

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

Descrizione È un formulato cementizio speciale, fibrorinforzato FIB-energy®, arricchito con microsilici reattivi ad elevatissima attività pozzolanica, tricomponente della serie REFOR-tec® che unisce la reologia autolivellante unitamente ad eccezionali valori fisico-meccanici e di duttilità. Il prodotto è costituito da tre componenti: A polvere, B liquido, C fibre.

Vantaggi Diversi sono i vantaggi nell'utilizzo della tecnologia di rinforzo REFOR-tec®

- trarre vantaggio nei calcoli strutturali dalla duttilità e quindi dalle deformazioni ultime del materiale;
- trarre vantaggio nei calcoli strutturali dagli eccezionali valori di aderenza al taglio della camicia di rinforzo al supporto in c.a.;
- trarre vantaggio nei calcoli strutturali dalla resistenza a trazione del materiale;
- minimizzare gli spessori applicativi garantendo condizioni di rinforzo migliorative rispetto a interventi con tradizionale calcestruzzo armato;
- minimizzare i carichi aggiuntivi gravanti sulla struttura;
- trarre vantaggio dalla eccezionale efficacia di REFOR-tec® come barriera anticarbonatazione ed antiossidazione nel miglioramento della DURABILITA' nel tempo;
- CREDITI LEED® : Emissioni VOC pressoché nulle – Innovazione Progettuale – Durabilità – Ecosostenibilità – 100% riciclabile a fine vita;
- poter progettare rinforzi strutturali altamente prestazionali tenendo conto anche della elevatissima resistenza al fuoco di formulati REFOR-tec® anche per contatto diretto 1000°C su strutture sottocarico (sistemi Fire Structural Shield n°1 - Fire Structural Shield n°2).

REFOR-tec® GF 5 / ST -HS unisce un sufficiente tempo di lavorabilità (circa 1 ora a 20°C) con una eccezionale progressione dell'indurimento successivo (resistenza a compressione dopo 24 ore 48 MPa) elevatissima energia di frattura (32.500 N/m) e resistenze meccaniche finali (Rc 28 gg 130 MPa), ritiro igrometrico nullo, nessuna fessurazione, ottima durabilità e resistenza al gelo-disgelo ed agli attacchi solfatici, assolutamente impermeabile all'acqua, elevatissima resistenza agli urti. Spessori da 5 a 200 mm.

- Applicazioni**
- per l'adeguamento sismico con assorbimento e trasferimento di tensioni a taglio o trazione a fronte di eventi ad elevata sollecitazione dinamica.
 - per rinforzi strutturali ed adeguamento sismico tramite incamiciatura di travi, pilastri, nodi, pareti.
 - per il recupero strutturale ed adeguamento sismico con cappa collaborante a basso spessore su solai in c.a., latero-cemento, lamiera grecate, legno.
 - per il rinforzo strutturale con incamiciature di pilastri e travi altamente resistenti al fuoco: sistemi *Fire Structural Shield n°1* e *Fire Structural Shield n°2*.
 - per la fabbricazione di elementi strutturali leggeri a sezione sottile
 - per la riparazione di pavimenti con necessità di resistenza ad elevate sollecitazioni statiche e dinamiche unitamente a valori eccezionali di resilienza e resistenza agli urti.
 - Per la riproduzione fedele in calco di basso alto rilievi, creazioni sculturali, versioni cromatiche "ad hoc"

Metodo d'uso

Il supporto deve essere sano, pulito sufficientemente scabro, senza parti friabili né polvere, lavato con acqua in pressione e saturato con acqua prima dell'applicazione. Nelle incamiciature per rinforzi strutturali su travi, pilastri, nodi ecc. utilizzare casseri fortemente rinforzati data la fortissima spinta esercitata dal prodotto. Utilizzare efficiente miscelatore ad asse verticale (od efficiente trapano con frusta per miscelazione di una confezione in secchia). Vedi qui di seguito istruzioni per confezioni "grossi cantieri", o per "piccole applicazioni". Seguire le istruzioni impartite per ogni singolo cantiere dal ns Ufficio Assistenza Promozione Progettuale.

Avvertenze Informazioni ai sensi del D.M. 10 maggio 2004:

Stoccaggio: 12 mesi in confezioni originali, non aperte, mantenute in ambiente asciutto e protetto, a temperatura fra +5°C e +35°C.

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 diretta 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
Impermeabilità all'acqua EN 12390-8 5 bar x 3 gg.	< 2 mm
Resistenza ai cicli di gelo/disgelo in presenza di Sali cloruri secondo SIA 162 normativa svizzera: (dopo 28 cicli ≤ 600 gr/m ² corrisponde a ottima resistenza per applicazioni autostradali)	≤ 100 gr/m ²
Ritiro / espansione in fase libera (T = 20° U.R. = 50%) (UNI EN 1217-4 / UNI 6687-73)	± 10 µm a 90 giorni
Adesione al supporto (EN 1504 – 3)	>3 MPa a 28 giorni (rottura supporto)
Resistenza all'impatto (CSTB 3232)	Nessuna fessurazione dopo 25 impatti
Durezza superficiale (EN 13892-6)	≥ 150 N/mm ²
Durezza Shore (ISO 868)	D ≥ 75
Prova di penetrazione della piastra (EN 12697-21)	l < 0,1 mm
Resistenza all'usura per rullatura (XP P 11-101)	ΔV _r ≤ 2 cm ³
Resistenza all'abrasione profonda (EN 102)	15 mm ³
Resistenza ai solfati UNI EN 196/1 ed ASTM C 88 (successione di 15 immersioni ed essiccazioni in soluzione di solfato di magnesio)	Nessun degrado Perdita di massa < 0,10%
Resistenza agli agenti chimici (tempo di contatto di 24 ore)	Nessuna alterazione della superficie con soda caustica, ammine, metanolo, tricloroetilene, benzina, olio motore, liquido freni.
Nota**: valori ottenuti con il dosaggio di liquido 11% su provini 4x4x16 cm (secondo UNI EN 1504-3)	

Indicazioni di pericolo

Leggere attentamente le istruzioni evidenziate sulle confezioni ed eventualmente richiederci la scheda di sicurezza relativa al prodotto.

Imballo,
proporzioni e
metodo d'uso

CONFEZIONE PER GROSSI CANTIERI

Comp. A	POLVERE (sacchi da 25 Kg. su bancale) :	1.100 Kg.
Comp. B	LIQUIDO (in fusto)	137,5* Kg.
Comp. C	FIBRA FIB-energy® ST / HS (in scatole da 25 Kg.) :	50 Kg.

TOT: 1.287,5 Kg.

