IF CRASC'09
I CONVEGNO DI INGEGNERIA FORENSE
IV CONVEGNO SU CROLLI, AFFIDABILITÀ STRUTTURALE, CONSOLIDAMENTO
Napoli, 2-4 dicembre 2009

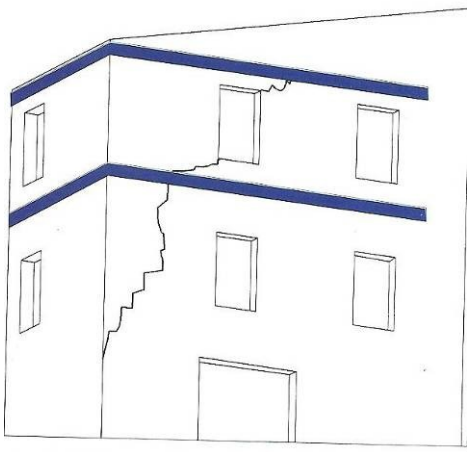
MESSA IN SICUREZZA DI EDIFICI PERICOLANTI MEDIANTE L'IMPIEGO DI PRESIDI IN FRP/SRG

A. Borri
Dipartimento di Ingegneria Civile ed Ambientale, Università degli Studi di Perugia

R. Vetturini
Libero Professionista, Foligno (PG)

SOMMARIO

La necessità di porre in sicurezza edifici, in particolare quelli in muratura, o parti di essi, che per cause accidentali, terremoti, danneggiamento, cedimenti ovvero cause patologiche, fatiscenza, difetti costruttivi, si trovino in una condizione prossima al collasso, propone il tema strutturale di eseguire interventi urgenti, di semplice applicazione e di ridotto e controllato rischio di esecuzione per gli operatori.



Generalmente gli interventi di presidio vengono eseguiti mediante puntellazioni, lignee o metalliche, a carattere provvisionale. Tuttavia per alcuni meccanismi di collasso, l'applicazione di FRP ovvero di SRG consente di porre rimedio al probabile crollo del fabbricato rapidamente, operando in sicurezza e di eseguire lavorazioni che possono essere anche non provvisionali, ma a carattere definitivo. Per i cinematismi di collasso riconducibili al ribaltamento delle pareti, o parti di esse, fuori dal piano, per altro i più frequenti nei fabbricati in muratura con elementi spingenti, la realizzazione di fasciature o cerchiature esterne con FRP ovvero con SRG rappresenta un efficace alternativa alle tradizionali puntellazioni.

Nel presente articolo vengono esaminate alcune casistiche che si prestano a tale tipologia di intervento, illustrando alcune applicazioni ed esperienze.

ABSTRACT

The need to secure buildings, especially masonry, or parts thereof that are accidental, earthquake, damage, failure or causes of disease, decay, construction defects, are in a state approaching collapse, proposes the theme urgent structural repair, easy application and low and controlled execution risk for operators.

Usually the interventions are performed by the garrison props, wood or metal, with a provisional character. However, for some mechanisms of collapse, the application of FRP or

of SRG is designed to prevent the likely collapse of the building quickly, working safely and perform work which may not even be provisional, but definitive. For the kinematics of collapse due to the overturning of the wall, or part thereof, out of the plane, on the other the most common in buildings of masonry elements with pushing the development of dressings or external hoops with FRP or with SRG is an effective alternative to "traditional" shore. In this continuation discusses some case studies that lend themselves to this type of intervention, illustrating some applications and experiences.

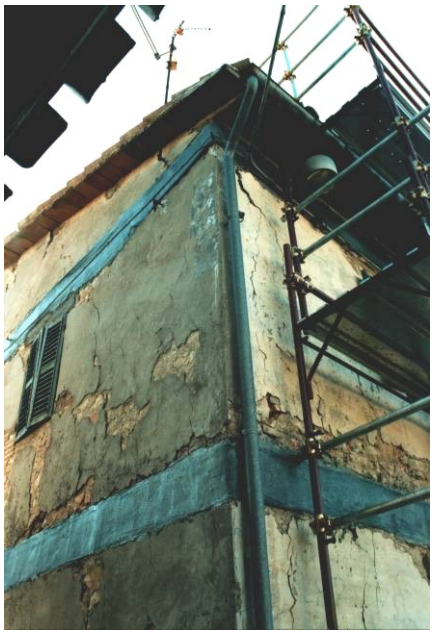
1. MESSA IN SICUREZZA DI EDIFICI PERICOLANTI: ESPERIENZE DEL TERREMOTO UMBRIA – MARCHE

