

Il sistema delle cuciture attive a marchio CAM[®] nel rinforzo di travi esistenti in c.a. con Sismicad

Il mondo delle costruzioni continua ad evolversi, proponendo tecnologie diverse per intervenire nel rinforzo delle strutture esistenti. Ognuno ha i propri pregi e difetti ma tutti necessitano di un software aggiornato alle continue novità che gestisca la complessità delle valutazioni numeriche.

Intervenire nel rinforzo di edifici esistenti in calcestruzzo armato per ridurre la vulnerabilità sismica è un grande problema per i progettisti italiani. Si può affrontare con interventi globali e talvolta anche con interventi locali sugli elementi verticali come pilastri e pareti.

Risulta altresì complicato intervenire nelle travi, per diversi motivi, ma sono disponibili alcune tecnologie che, nel tempo, continuano ad evolversi. Una di queste è costituita da cuciture attive a marchio CAM[®].

Il sistema si basa sulla realizzazione di tirantature metalliche ottenute tramite nastri di acciaio inox ad alta resistenza di spessore ridotto posto in opera con determinati valori di pretensione. Il sistema nato per il consolidamento degli edifici in muratura è stato poi applicato anche al cemento armato. Si compone di quattro elementi base:

- nastro di acciaio inox ad alta resistenza di dimensioni (19x0.9 mm);
- il sigillo, elemento di chiusura del singolo anello di nastro;
- angolari/piatti in acciaio con lavorazione interna bugnata;
- piastre imbutite, elemento ripartitore, da applicare in corrispondenza di eventuali fori.

Concrete srl

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720
CF/PI: 02268670284 - www.concrete.it info@concrete.it



Nastro, angolare e piastra adottati dal sistema

Le modalità di applicazione alle travi prevedono che, una volta rimosso l'intonaco, in corrispondenza di ciascuno spigolo venga posto in opera l'angolare su di un letto di malta ad alta resistenza. Vengono quindi tagliati di misura i nastri per essere disposti attorno all'elemento da rinforzare in configurazione ad anello chiuso anche in sovrapposizione. Con una apposita macchina viene quindi effettuato il 'tiro' ed il 'crimpaggio' del nastro.



Esempio di applicazione del rinforzo CAM a travi

Il sistema di rinforzo permette di ottenere i seguenti miglioramenti:

- aumento della **resistenza a taglio** per l'aggiunta di armatura a taglio (staffatura dei nastri);
- aumento di **resistenza e duttilità** del calcestruzzo per effetto del confinamento;
- aumento della **rotazione ultima** della sezione a presso-flessione o flessione semplice;

- aumento del **momento resistente** nel caso sia possibile, tramite opportuni ancoraggi, la presa in conto degli angolari/piatti come armatura tesa.

I punti 1, 2 e 3 trovano riscontri quantitativi nelle normative vigenti ed il programma ovviamente li applica e fornisce le relative verifiche. Per quanto riguarda il punto 4 la considerazione di un aumento di resistenza a pressoflessione è possibile solo con il coinvolgimento diretto del progettista che deve valutare la applicabilità alle specifiche situazioni.

Sismicad, il software di calcolo strutturale ad elementi finiti di Concrete, è in grado di trattare il sistema CAM[®] già da tempo per le murature ed il rinforzo di pilastri e nodi. Recentemente è stato dotato anche della possibilità di intervenire sulle travi in c.a., valutando il comportamento sia per taglio che per flessione.

Resistenza a pressoflessione della trave

Non vi sono dubbi sul fatto che l'avvolgimento degli angolari con i nastri pretesati unito alla bugnatura interna dell'angolare e alla posa su letto di malta ad alta resistenza fornisca una **resistenza allo scorrimento del profilato**. Il problema è la sua quantificazione che non è chiaramente definibile in assenza di un supporto normativo. EdilCAM Sistemi[®], fabbricante ed installatore del Sistema, ha prodotto delle Linee Guida del Sistema CAM[®] che sono state validate dal CSLP e che possono essere adottate dai progettisti come utili indicazioni per il calcolo e la applicazione.

La percentuale di efficacia dei profili a pressoflessione dipende da un insieme di fattori che sono relativi alla qualità del calcestruzzo, alla pretensione netta imposta ai nastri (depurata di eventuali perdite di tensione istantanea) ed al loro passo.

Nell'incertezza, la soluzione più semplice è ovviamente quella di trascurare la efficacia dei profili a pressoflessione. Se però il progettista ritiene di doverla utilizzare, **Sismicad prevede gli strumenti per metterla in conto**. Innanzitutto, valuta quale sarebbe l'incremento di resistenza nelle varie sezioni nel caso di perfetta aderenza tra angolari e calcestruzzo. Al progettista consente poi di assegnare alle varie sezioni della trave delle quote di efficacia dell'area dei profili da lui stabilita rispetto all'area nominale distinguendo tra angolari superiori e angolari inferiori e tra sezioni in campata e sezioni agli appoggi.

