

In ricordo di Gianluigi Palmieri

Lo scorso 9 maggio ha concluso il suo viaggio terreno l'architetto Gianluigi Palmieri, che i nostri lettori hanno apprezzato per il suo impegno nello sviluppo ed applicazione di sistemi antisismici innovativi, anche in collaborazione con le attività del GLIS. Ci piace ricordare una persona di grandi qualità professionali ed umane attraverso le parole di uno dei suoi collaboratori, l'Ing. Marianna Leonori, della moglie Ludovica e soprattutto attraverso un suo scritto dedicato all'intervento di miglioramento sismico del Castello Rivera a L'Aquila.

“Il Capo”; gli piaceva essere chiamato così, ma in forma scherzosa. Per far valere la sua autorità non ha mai alzato la voce; alla fine la scelta era la sua, ma sapeva ascoltare. Un imprenditore, suo malgrado, perché ciò che ha costruito l'ha fatto quasi per gioco, per divertimento, per piacere.

Gianluigi, ricco di qualità rare separatamente, rarissime insieme: testa e cuore. Determinato, coraggioso, curioso e affascinato dalla vita, dignitoso nell'immagine e nell'anima. Fermo nei suoi valori sociali e umani era generoso e aperto al futuro. Dotato infine di un suo umorismo segreto, sottile, tagliente e profondo, che non a tutti era dato di percepire. (Il ricordo della moglie, Ludovica).

Amava il suo lavoro, amava il Sistema con cui ha fondato e portato avanti una florida realtà imprenditoriale, anche grazie alle sue qualità di architetto, ma soprattutto di persona di grande dignità. Amava i suoi dipendenti, tutti, perché, come spesso ci diceva, la EDIL CAM® Sistemi era la sua famiglia.

Per questa famiglia si è battuto, per far conoscere a quante più persone, tecnici, professionisti, l'invenzione in cui, lui stesso per primo, aveva creduto. In maniera acuta, fortunata e lungimirante.

Questo ci ha lasciato in eredità. L'insegnamento che si può essere imprenditori e al tempo stesso signori, che il futuro è ciò che costruiamo con l'onestà, che bisogna credere in se stessi, nelle proprie intuizioni, fino all'obbiettivo.

E ci ha lasciato un gran vuoto, che ora possiamo solo colmare con l'impegno per portare l'EDIL CAM® Sistemi e il Sistema CAM® laddove lui ha voluto: un'eccellente realtà dinamica, in crescita, giove di idee e soluzioni.

Marianna Leonori



Il Sistema CAM[®] e le strutture in muratura storiche

L'intervento di miglioramento sismico del Castello Rivera (AQ)

Arch. Gianluigi Palmieri*
Ing. Roberto Marnetto
Ing. Alessandro Vari*

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, mattoni, apparecchiamenti a sacco, ecc.

Per tutte le tipologie il comportamento statico prevalente è legato più che al concetto di resistenza, a quello *di equilibrio* tra i singoli blocchi portanti, normalmente coadiuvati da letti di malta che ne regolizzano il contatto, stabilizzandone la statica.



Ururi (CB) – Campanile della Chiesa di S. Maria delle Grazie. Esempio di aggregato irregolare

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

Ne consegue che, le strutture portanti in muratura si presentano spesso molto vulnerabili proprio sostanzialmente e prevalentemente alla dislocazione del tessuto murario nella sua tessitura con la conseguenza di una ridotta resistenza complessiva.

Il sistema delle cuciture attive a marchio CAM[®], perseguendo la compattazione/stabilizzazione del



Cremona – Portico del Convento di S. Monica XI° Sec.

materiale attraverso la realizzazione di un reticolo tridimensionale, trova piena efficacia nel "superare" il limite legato alla stabilità per equilibrio per spostarlo verso la stabilità per *resistenza* arrivando a massimizzare in tal modo lo sfruttamento di tutte le capacità della muratura.

Il reticolo diffuso comporta, quale valore aggiunto, molteplici benefici e di questi uno particolarmente importante risiede nel cosiddetto comportamento *a scatola* con l'interconnessione dei macro-blocchi strutturali.

Nelle strutture storiche il comportamento resistente a blocchi o per macro-elementi è particolarmente evidente. Per loro natura tali strutture sono estremamente eterogenee, non presentano regolarità in altezza o in pianta, mostrano normalmente una distribuzione planimetrica molto articolata, con porzioni di fabbricato a differente altezza, materiali e tecnologie variegati, ecc.