A seguito della crisi sismica del settembre 1997 sono stati gravemente danneggiati edifici arrecando pericolo per la pubblica incolumità. A tale scopo la Regione Umbria ha predisposto una serie di interventi di tutela per ripristinare le condizioni di sicurezza della viabilità procedendo secondo due direttrici principali: la prima, certamente più invasiva, interessava la demolizione degli edifici pericolanti, la seconda ha riguardato la predisposizione di opere provvisionali per la messa in sicurezza di edifici di rilievo architettonico e artistico prossimi al collasso.

Figura 1. Messa in sicurezza di un campanile a vela

La predisposizione di opere provvisionali aveva come condizione al contorno la rapidità di esecuzione, la facilità di adattarsi a situazioni molto diverse fra loro e soprattutto la possibilità di rimuovere eventualmente l'opera provvisionale al momento di ripristino in via definitiva del fabbricato.
Per alcune tipologie di dissesto si è scelto l'impiego di fasce di carbonio in doppio strato di altezza pari a 30cm per eliminare la probabilità di collasso delle parti pericolanti.

L'impiego dei materiali FRP ha infatti trovato efficace applicazione per la salvaguardia di cantonali di edifici che, soggetti ad una azione spingente delle coperture, erano prossimi alla condizione ultima di collasso. La disposizione delle fasce ha permesso di equilibrare la spinta delle strutture di copertura ridistribuendo tale forze lungo le pareti principali.



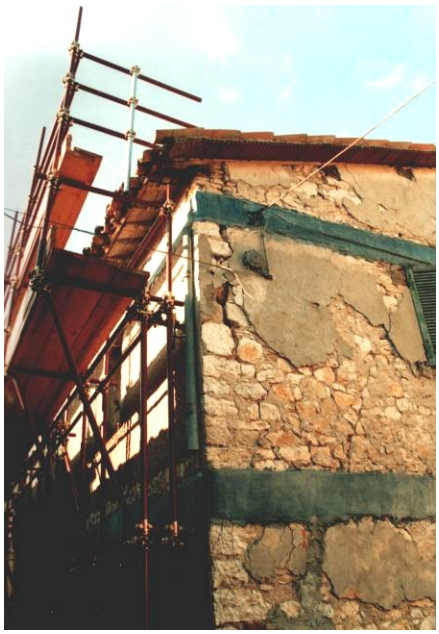


Figura 2 e 3. Dettagli delle applicazioni C-FRP su un edificio in muratura

La scelta di tale metodologie ha tenuto conto di alcune peculiarità dei materiali impiegati: in primo luogo la relativa rapidità di applicazione che ha permesso di risolvere una condizione di pericolo in brevissimo tempo; in secondo luogo, ma non meno importante, è la possibilità che questi interventi possano essere a carattere definitivo. La collocazione futura al di sotto l'intonaco consente infatti di eliminare ogni "immagine" delle opere eseguite. Indubbio vantaggio è la capacità di operare all'esterno dei fabbricati eliminando la necessità di accedere all'interno di immobili pericolanti e l'adattabilità delle fasce a profili irregolari, quale quello di edifici in muratura danneggiati, ed a superare ostacoli di ogni genere, canali di gronda, cavi elettrici, ecc.

Figura 4 e 5. Esperienze di applicazioni C-FRP su edifici in muratura

Tale tecnologia consente inoltre di eliminare la probabilità di collasso per ribaltamento di elementi snelli che frequentemente caratterizzano l'edificio, come il caso di comignoli o elementi di maggior pregio quali campanili a vela fortemente instabili in fase sismica.
La protezione finale con sabbia di quarzo per migliorare l'adesione degli intonaci consente di proteggere dall'azione degli ultravioletti. E' da notare che tale intervento non richiede una manutenzione o fasi di ritesatura "stagionale" come nel caso di tiranti e cavi metallici posti all'esterno fortemente sensibili alla variazione della temperatura.

