

“MALTE STRUTTURALI PER IL RIPRISTINO, IL RINFORZO E L’ADEGUAMENTO SISMICO DI STRUTTURE IN C.A. E MURATURA”

SISTEMI HFE-tec[®] PER IL RINFORZO STRUTTURALE E L’ADEGUAMENTO SISMICO DI EDIFICI IN MURATURA

Ing. Laura Maisto (TECNOCHEM ITALIANA S.p.A.)

↘ SISTEMI

HFE-tec[®] muratura

High Fracture Energy

High Deformation Energy

***INTONACATURE ARMATE
AD ALTA ENERGIA DI FRATTURA
E DI DEFORMAZIONE
PER IL RINFORZO STRUTTURALE
ED ADEGUAMENTO SISMICO
DI MURATURE PORTANTI,
TAMPONAMENTI, PARTIZIONI***

*Dalla sperimentazione presso
l'Università di Bergamo...*

...all'applicazione in cantiere!

SPERIMENTAZIONE presso l'UNIVERSITA' di Bergamo:

Rinforzo di murature con applicazione su entrambe le facce di un pannello in muratura, di un intonaco rinforzato con rete (in acciaio o fibra di vetro).

- **Il programma sperimentale consiste in 6 prove di compressione diagonale su altrettanti muretti di dimensioni 100x100x40 cm.**
- **Ogni pannello è stato realizzato con 16 file parallele di mattoni pieni di dimensioni 22.5cm x 10 cm x 5 cm**
- **Uno dei muretti realizzati (PNR) non è stato rinforzato e viene utilizzato come riferimento.**

Designazione	Rinforzo	Tipo di connettori	Tipo di rete
NON RINFORZATO	Sp.2.5 cm per lato Malta M10/UNI-EN 998-2	Non presenti	Non presente
R_VETRO	Sp. 3 cm per lato BS 38/39 2.5 Mucis	Connettori passanti in fibra di vetro Diametro 10 mm	Rete in fibra di vetro Maglia 10x8cm
R_ACCIAIO	Sp. 3 cm per lato BS 38/39 2.5 Mucis	Connettori passanti in acciaio Diametro 6 mm	Rete in acciaio Maglia 50x50mm Filo 4 mm

BS 38/39-2,5 MuCis® sra

SHRINKO-tec®
MuCis®
FIB-energy®

FIBRORINFORZATO BICOMPONENTE
MALTA REOPLASTICA ANTIRITIRO ANTICORROSIONE SUPERADESIVA
DI ALTISSIMA PROTEZIONE E DURABILITA'
PER RIPRISTINI E RINFORZI STRUTTURALI
SU CALCESTRUZZI DETERIORATI E MURATURE



CE approved – Certificato n. 1305 - CPD - 0808
EN 1504-3 Classe R3

• Resistenza a Compressione	N/mm ²	40 (28 gg.)
• Resistenza a flessione	N/mm ²	10 (28 gg.)
• MODULO ELASTICO	N/mm ²	18.000 (28 gg.)
• Adesione al cls	N/mm ²	2,4 (28 gg.)
• Pull-out	N/mm ²	> 15 (28 gg.)
• Bleeding		assente
• Carbonatazione nel tempo	8 anni mm	0,8
	18 anni mm	2,0
	25 anni mm	3,9
• Resist. alla penetrazione CO ₂	μ	11.500
• Resist. alla diffusione VAPORE	μ	40
• ① Res. GELO-DISGELO	gr/mq	~ 150
• ② Permeab. ai CLORURI	Coulomb	165
• Permeabilità all'acqua in spinta positiva	kPa	>150
• Permeabilità all'acqua in spinta negativa	kPa	>65

TecnoFib Glass Net 510

RETE IN FIBRA DI VETRO CON TRATTAMENTO ANTIALCALI

- Caratteristiche tecniche (valori tipici)**
- Allungamento alla rottura: 3,5 %
 - Modulo elastico: 26.000 N/mm²
 - Carico di rottura a trazione:
 - Ordito >6.600 N/5cm
 - Trama > 6.200 N/5cm
 - Spessore medio tessuto apprettato: 0,95 mm
 - Peso: 510 gr/m²
 - Dimensione maglie 10x8 mm

Esecuzione rinforzo pannello R_VETRO



Inserimento dei fiocchi inghisati con resina epossidica



Posa della rete in fibra di vetro



Sfiocchettamento dei fiocchi sulla rete

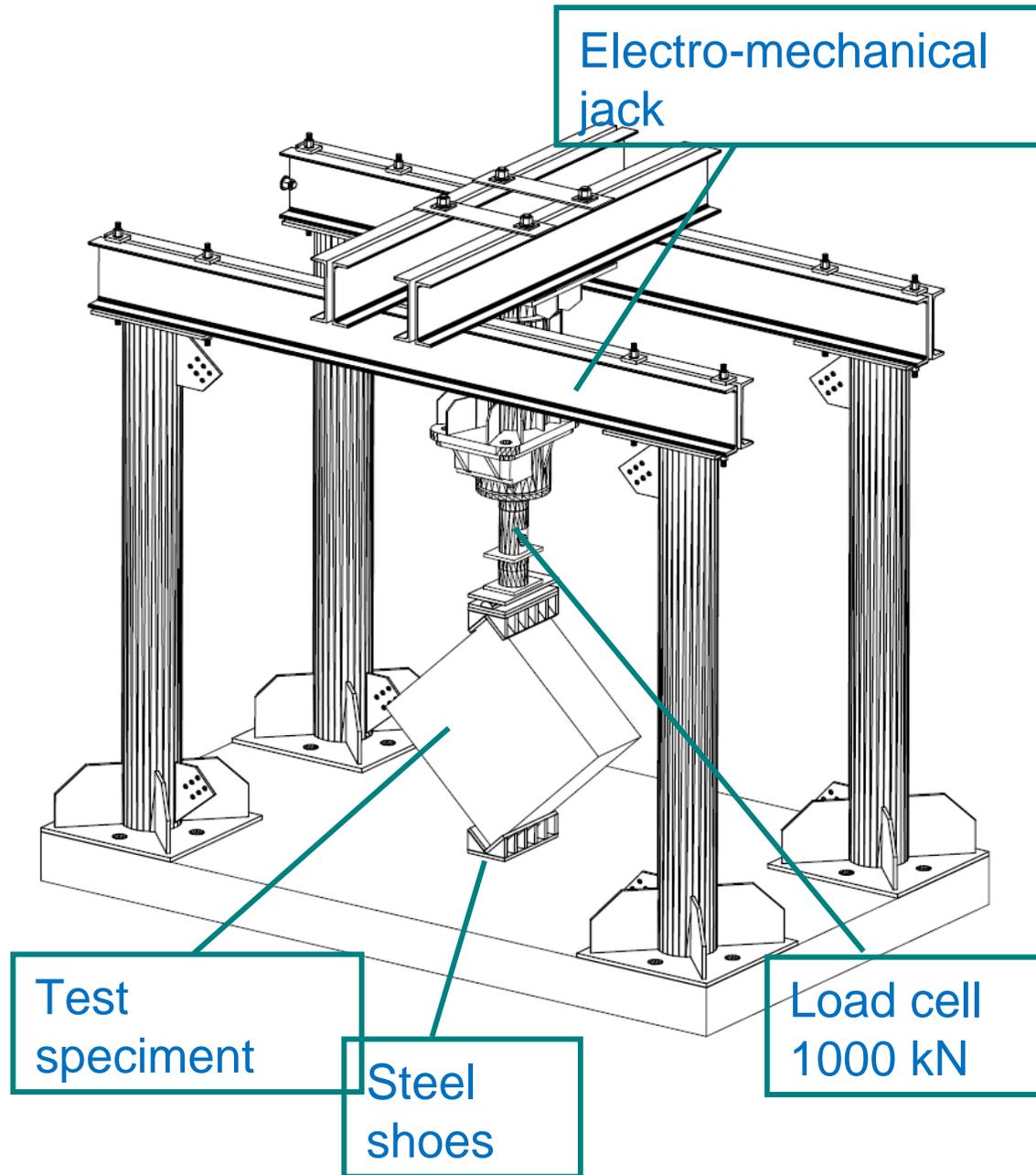
Esecuzione rinforzo pannello R_ACCIAIO



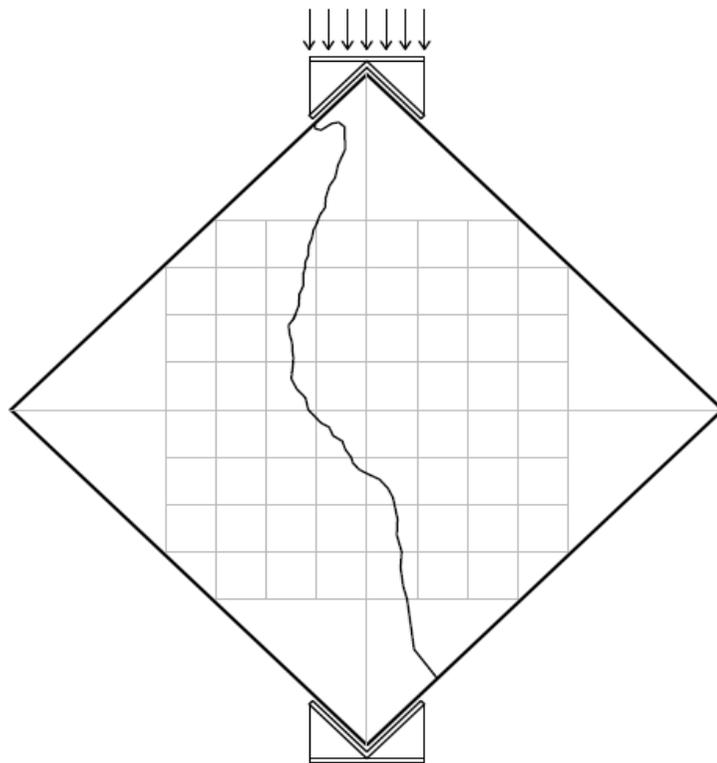
Posa della rete che viene legata ai connettori in acciaio



