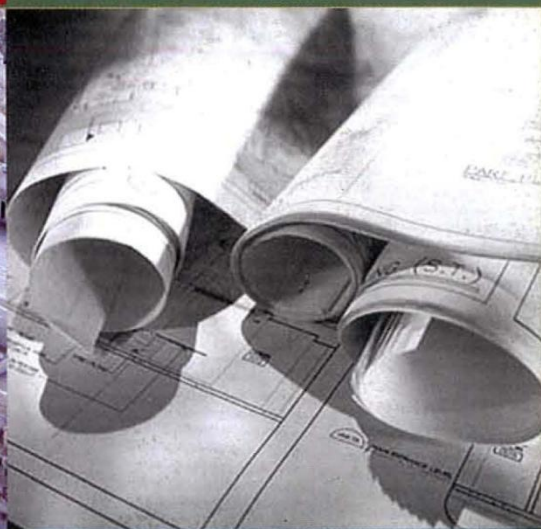


ANNO VIII - MENSILE 2009



In praetoriis leones,
in castris lepores

Il riuso dell'ex Caserma
Montezemolo per le finalità
istituzionali della Corte dei Conti

Il fotovoltaico

settembre

Il riuso dell'ex Caserma Montezemolo per le finalità istituzionali della Corte dei Conti



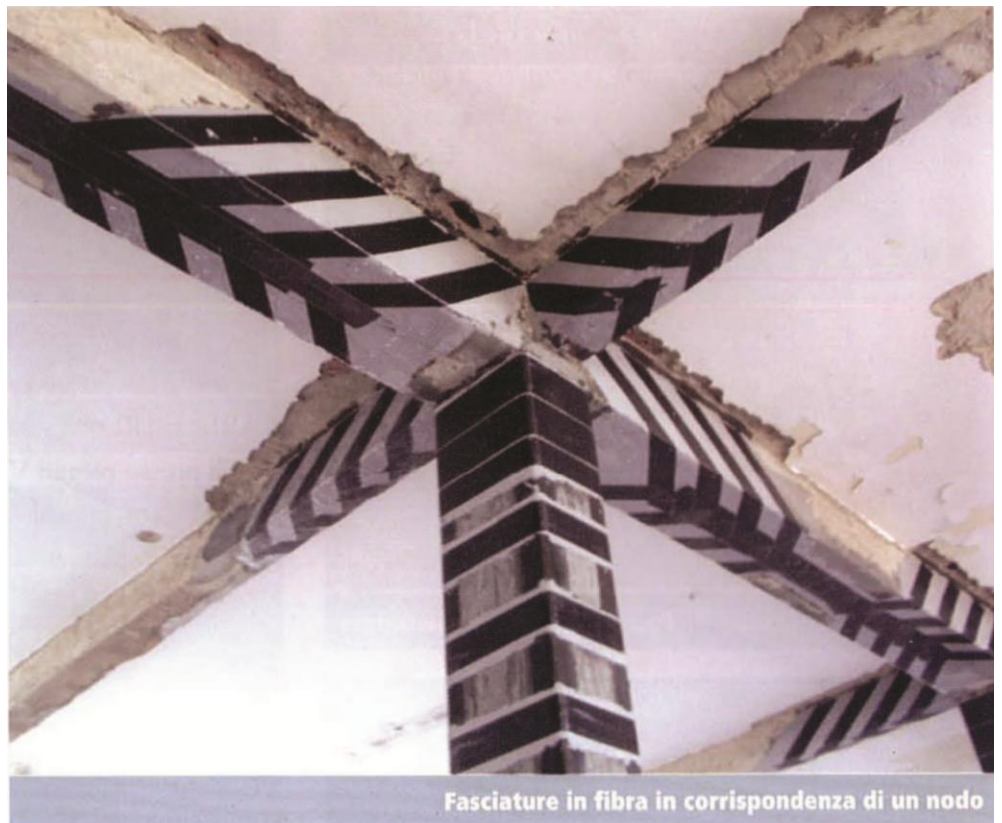
Rinforzi strutturali di travi e pilastri con fasciature in fibre di carbonio

di Roberto Linetti

RINFORZO DEI PILASTRI AL SISMA

RINFORZO DELLE TRAVI AL SISMA

Nell'ambito del passaggio dalla progettazione esecutiva alla fase della realizzativa dell'opera di cui all'oggetto, si sono rese necessarie ed auspicabili delle modifiche, in considerazione di sopraggiunte nuove tecnologie che al momento della redazione progettuale (consegna progetto novembre 2003) erano agli albori dello sviluppo e di evidenze sopraggiunte con l'andamento delle fasi lavorative che hanno portato a nudo tutti gli elementi strutturali.