Per questa ragione tali strutture hanno un comportamento strutturale globale difficilmente identificabile: ogni porzione tende a funzionare secondo un suo preciso meccanismo che spesso risulta differente e scollegato da quello adiacente.

Questa eterogeneità è amplificata ulteriormente dalla disorganicità della struttura in cui si evidenzia generalmente uno scarso grado di collegamento tra gli stessi corpi in cui è suddivisibile il manufatto. Ciò dipende sia dall'impoverimento dei materiali costituenti la muratura (decadimento delle malte, dislocazioni locali), nonché dalla realizzazione per fasi successive, il più delle volte in semplice affiancamento, oltre che

dal rimaneggiamento degli elementi portanti (nuove aperture e/o richiuse, modifica degli spazi interni, modifica dei solai, ecc).

Il recupero strutturale di tali fabbricati risulta conseguentemente notevolmente complesso, richiedendo soluzioni tecniche capaci di coniugare l'efficacia strutturale con la conservazione architettonica del bene stesso.



Castello Rivera (AQ) – realizzazione del reticolo con salvaguardia dell'imbotto lapideo. I nastri verticali sono inghisati in fondazione.

Il Sistema CAM[®], per le sue intrinseche caratteristiche, si presta molto bene proprio nel coniugare efficacia strutturale di intervento con il grande rispetto conservativo del manufatto e delle esigenze architettoniche, mostrando grande flessibilità nell'adattarsi alle diverse necessità strutturali.

Il caso di cui tratteremo rappresenta un intervento tipico di applicazione del sistema CAM[®] su un manufatto storico in cui si evidenziano i notevoli pregi del sistema.



Castello Rivera (AQ) – particolare del passaggio del reticolo con attraversamento delle lunette della volta e salvaguardia del blocco lapideo d'imposta.

II CASTELLO RIVERA

Il Castello Rivera è costituito da un corpo principale, di superficie lorda pari a circa 650 mq, che conta tre piani fuori terra e dal quale spicca una torre di cinque piani. Solo una limitata porzione dell'edificio è dotata di un ambiente interrato.



Castello Rivera (AQ) – particolare dell'attraversamento delle lesene con ancoraggio del blocco lapideo

Il nucleo originario del Castello Rivera risale probabilmente al tardo XVI secolo. Successivamente, nel corso dei secoli il castello è stato sicuramente oggetto di ristrutturazioni, ampliamenti e rimaneggiamenti di cui non si ha traccia precisa.

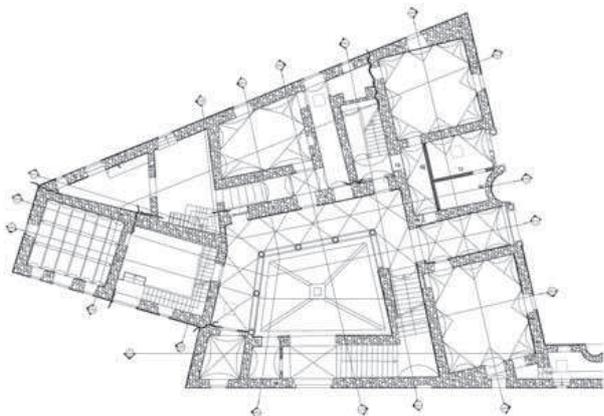


Il Castello Rivera (AQ) – vista esterna

L'effetto di tutti questi interventi è quello di avere uno stato delle strutture molto eterogeneo per quanto riguarda la tecnologia realizzativa, le caratteristiche e la qualità dei materiali impiegati.

Durante le attività preliminari della progettazione sono stati quindi effettuati saggi ed indagini strutturali mirati ad individuare quanto più possibile tutti gli aspetti del sistema strutturale, dalla morfologia degli elementi strutturali alle caratteristiche dei materiali.

Particolare attenzione è stata posta nell'individuazione delle disconnessioni tra elementi strutturali, in modo che la modellazione strutturale numerica fosse in grado di cogliere adeguatamente il reale comportamento della struttura.



Il Castello Rivera (AQ) – vista in pianta

Tutte le strutture verticali sono in muratura, realizzata prevalentemente con elementi sbazzati disorganizzati e in qualche caso con muratura "a sacco".

