

*NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018*

IMPIEGO DEI MATERIALI INNOVATIVI  
**CASI PRATICI DELLA RICOSTRUZIONE POST SISMA**

Ing. Giuseppe Rossi

*CONVEGNO NAZIONALE DI PRESENTAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI 2018 - Salerno 22-23 febbraio 2018*

# PREMESSA

L'UTILIZZO DEI **MATERIALI COMPOSITI** IN GENERE INTERVIENE SU STRUTTURE DOTATE DI UNA PROPRIA «POTENZIALITÀ STRUTTURALE», OVVERO GIÀ PROVviste DI ELEMENTI DI CONTROVENTO ALLE AZIONI ORIZZONTALI, MA IL CUI COMPLETO MECCANISMO DI DISSIPAZIONE È INTERROTTO PREMATURAMENTE PER LA FORMAZIONE DI MECCANISMI FRAGILI DI TIPO LOCALE.

IN QUESTO CASO IL RICORSO AI MATERIALI COMPOSITI È MOLTO EFFICACE IN QUANTO SFRUTTA LA **FACILITÀ DI MESSA IN OPERA** PER ESEGUIRE **INTERVENTI NON INVASIVI** SU SINGOLI ELEMENTI STRUTTURALI, CON IL DUPLICE SCOPO DI **ELIMINARE I MECCANISMI FRAGILI E/O INCREMENTARE LA CAPACITÀ GLOBALE** DELLA STRUTTURA IN TERMINI DI RESISTENZA E DUTTILITA' INTERVENENDO A LIVELLO DI SEZIONE.

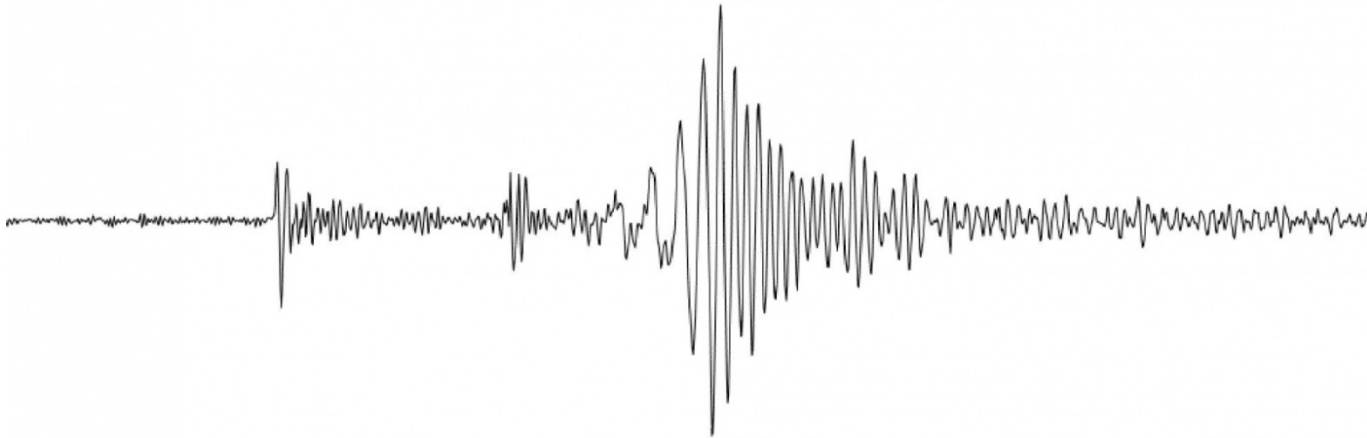
QUANDO SI INTERVIENE SU EDIFICI CON SIGNIFICATIVE IRREGOLARITÀ O CON ASSENZA DI ELEMENTI DI CONTROVENTO IN UNA DELLE DUE DIREZIONI ( VEDI STRUTTURE IN C.A. CON PIANTA ALLUNGATA PROGETTATE PER SOLI CARICHI VERTICALI O STRUTTURE MURARIE CON ASSENZA DI MURATURE DI SPINA O COMUNQUE POSTE AD INTERASSI SUPERIORI AI 6-7 m),

È NECESSARIO AFFIDARSI AD INTERVENTI PIÙ INCISIVI AL FINE DI ELIMINARE LE CARENZE APPENA DESCRITTE, AD ESEMPIO MEDIANTE L'INSERIMENTO DI ELEMENTI AUSILIARI (SETTI IN C.A. O PARETI MURARIE, CONTROVENTI ELASTICI, RINGROSSO DEI PILASTRI) O SFRUTTANDO LE TECNICHE DELL'ISOLAMENTO SISMICO E/O DELLA DISSIPAZIONE PASSIVA, SEMIATTIVA O ATTIVA;

NONOSTANTE INTERVENTI DI QUESTO TIPO MODIFICHINO IN MODO SOSTANZIALE IL COMPORTAMENTO STRUTTURALE ORIGINARIO, NELLA MAGGIOR PARTE DEI CASI OCCORRE COMUNQUE INTERVENIRE LOCALMENTE SUGLI ELEMENTI STRUTTURALI ESISTENTI PER ELIMINARE MECCANISMI PREMATURI DI TIPO FRAGILE. ANCHE IN QUESTO CASO L'UTILIZZO DEI MATERIALI COMPOSITI SI RIVELA ESTREMAMENTE EFFICACE.

# CASI PRATICI

## DELLA RICOSTRUZIONE POST SISMA



# UTILIZZO DI MATERIALI E/O TECNICHE INNOVATIVI PER IL RINFORZO DI EDIFICI ESISTENTI

STRUTTURE IN MURATURA

STRUTTURE IN C.A.

ELIMINARE CARENZE  
STATICHE DI SISTEMI  
VOLTATI

"RITARDARE"  
MECCANISMI DI 1°  
MODO

MIGLIORARE  
"MECCANISMI" DI 2°  
MODO

1. INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA EX BIBLIOTECA SAN PIETRO IN VINCOLI (ROMA): RINFORZO LOCALE DI VOLTE A CROCIERA MEDIANTE L'UTILIZZO DI FRP APPLICATE ALL'ESTRADOSSO .

1. INTERVENTO DI RAFFORZAMENTO LOCALE EDIFICIO DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 09.2009: COMUNE DI LUCOLI  
RIFACIMENTO DELLA COPERTURA CON REALIZZAZIONE CORDOLO IN MURATURA E FRP

1. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICIO DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 09.2009: Consorzio «San Silvestro2009»  
APPLICAZIONE DI NASTRI UNIDIREZIONALI IN FRP OPPORTUNAMENTE ORIENTATI, CON NUMERO DI STRATI DIFFERENTE PER MASCHI E FASCE DI PIANO IN MODO DA OTTIMIZZARE IL MECCANISMO GLOBALE

2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICIO DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 09.2009: «Consorzio Piazzetta del Cardinale» UMI 2  
RINFORZO LOCALE DI SISTEMI VOLTATI MEDIANTE INSERIMENTO DI FRENELLI E TIRANTI PASSIVI

2. RIFUNZIONALIZZAZIONE EDIFICIO DEMANIALE SEDE DELLA CASERMA LUCIANO MANARA (ROMA)  
RIFACIMENTO DELLA COPERTURA IN LEGNO LAMELLARE CON REALIZZAZIONE CORDOLO IN MURATURA ARMATA

2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICIO DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 09.2009: «Consorzio Piazzetta del Cardinale» UMI 2  
APPLICAZIONE DI TESSUTO QUADRIASSALE IN FRP, CON NUMERO DI STRATI DIFFERENTE PER MASCHI MURARI E FASCE DI PIANO IN MODO DA OTTIMIZZARE IL MECCANISMO GLOBALE

# UTILIZZO DI MATERIALI E/O TECNICHE INNOVATIVI PER IL RINFORZO DI EDIFICI ESISTENTI

STRUTTURE IN MURATURA

STRUTTURE IN C.A.

ELIMINARE MECCANISMI DI TIPO FRAGILE DI TRAVI, PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO

ELIMINARE MECCANISMI DI TIPO FRAGILE ED INCREMENTARE LA CAPACITÀ SEZIONALE DEI PILASTRI IN TERMINI DI RESISTENZA E DUTTILITÀ

ELIMINARE MECCANISMI FUORI PIANO DELLE TAMPONATURE E RINFORZO A FLESSIONE DI TRAVI PER CARENZA STATICA

**INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICIO DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 08.09.2009: «CONDOMINIO AVEIA»**

CAUSA LE CARENZE PROGETTUALI ALLE AZIONI ORIZZONTALI, IL MIGLIORAMENTO SISMICO È OTTENUTO MEDIANTE INSERIMENTO DI CONTROVENTI AD INSTABILITÀ IMPEDITA (BRAD) IN ALCUNI CAMPI DI TELAIO. LO SVILUPPO DEL MECCANISMO DISSIPATIVO RICHIEDE DI INTERVENIRE LOCALMENTE SU TRAVI, PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO DEGLI ALTRI TELAII ESISTENTI MEDIANTE L'UTILIZZO DI FRP.

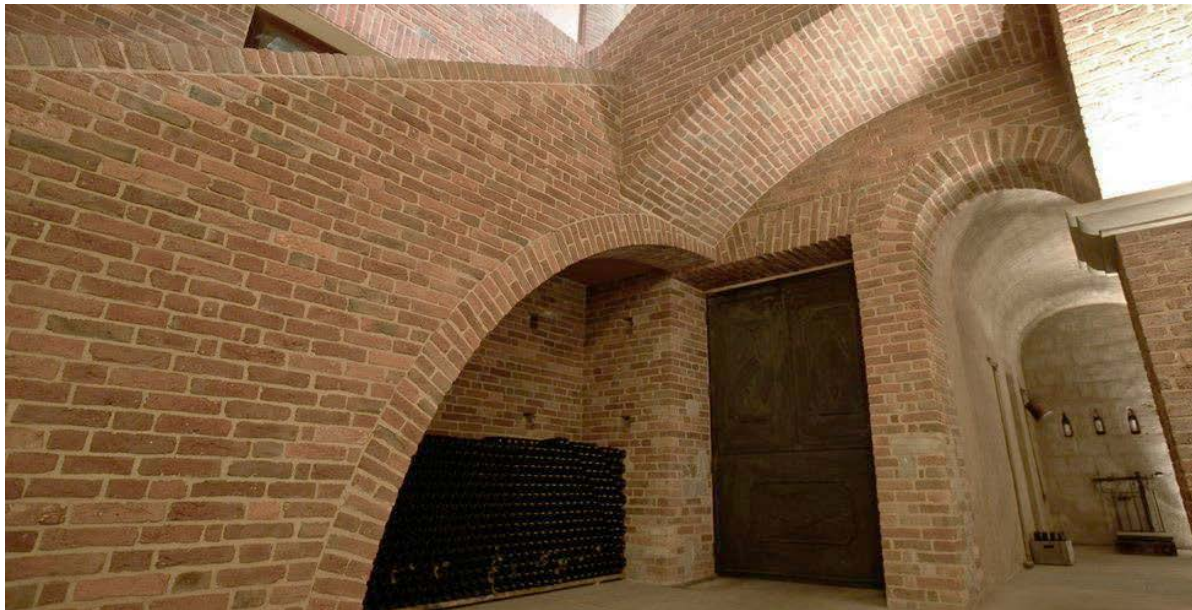
**RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'EX MERCATO COPERTO DA ADIBIRE A NUOVO CENTRO POLIFUNZIONALE - LATRONICO (PZ)**

L'INTERVENTO CON MATERIALE COMPOSITO HA PERMESSO L'ADEGUAMENTO SISMICO DELLA STRUTTURA, GIÀ DOTATA DI REGOLARITÀ IN PIANTA ED IN ALTEZZA E DI TELAII SISMORESISTENTI IN ENTRAMBE LE DIREZIONI. LA FASCIATURA DELLE TRAVI E DEI NODI TRAVE-PILASTRO HA PERMESSO DI ELIMINARE LA FORMAZIONE PREMATURA DI MECCANISMI FRAGILI, MENTRE IL CONFINAMENTO DEI PILASTRI, OLTRE AD INCREMENTARNE LA RESISTENZA A TAGLIO, AGISCE SULLA DUTTILITÀ E SULLA RESISTENZA DI SEZIONE COSÌ DA OTTIMIZZARE IL MECCANISMO DUTTILE (COMPORTAMENTO PILASTRO FORTE - TRAVE DEBOLE)

**INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICIO DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 08.09.2009: «CONDOMINIO AQ 2000»**

RINFORZO A FLESSIONE DI UNA TRAVE EMERGENTE «TOZZA»  
RINFORZO A TAGLIO DI UNA TRAVE A SPESSORE CON BARRE PULTRUSE IN FRP

## INTERVENTI SU STRUTTURE IN MURATURA



ELIMINARE CARENZE STATICHE DI  
SISTEMI VOLTATI



INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELL'EX BIBLIOTECA DI SAN PIETRO IN VINCOLI IN ROMA.