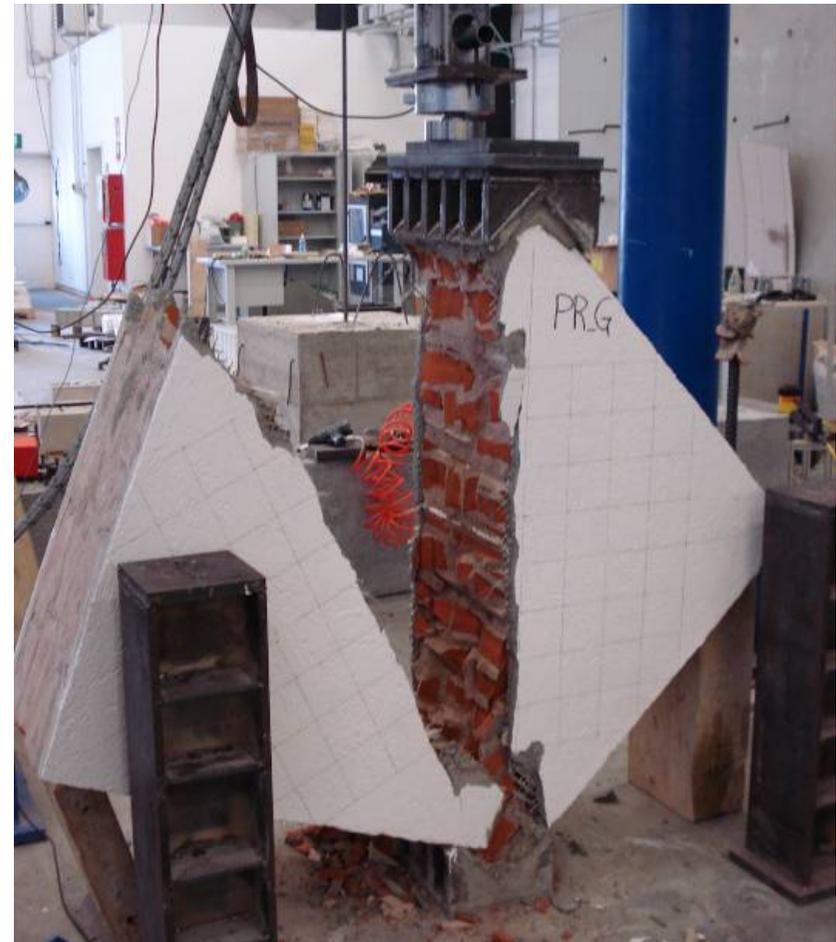
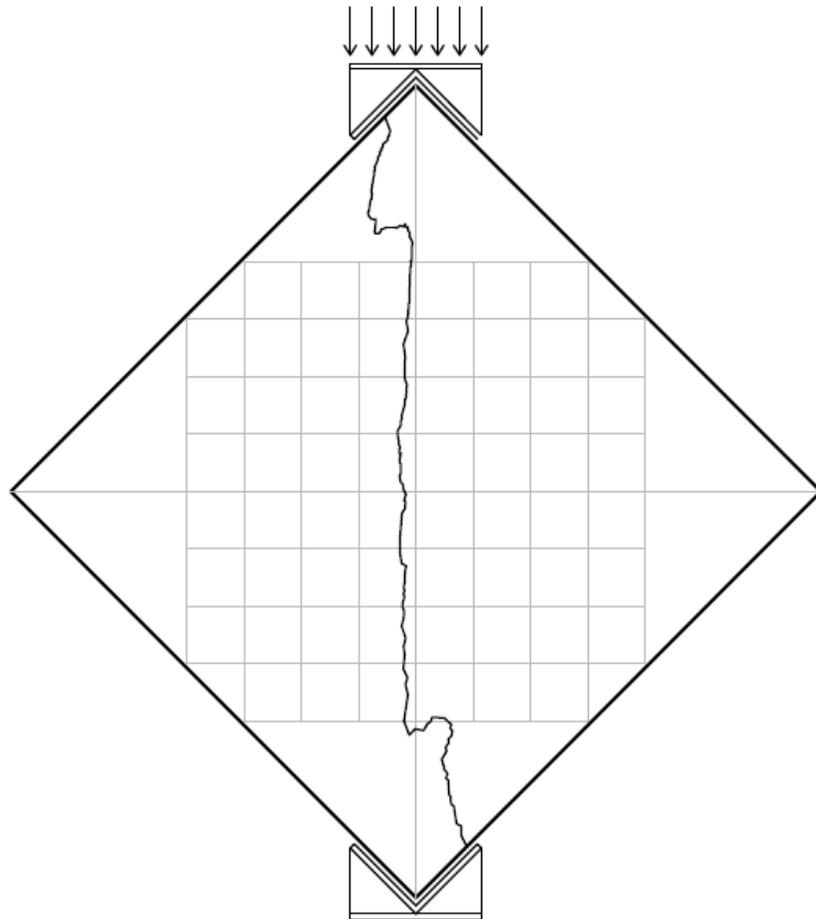
Applicazione della seconda mano di malta



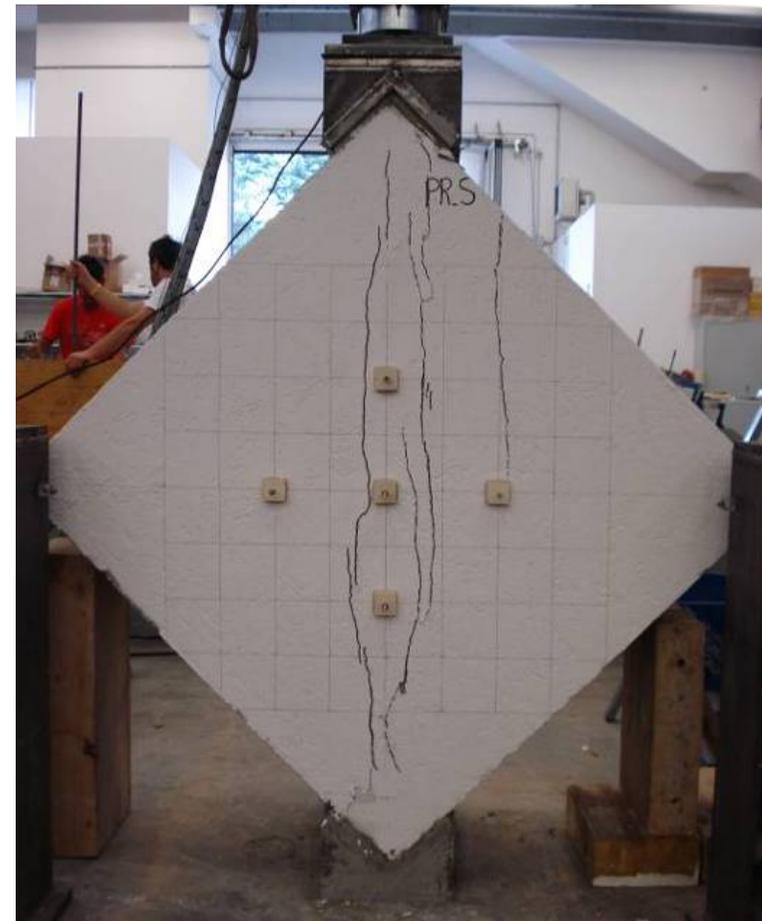
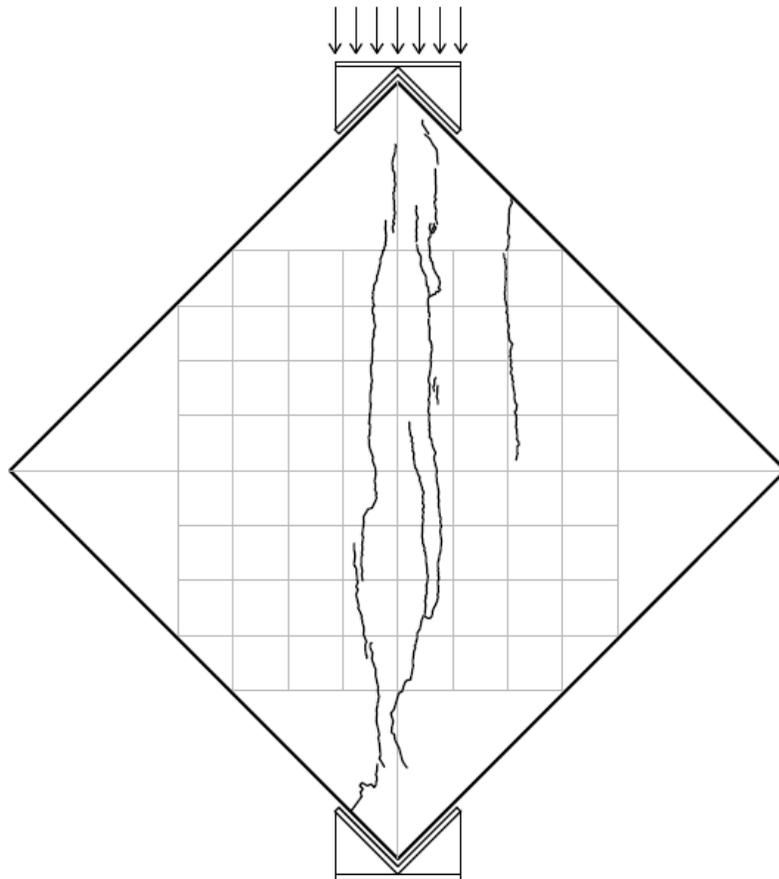
Quadro fessurativo del pannello **non rinforzato** al termine della prova (lato anteriore)



