

*in collaborazione
con:*

Ruredil 

**martedì 15/12/2015
c/o Ordine Ingegneri Pescara**

Seminario:

SISTEMI DI RINFORZO

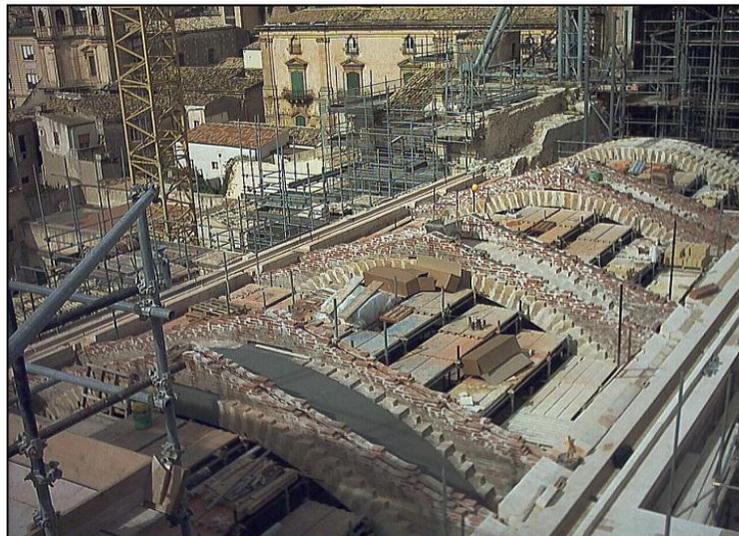
MATERIALI COMPOSITI DI NUOVA EVOLUZIONE

**Evoluzione delle esperienze realizzative con
sistemi FRCM, case histories**

relatore: Ing. B. Baietti

RINFORZO DI ARCHI - 2003

CHIESA MADRE- Noto (SR)



Rete . carb 168g/mq+ matr. Inorg. pozzolanica;

RINFORZO DI ARCHI / VOLTE –

CHIESA S. Rocco- Marina di GR



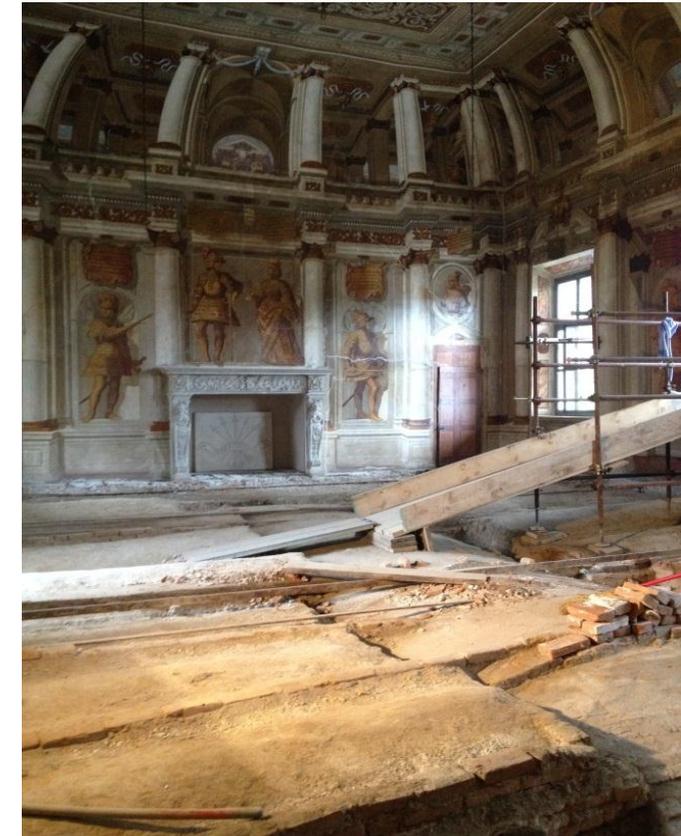
Crollo di tetto spingente in laterocem. con interessamento e danneggiamento delle volte in foglio in laterizio sottostanti

RINFORZO DI ARCHI / VOLTE – CHIESA S. Rocco- Marina di GR



Rete P.B.O 20g/mq+ matr. Inorg. muratura; Rurewall PVA TX ,
fiocchi P.B.O 3.0 + malta inghisaggio fiocchi

RINFORZO DI ARCHI / VOLTE – Castello di Parella (TO)



Rete carbonio 168gr/mq + matr. Pozzolonica inorg.;
Rurewall PVA TX , fiocchi carbonio 10.0 + boiaccia pozz. Iniez.

RINFORZO DI ARCHI / VOLTE –

Ponte ferroviario Nicotera (CS)



Rete P.B.O. 44gr/mq+ matr. Inorg. Pozzol. Muratura
Fiocchi PBO 6.0+matri. Inorg. inghisaggio

RINFORZO DI ARCHI / VOLTE –

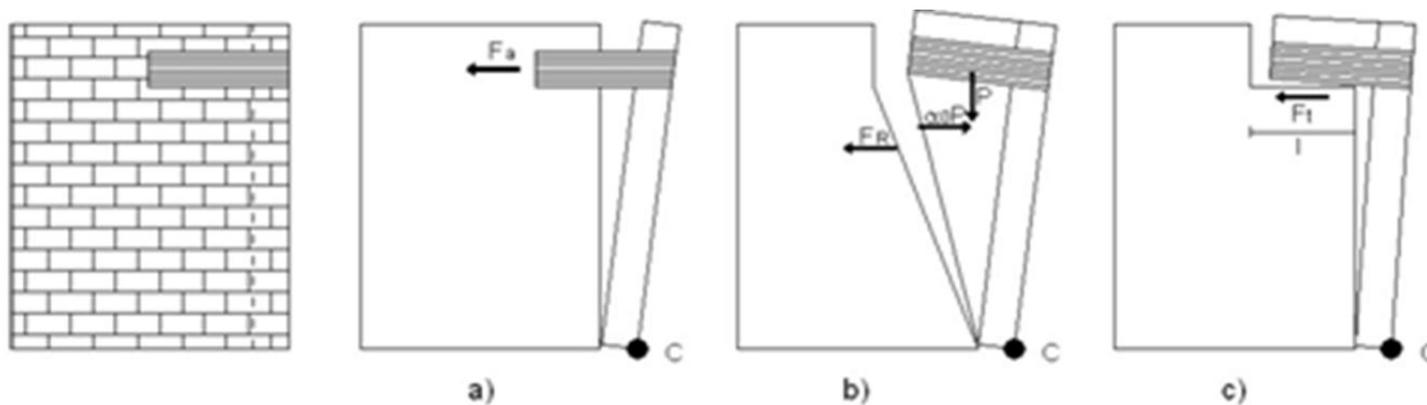
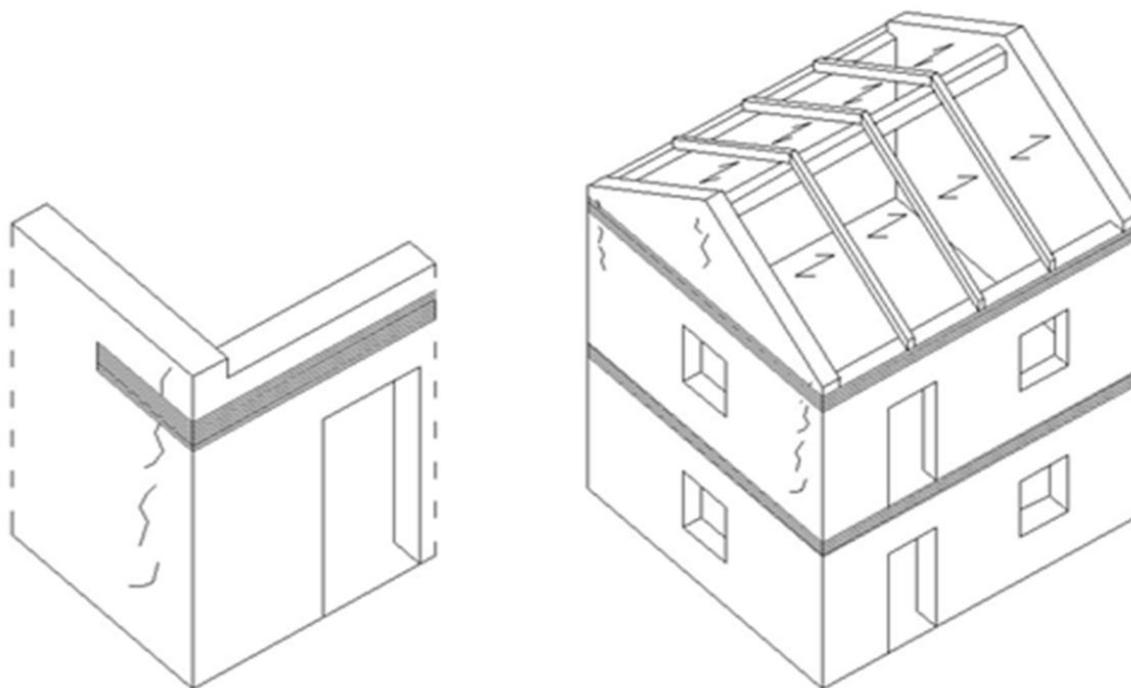
Ponte ferroviario Nicotera (CS)



Rete P.B.O. 44gr/mq+ matr. Inorg. Pozzol. Muratura
Fiocchi PBO 6.0+matri. Inorg. inghisaggio