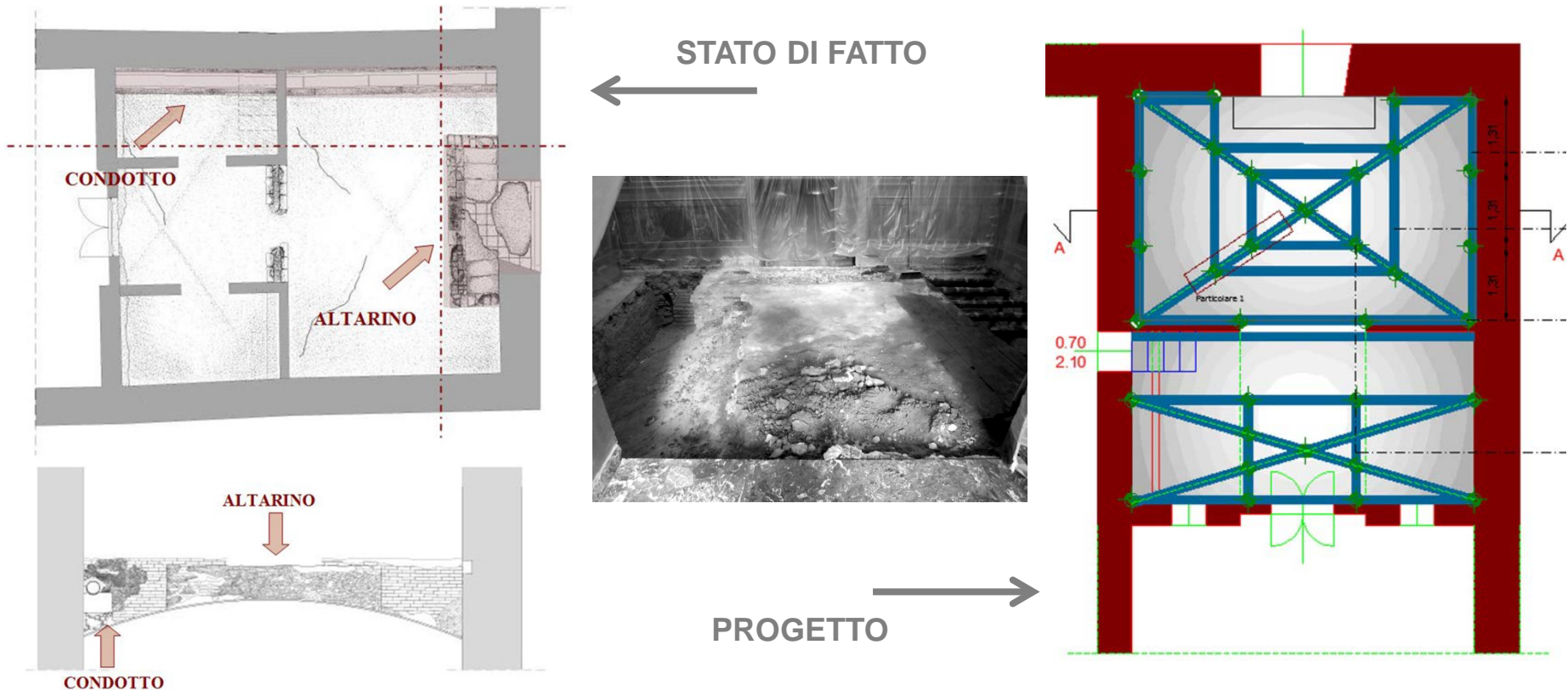
## APPLICAZIONE DI NASTRI MONODIREZIONALI IN FRP



L'INTERVENTO MIRAVA A PRESERVARE IL SISTEMA DI VOLTE INSERENDO UN NUOVO ORIZZONTAMENTO CONNESSO ALLE MURATURE D'AMBITO MEDIANTE CORDOLI IN ACCIAIO.

IL SOLAIO DIVIENE ELEMENTO PORTANTE PER I SOVRACCARICHI PERMANENTI ED ACCIDENTALI MA, ALLO STESSO TEMPO, FUNGE DA IMPALCATO RIGIDO PER LE MURATURE AD ESSO CONNESSO CON ELIMINAZIONE DEI MECCANISMI DI PRIMO MODO ED IN PARTICOLARE QUELLO DI RIBALTAMENTO FUORI DAL PIANO.

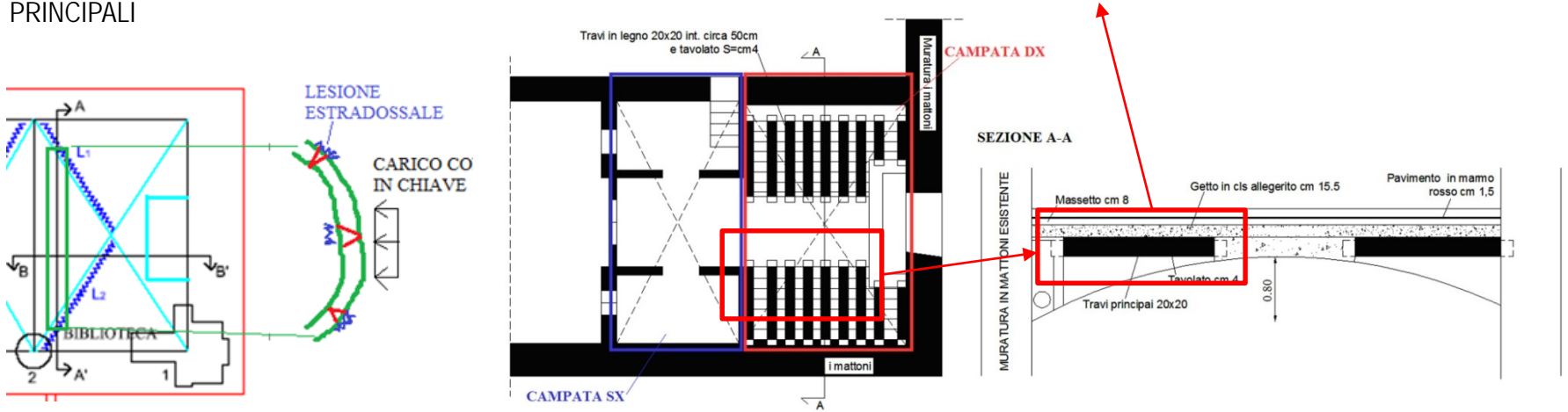
LE **VOLTE ESISTENTI** IN MURATURA RIMANGONO MA HANNO IL SOLO COMPITO DI «PORTARE» IL PESO PROPRIO ED IL RIEMPIMENTO ALLE RENI OPPORTUNAMENTE RIPRISTINATO CON MATERIALE ALLEGGERITO.  
L'INTERVENTO È COMPLETATO APPLICANDO **ALL'ESTRADOSSO FASCE DI TESSUTO MONOASSIALE IN FRP SECONDO LA DIREZIONE DEGLI ARCHI ELEMENTARI** INDIVIDUATI DALLA GEOMETRIA DEL SISTEMA VOLTATO.



## SINTESI FASI DI INTERVENTO APPLICAZIONE FRP

- PULIZIA DELLE SUPERFICI DA TRATTARE PER ELIMINARE OGNI TRACCIA DI POLVERE.
- STESURA A PENNELLO O A RULLO DI UNA MANO OMOGENEA DI PRIMER EPOSSIDICO SULLA SUPERFICIE PULITA ED ASCIUTTA
- RASATURA CON STUCCO EPOSSIDICO BICOMPONENTE A PRESA LENTA, DI CONSISTENZA TISSOTROPICA; LA PRIMA MANO DOVRÀ ESSERE APPLICATA CON SPATOLA DENTATA, LA SECONDA CON SPATOLA LISCIA.
- APPLICAZIONE DI UNA PRIMA MANO A PENNELLO O A RULLO DI ADESIVO EPOSSIDICO BICOMPONENTE DI MEDIA VISCOSITÀ
- POSA IN OPERA DEL PRIMO STRATO DI FASCE IN FRP UNIDIREZIONALE
- SPIANAMENTO DEL TESSUTO CON CURA, CON LE MANI PROTETTE DA GUANTI IMPERMEABILI DI GOMMA
- APPLICAZIONE DI UNA SECONDA MANO DI ADESIVO EPOSSIDICO BICOMPONENTE DI MEDIA VISCOSITÀ
- POSA IN OPERA DEL SECONDO STRATO DI FASCE IN FRP
- IMPREGNAZIONE E SATURAZIONE MEDIANTE ADESIVO EPOSSIDICO BICOMPONENTE DEL TESSUTO CON APPOSITI RULLI IMPREGNATORI;
- APPLICAZIONE E SPOLVERO DI SABBIA QUARZIFERA
- APPLICAZIONE DI STRATO PROTETTIVO FINALE CON MALTA PREMISCELATA BICOMPONENTE AD ELEVATA DUTTILITÀ, FIBRORINFORZATA, A BASE DI CALCE IDRAULICA (S=1CM)

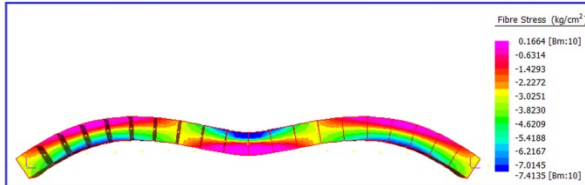
**IMPORTANZA DEL LIVELLO DI CONOSCENZA:** È EMERSO CHE LA VOLTA A CROCIERA HA SUBITO UN INTERVENTO SUCCESSIVO, CHE APPARE PEGGIORATIVO, CONSISTITO NELLO «SVUOTAMENTO» DELLE RENI ED INSERIMENTO DI TRAVI IN LEGNO CHE CONCENTRANO I CARICHI IN CHIAVE. CIÒ HA PROBABILMENTE CONTRIBUTITO ALLA FORMAZIONE DI FESSURE ALL'ESTRADOSSO PARALLELE AGLI ARCHI PRINCIPALI



## 1. MODELLO FEM ARCO DIAGONALE A BEAM

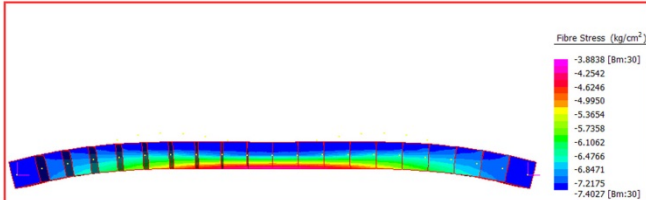
## 2. MODELLO FEM CON APPLICAZIONE FASCE FRP

CASO A "VOLTA SCARICA"

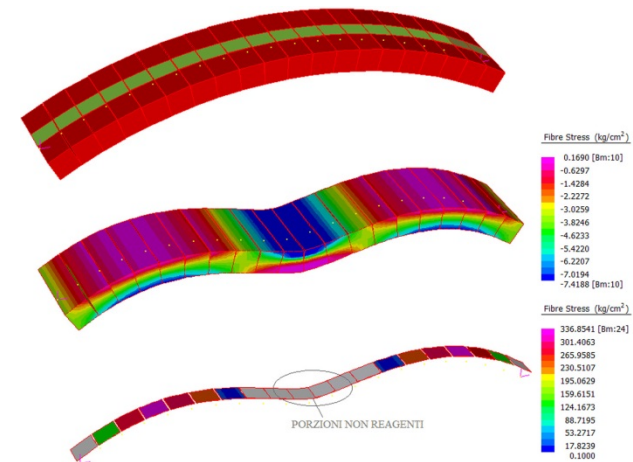


1. ANALISI NON LINEARE CONDOTTA SU ARCO DIAGONALE CON MODELLAZIONE A FIBRE (REGIME DI PRESSOFLESSIONE): IL RIPRISTINO DELLE CONDIZIONI PREESISTENTI (CASO B - VOLTA CARICA) MODIFICA SENSIBILMENTE LA CURVA DELLE PRESSIONI CHE NON ESCE MAI DAL NOCCIOLLO D'INERZIA DELLA SEZIONE

CASO B "VOLTA CARICA"



2. L'APPLICAZIONE DELLA FASCIA IN FRP ALL'ESTRADOSSO «RITARDA» LA FORMAZIONE DELLE CERNIERE PLASTICHE ALLE RENI (IN CHIAVE IL CONTRIBUTO È NULLO), COMPORTANDO UN INCREMENTO DI CARICO DI CIRCA IL 17% RISPETTO AL CASO B PROPOSTO A SINISTRA



INTERVENTO POST-SISMA NELLA REGIONE ABRUZZO IN EDIFICIO DEL CENTRO STORICO DE L'AQUILA AD USO ABITATIVO CON ESITO TIPO E – «CONSORZIO PIAZZETTA DEL CARDINALE» – U.M.I. 2

