

# Interventi integrati a basso impatto per la riqualificazione degli edifici esistenti in c.a.

Ciro Del Vecchio, Carmine Moliterno, Marco Di Ludovico, Andrea Prota

## IL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE IN C.A.



Il patrimonio edilizio esistente nei grandi centri urbani presenta basse prestazioni energetiche ed una rilevante vulnerabilità sismica.



Danneggiamento Cappotto Termico



Crisi fragile Nodo

Stato di degrado edifici in C.A.



E' fondamentale intraprendere una campagna di riqualificazione degli edifici esistenti a scala regionale attraverso interventi integrati di rinforzo sismico, per evitare premature crisi fragili, di efficientamento energetico per ridurre i consumi e aumentare il comfort abitativo.

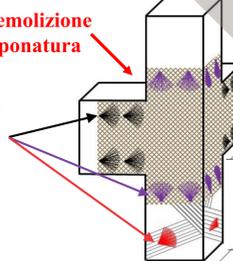
## PROVE DI LABORATORIO SU TELAI IN SCALA REALE



Rinforzo a taglio del pannello di nodo e della testa del pilastro (FRP)

Nessuna demolizione della tamponatura

Ancoraggi per applicazione solo esterno

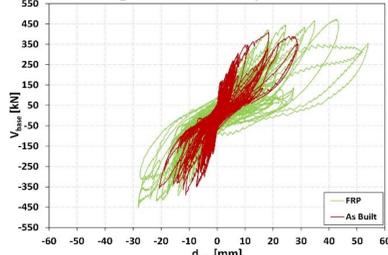


Configurazione deformata



2.5% drift

Risposta isteretica globale



Del Vecchio C., Di Ludovico M., Balsamo A., Prota A. (2021). La riduzione diffusa della vulnerabilità sismica di edifici in cemento armato - Interventi leggeri e a basso impatto basati sui materiali compositi. Structural Magazine vol. 235.

Le prove di laboratorio condotte su telai multipiano in scala reale hanno dimostrato che il rinforzo sismico del nodo trave-colonna e della sezione di testa del pilastro, realizzato attraverso l'utilizzo tessuti e ancoraggi meccanici in CFRP, ha permesso di evitare crisi fragile del nodo in favore di una crisi duttile della trave attingendo domande di spostamento elevate.

## SOFTWARE DI CALCOLO JOINT FRP v 2.0

E' stato sviluppato un software per la progettazione del rinforzo dei nodi trave-pilastro di edifici esistenti in cemento armato (c.a.) con materiali compositi fibrorinforzati (FRP).



**Link Download:**  
<https://www.reluis.it/it/progettazione/software/joint-frp.html>

L'approccio di calcolo per quantificare il contributo del rinforzo in FRP è quello proposto dal recente fib bulletin 90 (2019) che tratta il rinforzo di strutture esistenti con FRP.

## SOLUZIONI DI RINFORZO A BASSO IMPATTO APPLICABILI DAL SOLO ESTERNO

Nonostante la disponibilità di efficaci schemi di rinforzo tradizionali è nata l'esigenza di sviluppare nuove soluzioni, a basso impatto e applicabili dal solo esterno, che riducano il grado di invasività degli interventi evitando di l'interruzione della funzionalità dell'opera ed la conseguente ricollocazione degli abitanti.

### SISTEMI DI RINFORZO TRADIZIONALI



**Obiettivo:** cercare di evitare la demolizione di piccole porzioni di tamponatura

### SISTEMI DI RINFORZO INNOVATIVI



**La nuova sfida è:** Realizzare interventi efficaci e a bassa invasività

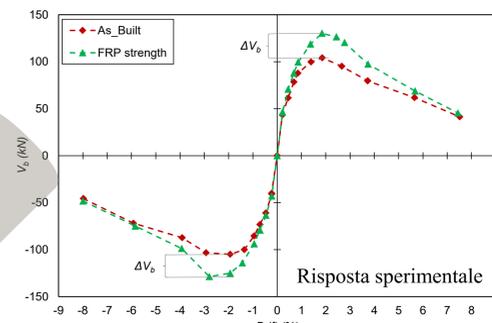
## PROVE DI LABORATORIO A SCALA DI ELEMENTO