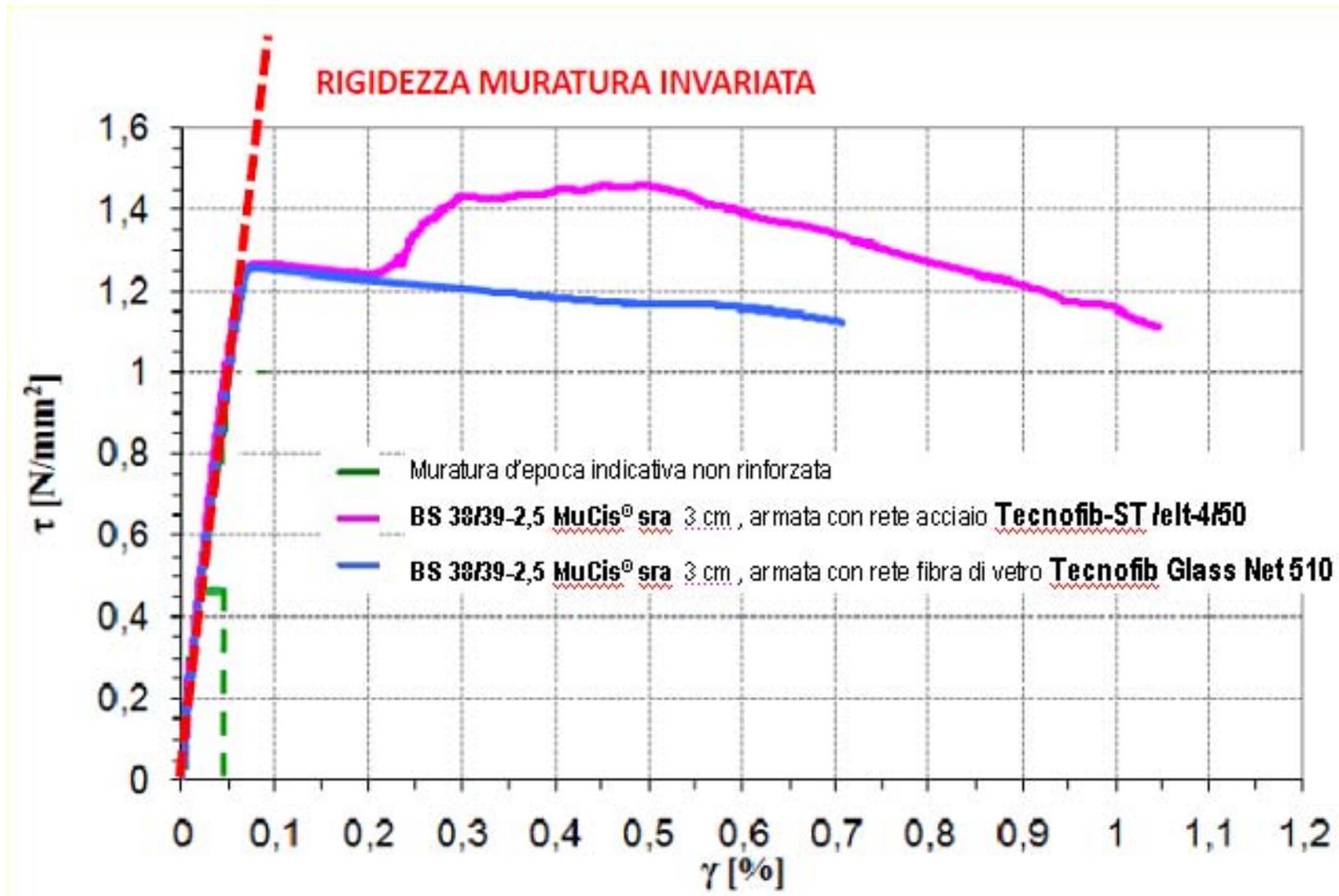
Quadro fessurativo del pannello “R_VETRO” al termine della prova (lato anteriore)



Quadro fessurativo del pannello “R_ACCIAIO” al termine della prova (lato anteriore)



Confronto diagrammi tensione tangenziale – deformazione a taglio per i pannelli rinforzati con **BS 38/39-2,5 MuCis[®] sra**



- Nei diagrammi riportati è evidente la capacità dei campioni rinforzati di raggiungere deformazioni maggiori, resistenze a taglio incrementate, a fronte di una rigidezza strutturale invariata.
- Tale confronto mostra che i pannelli rinforzati hanno una maggiore capacità di dissipare energia, risorsa che risulta fondamentale nel caso di evento sismico.
- Nel caso dei pannelli rinforzati con rete in acciaio, per il quale l'energia dissipata è maggiore, tale comportamento è ascrivibile al quadro fessurativo osservato durante il test. La formazione di numerose piccole fessure consente al pannello murario di dissipare energia e raggiungere deformazioni elevate senza perdere la propria capacità resistente.

ULTERIORI SVILUPPI DELLA RICERCA

La ricerca è proseguita studiando le potenzialità offerte da malte fibrorinforzate strutturali alleggerite e da microcalcestruzzi ad elevatissime prestazioni con l'obiettivo di:

- migliorare il comportamento della struttura in termini di duttilità e resistenza
- ridurre le masse sospese (sismica)
- limitare le variazioni di rigidezza della struttura
- dare traspirabilità alla struttura
- Migliorare la coibenza termica

BS 37 FPL – LIGHT

**FORMULATO POZZOLANICO FIBRORINFORZATO LEGGERO
 AD ELEVATA CAPACITÀ DEFORMATIVA ED ENERGIA DI FRATTURA**

CE approved – Certificato n. 1305 - CPD - 0808 ; EN 1504-3 Classe R2

CE approved EN 998-1/OC – malta monostrato per intonaci esterni

R2

EN 1504-3

NORMA EUROPEA

Rispondenza a EN 1504-3 :	R2
• Acqua di impasto approx.	20%
• Tempo di lavorabilità	60 minuti
• Resistenza a compressione 28 gg.	> 20 MPa
• Resistenza a flessotrazione 28 gg.	> 8 MPa
• Modulo elastico	12.000 MPa
• Adesione al mattone ed al cls 28 gg.	> 1,5 N/mm ²
• Energia di frattura	3500 N/m
• Permeabilità al vapore	μ 35
• Resa	1,5 Kg/m ² /mm
• Coibenza termica λ	0,73 W/mK