I componenti vanno dosati in cantiere per ogni singola unità di miscelazione. Miscelare con efficaci miscelatori ad asse verticale per 9 minuti circa con la seguente sequenza :

p.es. : Con miscelatore da 250 lt. resi utilizzare 10 sacchi polvere complessivi =
250 Kg. comp. A polvere +
31,25* Kg. comp. B liquido (12,5%* rif. alla polvere A) +
11,25 Kg. del comp. C fibra (4,5%* rif. alla polvere A) :

↓

5 sacchi polvere (comp. A) nel miscelatore
 + comp. B liquido fino a consistenza fluida miscelando (circa metà ~ 13-14 Kg.)
 + 5 sacchi comp. A, alternando 1 sacco alla volta con piccole aggiunte del liquido B sempre miscelando fino a impasto omogeneo fino all'esaurimento delle quantità predisposte della polvere A e del liquido B.
 + alla fine aggiungere il comp. C fibre gradatamente sempre miscelando fino ad impasto omogeneo.

Tempo totale di miscelazione non inferiore agli 8 minuti!!!

Nota*: la dose di liquido (12,5% riferito alla polvere A) può essere ridotta, a seconda delle condizioni di utilizzo e della fluidità utile dell'impasto, fino ad un minimo del 11% riferito alla polvere A.

CONFEZIONE PER PICCOLE APPLICAZIONI O PER RIVENDITE

Comp. A	POLVERE (1 sacco da 25 Kg.)	} 1 secchia Kg. 26,13
Comp. C	FIBRA FIB-energy® ST / HS (1 barattolo da 1,13 Kg.)	
Comp. B	LIQUIDO (in 1 tanica da 3,125 Kg.)	1 tanica Kg. 3,125*
TOT.		Kg. 29,255

Si raccomanda sempre l'utilizzo di efficaci miscelatori ad asse verticale.

Nota*: a seconda delle condizioni operative ed della fluidità dell'impasto utile il quantitativo di liquido B può essere ridotto fino ad un minimo di 2,75 Kg.

NOTA BENE : La fibra FIB-energy® ST / HS va maneggiata con guanti spessi da lavoro per evitare punture alla pelle !

I dati sopra indicati sono basati sulle nostre attuali migliori esperienze pratiche e di laboratorio ed ai risultati derivanti dall'applicazione del prodotto nei vari campi possibili. Tecnochem Italiana non si assume alcuna responsabilità su prestazioni inadeguate o negative derivanti da un uso improprio del prodotto o per difetti derivanti da fattori od elementi estranei alla qualità del prodotto incluso l'errata conservazione.

Le caratteristiche tecniche e prestazionali contenute in questa scheda sono aggiornate periodicamente. La data di revisione della presente è indicata nello spazio sottostante. Eventuali variazioni alla presente sono rintracciabili sul nostro sito www.tecnochem.it dove sono presenti le medesime schede tecniche aggiornate in tempo reale.

Data edizione: 16.04.2007

Data revisione : 10/2012

Nr. rev. : 16

REFOR-tec® GF 5 / ST - HS
pag. 3/3

Porosità Capillare – Velocità di Carbonatazione

FORMULA DI POWERS (la porosità capillare dipende dal rapporto a/c e dal grado di idratazione del cemento α)

$$V_p = 100 \frac{a}{c} - 36,15 \alpha$$

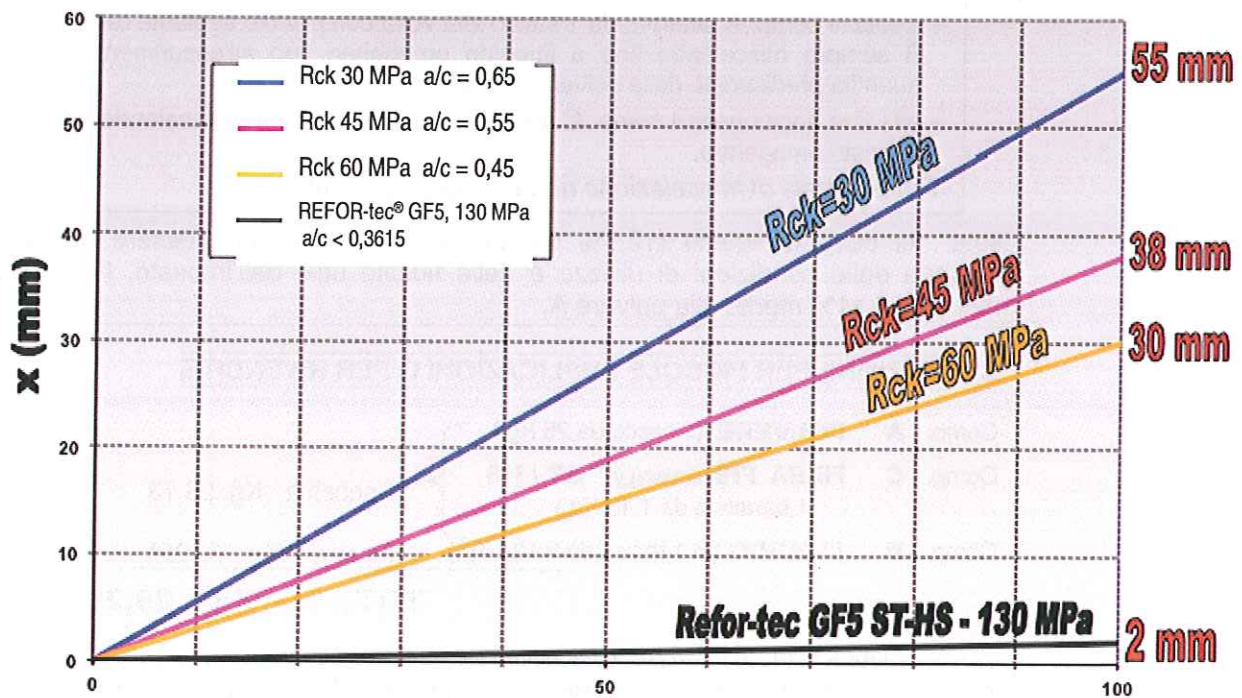
Dove:

- V_p volume dei pori capillari in litri per ogni 100 kg di cemento
- α grado di saturazione (frazione di cemento idratato)

La porosità capillare si annulla con $a/c = 0,3615$ ed $\alpha = 1$ (idratazione completa)

E' il caso del **REFOR-tec® GF5 ST-HS** dove $a/c < 0,3615$ ne consegue in pratica:

Velocità di carbonatazione $x = k \sqrt{t}$



• $t \text{ (anni}^{-1/2}\text{)}$

$$t = (x/k)^2$$

Le simulazioni in laboratorio di carbonatazione accelerata in atmosfera di CO₂ all'80% (1 settimana = approx. 8 anni nell'ambiente) confermano il significato dei valori riportati nel diagramma.

