



ordine degli ingegneri  
della provincia di fermo

***CORSO: Vulnerabilità Sismica e Progettazione degli interventi di  
miglioramento/adeguamento degli edifici Esistenti.  
La nuova CNR 212/2103***

**Mercoledì 02 LUGLIO 2014**

**1 giornata**

**Venerdì 4 LUGLIO 2014**

**2 giornata**

**Sabato 5 LUGLIO 2014**

**3 giornata**

Presso: Best Western Hotel Davi Palace - Via G. Spontini 10 63822 Porto San Giorgio  
(0734 676848 davidpalace.fm@bestwestern.it)

## Esempi di applicazione di rinforzi FRP – FRCM – SRG su casi reali di strutture esistenti in muratura

Relatore: Ing. Fabio Sarti – [www.studiosarti.it](http://www.studiosarti.it)



Ing. GILBERTO SARTI  
Progettazione - Strutture - Consulenze

- Via Circonvallazione Meridionale, 54 - 47923 Rimini
  - Via Giulia, 179 - 00186 Roma
- Tel. 0541/780491 Fax 0541/781371 P.iva 02087000408  
[www.studiosarti.it](http://www.studiosarti.it) - e\_mail [info@studiosarti.it](mailto:info@studiosarti.it)

Ditta fornitrice dei prodotti FRP – FRCM – SRG:

**Kimia S.p.A.**  
Via del Rame, 73  
06134 - z.i. Ponte Felcino Perugia (PG)  
Italia  
**Tel:** +39 075 5918071  
**Fax:** +39 075 5913378  
[info@kimia.it](mailto:info@kimia.it)

## Interventi locali di riparazione e di miglioramento sismico di Palazzo Zavagli – Rimini



Facciata storica di Palazzo Zavagli, prima dei lavori di consolidamento strutturale e restauro

Palazzo Zavagli è un bene culturale tutelato, risalente al Medioevo. La parte 'nobile', tra cui la facciata, risale al '700.

Palazzo Zavagli presentava diverse problematiche strutturali. In particolare, la facciata storica 'nobile' presentava, da piano primo a piano copertura, quadri fessurativi di media importanza, probabilmente originati da dissesti statici e difetti dei lavori di restauro e consolidamento eseguiti alla fine degli anni '90. Le conseguenti indagini diagnostiche hanno evidenziato una totale carenza di presidi antisismici della facciata, ossia:

- a) Assenza del cordolo sommitale di coronamento in testa alle murature di facciata (su cui si attesta la copertura lignea spingente);
- b) Murature di facciata non ammorsate alle murature di spina;
- c) Tiranti di collegamento nelle murature di spina, che collegavano le murature di spina a quelle di facciata, tagliati.

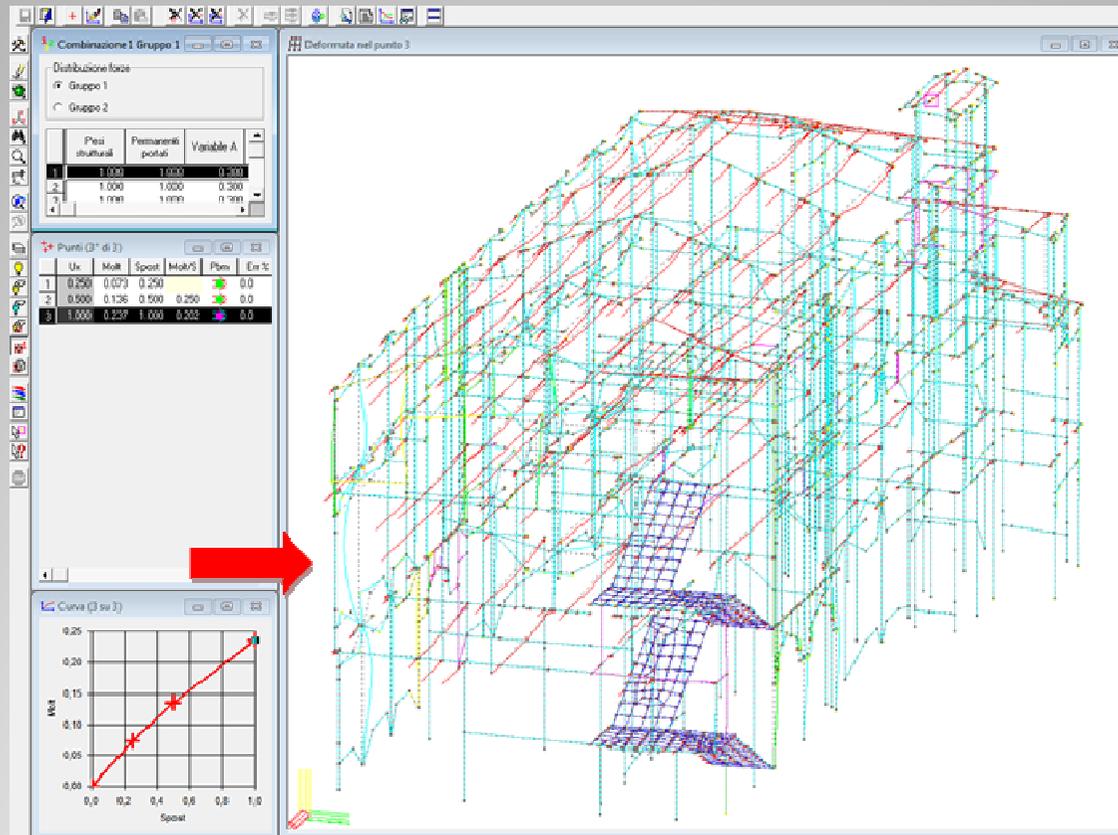
Necessità di risolvere i quadri fessurativi statici e di disporre presidi antisismici in grado di contrastare il ribaltamento fuori piano delle murature di facciata.

Essendo Palazzo Zavagli un bene tutelato, la norma di riferimento è la Direttiva P.C.M. del 09/02/2011 (oltre ovviamente alle NTC'08).

Inoltre, la committenza aveva presentato richiesta di finanziamento ai sensi dell'Ordinanza P.C.M. 4007 del 29/02/2012. Dunque, preliminarmente si è dovuto valutare il valore dell'indice di sicurezza sismica,  $I_S$ , dell'unità strutturale "Palazzo Zavagli Nobile", nello stato di fatto (pre-intervento), per la valutazione di livello LV1, come richiesto nella D.P.C.M. 09/02/2011.

Soprattutto, poi, ai fini dell'ottenimento dei fondi, si è dovuto dimostrare che effettivamente la facciata in esame, nella porzione ricompresa tra piano primo e copertura, è effettivamente il primo punto di vulnerabilità sismica dell'unità strutturale "Palazzo Zavagli Nobile", all'interno dell'aggregato strutturale.

Si è proceduto dunque ad analisi push-over dedicata.



Per sisma  $-X$ , parte della facciata in esame, da piano primo a piano secondo, tende al collasso locale per ribaltamento fuori piano, prima della formazione di altri meccanismi. Analogamente per sisma  $-Y$ .

Dimostrato ciò, si è proceduto al miglioramento sismico locale della porzione di facciata in esame (macroelemento strutturale di interesse). In realtà si è raggiunto l'adeguamento sismico locale.

I meccanismi di rottura indagati sono:

1) *Verifica a pressoflessione nel piano dei maschi murari*, considerati come corpi *elastici* (e quindi sulla base della teoria dell'elasticità), con riferimento al materiale *muratura+GFRCM*.

Cioè, previa ristilatura dei giunti e rinzaffo con malta di allettamento, si usa la tecnica del placcaggio in GFRCM (Glass Fiber Reinforced Cementitious Matrix), ossia, del placcaggio in betoncino armato con rete in GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) e connettori trasversali in fiocchi in AFRP (Aramid Fiber Reinforced Polymer).

*Betoncino*: malta di calce idraulica naturale Kimia Tectoria M15.

*Rete in GFRP*: Kimia Kimitech 550.

*Connettori in AFRP*: Kimia Kimitech TONDO AR.

*Verifica* secondo p.to 4.4.1.2.1 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009 (analogo al punto 7.8.3.2.1 delle N.T.C. 2008 per muratura armata). Delaminazione da escludersi (matrice inorganica). Valutazione dominio di rottura M-N.

## Esempi applicazione GFRCM: GFRP + connettori AFRP



*Rete in GFRP*

*Connettore  
(fiocco) in AFRP*



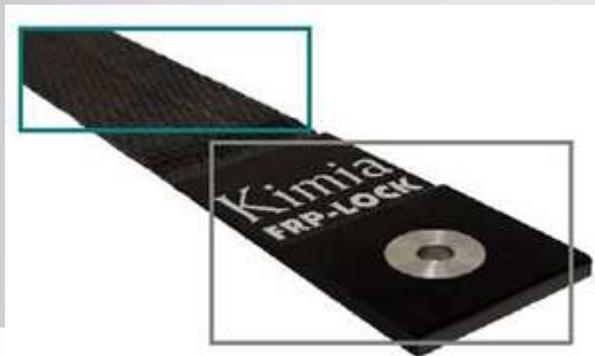
2) *Verifica a taglio dei maschi murari*, considerati come corpi *elastici* (e quindi sulla base della teoria dell'elasticità), con riferimento al materiale *muratura+GFRCM*.