Fasciature in fibra in corrispondenza di un nodo

RINFORZO DEI PILASTRI AL SISMA INTERVENTO DI PROGETTO

Di fatto per quanto riguarda gli interventi di rinforzo al sisma dei pilastri, si ricorda brevemente che il fabbricato deve essere [adeguato all'azione sismica](#) specie nel corpo A che per forma è il più debole. L'intervento, come previsto da progetto esecutivo, prevede l'incremento di resistenza dei pilastri attraverso l'aggiunta di quattro profili angolari metallici fissati mediante collari metallici alla base del pilastro e

alla sommità collegati con i pilastri del piano superiore ed inferiore con angolari passanti.

L'[intervento](#) prevede anche l'inserimento di armature aggiuntive personalizzate in base alle sollecitazioni di ciascun pilastro inghisate al calcestruzzo esistente ed un getto di completamento.

IL SISTEMA

[CARBOSTRU® C-System](#) è un sistema di rinforzo in CFRP e profili presso-piegati in acciaio/VTR atto ad incrementare [capacità resistente e/o duttilità](#) dei



Posa in opera della fasciatura



Posa in opera della fasciatura



Posa in opera della fasciatura

pilastri in cemento armato secondo le seguenti tipologie di intervento:

N+: incremento di duttilità, capacità resistente a compressione, presso flessione per piccola eccentricità e taglio;

M+ N+: incremento di duttilità, capacità resistente a compressione, presso flessione e taglio;

D+: incremento di duttilità sezionale e capacità resistente a taglio.

CARBOSTRU® C-System è classificato APPLICAZIONE TIPO A così come definito dalle linee guida CNR-DT 200/2004 a seguito delle sperimentazioni condotte:

2000-2001 I.S.M.E.S. ENEL HYDRO

2005-2008 Università di Salerno

2005-2007 Università di Roma La Sapienza

Un apposito software validato attraverso le diverse sperimentazioni consente di determinare domini resistenti e capacità rotazionale dei pilastri consolidati mediante il **CARBOSTRU® C-System**.

INTERVENTO PROPOSTO

Nell'ambito della rivalutazione generale del progetto in considerazione anche delle nuove tecnologie rese disponibili da ampia e seria sperimentazione applicativa, come suggerito dai progettisti strutturali del progetto esecutivo, si prevede di intervenire con un sistema di rinforzo in angolari metallici di adeguate dimensioni opportunamente legati con fasciature di fibra di carbonio e getto di completamento in malta fibrorinforzata.

Si interverrà con tre tipologie di rinforzi:

CARBOSTRU® C-System N+ prevede il placcaggio di profili presso piegati VTR-Fe agli spigoli, la rasatura e la staffatura con apposito interasse con tessuti in CFRP ad alto modulo placcati secondo la tecnica del wet lay-up.

CARBOSTRU® C-System M+N+ prevede il placcaggio di profili presso piegati VTR-Fe agli spigoli, la rasatura e la staffatura con apposito interasse con tessuti in CFRP ad alto modulo placcati secondo la tecnica del wet lay-up. I profili vengono collegati alla trave/fondazione con barre in acciaio speciale ASTM A193/B7, in modo da trasmettere anche sforzi di trazione.

CARBOSTRU® C-System M+N+ MOD prevede il placcaggio di profili presso piegati VTR-Fe agli spigoli, la rasatura e la staffatura con apposito interasse con tessuti in CFRP ad alto modulo placcati secondo la tecnica del wet lay-up. I profili vengono collegati alla trave/fondazione con barre in acciaio speciale ASTM A193/B7, in modo da trasmettere anche sforzi di



Pilastro fasciato



Pilastro fasciato

trazione. In più è necessario disporre 4 + 4 barre M20 in acciaio speciale ad integrare l'armatura a trazione esistente. Questo intervento è limitato ai pilastri del piano interrato.

Gli interventi di rinforzo progettati sono dimensionati elemento per elemento per rispondere effettiva domanda di resistenza desunta dalle combinazioni di carico. Si sviluppano alcune casistiche di intervento e per ogni elemento si sceglie quella che meglio si adatta e fornisce una capacità resistente maggiore o uguale alla domanda. La finalità dell'intervento, oltre a quella di aumentare la capacità resistente a pressoflessione degli elementi verticali è mirata anche ad aumentare la duttilità e la capacità rotazionale delle cerniere plastiche.

VANTAGGI DELL'INTERVENTO

- **Sistema certificato e garantito.**

Con il sistema proposto – che è certificato e qualificato da una serie di studi effettuati presso le maggiori Università e Politecnici Italiani ed internazionali – interviene una ditta specializzata che cura il lavoro dalla fase progettuale a quella realizzativa, certificando lo stesso e garantendo la struttura trattata alle azioni derivati da sisma.