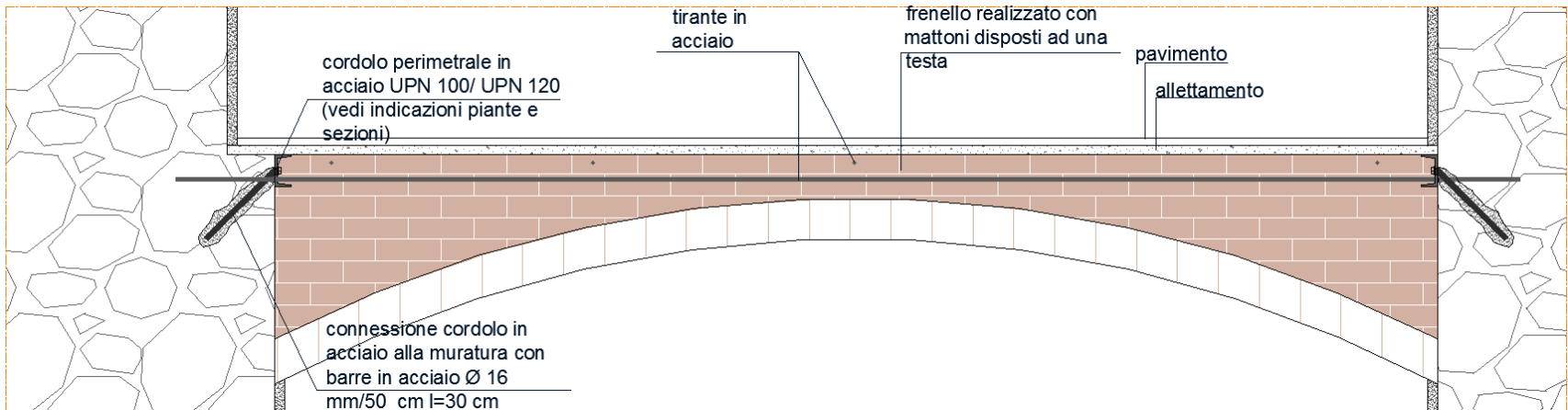
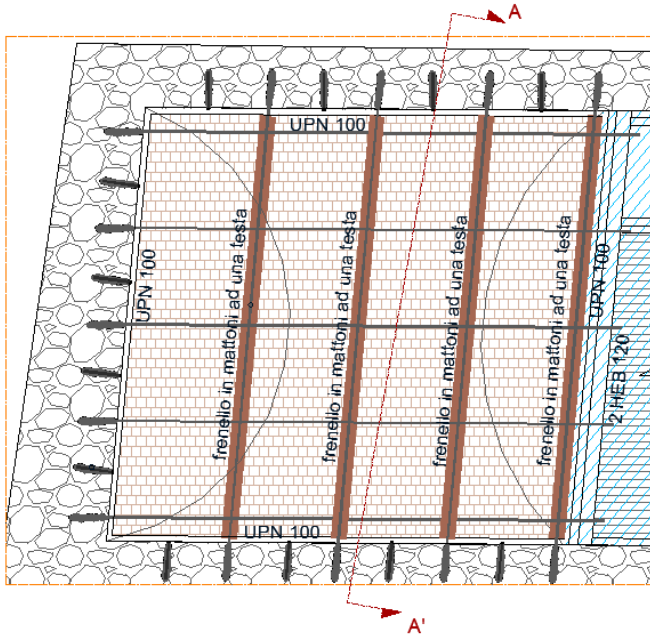
## UTILIZZO DI FRENELLI E TIRANTI PASSIVI



L'INTERVENTO PERMETTE DI SALVAGUARDARE LE CARATTERISTICHE DI PREGIO DELL'EDIFICIO MEDIANTE LA **CONSERVAZIONE DEI SISTEMI VOLTATI IN MATTONI PIENI AD UNA TESTA**.

L'INSERIMENTO DEI **FRENELLI**, CHE DI FATTO REALIZZA UN SISTEMA DI CELLE DA RIEMPIRE CON MATERIALE LEGGERO, AVVIENE NELLA DIREZIONE PARALLELA AGLI ARCHI ELEMENTARI, IN MODO DA MIGLIORARNE LA CAPACITÀ STRUTTURALE NEI CONFRONTI DELLE AZIONI GRAVITAZIONALI E SISMICHE, CON **INCREMENTO DI RIGIDEZZA E RESISTENZA**.

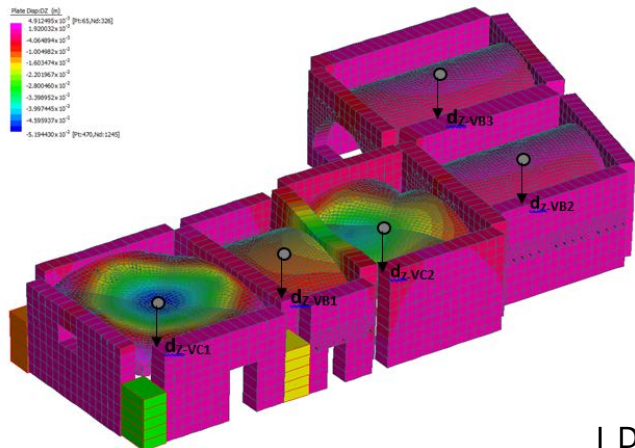
COSÌ COME DESCRITTO, SI INTERVIENE SUL MECCANISMO DI SOLO ARCO RISULTANDO «DEBOLE» QUELLO CHE COINVOLGE ANCHE I MASCHI FUORI DAL PIANO (RIBALTAMENTO). RISULTA NECESSARIO PERTANTO BLOCCARE GLI SPOSTAMENTI ORIZZONTALI IN TESTA, DA QUI L'INSERIMENTO DI **TIRANTI PASSIVI** ANCORATI ALLE MURATURE, CHE INOLTRE GARANTISCONO LA COLLABORAZIONE TRA STRUTTURE VERTICALI E SISTEMA RINFORZATO VOLTA + FRENELLI. SI PERVIENE PERTANTO AL COMPORTAMENTO SCATOLARE DELL'EDIFICIO, DOVE IN CAMPO DINAMICO SI HA UN MECCANISMO DI INSIEME CON LE PARETI CHE COLLABORANO IN BASE ALLA PROPRIA RIGIDEZZA RESISTENZA E CAPACITÀ DUTTILE NEL PIANO.



## SINTESI FASI DI INTERVENTO

- PUNTELLAMENTO DELLE VOLTE PRIMA DI PROCEDERE ALLO SVUOTAMENTO;
- RIMOZIONE DEI PAVIMENTI E DEI RINFIANCHI:  
DOPO AVER RIMOSSO I PAVIMENTI ED IL SOTTOSTANTE MASSETTO SI PROCEDE RIMUOVENDO IL RINFIANCO IN MODO UNIFORME ED A MANO, EVITANDO LE VIBRAZIONI PROVOCATE DAI MARTELLI PNEUMATICI. LA RIMOZIONE UNIFORME DEL RINFIANCO EVITA L'EFFETTO NEGATIVO CHE SI VERREBBE A GENERARE CON UN'ASPORTAZIONE ASIMMETRICA DEI MATERIALI.  
UNA VOLTA ASPORTATO TUTTO IL MATERIALE SI PROCEDE AD UN ACCURATA PULITURA MEDIANTE SOFFIATURA E LAVAGGIO DELL'ESTRADOSSO DELLA VOLTE SINO ALLA COMPLETA MESSA A NUDO DEI CONCI;
- STILATURA DEI GIUNTI ED EVENTUALE RISARCITURA DELLE LESIONI;
- REALIZZAZIONE CORDOLO PERIMETRALE ED ANCORAGGIO ALLE MURATURE PERIMETRALI;
- REALIZZAZIONE FRENELLI IN MATTONI PIENI E POSA DI TIRANTI TRASVERSALI PER MIGLIORARE IL COMPORTAMENTO NEL PIANO;
- RIEMPIMENTO ALLE RENI CON ARGILLA ESPANSA NELLE CELLE CREATE DOPO LA REALIZZAZIONE DEI FRENELLI.

# ANTE - OPERAM

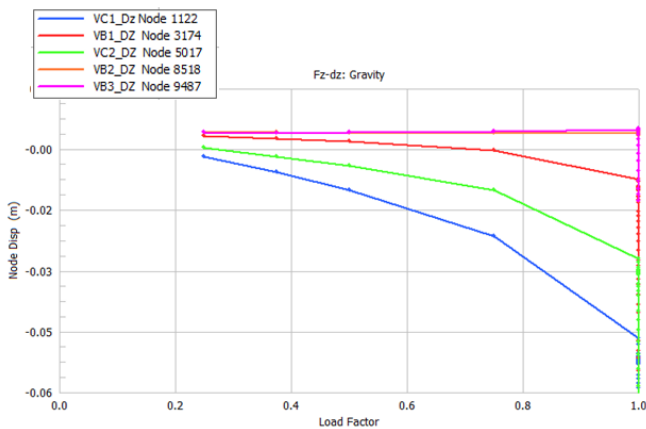
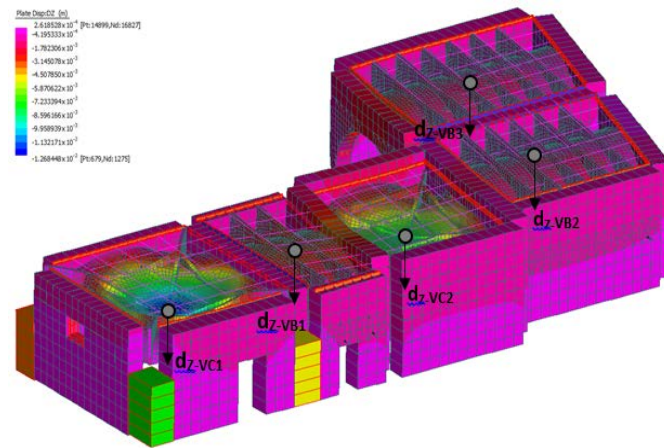


**ANALISI PUSH OVER  
STAGE 1:  
APPLICAZIONE DEI CARICHI  
GRAVITAZIONALI**

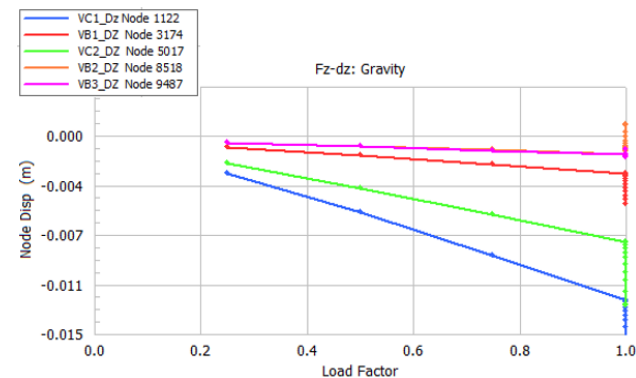
**CONFRONTO TRA STATO  
ANTE E POST-OPERAM:**

I DIAGRAMMI CARICHI – SPOSTAMENTI VERTICALI DEI PUNTI DI CONTROLLO MOSTRANO L'EFFICACIA DEI FRENELLI:

# POST - OPERAM

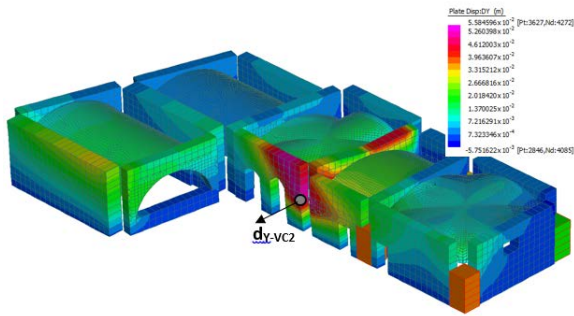


- 1. IL SISTEMA VOLTATO È PIÙ RIGIDO, CON SPOSTAMENTI VERTICALI ASSOLUTI RIDOTTI NEL CASO POST – OPERAM;**
- 2. ASSENZA DI NON LINEARITÀ NEL CASO POST-OPERAM (DIAGRAMMA LINEARE), QUINDI ASSENZA DI FESSURAZIONE NELLA MURATURA.**

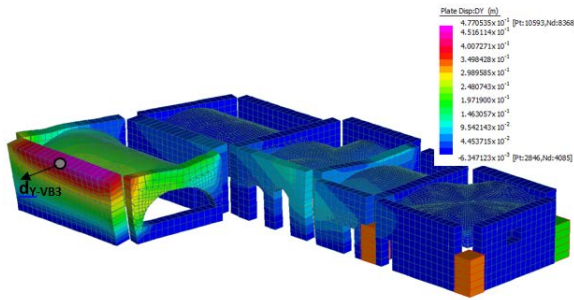




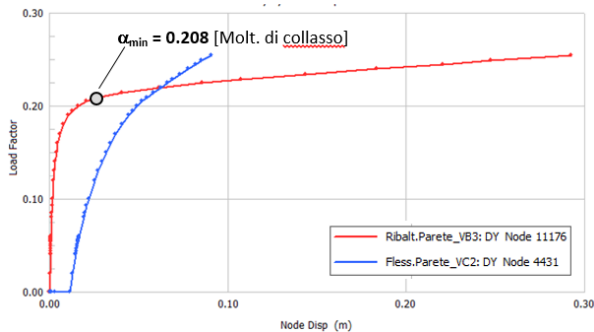
## ANTE - OPERAM



Colorman displacement dy: step di carico LF = 0.200



Colorman displacement dy: step di carico LF = 0.254



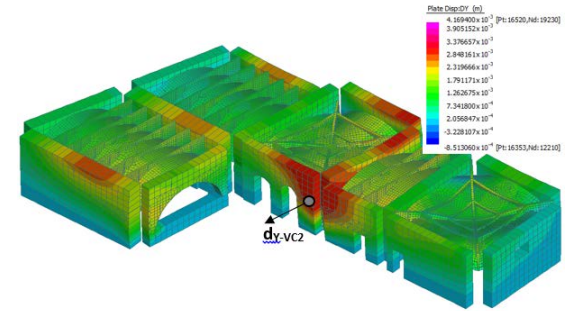
## ANALISI PUSH OVER – STAGE 2: DISTRIBUZIONE PROPORZIONALE ALLE MASSE

### CONFRONTO TRA STATO ANTE E POST-OPERAM:

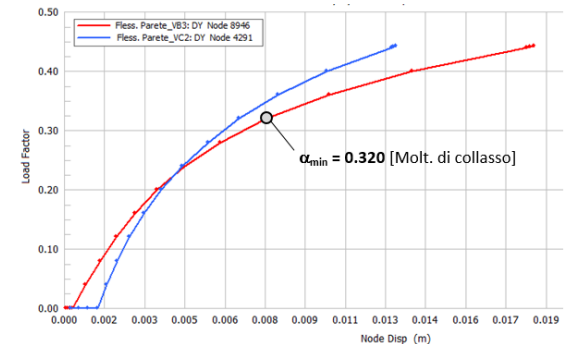
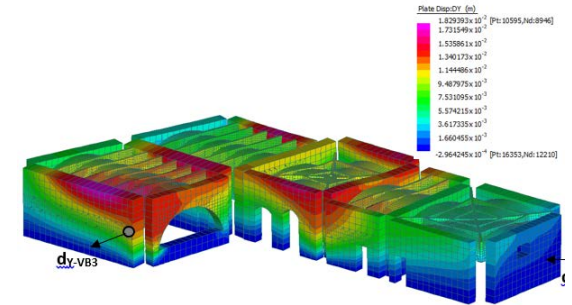
I DIAGRAMMI LOAD FACTOR – SPOSTAMENTI ORIZZONTALI DEI PUNTI DI CONTROLLO MOSTRANO L'EFFICACIA DEL SISTEMA FRENELLI + TIRANTI ATTIVI:

1. IL MECCANISMO FUORI PIANO PIÙ DEBOLE, CHE INTERESSA LA VOLTA A BOTTE VB3, SI MODIFICA DA RIBALTAMENTO A FLESSIONE VERTICALE;
2. IL MOLTIPLICATORE DI COLLASSO SI INCREMENTA DI CIRCA IL 54% E COMUNQUE IL SISTEMA, NELLO STATO POST-OPERAM, RISULTA AVERE ANCORA RISERVE DI RESISTENZA AL CONTRARIO DELLO STATO DI FATTO.

