TECNOCHEM ITALIANA SpA — TECNO ECO LOGIC CHEM — 1977 - 2013 36° anniversario

REFOR-tec®
Reactive Forces Technologies

INNOVAZIONE
sin dagli anni '90

HFE-tec®
High Fracture
Energy Technologies

UHPFRCC - Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites

ECC – Engineered Cementitious Composites

HPECC MFC – High Performance Engineered Cementitious Composites Multiple Fine Cracks

Microcalcestruzzi ad Elevatissime Prestazioni per Rinforzi Strutturali, Adeguamento Sismico, Strutture Duttili, Ingegnerizzazione delle Forme, Elementi Strutturali ed Architettonici Leggeri, Resistenza al Fuoco, Protezione Anticorrosione

Le prestazioni meccaniche di nuove famiglie di compositi cementizi sono da tempo studiate grazie ad evoluti programmi, di ricerca e di sperimentazione sui materiali, svolti presso prestigiosi Istituiti Universitari nel mondo con alcuni dei quali Tecnochem Italiana collabora anche come membro di Comitati Internazionali quale The RILEM TC HFC – 182 Sub Committe2

UHPFRCC
Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites

ECC
Engineered Cementitious Composites

In structural Applications

The RILEM TC HFC – 182 Sub Committee 2:

Durability

May 2005

Chairman:	Folker H. Wittmann	wittmann@aedificat.de	Qingdao Technological University - China
Vice-Chairman:	Gideon P.A.G. van Zijl	gvanzijl@sun.ac.za	University of Stellenbosch - South Africa
Members:			
	Dickie Hoshiro	Hideki_Hoshiro@kuraray.co.jp	Tokyo - Japan
	Victor C Li	vcli@umich.edu	University of Michigan - USA
	Viktor Mechtcherine	mechtcherine@rhrk.uni-kl.de	Technische Universität Kaiserslautern - Germany
	Byung H. Oh	bhohcon@snu.ac.kr	Korea
→	Dario Rosignoli	dario.rosignoli@tecnochem.it	←
	Romildo Toledo Filho	toledo@coc.ufrj.br	University of Rio de Janeiro - Brasil
Corresponding members:			
	Emmanuel Denarié	emmanuel.denarie@epfl.ch	
	Zhao Tie-jun	ztjgp@263.net	
	Volker Slowik	slowik@mail.htwk-leipzig.de	
	Pierre Rossi	rossi@lcpc.fr	
Interested:			
	Santie Gouws	sgouws@grinaker-lta.com	
	Hirozo Mihashi	mihashi@timos.str.archi.tohoku.ac.jp	
	Jiri Nemececk	jiri.nemecek@fsv.cvut.cz	

Elevatissime prestazioni meccaniche e duttilità

I materiali cementizi tradizionali, comprese le malte da riparazione fin qui esaminate, hanno sviluppato proprietà di forte resistenza alla compressione, forte aderenza ai supporti (soprattutto con la tecnologia delle polimero-modificate), alta impermeabilità agli agenti esterni ecc…ma, sostanzialmente non sono state progettate per assorbire alte energie di frattura ed avere un comportamento duttile.

La duttilità, in altre parole, è sempre stata addebitata, nel calcestruzzo armato, alle armature, per cui si poteva parlare della duttilità della struttura ma non del materiale cementizio.(fig 1)

Negli anni 2000 si sono fatte sempre più attuali nuove esigenze costruttive che richiedevano prestazioni meccaniche sempre più eccezionali, soprattutto nel caso di adeguamenti strutturali, con esigenza di limitare l'invasività delle sezioni aggiunte alla struttura esistente sia in termini di dimensione che in termini di pesi.

Tali esigenze erano spesso correlate ad **adeguamenti di riqualificazione sismica** e quindi richiedevano alte resistenze ,basse masse, alta energia di frattura e conseguente alta duttilità dei materiali cementizi di ripristino.

Sono state studiate nuove famiglie di composti cementizi grazie ad evoluti programmi di ricerca e di sperimentazione sui materiali utilizzando modernissime tecniche per l'analisi delle matrici ed applicando le ultimissime tecniche di indagine nanometrica .

Le valutazioni meccaniche non si sono quindi limitate alle tradizionali prove di carico, ma si sono estese a prove di controllo di deformazione per poter aggiungere e definire i valori di energia di frattura assorbita dal provino. (fig 2) (fig 2a)

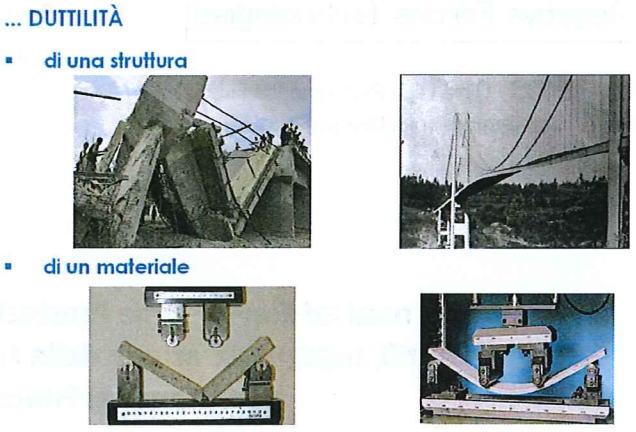


fig 1

fig 2

Sforzo a trazione/deformazione del micro -calcestruzzo fibrorinforzato UHPFRCC **REFOR-tec® GF3/ST HS**