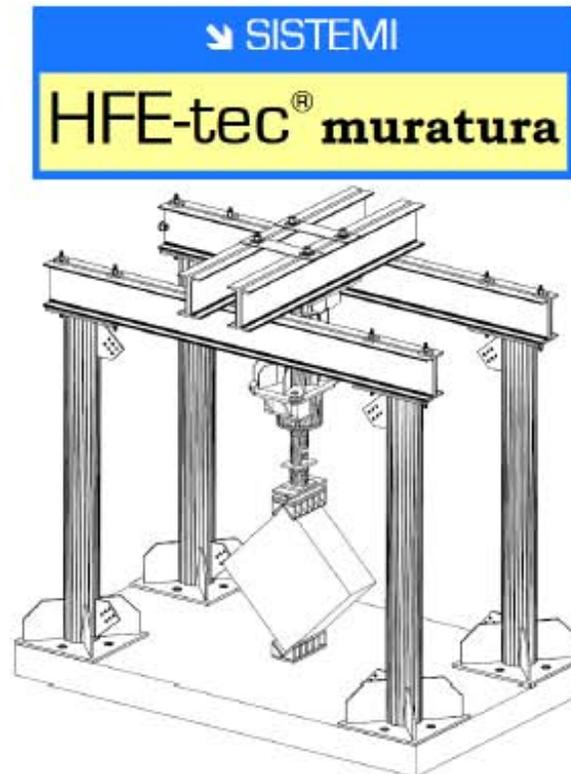


Prodotti,
tecnologie e
servizi per il
restauro
monumentale

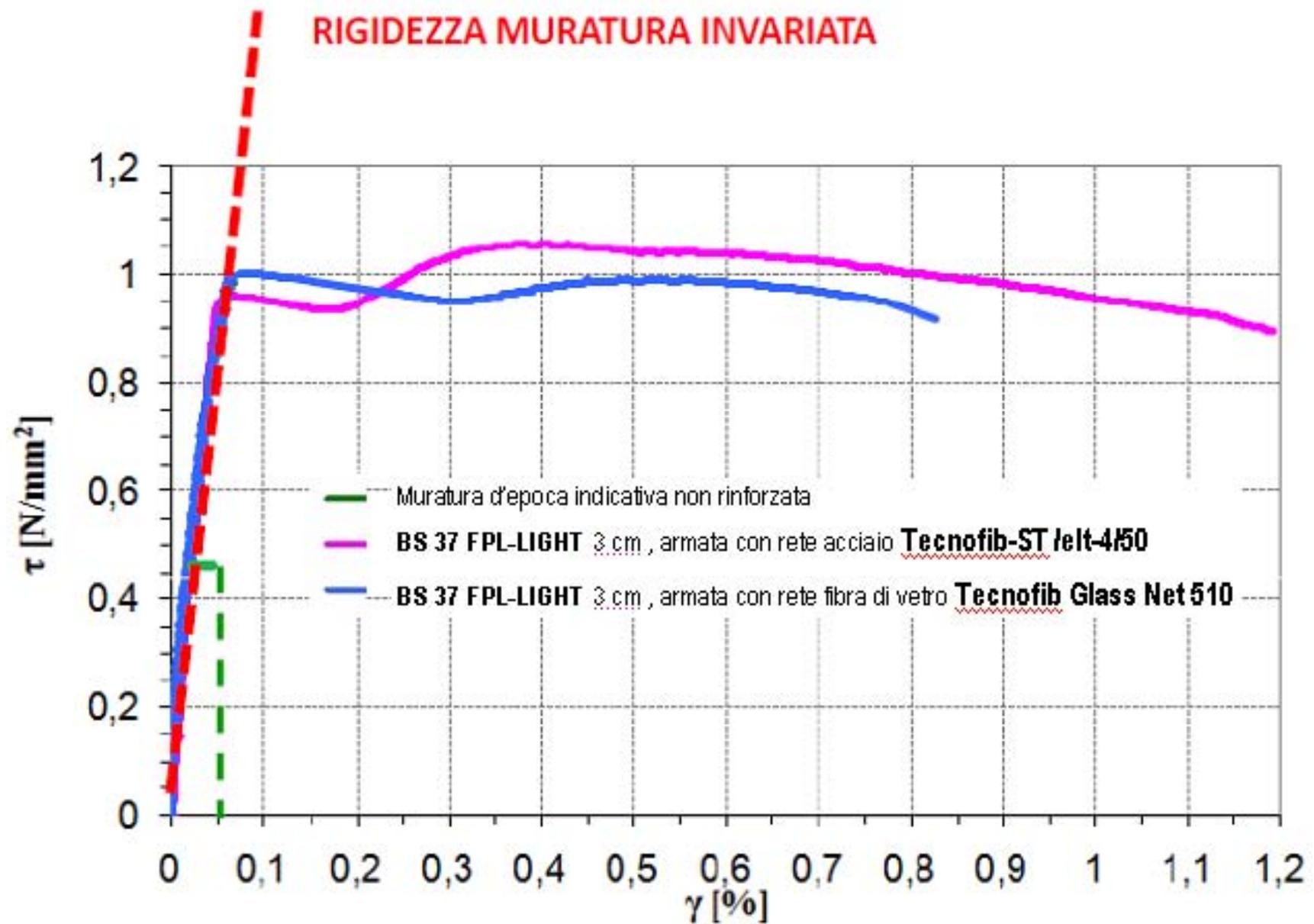


Certified Quality System since **FEBRUARY 1993**

Dal Progetto al Cantiere



Determinazioni e misure per compressione diagonale su muratura con intonacatura di malta fibrorinforzata ad alta energia di deformazione **BS 37 FPL – LIGHT** armata con rete acciaio o rete in fibra di vetro : Sistemi **HFE-tec® Muratura** (Misure campioni testati : 100 cm x 100 cm x 40 cm) , spessore intonacatura 3 cm.



REFOR-tec[®] GF 5 / ST - HS tricomponente

Microcalcestruzzo UHPFRCC

Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite

CE approved – Certificato n. 1305 - CPD - 0808

EN 1504-3 Classe R4

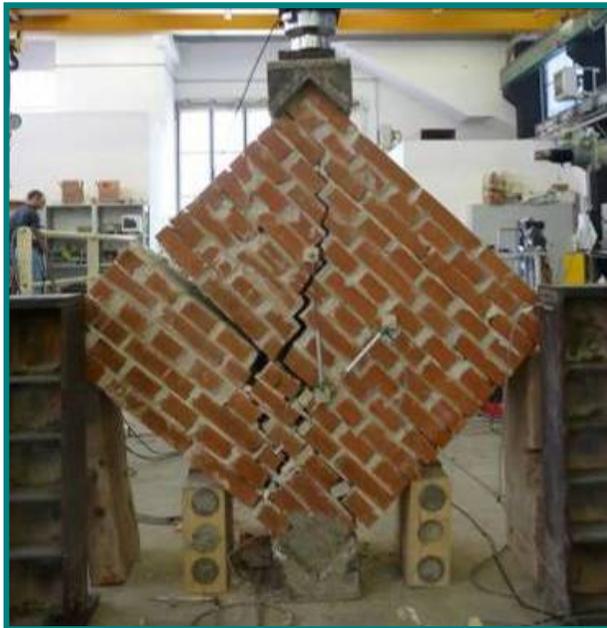
R4

EN 1504-3

NORMA EUROPEA

Caratteristiche
tecniche
(valori tipici)

• Tempo di lavorabilità	≥ 1 h
• Pedonabilità	12 h a 20 °C
• Agibilità a traffico leggero	24 h a 20 °C
• Agibilità con massime sollecitazioni	3 gg. a 20 °C
• Densità	2.450 Kg/m ³
• Resistenza alla compressione 1 gg ^{**}	48 MPa
• Resistenza alla compressione 28 gg ^{**}	130 MPa
• Resistenza alla trazione 28 gg ^{***}	8,5 MPa
• Resistenza alla flessotrazione 28 gg ^{**}	32 MPa
• Resistenza al taglio	16 MPa
• Modulo Elastico	38 GPa
• Energia di frattura	32.500 N/m
• Ritiro endogeno	< 0,05 %
• Profondità di carbonatazione	0



PNR

No layer
No connectors
No mesh

τ_{\max}	0.349 N/mm ²
γ_{\max}	0.054 %
γ_u	0.087 %
μ	1.59 %

- Il pannello di base si è rotto in corrispondenza della malta di allettamento

- Il pannello rinforzato con tecnologia **REFOR-tec®** mostra un incremento di resistenza di **5 volte** rispetto al pannello di base