## POST - OPERAM



Colorman displacement dy: step di carico LF = 0.180



ELIMINAZIONE DEI MECCANISMI DI  
PRIMO MODO

# IMPORTANZA DEI CORDOLI DI PIANO

IL QUADRO FESSURATIVO MANIFESTATOSI SUGLI EDIFICI STORICI A SEGUITO DI UN TERREMOTO PERMETTE DI COMPRENDERE LA IMPORTANTE FUNZIONE CHE ASSUME IL CORDOLO DI PIANO E/O DI COPERTURA NEI CONFRONTI DEI MECCANISMI DI PRIMO MODO CHE COINVOLGONO I MASCHI MURARI. A SECONDA DEI DETTAGLI COSTRUTTIVI, È POSSIBILE INDIVIDUARE CONFIGURAZIONI SEMPRE PIÙ EFFICACI NEI CONFRONTI DEI MECCANISMI DEL 1° ORDINE:

1. **IL CORDOLO DI FATTO CREA UNA DISCONTINUITÀ NELLA PARETE MURARIA, MODIFICANDO L'ALTEZZA DELLA PARETE COINVOLTA DAL CINEMATISMO DI RIBALTAMENTO, CHE DA QUELLA TOTALE DELL'EDIFICIO SI RIDUCE A QUELLA DI PIANO, INCREMENTANDO COSÌ IL MOLTIPLICATORE DI COLLASSO;**
2. **SE POI IL CORDOLO È EFFICACEMENTE CONNESSO ALLE PARETI MURARIE, IL CINEMATISMO DI RIBALTAMENTO SI MODIFICA COINVOLGENDO ANCHE LE MURATURE ORTOGONALI, MIGLIORANDO ULTERIORMENTE LA CAPACITÀ DI COLLASSO NEI CONFRONTI DELLE AZIONI FUORI DAL PIANO;**
3. **SE POI SI HA L'ESISTENZA DI UN SOLAIO CON IMPALCATO DOTATO DI UNA PROPRIA RIGIDEZZA NEL PIANO, IL CINEMATISMO SI MODIFICA ULTERIORMENTE ESSENDO IMPEDITI GLI SPOSTAMENTI IN TESTA: DAL RIBALTAMENTO SI PASSA ALLA FLESSIONE VERTICALE CON INCREMENTO DEL MOLTIPLICATORE MINIMO DI COLLASSO.**

LE EVIDENZE POST SISMA NEGLI EDIFICI CHE HANNO SUBITO UN PRECEDENTE INTERVENTO IN COPERTURA CON RIFACIMENTO DEL CORDOLI IN C.A. DI ALTEZZA CONSIDEREOLE POSTO AL DI SOPRA DI MURATURE DI CARATTERISTICHE SCADENTI, HANNO EVIDENZIATO LA FORMAZIONE DI LESIONI DI INTERFACCIA LEGATE ALLA FORTE VARIAZIONE DI RIGIDEZZA.

IN QUESTI CASI L'UTILIZZO DI MATERIALI E/O TECNICHE INNOVATIVE RISULTANO ESTREMAMENTE EFFICACI POICHÈ PERMETTONO DI REALIZZARE CORDOLI «ARMATI» MANTENENDO L'ELEMENTO MURARIO, MA INCREMENTANDONE LA RESISTENZA A FLESSIONE E TAGLIO MEDIANTE L'INSERIMENTO DI MATERIALE REAGENTE A TRAZIONE

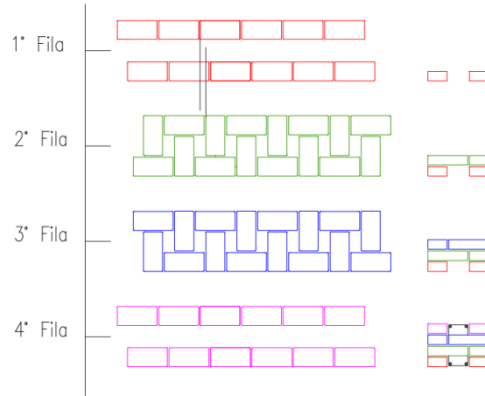
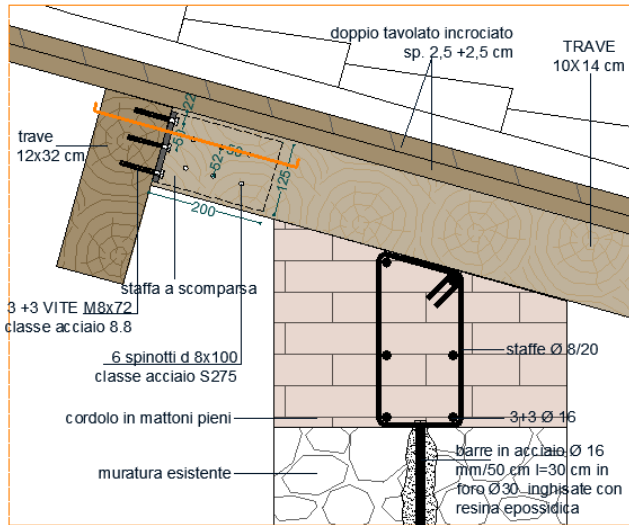


INTERVENTO POST-SISMA NELLA REGIONE ABRUZZO IN EDIFICIO DEL CENTRO STORICO DE L'AQUILA AD USO ABITATIVO CON ESITO TIPO E – «CONSORZIO PIAZZETTA DEL CARDINALE» – U.M.I. 2

## CORDOLO IN MURATURA ARMATA

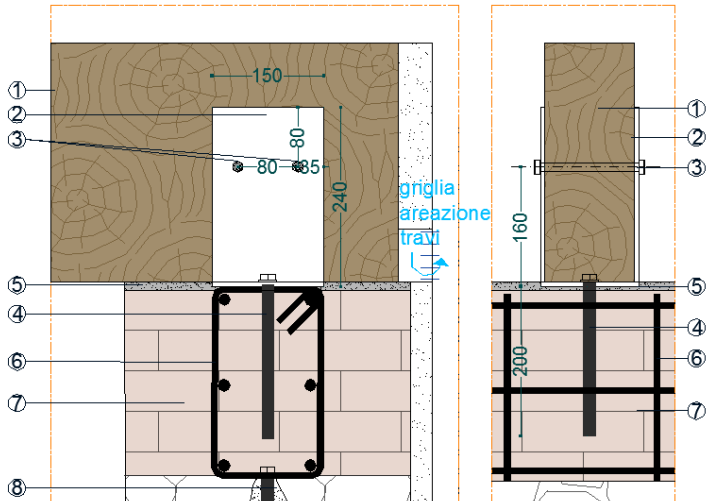


SEZIONE AA' SC. 1:10



sezione laterale

sezione frontale

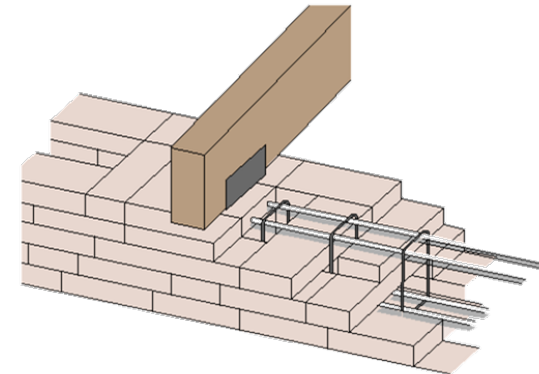


1. trave in legno lamellare GL32h 12x32 cm
2. piastra 150x240x6
3. 2 bullone M12
4. barra filettata Ø12 L 200
5. malta di allettamento
6. armatura cordolo costituita da 3+3Ø16 e staffe Ø8/20
7. cordolo in mattoni pieni
8. barre in acciaio Ø 16 mm/50 cm l=30 cm inghisate con resina epossidica

## SINTESI FASI DI INTERVENTO

- Demolizione del tratto terminale di muratura per un'altezza pari ad almeno 50 cm al di sotto della quota di appoggio dell'orditura del tetto;
- Eventuale consolidamento della muratura sottostante il cordolo
- Ricostruzione con mattoni pieni al cui interno sarà collocata l'armatura.

N.B. si avrà cura di collegare al cordolo i tirafondi di attesa ai quali saranno ancorate le testate dell'orditura principale della copertura



INTERVENTO POST-SISMA NELLA REGIONE ABRUZZO IN EDIFICIO DEL CENTRO STORICO DI LUCOLI AD USO ABITATIVO CON ESITO TIPO E

## CORDOLO IN MURATURA ARMATA CON FRP

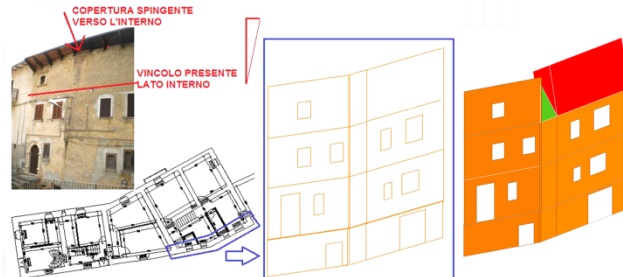




**LESIONE LOCALE  
A SCHIACCIAMENTO  
DELLA MURATURA  
PORTANTE IN  
PROSSIMITA' DELLA  
TRAVE DI COPERTURA**

GLI INTERVENTI VOLTI AL RECUPERO DELLE CONDIZIONI DI SICUREZZA NONCHÉ AL MIGLIORAMENTO SISMICO DELL'EDIFICIO PREVEDONO L'INSERIMENTO DI PLACCAGGI ORIZZONTALI ALL'IMPALCATO DI SOTTOTETTO, IL RIFACIMENTO DELLA COPERTURA CON TRAVI IN LEGNO LAMELLARE A DOPPIA ORDITURA E LA REALIZZAZIONE DI UN **CORDOLO PERIMETRALE IN MATTONI PIENI E FRP** DI H45 CM E SPESSORI PARI ALLA MURATURA SOTTOSTANTE.

Cinematismo n°2 Ribaltamento semplice copertura



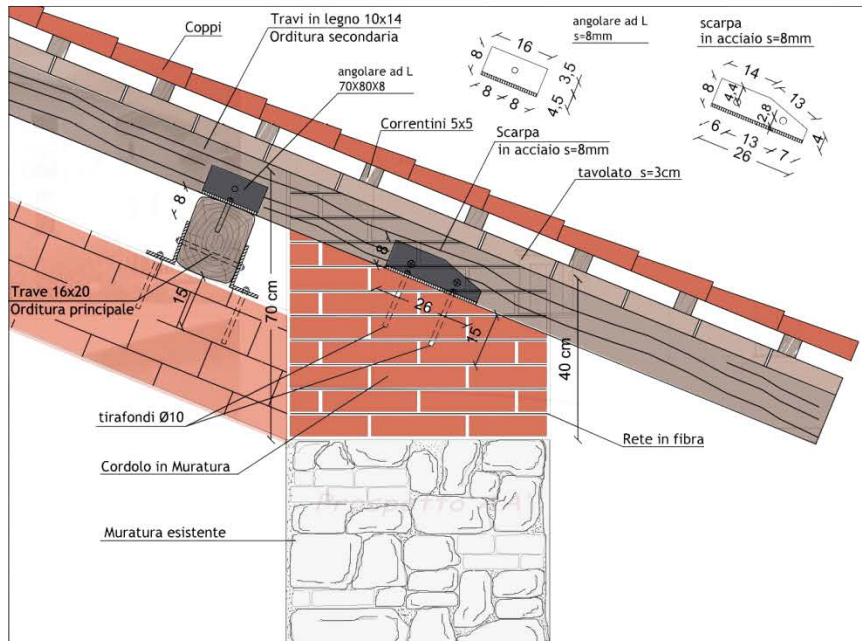
**LA REALIZZAZIONE DEI CORDOLI ARMATI CON FRP ELIMINA LA FORMAZIONE DEL CINEMATISMO CON CONSEGUENTE AUMENTO DELL'INDICE DI VULNERABILITA' RELATIVO AI MECCANISMI DI 1° MODO DEL 96%**