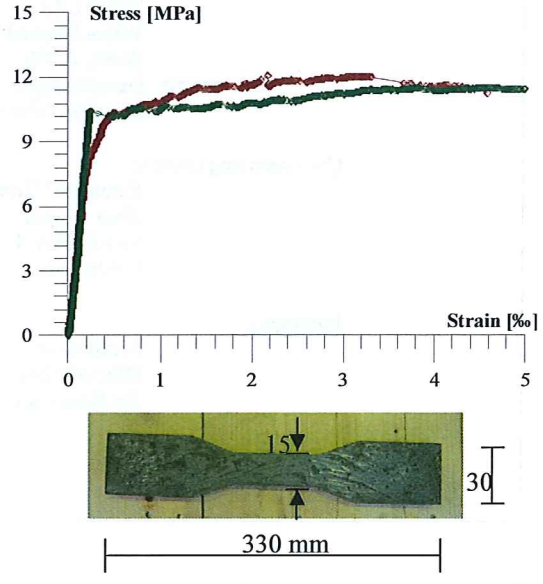


fig 2a

Con gli acronimi **ECC** (Engineered Cementitious Composites) ed **UHPFRCC** (Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites) i ricercatori ed i tecnologi dei materiali identificano in due famiglie questi prodotti tecnologicamente avanzati.(fig 3)

Gli studi teorici sono diventati realtà applicativa grazie a Tecnochem Italiana che ha proposto ultimamente una gamma di formulati cementizi (caratterizzati da valori eccezionali di energia elastica, viscosa e di frattura) che sono stati applicati con grande successo nel campo del rinforzo strutturale ed in quello del miglioramento sismico.(fig 4)

In particolare sono state sviluppate e registrate due famiglie di prodotti:
REFOR-tec® **(** classe UHPFRCC)
HFE-tec® (classe ECC)

I parametri fondamentali che caratterizzano questa tipologia di nuovi composti cementiti sono **altissime resistenze a compressione** accompagnate da un **alta capacità di assorbimento di energia di frattura** ovvero alta **duttilità.**
Si riportano, a titolo di esempio, nell'istogramma (fig 5), alcune proprietà meccaniche delle famiglie **REFOR-tec®** ed **HFE-tec®** che mostrano gli enormi differenziali prestazionali raggiunti se confrontati con quelli di un, pur ottimo, calcestruzzo tradizionale.

Le indagini **nanometriche** hanno permesso di raggiungere speciali prestazioni meccaniche grazie a particolari **fibrorinforzi** capaci di interagire con le **matrici leganti** addittivate e con **particelle di natura inorganica a granulometria finissima.**
Gli aggregati, che costituiscono la struttura portante dei prodotti cementizi compositi, sono sempre valutati e scelti sia dal punto di vista morfologico-dimensionale (dimensioni granulometriche ottimali e forma dei granuli) sia dal punto di vista petrografico (perfetta compatibilità con le matrici dei leganti e qualità fisico meccaniche delle rocce o dei minerali di provenienza).

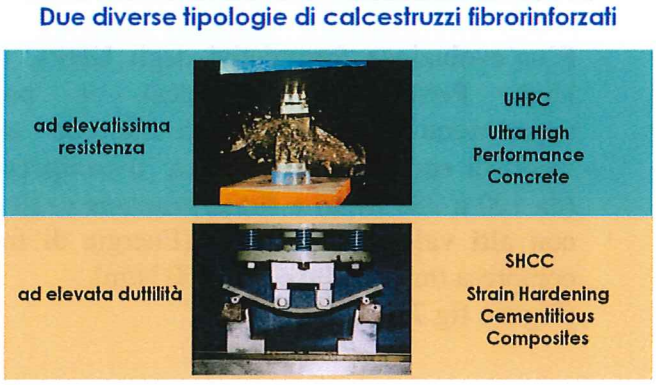


fig 3

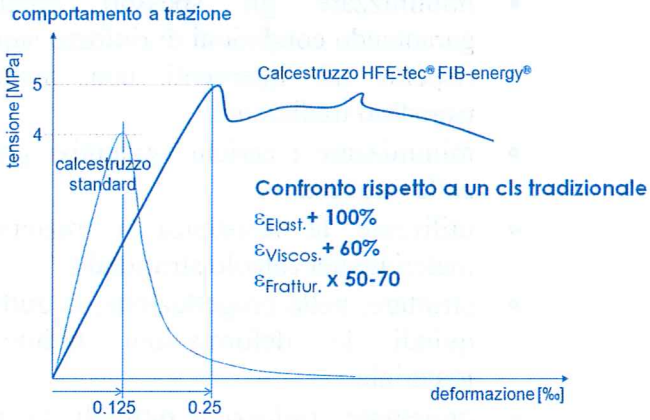


fig 4

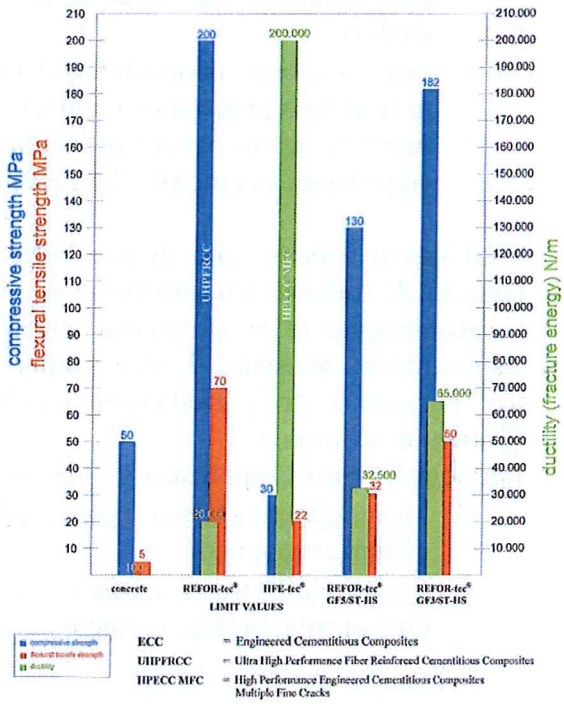


fig 5

La tecnologia REFOR-tec®

E'un'evoluzione formulativi degli **UHPC** (Ultra High Performing Concretes). I prodotti appartenenti a questa famiglia uniscono **elevati** valori di **resistenza meccanica a compressione** (da 100 a 280 Mpa) **e flesso trazione** (>30 Mpa) con **alti valori di duttilità** (Energia di frattura compresa tra i 15.000 e i 35.000 N/m).
(Fig 6 e fig 7)