CINTURAZIONI DI PIANO

Meccanismo ribaltamento semplice



CINTURAZIONI DI PIANO

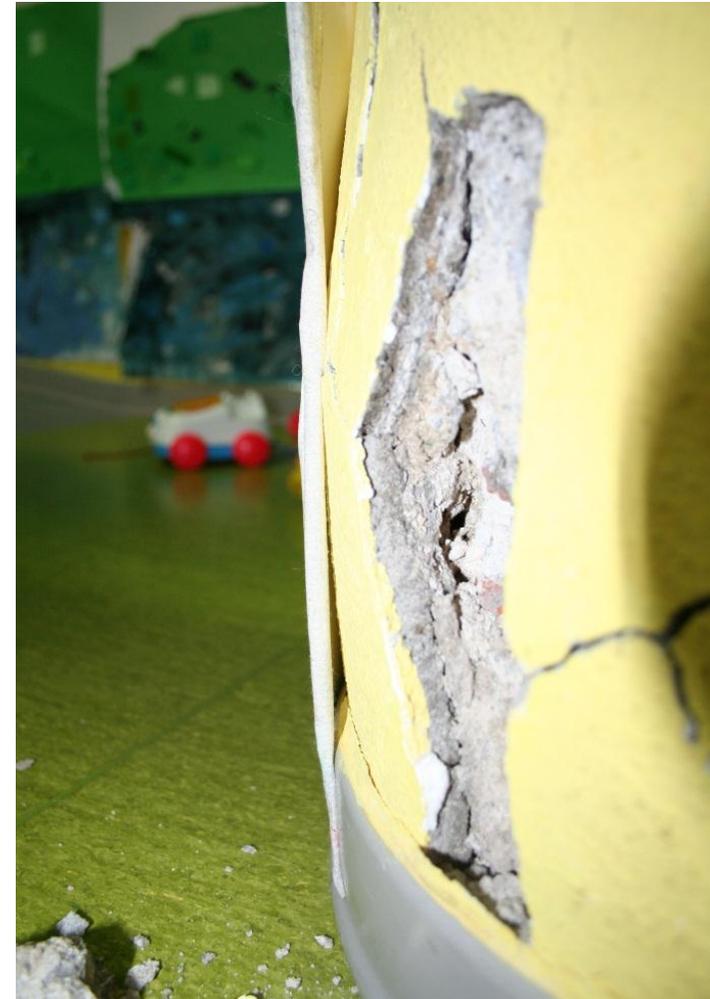
Scuola materna di Zocca (MO)



Rete P.B.O. 44gr/mq+ matr. Inorg. Pozzol. muratura

RINFORZO DI PILASTRI

Scuola materna di Zocca (MO)



Rete P.B.O. 44gr/mq+ matr. Inorg. Pozzol. muratura

RINFORZO DI PILASTRI

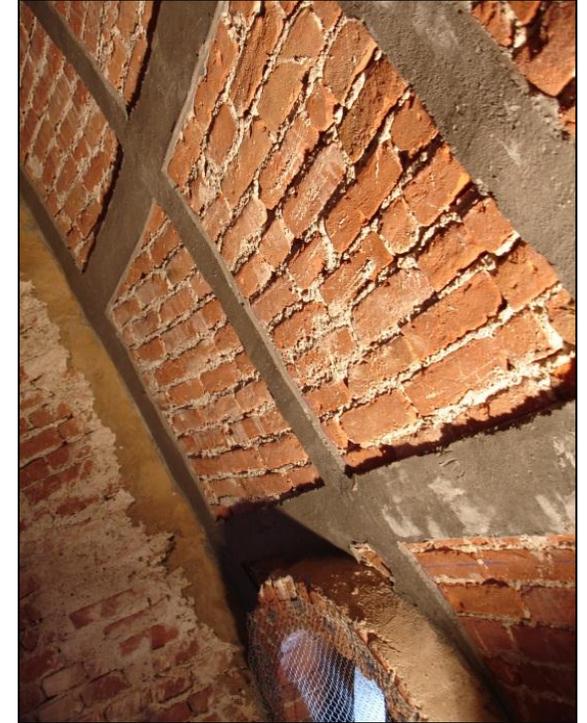
Scuola materna di Zocca (MO)



Rete P.B.O. 44gr/mq+ matr. Inorg. Pozzol. muratura

RINFORZO DI CUPOLE

CATTEDRALE - Pavia



Rete . carb 168g/mq+ matr. Inorg. pozzolanica;

RINFORZO DI SETTI MURARI

Liceo Scientifico Boggiolera - Catania



Rete P.B.O 20g/mq+ matr. Inorg. muratura; boiaccia pozz. ,
fiocchi P.B.O 3.0 + malta inghisaggio fiocchi

RINFORZO DI PILASTRI IN CA

Scuola Media D. Alighieri – Spoltore (PE)



Betoncino colabile C75-80 Mpa; + resina ep. inghisaggio barre

RINF. DI TRAVI/ NODI IN C.A

Scuola Media D. Alighieri – Spoltore (PE)



FRP carbonio 310 gr; Lamelle poltruse in carbonio 100*1.4

RINFORZO DI PILASTRI IN CA

Liceo Scientifico Boggiolera - Catania



Rete P.B.O 20g/mq+ matr. Inorg. muratura; boiaccia pozz. ,
fiocchi P.B.O 3.0 + malta inghisaggio fiocchi

EX DORMITORIO FF.SS. DI PAOLA (2008)

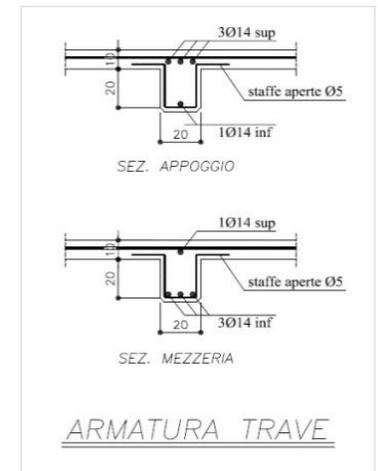
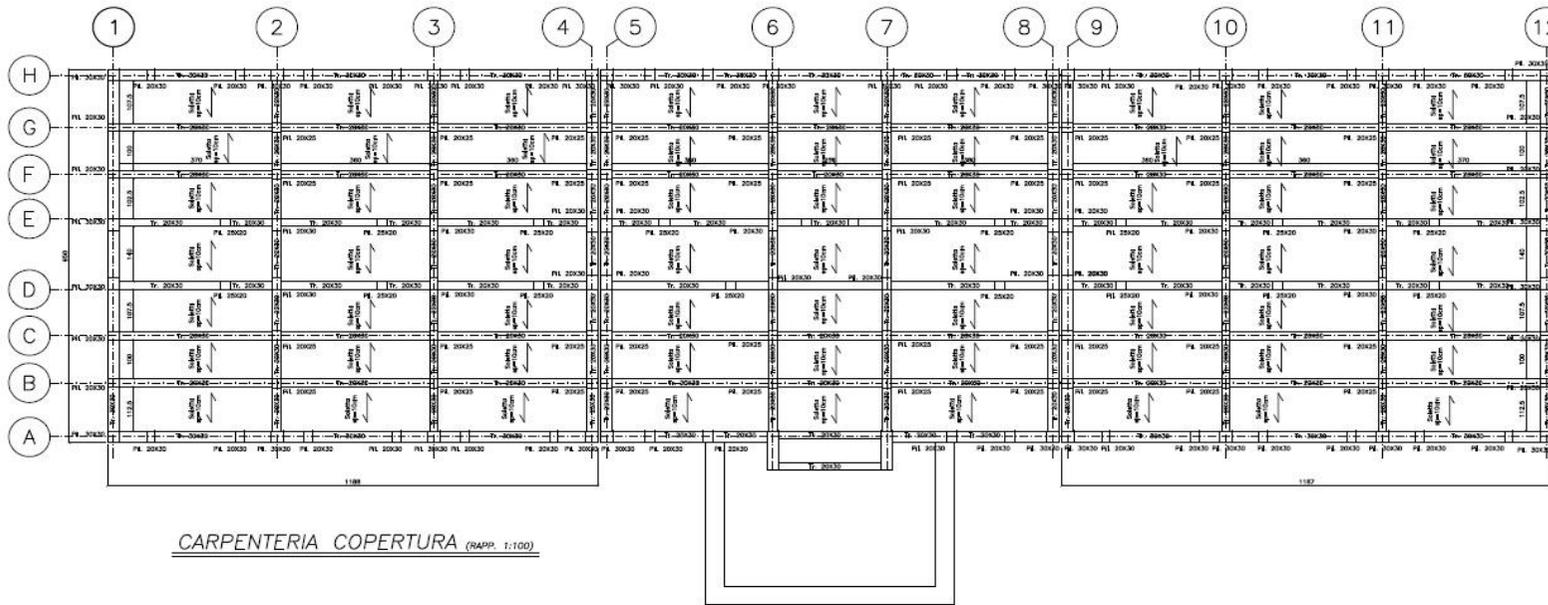
- Edificio realizzato negli anni Venti con una fitta maglia di telai in cemento armato.
- Le indagini sui materiali hanno individuato un calcestruzzo di tipo $f_{ck} = 20$ MPa e barre lisce in acciaio di tipo Fe22k.
- Lo studio del modello di calcolo ha evidenziato la necessità di eseguire degli interventi di rinforzo a taglio e a flessione per le travi e a taglio per i pilastri
- La scelta naturale della tecnica di rinforzo è ricaduta sul sistema con materiali compositi di ultima generazione con fibre in PBO per i vantaggi legati alla maggiore duttilità del sistema e della maggiore resistenza e alla possibilità di non apportare alcun aggravio statico sui terreni di fondazione.



