

SISTEMA DI CUCITURE ATTIVE PER I MANUFATTI IN C.A. (CAM)

1 Principi funzionali di base

Gli edifici in c.a. esistenti, soprattutto quelli costruiti negli anni '60- '70, presentano notevoli carenze strutturali, legate principalmente alla scarsa qualità dei calcestruzzi e ad un insufficiente quantitativo di armature trasversali. In particolare uno dei motivi principali di debolezza delle strutture esistenti in c.a. è spesso da ricercarsi nella scarsa resistenza e duttilità dei pilastri, nei confronti delle azioni sismiche, soprattutto quando questi sono dimensionati per resistere alle sole azioni verticali. Come è noto, la duttilità migliora sensibilmente se il calcestruzzo viene confinato lateralmente mediante cerchiature.

Il sistema CAM (Cerchiaggio Attivo dei Manufatti) rappresenta una valida tipologia d'intervento di cerchiaggio. Esso si realizza mediante angolari a spigoli smussati e nastri in acciaio ad elevata resistenza di spessore 0.8 mm, messi in opera con una pretensione tale da garantire un benefico stato di precompressione nel calcestruzzo ed un'immediata efficacia sotto incrementi di carico.

2 Campi di applicazione

Il sistema CAM è applicabile ogni qualvolta si rende necessario conferire incrementi di resistenza e duttilità a elementi strutturali in c.a.

Il sistema di cerchiaggio con nastri ed angolari assicura lungo tutto lo sviluppo degli elementi un miglioramento della resistenza a taglio degli elementi attraverso la presenza della armatura dei nastri ed un miglioramento della resistenza a presso flessione per effetto dell'aumento della resistenza a rottura del calcestruzzo confinato.

Altri importanti risultati ottenuti dal sistema a causa del confinamento sono il notevole aumento della duttilità del calcestruzzo ed la non diminuzione della rigidità dei componenti cerchiati al raggiungimento della resistenza limite del cls non cerchiato come accade con le cerchiature passive.

Nel sistema CAM gli angolari svolgono una funzione di ripartizione degli sforzi di confinamento indotti dai nastri, sono quindi disposti lungo gli elementi strutturali e non sono continui nei nodi; in questo modo costituiscono una armatura aggiuntiva a presso flessione nella mezzera degli elementi.

Rispetto al classico intervento di cerchiatura mediante angolari e calastrelli su colonne in c.a., il sistema CAM con angolari e nastri in acciaio, potendo utilizzare un numero elevato di nastri (ad esempio a distanza di 40-80 mm), riesce a distribuire meglio le pressioni di confinamento attivo e passivo esercitate dai nastri stessi, senza peraltro richiedere variazioni della geometria visto l'ingombro dell'ordine di 6-8 mm.

I ridotti spessori e la flessibilità dei nastri di acciaio rendono agevole la loro posa in opera anche in spazi ristretti, ad esempio in presenza delle tubazioni di impianti tecnologici (acqua, gas, elettricità, etc.), minimizzando altresì le demolizioni delle parti non strutturali a contatto con i pilastri (tamponature e tramezzature).

3 Applicazione della tecnica

Nella tecnica tradizionale il sistema CAM è realizzato mediante avvolgimenti metallici presollecitati, realizzati con nastri in acciaio ad alta resistenza zincato, di spessore 0.8 mm, larghezza di 19 mm e resistenza a snervamento superiore a 850 Mpa. In corrispondenza degli spigoli vengono posti in opera, a diretto contatto con il calcestruzzo, angolari, in lamiera piegata, zincati con raggio di almeno 8 mm aventi ali di dimensioni minime 80x80 mm e spessore minimo 6 mm, (figura 1).

L'avvolgimento dei nastri avviene richiudendo il nastro ad anello mediante una macchina capace di imprimere una pretensione regolabile al nastro e dunque una precompressione trasversale all'elemento strutturale, la resistenza della giunzione del nastro è maggiore del 70% della resistenza del nastro stesso.