Figura 6. Esperienze di applicazioni C-FRP su edifici in muratura a valenza monumentale

Figura 7. Dettaglio dell'applicazione in corrispondenza dell'angolo lesionato del fabbricato

Il recente ingresso nel mercato dei prodotti tipo "SRG" (steel reinforced grout) introduce una forte innovazione ed aumenta le potenzialità di un intervento con i compositi. I compositi "SRG" infatti, a differenza dei tessuti FRP, permettono con un apposito dispositivo di serraggio una pretensione dell'intervento di fasciatura. Tale possibilità di eseguire un intervento di tipo "attivo" permette di incrementare considerevolmente il livello di sicurezza della zona di intervento. La spinta attiva infatti consente di avere un presidio immediatamente resistente, che non ha bisogno di ulteriori deformazioni perché entri in funzione come ritegno.

Figura 8 9 10. Esperienze di applicazioni SRG su edifici in muratura

2. PRIME ESPERIENZE DEL TERREMOTO IN ABRUZZO

A seguito della crisi sismica del 06.04.2009 che ha colpito l'Abruzzo ed in particolare la città di L'Aquila sono stati proposti ed eseguiti quale opere provvisionali e messa in sicurezza per alcune tipologie di danno, i materiali compositi. Le applicazioni hanno riguardato sia edifici in muratura sia edifici in cemento armato.

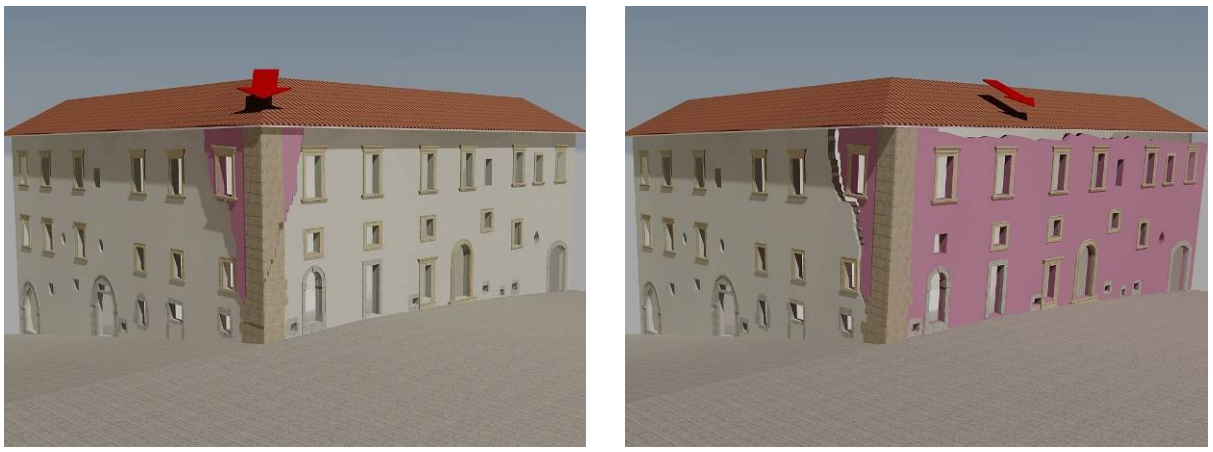


Figura 11 12. Meccanismi di collasso rilevati

Nel primo caso, edifici in muratura, come per l'esperienza "Umbria-Marche", si è proceduto a fasciature/cerchiature di piano, atte ad impedire il ribaltamento di pannelli murari o cantonali.