INDIVIDUAZIONE DEL SISTEMA STRUTTURALE



Schema strutturale: sistema a telaio Hennebique



No staffe chiuse

CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI E RILIEVO DELLE ARMATURE

Sigla zona	Piano	Elemento	V [m/s]	S [l _m]	R _{VS} [N/mm ²]
SR - P1	Piano Terra	Pilastro	2227,6	36,0	8,2
SR - P2	Piano Terra	Pilastro	3080,1	33,0	16,6
SR - P3	Piano Terra	Pilastro	3212,0	37,0	20,7
SR - T4	1° Impalcato	Trave	3456,2	34,0	22,6
SR - T5	1° Impalcato	Trave	3393,7	38,0	24,4
SR - P6	Piano Terra	Pilastro	3171,8	34,0	18,4
SR - T7	1° Impalcato	Trave	3253,8	33,0	18,9
		MIN	2228	33	8,2
		MEDIA	3114	35	18,5
		MAX	3456	38	24,4
		CV%	13,2%	5,7%	28,4%

Tabella 1 - Prove non distruttive sui calcestruzzi

Sigla	Provino	Elemento	R _{cil}	R _{eff}	R _{pot}
CP-1	1	Pilastro Piano Terra	19,5	19,5	25,4
CP-1	2	Pilastro Piano Terra	22,3	22,3	29,0
CP-2	1	Pilastro Piano Terra	16,7	16,7	21,7
CP-2	2	Pilastro Piano Terra	21,2	21,2	27,6
CP-3	1	Pilastro Piano Terra	17,9	17,9	23,3
CP-3	2	Pilastro Piano Terra	20,9	20,9	27,2
CT-4	1	Trave 1° Impalcato	34,6	34,6	45,0
CT-4	2	Trave 1° Impalcato	35,9	35,9	46,7
CT-5	1	Trave 1° Impalcato	25,4	25,4	33,0
CT-5	2	Trave 1° Impalcato	27,8	27,8	36,1
		MIN	17	17	22
		MEDIA	24,2	24,2	31,5
		MAX	36	36	47
		CV%	27,6%	27,6%	27,6%

Tabella 2 - Prove sulle carote di calcestruzzo

Sigla zona	Sigla carota	R _{VS} [N/mm ²]	R _{pot} [N/mm ²]	R _{zona} [N/mm ²]
SR - P1	CP-1	8,2	27,17	27,17
SR - P2	CP-2	16,6	24,64	24,64
SR - P3	CP-3	20,7	25,22	25,22
SR - T4	CT-4	22,6	45,83	45,83
SR - T5	CT-5	24,4	34,58	34,58
SR - P6	-	18,4	-	18,35
SR - T7	-	18,9	-	18,93
		MIN		18,4
		MEDIA		27,8
		MAX		45,8
		CV%		34,6%

Tabella 3 - Tabella riassuntiva delle resistenze dei calcestruzzi

Sigla	Struttura	Ø nom	Tipo Barra	Ø eff	f _y (N/mm ²)	f _t (N/mm ²)	All% A5	f _t /f _y
F1	PILASTRO 2° ORDINE	14	T.L.	14,0	275	377	37,1	1,37
F2	TRAVE 1° LIVELLO	14	T.L.	13,9	263	344	38,6	1,31
F3	PILASTRO 2° ORDINE	5	T.L.	5,1	297	399	28,0	1,34
F4	PILASTRO 1° ORDINE	14	T.L.	14,2	277	387	40,0	1,40
F5	PILASTRO 1° ORDINE	6	T.L.	6,0	414	471	33,3	1,14

Tabella 4 - Tabella riassuntiva delle prove a trazione su barre di armatura

PIANO	ALA	ELEMENTO	ZONA
PRIMO	NORD	PILASTRO	10

DIM. LATO (cm)	BARRE	N. BARRE / PASSO	DIAMETRO (mm)	N. SCANSIONE
30	LATO A - BARRE VERT.	3	16	1713
>30	LATO B - BARRE VERT.	2	16	1714
	STAFFE	~30	6	
			Diametro Misurato	

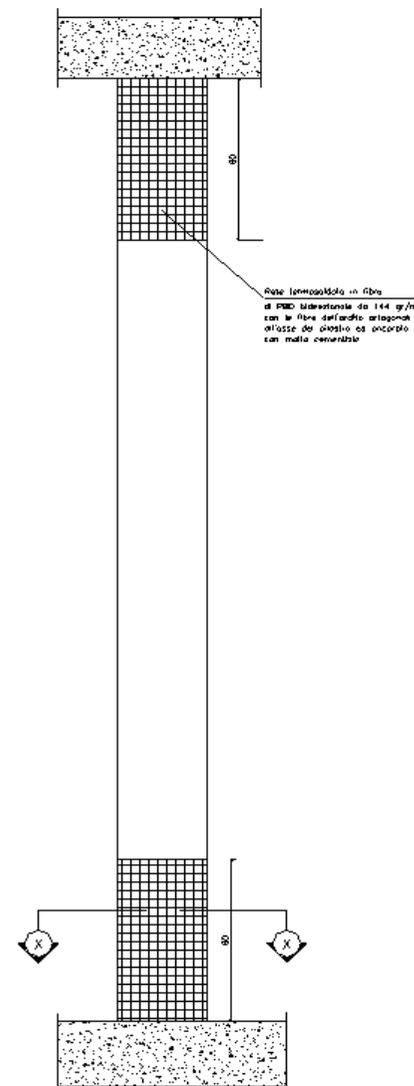
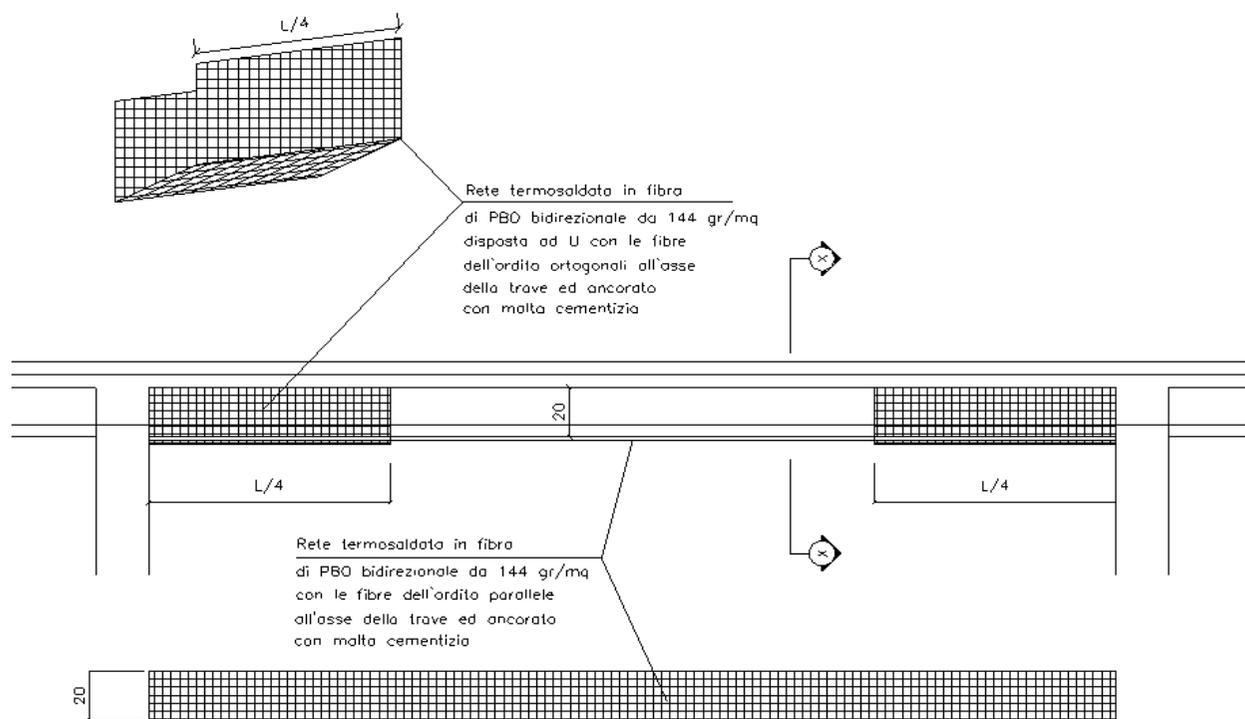
PIANO	ALA	ELEMENTO	ZONA
SECONDO	NORD	TRAVE	13

DIM. LATO (cm)	BARRE	N. BARRE / PASSO	DIAMETRO (mm)	N. SCANSIONE
30	LATO A - BARRE VERT.	3	~18	
>23	LATO B - BARRE VERT.	1	~18	
	STAFFE		~6	
			Diametro Ipotizzato	

IL PROGETTO PRELIMINARE DEI RINFORZI

Intervento di rinforzo sui pilastri

Intervento di rinforzo sulle travi



IL DIMENSIONAMENTO DEGLI INTERVENTI DI RINFORZO

ACCELERAZIONE AL SUOLO CONFIGURAZIONE STATO ATTUALE			
	SLD	SLV	SLC
VALORE RICHIESTO	0,104 g	0,261 g	0,334 g
VALORE OFFERTO	0,231 g	0,162 g	0,190 g

DUTTILITA' LIMITE (RAPPORTO TRA VALORE OFFERTO E RICHIESTO):			
	SLD	SLV	SLC
DUTTILITA' LIMITE	2,227	0,620	0,570

OSSERVAZIONI: RISERVE DI DUTTILITA' PARI A CIRCA IL 123% PER LO STATO LIMITE DI DANNO, DEFICIENZE DI DUTTILITA' DEL 62% PER LO STATO LIMITE DI COLLASSO E DEL 57% PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