Nel caso di pilastri o travi con una dimensione nettamente prevalente sull'altra o con forma di sezione diversa dalla rettangolare, è necessario che il nastro attraversi la sezione per ottenere un efficace rafforzamento, attraverso forature trasversali nel calcestruzzo sfalsate lungo la verticale. In tal caso devono essere posizionate, a diretto contatto con la superficie, apposite piastre di dimensioni circa 125x125 mm anch'esse in acciaio zincato, dotate di fori conformati ad imbuto (figura 2), le quali svolgono una funzione di distribuzione delle forze di contatto del nastro, altrimenti concentrate nel cls nell'intorno al foro stesso.

Nei casi di applicazione su pareti in c.a. il sistema CAM è riconducibile appieno al sistema CAM per murature: il sistema di nastri di acciaio ad alta resistenza può essere posto in opera secondo maglie quadrate, rettangolari o triangolari, anche irregolari, con la massima flessibilità, così da realizzare un'imbracatura continua di tutta la parete, sia in orizzontale che in verticale.



Figura 1: Disposizione base con angolari continui (campione di una prova sperimentale).

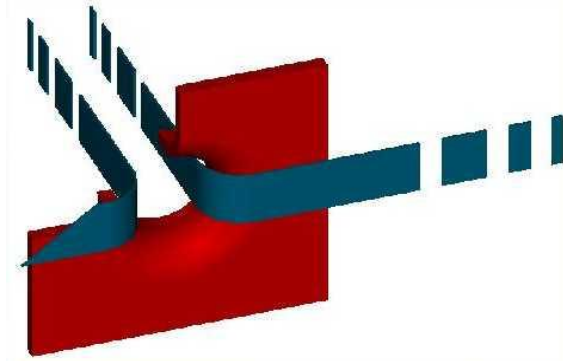


Figura 2 – Piatto di connessione imbutito

Di seguito sono riportate una tipica applicazione su un pilastro, avente una dimensione prevalente sull'altra, con disposizione dei fori a quinconce (figura 3), così da evitare l'allineamento dei fori e la creazione di una superficie più debole e la applicazione su un pilastro d'angolo (figura 4).



Figura 3: Disposizione a quinconce per elementi strutturali con una dimensione nettamente prevalente sull'altra.