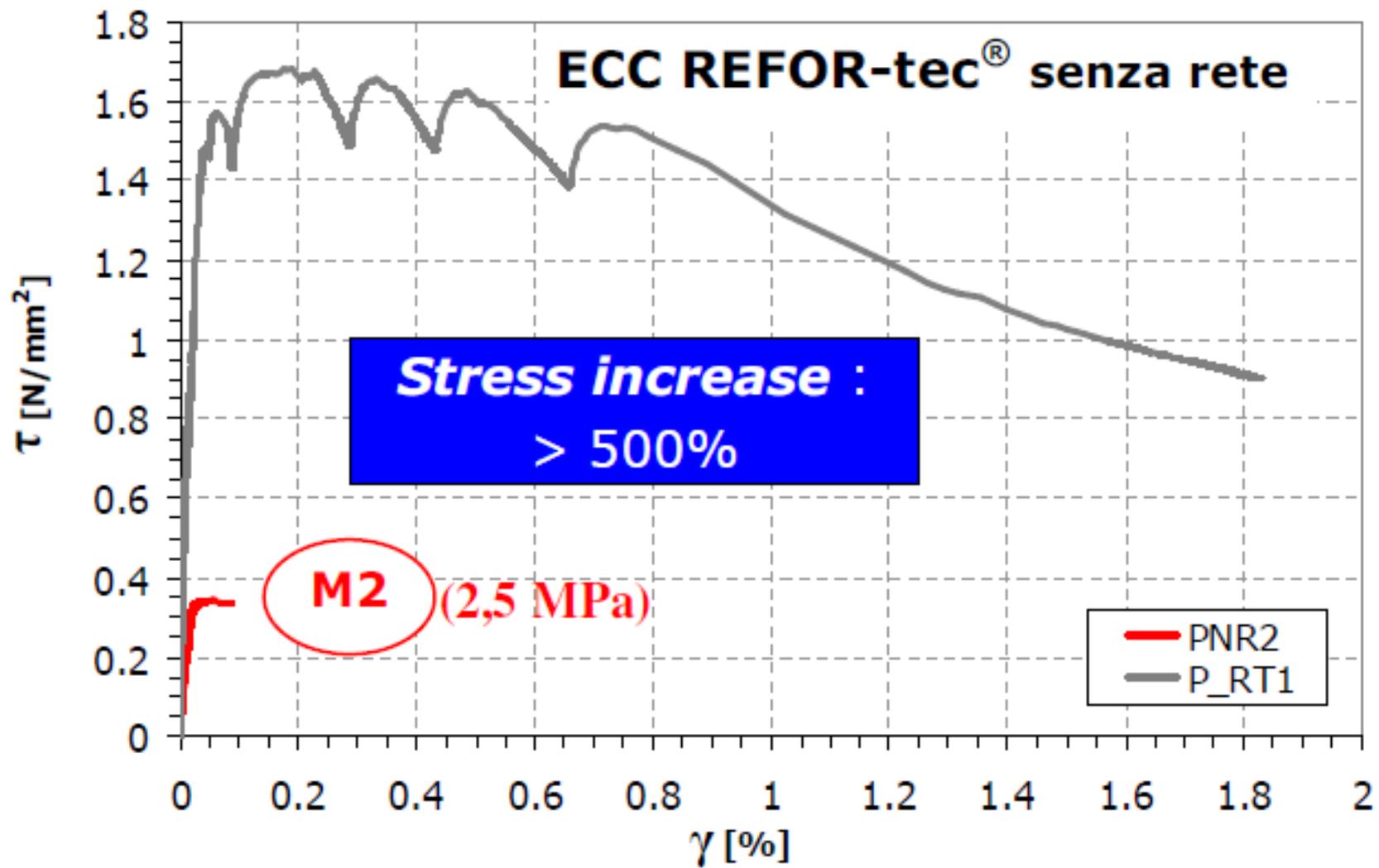


P_RT1

Refor-tec GF5
Steel connectors
No mesh

τ_{\max}	1.683 N/mm ²
γ_{\max}	0.189 %
γ_u	1.023 %
μ	26.14 %

- Il pannello rinforzato con tecnologia **REFOR-tec®** mostra un incremento di duttilità di **16 volte** rispetto al pannello non rinforzato

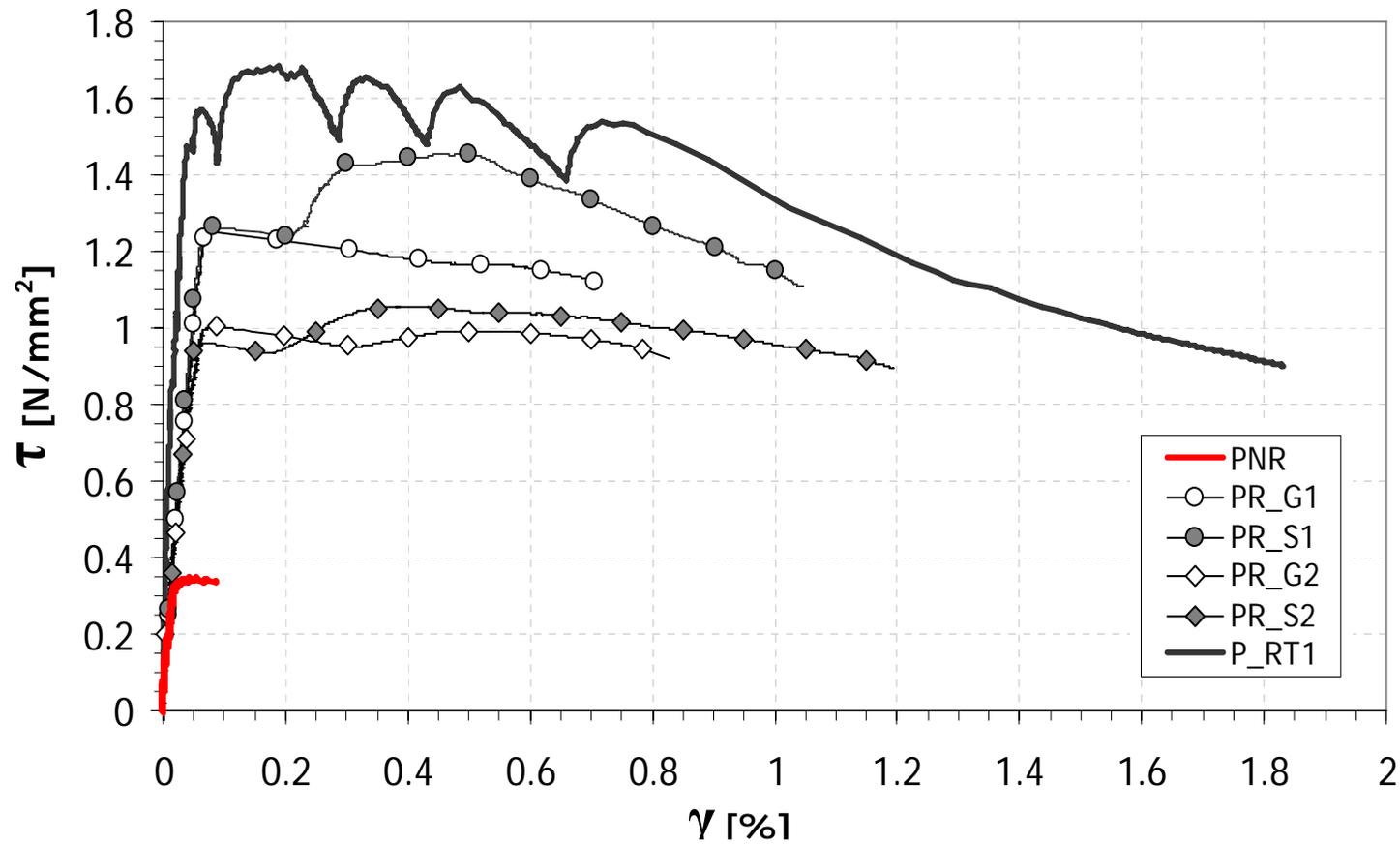




FASI APPLICATIVE:

- [1] Carote passanti con diametro pari a 4 mm realizzate nel muretto;
- [2] Idrolavaggio delle superfici in laterizio;
- [3] Insertion of the connectors;
- [4] Realizzazione dei casseri;
- [5] Saturazione dei supporti con acqua;
- [6] getto di **REFOR-tec**[®]





	PR_G1 BS38/39 Fiber glass mesh	PR_S1 BS38/39 Steel mesh	PR_G2 BS37 FPL-LIGHT Fiber glass mesh	PR_S2 BS37 FPL-LIGHT Steel mesh	P_RT1 HPFRC REFOR-tec No mesh
P_{max}/P_{PNR}	3.59	4.18	2.87	3.03	4.82
μ/μ_{PNR}	6.03	7.30	6.07	11.70	16.44

I tests di compressione diagonale hanno mostrato l'efficacia dei sistemi di rinforzo proposti ed in particolare possiamo affermare che:

- I pannelli rinforzati con sistema **HFE-tec Murature** e **REFOR-tec**[®] mostrano un **significativo incremento di resistenza della struttura**
- I pannelli rinforzati con sistema **HFE-tec Murature** e **REFOR-tec**[®] mostrano **un significativo incremento della duttilità strutturale**
- I pannelli rinforzati con sistema **HFE-tec Murature** e **REFOR-tec**[®] non modificano la rigidezza a taglio strutturale, consentendo un comportamento simile in termini di spostamenti nel caso di evento sismico rispetto alla struttura di origine
- Si è verificata una corretta adesione dei sistemi di rinforzo al supporto in laterizio anche per valori notevoli di spostamento

ESEMPIO APPLICATIVO

EDIFICIO ALBERGHIERO MILANO

TECNOLOGIA

HFE-tec MURATURE

BS 38/39-2,5 MuCis® sra

SHRINKO-tec®

MuCis®

FIB-energy®

FIBRORINFORZATO BICOMPONENTE

MALTA REOPLASTICA ANTIRITIRO ANTICORROSIONE
SUPERADESIVA DI ALTISSIMA PROTEZIONE E DURABILITA'
PER RIPRISTINI E RINFORZI STRUTTURALI
SU CALCESTRUZZI DETERIORATI E MURATURE