Efficienza

Confinamento

$$\eta = 1$$

DM.14.01.2008

ACCELERAZIONE AL SUOLO CONFIGURAZIONE STATO PROGETTO			
	SLD	SLV	SLC
VALORE RICHIESTO	0,104 g	0,261 g	0,334 g
VALORE OFFERTO	0,333 g	0,356 g	0,467 g

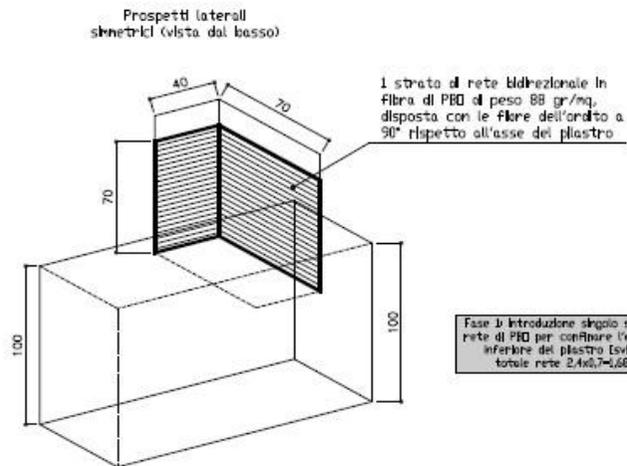
DUTTILITA' LIMITE (RAPPORTO TRA VALORE OFFERTO E RICHIESTO):			
	SLD	SLV	SLC
DUTTILITA' LIMITE	3,201	1,364	1,398

OSSERVAZIONI: RISERVE DI DUTTILITA' PARI A CIRCA IL 220% PER LO STATO LIMITE DI DANNO, AL 36% PER LO STATO LIMITE DI COLLASSO E DEL 40% PER LO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA

LA REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

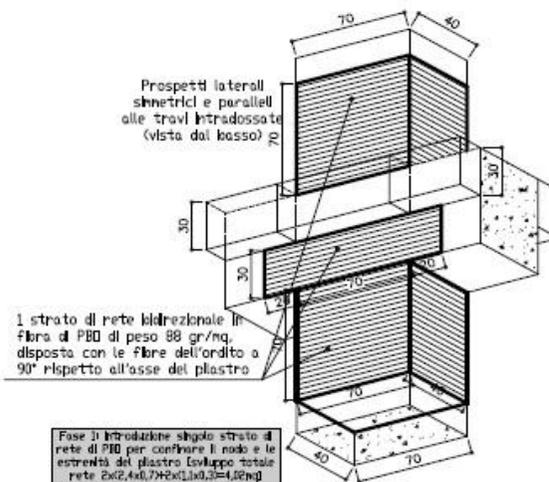


Schemi di intervento sui nodi trave-pilastro



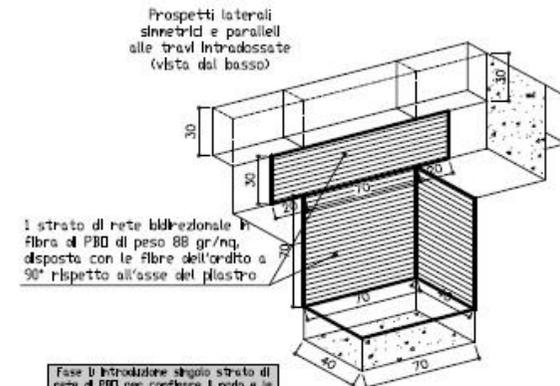
Fase 2: introduzione singolo strato di rete di PBD per conferire l'estremità inferiore del pilastro [sviluppo totale rete 2,4x0,7=1,68mq]

NFO0 – NODO ATTACCO PILASTRO-PLATEA



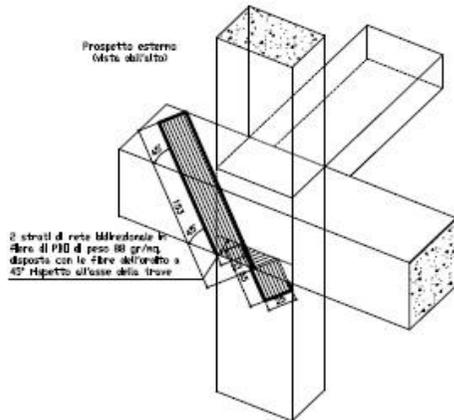
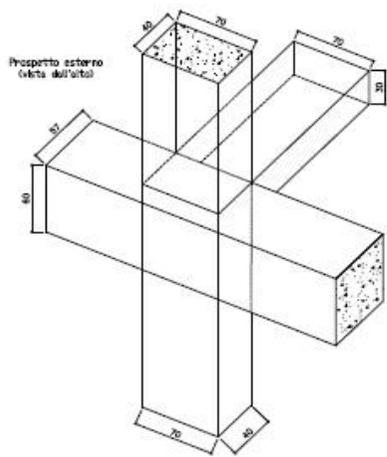
Fase 2: introduzione singolo strato di rete di PBD per conferire il nodo e le estremità del pilastro [sviluppo totale rete 2x(2,4x0,7)+2x(1,1x0,3)=1,02mq]

NIO1 – NODO INTERNO

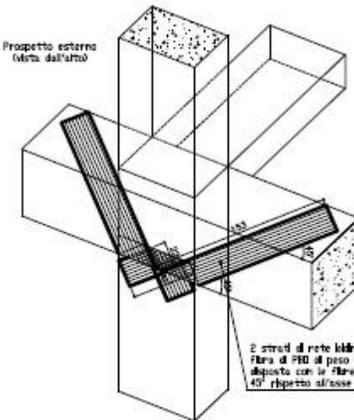


Fase 2: introduzione singolo strato di rete di PBD per conferire il nodo e le estremità del pilastro [sviluppo totale rete 2,4x0,7+2x(1,1x0,3)=2,3mq]

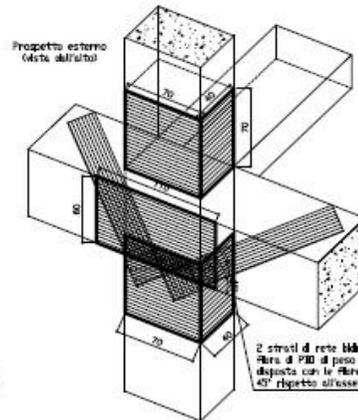
NCO1 – NODO INTERNO



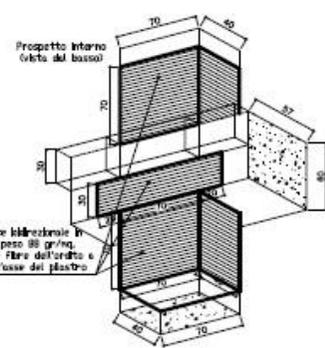
Fase 1: introduzione doppio strato di rete di PBD sulla prima estremità del nodo [sviluppo totale rete 2x(1,3x1,3)+2x(1,3x0,3)=1,02mq]



Fase 2: introduzione doppio strato di rete di PBD sulla seconda estremità del nodo [sviluppo totale rete 2x(1,3x1,3)+2x(1,3x0,3)=1,02mq]

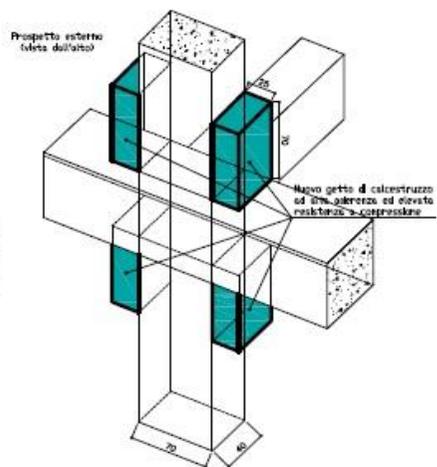
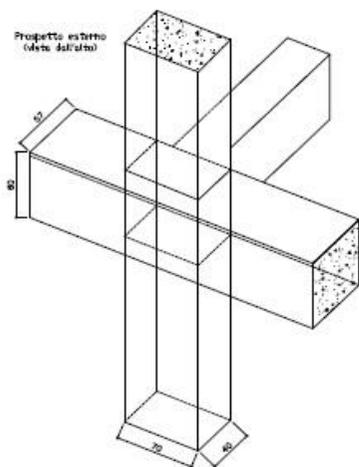


Fase 3: introduzione singolo strato di rete di PBD per conferire le estremità del pilastro [sviluppo totale rete 2x(2,4x0,7)+2x(1,1x0,3)=2,3mq]

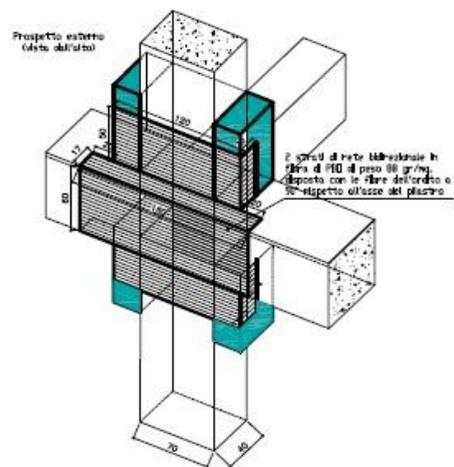


NIO4 – NODO DI FACCIATA

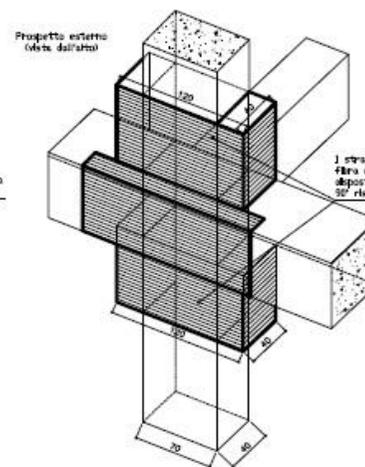
Schemi di intervento sui nodi trave-pilastro



