio. Sebbene sia classificata come “elemento sismico secondario”, la tamponatura, tale non è il suo possibile ribaltamento fuori piano in termini di sicurezza. Inoltre, spesso sottovalutata, può assumere una importanza strategica nel comportamento globale del fabbricato.

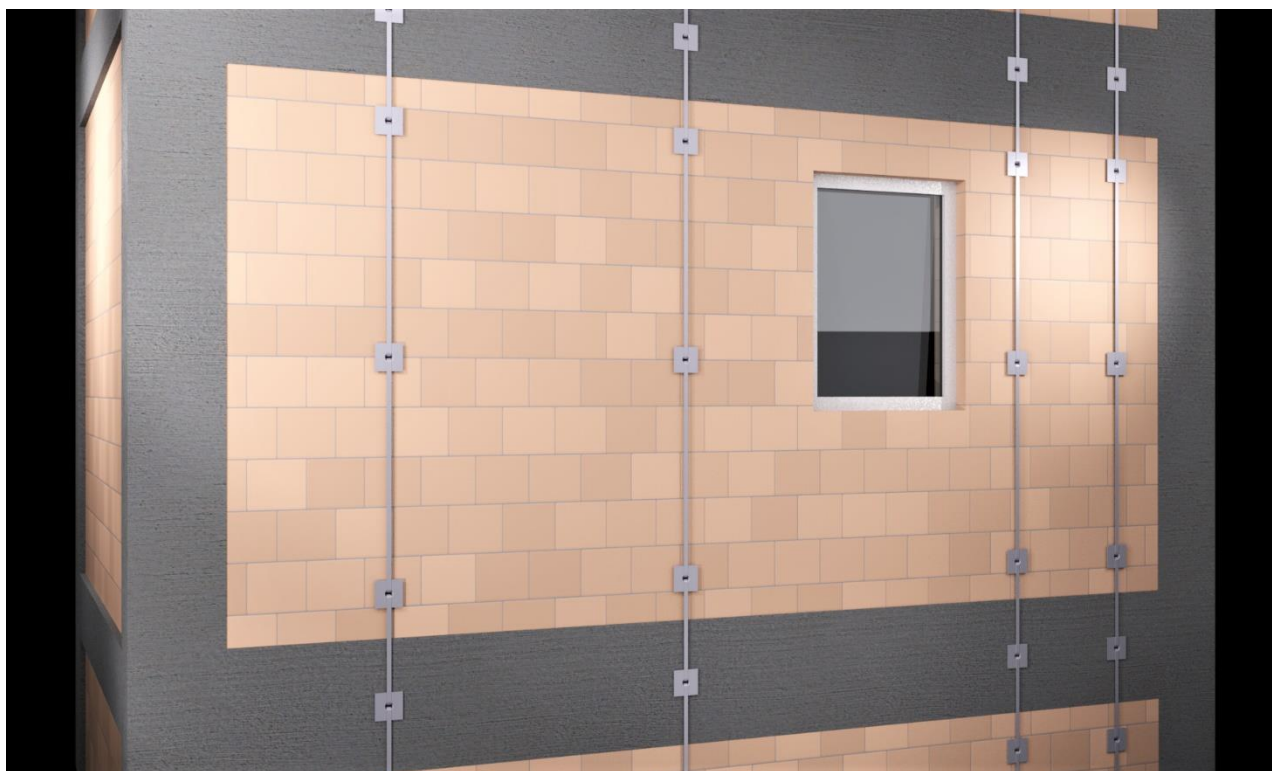
Gli elementi di tamponamento sono infatti dotati di rigidità spesso non trascurabile. Analizzando il loro comportamento all'interno di un generico telaio si osserva che:

1. Il loro contributo nei confronti delle azioni orizzontali agenti nel piano ‘forte’ del pannello comporta uno ‘scarico’ della struttura in CA e concomitantemente azioni concentrate su travi e pilastri in corrispondenza degli spigoli compressi del telaio.
2. Il comportamento nei confronti delle azioni orizzontali agenti nel ‘fuori piano’ è assolutamente fragile e, se non adeguatamente connesse, il loro collasso comporta rischi per l'incolumità delle persone, sia internamente che esternamente al fabbricato.

Nel primo caso le tamponature hanno un comportamento che porterebbe una loro classificazione come elementi sismici ‘primari’ in quanto il loro funzionamento di crisi è del tipo elasto-plastica nel piano e comporta la dissipazione di una non trascurabile energia sismica. Nel secondo caso la loro classificazione è a tutti gli effetti come elemento sismico secondario, il cui crollo tuttavia può comportare ingenti perdite.