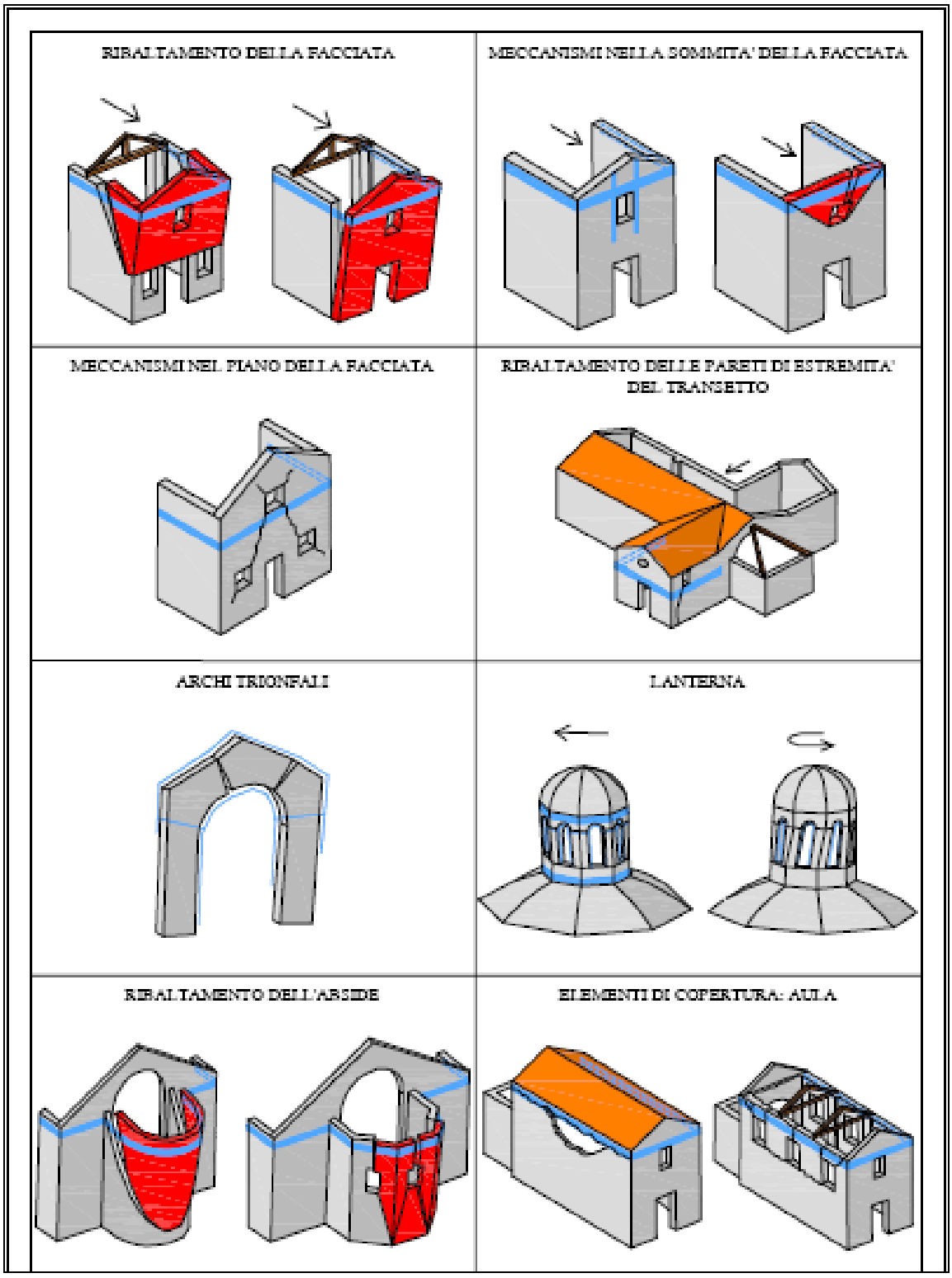


Figura 13. Proposte di intervento con FRP/SRG per i meccanismi di collasso tratti dalle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni".