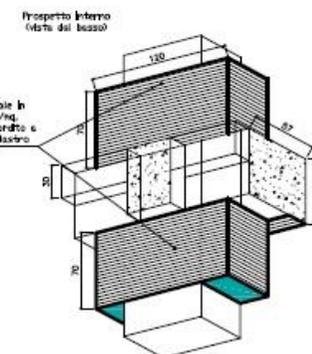
Fase 1: riporto del nodo mediante getto di rete collata ad alta aderenza ed elevato resistenza a compressione



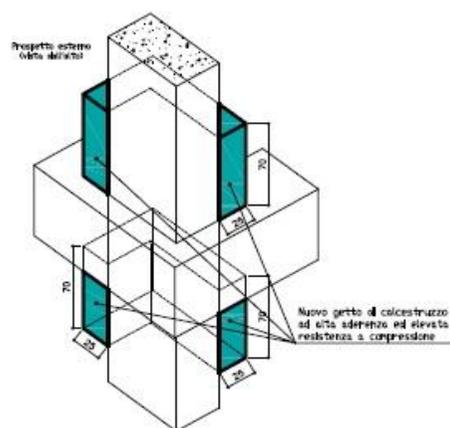
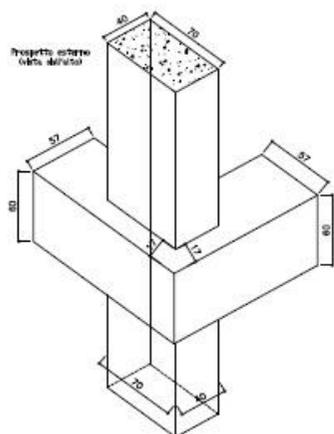
Fase 2: introduzione degli strati di rete di FPO per conferire il nodo. Collage totale ref. 203.203/214/204/214/203/204/214/203



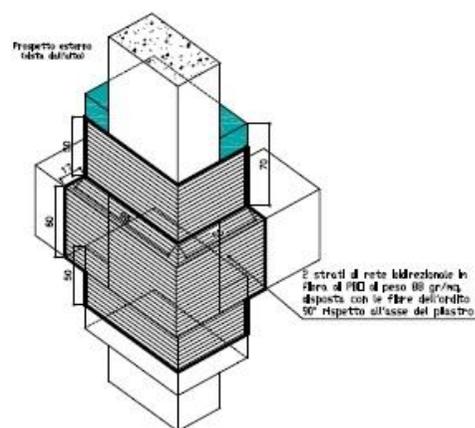
Fase 3: introduzione degli strati di rete di FPO per conferire la tenuta del pannello. Collage totale ref. 203.204/214/203



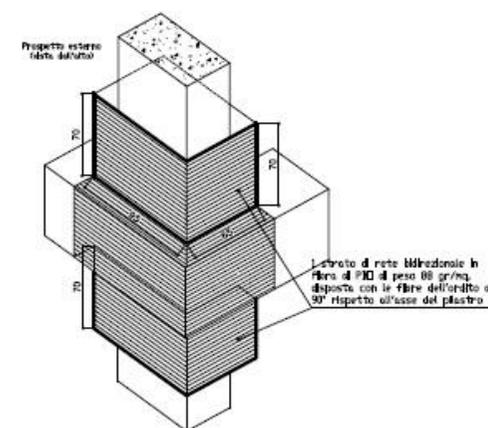
N106* - NODO DI FACCIATA



Fase 1: riporto del nodo mediante getto di rete collata ad alta aderenza ed elevato resistenza a compressione



Fase 2: introduzione degli strati di rete di FPO per conferire il nodo. Collage totale ref. 203.203/214/204/214/203/204/214/203

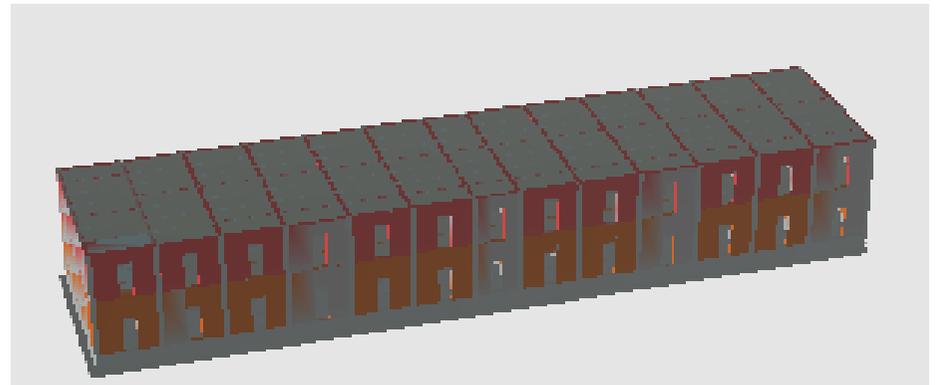


Fase 3: introduzione degli strati di rete per conferire la tenuta del pannello. Collage totale ref. 203.204/214/203

N112 - NODO D'ANGOLO

CASERMA MEZZACAPO DI REGGIO CALABRIA (2011)

- Edificio realizzato negli anni Venti in pannelli murari intelaiati con travi e pilastri in calcestruzzo debolmente armato.
- Le indagini sui materiali hanno individuato un calcestruzzo di tipo $f_{ck} = 15$ MPa e barre lisce in acciaio di tipo Fe22k per travi e pilastri, mattoni pieni per il primo livello e forati per il secondo.
- Il confronto tra i dati a disposizione derivanti dalle indagini sulle strutture e le norme sismiche del Regio Decreto n°2089 del 23 ottobre 1924 e nel Regio Decreto n°431 del 13 marzo 1927 ha evidenziato come l'edificio venne realizzato in maniera conforme alla buona regola d'arte dell'epoca e questo dato è stato confermato dall'analisi push over condotta verificando il manufatto con i carichi imposti dalle attuali normative (D.M.14.01.2008 e circ.617/2009).



Modello: muratura intelaiata con travi e pilastri cls poco armati

IL RINFORZO DELLE SOLETTE

- Lo studio del modello di calcolo ha evidenziato la necessità di eseguire degli interventi di rinforzo a flessione per le solette e per alcune travi soggette a carichi significativi nella destinazione futura (UTA)
- Sistema di rinforzo FRCM con fibre di PBO per i vantaggi legati alla maggiore duttilità del sistema e della maggiore resistenza ed alla elevata durabilità del rinforzo.



RINFORZO SOLAIO LATEROCEMENTIZI (2015)

Rinforzo a flessione travetti, presidio anticaduta – scuola media CARPEGNA (PU)

- Edificio realizzato negli anni 50 in pannelli murari intelaiati con travi e pilastri in calcestruzzo debolmente armato.
- Le indagini sui materiali hanno individuato un calcestruzzo di tipo $f_{ck} = 20$ MPa e barre lisce in acciaio di tipo Fe22k per travi e pilastri, mattoni pieni per il primo livello e secondo livello
- L'edificio è stato interessato da un ampliamento in aderenza nei primi anni 80;
- Le indagini hanno dimostrato nei maschi murari la presenza di alcuni vuoti e parziale mancanza di collegamenti (diatoni);
- I solai in laterocemento, presentavano un passo dei travetti molto fitto (1 travetto ogni 22-23cm)

**Nastri 10cm uniass PBO 128gr/mq +
Matrice inorganica+calcestruzzo**



IL RINFORZO DELLE SOLETTE

- La scelta del progettista è stata quella di intervenire, previa passivazione delle barre e ripristino con malte tixotropiche fibrorinforzate ad elevata duttilità EXOCEM PVA-TX soltanto un travetto ogni due per evitare eccessive demolizioni;
- Sistema di rinforzo FRCM con fibre unidirezionali di PBO per i vantaggi legati alla maggiore duttilità del sistema e della maggiore resistenza ed alla elevata durabilità del rinforzo.



IL PRESIDIO ANTICADUTA LATERIZI SOLAIO

- La necessità era quella di creare un presidio che garantisse la tenuta nei confronti di eventuali distacchi di parte delle pignatte ;
- La necessità era quella di non creare intercapedini, non interferire con i travetti rinforzati con sistema FRCM ed evitare orditure metalliche per via delle notevoli inteferenze sulle pareti perimetrali e la ridotta altezza interpiano;
- Intervento con sistema X WALL e ancoraggi puntuali meccanici nei travetti non rinforzati



