



CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE DEGLI EDIFICI

LA SICUREZZA ANTISISMICA
CON LA TECNOLOGIA
DELL'ACCIAIO INOX

CONSOLIDARE, ADEGUARE, CONSERVARE.

**PROGETTO TREMA - UNIBAS - ENEA - DIPARTIMENTO PROTEZIONE CIVILE
LABORATORIO PROVE DINAMICHE ENEA CASACCIA - ROMA**
MODELLI GEMELLI, SCALA 1:1,5 MURATURA A DOPPIO PARAMENTO E LEGANTE POVERO
TERREMOTO UMBRIA-MARCHE 1997 ACCELEROGRAMMA DI COLFIORITO SCALATO.



MODELLO DI RIFERIMENTO ORIGINALE A FINE PROVA

Massima accelerazione efficace: **0.3 g**
Esito: **COLLASSO TOTALE**
[modello soggetto a ciclo di n°6 terremoti
con incremento progressivo di 0.5g]



MODELLO RINFORZATO CON IL SISTEMA CAM®

Massima accelerazione efficace: **1.2 g**
Esito: **LESIONI E PICCOLI CROLLI LOCALIZZATI**
PIENA EFFICIENZA STRUTTURALE
[modello soggetto a ciclo di n°24 terremoti
con incremento progressivo di 0.5g]

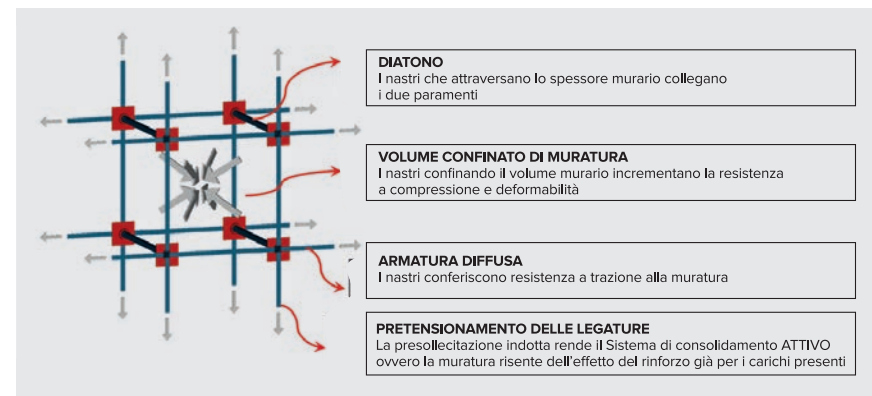


www.sistemacam.com

EDIFICI IN MURATURA



Il patrimonio storico in Italia è largamente costituito da edifici in muratura. Caratteristiche comuni all'edilizia povera sono murature caotiche, irregolari, con presenza di sacco interno spingente e in cui il legante ha ormai perso la sua funzione originaria, pertanto la resistenza di tali fabbricati nei confronti delle azioni orizzontali è affidata unicamente all'attrito tra elementi lapidei che facilmente tendono al collasso per dislocazione. Il Sistema CAM® realizza **un reticolo tridimensionale in coazione** che permette la compattazione della massa muraria, il collegamento tra i paramenti esterni e la creazione di una armatura diffusa sulla parete.



La maglia si realizza attraverso la ripetizione in orizzontale e verticale di anelli che attraversano lo spessore murario; ciascun anello è costituito da uno o più nastri in acciaio inossidabile ($s \leq 1$ mm) messi in tensione attraverso una apposita macchina pneumatica. Il primo e più pericoloso meccanismo fragile di collasso che si instaurerebbe per disgregazione della massa muraria è così ostacolato attraverso la realizzazione di un diatono di collegamento che assorbe l'azione del nucleo interno spingente.



Altra causa dei collassi degli edifici murari è rappresentata dalla carenza di ammorsature efficaci tra macroelementi, quindi tra murature ortogonali e tra murature e solai.

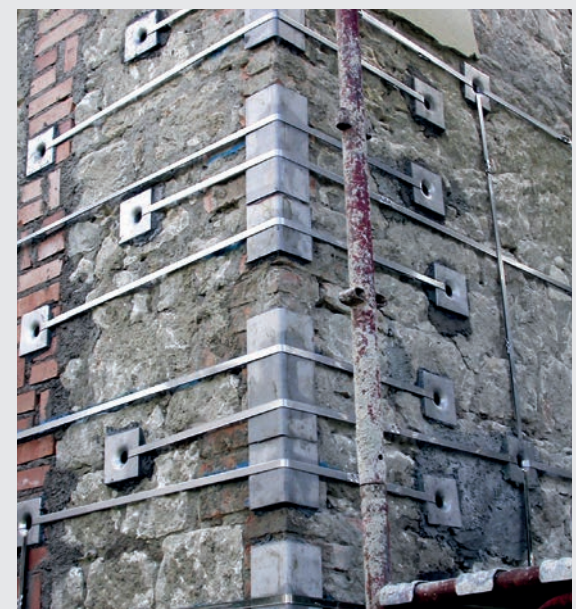
Il Sistema di cuciture CAM® consente la creazione di incatenamenti diffusi; in corrispondenza delle angolate e degli incroci murari realizza vincoli che permettono l'eliminazione dei meccanismi di collasso di primo modo.

In corrispondenza dei solai possono realizzarsi vincoli di ammorsamento dei travetti alle pareti perimetrali e cordoli in muratura armata senza necessità di praticare scassi all'interno della muratura.