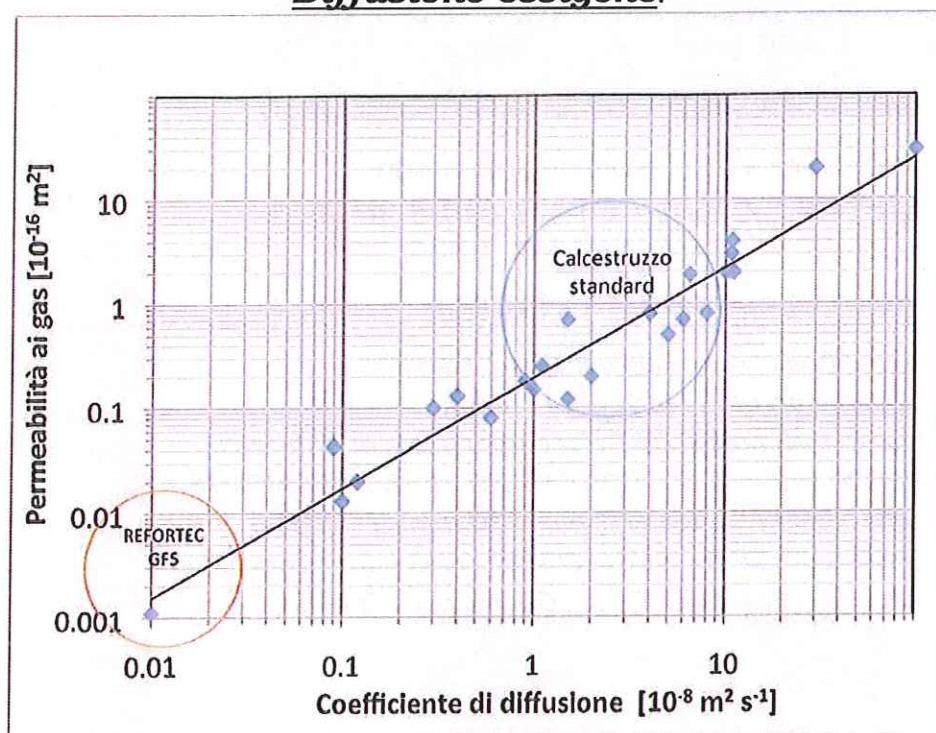
Diffusione ossigeno e resistività

La velocità di corrosione risulta **trascurabile** quando si verifica anche solo una delle seguenti condizioni :

- Il processo anodico è lento perché le armature sono passive (*controllo cinetico della passività*)
- Il processo catodico avviene lentamente perché la velocità con cui l'ossigeno riesce a pervenire sulla superficie dell'armatura è bassa (*controllo di diffusione di ossigeno*)
- La resistività elettrica del cls è elevata (*controllo ohmico*)

Velocità di corrosione **trascurabile** =
 $< 1 \mu\text{m} / \text{anno} =$
 $< 1 \text{mm} / 1000 \text{anni}$

Diffusione ossigeno:



	Coefficiente di diffusione $10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$	Permeabilità ai gas 10^{-16} m^2
Calcestruzzo standard (a/c 0,50)	approx. 5	approx. 1
REFOR-tec® GF5	0,01 (2‰)	0,001 (1‰)

Velocità di corrosione **trascurabile** =
 $< 1 \mu\text{m} / \text{anno} =$
 $< 1 \text{mm} / 1000 \text{anni}$

Resistività

REFOR-tec® GF5 $> 100.000 \Omega / \text{cm}$
 (U.R. $\leq 70\%$)

Velocità di corrosione **trascurabile** =
 $< 1 \mu\text{m} / \text{anno} =$
 $< 1 \text{mm} / 1000 \text{anni}$

REFOR-tec® GF5/PVA/ST-HS/FSS resistenza al fuoco

Rinforzi Strutturali Altamente Prestazionali a Basso Spessore

➔ Altamente Resistente al Fuoco Diretto 1000°C :

system Fire Structural Shield n° 1 - REFOR-tec® GF5/PVA/ST-HS/FSS

➔ Schermato Termicamente "insensibile" al fuoco diretto 1000°C:

system Fire Structural Shield n° 2 - REFOR-tec® GF5/PVA/ST-HS/FSS +TECNOLITE

MNEMA PROJECT -LIÈGE (Belgio)

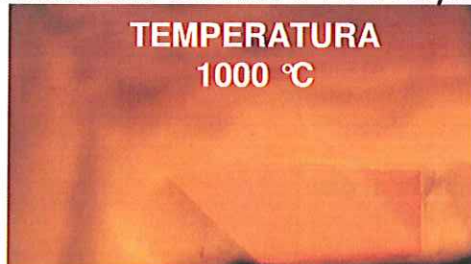


Rinforzi strutturali di travi e pilastri con
REFOR-tec® GF 5 / PVA / ST-HS / FSS n° 2
REFOR-tec® GF 5 / PVA / ST-HS / FSS n° 1
prova di resistenza al fuoco

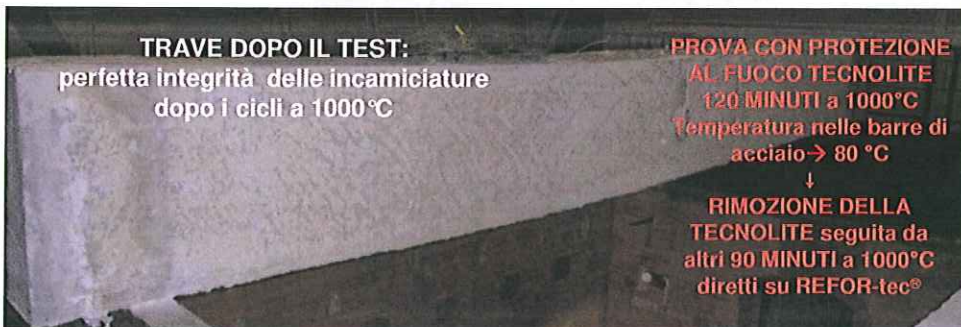
Prequalifica presso l'Università di Liège
Certificati EF/FH/1229 - 1231

"travi in calcestruzzo L=5 metri -25 MPa con camicia di rinforzo :

- EF/FH/1229: REFOR-tec® GF 5 / PVA / ST-HS / FSS + TECNOLITE
trave caricata 300 KN a 1000°C per 120 minuti - n° 2
- EF/FH/1231: REFOR-tec® GF 5 / PVA / ST-HS / FSS (dopo rimozione
della TECNOLITE) trave caricata 300 KN a 1000°C per 90 minuti" - n° 1