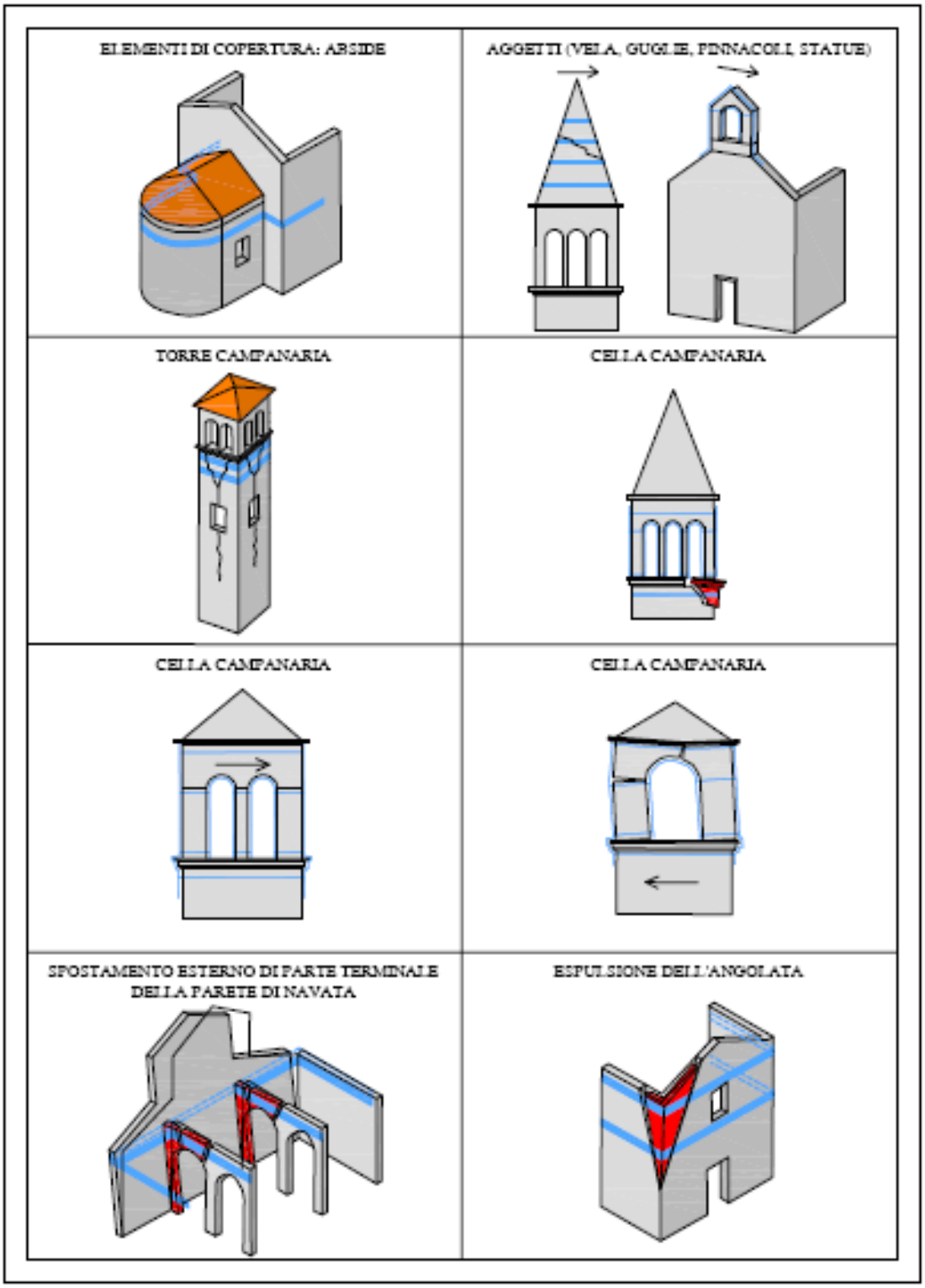


Figura 14. Proposte di intervento con FRP/SRG per i meccanismi di collasso tratti dalle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni".