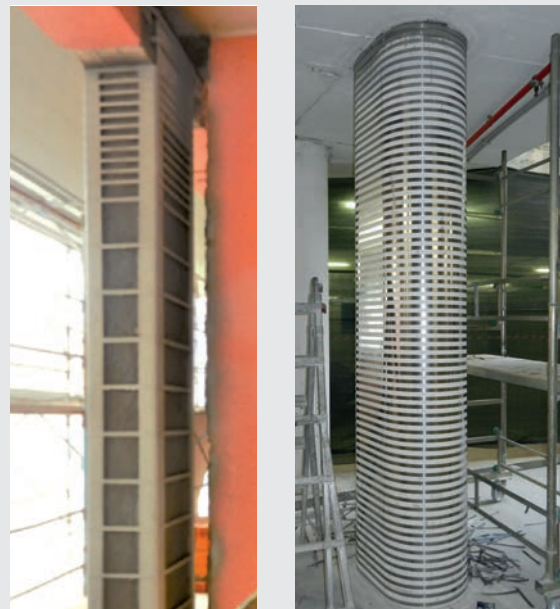
Nel complesso un intervento di cucitura diffuso su tutta la struttura consente quindi un miglioramento della risposta sismica locale restituendo un **comportamento scatolare d'insieme**, coinvolgendo simultaneamente quanti più elementi possibili nell'esplicare il proprio contributo resistente, attivando globalmente un meccanismo duttile di collasso.

La maglia CAM® inoltre permette l'aumento della resistenza nel piano e fuori piano per il singolo pannello; le legature disposte in orizzontale sono armatura a taglio, quelle disposte in verticale sono armatura a flessione e il reticolo tridimensionale aumenta la capacità portante a carico assiale per effetto del confinamento indotto.

Il calcolo può essere indotto impiegando le formulazioni riportate in normativa (§7.8.3 NTC2008), assimilando la muratura rinforzata con Sistema CAM® ad una muratura armata sia per valutare l'incremento in termini resistenti che in termini di drift ultimo del pannello.

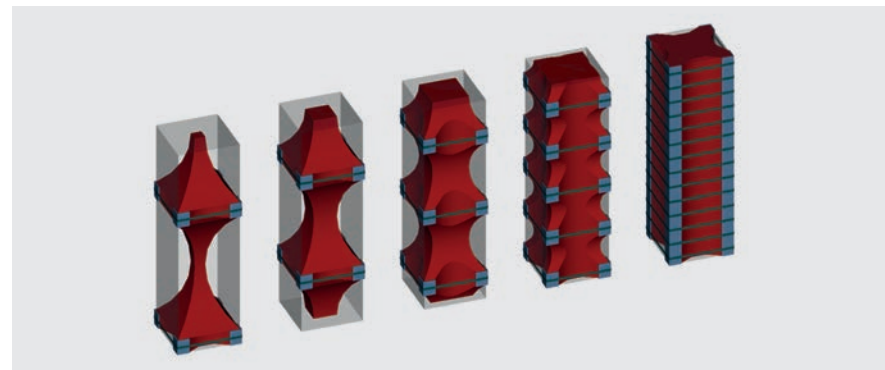


EDIFICI IN CEMENTO ARMATO



Il Sistema CAM® nasce per il consolidamento degli edifici in muratura, ma la sua applicazione sul CA lo distingue da altre tecniche per la sua estrema facilità e velocità di applicazione.

Una volta rimosso l'intonaco si dispongono angolari pressopiegati in corrispondenza degli spigoli e si realizzano le spire ciascuna costituita da uno o più nastri in sovrapposizione. Ne risulta un confinamento immediato dell'elemento che sarà tanto maggiore quanto minore è l'interasse delle legature.



In generale le strutture intelaiate in CA esistenti risultano non dimensionate per le azioni orizzontali e prive di quei dettagli costruttivi che ne potrebbero influenzare positivamente il comportamento in fase sismica.

Le legature realizzate tramite Il Sistema CAM® sono staffatura aggiuntiva pertanto in primis tendono a scongiurare le rotture fragili di travi, pilastri e nodi.

Esse inoltre incrementano la duttilità dell'elemento rinforzato per effetto del confinamento, aumentando la capacità rotazionale della sezione e quindi della cerniera plastica.

Come descritto al §C8A.7.2 della Circolare 617/2009 per l'incamiciatura in acciaio realizzata con nastri presolleccitati, tramite il Sistema CAM® si può aumentare:

- **La resistenza e duttilità a compressione** centrata del calcestruzzo e della capacità rotazionale della sezione per effetto del confinamento
- **La resistenza a taglio** grazie alla aggiunta di armatura trasversale (staffatura realizzata con i nastri);
- **La resistenza a flessione** e dunque il Momento Resistente per effetto del confinamento; nel caso in cui gli angolari vengano opportunamente 'ancorati' nelle sezioni d'estremità si incrementa l'armatura longitudinale.

CONSOLIDAMENTO DEI PILASTRI

Nei pilastri le legature CAM® vengono disposte trasversalmente all'asse longitudinale dell'elemento. Tali anelli realizzano una staffatura esterna della sezione e come tale contribuiscono a scongiurare la rottura fragile per schiacciamento e taglio dell'elemento.

Grazie ai ridotti spessori numerose situazioni 'particolari' (elementi in corrispondenza di giunti strutturali, a sezione variabile, in adiacenza a pannelli, in corrispondenza di infissi) possono agevolmente essere superate.

Affinché si possa portare in conto l'incremento dell'angolare pressopiegato è necessario garantire la continuità d'armatura laddove l'angolare si interrompe.

Generalmente possono essere utilizzate delle normali barre da CA, saldate all'angolare e inghisate a livello inferiore e superiore o attraversanti il solaio qualora l'elemento contiguo sia trattato.

CONSOLIDAMENTO DELLE TRAVI

Nelle travi le legature possono essere realizzate in totale avvolgimento dell'elemento, forando il solaio per permettere il passaggio dei nastri oppure, laddove non fosse possibile intaccare il solaio, la cerchiatura si limita alla porzione estradossata di trave, forando quindi la trave stessa, immediatamente sotto l'orizzontamento.