Il meccanismo di ribaltamento fuori piano è tra i due il primario collasso, poiché ad energia di attivazione di molto inferiore al primo. L'aggiunta di vincoli in estremità è senz'altro la migliore strategia per eliminarne il movimento, aumentarne l'energia di attivazione, scongiurare il meccanismo di crisi.

Una soluzione possibile con il Sistema CAM[®] è quella di impiegare fasci di nastri per vincolare il pannello alle travi di bordo, secondo lo schema a ricorsi solo verticali.



SISTEMA DI ANTIRIBALTAMENTO DELLE TAMPONATURE PROPOSTO DA EDIL CAM® SISTEMI

Il sistema di legature impedisce il ribaltamento del tamponamento sia verso l'interno del fabbricato, sia verso l'esterno, realizzando un vincolo di incastro rispetto alle sole travi sia nel piano che nel fuori di piano. In tal modo si incrementa inoltre la capacità in spostamento della tamponatura, senza aumento della prestazione (in particolare a taglio) critica per il collasso dei nodi.

Per una maggior diffusione dell'intervento, su specchiature importanti, può posizionarsi una rete porta intonaco al di sotto delle legature CAM®. Nel caso di murature con camera d'aria va previsto l'uso di iniezioni in calza in modo da azzerare le spinte interne tra i paramenti.

L'analisi del fabbricato secondo metodi analitici comporterà sicuramente interventi ricadenti nei minimi sopra descritti, tuttavia potrebbe presentarsi la necessità di intervenire anche su elementi trave e pilastro. In particolare le carenze di armatura trasversale su tali elementi possono agevolmente risolversi con le legature disposte trasversalmente rispetto all'asse dell'elemento: i nastri CAM® sono staffe chiuse e pretensionate, in grado di scongiurare i meccanismi critici a taglio delle sezioni scarsamente armate e di incrementarne le capacità duttili per effetto del confinamento attivo.

*CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] IN VIA VENETO (ROMA - RM)*

L'invasività dell'intervento è legata alla sola rimozione dell'intonaco. Non risultano necessari ulteriori trattamenti superficiali: gli angolari posti sugli spigoli sono allettati con malta cementizia ad alta capacità Emaco validata e specifica per il Sistema CAM[®] ed il nastro corre sopra gli elementi ripartitori.

In corrispondenza del solaio, la cerchiatura completa della trave viene realizzata con forature di diametro 25mm poste ad interasse di circa 20-30cm. La flessibilità dei componenti permette rimodulazioni del passo in fase di cantiere per minimizzare le interferenze con le strutture portanti del solaio.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] IN VIA MADAMA CRISTINA (TORINO - TO)

LE STRUTTURE IN MURATURA: SAPER INTERVENIRE

A prescindere dall'attribuzione della classe di rischio iniziale per il fabbricato in muratura e dal metodo che si scelga di impiegare, è sufficiente analizzare nel dettaglio le indicazioni circa gli interventi suggeriti e volti alla mitigazione del rischio sismico per la struttura per poter ipotizzare provvedimenti idonei.

Analizzando le tipologie di interventi proposti e le finalità appaiono alcuni elementi ridondanti che quindi possono assumersi come indicazioni generali.

Oltre all'ovvio ripristino delle zone danneggiate o degradate, è necessario intervenire sull'intera unità strutturale:

- Eliminando eventuali spinte non contrastate
- Stabilizzando fuori piano le pareti ad elevata snellezza
- Collegando le murature agli orizzontamenti.

Analogamente a quanto descritto per le strutture in CA, anche per le strutture in muratura si individuano i primari meccanismi critici, ovvero quelli legati all'analisi dei danni subiti dalle strutture esistenti in seguito agli eventi sismici.

È noto che, i fabbricati in muratura spesso nascono come insiemi discontinui e sconnessi per carenze di vincoli che ne limitano fortemente la capacità di risposta ad eventi sismici.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] IN VIA S. DEMETRIO (PIETRAGALLA - PZ)

In tal senso possono considerarsi 'fragili' i meccanismi di collasso locali, legati gerarchicamente in primis a limitati vincoli 'interni' – a livello di tessitura muraria la componente lapidea è spesso scarsamente interconnessa e quindi tendente alla rottura per dislocazione o disgregazione dei singoli componenti – e successivamente per carenza di vincoli 'esterni' – ovvero a livello di

macroelementi e quindi scarsa connessione tra pareti e pareti e tra pareti e solai. La crisi del singolo maschio murario a pressoflessione o taglio, sono da considerarsi come 'di insieme' in quanto si attivano quando la struttura presenta un comportamento tridimensionale, ovvero quando il grado di connessione tra elementi strutturali che la compongono è tale da comportare un'attivazione globale delle resistenze. In questo caso l'azione esterna – sismica – può ridistribuirsi su tutti gli elementi sismoresistenti attivando la capacità di più elementi strutturali lavoranti in parallelo.