Affacciate sul patio centrale e sul giardino a nord-est sono presenti anche delle colonne in pietra su cui insistono degli archi, sempre in muratura.

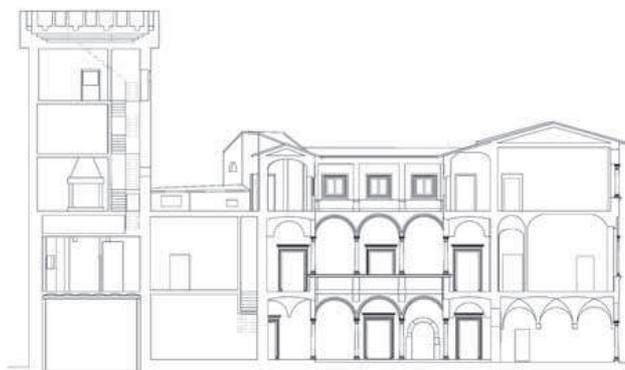


Castello Rivera (AQ) – vista del patio centrale

Le strutture orizzontali presentano molteplici tipologie realizzative: molti ambienti sono coperti da volte realizzate con mattoni affiancati "a libretto", mentre in numerosi altri casi i solai sono recenti e realizzati con struttura metallica ad orditura semplice, con inserimento di tavelloni o voltine. Altri solai sono realizzati in latero-cemento e in legno.

La copertura è interamente in carpenteria metallica, di recente realizzazione (1994), costituita da capria-

te a struttura reticolare sormontate da arcarecci su cui è posata una soletta in lamiera grecata con getto integrativo di calcestruzzo. Le parti terminali delle capriate metalliche sono annegate all'interno di cordoli in c.a. ancorati con barre metalliche alla muratura sottostante.



Il Castello Rivera (AQ) – vista in sezione

In numerosi casi sono state individuate delle disconnessioni nella muratura. Tipicamente esse riguardano muri ortogonali che non sono ammorsati tra loro, o aperture nella muratura che sono state chiuse successivamente senza adeguato ammorsamento, oppure disconnessioni dovute all'affiancamento di parti di muratura realizzate con tecniche differenti.

CRITERI ADOTTATI PER IL DIMENSIONAMENTO DELL'INTERVENTO CAM®

L'analisi sistematica dei danni subiti da strutture storiche quali castelli o, chiese in occasione dei principali eventi sismici degli ultimi decenni ha evidenziato come il comportamento sismico di questa tipologia di manufatti possa essere interpretato attraverso la loro scomposizione in porzioni architettoniche (denominate macro-elementi) caratterizzate da una risposta strutturale sostanzialmente autonoma rispetto al manufatto nel suo complesso.

Questo comporta la valutazione del grado di sicurezza sismica mediante le verifiche per meccanismi locali.

Scopo dell'intervento di miglioramento è rendere il manufatto non più a comportamento per macro-elementi bensì scatolare nel suo complesso attraverso diverse tecniche di applicazione del CAM®. Questo approccio al miglioramento permette anche una valutazione sismica globale del manufatto.

Nello stato di progetto originale, pensato con tecniche di intervento *tradizionali*, le modifiche strutturali introdotte (masse, rigidità, collegamenti) incidono sulla ripartizione delle azioni sismiche con effetti anche molto negativi su alcuni macroelementi.

L'adozione in seconda battuta del CAM® ha consentito una distribuzione mirata dell'intervento, **in assenza di incremento di masse**, in grado di cogliere al

meglio il proporzionamento tra azioni attese e resistenze disponibili, in relazione alla capacità incrementata dei vari corpi strutturali.

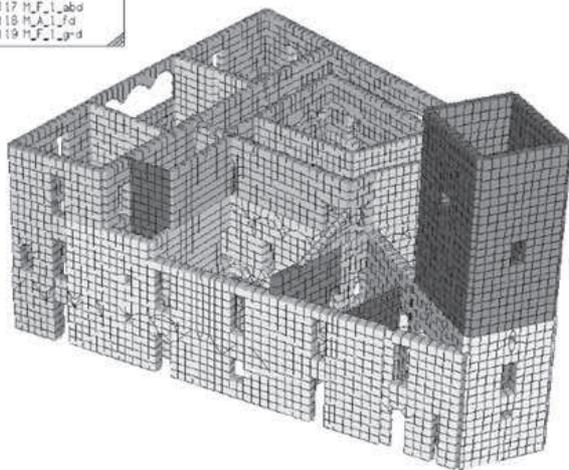
In relazione a tale aspetto il CAM[®] presenta una notevole adattabilità potendo essere tarato su ogni porzione o macro-elemento in funzione delle esigenze, garantendo al tempo stesso nel modo più corretto sia il collegamento strutturale, che la ripartizione dei carichi tra le parti.