Il sistema prevede che in corso d'opera saranno eseguite rigorose procedure di controllo ed accettazione dei materiali secondo il protocollo del Co-Kit di Assocompositi. Saranno prelevati campioni di tessuto secco, laminato e dell'adesivo epossidico per essere sottoposti a prove di laboratorio presso un centro autorizzato dal Politecnico di Milano.

- **Minor indebolimento strutturale**

Nel corso delle demolizioni, portando a nudo tutte le strutture, ci si rende conto che il calcestruzzo utilizzato è di grande resistenza si tratta di un Rck350 ma con inerti molto grandi anche 80mm di diametro. La mancata esecuzione dei prefori, necessari nel progetto esecutivo per l'ancoraggio dell'armatura aggiuntiva all'esistente, che in alcuni casi specie nel piano interrato arriva anche ad un numero pari ad 80 perfori/pilastro, rappresenta un mancato indebolimento della struttura esistente.

Anche le aperture da realizzarsi in prossimità dell'innesto trave/pilastro per consentire il passaggio dell'angolare spesso comporta lo scasso di porzioni di travi esistenti.



- **Ridotto ingombro dei Pilastri**

Il sistema proposto ingrossa i pilastri per poco più di 1 cm a differenza del metodo tradizionale con le sue fasi di lavorazione successive comporta un ingrossamento dei pilastri di ca. 8/10 cm per lato. Questa riduzione apparentemente insignificante diviene problematica nel lato corridoio che già al limite dimensionale consentito deve traslare a riduzione degli uffici più piccoli sul lato ballatoio interno.

- **Contrazione Temporale dell'esecuzione**

Con il tipo di intervento proposto una ditta specializzata gestisce le lavorazioni dall'inizio alla loro conclusione evitando la sovrapposizione di numerose maestranze attorno ai pilastri. Inoltre si risparmiano i tempi di attesa della maturazione del getto e della cassetatura dei pilastri. La rapidità dell'esecuzione permetterà di ottenere una forte riduzione del cronoprogramma riuscendo a consegnare i corpi oggetto del primo intervento ultimati (Corpi A, B ed F) nel Dicembre 2010 rispetto al previsto Marzo 2011.

RINFORZO DELLE TRAVI AL SISMA INTERVENTO DI PROGETTO

Per il rinforzo delle travi all'azione sismica è già presente nel progetto esecutivo un rinforzo con fasce di fibra disposte agli innesti e all'intradosso. Inoltre il carbonio veniva fissato con piatti chiodati in poltruso alla soletta esistente.

INTERVENTO PROPOSTO

Per quanto riguarda le travi si è partiti da quanto riportato nella relazione di calcolo. In essa veniva riportato il calcolo di dimensionamento dei rinforzi al

taglio utilizzando le formule Relazione di calcolo preliminare disponibili nel 2003 (anno di redazione della suddetta relazione).

Le formule utilizzate sono quelle del Bulletin 14 del Fib del Luglio 2003. Nel 2004 il CNR-DT 200/2004 introduce delle nuove formule che calcolano il contributo delle staffe a taglio con criteri di tipo energetico a partire dal calcolo dell'energia di frattura.

Queste formule permettono una diversa e più accurata valutazione del contributo del CFRP nel meccanismo resistente al taglio.

Inoltre si è deciso di utilizzare tessuti costituiti da fibre ad alto modulo ($E=390\text{GPa}$) per far sì che l'applicazione prevista fosse quanto più possibile simile alle sperimentazioni condotte da INTERBAU su travi in calcestruzzo e sulle quali il sistema è stato certificato.

VANTAGGI DELL'INTERVENTO

- **Sistema certificato e garantito**

Quanto detto per i pilastri vale per tutto anche per quanto attiene le travi.

- **Utilizzo di un materiale più performante e tecnologico**

Per l'intervento si propone di utilizzare un Carbonio ad alto modulo ($E=390\text{GPa}$), dunque più resistente del Carbonio tradizionale.

Le fibre di carbonio rappresentano quanto di più "prezioso" applicato al campo dell'edilizia; saperle disporre (non a fasciare completamente la trave come fosse un rivestimento da parati) secondo le linee delle forze opportunamente calcolate rappresenta espressione di avanguardia tecnologica applicata.

- **Minor indebolimento strutturale**

La chiodatura delle barre di poltruso e i fori passanti (il cui contributo si evidenzia nella sperimentazione è assai ridotto) in travi anche di così ridotto spessore rischiano di indebolirne la struttura anche in considerazione della presenza di inerti di così grandi dimensioni.

L'intervento è stato progettato con la collaborazione dell'Ing. Massimo Calda e del Prof. Ing. Camillo Nuti

Roberto Linetti