Vantaggi applicativi :

- minimizzare gli spessori applicativi garantendo condizioni di rinforzo superiori rispetto ad interventi con malte da ripristino tradizionali
- minimizzare i carichi aggiuntivi gravanti sulla struttura
- utilizzare la resistenza a trazione del materiale nel calcolo strutturale
- sfruttare, nella progettazione, la duttilità e quindi le deformazioni ultime del materiale
- progettare rinforzi strutturali altamente prestazionali , tenendo conto anche della elevatissima resistenza al fuoco anche per contatto diretto a 1000°C su strutture sottocarico. (vedi successivo caso di studio)
- Garantire una permeabilità del materiale di ripristino praticamente nulla e capace di resistere perciò per tempi lunghissimi alle aggressioni esterne.(fig 8 e fig 9)

Tutti questi aspetti sono di alto interesse nei progetti di rinforzo e/o adeguamento strutturale, particolarmente in zona sismica. Nelle strutture sismicamente resistenti i premiscelati REFOR-tec® possono essere perfettamente combinati con le armature d'acciaio.
I principali campi d'applicazione sono pertanto:

- <u>Incamiciature a basso spessore (3-5 cm) di pilastri,travi e nodi.</u>
- <u>Cappe collaboranti a basso spessore (1-3 cm) su solai in latero.cemento e legno</u>

fig 6

RANGE PRESTAZIONALI DEI MICROCALCESTRUZZI

REFOR-tec® HFE-tec®

L'innovazione consiste negli eccellenti in assoluto valori fisico-meccanici e prestazionali ottenuti e nella vasta possibilità di modulazione per diversificate esigenze progettuali

	Cls standard	REFOR-tec® UHPC UHPFRCC	HFE-tec® ECC HPECC MFC
Modulo elastico [GPa]	30-35	35 - 50	10 -25
Resistenza a compressione [MPa]	30-50	65 - 280	25 - 70
Resistenza a trazione a rottura (MPa)	2	6 - 12	3 - 5
Limite di proporzionalità [MPa]	-	20 - 40	10 -15
Resistenza flessotrazione a rottura [MPa]	5	13 - 80	8 – 20
Duttilità – Energia di Frattura (N/m)	100	8.000-25.000	12.000-200.000
Deformazione a rottura (trazione uniassiale diretta)	0.01 %	fino a 0.5%	3%
		50 volte	300 volte

-UHPC – Ultra High Performance Concrete
-UHPFRCC – Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites
-ECC – Engineered Cementitious Composites
-HPECC MFC – High Performance Engineered Cementitious Composites Multiple Fine Cracks

La DURABILITA' dei formulati REFOR-tec® ed HFE-tec® alle aggressioni atmosferiche ed a molteplici aggressioni e sollecitazioni ambientali risulta di eccezionale valore assoluto sia per la particolare selezione dei componenti leganti, che per rapporti acqua/cemento ridottissimi con conseguente porosità aperta praticamente nulla:
-impermeabili all'acqua, anche sotto pressione (EN 12390-8; 5 bar 3 gg. 1 mm)

-barriera alla penetrazione dell'anidride carbonica (25 anni ~0,5 mm)

fig 7

Porosità Capillare – Velocità di Carbonatazione

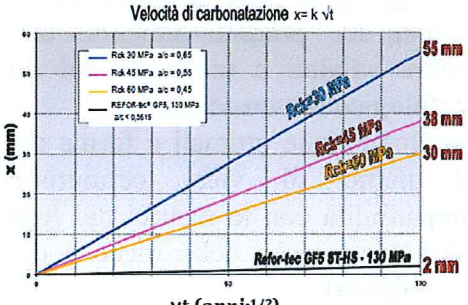
FORMULA DI POWERS (la porosità capillare dipende dal rapporto a/c e dal grado di idratazione del cemento a) $Vp = 100\frac{a}{c} - 36{,}15\ \alpha$

Dove:
- Vp volume dei pori capillari in litri per ogni 100 kg di cemento
- a grado di saturazione (frazione di cemento idratato)

La porosità capillare si annulla con a/c= 0,3615 ed a=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 √t



vt (anni$^{-1/2}$)

$t = (x/k)^2$

Le simulazioni in laboratorio di carbonatazione accelerata in atmosfera di CO_2 all'80% (1 settimana = approx 8 anni nell'ambiente) confermano il significato dei valori riportati nel diagramma.

fig 8

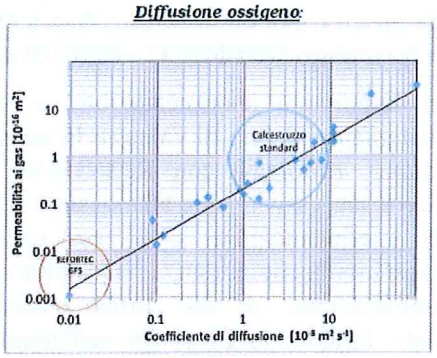
Capacità protettive del REFOR-tec®:
la ridottissima velocità di penetrazione dell'ossigeno (controllo di diffusione di ossigeno) unitamente alla elevatissima resistività elettrica (controllo Ohmico) garantiscono comunque una velocità di corrosione "trascurabile" uguale a:
< 1 µm /anno =
< 1 mm/ 1000 anni
(fig 9)