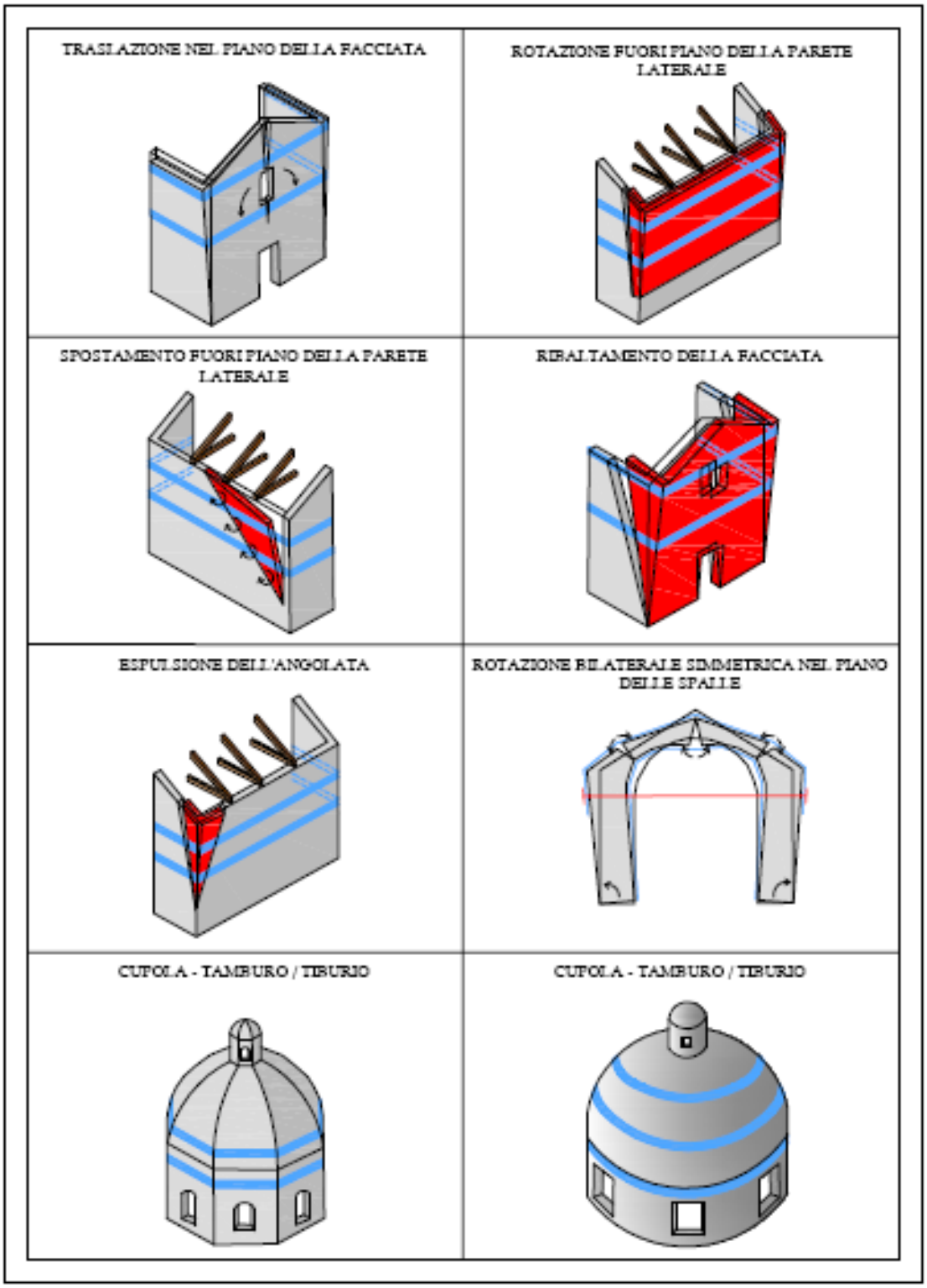


Figura 15. Proposte di intervento con FRP/SRG per i meccanismi di collasso tratti dalle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni".

Nelle figure 13, 14 e 15 si rappresentano in termini generali le modalità di collocazione di interventi di fasciatura di edifici con i compositi FRP/SRG per i principali meccanismi di collasso prodotti da un evento sismico in edifici in muratura. I meccanismi di collasso rappresentati sono tratti dalle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni - Testo allegato al parere n. 66 dell'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei LL.PP. reso nella seduta del 21 luglio 2006".
Nelle figure 16, 17 e 18 sono rappresentati esperienze in corso di esecuzione su edifici nel Centro Storico dell'Aquila danneggiati dal sisma del 6 aprile 2009.