**APPLICAZIONE SISTEMA CAM rinforzo del nodo trave pilastro di spigolo nelle strutture in cemento armato.
rapp. 1:10**

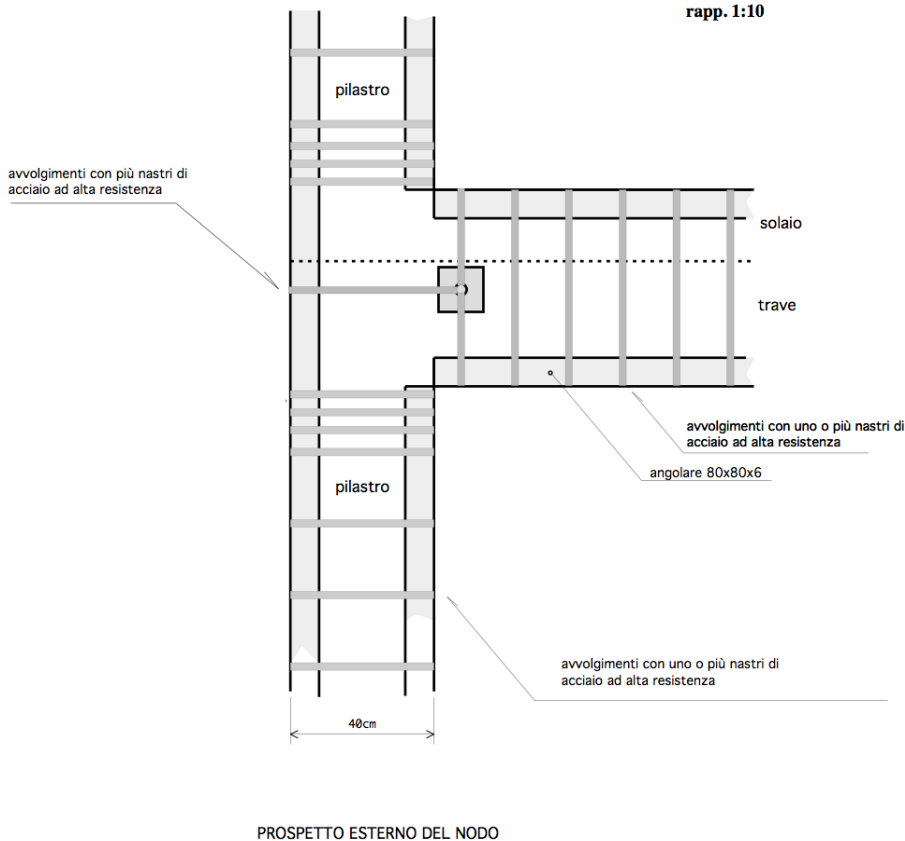


Figura 4: Applicazione del sistema su un nodo trave pilastro di angolo

Si prevede, per la realizzazione dell'intervento, la demolizione di qualche centimetro della tamponatura e della pavimentazione solo per il posizionamento degli angolari delle travi e dei pilastri e il posizionamento degli elementi dissipativi. L'invasività sulle parti strutturali, invece, è estremamente limitata in quanto non occorre eliminare, salvo problemi di deterioramento eccessivo, gli elementi strutturali per disporre l'intervento. Inoltre il cerchiaggio è ottenuto facendo passare i nastri di sezioni 1-2 cm in fori appositamente disposti nella tamponatura con i passi necessari per la verifica a taglio e per conseguire un idoneo confinamento (nell'ordine dei 10-20 cm). Il tutto è risistemato con intonacatura delle parti strutturali con incrementi delle dimensioni delle sezione di qualche cm (2-4 cm al massimo).

Questo tipo di intervento permette quindi, oltre ad un corretto funzionamento strutturale, di ottenere:

- bassa demolizione delle parti non strutturali per la messa in opera dell'intervento;
- bassissimo aumento di volume degli elementi strutturali;
- rapidità di messa in opera dell'intervento;
- costi di intervento contenuti dalla bassa invasività dell'intervento;
- rafforzamento provvisorio di elementi fortemente danneggiati da sisma;
- reversibilità dell'intervento.

4 Accorgimenti, varianti e limiti

La preparazione delle superfici, per rimozione dell'intonaco o per realizzazione delle tracce deve essere finalizzata a consentire un percorso lineare il più aderente possibile al cls, evitando che si verifichino contatti specialmente se puntuali od eccessivamente localizzati;

Importante è il corretto allettamento degli elementi imbutiti e degli angolari di spigolo con malta ad alta resistenza tipo EMACO R 955. Da tale operazione infatti dipende l'efficace ripartizione della risultante di compressione ortogonale a travi, pilastri e pareti a questi adiacente.

L'applicazione dell'intonaco cementizio di finitura deve essere preceduta da sbruffata con malta cementizia di protezione ed aggrappaggio tipo EMACO R 955

Varianti:

Il sistema CAM con i 4 angolari agli spigoli dell'elemento strutturale viene solitamente impiegato per i pilastri mentre per le travi i due angolari superiori sono spesso sostituiti da piastre imbutite in cui passano i nastri che attraversano il solaio. Una variante al sistema è il rinforzo di travi a taglio in corrispondenza delle estremità ed a flessione in mezzera operando al solo intradosso di travi alte effettuando i fori per far passare i nastri in orizzontale appena sotto il solaio (figura 5).

In presenza di travi alte il sistema CAM può essere usato anche per un rinforzo del nodo mediante la installazione di più nastri orizzontali all'altezza del nodo forando le travi alte in esso concorrenti (figura 4).

Altra variante al sistema CAM è il sistema DIS-CAM che ha la funzione specifica di rinforzare i nodi di strutture intelaiate in c.a. attraverso l'aggiunta, ai componenti standard del sistema CAM, di elementi dissipativi ai quali viene affidato anche il compito di fornire alla struttura la capacità di rispettare il principio di gerarchia delle resistenze. Questo fa sì che si vengano a formare cerniere plastiche sulle travi quando i pilastri sono ancora in grado di resistere ad incrementi di carico (figura 6).