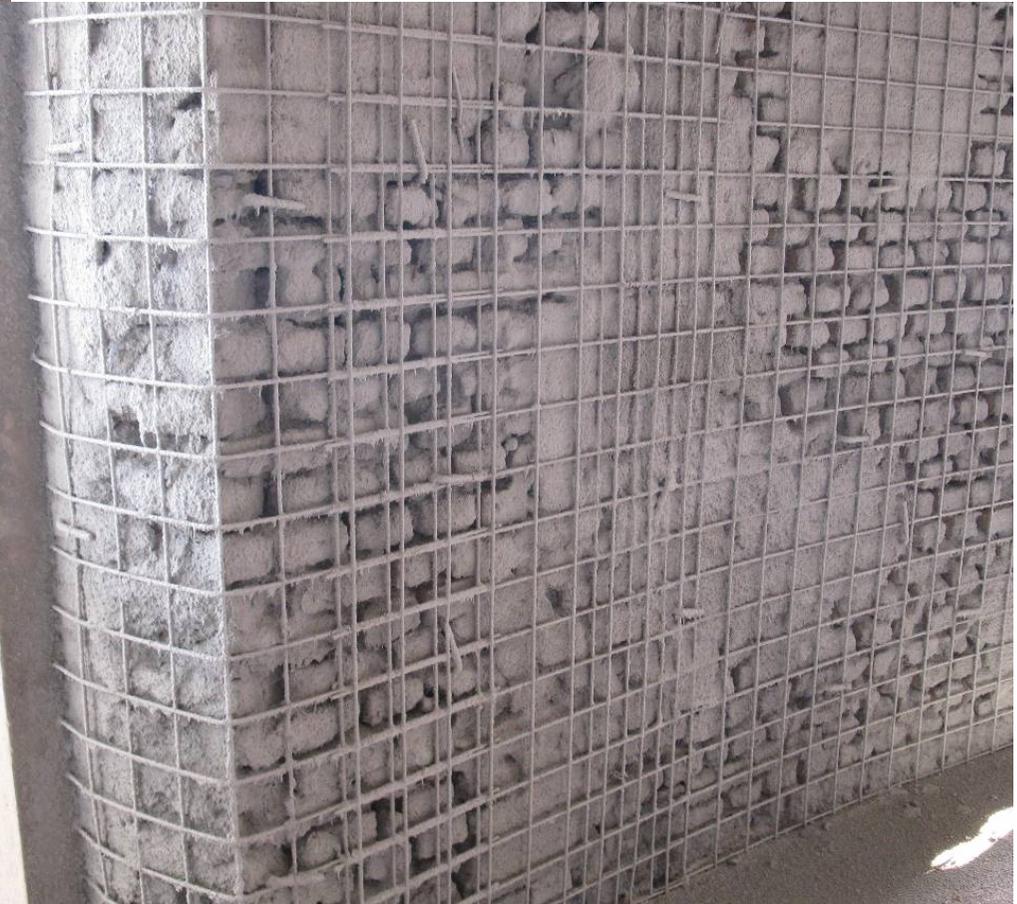


CE approved – Certificato n. 1305 - CPD - 0808

• Resistenza a Compressione	N/mm ²	40 (28 gg.)
• Resistenza a flessione	N/mm ²	10 (28 gg.)
• MODULO ELASTICO	N/mm ²	18.000 (28 gg.)
• Adesione al cls	N/mm ²	2,4 (28 gg.)
• Pull-out	N/mm ²	> 15 (28 gg.)
• Bleeding		assente
• Carbonatazione nel tempo	8 anni mm	0,8
	18 anni mm	2,0
	25 anni mm	3,9
• Resist. alla penetrazione CO ₂	μ	11.500
• Resist. alla diffusione VAPORE	μ	40
• ① Res. GELO-DISGELO	gr/mq	~ 150
• ② Permeab. ai CLORURI	Coulomb	165
• Permeabilità all'acqua in spinta positiva	kPa	>150
• Permeabilità all'acqua in spinta negativa	kPa	>65



- Applicazione della rete
- Applicazione monconi
- Applicazione di rinzafo

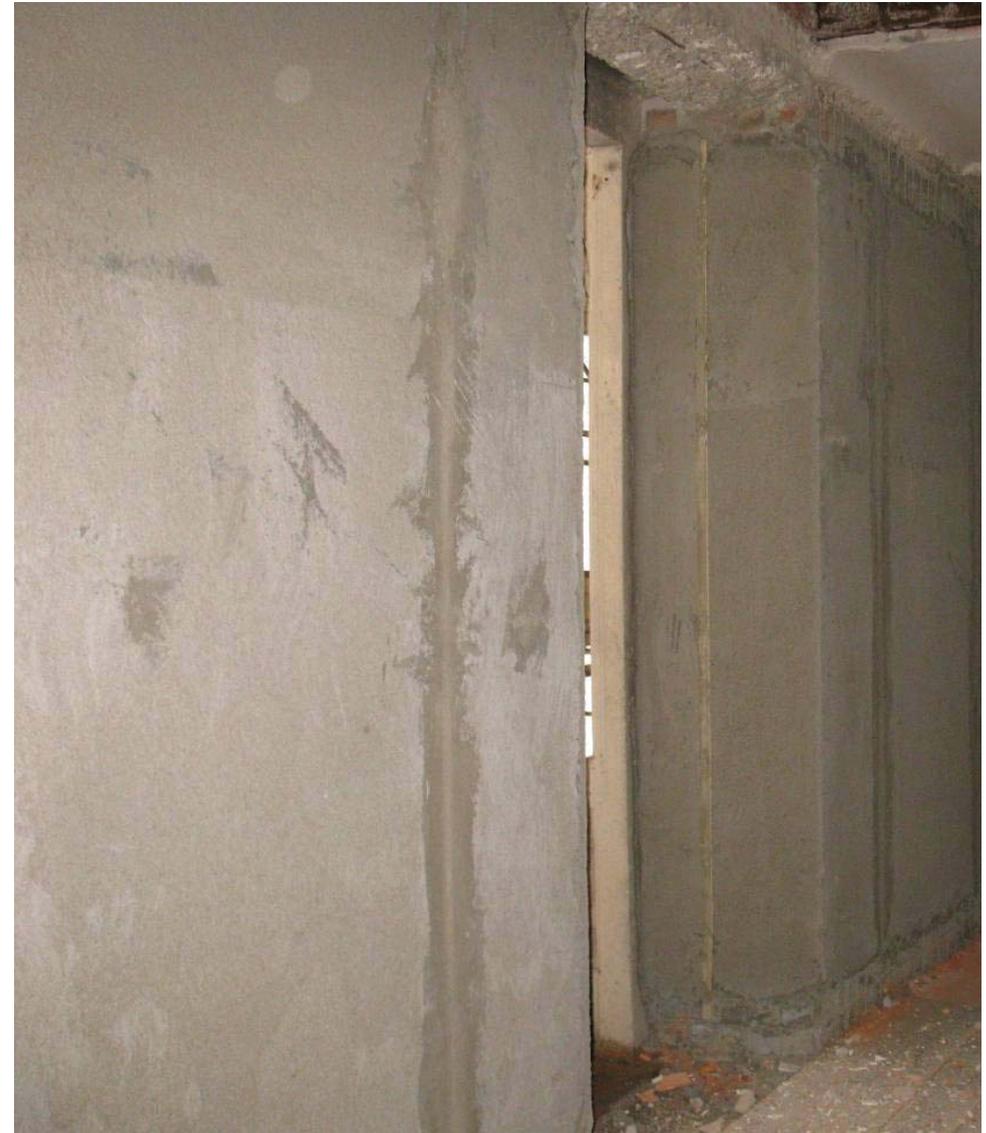




La miscelazione...



...e l'applicazione a spruzzo



La prima mano a spessore e la seconda mano di finitura su dime di livello

RINFORZI DI MURATURE CON RASATURE ARMATE

CASERMA CAMPOMIZZI –AQUILA-



NECESSITA':

Aumentare la sicurezza delle murature esistenti

SOLUZIONE:

Doppia rasatura a basso spessore con malta strutturale

TECNORASO CT10, armata con rete **Tecnofib GLASS NET 73**

Le due rasature sono accoppiate con **Tecnofib Fiocco NET 73**

TECNORASO CT 10

MALTA REOPLASTICA PER RASATURE O RICOSTRUZIONI
 A BASSI SPESSORI ANTIRITIRO SUPERADESIVA
 FIBRORINFORZATA MONOCOMPONENTE

CE approved – Certificato n. 1305 - CPD - 0808
 EN 1504-3 Classe R3

tipo MR1 : "malta cementizia, per rasature fino (2-3 mm), polimerica modificata, premiscelata
 isotropica, mono-componente, contenente fibre sintetiche polimeriche" (a seconda del
 CAPITOLO AUTOSTRADE PER L'ITALIA "malta cementizia tipo MR1")

R3
 EN 1504-3
 NORMA EUROPEA

MR1
 CERTIFICATO AUTOSTRADE PER L'ITALIA
 STEA



TecnoFib Glass Net 73
 SISTEMA DI RINFORZO CON RETE IN FIBRA DI VETRO

TecnoFib FIOCCO glass 73
 CONNETTORE IN FIBRA DI VETRO

CASERMA CAMPOMIZZI



CASERMA CAMPOMIZZI



PALAZZO DEL GOVERNATORE

PROVINCIA DI PIACENZA

Rinforzi strutturali di murature e volte



Rinforzo delle murature con sistema di intonacatura armata con malta strutturale e rete in fibra di vetro

BS 38/39 2,5 MuCis[®]
TECNOFIB GLASS NET 510

Rinforzo delle murature con tessuti unidirezionali in fibra di carbonio

TECNOFIB C240

Rinforzo estradossale di volte in muratura con tessuti unidirezionali in fibra di carbonio

TECNOFIB C240

RINFORZO DELLE MURATURE IN MATTONI

Alcune delle murature portanti dell'edificio presentavano seri problemi fessurativi e disomogeneità in diversi punti.