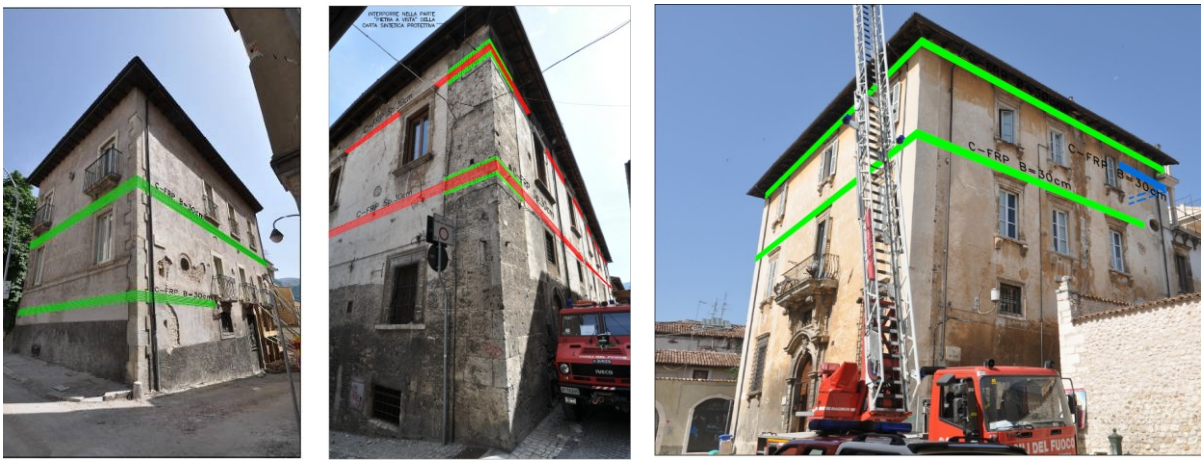
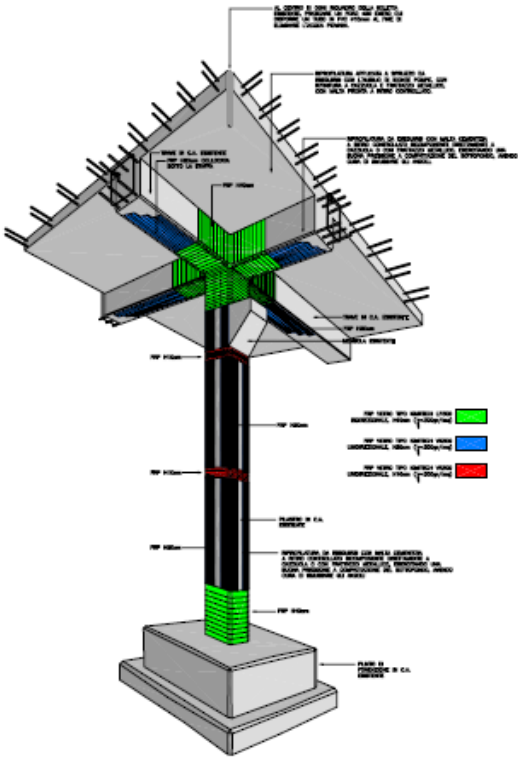


Figura 16 17 18. Esperienze in corso di esecuzione su edifici danneggiati dalla crisi sismica del 06.04.2009 nel centro storico di L'Aquila



Riguardo edifici in struttura in c.a. l'applicazione ha riguardato il ripristino di nodi pilastri-travi danneggiati dalle scosse sismiche. Nel caso evidenziato in figura 20, 21 e 22 si tratta della messa in sicurezza di un edificio commerciale in c.a presso località Torrione di L'Aquila che a seguito dell'evento sismico del 06.04.2009 aveva riportato lesioni evidenti in corrispondenza dei nodi di base di alcuni pilastri in c.a.. L'applicazione dei compositi ha permesso in brevissimo tempo il recupero strutturale di otto nodi danneggiati e la riapertura del servizio in una sola settimana. L'intervento consistente nel decorticare l'intonaco e le parti degradate,l'eventuale trattamento con passivante delle armature se ossidate, la riprofilatura del calcestruzzo con malte cementizie fibrorinforzate, l'applicazione dei compositi ed il definitivo ripristino degli intonaci e dei tinteggi.

Tutte operazioni che possono essere eseguite in tempi estremamente rapidi con una cantierizzazione per materiali, utensili e logistica certamente non impegnativa.