*Verifica* secondo p.to 4.4.1.2.2 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009 (analogo al punto 7.8.3.2.2 delle N.T.C. 2008 per muratura armata). Delaminazione da escludersi (matrice inorganica). Traliccio resistente con contributi a taglio di muratura e armatura.

3) *Verifica a pressoflessione fuori dal piano dei maschi murari*, considerati come corpi *elastici* (e quindi sulla base della teoria dell'elasticità), con riferimento al materiale *muratura+GFRCM*.

*Verifica* secondo p.to 4.4.1.1.2 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009 (analogo al punto 7.8.3.2.3 delle N.T.C. 2008 per muratura armata). Delaminazione da escludersi (matrice inorganica). Valutazione dominio di rottura M-N.

4) *Verifica a ribaltamento semplice fuori dal piano (lato esterno) dei maschi murari, considerati come corpi rigidi (e quindi sulla base della teoria dell'equilibrio limite), per la sola porzione compresa tra piano secondo e la copertura (non si ritiene infatti suscettibile di accadimento il meccanismo di ribaltamento rigido dell'intera porzione muraria ricompresa tra piano primo e la copertura, stante i collegamenti trasversali in barre AFRP previsti tra la facciata muraria e il cordolo di piano secondo), con riferimento al materiale *muratura+cinta sommitale orizzontale esterna in CFRP* (Carbon Fiber Reinforced Polymer). Verifica secondo punto 4.4.1.1.1 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009. Ancoraggio della cinta sommitale alle estremità mediante Kimia Kimitech FRP-LOCK.*



Kimitech FRP-LOCK viene solidarizzato meccanicamente al supporto:

- attraverso l'inghisaggio di una barra in acciaio INOX da 16 mm.
- con l'apposito KIT DI FISSAGGIO costituito da un cilindro metallico (diametro 3 cm, altezza 15 cm) da fissare nel supporto, provvisto di filettatura interna per il fissaggio della vite di bloccaggio.

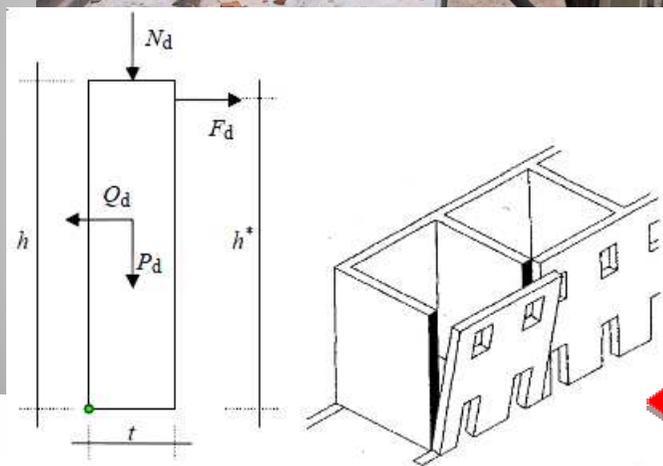


## Esempi applicazione cinta sommitale in CFRP antiribaltamento



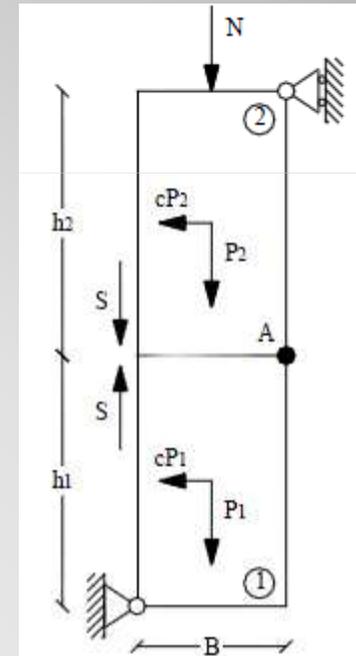
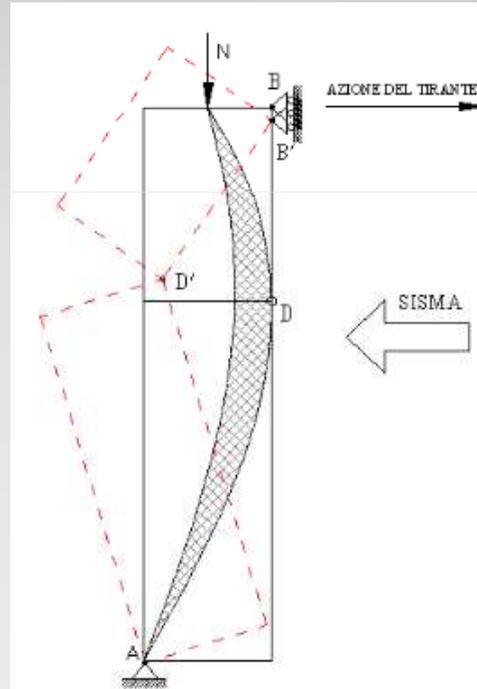
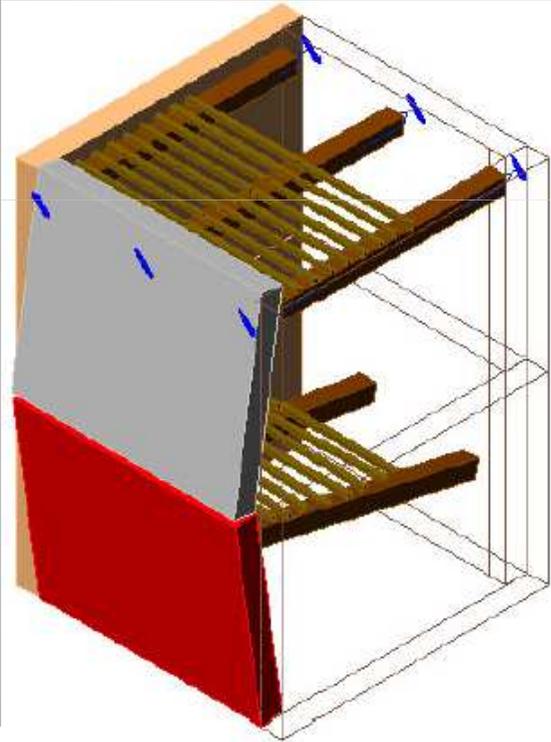
*Cinta sommitale  
in CFRP*

*Connettore  
(fiocco) in AFRP*

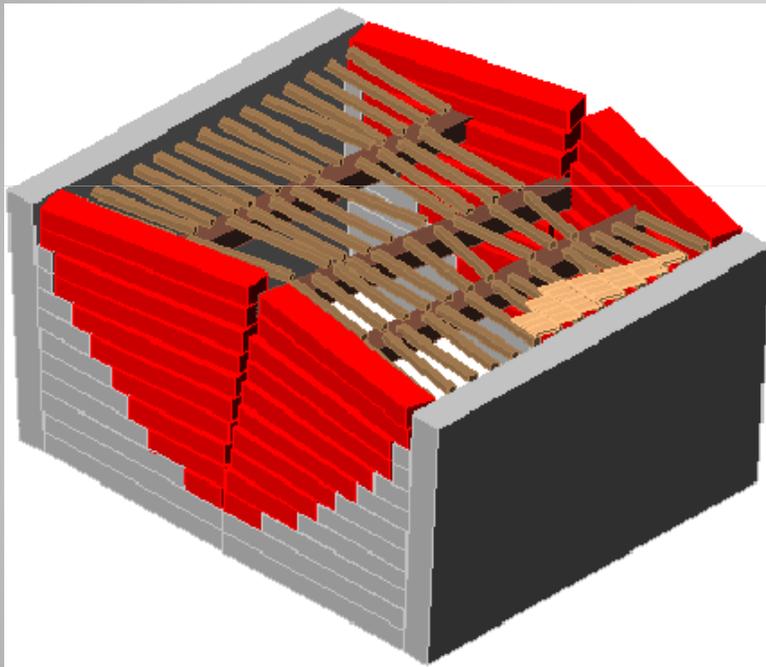


*Verifica per  
equilibrio limite*

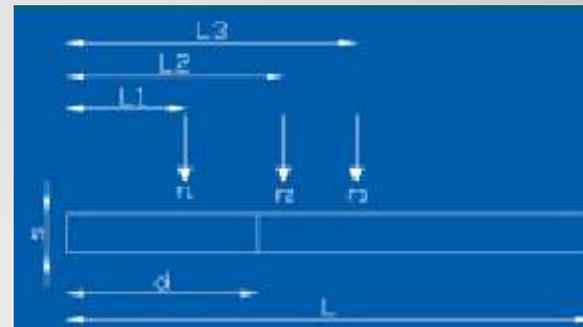
5) Verifica a flessione verticale fuori dal piano (lato esterno) dei maschi murari, considerati come corpi rigidi (e quindi sulla base della teoria dell'equilibrio limite), con riferimento al materiale *muratura+strisce verticali esterne in CFRP*. Verifica secondo punto 4.4.1.1.2 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009. Ancoraggio delle strisce mediante connettori in AFRP.