La modellazione di calcolo del Castello si è effettuata su un modello globale in cui si è potuto tener conto della compartecipazione dei singoli elementi portanti.

La valutazione del rinforzo è stata concentrata in primis sull'eliminazione dei meccanismi locali e quindi sull'incremento di resistenza necessario a garantire il grado di adeguamento previsto del 30%.

DESCRIZIONE DELLE FASI PROGETTUALI DI RINFORZO DEL CASTELLO

Materiali	
■	1 M_F_1
□	4 M_A_1_f
□	2 M_A_1_g
□	17 M_F_1_abd
□	18 M_A_1_f
□	19 M_F_1_gnd



Il Castello Rivera (AQ) – FEM

Il progetto di miglioramento sismico, redatto dallo studio POLIS Engineering, a cui la EdilCAM Sistemi Srl ha partecipato nel fornire tutte formulazioni e i fogli di verifica del Sistema CAM[®], è stato redatto valutando tre sistemi di rinforzo:

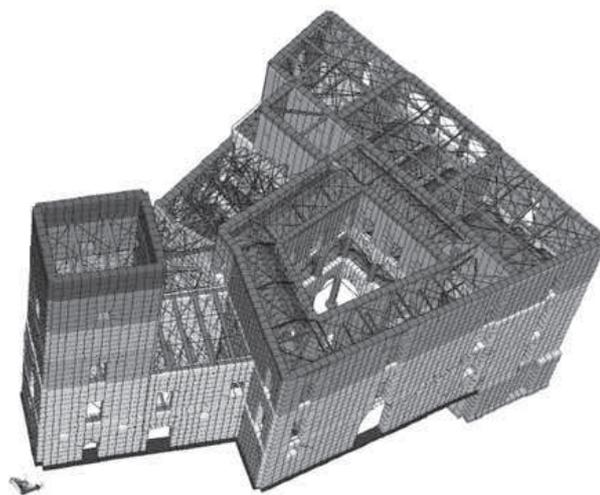
- intervento di tipo tradizionale (cuciture, iniezioni, tirantature..)
- inserimento di pareti controventanti in calcestruzzo armato
- isolamento sismico alla base
- Sistema CAM[®].

Nel confronto tra i vari i sistemi di rinforzo, nella relazione di calcolo il progettista afferma:

“Alla luce degli studi effettuati sulle diverse tipologie di intervento per il miglioramento sismico, qui brevemente riportate, si conclude che l'unica strada percorribile per un buon compromesso tra fattibilità tecnica ed economica, sal-

vanguardia del bene monumentale e sicurezza sismica è risultato essere l'intervento con il sistema CAM[®] abbinato ad interventi di tipo tradizionale.

La soluzione si configura come una soluzione conservativa in quanto tarata nel dettaglio e nel pieno rispetto del pregio monumentale del fabbricato”



Il Castello Rivera (AQ) – FEM

Come anticipato precedentemente allo stato di fatto la struttura presentava diversi gradi di disconnessioni che sono stati inclusi nel modello inserendo assottigliamenti e modifiche delle rigidità in corrispondenza delle sconessioni separazioni tra gli elementi.

Questo ha permesso di valutare con buona accuratezza il comportamento sismico pre-rinforzo equivalentemente allo studio classico per macro-elementi, normalmente effettuato attraverso verifiche locali.

Inoltre mediante lo stesso modello è risultata possibile l'analisi post-rinforzo, reinserendo il ripristino delle continuità che il sistema CAM[®] consente ed includendo anche le ulteriori migliori introdotte nel progetto quali incatenamento dei solai, iniezioni, ecc.

GLI INTERVENTI ADOTTATI CON IL SISTEMA CAM[®]

Il sistema CAM[®] è stato adottato in maniera estesa e diffusa su tutto il Castello con una disposizione tale da garantire una distribuzione di resistenze a taglio uniforme rispetto alle sollecitazioni sismiche applicate.