I meccanismi fragili ovvero quei meccanismi che portano alla rottura prematura del fabbricato o porzioni di esso, sono quindi connessi alla mancanza di vincolo:

- A livello locale, ovvero a livello di tessitura muraria
- A livello globale, ovvero come vincolo assente tra macroelementi quali pareti e pareti e pareti e solaio.

Ecco dunque che le indicazioni suddette circa gli interventi 'necessari' per il salto di una classe nel metodo semplificato acquistano un significato la cui finalità deve necessariamente essere quella di perseguire un comportamento quanto più d'insieme **scatolare e regolare** e volti quindi a posticipare l'attivazione dei meccanismi locali di ribaltamento fuori piano a favore di quelli globali.

L'intervento globale va quindi inteso e costruito come sommatoria di interventi locali, che devono prendere in conto le situazioni intrinseche e le condizioni al contorno, al fine di omogeneizzare e rendere coerenti e congruenti *comportamenti, resistenze e rigidezze*.

In sintesi può dirsi che se il fabbricato manifesta crisi per collassi locali saranno necessari interventi globali intesi come diffusi su tutta la struttura atti alla trasformazione di comportamento di insieme; nel caso opposto di manifesta crisi per meccanismi globali, gli interventi più adeguati possono essere locali ovvero intesi all'incremento prestazionale dei singoli componenti strutturali, atti a parallelizzarne la prestazione con gli altri.

INTENSITA' SISMICA	TIPO DI COLLASSO	TIPO DI INTERVENTO
	Collasso per disgregazione	Necessità di ricompattare e omogeneizzare l'apparecchio murario
	Collasso per ribaltamento fuori dal piano	Necessità di legare insieme le pareti ortogonali e i solai alle pareti
	Collasso nel piano dei pannelli (pressoflessione, taglio, schiacciamento)	Necessità del contributo resistente dell'armatura diffusa

Il Sistema delle cuciture attive a marchio CAM® nato originariamente per i fabbricati in muratura, permette, senza alcuna alterazione di distribuzione di massa e rigidezza, di realizzare vincoli diffusi scongiurando i meccanismi locali di collasso e realizzando l'effetto 'scatola' fondamentale al buon comportamento delle strutture in muratura.

Nel caso di **tessitura muraria** disordinata, in cui il legante abbia scarse caratteristiche di adesione o in cui la pezzatura sia realizzata con elementi lapidei di piccole dimensioni e/o tondeggianti oppure nel caso di muratura a sacco con doppio paramento e nucleo spingente, la rottura della muratura avviene per disgregazione. La muratura non si comporta come un materiale omogeneo ma come un

insieme di elementi lapidei appoggiati gli uni sugli altri la cui resistenza alle azioni orizzontali risulta per sua natura estremamente bassa.

**DISCONTINUITA' STRUTTURALE
A LIVELLO LOCALE**



**MANCANZA DI CONNESSIONE TRA I PARAMENTI DI
MURATURE A SACCO
ASSENZA O INEFFICACIA DEL DIATONO**
Facilità di distacco dei paramenti. Bassa resistenza del
nucleo