Nella valutazione del **dominio di resistenza** si presuppone il mantenimento della sezione piana e della perfetta aderenza di tutti i rinforzi costituenti la sezione, inoltre gli angolari sono considerati attivi solo in trazione; il loro contributo alla resistenza a pressoflessione, quindi, è volutamente nullo in caso di compressione.

C'è poi il fatto che spesso gli angolari debbono essere interrotti in corrispondenza degli appoggi per la presenza del pilastro. In questo caso, se il progettista desidera un incremento di resistenza a pressoflessione sull'appoggio, il programma consente di prevedere una continuità saldando agli angolari delle barre in B450C di diametro fissato dal progettista.

Nel caso di **appoggi di estremità**, se si desidera che abbiano efficacia, tali barre vanno ovviamente ancorate. Per le possibili modalità di ancoraggio vedasi NTC18 7.4.6.2.1 o più in dettaglio EC8 5.6.2.2 (3) e figura 5.13.



Dettagli tipici dei nodi

Nel caso di **appoggi intermedi** le barre vengono saldate agli angolari che sono stati interrotti alle facce opposte del pilastro. La efficacia a pressoflessione di questo collegamento deve essere valutata con attenzione dal progettista. A differenza delle armature interne alla trave le barre collocate all'esterno non godono dell'ancoraggio del calcestruzzo e quindi possono essere soggette tra le due saldature solo ad una trazione

costante. A rigore si potrebbe pensare di poterle considerare efficaci come i tondini interni solo nel caso di momento flettente uguale ai fili destro e sinistro dell'appoggio. Questo comporta la pratica impossibilità di una loro presa in conto nella resistenza secondo i tradizionali metodi della tecnica delle costruzioni.

Interrogati sull'argomento i tecnici di EDILCAM® Sistemi hanno spiegato che, consapevoli della tematica, hanno svolto specifiche sperimentazioni appoggiandosi a diverse università. Dalle sperimentazioni è risultato che questi **tondi saldati agli angolari** nel passaggio attraverso un appoggio intermedio mantengono la trazione e **rimangono quindi efficaci nel fornire un contributo alla resistenza a pressoflessione.**

Esaminiamo il caso frequente in cui il momento cambia di valore nell'attraversamento di un pilastro intermedio e supponiamo che la continuità dei profili sia gestita con la saldatura di tondi. Il progettista deve essere consapevole che le verifiche a pressoflessione prodotte da Sismicad per le due sezioni ai fili opposti del pilastro non rappresentano la realtà del fenomeno poiché le barre esterne vengono trattate dal programma come fossero interne. Di conseguenza le verifiche di resistenza prodotte ai fili del pilastro possono risultare prive di validità, come chiaramente segnalato dal programma, e possono essere accettate solo dopo attenta valutazione considerando una ridotta efficacia delle barre esterne.

Nelle proprie linee guida EDILCAM® Sistemi propone al progettista che voglia considerare l'angolare come armatura aggiuntiva a flessione, di assicurare la continuità in caso di interruzione dei profili con tondi saldati e questo sulla base dei risultati sperimentali e delle evidenze delle numerose applicazioni. EDILCAM® Sistemi suggerisce comunque la presa in conto di una efficacia dell'area del profilo, ovvero delle armature aggiunte, pari al 30% di quella nominale come valore di default.

Vale sempre la considerazione che il progettista rimane l'unico responsabile delle scelte effettuate e che quindi deve prestare molta attenzione quando si discosta, come in questo caso, dalle tradizionali metodologie di progettazione.



Dettaglio dell'intervento in vicinanza dell'appoggio

Altri sistemi di rinforzo per edifici esistenti in cemento armato sono oggi disponibili in Sismicad, oltre a quello appena descritto. Consistono essenzialmente in placcaggi di varie tipologie: Bèton Plaqué che utilizza piastre in acciaio, FRP (Fibre Reinforced Polymer) compositi fibrorinforzati a matrice organica, FRCM (Fibre Reinforced Cementitious Matrix) compositi fibrorinforzati a matrice inorganica.



Ciascuno ha i propri pregi e difetti. Tutti necessitano di un software che gestisca la complessità delle valutazioni numeriche e sia aggiornato ai continui sviluppi del settore.

Concrete srl
Ing. Luigi Nulli

Concrete srl

Via della Pieve, 19 - 35121 Padova - Tel. 049 8754720
CF/PI: 02268670284 - www.concrete.it info@concrete.it