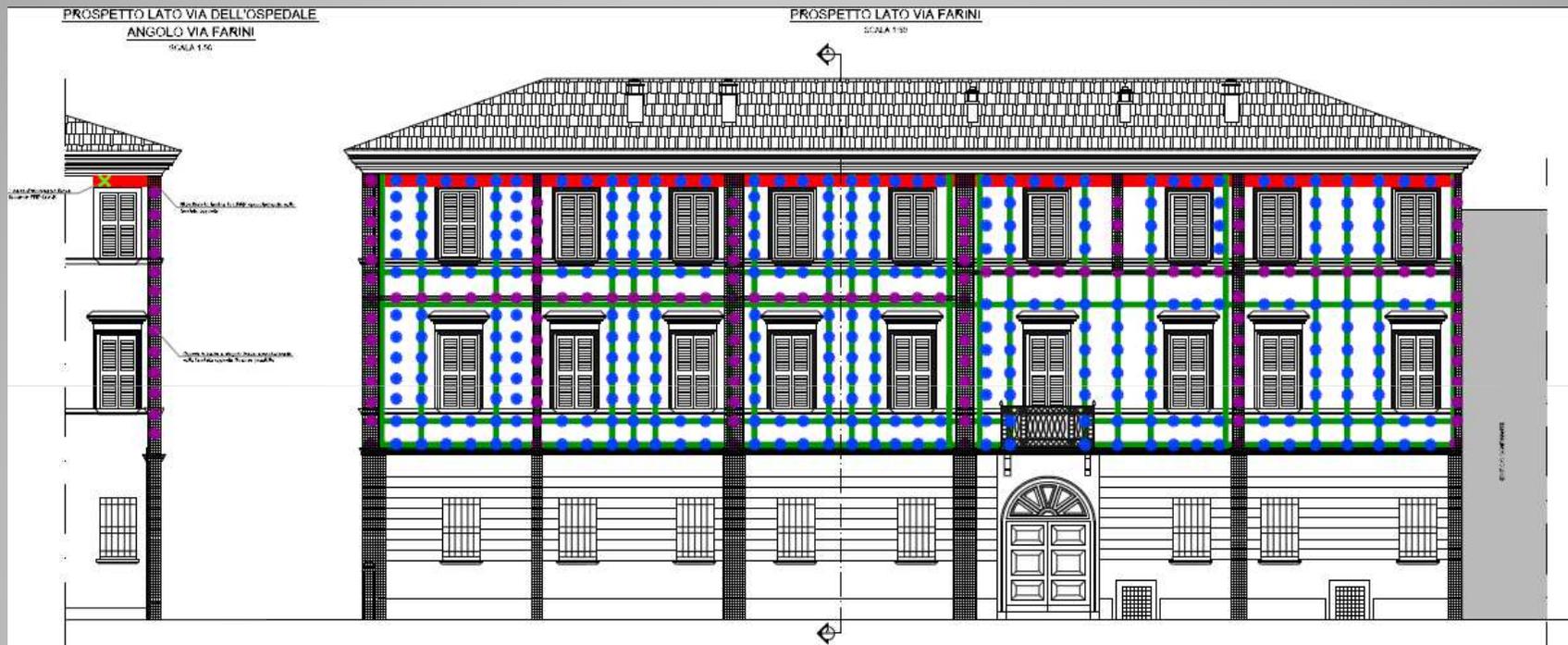
6) *Verifica a flessione orizzontale fuori dal piano (lato esterno) dei maschi murari, considerati come corpi rigidi (e quindi sulla base della teoria dell'equilibrio limite), con riferimento al materiale muratura+strisce orizzontali esterne in CFRP. Verifica secondo punto 4.4.1.1.3 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009. Ancoraggio delle strisce mediante connettori in AFRP.*



$$S = \frac{d}{s} \left[ \frac{1}{L} \sum F_i (L - L_i) + \frac{P}{2} (L - d) \right]$$

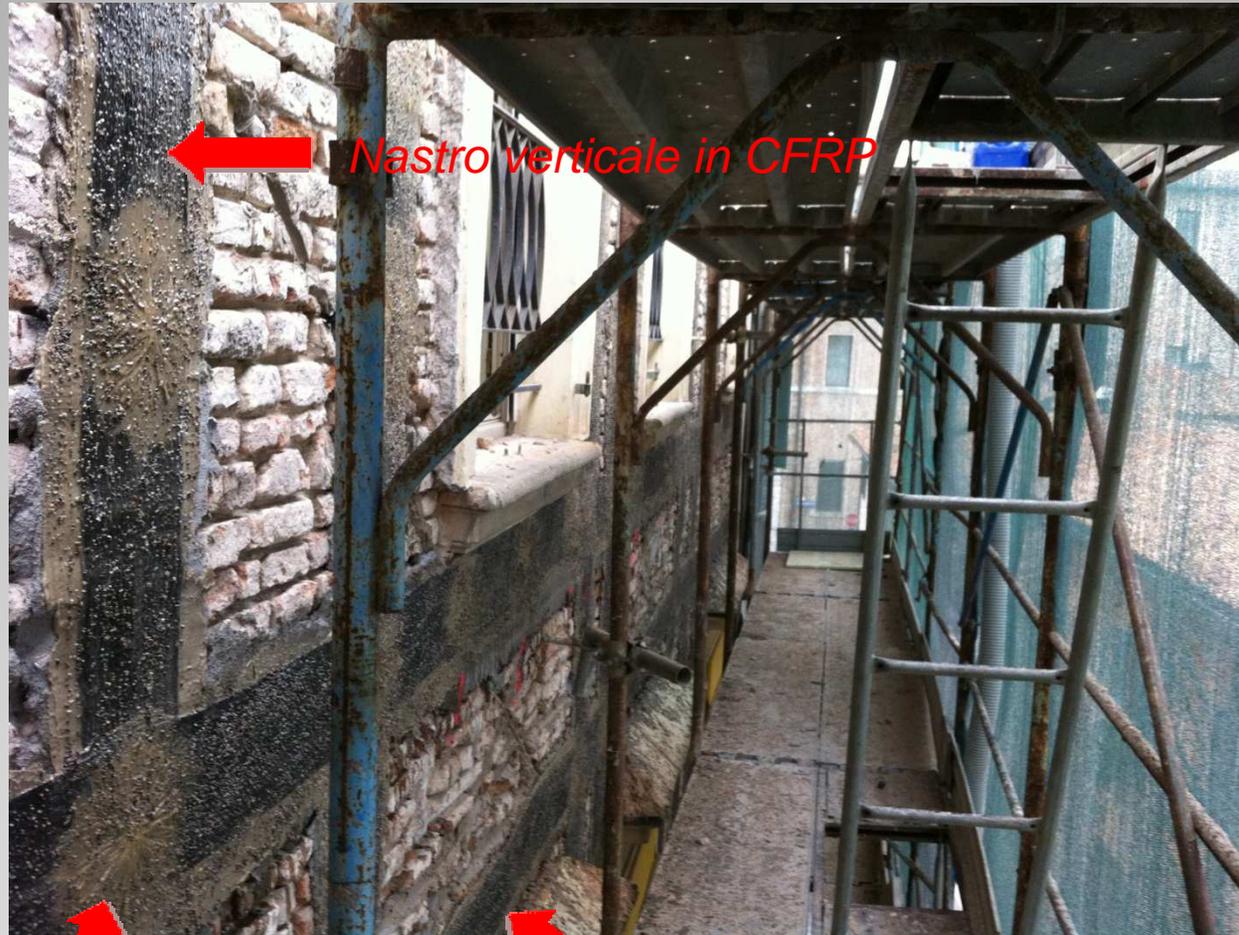


## Progetto dei rinforzi in CFRP della facciata 'nobile' di Palazzo Zavagli



In **blu** i connettori a doppio fiocco, in **magenta** i connettori a singolo fiocco. Quest'ultimi hanno la funzione di garantire l'ammorsamento delle murature di spina alle murature di facciata.