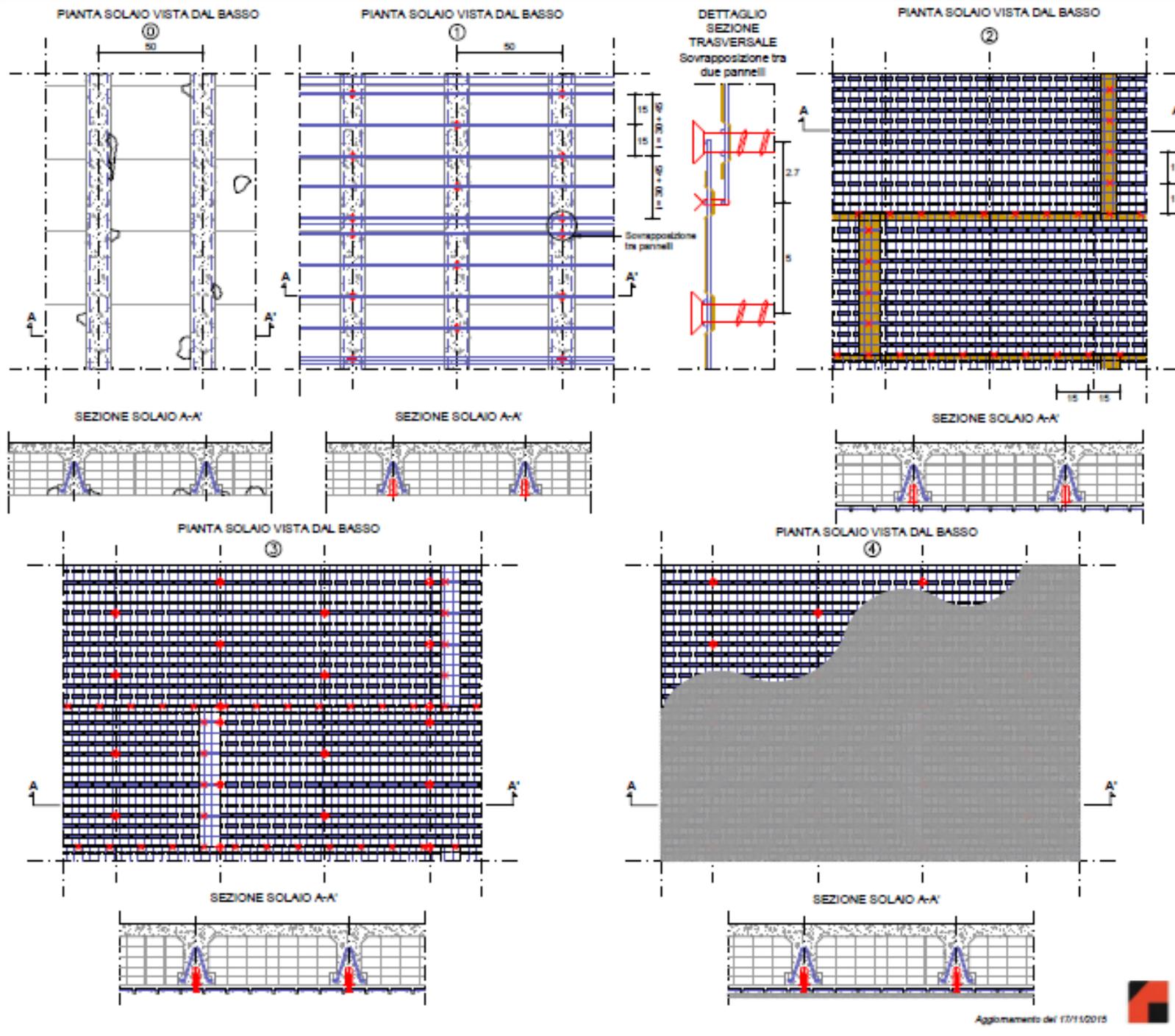
IL PRESIDIO ANTICADUTA LATERIZI SOLAIO



**Applicazione a plafone nelle aule di due mani malta alleggerita PLASTERWALL
(nella centrale termica applicato intonaco intumescente)**

4.X

INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO: ANTISFONDELLAMENTO DI SOLAI



⑥ EVENTUALE PREPARAZIONE TRAVETTI CON MALTE DELLA LINEA EXOCEM (da compiersi a parte).

① TRACCIAMENTO ED ESECUZIONE DEI FORI PER IL FISSAGGIO, CON TASSELLO MECCANICO, DEL PANNELLO STUCANET S.

② POSIZIONARE I PANNELLI DI STUCANET S PRESTANDO ATTENZIONE AI SOMMONTI TRA PIÙ PANNELLI: il foglio di cartone pre-finito deve essere tagliato e rimesso solo sul lato corto del pannello (bordo verticale), per una lunghezza pari e circa due maglie per permettere la sovrapposizione tra i pannelli garantendo il sommo "acciaio su acciaio" sul pannello adiacente, normalmente va rifilato il bordo laterale destro del pannello. Sul lato lungo del pannello questa operazione non è richiesta in quanto i pannelli sono già "collati" consentendo un sommo facilitato dei fili metallici "acciaio su acciaio". È importante che la sovrapposizione delle maglie tra i pannelli adiacenti avvenga sempre "acciaio su acciaio" in entrambi le direzioni per garantire la continuità del rinforzo riducendo i rischi di lacerazione dell'intonaco. I pannelli STUCANET S vanno sempre posati con il lato lungo perpendicolare ai principali supporti di sostegno e quindi "orizzontalmente" se i supporti sono verticali (non cambiare verso di posa), il lato da intonacare è quello stampato.

③ INSERIMENTO ED AVVITAMENTO DEI TASSELLI MECCANICI COME DA INDICAZIONI D.L.: i tasselli per il fissaggio vanno inseriti in corrispondenza del doppio filo in parallelo al rinforzo.

④ APPLICAZIONE MALTA PLASTERWALL: Preparare la malta con l'aggiunta di sale acqua, miscelare per 3 minuti, evitando la miscelazione a mano. Applicare a cazzuola o con intonacchio. Spessore minimo per mano 12 - 15 mm in due mani successive. Finiture e cure della D.L.

RINFORZO TRAVI C.A.P (2014)

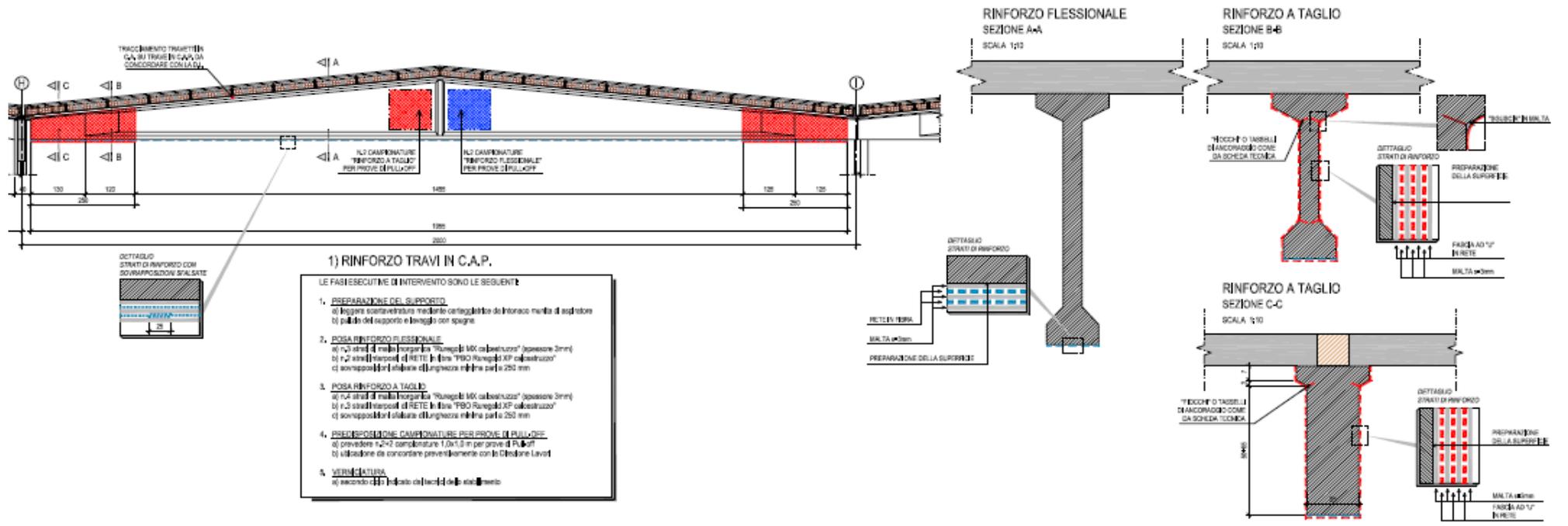
Rinforzo a flessione travv luce 20m, industria alimentare in Mantova



- Necessità di rinforzare le travi a seguito di incremento carichi permanenti in copertura (nuova cappa collab.)
- Sistema di rinforzo FRCM con fibre di PBO per i vantaggi legati alla affidabilità in condizioni termogrometriche severe (U.R. > 50%, T amb = 45°) legate alle lavorazioni sottostanti (forni cottura) che non devono essere mai interrotte (neanche in fase di cantiere)



RINFORZO TRAVI C.A.P. (2014)



**Rinforzo a taglio :rete bidir. 100cm PBO 88gr/mq +
Matrice inorganica+calcestruzzo**

**Rinforzo a flessione :Nastri uniass25cm uniass PBO 88gr/mq +
Matrice inorganica+calcestruzzo**

RINFORZO TRAVI C.A.P (2014)