**TESSITURA MURARIA DISORDINATA E LEGANTE DI
SCARSA QUALITÀ**

INSTABILITA' PER DISLOCAZIONE

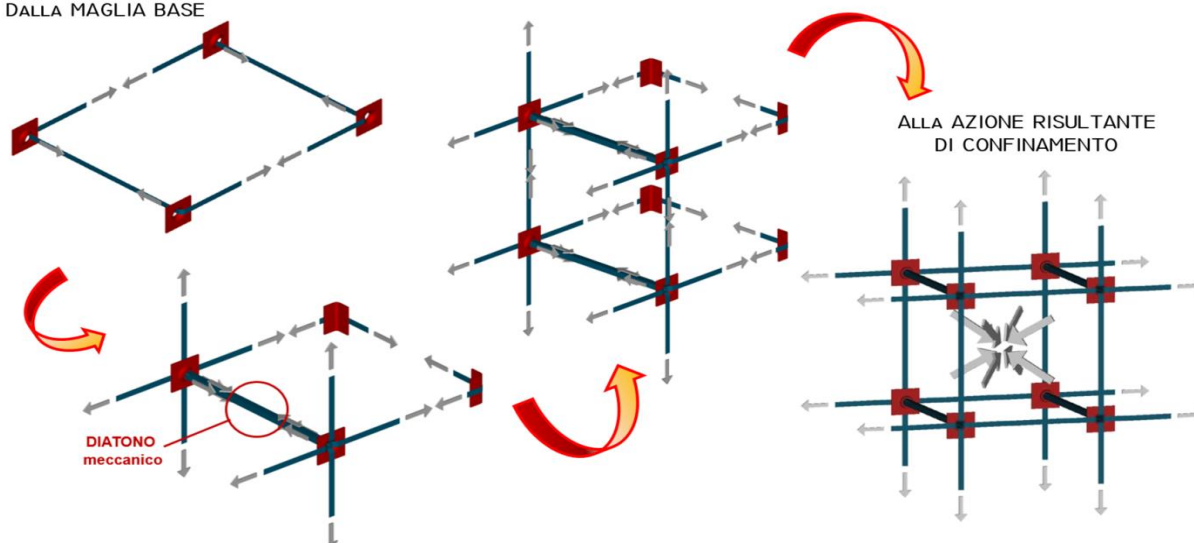
Pietra di buona resistenza ma di facile dislocazione per
assenza di malta o per presenza di malta di scarse
qualità



Il meccanismo di collasso fragile per dislocamento degli elementi lapidei è il primo meccanismo da evitare. La disgregazione dell'apparecchio murario può anche interessare uno solo dei due paramenti che costituiscono le murature a sacco. La tipologia muraria disgregante ha caratteristiche tali per cui l'azione di scuotimento che è in grado di sopportare è minima, basandosi unicamente sulla resistenza per attrito tra i vari elementi lapidei.

L'insieme di nastri che attraversano lo spessore murario e compongono la maglia diffusa realizzano un diatono meccanico di collegamento tra i due paramenti (diatono CAM®) tanto benefica per le murature a sacco. Essi assorbono l'azione spingente del nucleo e l'insieme del reticolo in coazione offre una benefica azione nei confronti della dislocazione dei componenti e aiuta la buona compartecipazione tra paramenti e nucleo.

DALLA MAGLIA BASE



Il **diatono meccanico auto serrante funzione dello stato di sollecitazione dell'armatura** posta su singola faccia, viene riproposto anche nella soluzione di intervento su pareti faccia-vista.

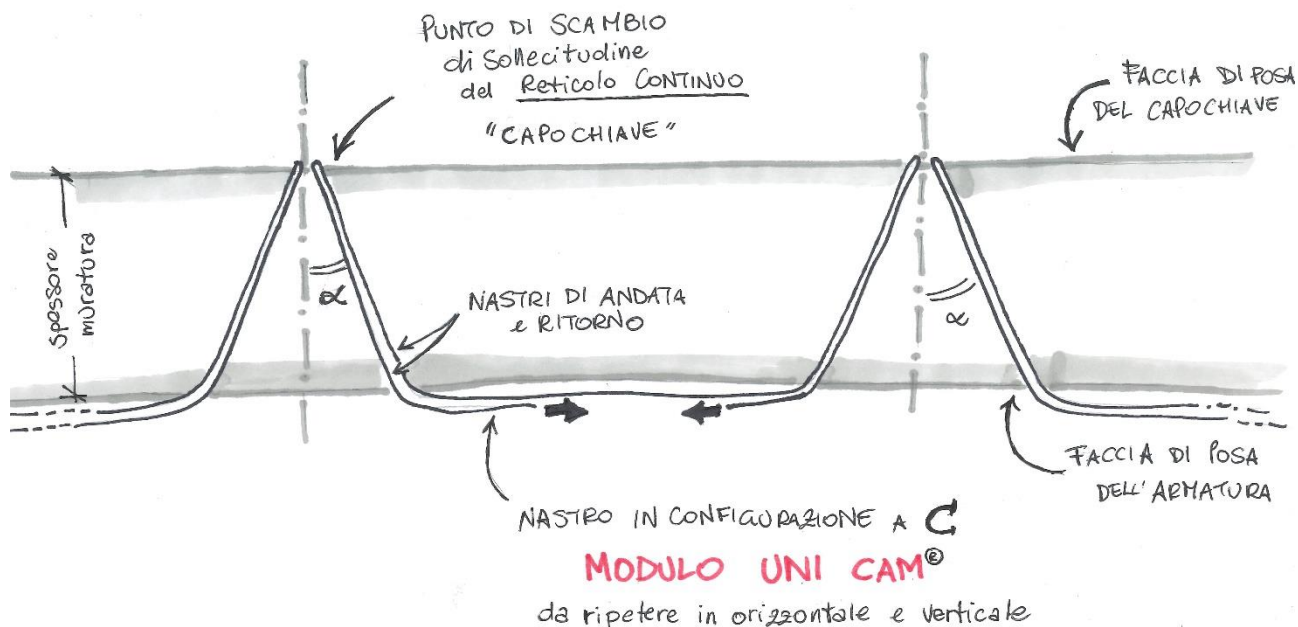
Nella casistica degli interventi su singola faccia risulta chiaro come l'efficacia della applicazione risulta notevolmente inferiore rispetto ad interventi simmetrici.