A livello progettuale si è deciso di attuare 2 diverse tipologie di intervento: alcune murature sono state rinforzate mediante intonacatura armata realizzata con malta strutturale in abbinamento a rete in fibra di



vetro; altre sono state rinforzate mediante posa di tessuti unidirezionali in fibra di carbonio.

FASI APPLICATIVE DEL RINFORZO DELLE MURATURE CON INTONACATURA ARMATA STRUTTURALE

Scalzatura delle fughe incoerenti e successiva pulizia delle superfici con eliminazione delle polveri.

Foratura del supporto, aspirazione delle polveri residue dal foro e successivo fissaggio di fiocchi in fibra di vetro **TECNOFIB FIOCCO GLASS 73** mediante resina epossidica **TECNOEPO 701**.



Stilatura delle fughe e stesura di una prima mano di malta strutturale bicomponente fibrorinforzata **BS 38/39 2,5 MuCis**[®], spessore medio 1,5 cm.



Sul fresco posizionamento e fissaggio della rete in fibra di vetro bidirezionale con trattamento antialcali **TECNOFIB GLASS NET 510**. I fiocchi precedentemente posati vengono fatti passare attraverso le maglie della rete per essere poi fissati in una fase successiva.



Apertura dei fiocchi
TECNOFIB FIOCCO GLASS
73 e fissaggio delle loro
estremità al supporto mediante
malta **BS 38/39 2,5 MuCis[®]**.



Applicazione della seconda
mano di malta strutturale
bicomponente fibrorinforzata
BS 38/39 2,5 MuCis[®],
spessore medio 1,5 cm.



FASI APPLICATIVE DEL RINFORZO DELLE MURATURE CON TESSUTI UNIDIREZIONALI IN FIBRA DI CARBONIO

Pulizia delle superfici da polveri e da parti incoerenti ed in fase di distacco.

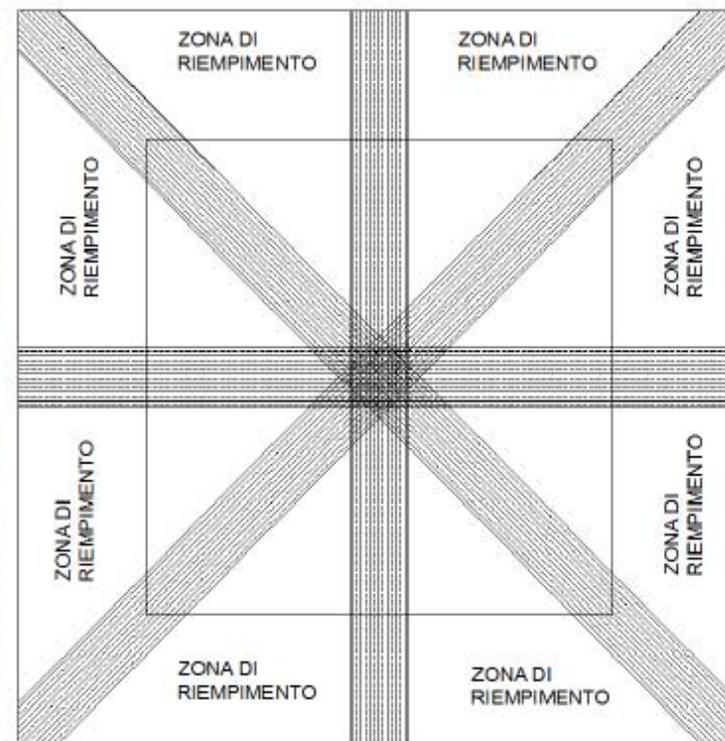
Preparazione delle piste di posa dei tessuti mediante rasatura di regolarizzazione con malta strutturale bicomponente fibrorinforzata **BS 38/39 2,5 MuCis**[®]. Dopo adeguata stagionatura della



malta, applicazione a rullo di primer epossidico **TECNOEPO 700 PRIMER** nella quantità di circa 300 g/m². Su primer secco al tatto, posa dei tessuti unidirezionali in fibra di carbonio **TECNOFIB C240** mediante adesivo epossidico bicomponente **TECNOEPO 701** nella quantità di circa 700 g/m². Successivo rullaggio con rullo metallico dentato per permettere la completa impregnazione del tessuto con adesivo epossidico. Sul fresco spolvero di quarzo. I rinforzi sono stati protetti mediante successiva rasatura con **BS 38/39 2,5 MuCis**[®].

FASI APPLICATIVE DEL RINFORZO DELLE VOLTE IN MURATURA CON TESSUTI UNIDIREZIONALI IN FIBRA DI CARBONIO

L'estradosso delle volte si presentava compatto, privo di fessure e grosse irregolarità. Per il rinforzo strutturale è stato previsto un intervento di fasciatura con tessuti unidirezionali in fibra di carbonio **TECNOFIB C 240 da 300 g/m² in altezza 50 cm** con disposizione indicata nello schema seguente:



Fasi operative:

Pulizia del supporto dalle polveri. Primerizzazione delle superfici con stesura a pennello di **RESINA RMB** polimeri organici acrilici in emulsione acquosa.

Su primerizzazione ancora fresca, è stata eseguita rasatura in due mani con malta tixotropica fibrorinforzata bicomponente antiritiro **BS 38/39 2,5 MuCis**[®] al fine di preparare le piste per il successivo ciclo di rinforzo con tessuti in fibra di carbonio.

Dopo adeguata, stagionatura della malta applicazione a rullo di **TECNOEPO 700 primer**, primer epossidico bicomponente, nella quantità di circa 300 g/m². Su primer leggermente appiccicoso al tatto, applicazione a rullo di



TECNOEPO 701, resina a base epossiamminica, formulata quale adesivo, bicomponente ed indurente a temperatura ambiente con un consumo di circa 700 g/m².

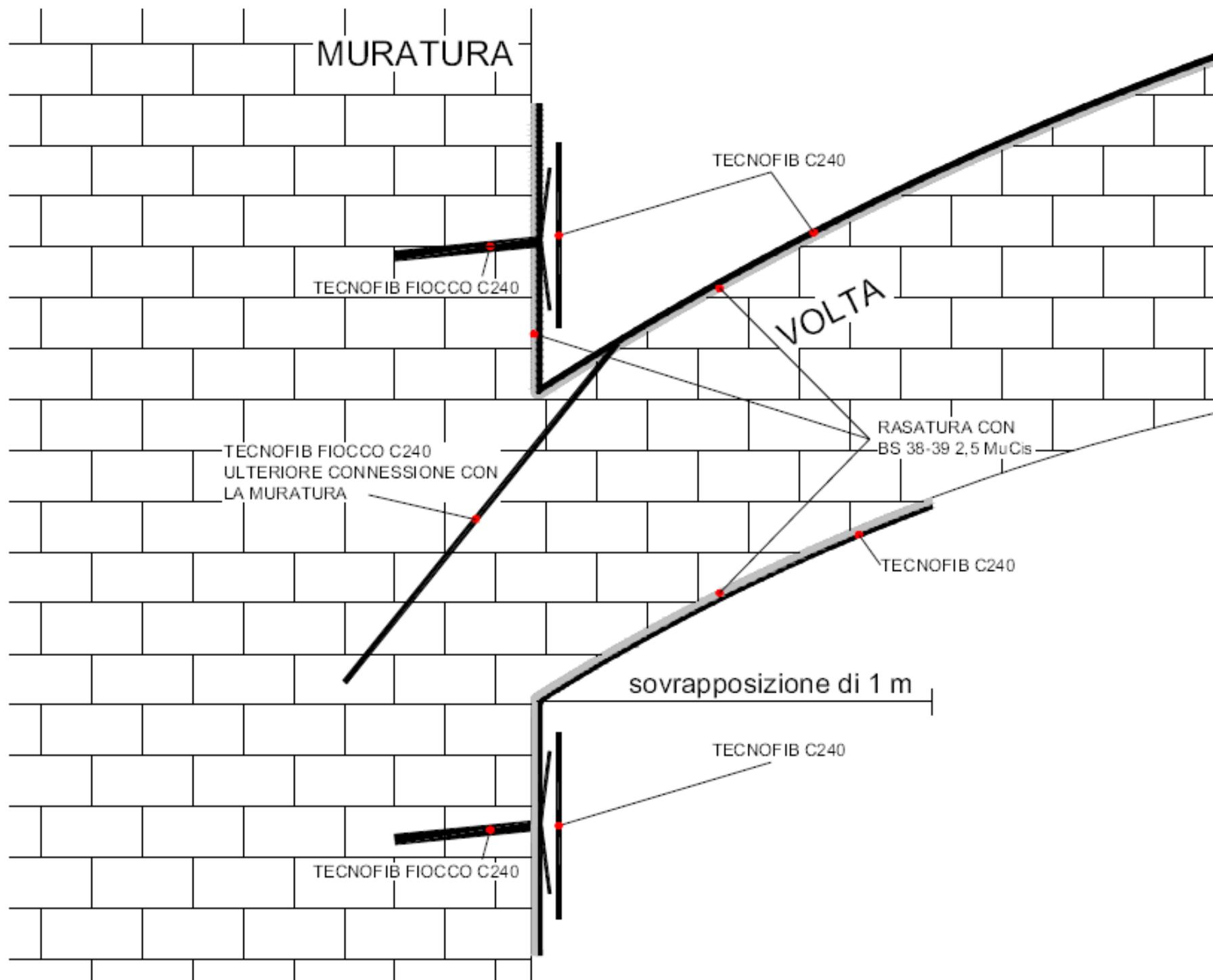
Immediatamente dopo la stesura dell'adesivo, sono state applicate le strisce