In particolare il Sistema CAM[®] è stato utilizzato per il raggiungimento dei seguenti risultati:

- Rinforzo a taglio dei singoli pannelli murari
- Rinforzo a flessione nel piano e fuori piano
- Rinforzo per confinamento attivo (aumento di resistenza a compressione)
- Rinforzo mediante costituzione realizzazione di diaframma artificiale
- Rinforzo mediante cucitura di pareti ortogonali (miglioramento attivazione del comportamento “scatolare”)

Rinforzo per cuciture dei solai (funzionamento a catena distribuita delle singole travi metalliche o lignee di solaio)

Intervento di cucitura CAM® diffuso



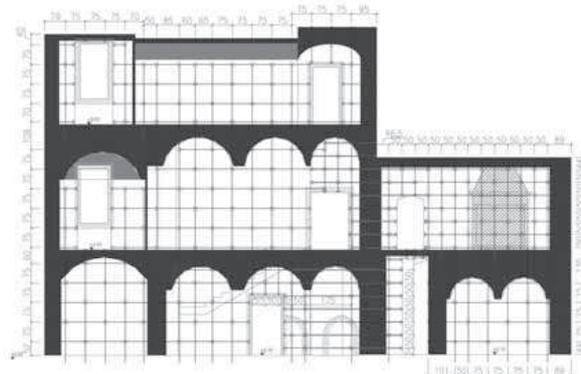
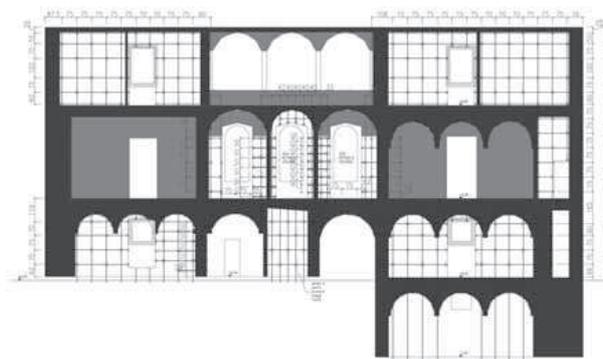
Il Castello Rivera (AQ) – Sistema CAM®. Applicazione regolare a doppio ordito



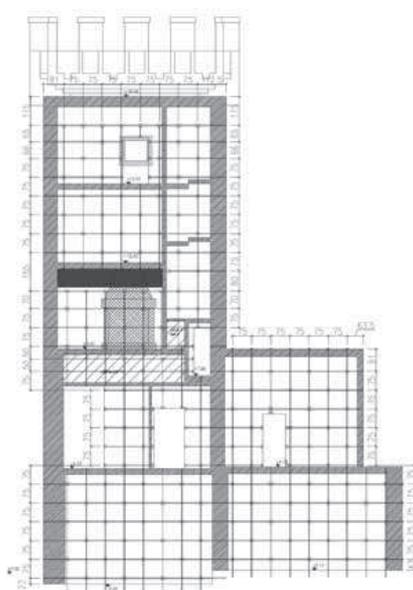
Il Castello Rivera (AQ) – Sistema CAM®. Applicazione regolare a doppio ordito

Il sistema CAM® è stato esteso a tutto il fabbricato, nell'intento di uniformare e migliorare la capacità dei pannelli nel piano, sia nei confronti dei meccanismi di rottura per taglio, che di flessione e ribaltamento fuori piano.

La flessibilità del sistema CAM® ha permesso agevolmente di seguire gli andamenti non rettilinei delle pareti, di attraversare le volte, di rinforzare i sopra e sotto finestra, mantenendo comunque una estrema regolarità della maglia CAM® come ben evidenziato sia dalle figure che dalle foto.

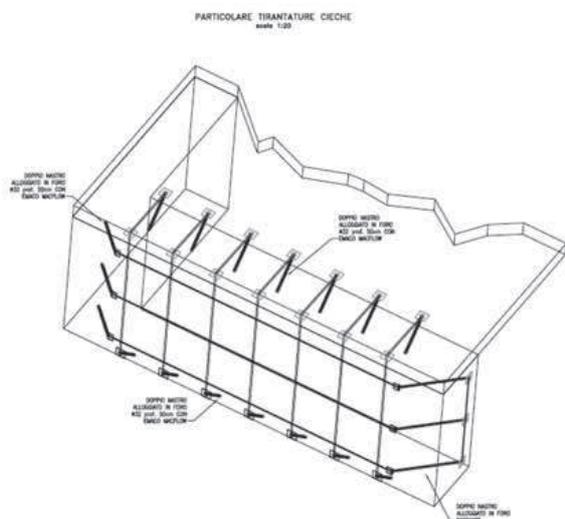


Il Castello Rivera (AQ) – Sistema CAM®. Distribuzione a progetto a doppio ordito.