## Esempi applicazione strisce verticali e orizzontali in CFRP



← *Nastro verticale in CFRP*

↑  
*Connettore d'ancoraggio  
(fiocco) in AFRP*

←  
*Nastro orizzontale in CFRP*

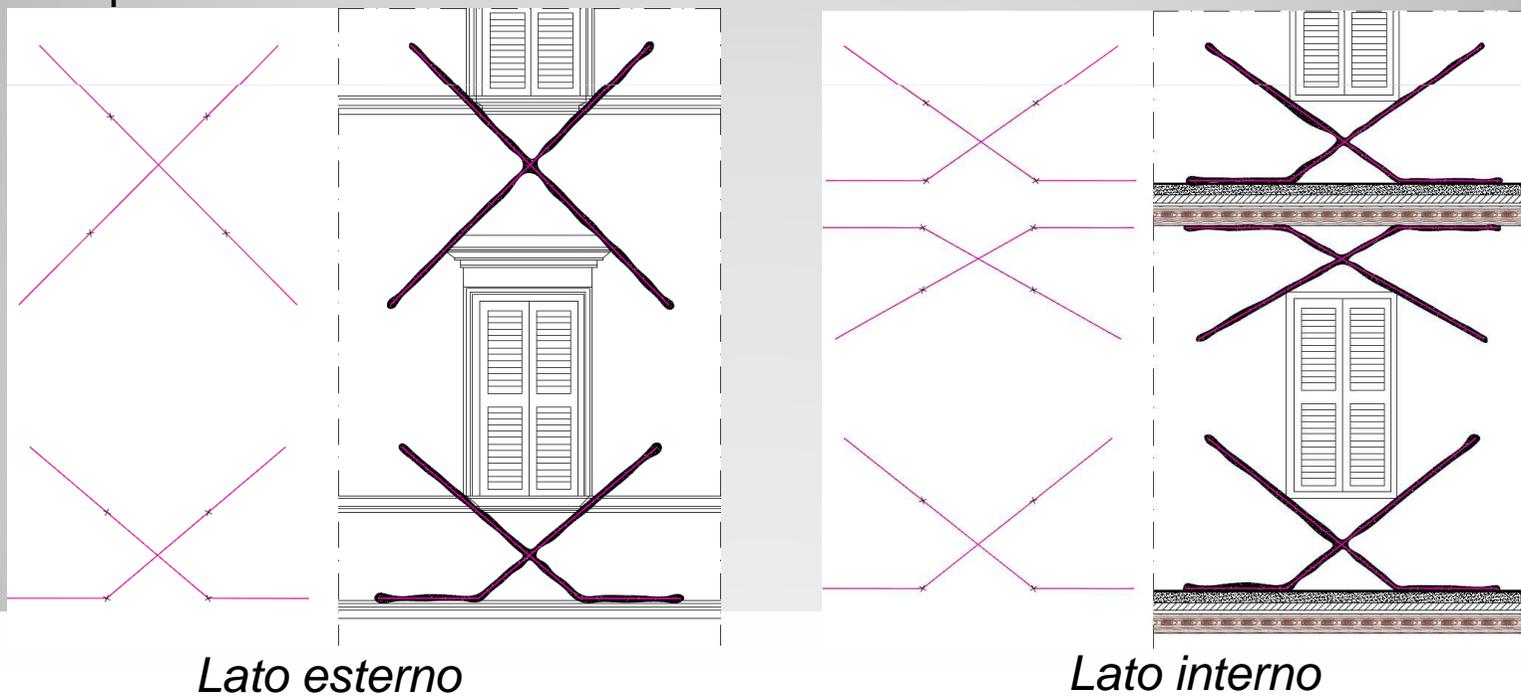
7) *Verifica a pressoflessione nel piano degli architravi murari*, considerati come corpi *elastici* (e quindi sulla base della teoria dell'elasticità), con riferimento al materiale *muratura+GFRCM*. *Verifica* secondo p.to 4.4.1.2.1 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009 (analogo al punto 7.8.3.2.1 delle N.T.C. 2008 per muratura armata). Delaminazione da escludersi (matrice inorganica). Valutazione dominio di rottura M-N.

8) *Verifica a taglio nel piano degli architravi murari*, considerati come corpi *elastici* (e quindi sulla base della teoria dell'elasticità), con riferimento al materiale *muratura+GFRCM+croci in barre AFRP*. *Verifica* secondo punti 4.4.1.2.2 e 4.4.2.2 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009, con riferimento ad un meccanismo resistente composto da tre contributi, a cui il taglio agente è affidato:

- 1) al taglio resistente della sezione verticale dall'architrave murario inteso come muratura armata;
- 2) al taglio resistente offerto dalle bielle compresse (in muratura) di un traliccio resistente dove il ruolo di puntone è svolto dalle

diagonali compresse in muratura, ed il ruolo del tirante è svolto dal cordolo di piano o dalla fascia muraria armata d'intradosso dell'architrave (considerando le sole reti in GFRP) o dal nastro in CFRP d'estradosso dell'architrave;

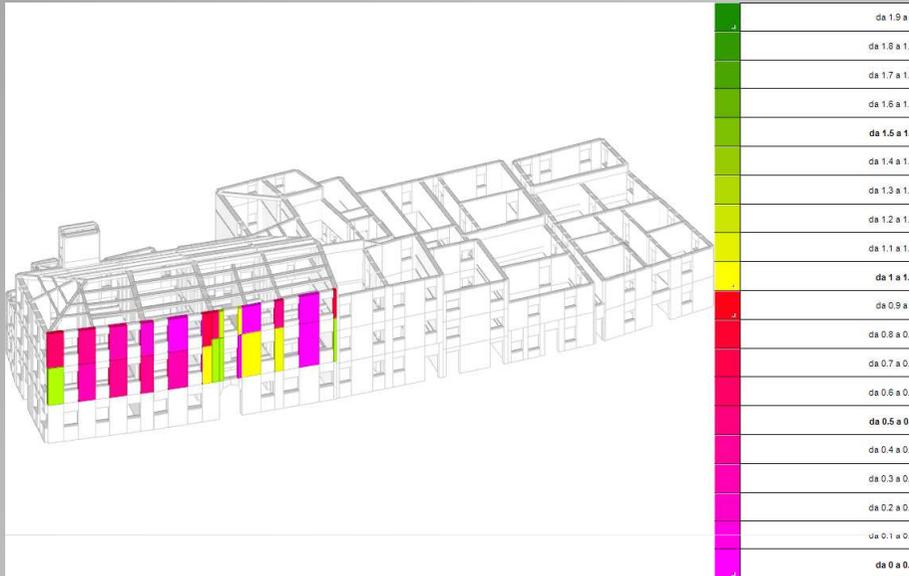
3) al taglio resistente offerto dalle barre tese in AFRP di un traliccio resistente dove il ruolo di tirante è svolto dalle diagonali tese in barre in CFRP, ed il ruolo del puntone è svolto dal cordolo di piano o dalla fascia muraria armata d'intradosso dell'architrave.



Esempi applicazione croci in barre AFRP:  
Le barre vanno inserite in breccia nella muratura, con idonea  
resina epossidica: tecnica NSM (Near Surface Mount Bars).

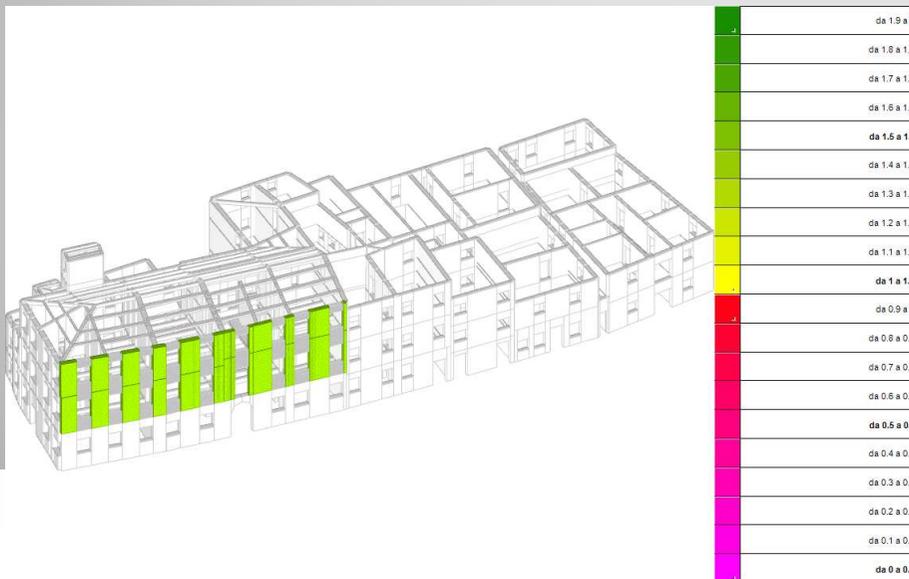


Al termine delle verifiche elencate:



*Stato di fatto:*

$I_{R,PGA,SDF}$  macroelemento  
facciata 'nobile' da piano  
primo a copertura



*Stato di progetto:*

$I_{R,PGA,SDP}$  macroelemento  
facciata 'nobile' da piano  
primo a copertura

Esempi applicazione di altri interventi:  
nuovo cordolo di piano in barre in GFRP inghisate secondo la  
tecnica NSM



Esempi applicazione di altri interventi:  
tirante sottocopertura (nastro in CFRP), che assorbe la spinta della copertura sulla facciata. Il tirante è risvoltato in facciata (preparazione ad angolo smussato), mentre all'altra estremità del muro di spina le due estremità del nastro sono collegate mediante Kimia Kimitech FRP-LOCK passante.