Uno tra gli interventi che contempla l'integrazione di armatura e trova largo risulta l'intonaco armato (che sia realizzato con rete in acciaio o in FRP) realizzato su singola faccia e senza elementi di connessione passanti.

I principali limiti delle tecniche di applicazione su singolo paramento risultano:

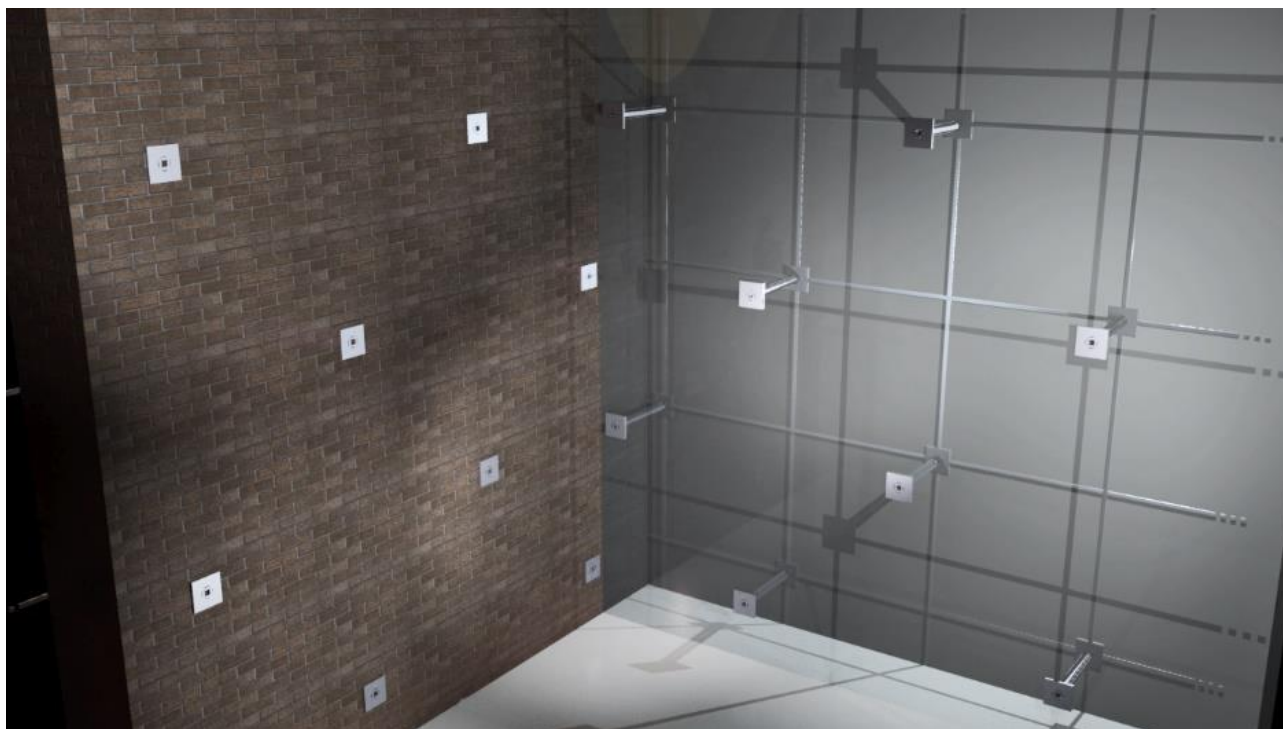
- L'intervento risulta dissimmetrico. La muratura 'sente' l'armatura sulla sola faccia su cui essa è applicata e quindi ciò comporta un comportamento 'spurio' del pannello di muratura rinforzato.
- L'effetto della connessione (diatono) si perde con l'applicazione di ganci di connessione non passanti. In effetti l'intonaco armato 'monolatero' è descritto in normativa, nella quale si esplicita che il suo contributo venga decurtato del 'coefficiente diatono'.