In corrispondenza del solaio, l'angolare viene sostituito con un piatto o con le piastre imbutite.

Per evitare di indebolire eccessivamente la sezione di attacco del solaio è preferibile non disporre mai legature ad interasse inferiore ai 20 cm, disponendo quindi più nastri in sovrapposizione per ciascun ricorso.

Anche per le travi, vale quanto descritto per il pilastro: le legature sono armatura aggiuntiva a taglio (staffe) mentre gli angolari offrono il loro contributo resistente a flessione. Laddove la carenza flessionale fosse riscontrata agli appoggi va realizzata la continuità d'armatura.

CONSOLIDAMENTO NODO TRAVE-PILASTRO

Molto spesso gli edifici esistenti mancano del dettaglio costruttivo di staffe che nel pilastro proseguono attraversando il nucleo di intersezione con la trave. Si impedisce così il trasferimento degli sforzi tra i due elementi per collasso fragile a taglio del pannello nodale.

Solo tramite il Sistema di legature CAM® si può realizzare una staffa chiusa, ma realizzata a posteriori.

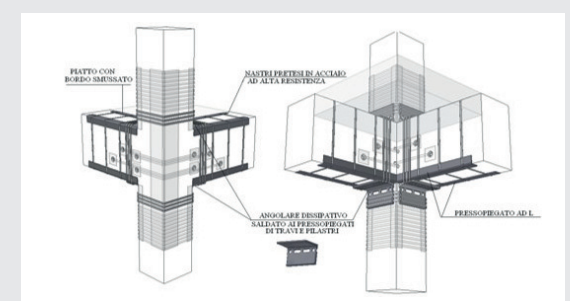
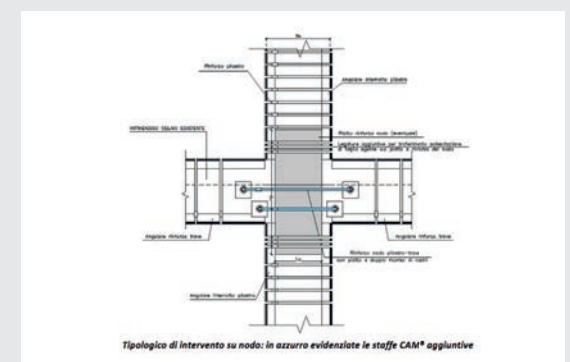
Gli anelli cerchianno il nucleo di nodo nell'altezza libera di trave sotto solaio impedendo l'apertura delle fessure e fornendo armatura aggiuntiva.

La continuità d'armatura nella sezione di interruzione dell'angolare può anche essere realizzata attraverso un elemento a comportamento dissipativo.

Il **DIS-CAM®** è realizzato con un profilo metallico angolare lavorato in modo da presentare un'opportuna riduzione di sezione tale per cui la reazione è differenziata in relazione al piano di azione della forza.

In particolare per azione parallela all'ala integra la deformata sarà di tipo flessionale, per azione agente parallelamente alla faccia 'lavorata' la sollecitazione è di trazione pura.

L'elemento quindi se ben disposto (l'ala intagliata è in aderenza al pilastro, l'ala integra è posta in corrispondenza della trave) e correttamente progettato (sulla base delle deformazioni indotte) risulta un sistema capace di condizionare il mutuo comportamento tra trave e pilastro, gerarchizzandone la rottura.



EDIFICI PREFABBRICATI E INDUSTRIALI



I recenti eventi sismici che hanno colpito l'Emilia hanno portato alla ribalta problematiche proprie degli edifici prefabbricati, in cui la carenza non è soltanto in termini resistenti quanto più in termini di vincolo tra macroelementi quali pilastri, travi, tegoli e pannelli.

Le carenze in termini resistenti ricadono in quanto già descritto per il consolidamento degli edifici in CA. I ridotti spessori del nastro rendono la tecnologia vincente in quanto può evitarsi lo smontaggio dei pannelli spesso posti in completa adiacenza ai pilastri.

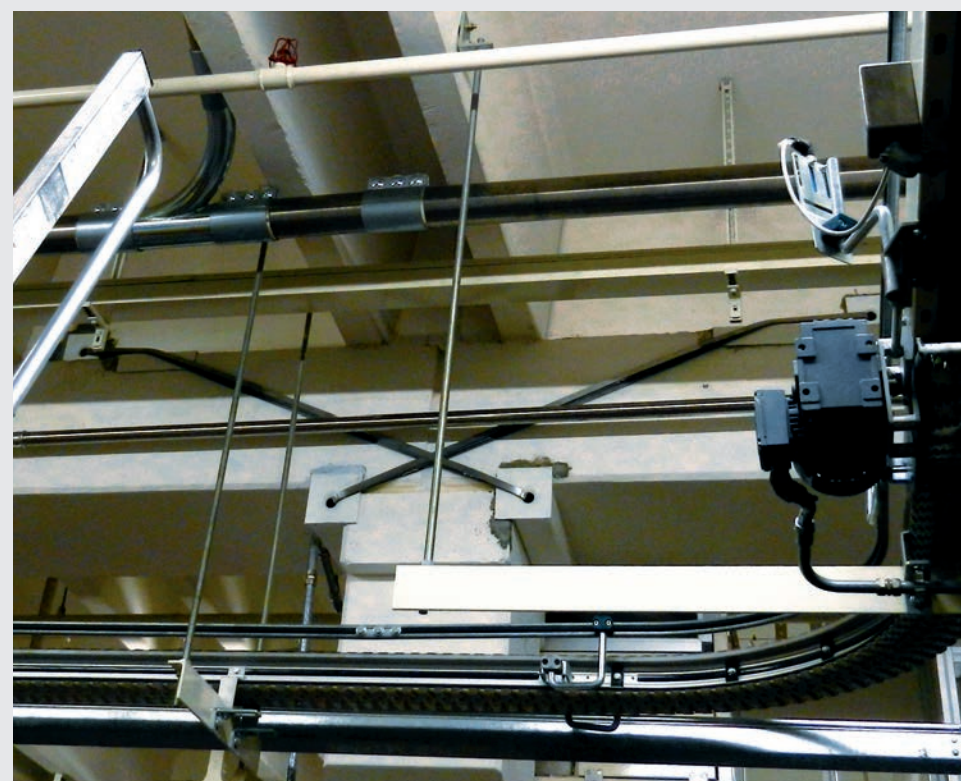
Per risolvere la problematica relativa all'assenza di vincoli, la versatilità del Sistema CAM® ha permesso di ipotizzare soluzioni che si sono rivelate poi vincenti sulle altre tecniche 'tradizionali', definite nei documenti RELUIS a valle dell'evento sismico del 2012.