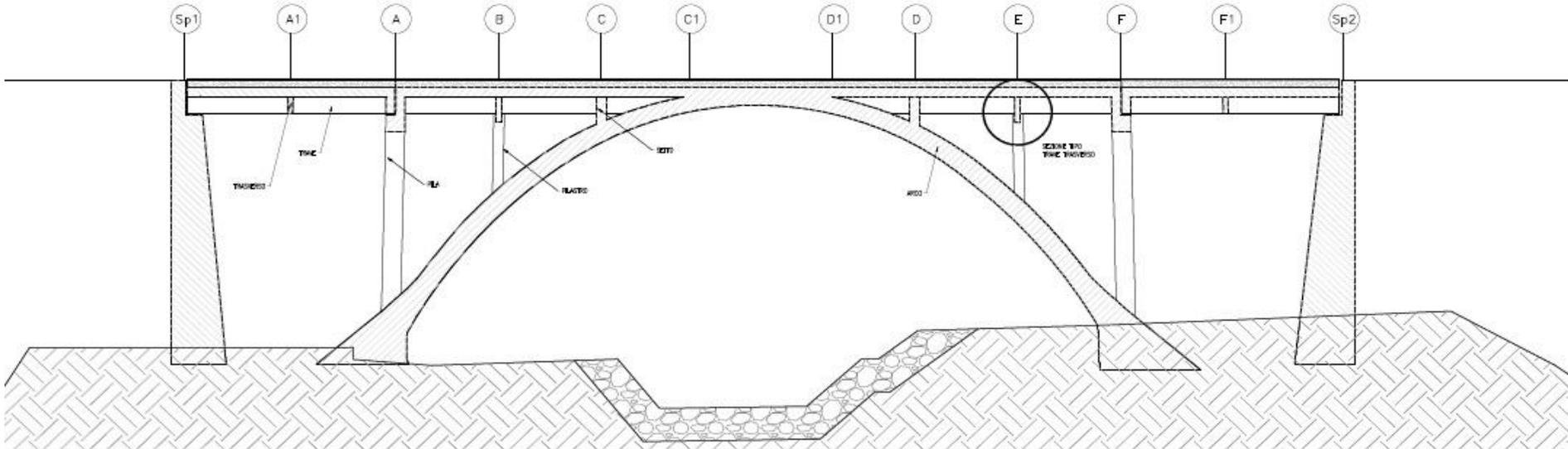


Ponti sulla S.S. Salaria tratta ROMA-RIETI anno 2014...in corso !

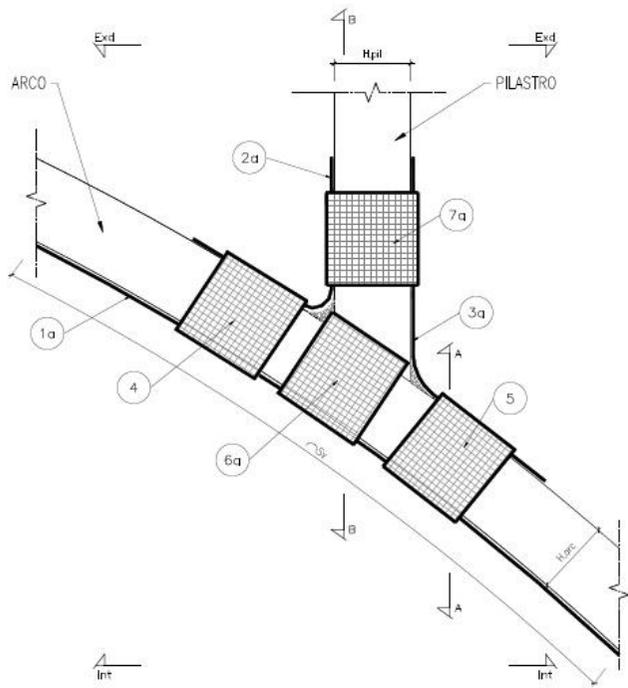


Localizzazione interventi - Sezione longitudinale

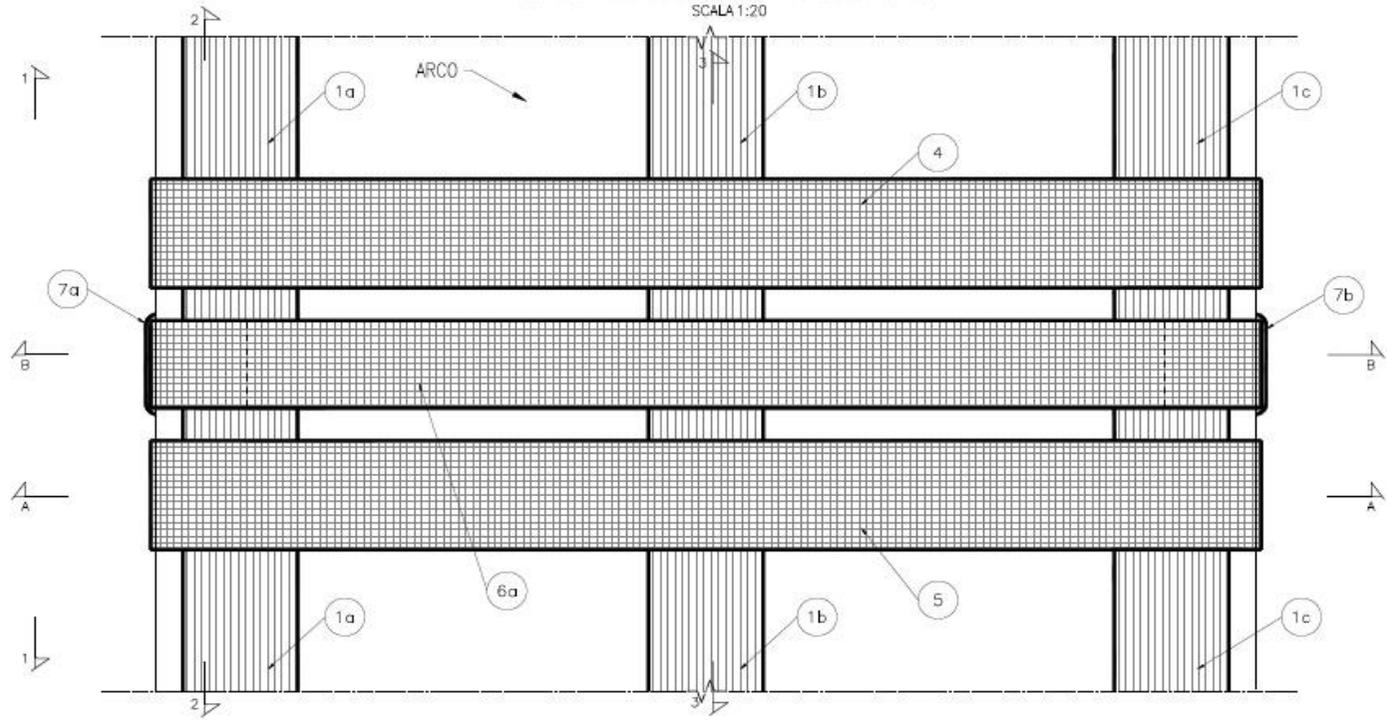
SCALA 1:100



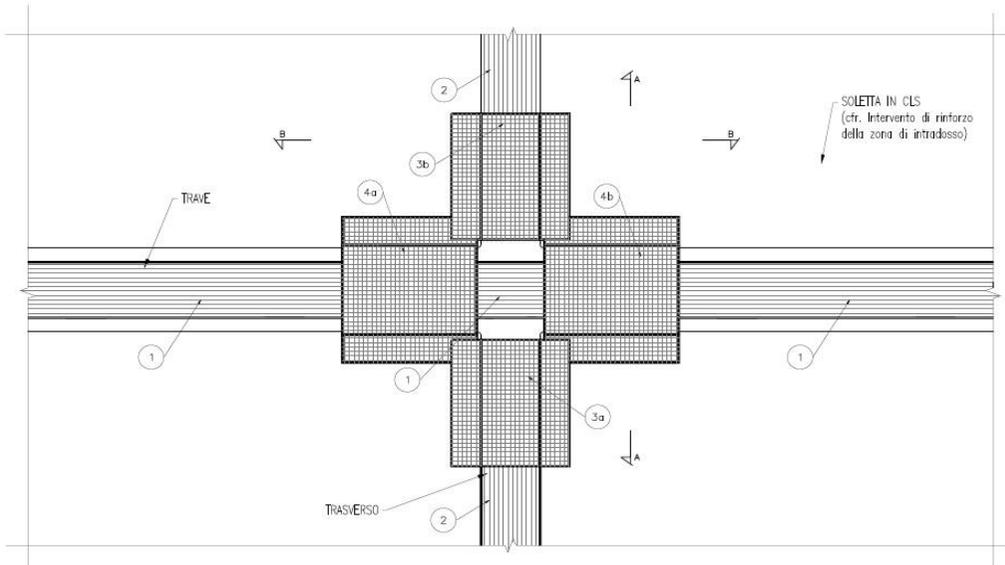
DETTAGLIO INTERVENTI FIBRE - NODO SEZ. 1-1
SCALA 1:20



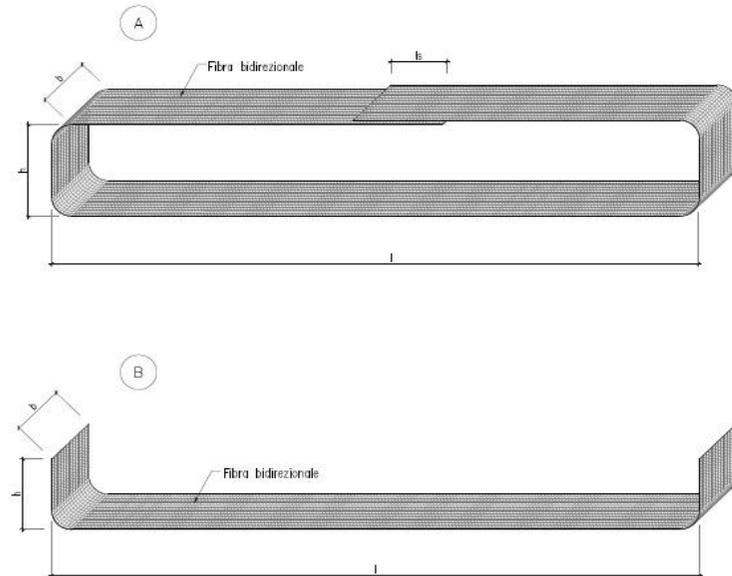
DETTAGLI INTERVENTI FIBRE - PIANTA Int-Int
SCALA 1:20



DETTAGLIO INTERVENTI FIBRE - PIANTA INTRADOSSO C-C
SCALA 1:20



INTERVENTI TIPO - TIPOLOGIE FASCIATURE FRM
SCALA - -



Ponti sulla Salaria tratta ROMA-RIETI anno 2014...in corso !