Il modulo base del **Sistema UNI CAM®** si compone di un nastro a "C" chiuso su se stesso ovvero attraversante due volte lo spessore murario per ciascuna estremità attraverso l'applicazione di particolari 'piastre di capochiave' che permettono l'andata e ritorno del medesimo nastro, secondo lo schema riportato di seguito.



Tale modulo può ripetersi in orizzontale e in verticale, in cui l'origine del nuovo modulo e il punto di fine del precedente devono coincidere nella 'piastra capochiave' affinché sussista un punto di scambio delle azioni dei nastri in orizzontale e in verticale. Il risultato sarà un reticolo di nastri che

corre su una unica faccia, mentre sulla faccia opposta risultano unicamente posizioni puntuali, richiamando l'immagine dei borghi antichi e dei terminali delle catene.



SCHEMA APPLICATIVO EDIL CAM SISTEMI[®] SU MURATURE FACCIAVISTA

Le particolari piastre **UNI CAM[®]**, prodotte con nuove tecnologie appena messe a punto dalla EDIL CAM[®] Sistemi, possono assumere l'aspetto e il ruolo del capochiave tradizionale degli interventi presenti nei borghi più antichi. Ribaltando la problematica in tutte quelle applicazioni in cui è

necessaria la minima interferenza con l'interno abitato, la soluzione UNI CAM[®] risulta capace di coniugare la ridotta invasività con un intervento visivamente monolatero ma con piena ed unica efficacia diatonale di cucitura attiva.

Come anticipato per altre tecniche, anche la soluzione UNI CAM[®] è da impiegare conoscendone i limiti. La soluzione primaria risulta sempre quella nata dall'esigenza di compattare in senso tridimensionale la muratura, attraversando le pareti e disponendo armatura simmetrica su entrambe le facce.

Il Sistema può essere impiegato in abbinamento ad altri interventi volti al ripristino della continuità muraria (es. iniezioni o cuci-scuci). Inoltre laddove la tessitura muraria sia costituita da elementi di forma piccola e tondeggianti si consiglia l'applicazione, al di sotto della maglia CAM[®] diffusa, di una rete porta intonaco la cui valenza non è strutturale ma permette di trattenere in posizione il singolo elemento lapideo senza la necessità di diminuire eccessivamente il passo del reticolo.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] IN PIAZZA S. ANTONIO (L'AQUILA - AQ)

Tale tipologia applicativa del Sistema è stata oggetto di validazione sperimentale su murature al vero nell'ambito del progetto di ricerca in.CAM.M.I.N.O. dell'Università di Messina.

Se l'apparecchio murario è reso compatto e omogeneo nel proprio comportamento meccanico sarà possibile assimilare la muratura ad un materiale omogeneo, ipotesi base per tutte le successive considerazioni numeriche. La muratura a comportamento monolitico permette di 'leggere' la struttura come insieme di blocchi rigidi (blocchi verticali o pannelli e strutture orizzontali solai) che per effetto di azioni possono ribaltare.

È l'assenza di connessione tra macroelementi (connessione pannello-pannello e pannello-solaio) che comporta la formazione dei cosiddetti meccanismi di primo modo, ovvero in senso generico di ribaltamento di facciate o di porzioni di fabbricato, che usualmente si manifestano per azioni fuori piano e sono legate a resistenze di molto inferiori rispetto a quelle nel piano. Tali meccanismi portano alla perdita di vincolo e a formazione di cinematiche tali per cui la tipologia di collasso può ancora definirsi 'fragile'.

Qualsiasi cinematismo (per ribaltamento, per flessione verticale o flessione orizzontale) può essere risolto tramite l'introduzione di vincoli, vincoli sia tra pareti ortogonali che tra pareti e solai. Attraverso la disposizione del Sistema a marchio CAM[®] possono agevolmente vincolarsi i

macroelementi tra loro fino a raggiungere energie di attivazioni che portano al collasso nel piano dei pannelli, piuttosto che nel fuori piano.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI® IN VIA S. DEMETRIO (PIETRAGALLA - PZ)

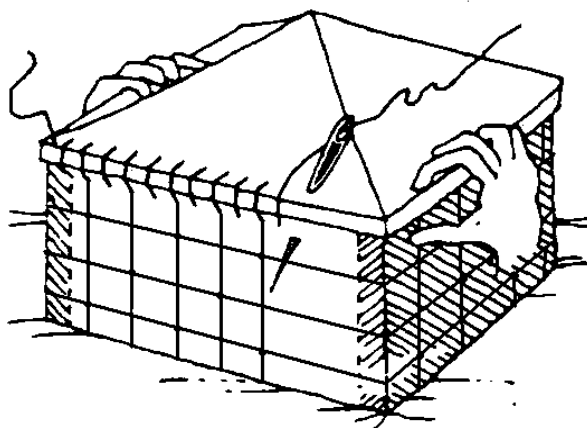
Ciascun ricorso orizzontale della maglia CAM® può essere visto come una catena a risultante simmetrica. Nei meccanismi di ribaltamento semplice, esattamente in maniera coerente alla progettazione o calcolo della catena 'tradizionale', possono quindi essere considerati i ricorsi effettivi di nastro come vincolo per la parete.

