

Borsa dei Progetti di Ricerca

Titolo del Programma di Ricerca

Rinforzo strutture in c.a. e muratura con lamine in FRP collegate mediante ancoraggi meccanici (MF-FRP Systems)

Abstract del Programma di Ricerca

Per gli interventi di rinforzo di elementi strutturali in c.a. e muratura si fa sempre più spesso ricorso a sistemi costituiti da materiali polimerici fibrorinforzati, meglio noti come "FRP".

Da qualche tempo è oggetto di studio una tecnica d'intervento che prevede l'impiego di lamine pultruse in FRP, che invece di essere, come di frequente avviene nella pratica tecnica, incollate con resine all'elemento da rinforzare ("Externally bonded FRP Systems", EB-FRP), sono collegate al substrato mediante ancoraggi meccanici ("Mechanically Fastened FRP Laminates", MF-FRP).

L'uso di sistemi MF-FRP risulta particolarmente efficace quando è necessario intervenire in tempi rapidi e, quindi, con procedure di posa in opera meno laboriose di quanto siano quelle preliminari all'applicazione di sistemi "EB-FRP" e, inoltre, non presenta gli inconvenienti dovuti al distacco delle lamine (delaminazione) tipico di questi ultimi.

Al fine di esaminare i benefici ottenibili adoperando gli MF-FRP per il rinforzo di elementi inflessi in c.a. è stata messa a punto una campagna sperimentale in collaborazione con University of Miami (USA). I test fino ad ora eseguiti hanno riguardato solette isostatiche in c.a. ed i principali parametri di studio sono stati la lunghezza della lamina in FRP ed il layout dei connettori metallici. I risultati ottenuti saranno adoperati per l'aggiornamento delle Linee Guida ACI440, che prevedono, nella nuova versione, l'introduzione di un capitolo riguardante l'uso dei sistemi MF-FRP.

Una seconda sperimentazione, al momento in fase iniziale, è invece finalizzata alla valutazione del comportamento a taglio di pannelli murari rinforzati con MF-FRP, argomento sul quale non vi è letteratura.

Infine, una terza fase sperimentale riguarderà prove finalizzate allo studio del comportamento di interfaccia FRP-calcestruzzo/muratura; questa sperimentazione è importante per la valutazione dell'effettiva interazione lamina-substrato da considerare nei modelli analitici.

Parole chiave

Cemento armato, Muratura, Compositi, Rinforzo, Sperimentazione

Coordinatore Scientifico del Programma di Ricerca

REALFONZO
(Cognome)

ROBERTO
(Nome)

Professore Associato
(Qualifica)

ICAR/09
(Settore scientifico-disciplinare)

Università degli Studi di Salerno
(Università)

Dip.di Ingegneria Civile
(Dipartimento)

089-964085;
(Prefisso e telefono)

089964085
(Numero fax)

rrealfonzo@unisa.it
(Indirizzo posta elettronica)

Curriculum scientifico del Coordinatore scientifico

Nato a Napoli il 22 Marzo 1961.

Laureato con lode in Ingegneria Civile Edile, nell'Università di Napoli Federico II (1988).

Ha conseguito il titolo di Dottore di Ricerca in Ingegneria delle Strutture (1994).

Vincitore nel concorso ad un posto di Ricercatore c/o la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Napoli Federico II, settore scientifico disciplinare H07B (1999).

Vincitore della procedura di valutazione comparativa per la copertura di un posto di Professore universitario di ruolo di II fascia c/o la Facoltà di Architettura dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria, settore scientifico disciplinare H07B (2002).

E' in servizio come Professore Associato dall'1/11/2002 presso il Dipartimento di Ingegneria Civile dell'Università degli Studi di Salerno ed è titolare dei corsi di "Tecnica delle Costruzioni I" e "Tecnica delle Costruzioni II", nonché membro del Collegio dei Docenti del Dottorato in "Ingegneria delle Strutture e del Recupero Edilizio ed Urbano".

E' stato membro del Collegio dei Docenti del Dottorato di Polo dell'Università degli Studi di Napoli Federico II in "Rischio Sismico" fino al novembre 2003.

Da gennaio 2009 è Vice Presidente dell'American Concrete Institute Italy Chapter.