*Preparazione del supporto per la stesa del tirante in CFRP*

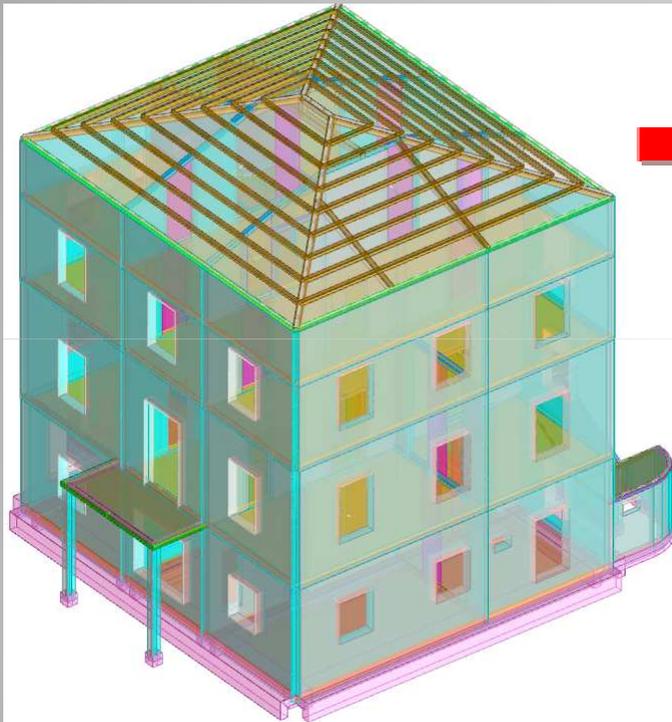
*Preparazione del foro per inghisaggio fiocco in AFRP*



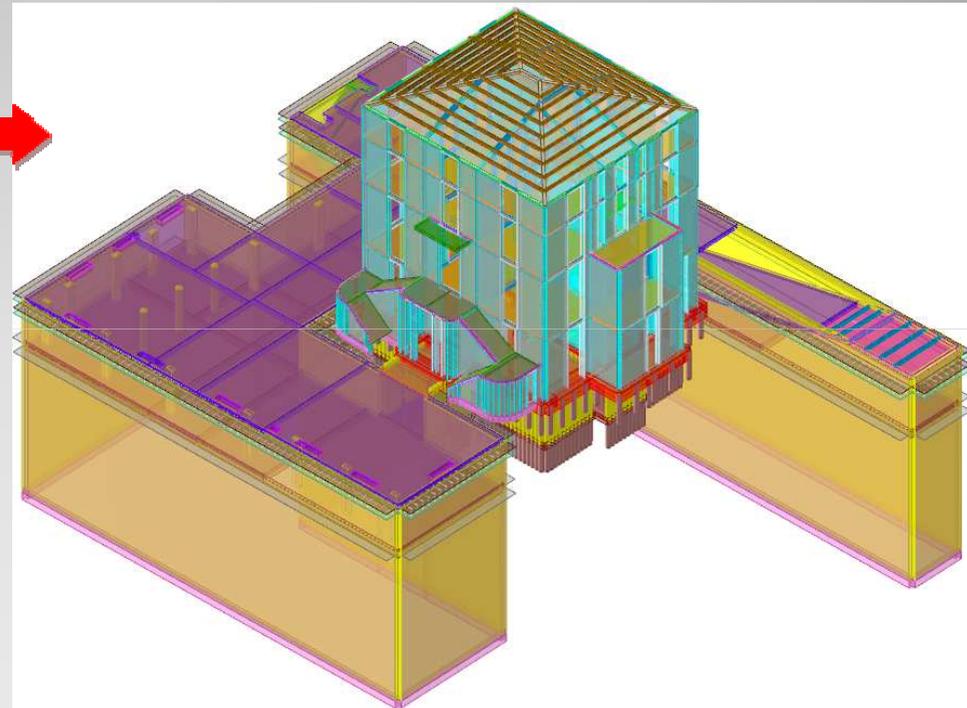
Intervento di adeguamento sismico di Villa Lavinia – Rimini  
*In procinto dell'inizio lavori – Ottenuta autorizzazione sismica*



L'adeguamento sismico di Villa Lavinia si è reso necessario in quanto si procede alla creazione di un nuovo piano interrato, sotto ed esternamente il sedime della villa storica.



*Stato di fatto*

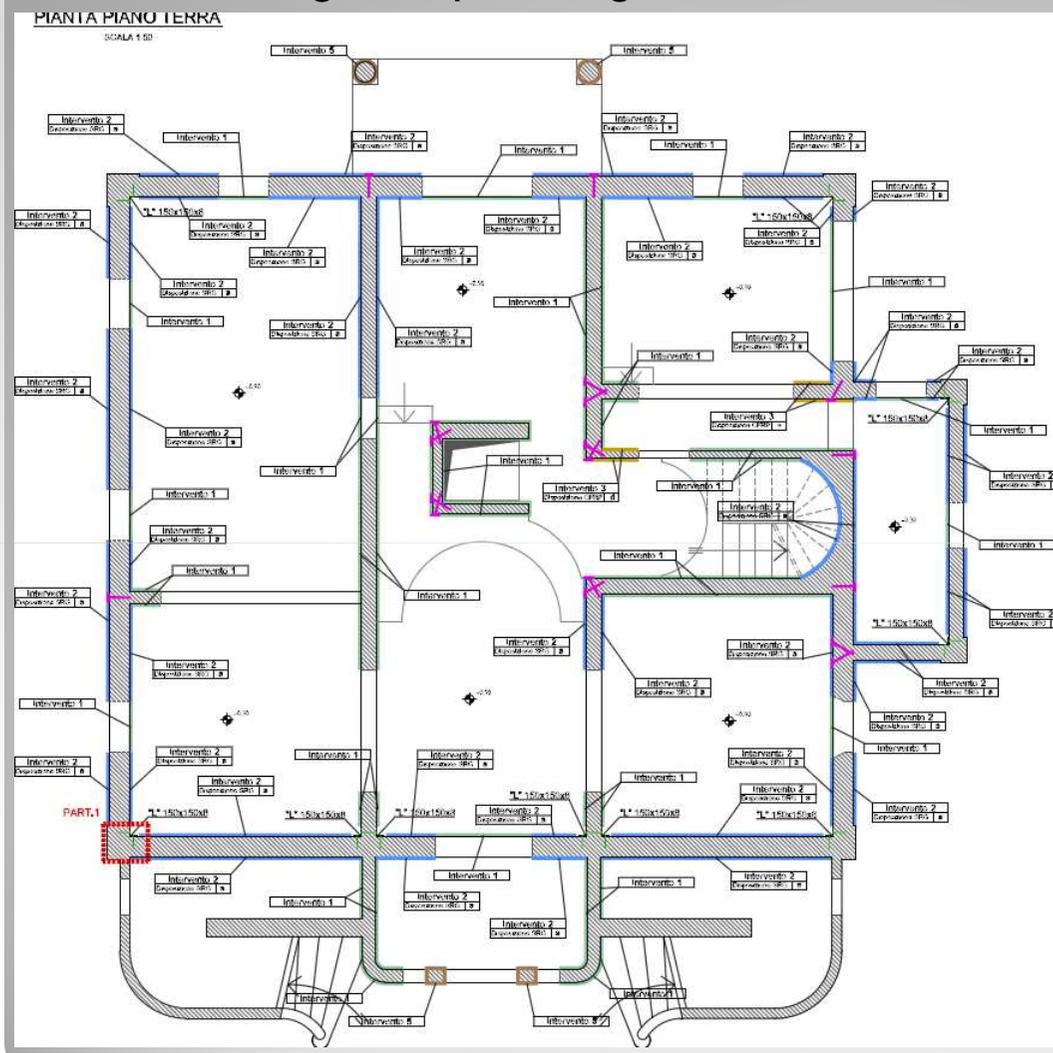


*Stato di progetto*

Gli interventi sulle murature progettati per raggiungere l'adeguamento sismico sono simili a quelli visti per Palazzo Zavagli, tuttavia ora:

- 1) Si eseguono le sole verifiche secondo la teoria dell'elasticità (e non anche secondo la teoria dell'equilibrio limite): si eseguono cioè interventi specifici (cuciture armate degli ammorsamenti, nuovi solai di piano rigidi, nuovi cordoli di piano con zanche di aggancio, ecc.) tali da scongiurare cinematismi locali di tipo rigido;
- 2) Gli architravi non vengono considerati nel calcolo come fasce di piano: si deve solamente evitare l'espulsione materica sotto sisma degli architravi di piano, ma ne è consentita la rottura;
- 3) Per raggiungere l'adeguamento sismico, non risulta sufficiente il placcaggio delle murature con GFRCM, ma, per diversi maschi murari (soprattutto a piano terra), occorre posare, in aggiunta, dei nastri verticali in acciaio UHTSS (Ultra High Tensile Strength Steel) Kimia Kimisteel 1500: sistema SRG (Steel Reinforced Grout), per rinforzo a pressoflessione nel o fuori piano, nonché a taglio; oppure, occorre disporre dei nastri in CFRP lungo le diagonali del pannello murario (solo rinforzo a taglio).