STATO DI FATTO

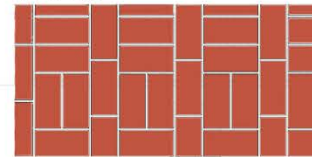
STATO DI PROGETTO

$$I_v = PGAC / PGAD = 0.57$$

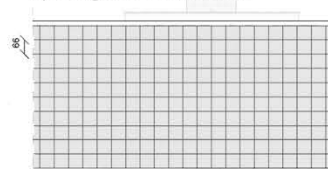
$$I_v = PGAC / PGAD = 12.74$$



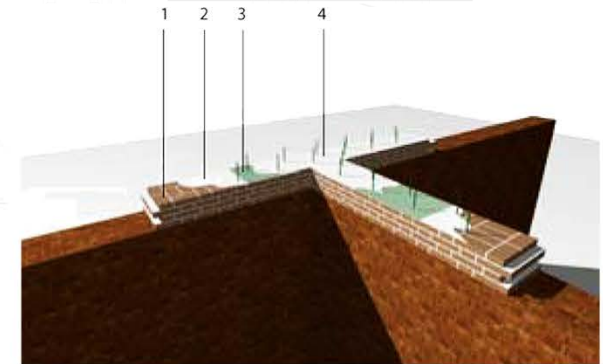
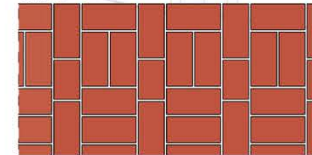
Pianta tipo 1 mattoni pieni file 1-3-5



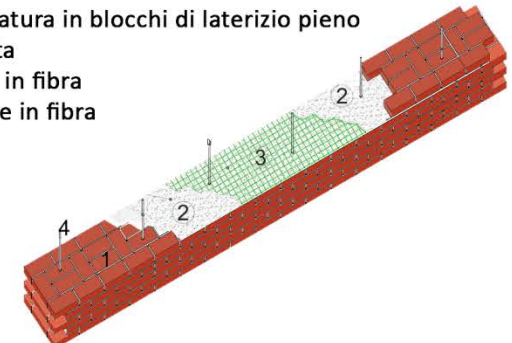
Tipologia rete in fibra



Pianta tipo 2 mattoni pieni file 2-4



- 1- muratura in blocchi di laterizio pieno
- 2- malta
- 3- rete in fibra
- 4- barre in fibra



ELIMINAZIONE DEI MECCANISMI DI  
SECONDO MODO



INTERVENTO POST-SISMA NELLA REGIONE ABRUZZO IN EDIFICIO DEL CENTRO STORICO DE L'AQUILA AD USO ABITATIVO CON ESITO TIPO E – CONSORZIO "SAN SILVESTRO2009" n.1307

## FASCE DI PIANO CON FRP - TESSUTO UNIDIREZIONALE -



L'INTERVENTO PREVEDE LA POSA DI UNO STRATO **DI TESSUTO IN FRP UNIDIREZIONALE** **DI LARGHEZZA** 20 cm., SIA ORIZZONTALMENTE CHE VERTICALMENTE AD INTERASSE DI 2.00 m, PER LE FASCE VERTICALI, DI 1,50 m PER LE FASCE ORIZZONTALI ANCORATE ALLA MURATURA **CON CONNETTORI A FIOCCO** IN FIBRA UNIDIREZIONALE.

I CONNETTORI SARANNO DISPOSTI AD OGNI INCROCIO DELLE FASCE E POI IN RAGIONE DI UNO OGNI 30 cm.

IN PRESENZA DI APERTURE, LE FASCE DI TESSUTO IN FIBRA SARANNO POSATE COME SEGUE, OSSIA:

- **NELLE FASCE DI PIANO** (PORZIONI MURARIE PRESENTI AL DI SOPRA DELLE APERTURE) SI POSANO N.2 STRATI CON INTERASSE NON SUPERIORE AI 50-60 cm, CIO' VALE SIA PER I NASTRI ORIZZONTALI (CHE SEGUONO TUTTO IL PROSPETTO) CHE PER LE PORZIONI DI STRISCE VERTICALI SOPRA LE APERTURE.
- **NEI MASCHI MURARI** (PORZIONE DI MURATURA CONTINUA SU TUTTA L'ALTEZZA) SI POSERANNO (1 STRATO) COMUNQUE ALMENO 2 FASCE VERTICALI (ANCHE SE L'INTERASSE E' MINORE DI 2 m) ED UNA FASCIA ORIZZONTALE INTERMEDIA.



# APPLICAZIONE DI NASTRI UNIDIREZIONALE IN FRP: ASPETTI DI MODELLAZIONE A MACROELEMENTI

## MECCANISMO DI PRESSO-FLESSIONE

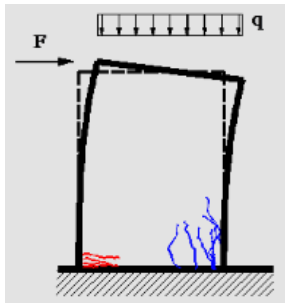


IL TESSUTO IN FRP COMPORTA UN **INCREMENTO DI RESISTENZA A TRAZIONE** LUNGO LA GIACITURA DI APPLICAZIONE; BISOGNA STARE ATTENTI AI PROBLEMI DI DELAMINAZIONE CHE OLTRE A RIDURRE TALE INCREMENTO DI RESISTENZA POTREBBERO CAUSARE UNA RIDUZIONE DELLA DEFORMAZIONE ULTIMA

$$\Delta\sigma_{t,v} = \frac{A_h \cdot f_{FR}}{p_h \cdot s}$$

$$\Delta\sigma_{t,h} = \frac{A_v \cdot f_{FR}}{p_v \cdot s}$$

$$\varepsilon_u = \min\{\varepsilon_{mu}, \varepsilon_{fu}, \varepsilon_{fd}\}$$

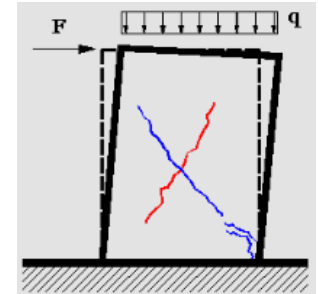


## MECCANISMO DI FESSURAZIONE DIAGONALE



**INCREMENTO DELLA RESISTENZA A TAGLIO** IN TERMINI TENSIONALI, SECONDO UNA FORMULAZIONE CORENTE CON IL MODELLO DI TRALICCIO EQUIVALENTE (LIMITE DELLE AZIONI DI COMPRESSIONE NEL PUNTO)

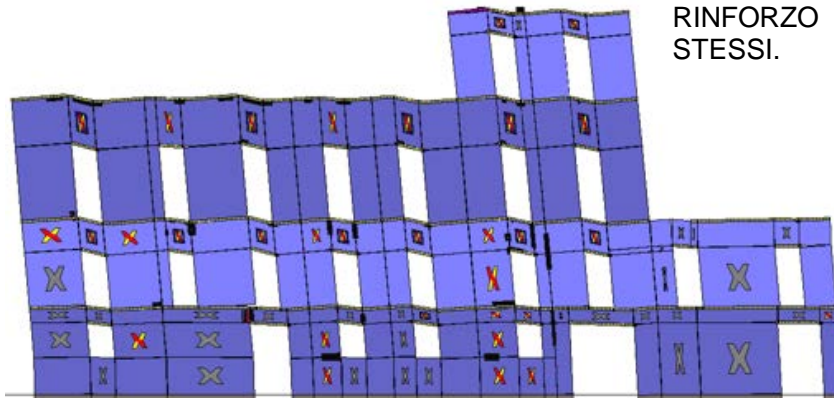
$$\Delta\tau = \frac{V_R}{b \cdot s} = 0.6 \cdot \frac{1}{3} \left( \frac{A_h}{p_h} + \frac{A_v}{p_v} \right) \cdot \frac{f_{FR}}{s} \leq 0.3\sigma_c - \tau_0$$



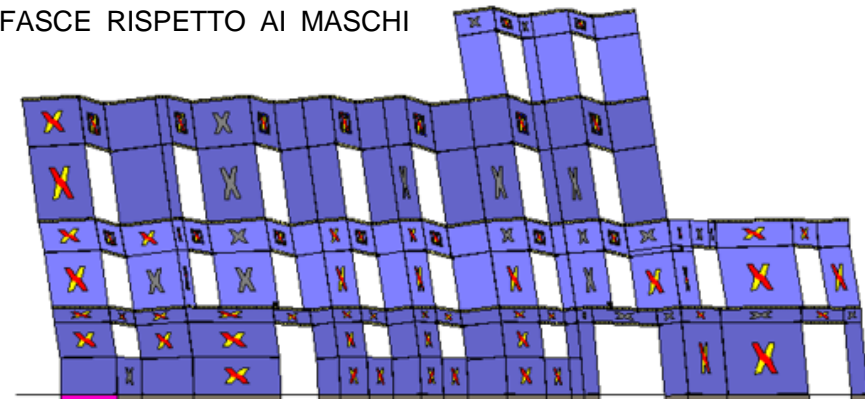
SI APPLICA UN NUMERO DI STRATI MAGGIORE NELLE FASCE DI PIANO PER **MIGLIORARE IL MECCANISMO DI CAPACITÀ GLOBALE**, PASSANDO DAL CLASSICO CINEMATISMO DI ROCKING DEI MASCHI MURARI CON FASCE DI PIANO DEBOLI (IMMAGINE A SINISTRA) ALLA FORMAZIONE DI FESSURAZIONE DIAGONALE NEI MASCHI MURARI IN SEGUITO AL MAGGIORE RINFORZO DELLE FASCE RISPETTO AI MASCHI STESSI.



**MIGLIORAMENTO DEL MECCANISMO GLOBALE DELL'INTERO EDIFICIO**



nessun rinforzo dei maschi murari e fasce di piano

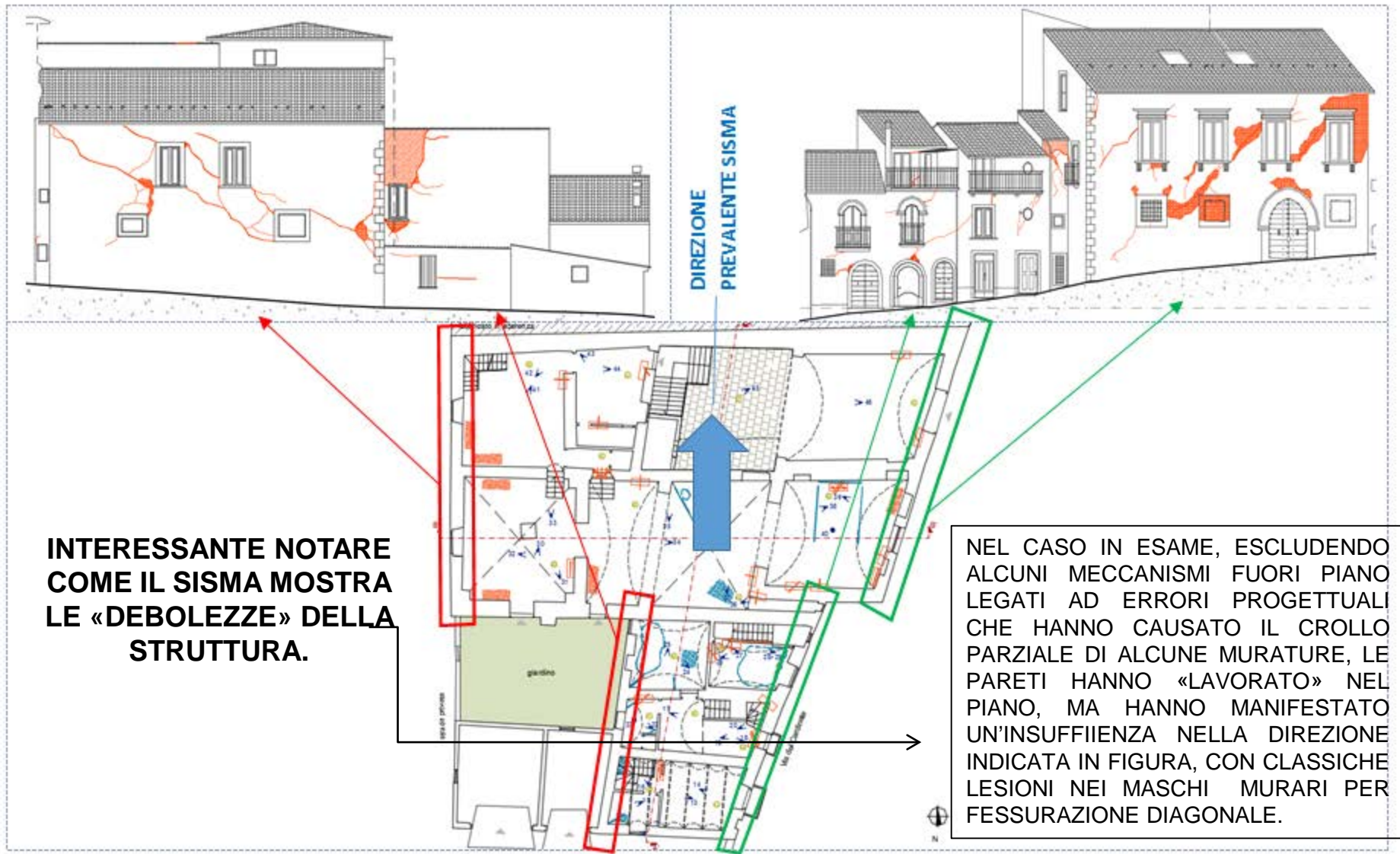


fibre di vetro a rinforzo delle fasce di piano

INTERVENTO POST-SISMA NELLA REGIONE ABRUZZO IN EDIFICIO DEL CENTRO STORICO DE L'AQUILA AD USO ABITATIVO CON ESITO TIPO E - «CONSORZIO PIAZZETTA DEL CARDINALE» - U.M.I. 2

## FASCE DI PIANO CON FRP - TESSUTO QUADRIASSIALI -





**Fig. 8 - LESIONI PER FESSURAZIONE DIAGONALE NELLE FASCE DI PIANO E NEI MASCHI MURARI DELLE PARETI PARALLELE A VIA DEL CARDINALE**

## FASI DI INTERVENTO

1. **PULIZIA** DELLA SUPERFICIE IN MURATURA INTERESSATA DALL'INTERVENTO CON RIMOZIONE DEI RIPOSTI DI MALTA O DELLE ZONE AMMALORATE;

2. **PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE** PER GARANTIRE L'ANCORAGGIO PER LA SUCCESSIVA FASE DI LAVORAZIONE CON APPARECCHIATURA PER L'ABRASIONE DELLA SUPERFICIE E LA CONTEMPORANEA ASPIRAZIONE DELLE POLVERI E DEI RESIDUI DI MALTE.