Analizzando inoltre come la maglia viene posta in opera in corrispondenza degli incroci murari (gli anelli di maglia abbracciano ciascun maschio murario per l'intera lunghezza, i ricorsi orizzontali della maglia di ciascun paramento sono sfalsati) è di immediata comprensione che si realizzano ammorsature efficaci per ogni incrocio trattato.

Appare chiaro come il Sistema che produce cuciture diffuse sul fabbricato possa risolvere localmente la carenza di vincolo e pertanto comporti l'attivazione di meccanismi a più elevata energia di attivazione.

La flessibilità e versatilità del Sistema CAM® lo porta quindi naturalmente ad essere la soluzione unitaria, se applicato in maniera quanto più diffusa possibile.

In corrispondenza degli orizzontamenti, possono svilupparsi ulteriori soluzioni.



SCHEMA DELLA STRUTTURA CONNESSA DALLE CUCITURE DIFFUSE

Può realizzarsi un **cordolo in muratura armato con nastri CAM®** alla base dei solai senza praticare scassi e perturbare la struttura originaria. Alla muratura preesistente si aggiunge capacità resistente a trazione e quindi complessivamente si realizza una trave sfruttando la muratura stessa cui si dà capacità a taglio, oltre che per effetto del confinamento indotto si rende maggiormente compatta la massa muraria su cui il solaio scarica la propria azione. Le murature ortogonali che devono sopportare insieme l'azione orizzontale da esso trasmessa in fase sismica (capacità del cordolo in muratura di funzionare come trave armata) risultano così connesse.

Tale intervento può realizzarsi ad ogni interpiano e può essere integrato nel reticolo delle cuciture diffuse con inserimento di nastri diagonali.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI® IN VIA XX SETTEMBRE (L'AQUILA - AQ) - CORDOLO CAM®

Altro intervento che può realizzarsi è **l'arpionatura dei travetti di solaio** alle pareti perimetrali, attraverso i nastri disposti a formare in pianta una forma di pentagono irregolare. Si realizza un vincolo allo sfilamento del singolo elemento portante rispetto alla propria sede di appoggio, ma non solo: ciascun travetto diventa catena per il fabbricato. L'efficace connessione degli orizzontamenti alle pareti è ovviamente di non secondaria importanza per lo scongiurare tanto i meccanismi a flessione orizzontale che verticale.



ARPIONATURA DEL SOLAIO CON NASTRI CAM®

Solo eliminando i meccanismi fragili di collasso, permettendo la trasmissione delle azioni tra macroelementi, si può attingere al comportamento d'insieme della struttura. Intervenire su una struttura eliminando i primi due meccanismi di collasso significa eseguire un intervento 'in

gerarchia', limitando l'insorgenza di meccanismi fragili, attivando i meccanismi duttili nel piano e globali del manufatto.

Il Sistema di cuciture diffuse inoltre permette l'aumento di portanza nel piano e fuori piano del pannello, in quanto il reticolo di nastri è armatura aggiuntiva: i ricorsi orizzontali sono armatura aggiuntiva a taglio per il pannello murario e i ricorsi verticali sono armatura a pressoflessione.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] IN VIA GIOVANNI XXIII (PESCHE – IS)

L'applicazione può essere effettuata rimuovendo in traccia l'intonaco, sposando l'esigenza conservativa di finiture di pregio tipiche delle strutture storiche.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] IN LOCALITÀ VASCHE DI PIANOLA (L'AQUILA – AQ)

LE STRUTTURE PREFABBRICATE: SAPER INTERVENIRE

Per quanto sembrano dissimili le strutture in muratura e le strutture di tipo prefabbricato, nella realtà anche nei fabbricati destinati ad attività produttive è prioritario e necessario rimuovere le cause che possano dare luogo all'attivazione di meccanismi locali che potrebbero generare il collasso dell'immobile.