E' autore di circa 100 lavori scientifici, pubblicati su atti di convegni e su riviste nazionali ed internazionali, e concernenti argomenti strettamente connessi ai settori della Tecnica delle Costruzioni e dell'Ingegneria Sismica.

E' tra gli autori delle recenti "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati" edite a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche (documento CNR-DT 200/2004).

E' responsabile per l'Ateneo di Salerno del Centro di Telerilevamento "ReSLEHM"; dello stesso centro e' membro del Comitato Direttivo.

E' membro del Comitato Scientifico del "Forum della Tecnica delle Costruzioni" in programma nell'ambito del MADE EXPO 2010.

Pubblicazioni scientifiche più significative del Coordinatore scientifico

1. **Faella G., Manfredi G., Realfonzo R.**, *Stress-strain relationships for tuff masonry: experimental results and analytical formulations* - Masonry International, Vol.7, No 2, Autumn 1993;
2. **Faella G., Manfredi G., Realfonzo R.**, *Cyclic shear behaviour of tuff masonry walls strengthened by grout injections and reinforcement* - Proceedings of the 10th International Brick and Block Masonry Conference, Vol.1, Calgary, Alberta, Canada, July 5-7, 1994;
3. **Cosenza E., Manfredi G., Realfonzo R.**, *Behavior and Modeling of Bond of FRP Rebars to Concrete* - Journal of Composites for Construction, ASCE, Vol.1, No.2, February 1997;
4. **Cosenza E., Manfredi G., Pecce M., Realfonzo R.**, *Bond between GFRP Rebars and Concrete: an Experimental Analysis* – the American Concrete Institute's Special Publication for the Fourth International Symposium on Fibre Reinforced Polymer for Reinforced Concrete Structures (FRPRCS-4), Baltimore, MD, USA, October 31 – November 5, 1999;
5. **Cosenza E., Realfonzo R.**, *Flexural Performance of RC Elements with FRP Reinforcement*, Proceedings of the International Workshop "Composites in Construction: A Reality", Special ASCE Volume, Capri, July 20-21, 2001.
6. **Pecce M., Manfredi G., Realfonzo R., Cosenza E.**, *Experimental and Analytical Evaluation of Bond Properties of GFRP Rebars*, Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, Vol.13, No.4, July/August, 2001.
7. **Magliulo G., Ramasco R., Realfonzo R.**, *Seismic behaviour of irregular in elevation plane frames*, Proceedings of the "12th European Conference on Earthquake Engineering", London,

September 9-13, 2002.

8. **Realfonzo R., Prota A., Manfredi G., Pecce M.,** *Flexural strength of FRP-confined RC columns*, Proceedings of the “fib 2002 Osaka Congress”, Osaka, October 13-19, 2002.
9. **Cosenza E., Manfredi G., Realfonzo R.,** *Development Length of FRP Straight Rebars*, Composites Part B: Engineering, Elsevier, Volume/Issue 33/7, pp. 493-504, October, 2002.
10. **Magliulo G., Ramasco R., Realfonzo R.,** *Seismic vulnerability of r/c frames with strength irregularity in elevation*, Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, August 1-6, 2004, Paper No. 1519.
11. **Faella C., Realfonzo R., Salerno N.,** *R/C Elements Confined by FRP*, American Concrete Institute Special Publication, Spring Convention, New York, April 17-21, 2005.
12. **Magliulo G., Ramasco R., Realfonzo R.,** *Seismic Response and Design of Irregular in Elevation RC Frames*, American Concrete Institute Special Publication, Spring Convention, New York, April 17-21, 2005.
13. **Realfonzo R. ed AA.VV.,** *Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di composite fibrorinforzati – Materiali, strutture di c.a. e di c.a.p., strutture murarie*, Documento Tecnico CNR-DT 200/2004, Bollettino Ufficiale del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Parte IV, Norme Tecniche, Anno XXXV, n.198, Luglio 2006.
14. **Di Nardo A., Faella C., Realfonzo R.,** *A Design Procedure of FRP Confining Systems for Upgrade R/C Columns*, Proceedings of the 3rd International Conference on FRP Composites in Civil Engineering, CICE 2006, Miami, USA, December 13-15, 2006.
15. **Di Nardo A., Faella C., Realfonzo R.,** *N-M Interaction Curves of FRP Confined R/C Columns*, Proceedings of the 8th International Symposium on Fiber Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures, FRPRCS-8, Patras, Greece, July 16-18, 2007.
16. **Ascione L., Napoli A., Realfonzo R., Matta F., Nanni A.,** *Strengthening of masonry with Mechanically Fastened FRP laminates*, Proceedings of MuRiCO3 “Mechanics of Masonry Structures strengthened with Composite Materials”, AICO, Venice, April 22-24, 2009, ISBN 88-371-1771-X.
17. **Napoli A., Matta F., Nanni A., Realfonzo R.,** *Strengthening of reinforced concrete one-way slabs with mechanically fastened FRP laminates*, Proceedings of the 9th International Symposium on Fiber-Reinforced Polymer Reinforcement for Concrete Structures, FRPRCS-9, Sidney, Australia, July 13-15, 2009, Editors: D.J. Oehlers, M.C. Griffith, and R. Seracino, ISBN: 978 0 9806755 0 4, (Proceedings on CD).
18. **Realfonzo R., Napoli A.,** *Cyclic behavior of RC columns strengthened by FRP and steel devices*, Journal of Structural Engineering, Vol. 135, No. 10, October 1, 2009. ©ASCE, ISSN 0733- 9445, pp. 1164–1176
19. **Napoli A., Matta F., Martinelli E., Nanni A., Realfonzo R.,** *Flexural RC members strengthened with mechanically fastened FRP laminates: test results and numerical modeling*, Proceedings of Asia-Pacific Conference on FRP in Structures, APFIS 2009, Seoul, Korea, December 9-11, 2009.
20. **Napoli A., Matta F., Martinelli E., Nanni A., Realfonzo R.,** *Modeling and verification of response of RC slabs strengthened in flexure with mechanically*, accepted for publication to “Magazine of Concrete Research”, a Thomas Telford Journal, London, October 2009.