L'intervento in carpenteria metallica, imbullonata agli elementi da vincolare, risulta però a volte irrealizzabile o economicamente svantaggioso qualora ci si trovi di fronte a situazioni particolari.

La carpenteria ha dimensione fissa, dettata dalla posizione dei perni da inghisare tramite ancoranti chimici.

L'inghisaggio può risultare estremamente difficoltoso a causa della presenza di numerose armature negli elementi da connettere e spesso può realizzarsi un vincolo asimmetrico a causa della presenza di pannellature in adiacenza.

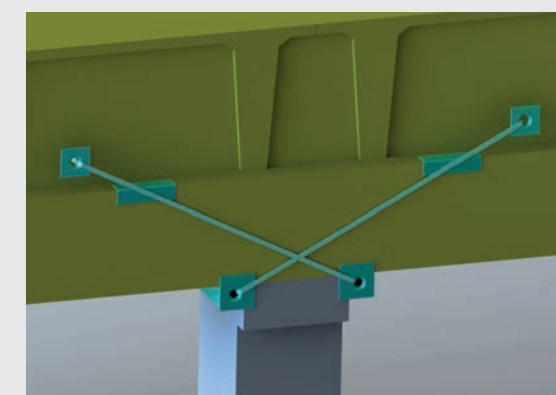
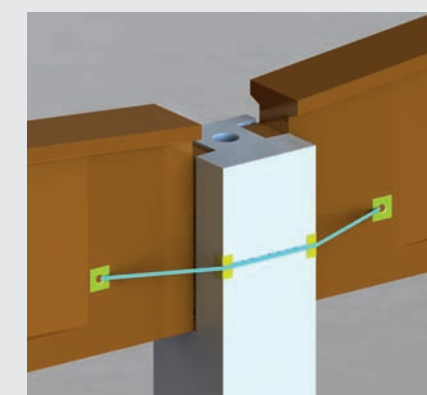
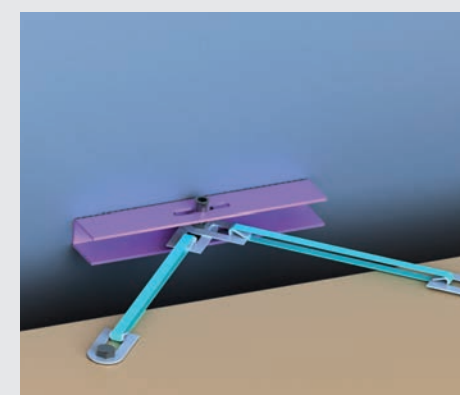
Se inoltre vi è presenza di impianti per cui lo smontaggio non risulta possibile l'intervento tradizionale è irrealizzabile. Tale problematica può facilmente essere risolta studiando dei sistemi di connessione in cui il vincolo orizzontale allo sfilamento è realizzato con legature atte ad assorbire l'azione orizzontale sismica calcolata sulla base delle masse in gioco sul singolo elemento.



Il sistema CAM® è semplice e si compone in queste applicazioni di elementi di contrasto (lo scatolare posto a contrasto sul pilastro che realizza il vincolo puntuale ed ha imbutitura alle estremità per accompagnare i nastri nel cambio direzione) e da legature inclinate (i nastri in più sovrapposizioni realizzano il vincolo allo sfilamento in ciascuna direzione).

L'applicazione del Sistema CAM® risulta quindi vincente per alcune sue peculiarità:

- **GLI SPESSORI RIDOTTI** 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 possono essere variate.

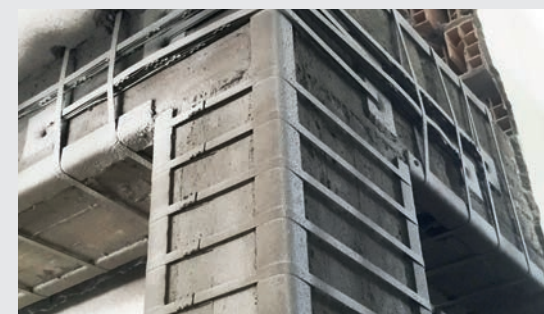


EDIFICI SCOLASTICI



La tecnologia CAM® risulta particolarmente indicata per l'edilizia scolastica in quanto rende possibile coniugare input progettuali sempre presenti in questo genere di interventi, quali la certezza del risultato e la rapidità di esecuzione, con il budget limitato. Questo è possibile grazie alle sue peculiarità di limitata invasività, flessibilità di adattamento agli impianti esistenti e agli infissi presenti. Numerosi sono gli esempi di edifici scolastici messi in sicurezza attraverso la tecnologia CAM® fin dal post terremoto del Molise nel 2002 e molti di questi sono stati realizzati nel breve tempo della chiusura estiva.