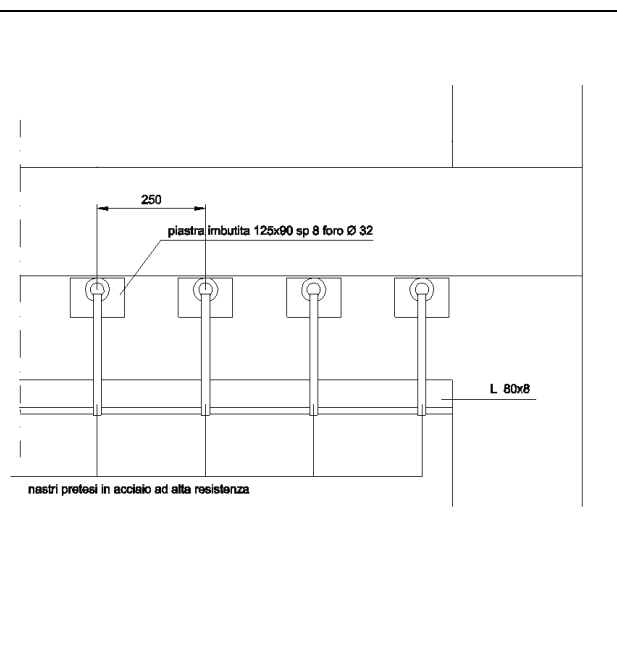


Figura 5: Rinforzo al solo intradosso di travi

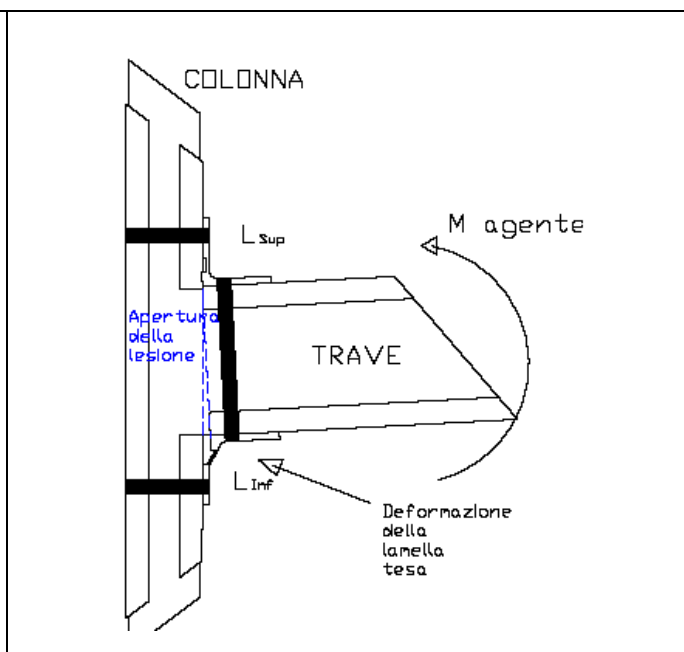


Figura 6: Plasticizzazione degli elementi dissipativi del sistema DIS-CAM.

5 Riferimenti normativi

Incamicature in acciaio ordinanza opcm 3274 s.m.i. - allegato 2 (11.3.3.2)

Camicie in acciaio possono essere applicate principalmente a pilastri o pareti per conseguire tutti o alcuni dei seguenti obiettivi:

- aumento della resistenza a taglio;
- aumento della capacità deformativa;
- miglioramento dell'efficienza delle giunzioni per sovrapposizione.
- aumento della capacità portante verticale (effetto del confinamento, espressione (11.9)).

Le camicie in acciaio applicate a pilastri rettangolari sono generalmente costituite da quattro profili angolari sui quali vengono saldate piastre continue in acciaio o bande di dimensioni ed interasse adeguati, oppure vengono avvolti nastri in acciaio opportunamente dimensionati. I profili angolari possono essere fissati con resine epossidiche o semplicemente resi aderenti al calcestruzzo esistente. Le bande possono essere preriscaldate prima della saldatura e i nastri presolleccati, in modo da fornire successivamente una pressione di confinamento.