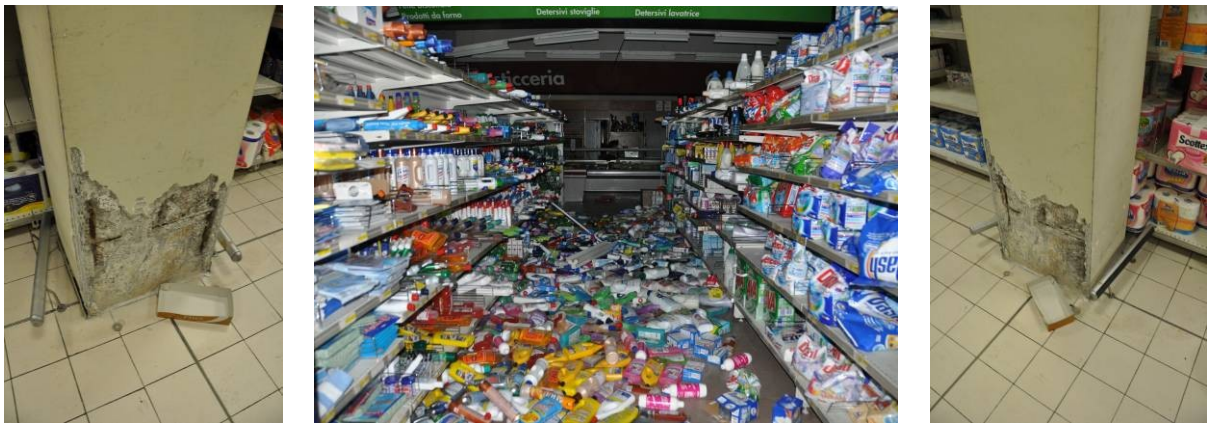


Figura 20 21 22. Stato di danno di un edificio commerciale in località Torrione presso L'Aquila

Figura 23 24 25. Intervento di messa in sicurezza a carattere definitivo di edificio commerciale in località Torrione presso L'Aquila, immagini durante il corso dei lavori e a lavori ultimati

3. CONCLUSIONI

L'impiego dei compositi, sia FRP che SRG, consente per alcune tipologie di collasso la messa in sicurezza con oggettivi vantaggi rispetto tecniche tradizionali quali puntelli lignei o metallici. I principali vantaggi possono essere sinteticamente riassunti:

1. economicità;
2. rapidità di posa in opera;
3. esecuzione dell''intervento dall'esterno del fabbricato senza necessità di entrare all'interno dell'edificio pericolante;
4. facile e semplice trasporto dei materiali necessari al consolidamento e conseguente facile accessibilità anche in zone di difficile logistica, possono non essere necessari ponteggi ed essere eseguiti anche attraverso cestelli di macchine elevatrici;
5. capacità di adattare l'intervento a condizioni particolari di presenza di manufatti

esistenti, cavi elettrici, pluviali, ecc.;
6. privi di ingombro, hanno di fatto spessore prossimo a zero, rispetto a puntellazioni classiche non ingombrano le sottostanti vie e strade pubbliche;
7. sono totalmente reversibili, aspetto fondamentale nel caso di edifici a valenza monumentale;
8. se l'intervento lo consente, sono lavorazioni a carattere definitivo, con oggettivo risparmio economico rispetto opere "usa e getta" del tipo puntellazioni lignee o tirantature provvisionali;
9. per il caso dei compositi "SRG" la possibilità di applicare interventi attivi attraverso la pretensione;
10. se opportunamente protetti da raggi UVA, non hanno un deperimento nel tempo delle proprie caratteristiche;
11. non sono interventi sensibili a variazioni in funzione di umidità e temperatura.
12. per edifici in c.a. l'intervento provvisionale è a carattere definitivo e consente un pressoché immediato recupero della funzionalità.

BIBLIOGRAFIA

AAVV, 2004. Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo degli Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati. *CNR DT 200/2004, Roma.*

ASTM Standards (ASTM D 3039), 1995. Standard test method for tensile properties of polymer matrix composite materials. *ASTM International*.

Avorio, A., Borri, A., Corradi, M., 2002. *Ricerche per la ricostruzione*, Edizioni DEI Tipografia del Genio Civile.

Borri, A., Castori, G., Grazini, A., Giannantoni, A., 2007. Miglioramento di un edificio storico con nastri SRG pretensionati. *12th National Symposium on Seismic Engineering (ANIDIS 2007).* 10-14 June, Pisa, IT.

Borri, A., Corradi, M., Vignoli, A., 2002. Strengthening techniques tested on masonry structures struck by the Umbrian – Marche earthquake of 1997-1998, *Construction and Building Materials*, 229-239.

Decreto ministeriale, 2008. *Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*, Consiglio Superiore del Lavori Pubblici.