La **poca invasività** è peraltro testimoniata dal fatto che, nelle strutture in muratura, l'applicazione del reticolo di nastri può avvenire anche tramite la realizzazione di tracce poi facilmente occultabili nello spessore di un tradizionale intonaco, limitando estremamente le demolizioni. E' possibile inoltre salvaguardare le pavimentazioni e i battiscopa senza rinunciare alla continuità strutturale del rinforzo tra i piani, così come è possibile convivere con gli impianti esistenti senza ricorrere al loro smontaggio. E' possibile installare il Sistema CAM® su pilastri, travi e nodi in corrispondenza di giunti tecnici ed in presenza di infissi preesistenti senza prevederne la rimozione. Tutto ciò a diretto vantaggio e strettamente collegata alle notevoli economie ottenibili sia in termini di tempo che di costi diretti.

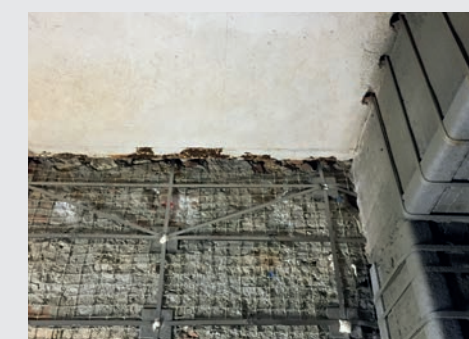


SISTEMA
CAM®

STRUTTURE MISTE



Spesso in presenza di strutture in c.a. con tamponatura a caratteristiche portanti risulta vantaggioso considerare le murature come sismo-resistenti e quindi realizzare un'efficace cucitura delle stesse alla struttura a telaio. Un intervento consigliato, in questo caso, è quello di cucire ogni singolo pannello murario alle travi superiori ed inferiori, svincolandolo dai pilastri. Questo permette alle due strutture di deformarsi ciascuna secondo le proprie caratteristiche (deformata prevalentemente flessionale per il pilastro, a taglio per la parete) a grande vantaggio nell'incremento della portanza complessiva. Analogamente nel caso di elementi in CA aggiunti nel corso dei rimaneggiamenti temporali avvenuti nelle strutture storiche in muratura, la flessibilità del Sistema rende possibile il confinamento di tali elementi, anche in maniera indipendente, senza ricercare soluzioni complesse.



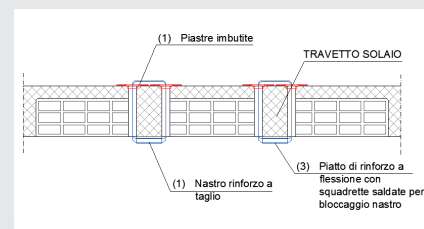
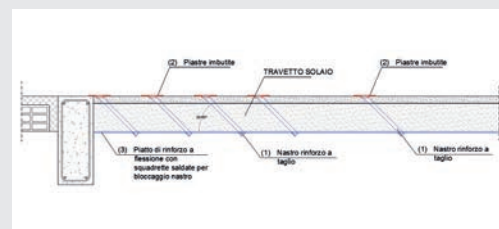
RINFORZO DEI SOLAI



Il SOL-CAM è un Sistema brevettato di consolidamento dei solai latero-cementizi. Si applica un piatto metallico sulla superficie inferiore del travetto.

Il piatto presenta opportuni risalti che servono ad accompagnare l'anello di nastri disposti a 45°, che attraversano il solaio e si chiudono sulla posizione estradossale della soletta. Tale sistema trasforma il comportamento di un elemento che non nasce come armato a taglio in una trave con comportamento a traliccio.

Esso consente di risolvere contemporaneamente le carenze a flessione e taglio dei travetti di solaio, senza prevedere demolizioni e senza la necessità di incollaggio. Le demolizioni sono infatti limitate alla stonatura; non è necessaria la rimozione delle pignatte. Il piatto metallico posto sulla faccia inferiore del travetto inoltre non necessita di incollaggio in quanto l'armatura aggiuntiva in mezzera è resa collaborante attraverso le legature CAM® inclinate analogamente alla connessione che si realizza con piolo.



MATERIALI DEL SISTEMA CAM®



L'elemento-forza del Sistema CAM® è la sua semplicità, facilità e velocità di applicazione, grazie anche agli elementi base di cui si compone:

- **Nastro in acciaio INOX** di dimensioni estremamente ridotte (larghezza 19mm e spessore non superiore a 1mm) in due tipologie distinte per le applicazioni sugli edifici in muratura e quelli in CA. Uno ha caratteristiche di elevata duttilità, l'altro maggiori caratteristiche resistenti.
- **Sigillo**, elemento di chiusura del singolo anello di nastro
- **Angolari** in acciaio inox per le applicazioni sulla muratura e in acciaio zincato a caldo per le applicazioni sul CA, da disporre in corrispondenza degli spigoli degli elementi per ripartire il carico
- **Piastra imbutita**, inox per le applicazioni sulla muratura e in acciaio zincato a caldo per il CA, da applicare in corrispondenza dei fori.

Tutti i materiali sono marcati CE.



STRUTTURE SPECIALI



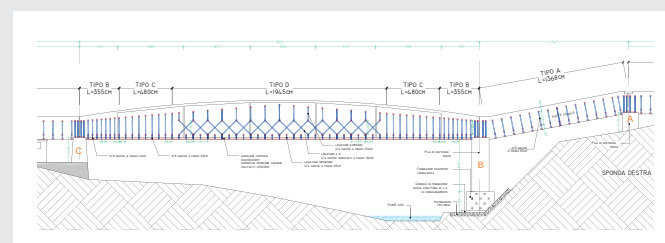
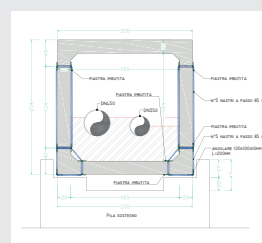
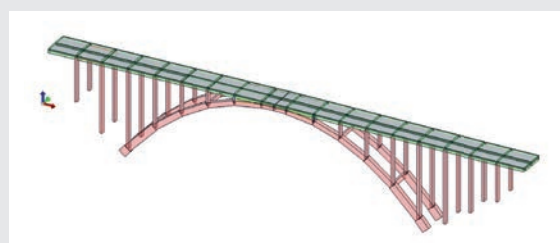
Il Sistema CAM®, grazie alla sua versatilità può essere applicato anche su strutture speciali, siano esse in muratura o in CA.