Perfetta tenuta ed adesione del rinforzo strutturale con
REFOR-tec® GF 5/PVA / ST-HS / FSS n°1 e n°2 dopo i cicli a 1000°C



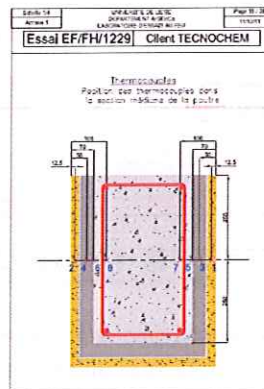
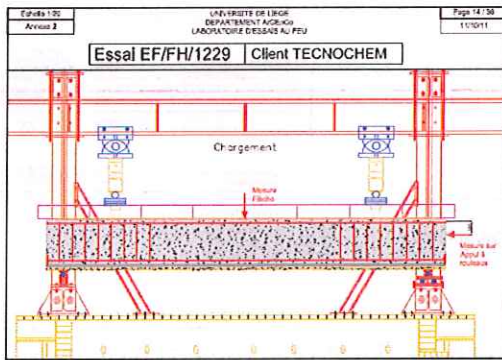
TECNOCHEM TECNO ECO
ITALIANA SPA LOGICHEM

Via Sorte 2/4 - 24030 Barzana (BG) Italy - Tel. +39 035 554811 - Fax +39 035 554816
info@tecnochem.it - www.tecnochem.it

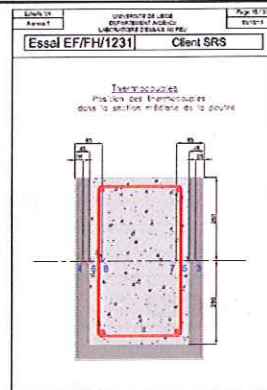
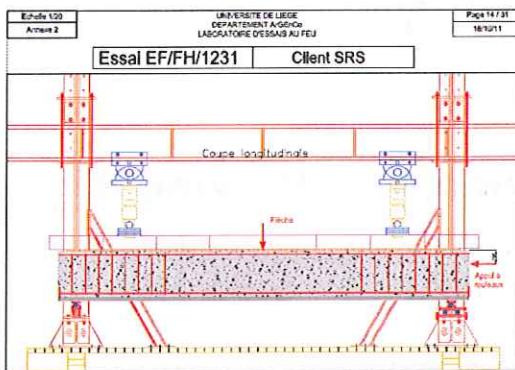
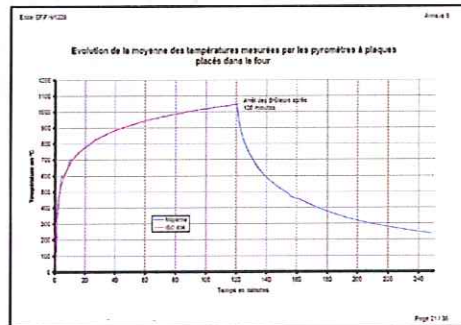
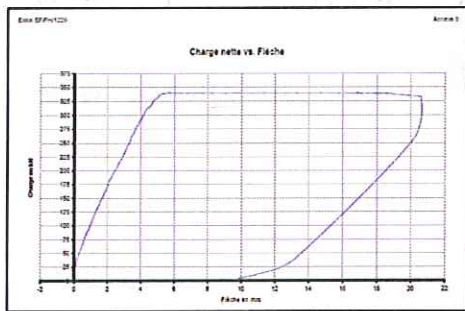
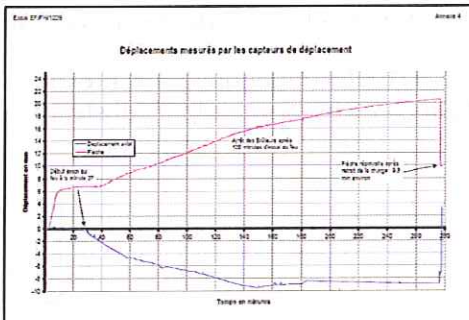
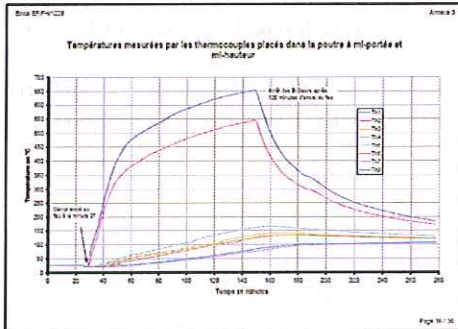
technology



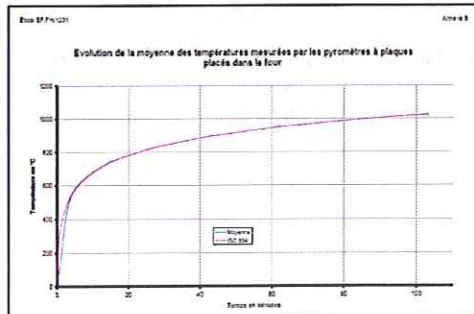
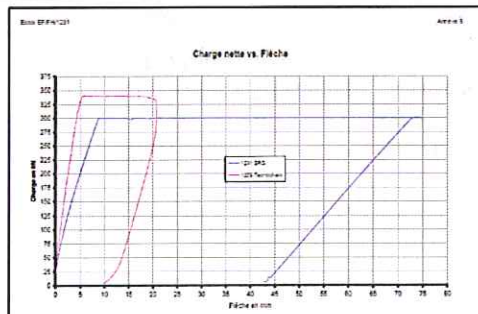
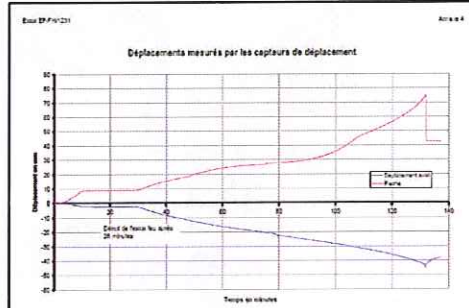
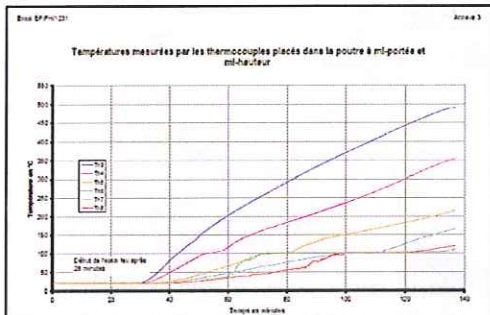
Su trave sezionata dopo il doppio test a
1000°C: perfetta integrità ed adesione
dell' incamicciatura
REFOR-tec® GF 5/PVA / ST- HS/FSS