Gli interventi suggeriti consistono nella creazione di vincoli:

- tra macroelementi strutturali, quali ad esempio trave-pilastro o tegolo-trave, se assenti o basati sull'attrito.
- tra elementi di chiusura perimetrale, quali pannelli, e struttura per evitarne il ribaltamento
- tra il contenitore e il contenuto, ovvero stabilità di macchinari, impianti e scaffalature

Anche in tale paragrafo, le indicazioni relative agli interventi per il salto di una classe secondo metodo semplificato assumono valenza generale per le strutture di tipo prefabbricato.

L'assenza di vincolo può facilmente essere risolta studiando dei sistemi di connessione che interessano gli elementi: sistemi tradizionalmente impiegati sono legati all'uso di carpenteria metallica di bloccaggio.

In molte applicazioni tuttavia se ne può riscontrare la limitatezza di un sistema 'chiuso' in cui le geometrie sono fisse. L'elemento perno, dimensionante per l'intero sistema, risulta necessariamente da disporre in corrispondenza dei pre-fori realizzati sulla carpenteria e da inghiassare in posizioni in cui possono facilmente incontrarsi le armature di testata. Sarebbe quindi necessario un rilievo estremamente dettagliato delle armature esistenti per tutti i nodi da trattare e quindi la specializzazione della carpenteria per ciascun caso di applicazione.

L'alternativa studiata per tali applicazioni è rappresentata da fasci di nastri che impediscono lo sfilamento di un elemento rispetto alla propria sede e assorbono l'azione orizzontale sismica calcolata sulla base delle masse in gioco sul singolo elemento.

Il vantaggio relativo all'applicazione del Sistema a marchio CAM® è soprattutto legato a due sue peculiarità:

- I ridotti spessori del rinforzo a fronte di grandi prestazioni meccaniche. Il sistema riesce in maniera agevole ad evitare lo smontaggio di tubazioni o impiantistica in generale, di pannelli perimetrali o macchinari.
- La versatilità. La posizione delle forature può essere decisa direttamente in cantiere e quindi non si hanno delle posizioni fisse che poi, a causa della presenza di armatura negli elementi non può essere montata.

L'applicazione descrive l'intervento con ciascun anello inclinato che offre il contrasto allo sfilamento in una direzione. L'elemento posto a contrasto sul pilastro che realizza il vincolo puntuale è fondamentalmente uno scatolare con imbutitura estrema per accompagnare i nastri nel cambio direzione. Il secondo vincolo puntuale è in corrispondenza della trave dove viene realizzato un foro che ne attraversa lo spessore, in posizione che può essere decisa direttamente in cantiere sulla base delle esigenze riscontrate.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] – STABILIMENTO INDUSTRIALE A DESENZANO SUL GARDA (BS)

In situazioni in cui la presenza di impianti o macchinari risulta vincolate, la soluzione con legature CAM[®] risulta l'unica percorribile.



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] – STABILIMENTO INDUSTRIALE A DESENZANO SUL GARDA (BS)



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] – STABILIMENTO INDUSTRIALE A DESENZANO SUL GARDA (BS)



CANTIERE EDIL CAM SISTEMI[®] – STABILIMENTO INDUSTRIALE A DESENZANO SUL GARDA (BS)

EDIL CAM® SISTEMI: L'AZIENDA LEADER NEL SETTORE DEL CONSOLIDAMENTO ATTIVO

La EDIL CAM Sistemi® S.r.l. nasce per l'applicazione e la commercializzazione del sistema delle cuciture attive meglio conosciuto con l'acronico e marchio CAM®.

La posa della componentistica e la tesatura del nastro è certificata dalla EDIL CAM Sistemi® in conformità alle specifiche del marchio e del brevetto a garanzia della prestazione richiesta in progetto.

IL BREVETTO DELLE CUCITURE ATTIVE CAM®*IL DIS-CAM®**IL SOL-CAM®*

La EDIL CAM Sistemi® s.r.l. è quindi l'azienda che ha creduto, promosso e sostenuto il brevetto delle cuciture attive, la tecnologia antisismica commercializzata con i marchi CAM® e SISTEMA CAM®.

La Società ha al suo attivo centinaia di applicazioni, studiate da un largo staff di tecnici e messe in opera da maestranze specializzate, su edifici in muratura storici e vincolati, in calcestruzzo armato, prefabbricati e strutture miste.

La EDIL CAM Sistemi® S.r.l. vanta la proprietà di marchi e brevetti inerenti le proprie tecnologie e un know-how unico sulla metodologia di calcolo e applicazione, legato anche all'intensa attività di collaborazione con enti autorevoli quali Protezione Civile, ReLUIS, ENEA ed importanti Università: UNIBAS, UNIME, POLIMI, 'La Sapienza', 'Federico II'.