Un esempio sono ponti o viadotti ad arco in cui i componenti strutturali abbiano dimensione prossima a pilastri e travi.

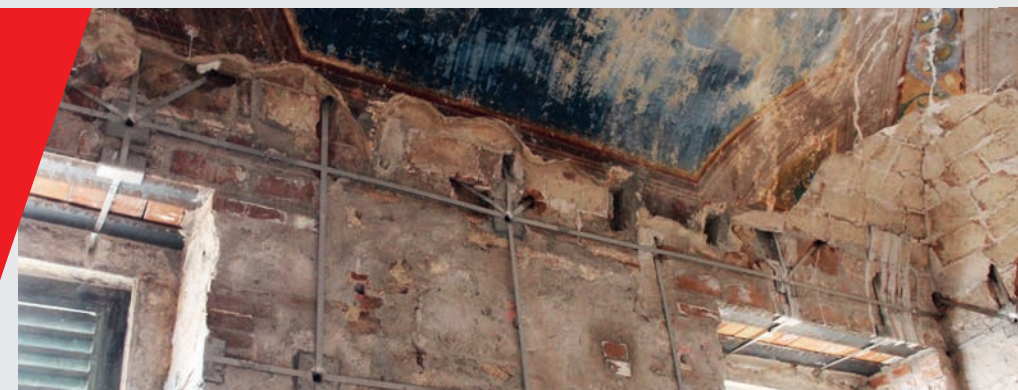
In maniera analoga ampie possibilità di intervento si hanno anche per le strutture di sostegno di serbatoi pensili.

Altre applicazioni possono realizzarsi su ponti a cassone in cui l'armatura a taglio delle pareti viene realizzata attraverso un sistema di legature opportunamente dimensionate e l'eventuale carenza a flessione attraverso dei piatti continui.

L'aspetto vincente risulta essere sempre l'estrema facilità di posa che minimizza i tempi dell'intervento e l'estrema durabilità del rinforzo attraverso l'impiego di componenti inox.



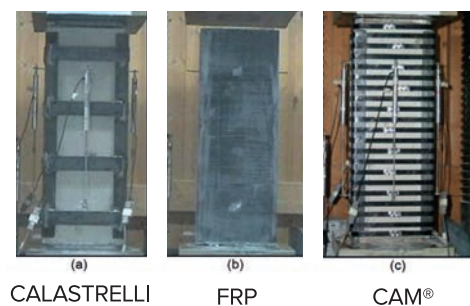
CARATTERISTICHE DEL SISTEMA CAM®



Il sistema CAM® risulta essere vincente su altre tecnologie essenzialmente per gli aspetti descritti di seguito:

- È un Sistema di **CONSOLIDAMENTO ATTIVO**: il nastro è messo in tensione e l'elemento risulta rinforzato già per i carichi gravanti su di esso nella fase d'esercizio della struttura;
- **NON** incrementa **MASSA** né varia la distribuzione delle **RIGIDENZE**
- È un sistema **LEGGERO** e a **MINIMO INGOMBRO**
- Impiega materiali **CERTIFICATI**
- Impiega acciaio **INOSSIDABILE** a garanzia della massima durabilità dell'intervento di rinforzo
- È un sistema **FLESSIBILE**
- È un sistema facilmente **REVERSIBILE**
- È un sistema di facile e **VELOCE** applicazione
- È una lavorazione a **'SECCO'**
- È messo in opera da **MAESTRANZE QUALIFICATE**

SPERIMENTAZIONE



(a) CALASTRELLI (b) FRP (c) CAM®



PROVE COMPARATIVE - UNIBAS - ANNO 2003

Le prove sperimentali sono state eseguite presso il Laboratorio del DiSGG (Dipart. Strutture Geologia e Geotecnica) dell'Università della Basilicata su pilastri in CA privi di armatura e rinforzati con diverse tecniche di consolidamento: calastrellatura, fasciatura in FRP, CAM®. Il dimensionamento dell'intervento si è svolto in equivalenza di incremento resistente.

A fronte del comportamento di riferimento del pilastro nudo di campione (curva in giallo) si nota come il confinamento realizzato con fibre (verde) e quello con calastrelli (bordò) comportino comunque un dissesto dell'elemento (cambio di rigidità oltre la resistenza massima del pilastro nudo) prima che sia attivato il contributo portante.

Il comportamento a rottura del pilastro nudo è di tipo fragile e tale si mantiene anche a seguito dell'applicazione del tessuto in FRP in cui, come si nota, dopo il picco di resistenza la curva risulta degradante e non asintotica.

Tra il CAM® (fucsia) e il meccanismo a calastrelli l'incremento di resistenza e in duttilità è assolutamente paragonabile, distinguendo dopo il picco di resistenza un comportamento plastico (asintotico). Vale però l'occasione di soffermarsi su alcuni aspetti che la coazione impressa all'elemento con le legature CAM® comporta.

Il pretensionamento introduce uno stato tensione trasversale che per effetto Poisson si traduce in un 'allungamento' del provino. Il carico necessario per riportare l'elemento alla configurazione indeformata corrisponde all'incremento di carico portato in regime elastico. Come si vede dall'andamento delle curve (tratto iniziale lineare) il carico del pilastro rinforzato al limite elastico è addirittura superiore al carico a rottura dell'elemento non rinforzato. Il provino cerchiato con Sistema CAM® quindi, a quel dato livello di carico che prima ne avrebbe comportato la rottura, risulta ancora integro.