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 µm /anno – < 1 mm/ 1000 anni

Diffusione ossigeno:



	Coefficiente di diffusione 10^{-8} m² s⁻¹	Permeabilità ai gas 10^{-16} m²
Calcestruzzo standard (a/c 0,50)	approx. 5	approx. 1
REFOR-tec® GF5	0,01 (2‰)	0,001 (1‰)

→ Velocità di corrosione **trascurabile** – < 1 µm /anno – < 1 mm/ 1000 anni

Resistività

REFOR-tec® GF5 > 100.000 Ω/cm (U.R. ≤ 70%) → Velocità di corrosione **trascurabile** – < 1 µm /anno – < 1 mm/ 1000 anni

fig 9

Resistenza al fuoco REFOR-tec®:
Rinforzi strutturali altamente prestazionali sottocarico e con temperature fino a 1000 °C con formulato UHPFRCC - REFOR-tec®

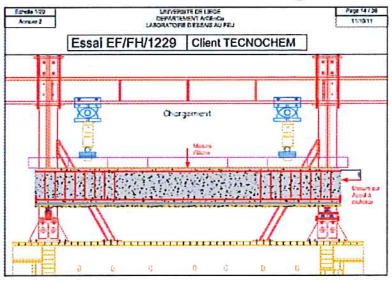
Una importante sperimentazione è stata effettuata recentemente al fine di valutare la resistenza al fuoco di travi rinforzate con **REFOR-tec®** sottoposte a carico e successivamente ad altissime temperature.
Tale sperimentazione si è resa necessaria poiché richiesta dalla committenza nell'ambito del progetto di riqualificazione di uno storico edificio in cemento armato Mnéma in Liegi (precedentemente adibito a piscina pubblica). (fig 10)
Le prove sono state effettuate presso l'Università di Liegi che ha un apposito centro per portare a ad altissime temperature strutture in scala reale.
Nel caso specifico una trave di lunghezza 5 metri composta di calcestruzzo 25 Mpa è stata rinforzata con una camicia di **REFOR-tec® GF5/ST-HS** e successivamente ricoperta di **TECNOLITE** un prodotto cementizio specificatamente studiato per l'isolamento termico. (system n.2) (fig 11)

La trave è stata caricata a 300 KN e portata a 1000°C per 120 minuti. Dopo tale periodo le temperature nelle barre d'acciaio dell'armatura non hanno superato gli 80°C superando pienamente la prequalifica richiesta dalla committenza.
Successivamente è stato tolto il rivestimento di protezione per l'isolamento termico e la stessa trave sempre sotto il carico di 300 KN è stata sottoposta ad un altro ciclo termico per 131 min. (system n.1) (fig 12)

Le travi successivamente sezionate hanno mostrato una perfetta integrità ed adesione dell'incamiciatura di REFOR-tec® GF5/ST-HS mai riscontrata con analoghe prove effettuate con materiali cementizi di ripristino tradizionali (fig 13) l'elevata **Energia di Frattura** del **REFOR-tec®** si è confermata anche alle elevatissime temperature di tali sperimentazioni e sottocarico di 300 KN con formazione di freccia e valido ritorno elastico allo scarico

MNEMA PROJECT -LIÈGE (Belgio)

fig 10



System n° 2

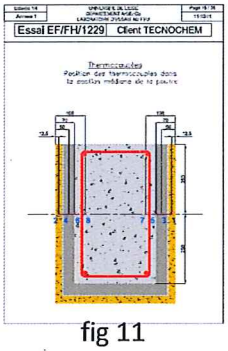
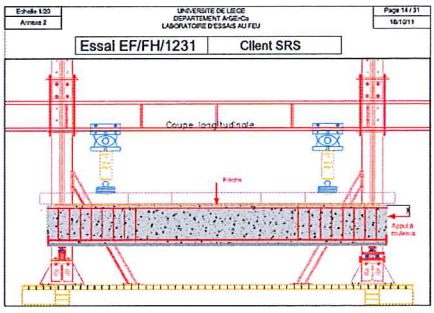


fig 11



System n° 1

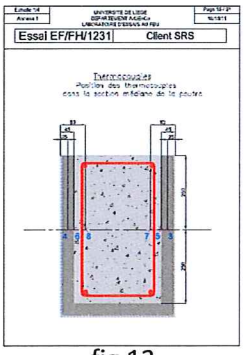


fig 12

Perfetta tenuta ed adesione del rinforzo strutturale con REFOR-tec® GF5 System n° 1 e n° 2 dopo i cicli a 1000°C

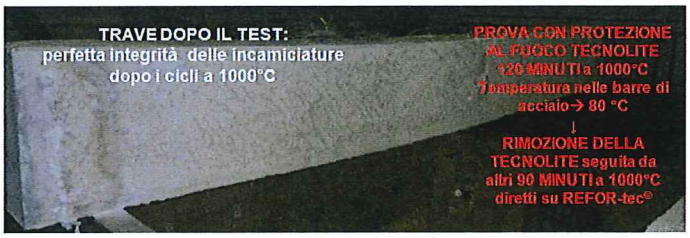


fig 13

REFOR-tec® - scudo contro le radiazioni

Una recente evoluzione del REFOR-tec®

REFOR-tec® GF 5 – HEAVY

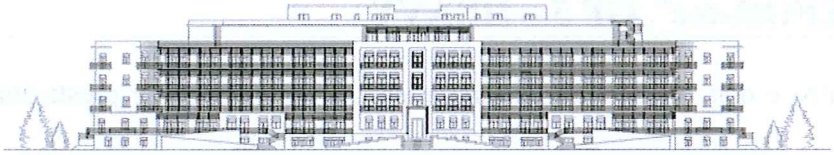
Con densità superiori a 4,3 Kg/litro e con eccezionali caratteristiche di compattezza e prestazioni fisico meccaniche:

RC	140 Mpa
RF	30 Mpa
ME	60 Gpa

Si presta come barriera scudo contro le radiazioni gamma e , nel contenuto, come eccezionale STRUTTURA o RINFORZO STRUTTURALE ANCHE PRE E POST SISMA in ospedali e centrali nucleari.
L'eccezionale resistenza agli urti evidenzia inoltre valide applicazioni per scudi antiproiettile

RINFORZO DI SOLAI PER L'ADEGUAMENTO SISMICO

OSPEDALE COTUGNO DI BARI
2006/2007



Intervento:
Adeguamento sismico
Rinforzo di solai in laterocemento
con cappa collaborante a basso spessore

Quantità:
22'000 m^2 (15 mm)

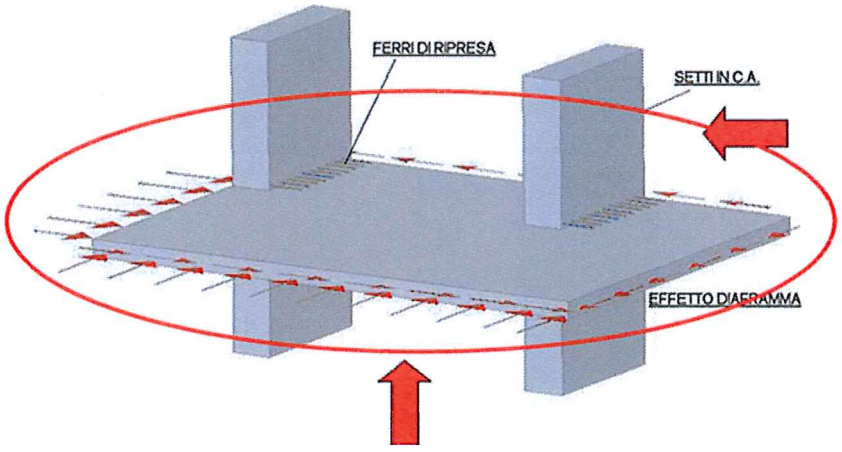
Materiale:
Microcalcestruzzo fibrorinforzato
UHPFRCC
REFOR-tec® GF5/ST HS

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.

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 U**HPFRCC** 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

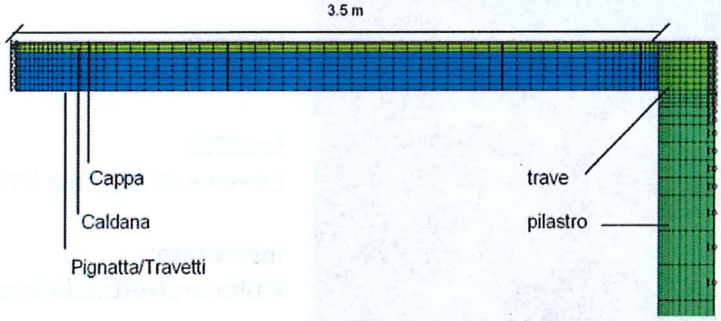


Fig. 6 Magliatura: generazione del reticolo di elementi finiti

SCARIFICA DEL SUPPORTO | IDROLAVAGGIO | POSA DEL MATERIALE

POSA DEL MATERIALE | LEGGERA STAGGIATURA | IMMEDIATA APPLICAZIONE DI CURING COMPOUND UR 20

APPLICAZIONE DI **REFOR-tec® GF 5 ST/HS** - 22.000 mq – SPESSORE 1,5 cm IN TOTALE ASSENZA DI GIUNTI E FESSURAZIONI | PROVE DI ADESIONE

ADEGUAMENTO SISMICO RINFORZO PILASTRI

SCUOLA ZAGAROLO – ROMA
2008/2009

Oggetto:
Scuola Elementare

Località:
Comune di Zagarolo (RM)

Intervento:
Rinforzo strutturale di pilastri in c.a.

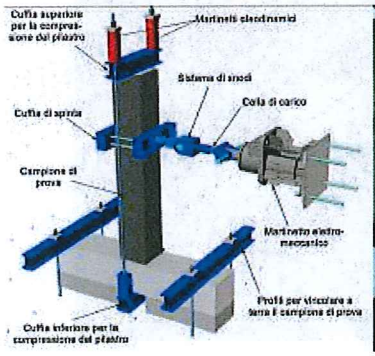
Materiale:
Microcalcestruzzo fibrorinforzato UHPFRCC
REFOR-tec® GF5/ ST-HS

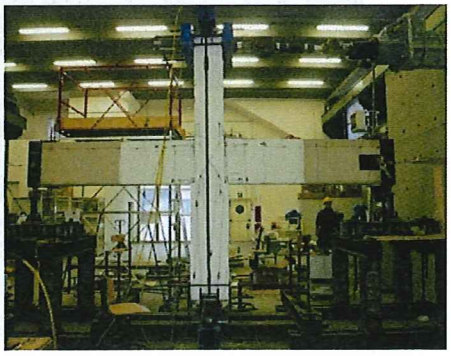
PROBLEMA
Adeguamento sismico di pilastri con resistenza a compressione 10 MPa