**Nastro unidir. PBO 88 gr/mq
+ matrice inorganica calcestruzzo**

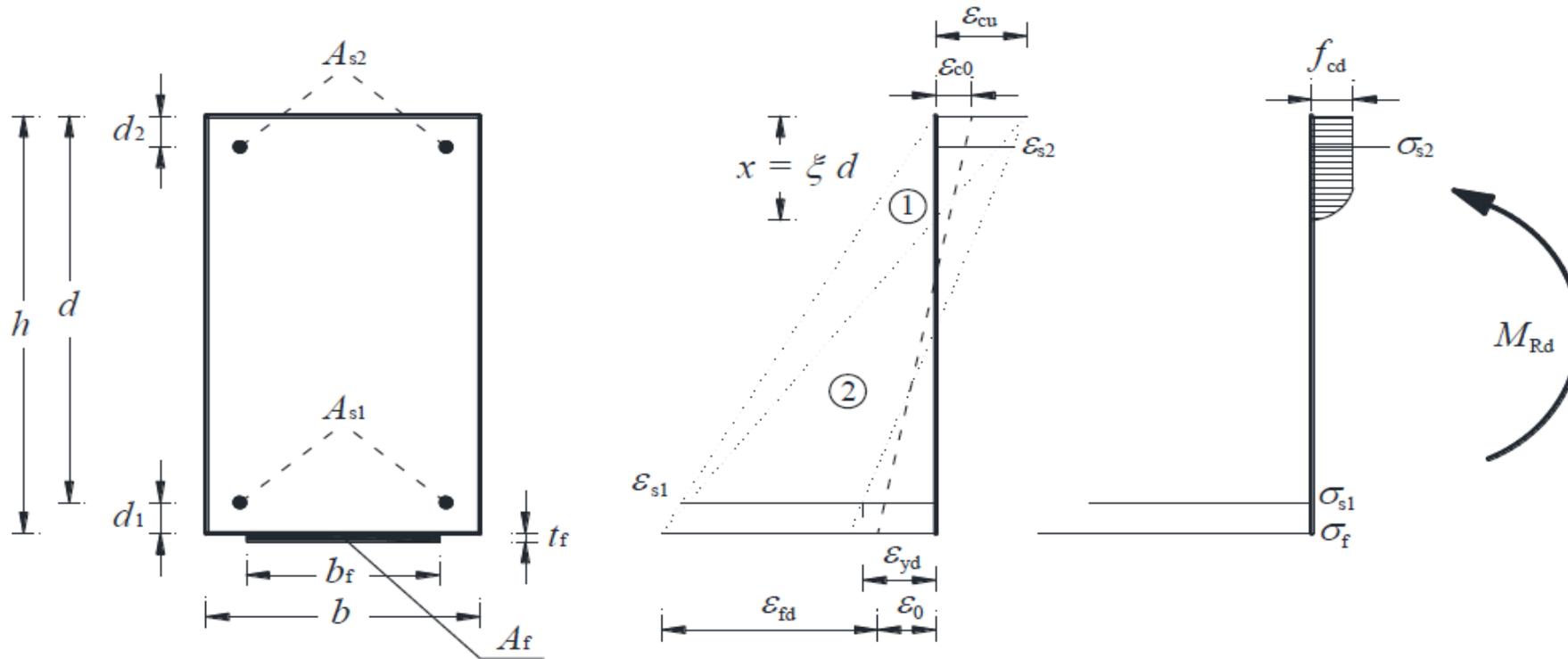


**Malta tixotropica con fibre di PVA +
inibitore di corrosione cementizio**



**Nastro unidir. PBO 88 gr/mq
+ matrice inorganica calcestruzzo**

Incremento resistenza a flessione di un elemento in c.a.



Equazione dell'asse neutro

$$0 = \psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} - A_{s1} \cdot \sigma_{s1} - A_f \cdot \sigma_f$$

Calcolo del momento resistente della sezione rinforzata

$$M_{Rd} = \frac{1}{\gamma_{Rd}} \cdot [\psi \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} \cdot (d - \lambda \cdot x) + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} \cdot (d - d_2) + A_f \cdot \sigma_f \cdot d_1]$$

MIGLIORAMENTO SISMICO OSPEDALE SENIGALLIA (AN)

- Edificio realizzato negli anni Venti in pannelli murari intelaiati con travi e pilastri in calcestruzzo armato.
- Le indagini sui materiali hanno individuato un calcestruzzo di tipo $f_{ck} = 18 \text{ MPa}$ e barre lisce in acciaio di tipo Fe22k per travi e pilastri, mattoni pieni per il primo livello e secondo.
- L'edificio adibito fino al 2013 a padiglione ospedaliero sarà riconvertito in R.S.A,
- È richiesta una resistenza R120 alle strutture;



Anno 2014

MIGLIORAMENTO SISMICO OSPEDALE SENIGALLIA (AN)



Rimozione copriferro e applicazione
Passivante cementizio

MIGLIORAMENTO SISMICO OSPEDALE SENIGALLIA (AN)



Ricostruzione copriferro con malta tixotropica ad elevata duttilità
Con fibre strutturali tridimensionali in PVA

MIGLIORAMENTO SISMICO OSPEDALE SENIGALLIA (AN)



Confinamento nodi trave-pilastro portali con sistema
rete bidir. 100cm PBO 88gr/mq +Matrice inorganica+calcestruzzo

MIGLIORAMENTO SISMICO OSPEDALE SENIGALLIA (AN)



Confinamento nodi trave-pilastro portali con sistema rete bidir. 100cm PBO 88gr/mq +Matrice inorganica+calcestruzzo

Quadro normativo attuale FRCCM

- **CNR DT 200** dell'ottobre 2013 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di compositi fibrorinforzati" → previsto **l'uso di fibre di PBO e di matrici cementizie**
- **ACI 549.4R-13** del 2013 "Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Masonry Structures (December 2013)" → **trattano esclusivamente gli FRCCM**

ACI 549.4R-13

Guide to Design and Construction of Externally Bonded Fabric-Reinforced Cementitious Matrix (FRCCM) Systems for Repair and Strengthening Concrete and Masonry Structures

Reported by ACI Committee 549



American Concrete Institute®

DESIGN AND CONSTRUCTION OF EXTERNALLY BONDED FRCCM SYSTEMS (ACI 549.4R-13)

13



(a)



(b)

Fig. 4.1.3—(a) Surface preparation by hydrojetting; and (b) application of reinforcement mesh at top portion of tunnel lining.

4.1.4 *Trestle bridge base confinement*—FRCCM was chosen to provide confinement to the concrete support base for the trestle of a railway bridge in New York (Nanni 2012) because a breathable strengthening material was required. The base had cracked and the concrete deteriorated over time (Fig. 4.1.4a). Although cracking and deterioration did not necessarily affect performance of the support base, long-term durability of the concrete base was a concern that had to be addressed. The first step was to remove and replace the deteriorated concrete by chipping it out and replacing it with an engineered fast-set concrete repair material. The concrete surface was prepared by grinding to provide a good bonding surface. The FRCCM matrix was applied and the fiber mesh pressed into the substrate (Fig. 4.1.4b). Last, the crew installed the top mortar layer and a curing compound.

4.1.5 *Equipment base confinement in high ambient temperature*—FRCCM was chosen to confine the concrete support base of a piece of equipment in an industrial plant in the Midwestern United States because the ambient temperature of the concrete was approximately 180°F (82°C), which is considered too high for conventional FRP repair systems. The concrete substrate was first prepared by means of grinding to provide a good bonding surface. Because the concrete temperature during the installation was at approxi-



Fig. 4.1.4a—Trestle of the railway bridge before repair



Fig. 4.1.4b—Installation of FRCCM system.



Fig. 4.1.5—Installation of reinforcement mesh on equipment base.

mately 140°F (60°C), its surface was constantly wetted to have it in a saturated surface-dry condition at the application of FRCCM. A crew then applied the first matrix layer to the surface and immediately after, because of high temperature, a second crew installed the mesh by pressing it into the initial layer of mortar (Fig. 4.1.5). A third crew followed with the

Il sistema di rinforzo adottato ha previsto l'uso di una rete in fibra di P.B.O (Ruregold XT e XP) collegata alle travi / solette da rinforzare con una malta cementizia fibrorinforzata (Ruregold mx calcestruzzo).

Vantaggi ulteriori dei sistemi FRCM rispetto agli FRP:

- piena **compatibilità meccanica, fisica e chimica** tra l'elemento di rinforzo e le strutture esistenti grazie alla matrice cementizia
- rapidità delle operazioni: la speciale malta cementizia ha permesso di collegare la rete di P.B.O alle superfici degli elementi ricostruiti con malta cementizia tixotropica, **senza dover attendere la stagionatura** della malta tixotropica; se invece la matrice di collegamento fosse stata polimerica, la quale può essere applicata esclusivamente su superfici completamente asciutte, avremmo perso questo vantaggio
- durabilità dell'intervento

2.4.1 VITA NOMINALE

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

FRCM \Rightarrow vita utile ≥ 100 anni

FRCM \Rightarrow opere ordinarie e grandi

FRP \Rightarrow vita utile $\approx 10-20$ anni

FRP \Rightarrow solo opere provvisionali

si ringrazia per l'attenzione