# Progetto tipico degli interventi sulle murature di Villa Lavinia



## LEGENDA INTERVENTI SULLE MURATURE

TIPO	DESCRIZIONE	SEQUENZA FASI
1	Ristilatura dei giunti (A), nuovo intonaco armato in GFRM (B)	A + B
2	Ristilatura dei giunti (A), nastri verticali in acciaio UHTSS posati secondo il sistema SRG-HL (C), nuovo intonaco armato in GFRM (B)	A + C + B
3	Ristilatura dei giunti (A), nastri secondo le diagonali del pannello in CFRP (D), nuovo intonaco armato in GFRM (B)	A + D + B
4	Ristilatura dei giunti (A), nastri secondo le diagonali del pannello in CFRP (D), nastri verticali in acciaio UHTSS posati secondo il sistema SRG-HL (C), nuovo intonaco armato in GFRM (B)	A + D + C + B
5	Ristilatura dei giunti (A), fasciatura in nastri verticali ed orizzontali in GFRP e nuovo intonaco (E)	A+E

N.B.: Ogni tipologia di intervento è composta da più fasi, da eseguirsi nella successione indicata nel campo "SEQUENZA FASI". Per la descrizione delle singoli fasi vedere la Tavola "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI"

N.B.: Per gli interassi massimi dei nastri verticali UHTSS dell'intervento C, vedere la relativa tabella contenuta nella Tavola "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI"

N.B.: Per la disposizione dei nastri diagonali CFRP dell'intervento D, vedere la relativa tabella contenuta nella Tavola "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI"

## LEGENDA SIMBOLI

	Muratura trasversale di spina
	Soletta di piano
	Barra Ø8,5 in AFRP a doppio fiocco
	Barra Ø8,5 in AFRP a singolo fiocco
	Nastro in acciaio UHTSS Kimia Kimistee! 1500 arrotolato a doppio fiocco (utilizzare una lunghezza del nastro tale da avere un diametro del rotolo pari a 10 mm)
	Cucitura armata singola con barre in AFRP (vedere relativo dettaglio nella Tavola: "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI")
	Cucitura armata a croce con barre in AFRP (vedere relativo dettaglio nella Tavola: "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI")

# Progetto tipico degli interventi sulle murature di Villa Lavinia

PROSPETTO VIA PRINCIPALE AMEDEO (VISTA A)



PROSPETTO RETRO (VISTA B)



PROSPETTO VIA D'ARMA (VISTA C)



PROSPETTO LATO MARE (VISTA D)



## LEGENDA INTERVENTI SULLE MURATURE

TIPO	DESCRIZIONE	SEQUENZA FASI
1	Ristilatura dei giunti (A), nuovo intonaco armato in GFRCM (B)	A + B
2	Ristilatura dei giunti (A), nastri verticali in acciaio UHTSS posati secondo il sistema SRG-HL (C), nuovo intonaco armato in GFRCM (B)	A + C + B
3	Ristilatura dei giunti (A), nastri secondo le diagonali del pannello in CFRP (D), nuovo intonaco armato in GFRCM (B)	A + D + B
4	Ristilatura dei giunti (A), nastri secondo le diagonali del pannello in CFRP (D), nastri verticali in acciaio UHTSS posati secondo il sistema SRG-HL (C), nuovo intonaco armato in GFRCM (B)	A + D + C + B
5	Ristilatura dei giunti (A), fasciatura in nastri verticali ed orizzontali in GFRP e nuovo intonaco (E)	A+E

N.B.: Ogni tipologia di intervento è composta da più fasi, da eseguirsi nella successione indicata nel campo "SEQUENZA FASI". Per la descrizione delle singole fasi vedere la Tavola "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI"

N.B.: Per gli interessi massimi dei nastri verticali UHTSS dell'intervento C, vedere la relativa tabella contenuta nella Tavola "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI"

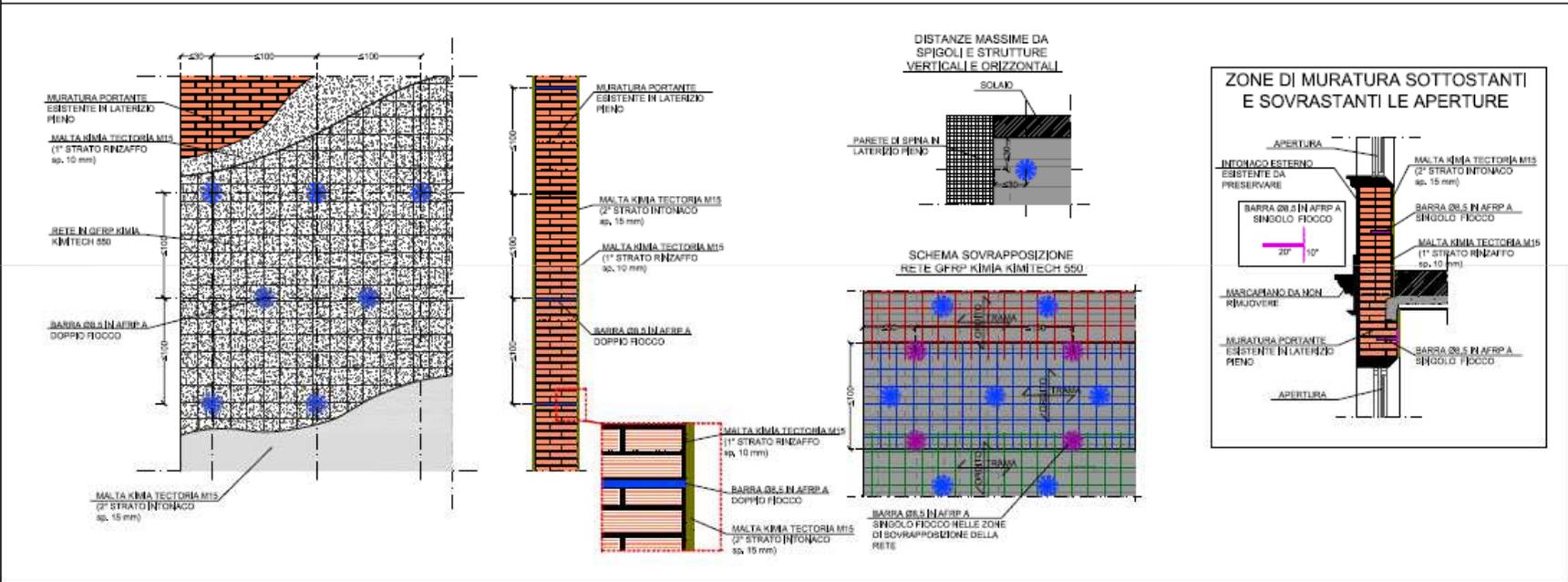
N.B.: Per la disposizione dei nastri diagonali CFRP dell'intervento D, vedere la relativa tabella contenuta nella Tavola "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI"

## LEGENDA SIMBOLI

	Muratura trasversale di spina
	Soletta di piano
	Barra Ø8,5 in AFRP a doppio fiocco
	Barra Ø8,5 in AFRP a singolo fiocco
	Nastro in acciaio UHTSS Kimia Kimisteel 1500 arrotolato a doppio fiocco (utilizzare una lunghezza del nastro tale da avere un diametro del rotolo pari a 10 mm)
	Cucitura armata singola con barre in AFRP (vedere relativo dettaglio nella Tavola: "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI")
	Cucitura armata a croce con barre in AFRP (vedere relativo dettaglio nella Tavola: "INTERVENTI DI RINFORZO STRUTTURALE DELLE PARETI MURARIE ESISTENTI - PARTICOLARI")