3. STESURA DI **PRIMER EPOSSIDICO**, AVENTE FUNZIONE DI APPRETTO E PONTE DI ADESIONE, A CONSISTENZA SUPERFLUIDA ED ESENTE DA SOLVENTI, APPLICATO A PENNELLO O RULLO SU SUPERFICIE ASCIUTTA

4. **RASATURA DI LIVELLAMENTO**, PER LA REGOLARIZZAZIONE DELLE SUPERFICI IN MURATURA, MEDIANTE RIPOSTO DIRETTO DI RESINA EPOSSIDICA IN PASTA A CONSISTENZA TISSOTROPICA.

5. INCOLLAGGIO SU STRUTTURE IN MURATURA DI **FASCIA IN MATERIALE COMPOSITO A BASE DI FIBRA ARAMIDICA**, QUADRIASSIALE ( $0^\circ - 90^\circ - \pm 45^\circ$ ) A FIBRE NON INTRECCIATE, GR/MQ 400 .

6. APPLICAZIONE "FRESCO SU FRESCO" DI **TESSUTO BIASSIALE PEEL-PLY** QUALE PONTE DI ADESIONE TRA IL PRIMO ED IL SECONDO STRATO.

7. **PERFORAZIONI AL WIDIA**, DISPOSTE A QUICONCE 5\MQ, DEL DIAMETRO MM.10-12 , CON UTILIZZO DI ATTREZZATURA NON BATTENTE, CON ASPIRAZIONE DELLE POLVERI RESIDUE ALL'INTERNO DI OGNI SINGOLO FORO.

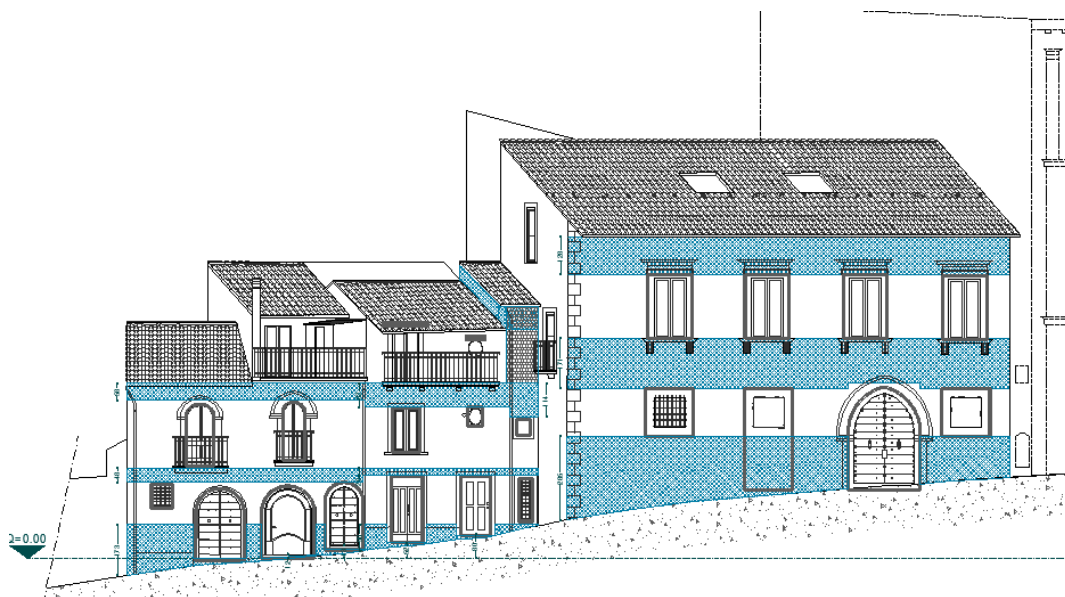
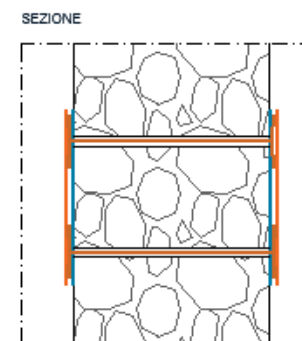
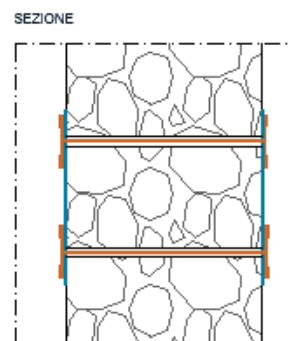
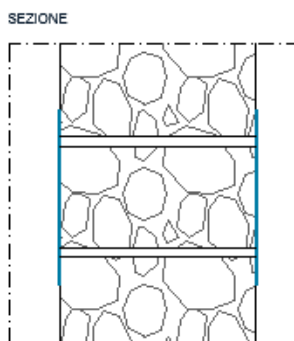
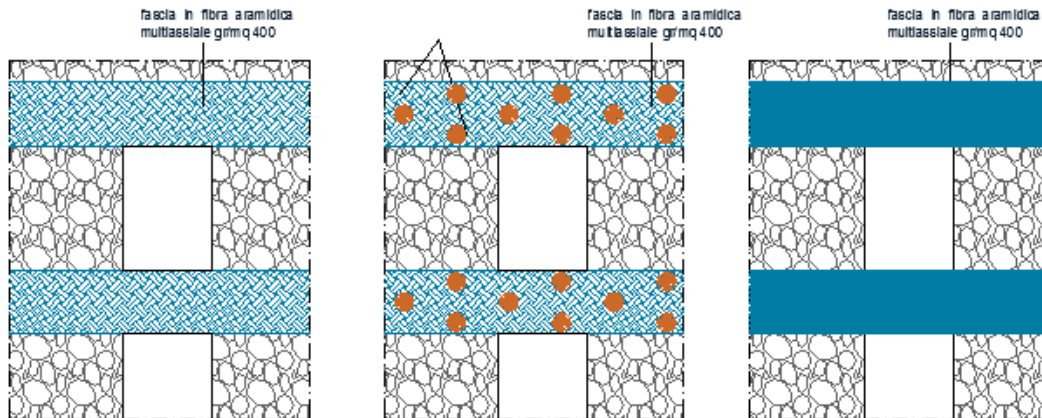
8. INSERIMENTO IN OGNI SINGOLO FORO DI **BARRA TONDA "PASSANTE"** IN FIBRA ARAMIDICA , **CON DOPPIO TERMINALE SFIOCATO GR/MQ 400** L= CM.30+SP.MURO + 30 CM DIAMETRO MM. 7.5

9. **INGHISAGGIO** DELLE BARRE IN FIBRA ARAMIDICA MEDIANTE INSERIMENTO DI RESINA EPOSSIDICA IN PASTA, CON IDONEA POMPA

10. **APERTURA ED IMPREGNAZIONE DEI FILAMENTI** COSTITUENTI LA PARTE SFIOCATA CON RESINA EPOSSIDICA

11. INCOLLAGGIO SU STRUTTURE IN MURATURA DI **FASCIA IN MATERIALE COMPOSITO A BASE DI FIBRA ARAMIDICA**, QUADRIASSIALE ( $0^\circ - 90^\circ - \pm 45^\circ$ ) A FIBRE NON INTRECCIATE, GR/MQ 400 GR/MQ 400

12. APPLICAZIONE "FRESCO SU FRESCO" DI **TESSUTO BIASSIALE PEEL-PLY** QUALE PONTE DI ADESIONE PER LA FORMAZIONE DI INTONACO



## INTERVENTI SU STRUTTURE IN C.A.



INTERVENTO DI RIPARAZIONE CON MIGLIORAMENTO SISMICO CONSEGUENTE AL SISMA NELLA REGIONE ABRUZZO DEL 06/04/2009 DI UN EDIFICIO PER CIVILE ABITAZIONE TEMPORANEAMENTE INAGIBILE (ESITO "E")  
«Condominio Aveia»

**ESEMPIO DI EDIFICIO CON CARENZE PROGETTUALI NEI CONFRONTI DELLE AZIONI ORIZZONTALI  
PER CUI NECESSITANO INTERVENTI CHE MODIFICHINO IN MANIERA SOSTANZIALE IL  
COMPORTAMENTO STRUTTURALE**

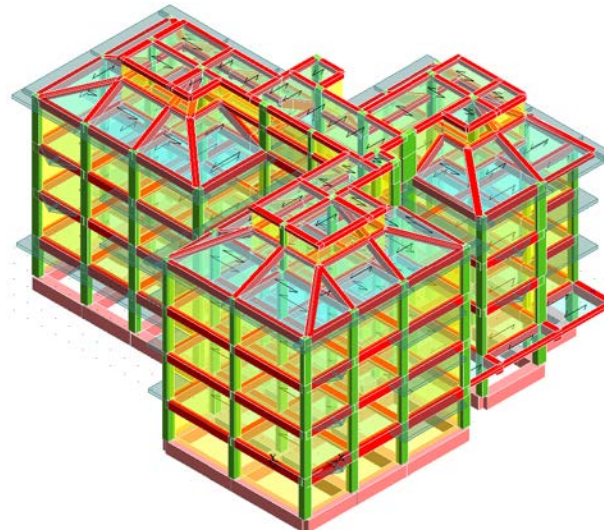
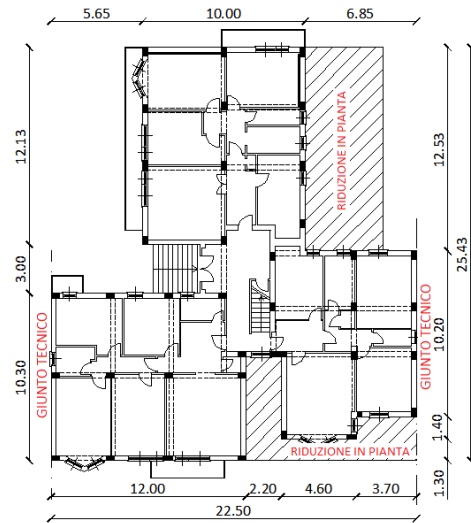




# PRINCIPALI PROBLEMATICHE RISCONTRATE

- 1) **FORTE IRREGOLARITÀ** DERIVANTE DALL'ANALISI MODALE;
- 2) **INSUFFICIENZA DEL GIUNTO**, CHE HA CAUSATO FENOMENI DI MARTELLAMENTO.