system
Fire Structural Shield n° 2



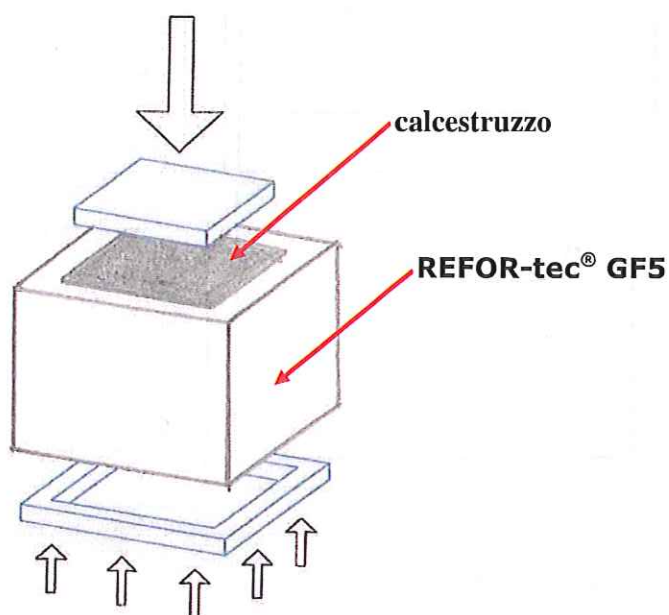
system
Fire Structural Shield n° 1



Prova di aderenza a taglio

Il provino da testare è costituito da un cubo di calcestruzzo C20/25 MPa di dimensioni 150x150x150 mm. Le superfici laterali del provino sono rivestite da una camicia di spessore 30 mm di **REFOR-tec® GF 5**. Prima di procedere all'applicazione del rinforzo è stata eseguita la **sabbiatura** delle superfici laterali (**provino A**) o la loro **idroscarifica** (**provino B** - scabrosità 1-1,5 mm).

La prova viene effettuata appoggiando il provino sulla camicia di **REFOR-tec® GF5** mediante una cornice metallica e comprimendo il substrato costituito dal cubetto di calcestruzzo.



Risultati della prova :

	Provino A	Provino B
carico di rottura :	347,1 kN	535,5 kN
sforzo di taglio medio :	3,86 MPa	5,95 MPa



Preparazione del provino :
colaggio del REFOR-tec®
nell'intercapedine 30 mm tra
il cubetto cls e la cassaforma



Metodo di prova :
compressione sul cubetto cls
con cornice metallica inferiore
a supporto della camicia
REFOR-tec®



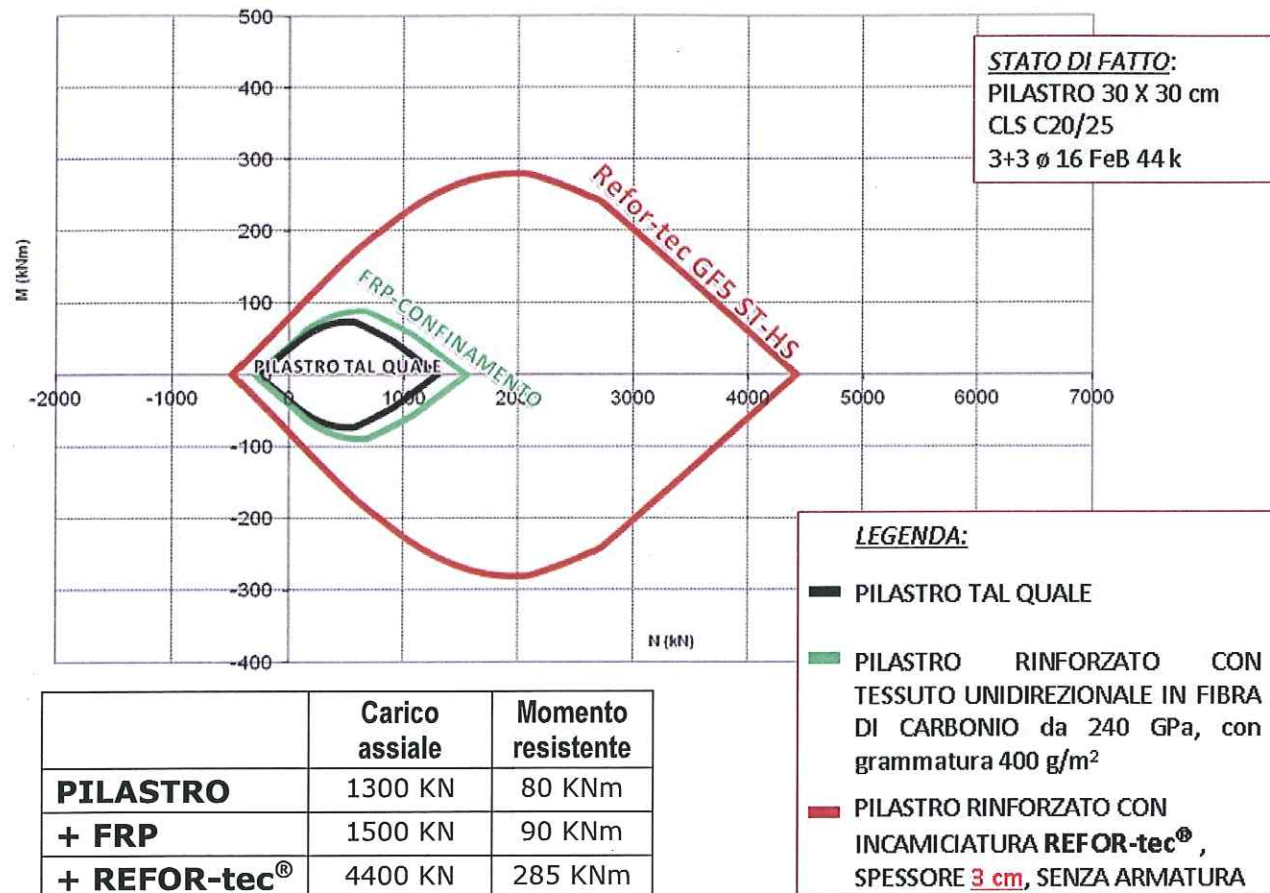
Provino al termine della prova
di aderenza a taglio

Confronto prestazionale tra rinforzi strutturali su pilastri:

- FRP – tessuto in fibre di carbonio - Modulo Elastico 240 GPa - Peso 300/400 g/m²
- Microcalcestruzzo UHPFRCC - **REFOR-tec® GF5/ST-HS** – incamiciatura spessore 3 cm

CONFRONTO PRESTAZIONALE PER RINFORZO STRUTTURALE SU PILASTRI IN C.A.