SOLUZIONE
Incamiciatura dei pilastri con **REFOR-tec® GF5/ ST-HS** spessore 4 cm

Approvazione Consiglio Superiore Lavori Pubblici

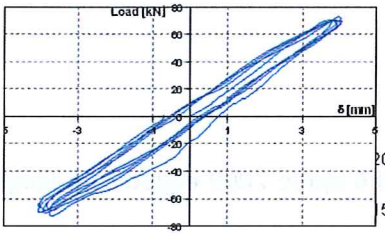
- Necessità di riproduzione di pilastro/struttura 10 MPa nei laboratori dell'Università Ingegneria Civile di Bergamo
- Incamiciatura con **REFOR-tec® GF5/ ST-HS**
- Simulazione delle sollecitazioni/ evento sismico
- Elaborazione ed eccellenza dei risultati
- Approvazione Consiglio Superiore Lavori Pubblici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





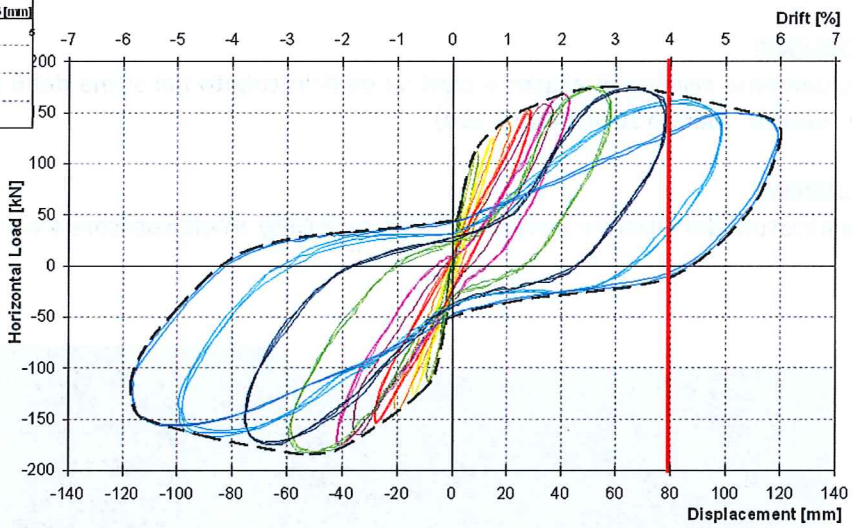
Costruzione di pilastro più fondazione riproducenti la struttura esistente (cca 10 MPa) incamiciatura con **REFOR-tec® GF5/ ST-HS** e sollecitazioni riproducesti le azioni statiche e sismiche di progetto.

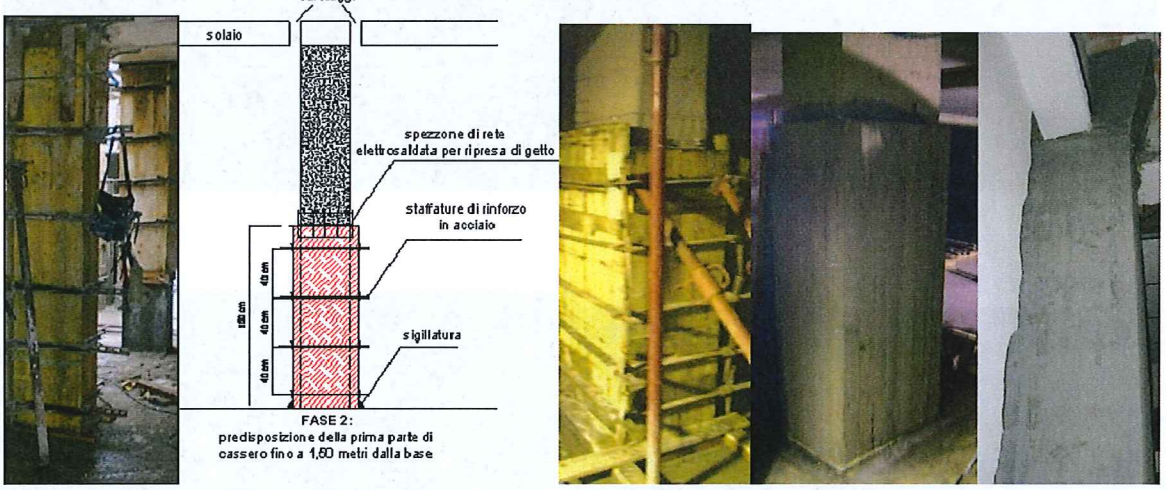
RINFORZO DI UN PILASTRO MEDIANTE APPLICAZIONE DI UNA CAMICIA IN MICROCALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO **REFOR-TEC® GF5 ST-HS**



AZIONI DI PROGETTO

N=645 kN,
M=144 kN·m,
V=72 kN





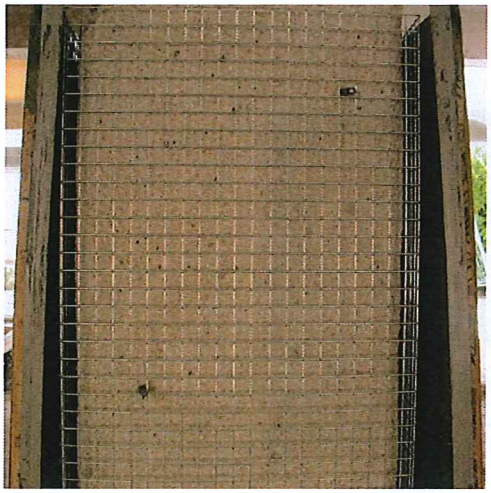
ADEGUAMENTO SISMICO DI EDIFICIO INAGIBILE CON ESITO "E"