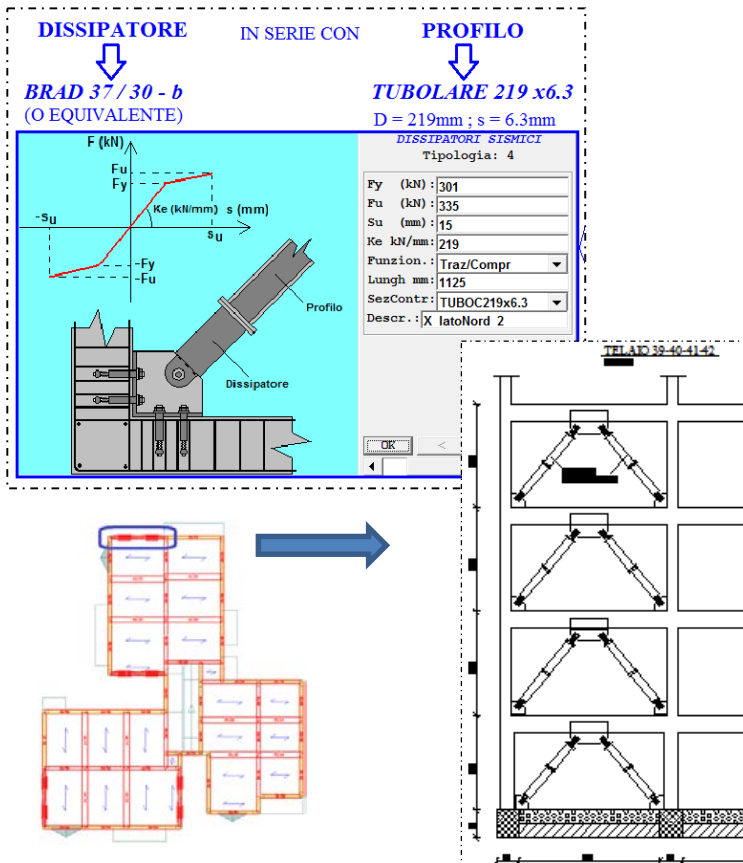
PIANTA PIANO TIPO



# INTERVENTI PROPOSTI

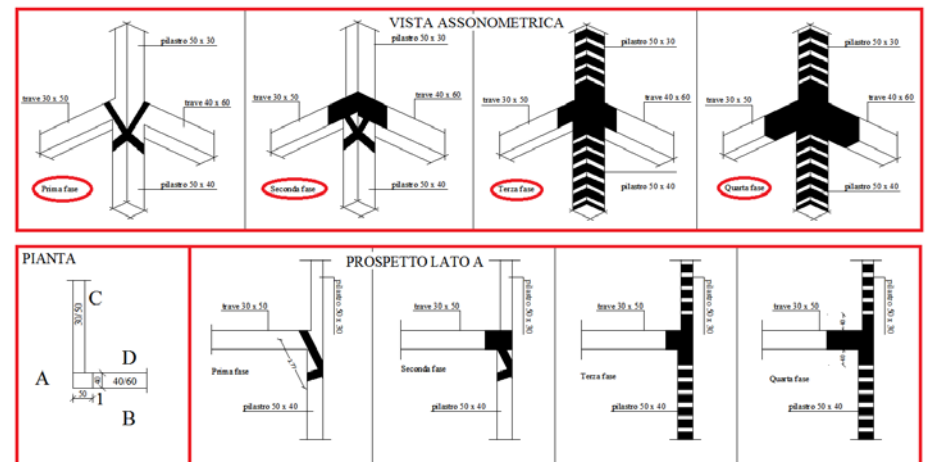
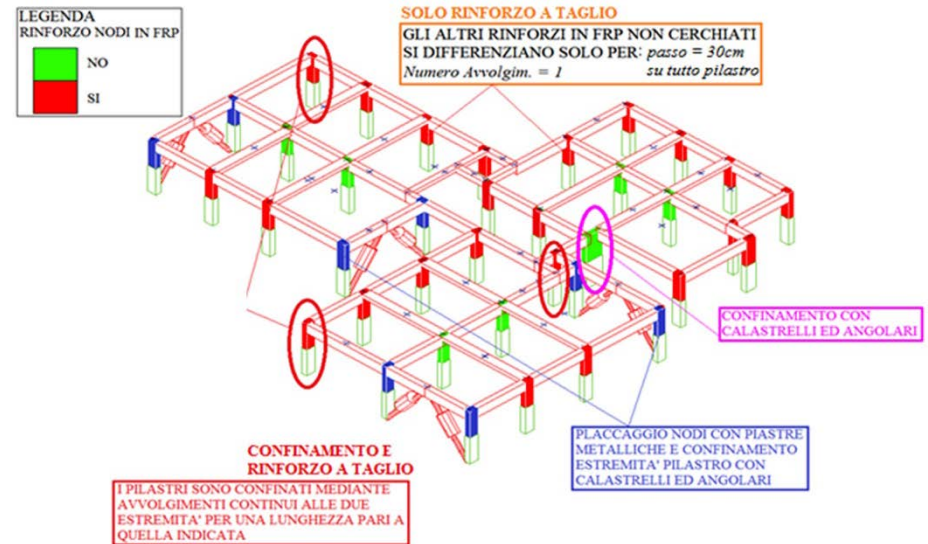
**CONTROVENTI DISSIPATIVI AD INSTABILITÀ IMPEDITA (BRAD) IN CONFIGURAZIONE CONCENTRICA A V ROVESCIA, CON RINFORZO DEI TELAI DI INSERIMENTO MEDIANTE ELEMENTI METALLICI**

- INCREMENTO DI RIGIDEZZA, RESISTENZA E DUTTILITÀ GLOBALE, CON "REGOLARIZZAZIONE" DELLA DISTRIBUZIONE DELLE RIGIDEZZE IN PIANTA ED ELEVAZIONE.



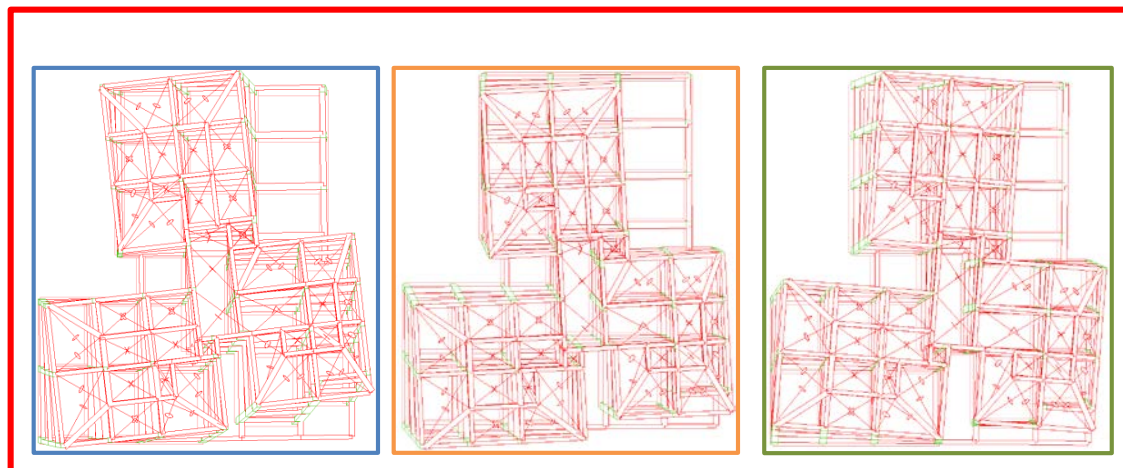
**I TELAI NON INTERESSATI DALL'INSERIMENTO DEI BRAD SONO RINFORZATI LOCALMENTE MEDIANTE FIBRE IN FRP**

- FASCE DI TESSUTO UNIDIREZIONALE PER ESTREMITÀ DI TRAVI E PILASTRI; TESSUTO QUADRIASSIALE NEL NODO, DOVE IL REGIME DEGLI SFORZI È PLURIASSIALE



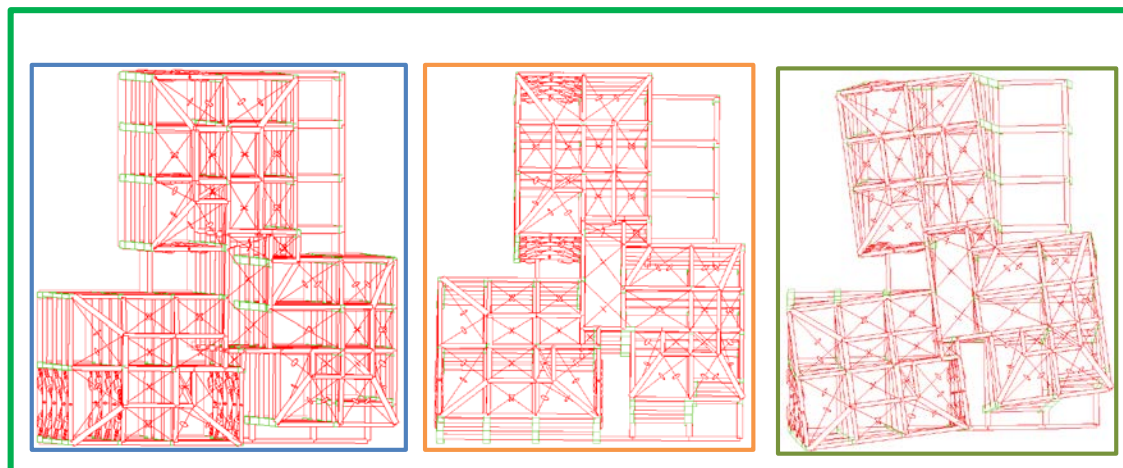
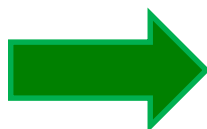
**ANALISI DI 1° LIVELLO – DINAMICA MODALE**

**STATO DI FATTO**



MODO [n°]	TIPO -	T [s]	Mx [%]	My [%]
1	TRASL. X	0.70	<b>44.05</b>	6.57
2	TRASL. Y	0.58	39.46	<b>24.89</b>
3	TORSION.	0.46	7.04	28.90

**INTERVENTO DI PROGETTO**

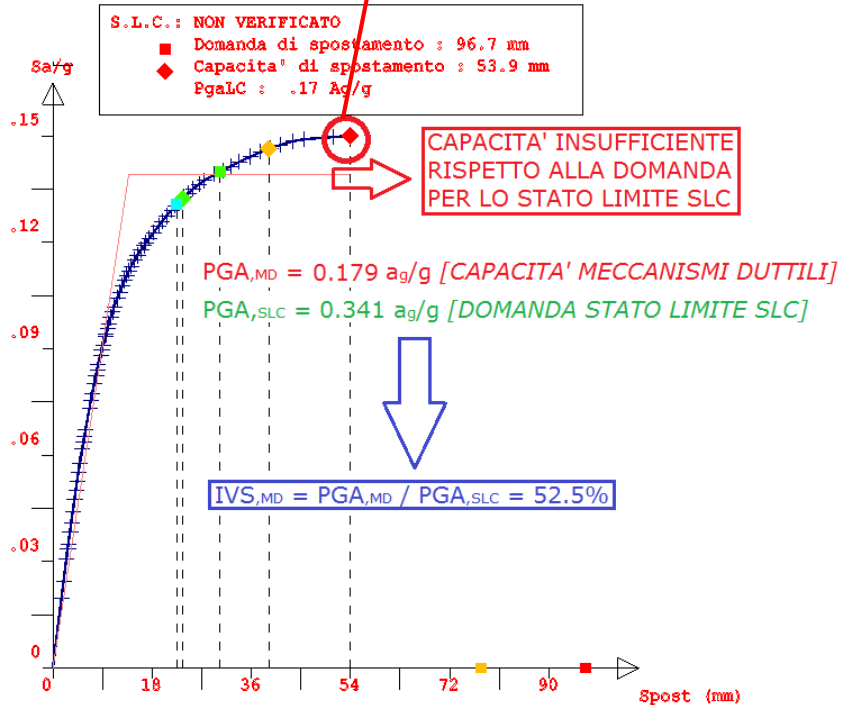
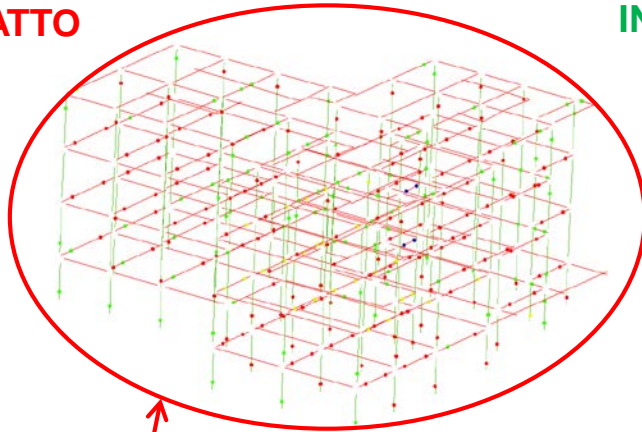


MODO [n°]	TIPO -	T [s]	Mx [%]	My [%]
1	TRASL. X	0.47	<b>75.09</b>	0.14
2	TRASL. Y	0.42	0.10	<b>75.30</b>
3	TORSION.	0.37	1.55	0.09

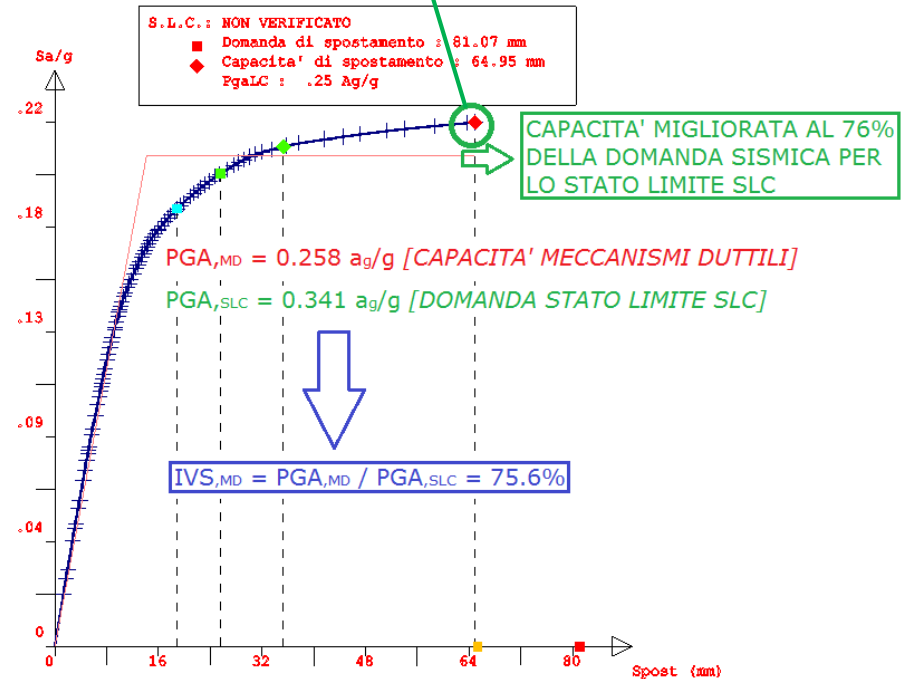
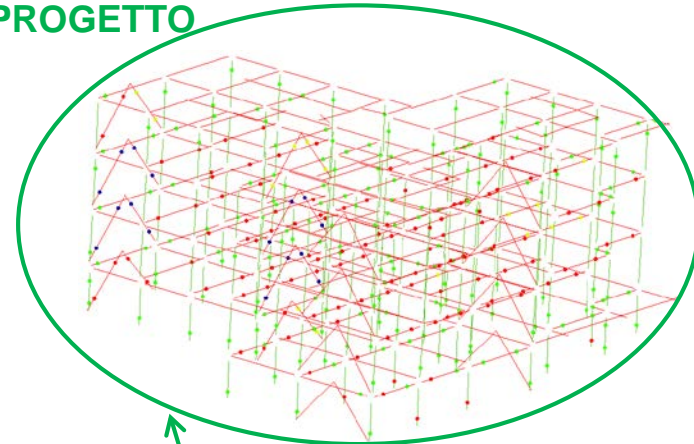
# ASPETTI DI MODELLAZIONE: CONFRONTO STATO ANTE E POST-OPERAM