DOMINI M-N

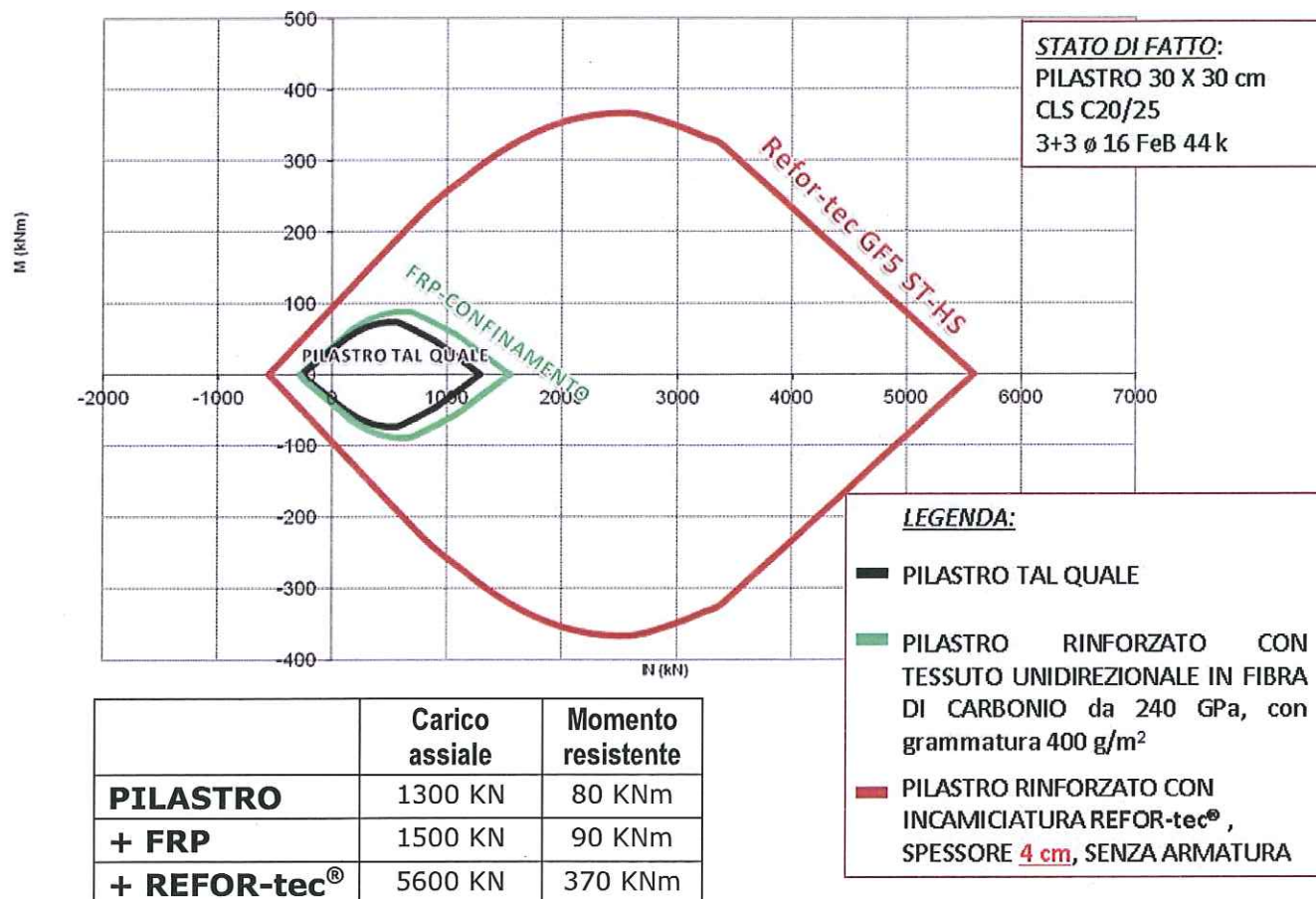




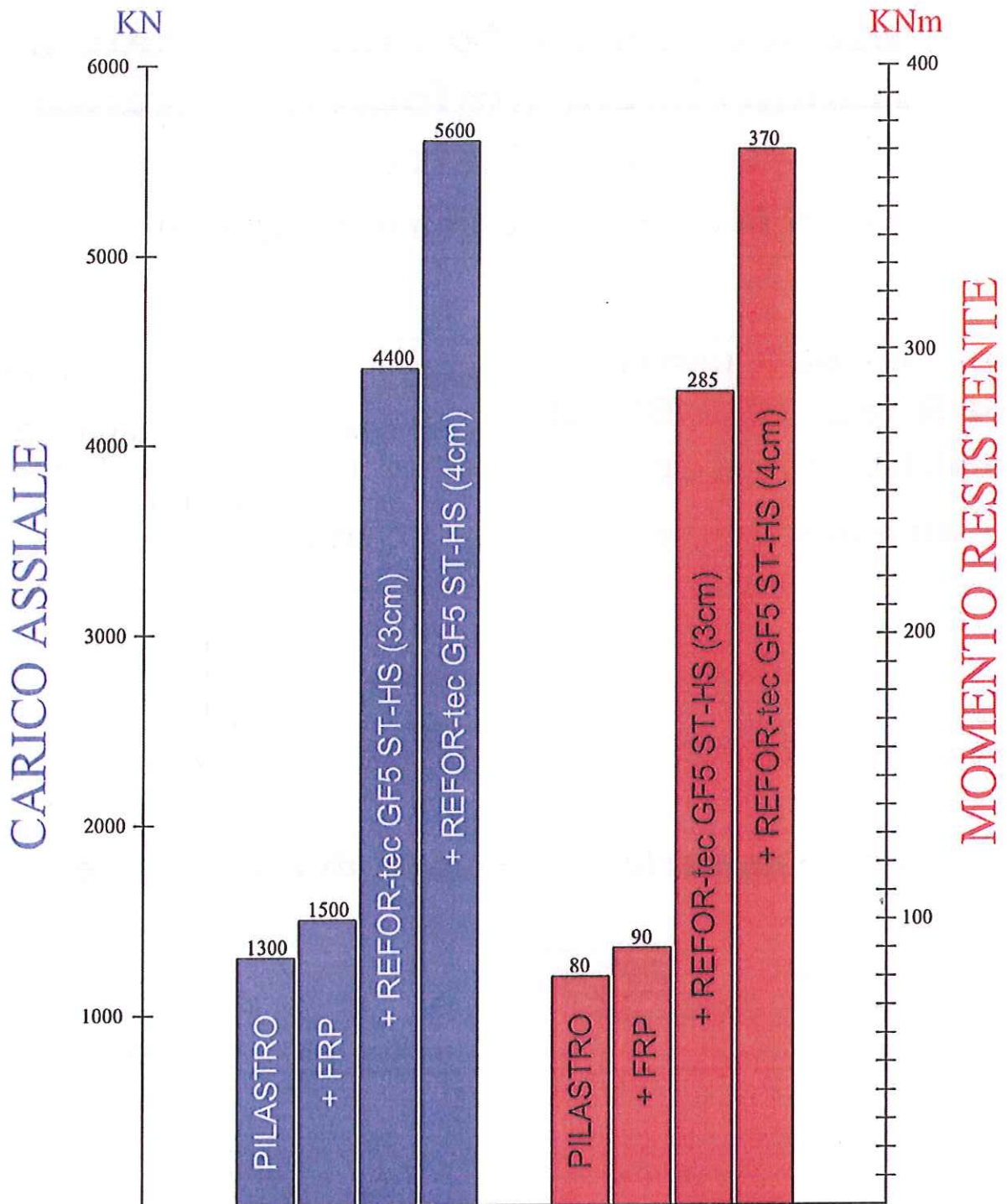
- FRP – tessuto in fibre di carbonio - Modulo Elastico 240 GPa - Peso 300/400 g/m²
- Microcalcestruzzo UHPFRCC - **REFOR-tec® GF5/ST-HS** – incamiciatura spessore 4 cm