Il Castello Rivera (AQ) – Sistema CAM®. Distribuzione a progetto a doppio ordito.

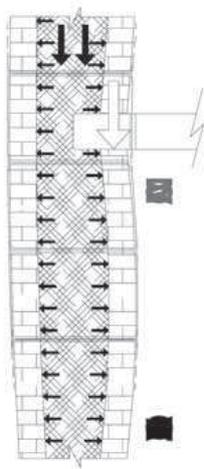
Intervento su Pareti Affrescate



Sulle pareti parzialmente affrescate per le quali l'intervento poteva essere effettuato solo su una faccia, sono state studiate e realizzate soluzioni monofaccia. L'intervento risolve in una tirantatura cieca che permette il rinforzo a taglio e pressoflessione della parete seppur in maniera non simmetrica tradizionale.

Realizzazione diffusa dei Diatoni

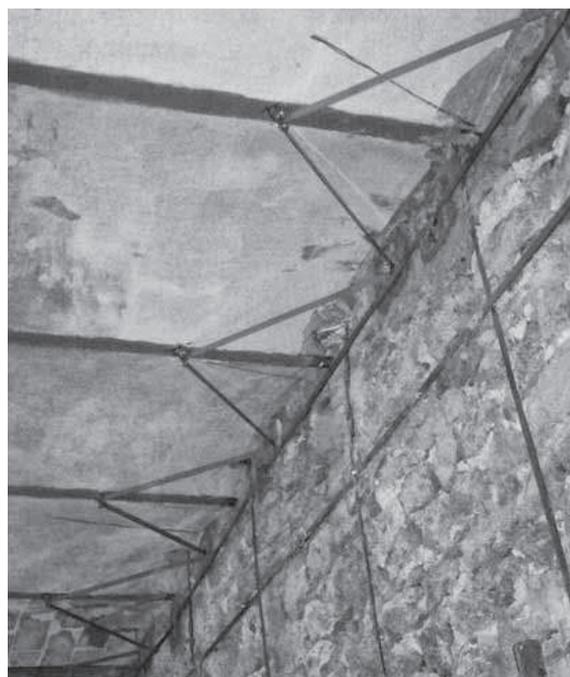
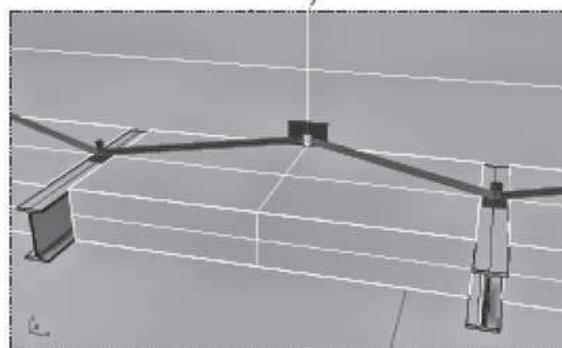
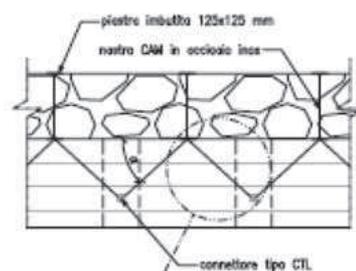
Il sistema *per sua natura*, realizzando una gabbia diffusa tridimensionale, pone in essere una moltitudine di diatoni meccanici, migliorando considerevolmente la stabilità delle pareti in genere e di quelle a doppio paramento, largamente presenti al Castello, in particolare. Si sottolinea che tale miglioramento si somma agli incrementi di resistenza descritti precedentemente.



Arpionatura dei Solai

Un'altra importante carenza delle costruzioni storiche risiede nella mancanza di comportamento a diaframma e di collegamento tra muri paralleli che nelle nuove costruzioni viene realizzato dai solai.