# Progetto tipico degli interventi sulle murature di Villa Lavinia

## FASE B - INTONACO ARMATO IN GFRP (Scala 1:25)



# Progetto tipico degli interventi sulle murature di Villa Lavinia

## FASE C - NASTRI VERTICALI IN ACCIAIO UHTSS (Scala 1:25)

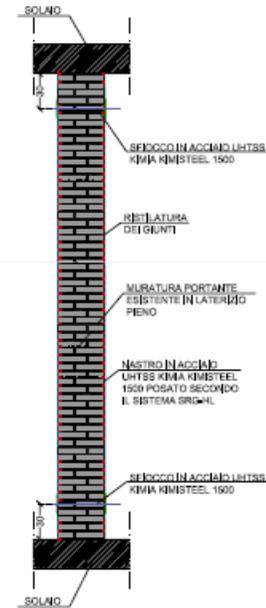
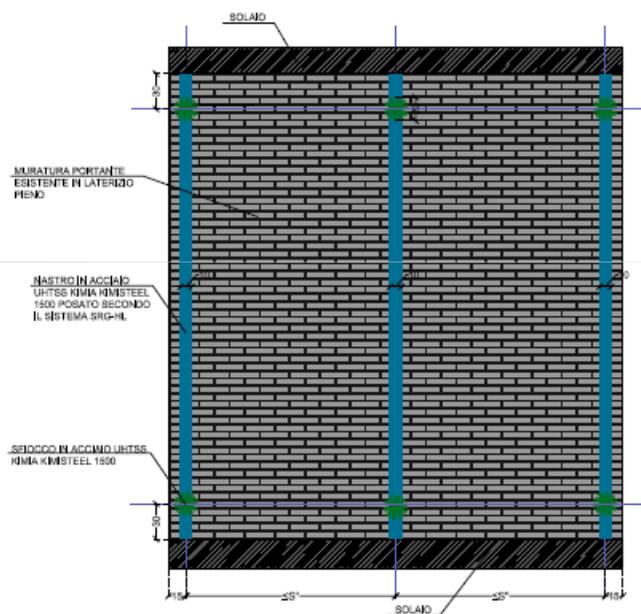


TABELLA DISPOSIZIONE NASTRI SRG

TIPO	INTERASSE MASSIMO NASTRI (S)
a	180 cm
b	90 cm
c	45 cm

Per i maschi murari rinforzati con in aggiunta le strisce in acciaio UHTSS, la verifica a pressoflessione nel e fuori piano avviene come visto in precedenza, cioè sempre valutando il dominio di rottura M-N della sezione muratura+GFRCM+SRG.

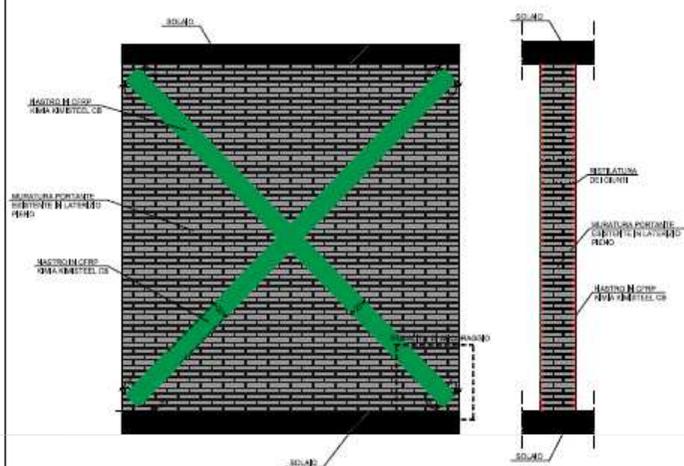
Le strisce in acciaio UHTSS sono ancorate, alle estremità, alla muratura per mezzo dei connettori trasversali in fiocchi sempre in acciaio UHTSS, dunque si ritiene lecito trascurare la modalità di collasso del sistema SRG per distacco per delaminazione (a maggior ragione poiché la matrice è inorganica). Dunque, con riferimento al p.to 4.3.1 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009, si pone  $\varepsilon_{fd} = \varepsilon_{fk}/\gamma_f$ , avendo per l'appunto ritenuto lecito trascurare  $\varepsilon_{fdd}$  (collasso per distacco per delaminazione), in presenza degli ancoraggi in acciaio UHTSS, e risultando, per l'acciaio UHTSS,  $\eta_a = 1$ .



La verifica a taglio è sempre condotta valutando il traliccio resistente con i contributi a taglio di muratura e armatura (GFRCM+SRG).

# Progetto tipico degli interventi sulle murature di Villa Lavinia

## FASE D - NASTRI CFRP IN DIAGONALE (Scala 1:25)



## MODALITA' DI ANCORAGGIO (Scala 1:10)

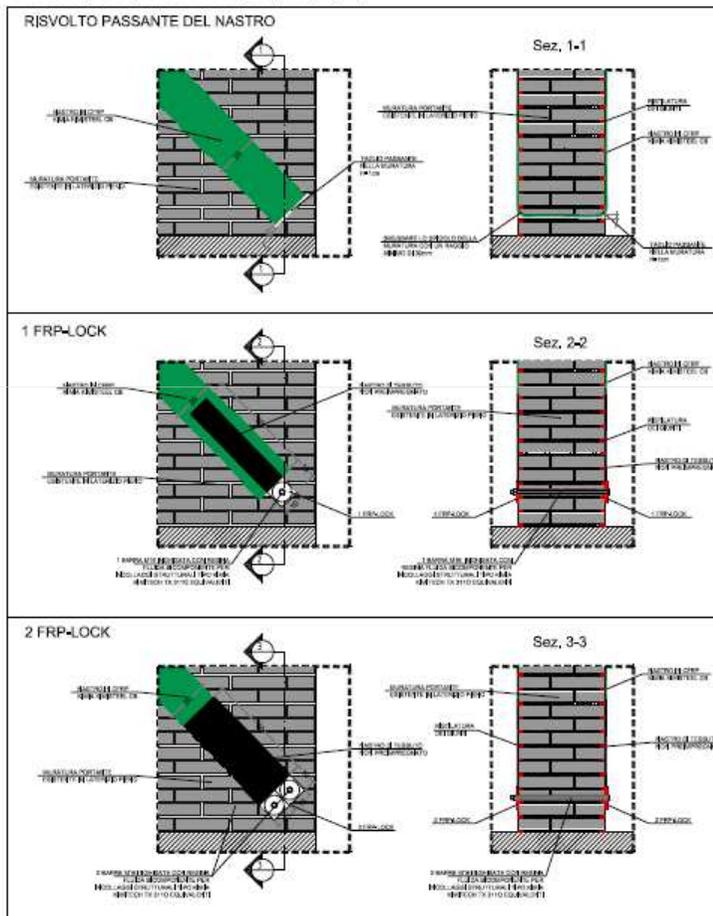


TABELLA DISPOSIZIONE NASTRI CFRP

TIPO	N° STRATI DI TESSUTO	GRAMMATURA NASTRO KIMIA KIMITECH CB	MODALITA' DI ANCORAGGIO
d	1	320	1 FRP-LOCK
e	2	320	1 FRP-LOCK
f	2	1200	RISVOLTO PASSANTE DEL NASTRO
g	1	320	1 FRP-LOCK
h	2	320	2 FRP-LOCK

Per i maschi murari rinforzati a solo taglio con sistema CFRP disposto secondo le diagonali del pannello:

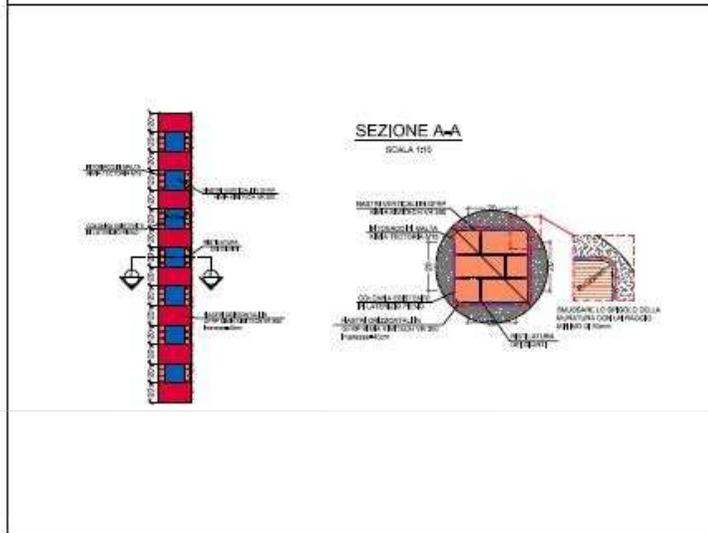
*verifica* a taglio per azioni sismiche secondo p.to 5.4.1.2.2 CNR-DT 200 R1/2012 con  $\gamma_M = 2$ .