Le prove di laboratorio condotte su nodi trave-pilastro hanno dimostrato che gli schemi proposti per il rinforzo a taglio del nodo trave-colonna che impiegano tessuti e ancoraggi meccanici in CFRP hanno portato ad un incremento del 20% della resistenza evitando al contempo stesso la crisi fragile del nodo in favore di una crisi duttile con snervamento della trave



Tessuto Quadriassiale CFRP

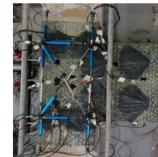
Ancoraggi meccanici CFRP



Risposta sperimentale

Del Vecchio C., Di Ludovico M., Balsamo A., Prota A. (2024). Minimally invasive FRP strengthening of exterior RC beam-column joints. ASCE Journal of Composites for Construction, vol. 28 (4).

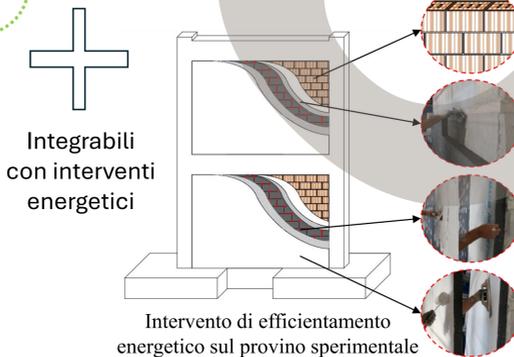
Nodo rinforzato



Nodo "non rinforzato"

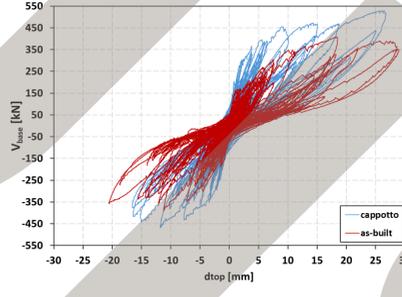


Le prove di laboratorio condotte su telai con cappotti termici di ultima generazione hanno dimostrato la capacità del cappotto termico di accomodare elevate domande di spostamento e, nel contempo, hanno evidenziato la necessità di utilizzare degli approcci di tipo "INTEGRATI" che prevedano l'utilizzo di interventi efficientamento energetico combinati con interventi di rinforzo sismico al fine di scongiurare l'innesco di eventuali crisi fragili.



Integrabili con interventi energetici

Intervento di efficientamento energetico sul provino sperimentale



Risposta isteretica globale

Moliterno C., Del Vecchio C., Di Ludovico M., Prota A. (2024). Seismic performance of infilled RC frames retrofitted with innovative thermal insulation coatings. Submitted to Journal of Building Engineering (under review)

Fessurazione diagonale a taglio della testa del pilastro per effetto della spinta della tamponatura



## APPLICAZIONI AD EDIFICI CASI STUDIO

Per dimostrare la fattibilità tecnico-economica, le soluzioni di intervento integrate sono state applicate a casi di studio di edilizia scolastica dimostrando i benefici in termini di incremento delle prestazioni sismiche ed energetiche e computando tempi e costi di intervento.

### EDIFICI CASI STUDIO

Classe sismica E (22%)  
Classe energetica E (4.3%)  
Classe energetica F (182.00 kWh/m²/anno)

### APPROCCIO INTEGRATO

Energetico: isolamento copertura, sostituzione infissi, valvole termostatiche

Tempi: 2-4 mesi  
Costi: 200-300 €/m²

### Sismico: Interventi locali solo esterno FRP + tamponature

### Sismico: Interventi locali FRP + tamponature

Sono da applicarsi a tutte le tamponature esterne di facciata e solo dall'esterno

Fiocchi in fibra d'acciaio inghiessati al lembo inferiore della trave di lunghezza 30 cm

### BENEFIT POST-INTERVENTO

+3/4 classi sismiche  
+1/2 classi energetiche