POST SISMA
L'AQUILA – COPPITO
2011/2012

PROBLEMA
Adeguamento sismico di pilastri e travi su edificio colpito dal sisma del 6 aprile 2009 e giudicato inagibile con esito "E" (danno strutturale grave)

SOLUZIONE
Incamiciatura dei pilastri e travi con **REFOR-tec® GF5/ ST-HS** spessore 4 cm

DANNEGGIAMENTO DELLA STRUTTURA IN CALCESTRUZZO ARMATO



SUPERFICIE BOCCIARDATA E RETE METALLICA (rete elettrosaldata a doppia zincatura a maglia 25x25 mm, Ø filo 2,05 mm carico di rottura unitario: 450÷550 N/mm^2)

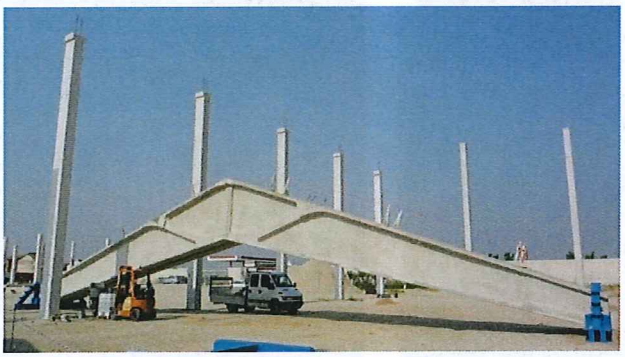
CASSERATURA DEI PILASTRI E DELLE TRAVI RIBASSATE; IN PRIMO PIANO UNA TRAVE RIBASSATA RINFORZATA CON **REFOR-tec®**

PARTICOLARE DEL GETTO DI **REFOR-tec® GF 5 ST/ HS** E DELLA RETE METALLICA

SUPERFICIE FACCIA A VISTA **REFOR-tec® GF 5 ST/HS** (intradosso trave)

RINFORZO DI TRAVI PREFABBRICATE TIPO BOOMERANG

2009

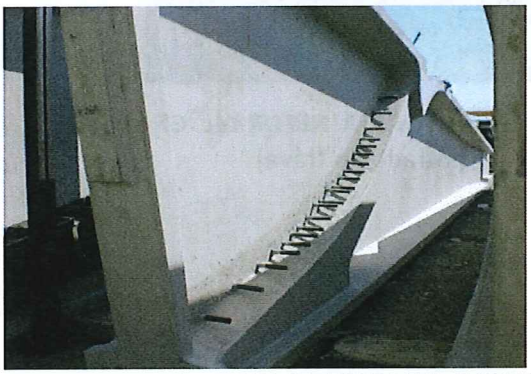


PROBLEMA

in fase di tesatura dei trefoli si sono verificate rotture delle zone di calcestruzzo in cui i trefoli erano alloggiati per errori di dimensionamento

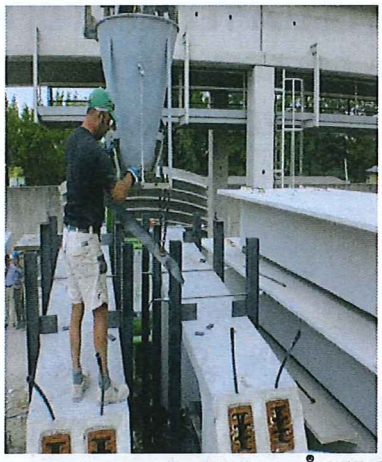
SOLUZIONE

sono stati eseguiti dei getti di rinforzo localizzati con microcalcestruzzo fibrorinforzato UHPFRCC **REFOR-tec® GF5/ST-HS**