Essendo le strisce in CFRP ancorate, alle estremità, alla muratura per mezzo dei connettori trasversali in acciaio inox (Kimia Kimitech FRP-LOCK), o mediante risvolto passante in breccia al supporto murario (cinturazione), si ritiene lecito trascurare la modalità di collasso del sistema CFRP per distacco per delaminazione. Dunque, con riferimento al p.to 5.4.1.2.2 CNR-DT 200 R1/2012, si pone  $\delta_{Rd}/H = 0,005$ .

Si presentano le due combinazioni GFRCM+CFRP diagonali, ed GFRCM+SRG+CFRP diagonali: la verifica a taglio secondo p.to 5.4.1.2.2 CNR-DT 200 R1/2012 con  $\gamma_M = 2$  viene condotta in termini di confronto tra resistenza del sistema CFRP diagonali ed aliquota di taglio sollecitante non assorbibile dai sistemi GFRCM e GFRCM+SRG-HL. Infatti, come noto, mentre la verifica a taglio secondo p.to 4.4.1.2.2 delle Linee guida sugli FRP del C.S.LL.PP. del 24/07/2009 è limitata dal termine  $V_{t,c}$  ( $= V_{Rd,max}$ ), dipendente dalla sola muratura, che non può essere superato, la verifica a taglio secondo p.to 5.4.1.2.2 CNR-DT 200 R1/2012 ricomprende nella propria formulazione il termine limitante  $V_{Rd,m} = V_{t,c}$ , il quale può essere sempre superato aumentando l'area  $A_f$  del rinforzo in CFRP.

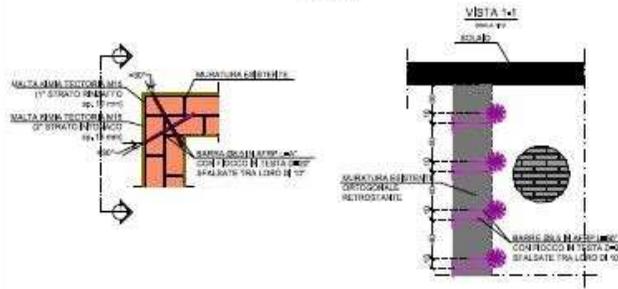
# Progetto tipico degli interventi sulle murature di Villa Lavinia

## FASE E- FASCIATURA COLONNE (Scala 1:25)



## DETTAGLIO CUCITURA ARMATA SINGOLA

SCALA 1:25



## DETTAGLIO CUCITURA ARMATA A CROCE

SCALA 1:25

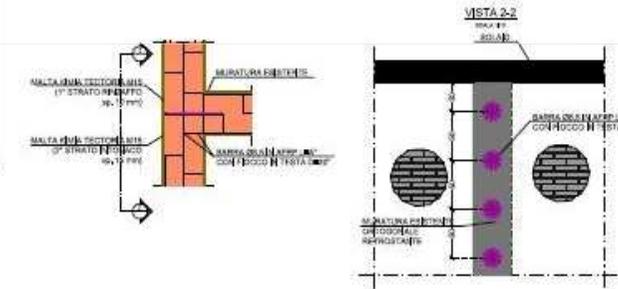


TABELLA LUNGHEZZA BARRE AFRP A SINGOLO FIOCCO	
SPESORE MURO (cm)	A - LUNGHEZZA BARRA (cm)
40	60
35	55
30	40
25	35
20	30

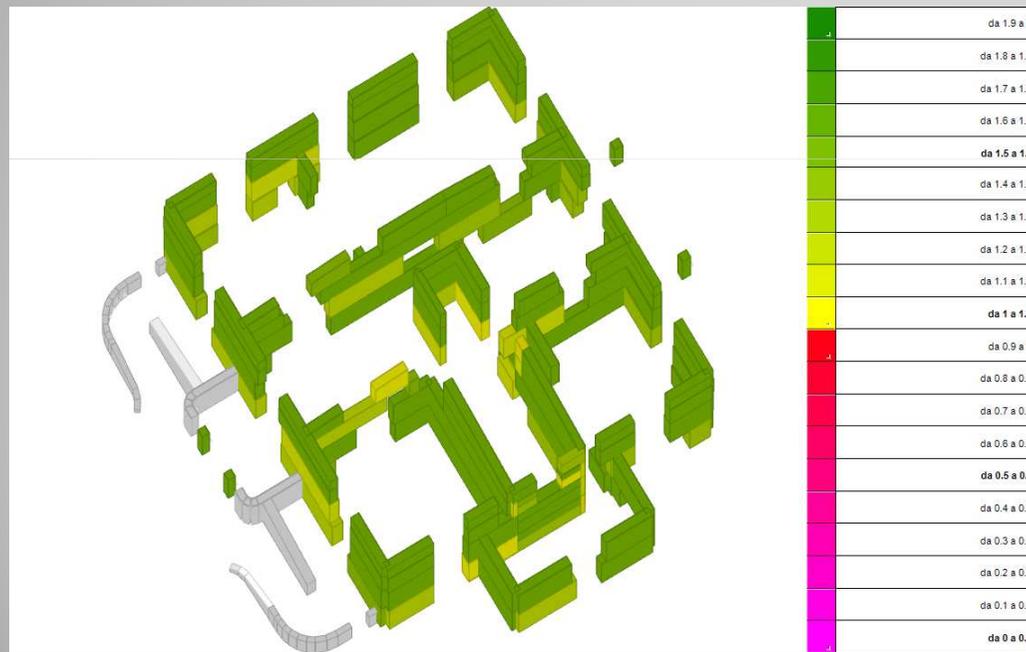


Colonna muraria rinforzata con confinamento in GFRP (Kimia Kimitech VR 300):  
*verifica a compressione (confinamento) secondo p.to 5.6.3 CNR-DT 200 R1/2012.*

Cuciture armate con barre in AFRP a singolo fiocco.

Con gli interventi descritti, si raggiunge l'adeguamento sismico. Per dimensionare i rinforzi murari, si è eseguita un'analisi lineare dinamica, considerando le murature fessurate.

Trattasi di metodologia cautelativa, in quanto i rinforzi murari visti, come da sperimentazioni, agiscono principalmente aumentando (considerevolmente) l'escursione plastica del maschio murario. Tuttavia, ad oggi, è difficile implementare i rinforzi murari nell'ambito di analisi push-over.



*Esempio:  
Stato di progetto:  
 $I_{R,PGA,SDP}$  per verifica a  
pressoflessione nel  
piano per azioni  
sismiche*

Per ultimo: quale inquadramento normativo per i sistemi FRP, FRCM, SRG?

Per quanto riguarda i sistemi FRP, sia per il calcolo, che per la qualificazione ed accettazione del materiale, esistono le norme CNR dedicate.

Per quanto riguarda i sistemi FRCM (ed SRG: possiamo ricomprendere i sistemi SRG all'interno della famiglia FRCM, in quanto si fa uso di supporto in matrice inorganica in ambo i casi), per il calcolo di tali sistemi non esistono ad oggi norme italiane dedicate (anche se, logicamente, i procedimenti di calcolo per FRP ed FRCM dovranno essere identici o fortemente simili).

Ai fini della richiesta di autorizzazione sismica, si può affermare che, a livello internazionale, i sistemi di rinforzo FRCM risultano già normati dall'ICC (International Code Council), ente statunitense, secondo le ICC-AC434: Masonry and Concrete Strengthening Using Fiber-Reinforced Cementitious Matrix (FRCM) Composite Systems – Approved February 2013. In tali norme, si vede come le metodologie di calcolo degli FRCM siano assolutamente analoghe a quelle proprie degli FRP (e delle murature armate).

Per la qualificazione ed accettazione invece, entro il 2014 il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti emanerà le Linee Guida per la qualificazione di compositi rinforzati a matrice inorganica da utilizzare per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti.



Ordine degli ingegneri  
della provincia di Fermo

# **GRAZIE PER L'ATTENZIONE, ARRIVEDERCI A**

**Venerdì 4 LUGLIO 2014      2 giornata**

#### COMMISSIONE STRUTTURE

Consigliere Coordinatore	Ing. Conti Massimo
Presidente	Ing. Lombardi Elena
Segretario	Ing. Finucci Valerio

MEMBRI della Commissione Strutture : Ing. Cudini Elisa - Ing. Del Gobbo Daniele - Ing. Evandri Lucia - Ing. Giacinti Paolo - Ing. Iandiorio Mirco - Ing. Isidori Giampiero - Ing. Marinangeli Adolfo - Ing. Paci Andrea Mario - Ing. Palloni Mirko - Ing. Renzi Luca - Ing. Sabbioni Jonata - Ing. Sebastiani Francesco Maria - Ing. Vallorani Gianluca - Ing. Vitelli Michele