CONFRONTO PRESTAZIONALE PER RINFORZO STRUTTURALE SU PILASTRI IN C.A.

DOMINI M-N



Confronto tra DOMINI M-N



→ **PILASTRO***

→ pilastro* + **FRP** (240 GPa, 300-400 g/m²)

→ pilastro* + **REFOR-tec[®] GF5 / ST-HS** spessore 3 cm (incamiciatura non armata)

→ pilastro* + **REFOR-tec[®] GF5 / ST-HS** spessore 4 cm (incamiciatura non armata)

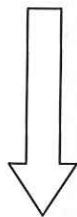
Nota*: C 20/25 armato 3+3 ø16FeB 44 K

Sintesi del Confronto Prestazionale e Sperimentale tra Rinforzi Strutturali su Pilastrì

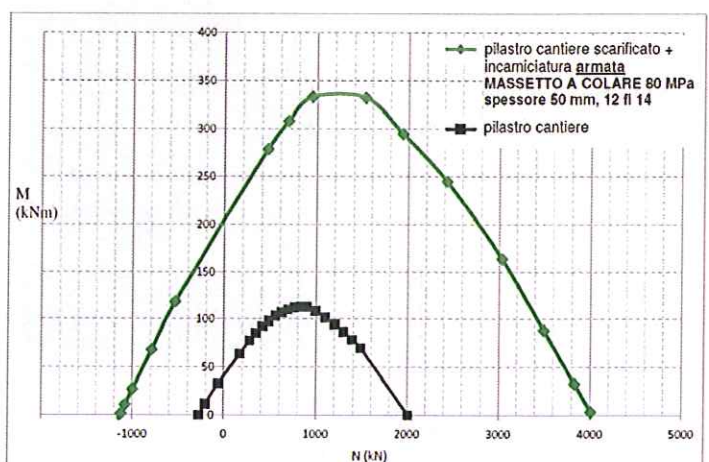
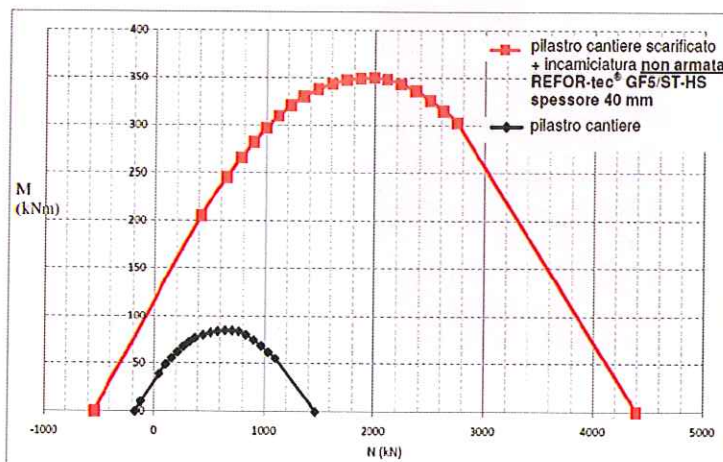
(vedi in allegato rapporto completo)

Microcalcestruzzo UHPFRCC
REFOR-tec® GF5 /ST-HS
 incamiciatura non armata
40 mm spessore

Massetto a Colare 80 MPa
 incamiciatura armata
 (12 fi 14 in sezione + staffe fi 8/10 nella parte bassa fino ad 1 metro)
50 mm spessore



Calcolo numerico dei domini di interazione :



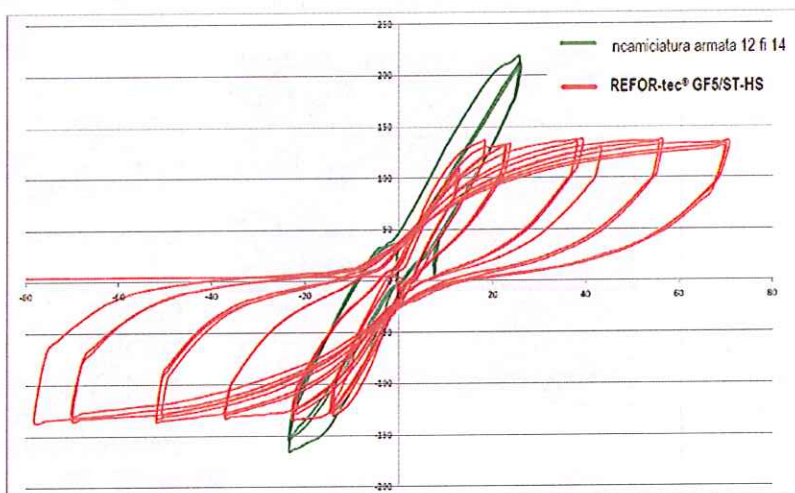
Confronto prestazionale dopo test "cerniera" con carico assiale 60 KN :

SPOSTAMENTO	8 mm	16 mm	32 mm	48 mm	64 mm
DRIFT	0,5%	1%	2%	3%	4%

PILASTRO NR. 1
incamiciatura 40 mm non armata
e REFOR-tec® GF5 /ST-HS

PILASTRO NR. 2
incamiciatura 50 mm armata
e massetto a colare 80 MPa

Confronto prestazionale tra PILASTRO NR. 1 e PILASTRO NR. 2



Sul pilastro nr. 1 il programma è stato completato con tutti gli spostamenti previsti : 8-16-32-48-64 mm. Pilastro perfettamente integro, mantiene la sua capacità strutturale, qualche microfessura.