## ANALISI DI 2° LIVELLO – PUSH OVER (MECCANISMI DUTTILI “MD”)

### STATO DI FATTO



### INTERVENTO DI PROGETTO



## ALCUNE IMMAGINI DELLA FASE REALIZZATIVA

INSERIMENTO DI **CONTROVENTO CON DISPOSITIVO BRAD** ALL'INTERNO DI UN CAMPO DI TELAIO ESISTENTE: IL PLACCATO DEI NODI CON PIASTRE METALLICHE E DEI PILASTRI CON CALASTRELLI ED ANGOLARI È GIÀ STATO COMPLETATO



INTERVENTO SU UN TELAIO ESISTENTE: **CONFINAMENTO DEI PILASTRI CON FASCE UNIDIREZIONALI IN FIBRE DI CARBONIO AD ALTA RESISTENZA E RINFORZO A TAGLIO DELLE TRAVI CON FASCE AD «U»** APPLICATE IN MODO CONTINUO (INTERASSE UGUALE ALLA LARGHEZZA)

PILASTRO CON RAPPORTO TRA I DUE LATI SUPERIORE A 3: IN QUESTO CASO IL CONFINAMENTO CON MATERIALE COMPOSITO PERDE DI EFFICACIA, PER CUI SI È OPTATO PER UN **RINFORZO CLASSICO CON CALASTRELLI ED ANGOLARI**



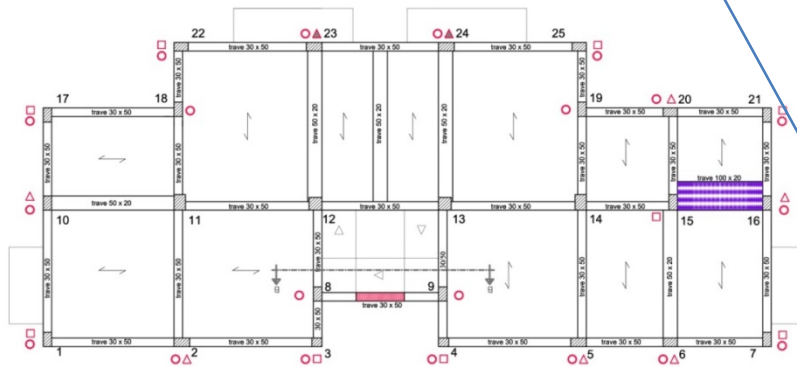
INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO SISMICO EDIFICIO DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 08.09.2009:  
«Condominio AQ 2000»

ESEMPIO DI EDIFICIO DOTATO DI UNA PROPRIA «POTENZIALITÀ STRUTTURALE», CHE  
RICHIEDE SOLTANTO INTERVENTI LOCALIZZATI SU SINGOLI ELEMENTI STRUTTURALI  
ESEGUITI EFFICACEMENTE CON MATERIALI COMPOSITI

- **CONFINAMENTO E RINFORZO A TAGLIO DI PILASTRI, RINFORZO A TAGLIO DI NODI NON CONFINATI E RINFORZO A TAGLIO DI TRAVI CON FASCIATURE AD «U»**
- **RINFORZO A FLESSIONE DI UNA TRAVE EMERGENTE «TOZZA»**
- **RINFORZO A TAGLIO DI UNA TRAVE A SPESSORE CON CONNETTORI**

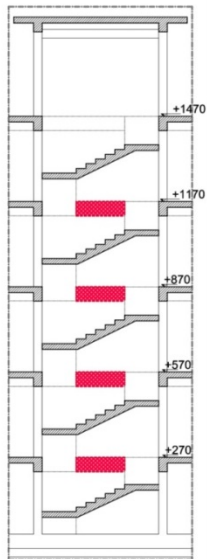
LE ANALISI STRUTTURALI MOSTRAVANO CHE L'EDIFICIO AVEVA UN COMPORTAMENTO DINAMICO SODDISFACENTE (PRIMI DUE MODI DI VIBRARE TRASLAZIONALI ECCITANTI OLTRE IL 75% DELLE MASSE NELLE DUE DIREZIONI PRINCIPALI), COSÌ COME LA CAPACITÀ NEI CONFRONTI DEI MECCANISMI DUTTILI. IL CONFINAMENTO LOCALE DI TRAVI, PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO PERMETTEVA L'ELIMINAZIONE DEI MECCANISMI FRAGILI E ALLO STESSO TEMPO MIGLIORAVANO LA CURVA DI CAPACITÀ SIA IN TERMINI DI RESISTENZA CHE DI DUTTILITÀ OTTENENDO UN CINEMATISMO CON COMPORTAMENTO «PILASTRO FORTE-TRAVE DEBOLE». BISOGNAVA PERÒ CONCENTRARE L'ATTENZIONE SU DUE ELEMENTI «CRITICI» CHE NON SODDISFAVANO I REQUISITI RICHIESTI E DETERMINAVANO CRISI PREMATURE ROTTURE A TAGLIO E/O FLESSIONE.

CARPENTERIA SECONDO IMPALCATO

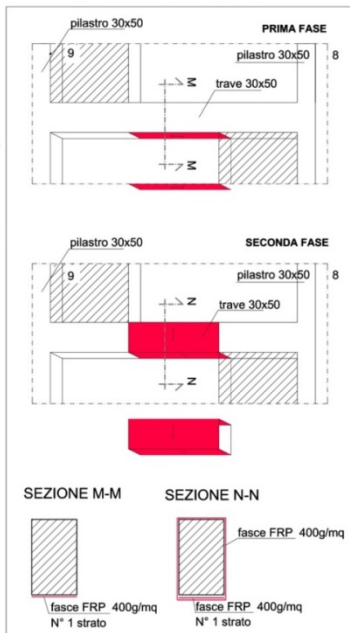


- TRAVE EMERGENTE (VEDI IMMAGINE IN BASSO A SINISTRA), RESA «TOZZA» DALLE 2 TRAVI-PARETE SU CUI SCARICANO LE SOLETTE DELLE RAMPE DEL VANO SCALA, RINFORZATA A FLESSIONE CON N.1+1 STRATO DI LAMINA IN FRP SIA ALL'INTRADOSSO CHE ALL'ESTRADOSSO;
- TRAVE A SPESSORE, RINFORZATA A TAGLIO MEDIANTE L'INSERIMENTO DI N.4 CONNETTORI IN FIBRA DI ACCIAIO CON DOPPIO FIOCCO TERMINALE, DISPOSTI CON PASSO INFITTITO ALLE DUE ESTREMITÀ. TALI BARRE SVOLGONO LO STESSO «LAVORO» DELLE STAFFE, INTESO COME TIRANTI NEL CLASSICO TRALICCIO DI RITTER-MORSCH.

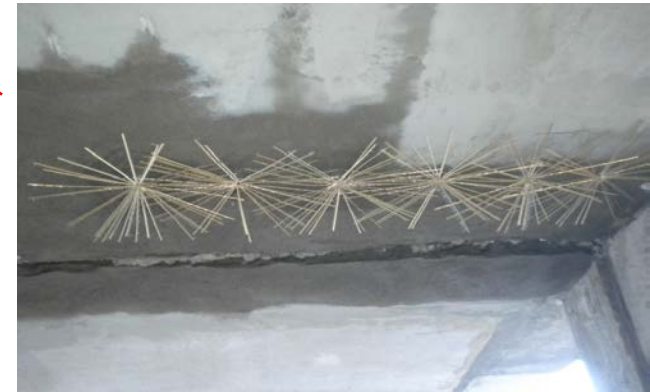
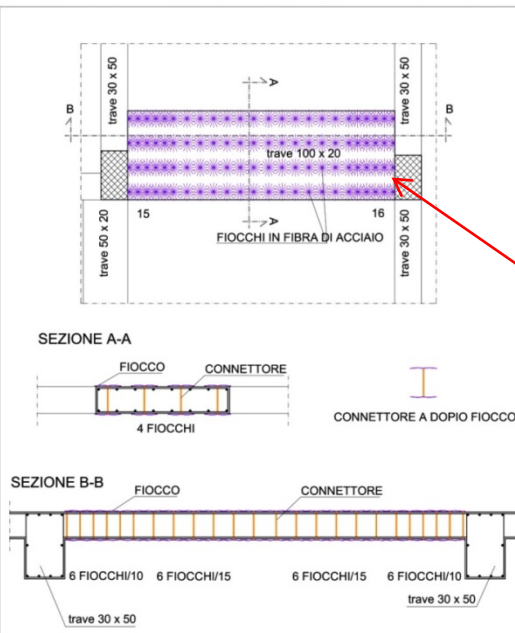
SEZIONE B-B



RINFORZO TRAVI CON FRP



RINFORZO TRAVE A SPESSORE A TAGLIO CON FIBRE DI ACCIAIO



ELIMINAZIONE DEI MECCANISMI FRAGILI PREMATURE  
ED INCREMENTO DELLA RESISTENZA E DUTTILITÀ LOCALE

CONFINAMENTO DI TRAVI, PILASTRI E NODI TRAVE – PILASTRO  
MODIFICA DI UN DETTAGLIO COSTRUTTIVO



# RIFUNZIONALIZZAZIONE DELL'EX MERCATO COPERTO DA ADIBIRE A NUOVO CENTRO POLIFUNZIONALE - LATRONICO (PZ)

## CONFINAMENTO CON FRP



LE VERIFICHE ANTE OPERAM AVEVANO RESTITUITO **UNA CAPACITÀ STRUTTURALE PER I MECCANISMI FRAGILI QUALI LE ROTTURE A TAGLIO DEI NODI NON CONFINATI MOLTO BASSA**  $PGA_{CLV} \leq 0.093 a_g/g$ , CON RELATIVO INDICATORE DI RISCHIO  $a_{UV} \approx 0.306$ ; LEGGERMENTE PIÙ ALTO RISULTAVA L'INDICATORE DI RISCHIO RELATIVO AI MECCANISMI DUTTILI ( $a_{UV} \approx 0.333$ ), ANCHE SE CIÒ ERA LEGATO AL PARTICOLARE SCHEMA STATICO DEI PORTALI TRASVERSALI CON CERNIERE INTERNE PROGETTUALI CHE LI RENDEVA ISOSTATICI. RIPRISTINANDO GLI INCASTRI INTERNI, L'EDIFICIO MOSTRAVA UN SENSIBILE MIGLIORAMENTO NEI CONFRONTI DEI MECCANISMI DUTTILI.

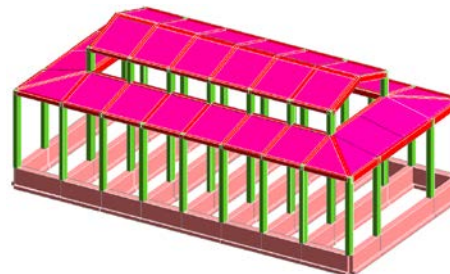
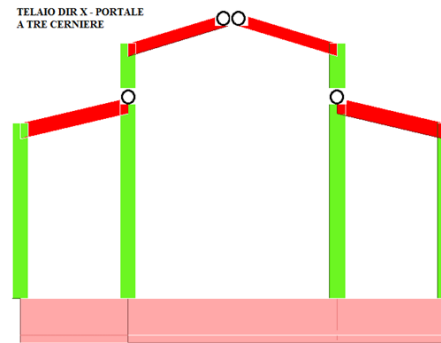
L'INTERVENTO ERA MIRATO DUNQUE AD ELIMINARE I MECCANISMI FRAGILI ED AUMENTARE LA CAPACITÀ DUTTILE DELLA STRUTTURA PORTANDOLA ALMENO AL 60% DELLA DOMANDA SISMICA.

OLTRE AL RIPRISTINO DELLE CERNIERE INTERNE CON INSERIMENTO DI PIASTRE METALLICHE, SI È PROPOSTO IL **CONFINAMENTO DEI PILASTRI E TRAVI ALLE ESTREMITÀ CON FASCIATURE IN FRP AD UNO STRATO**: OLTRE AD INCREMENTARE LA RESISTENZA A TAGLIO, SI È MIGLIORATA LA CAPACITÀ ROTAZIONALE E RESISTENTE DELLE CERNIERE PLASTICHE IN MODO DA AVERE LA FORMAZIONE DI UN MECCANISMO PILASTRO FORTE – TRAVE DEBOLE.

LE ANALISI STRUTTURALI HANNO MOSTRATO L'EFFICACIA DELL'INTERVENTO CON **ATTIVAZIONE DEI MECCANISMI FRAGILI (NODI E TAGLIO ELEMENTI) POSTICIPATA RISPETTO A QUELLI DUTTILI** E CON UN MIGLIORAMENTO DI CAPACITÀ GLOBALE DELLA STRUTTURA TALE DA INCREMENTARE L'INDICATORE DI RISCHIO DI CIRCA LO **85%**.



TELAIO DIR X - PORTALE A TRE CERNIERE



ASSONOMETRIA