Anche qui il sistema CAM[®] permette la realizzazione delle cosiddette "arpionature" delle travi di solaio (che, siano queste lignee, che o metalliche,) consentendo alle singole travi di funzionare come "catene diffuse". Qualora poi queste siano completate con una soletta in CLS le stesse arpionature, realizzando una cucitura con le pareti, permettono lo sfruttamento dell'effetto diaframma, senza la necessità, sempre dannosa, della realizzazione di cordoli in breccia.

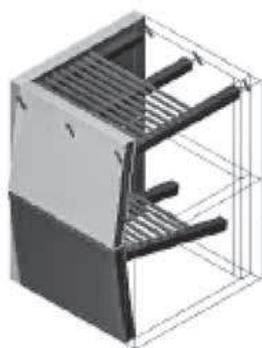


Il Castello Rivera (AQ) – Sistema CAM[®]. Distribuzione a progetto a doppio ordito e arpionatura delle travi di solaio

Incatenamento delle pareti ortogonali

Particolare attenzione si è posta al dettaglio della realizzazione degli interventi di cucitura tra le pareti ortogonali, intervento questo fondamentale per il raggiungimento della *scatolarità* nel comportamento sismico.

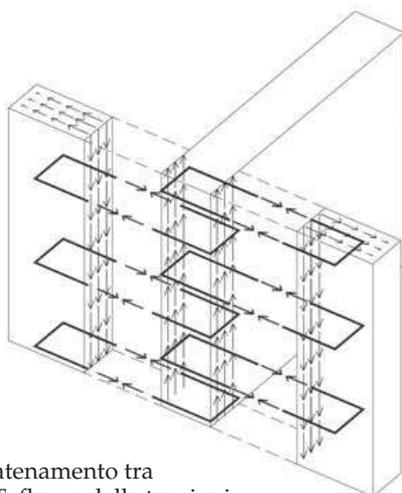
Da sottolineare come l'incatenamento dei muri ortogonali non solo risolve la problematica dell'assorbimento delle spinte reciproche a cui le pareti sono soggette a causa dell'azione sismica fuori piano, ma con-



Effetto di punzonamento delle travi per fuoriuscita dalla sede di appoggio



Il Castello Rivera (AQ) – Sistema CAM®. Incatenamento delle pareti d'angolo. Si noti che l'intonaco è rimosso solo per tracciatura.



Sistema CAM®. Incatenamento tra pareti ortogonali a T. flusso delle tensioni.

sente di farle funzionare come un unico elemento resistente.

Angolate o incroci a T di pareti, considerate normalmente come elementi resistenti separati, si comporteranno come una unica parete ad L o T con proprietà di rigidità e resistenza fortemente migliorate.

CONCLUSIONI

L'intervento sul Castello Rivera ha confermato le caratteristiche vincenti del sistema delle cuciture attive a marchio CAM®, la sua versatilità unitamente all'eccellenza nella ricerca e nell'applicazione. Il sistema CAM® si è confermato, ancora una volta, come uno dei migliori modi per il consolidamento delle strutture esistenti, con particolare riferimento a quelle in muratura.

Le sue peculiarità, ad ampio spettro, consentono di intervenire su molteplici aspetti che, nel loro insieme, concorrono ad un miglioramento strutturale estremamente *compatibile*. Lì dove con il termine *compatibile* non si vuole solo richiamare il *concorso* di materiali diversi che non confliggono, ma sottolineare proprio il fatto che la struttura non viene stravolta nella sua *natura* ed *impostazione*. Il sistema infatti si pone in affiancamento e non in sostituzione e concorre in modo *attivo* alla risposta. con L'immediatezza del coinvolgimento è conseguente alla posa in opera in *coazione* del reticolo metallico di rinforzo.

La EDIL CAM Sistemi Srl, licenziataria del brevetto sul territorio nazionale, è peraltro continuamente alla ricerca di nuove soluzioni e nuove modalità di impiego del sistema e l'esperienza dimostra che tali opportunità si concretizzano a fronte di ogni nuova sfida il più delle volte in sinergia con il Committente ed il Progettista. Quanto detto a dimostrare la vitalità di tale tecnologia e quanto la stessa sia potenzialmente ampia di soluzioni per un vastissimo ventaglio di problematiche.

L'Appalto generale è stato condotto dalla AQUILA-2 Scarl (DONATI SpA et al.)

Si ringrazia la DONATI SpA per la preziosa collaborazione prestata sul cantiere.



Il Castello Rivera (AQ) – vista esterna intervento ultimato