Elenco dei Componenti del Gruppo di Ricerca

1) MARTINELLI ENZO, Ricercatore Confermato

ICAR/09 tel. 089-964098 e-mail: e.martinelli@unisa.it

2) NAPOLI ANNALISA, Dottoranda

ICAR/09 tel. 089-964085 e-mail: annapoli@unisa.it

3) NUNZIATA BRUNO, Dottorando

ICAR/09 tel. 089-964085 e-mail: bruno.nunziata@alice.it

Obiettivi del Programma di Ricerca

Il progetto di ricerca si pone l'obiettivo di valutare l'efficacia dei sistemi MF-FRP nel rinforzo di elementi strutturali in c.a. e muratura.

Il progetto che si propone è di carattere teorico-sperimentale. In particolare, la parte sperimentale mira a perseguire i seguenti obiettivi:

- 1) valutazione del comportamento flessionale di solette/travi in c.a. rinforzati all'estradosso con lamine MF-FRP. La bontà dei risultati ottenuti in termini di resistenza e deformabilità viene esaminata sulla base del confronto con la risposta sperimentale di analoghi provini non rinforzati ovvero rinforzati con la tecnica EB-FRP (Externally Bonded FRP Laminates), comunemente adottata nella pratica. I principali parametri di studio per la valutazione dell'efficacia del sistema MF-FRP sono la lunghezza della lamina in FRP e la disposizione dei connettori predisposti per l'ancoraggio della lamina al supporto;
- 2) valutazione del comportamento a taglio di pannelli in muratura rinforzati con il sistema MF-FRP. Anche per questi provini l'efficacia del rinforzo viene analizzata per confronto con elementi non rinforzati e con elementi rinforzati adoperando lamine incollate (sistema EB-FRP). Ai fini dell'analisi, la principali grandezze in esame sono: tipologia della muratura, disposizione del rinforzo MF-FRP; "layout" dei connettori;
- 3) valutazione degli scorrimenti relativi ("slip") all'interfaccia FRP-calcestruzzo, ovvero FRP-muratura.

La fase analitica del programma di ricerca mira principalmente all'implementazione di affidabili procedure di progetto per il rinforzo a flessione di elementi in c.a. con il sistema MF-FRP, che tengano conto della "non perfetta aderenza" lamina-substrato evidenziata nel corso dei primi test effettuati in collaborazione con l'University of MIAMI (USA).

Pertanto, i risultati sperimentali di cui al punto 3) verranno adottati a fini di una corretta modellazione dello "slip" e quindi, di una più efficiente procedura per il progetto del rinforzo.