Nelle zone di riempimento perimetrali dove era previsto il passaggio delle fasce di tessuto è stata prevista la rimozione completa del riempimento esistente, l'applicazione di rasatura con malta **BS 38/39 2,5 MuCis**[®] e la posa dei tessuti con risvolto sulle murature portanti perimetrali.



I tessuti sono stati ancorati alle murature mediante posa di connettori in fibra di carbonio **TECNOFIB FIOCCO C240**.

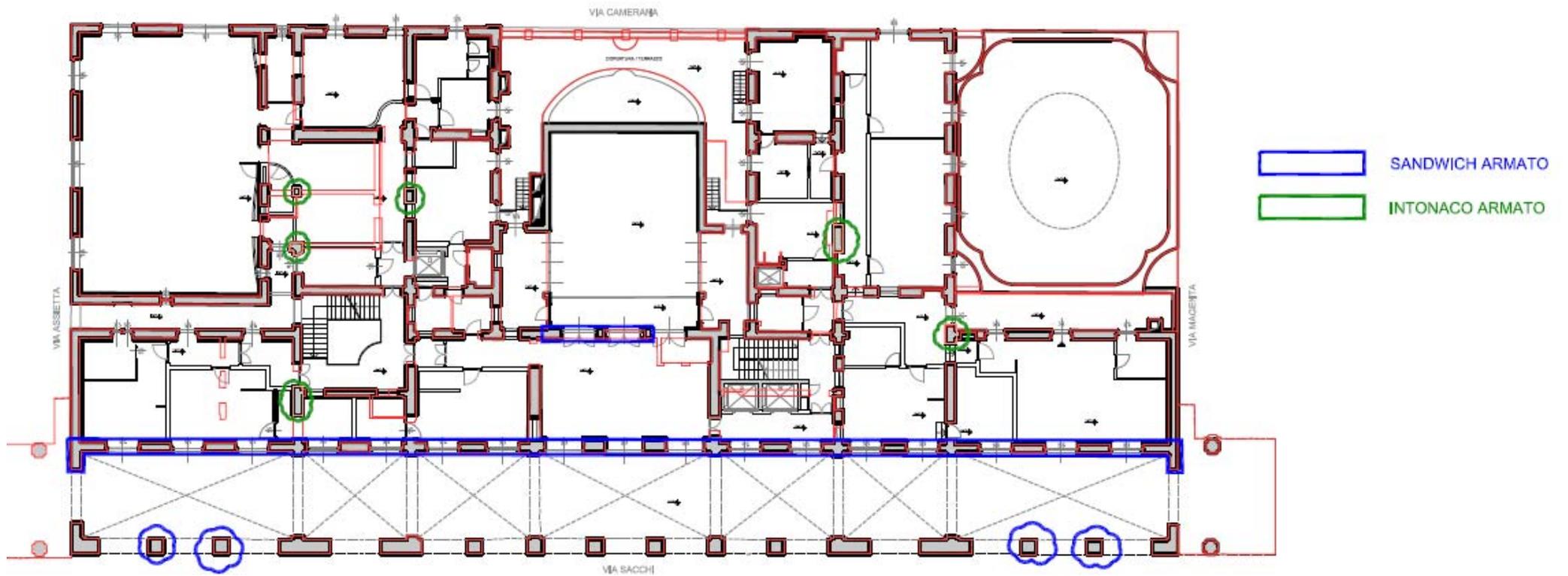


TURIN PALACE HOTEL **TORINO**

Rinforzo delle murature con intonacatura armata realizzata con malta strutturale fibrorinforzata, **BS 38/39 2,5 MuCis**[®]
rete e connettori in acciaio

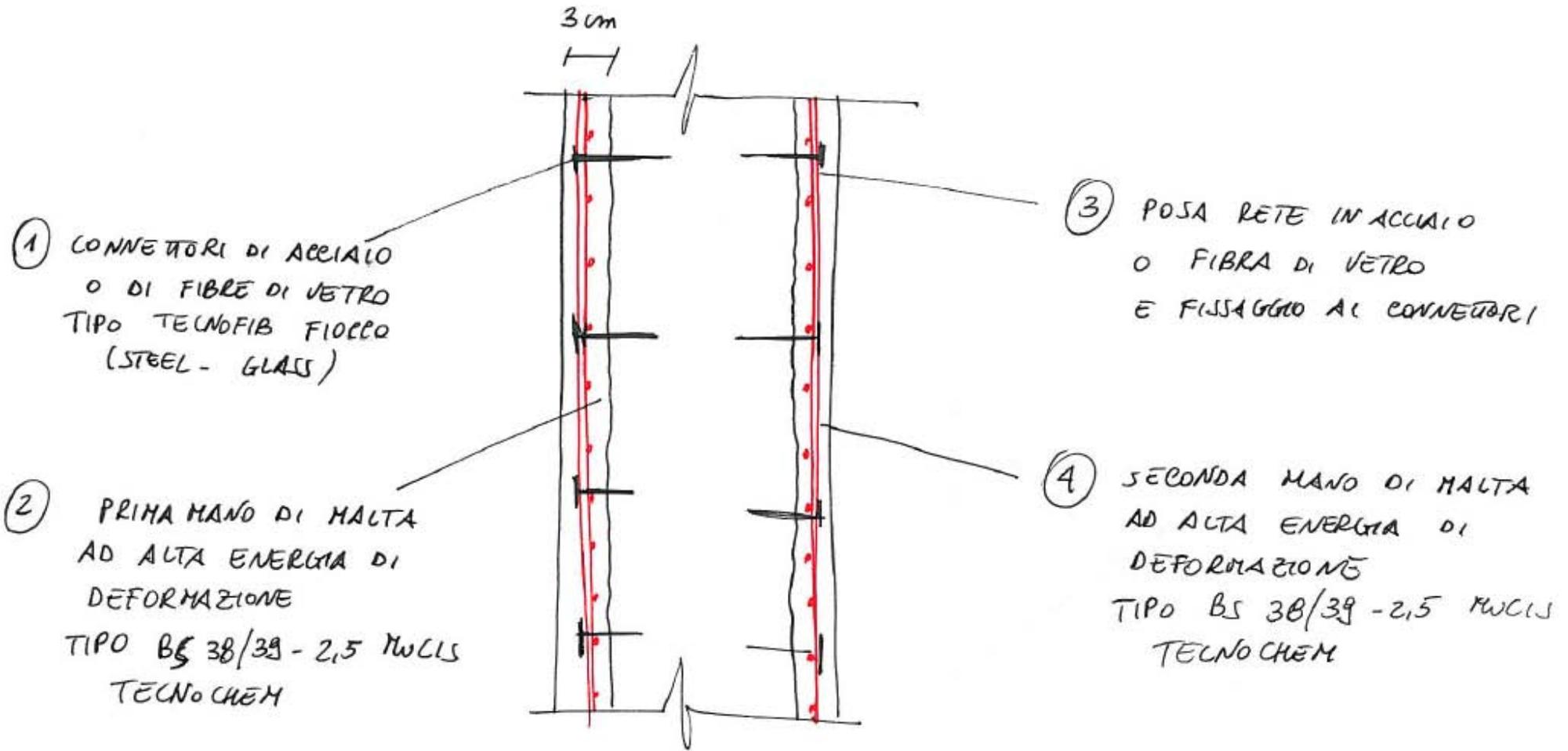


(A) PIANO +4.37



CONSOLIDAMENTO MEDIANTE SANDWICH STRUTTURALE

F



[ALTERNATIVA: QUOTARE MALTA TIPO BS 37 FPL - LIGHT]







GRAZIE PER L'ATTENZIONE

www.tecnochem.it