PROGETTO TREMA - ENEA, UNIBAS, DPC - ANNO 2003/2007

Per il progetto di ricerca coordinato dall'ENEA e con partner UNIBAS, DPC e TIS sono stati realizzati e verificati su tavola vibrante modelli strutturali in c.a. e muratura.

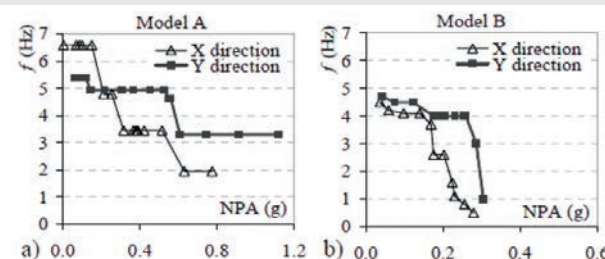
L'EDIFICIO IN MURATURA

Sono stati realizzati due edifici identici ad unica cella realizzati in scala 1:1,5 tipici esempi dell'edilizia povera.

La muratura è a doppio paramento e la malta di scarse caratteristiche meccaniche, gli ammassamenti tra pareti ortogonali sono insufficienti; le aperture non risultano simmetriche e i solai in legno sono non rigidi nel piano così da ottenere una distribuzione di masse e rigidità fortemente irregolare.

Il modello privo di rinforzo (B) raggiunta l'accelerazione 0.3g risulta completamente collassato a seguito del ribaltamento fuori piano di 3 delle 4 pareti.

Il modello rinforzato con Sistema CAM® (A) ha raggiunto, mantenendo la piena efficienza strutturale, l'accelerazione limite della tavola vibrante pari a 1.2g.



Ad eccezione di piccoli crolli localizzati la struttura rinforzata ha sopportato restando integro una storia di 10 terremoti di intensità sempre crescente, fino al limite suddetto. L'intonaco realizzato su una parete campione non ha evidenziato la presenza di lesioni segno che la muratura non ha attinto alle proprie capacità resistenti (assenza di fessurazione) ma è stato sufficiente eliminare i soli meccanismi locali di collasso fuori piano tramite la cucitura CAM® diffusa, per raggiungere il comportamento scatolare della struttura e attingere alla capacità in duttilità del fabbricato per dissipare l'energia immessa.

L'EDIFICIO IN CEMENTO ARMATO

Gli edifici realizzati sono modelli in scala 1:4 a telaio multipiano concepiti con l'approccio tipico degli anni '50 e '70, come di fatto è il 70% del tessuto urbano in cemento armato delle nostre città nato in pieno boom economico.

Le strutture pensate quindi per resistere unicamente a carichi verticali, presentano travi e pilastri scarsamente armati e assenza di staffe in corrispondenza dei nodi.

Un modello è stato testato con isolamento alla base, l'altro è stato testato nudo fino all'evidenziarsi delle prime lesioni (principalmente in corrispondenza dei nodi trave-pilastro) e successivamente rinforzato con Sistema CAM® e DIS-CAM®.

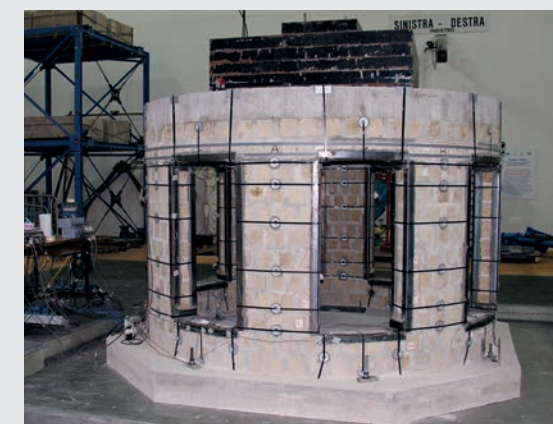
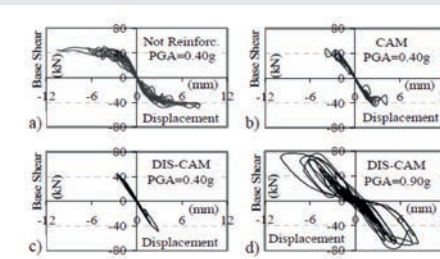
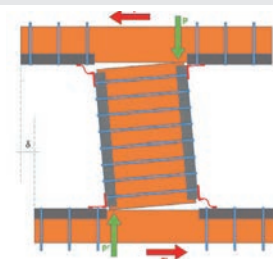
I test hanno dimostrato come l'intervento di rinforzo porti un enorme beneficio: il cerchiaggio di confinamento effettuato permette alla struttura di raggiungere globalmente un'azione sismica 4 volte superiore; un forte contributo in termini dissipativi inoltre avviene per mezzo dei danneggiamenti localizzati agli elementi DIS-CAM®.

L'aspetto di non secondaria importanza di queste prove risiede inoltre nell'evidenziare l'ottima riuscita del rinforzo nonostante esso sia applicato a una struttura già danneggiata come avviene nella maggioranza delle applicazioni effettive.

IL TAMBURO DELLA CHIESA DI SAN NICOLÒ L'ARENA

L'efficacia dei Sistemi CAM® e DIS-CAM® ha trovato conferma nella prova effettuata su modello in scala 1:6 del tamburo della cupola della Chiesa di San Nicolò di Catania. L'intervento di cerchiatura delle aperture è stato completato attraverso un rinforzo CAM® applicato sui maschi murari e sulle piattebande in muratura e gli elementi DIS-CAM® applicati a connettere i profilati metallici.

Il meccanismo ricercato mira ad indirizzare la risposta ad un cinematisma a 'ribaltamento controllato' dei maschi murari. Ecco spiegata la disposizione invertita del DIS-CAM® che consente il distacco del setto pieno, riducendone l'entità della rotazione in virtù della dissipazione. Il confinamento con il CAM® salvaguarda l'integrità della piattabanda e del maschio stesso.