Il pilastro nr. 2 evidenzia inizio di spalling del cls già con spostamento di 16 mm e con 1% di drift. Con 32 mm di spostamento e 2% di drift, con probabile carico di 170 KN, il cls evidenzia diffusa fessurazione, frantumazione e spalling, rottura a trazione di alcune barre con perdita delle sue capacità strutturali.



REFOR-tec® : Alcune delle prime realizzazioni di spicco

**PRIMA EUROPEA PER RINFORZO DI SOLAI PER ADEGUAMENTO SISMICO
OSPEDALE COTUGNO DI BARI – anno 2006**

Case History: rinforzo di solai per l'adeguamento sismico



Oggetto: Ospedale Cotugno
Località: Bari
Ripartizione: Adeguamento sismico
Rinforzo di solai in calcestruzzo con cappa collaborante
Quantità: 22.000 m³ (15 mm)
Materiale: Microcalcestruzzo fibrorinforzato HPPRCC

PROBLEMA

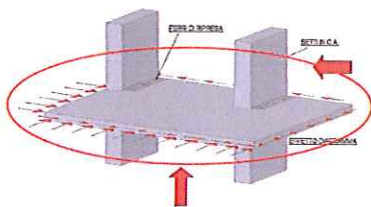
NECESSITÀ DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA STRUTTURA

IL PROGETTO PREVEDEVA LA REALIZZAZIONE DI SETTI IN C.A. DESTINATI AD INCASSARE LE AZIONI ORIZZONTALI DOVUTE AL SISMA.

PROBLEMA: TRASFERIMENTO DEGLI SFORZI DAL SOLAIO AI SETTI. IL SOLAIO IN LATERO-CEMENTO ESISTENTE, CON UNA CAPPA COLLABORANTE DI 2 cm, NON ERA IN GRADO DI ASSOLVERE QUESTA FUNZIONE

PROBLEMA

NECESSITÀ DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA STRUTTURA



SOLUZIONE

PER OTTENERE L'EFFETTO DIAFRAMMA E' STATA REALIZZATA SUI SOLAI IN LATERO-CEMENTO UNA CAPPA COLLABORANTE A BASSO SPESSORE (15 mm) IN MICROCALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO HPPRCC FORMULATO AD HOC IN BASE ALLE ESIGENZE STRUTTURALI

VERIFICHE DI INTEGRITA' DEL DIAFRAMMA

PER LA VERIFICA DELLA CAPACITA' RESISTENTE DEL SOLAIO RINFORZATO CON LA CAPPA DI REFOR-tec® GF5/ST-HS E' STATA ESEGUITA UNA MODELLAZIONE NUMERICA CONSIDERANDO IL SISTEMA PILASTRO/TRAVE/SOLAIO DELLA STRUTTURA ESISTENTE

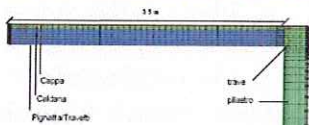
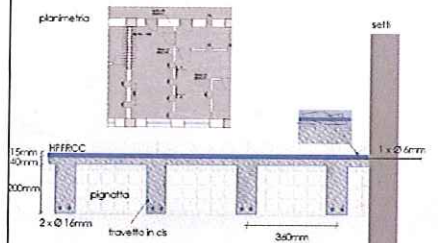
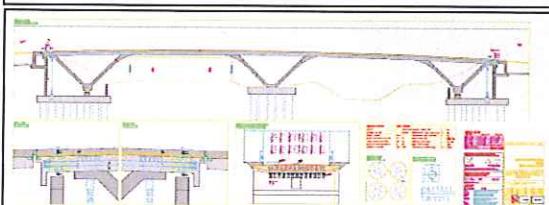


Fig. 9 Migliorata gestione del flusso di sforzi sismici

Case History 2: rinforzo di solai per l'adeguamento sismico



PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE DEL PONTE RIO RIDANNA AUTOBRENERO REFOR-tec® BS 100/RIO – anno 2009



SCUOLA ZAGAROLO - ROMA
Adeguamento sismico rinforzo pilastri con REFOR-tec® GF5 – anno 2008



PROBLEMA

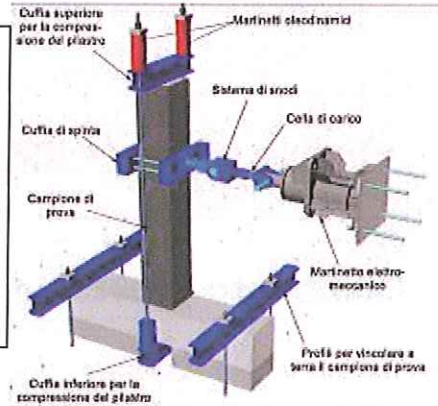
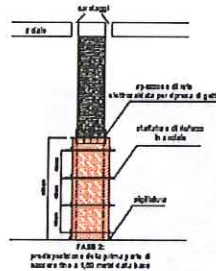
Adeguamento sismico di pilastri con resistenza a compressione 10 MPa

SOLUZIONE

Incamicatura dei pilastri con REFOR-tec® GF5/ ST-HS spessore 4 cm

Approvazione Consiglio Superiore Lavori Pubblici

- Necessità di riproduzione di pilastro/struttura 10 MPa nei laboratori dell'Università Ingegneria Civile di Bergamo
- Incamicatura con REFOR-tec® GF5/ ST-HS
- Simulazione delle sollecitazioni/ evento sismico
- Elaborazione ed eccellenza dei risultati
- Approvazione Consiglio Superiore Lavori Pubblici
- Applicazione in cantiere con ns. diretta assistenza



ESEMPIO DI RINFORZO DI TRAVI PREFABBRICATE TIPO "BOOMERANG" – anno 2008

PROBLEMA

IN FASE DI TESATURA DEI TREFOLI SI SONO VERIFICATE ROTTURE DELLE ZONE DI CALCESTRUZZO IN CUI I TREFOLI ERANO ALLOGGIATI PER ERRORI DI DIMENSIONAMENTO



SOLUZIONE

SONO STATI ESEGUITI DEI GETTI DI RINFORZO LOCALIZZATI CON MICROCALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO HPPRCC



GETTO A COLARE DI REFOR-tec® GF5/ST-HS