SPERIMENTAZIONE



PROGETTO INGLOBARE - POR FESR - ANNO 2013

Una parte del progetto che va sotto l'acronimo In.Glo.Ba.Re., progetto finanziato dalla Regione LAZIO Programma Operativo 2007-2013 – Fondo Europeo di Sviluppo Regionale, in collaborazione con l'università La Sapienza di Roma, è stato condotto con l'obiettivo di validare le formulazioni di calcolo adottate per il sistema CAM® applicato sulle strutture in CA attraverso prove sperimentali su travi e pilastri.

PROVE A COMPRESSIONE SUI PILASTRI

Sono stati costruiti 8 pilastri da provare a compressione semplice secondo vari layout di rinforzo.

Due dei provini sono stati provati nudi, portati ad un carico prossimo alla rottura e successivamente rinforzati con le legature CAM®.

Lo scopo delle prove condotte era essenzialmente quello di valutare la rispondenza delle formulazioni adottate nel calcolo per confinamento dell'elemento e la capacità di recupero dell'elemento danneggiato.

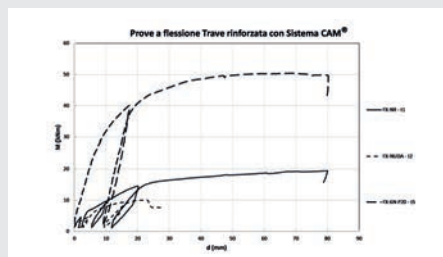
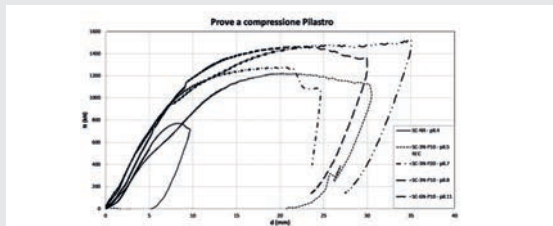
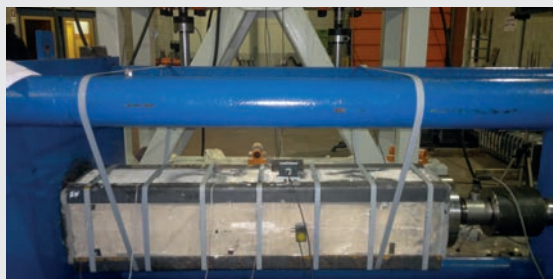
PROVE A TAGLIO SULLE TRAVI

Delle 9 travi tozze, costruite per essere provate a taglio secondo il layout di trave appoggiata con carico in mezzera, 3 elementi sono stati provati nudi, 3 rinforzati in totale avvolgimento, 3 in avvolgimento parziale.

Lo scopo principale oltre alla valutazione delle formulazioni adottate, era valutare la geometria del traliccio resistente e la tipologia di rottura che incorreva nei due differenti layout di intervento CAM® a taglio.

PROVE A FLESSIONE SULLE TRAVI

Il layout di prova è di trave appoggiata con due punti di carico. Le prove sono state condotte su 6 travi il cui scopo era quello di indagare la prestazione dell'angolare come armatura aggiuntiva e del confinamento indotto attraverso il sistema di legature. I risultati hanno permesso di validare le formulazioni di calcolo.



PROGETTO INCAMMINO - UNIME - ANNO 2014

Le prove sperimentali condotte nell'ambito del progetto di ricerca In.CAM.M.I.N.O. sono state condotte in collaborazione con l'università di Messina su provini in CA e su manufatti in muratura in pietrame disordinato esistenti ubicati nella frazione di Giampilleri del Comune di Messina colpiti da una frana e destinati alla demolizione.

Tralasciando la parte di sperimentazione sugli elementi in CA in cui sostanzialmente i risultati hanno evidenziato quanto già riscontrato per le prove condotte nell'ambito del progetto INGLOBARE, si commenteranno i risultati ottenuti sulle murature al vero. Proprio tale aspetto risulta di estrema importanza in quanto difficilmente si possono ottenere le medesime caratteristiche su provini realizzati in laboratorio.

PROVE SU PANNELLI IN MURATURA

Da un muro divisorio (identificato nel rettangolo in blu) si sono ricavati 8 pannelli di cui 7 destinati a prova di taglio-compressione in configurazione di prova tipo Sheppard e il primo impiegato per la caratterizzazione meccanica della muratura.

Alcuni dei pannelli rinforzati con Sistema CAM® sono stati testati in combinazione con una rete portaintonaco a matrice polimerica di caratteristiche certificate.

I risultati mostrano una rispondenza favorevole nei confronti delle formulazioni adottate per il calcolo del rinforzo sul pannello con valori sperimentali del 30-50% superiori.

È soprattutto però in termini di duttilità che l'incremento risulta nettamente superiore all'incremento in termini di drift ultimo riportato in normativa.

L'influenza della rete polimerica non è stata valutata in maniera analitica ma principalmente essa ha svolto funzione di presidio nei confronti della dislocazione degli elementi lapidei di piccola dimensione.

PROVE SU ARCO

La parete ad arco (rettangolo in rosso), ricavata per separazione dalle murature ortogonali è stata testata con applicazione di spinta orizzontale in testa.

Dapprima la parete priva di rinforzo è stata portata prossima al punto di collasso, successivamente l'analisi è stata interrotta e si è proceduto al rinforzo dell'elemento danneggiato applicando il Sistema CAM® secondo la configurazione che modifica il comportamento dell'arco rendendo la muratura soprastante (normalmente solo carico) collaborante, trasformandola in una trave a sezione variabile in muratura armata.

I risultati della prova sono stati positivi oltre le aspettative, dimostrando una capacità deformativa dell'arco rinforzato di 10 volte superiore rispetto alla prova precedente.