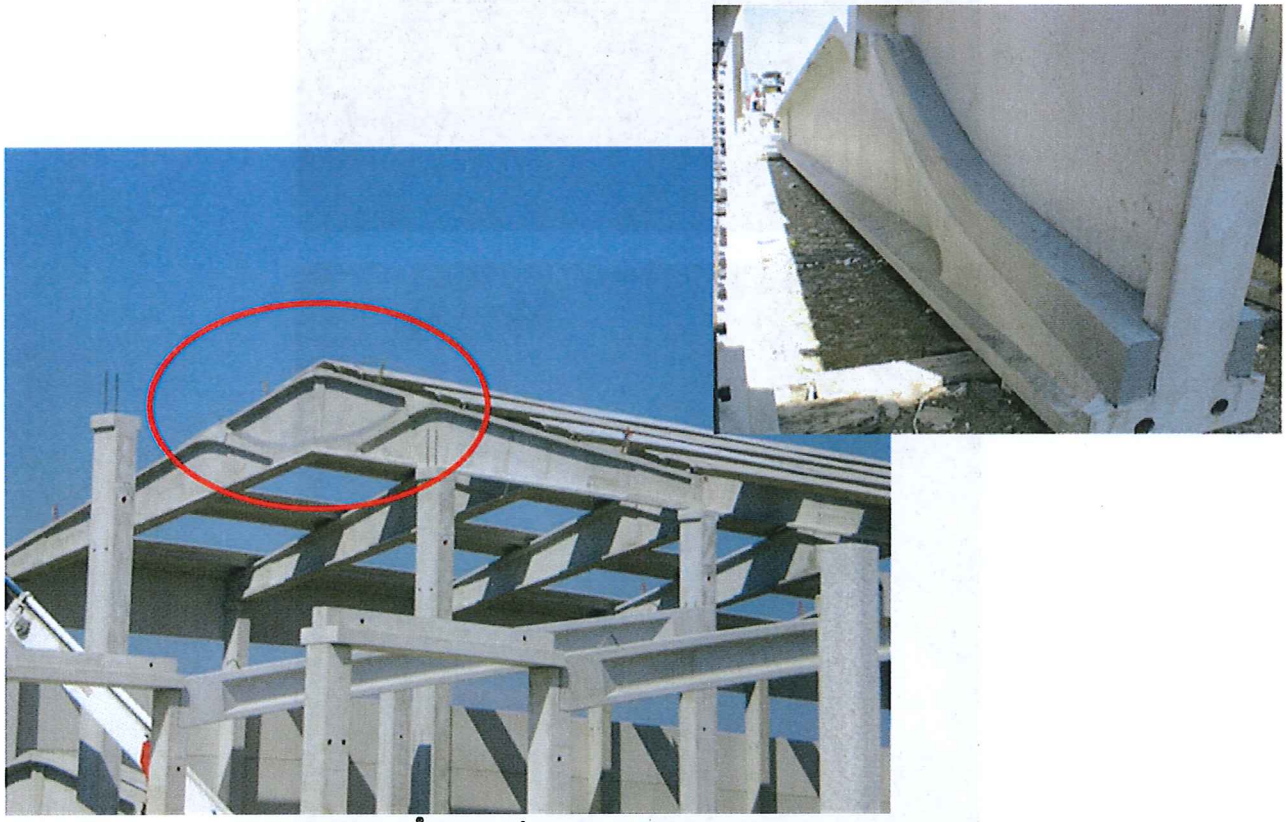


SCARIFICA DELLA ZONA INTERESSATA E INSERIMENTO DI BARROTTI DI COLLEGAMENTO

PREDISPOSIZIONE DI CASSERI METALLICI A PERFETTA TENUTA



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



L'INCAMICIATURA CON **REFOR-tec® GF5 ST/HS** HA CONSENTITO LA PERFETTA TENUTA ALLA TESATURA DEI TREFOLI E CONSEGUENTEMENTE LA MESSA IN OPERA DEI MANUFATTI

RINFORZO STRUTTURALE EDIFICIO IN MILANO
EX SEDE DELLA TELECOM DI MILANO
VIA ARNALDO DA BRESCIA (INCROCIO CON VIA FARINI)
2011/2012

Panoramica dall'alto dell'edificio in via Arnaldo da Brescia - Milano

Panoramica di alcuni pilastri casserati per il getto di REFOR-tec® GF5 ST-HS

Panoramica di alcuni pilastri casserati per il getto di REFOR-tec® GF5 ST-HS

Panoramica di alcuni pilastri gettati con REFOR-tec® GF5 ST-HS con collegamento in fondazione

Getto della parte alta dei pilastri e dell'estremità delle travi

Getto di un pilastro del piano seminterrato

Trave reticolare in C.A. in fase di preparazione per il getto di rinforzo con microcalcestruzzo fibrorinforzato REFOR-tec® GF5 ST-HS

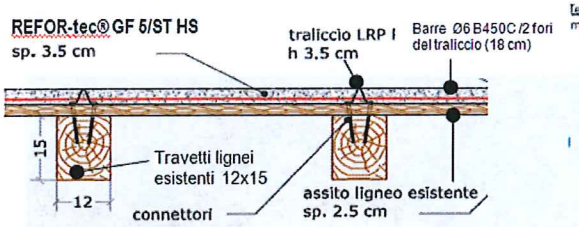
CAPPE COLLABORANTI E RINFORZI STRUTTURALI A BASSO SPESSORE SU SOLAI IN LEGNO - 2010/2011

PROBLEMA

Rinforzo strutturale di solaio in legno tramite cappa collaborante con i travetti lignei

SOLUZIONE

Cappa collaborante di **REFOR-tec® GF5/ ST-HS** spessore 3,5 cm



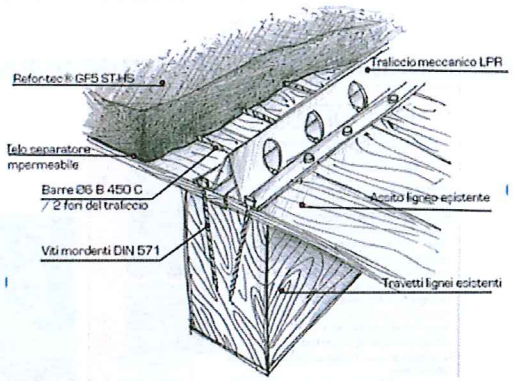
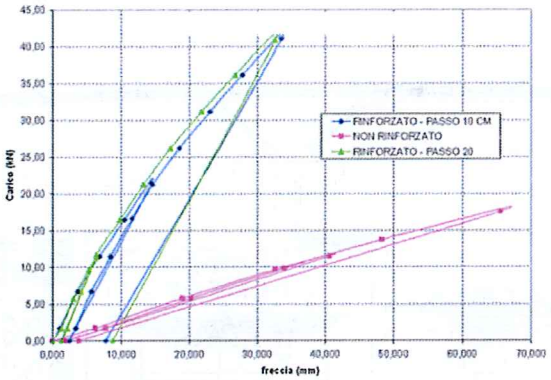
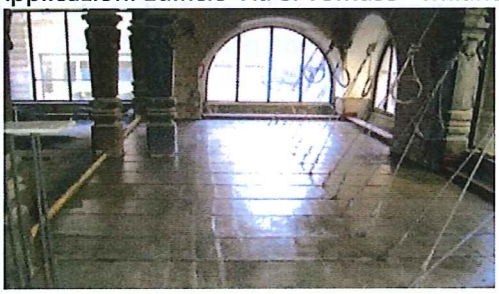


DIAGRAMMA SFORZO – DEFORMAZIONE A FLESSIONE SU CAMPIONE DI SOLAIO



Applicazioni Edificio Via S. Tomaso - Milano

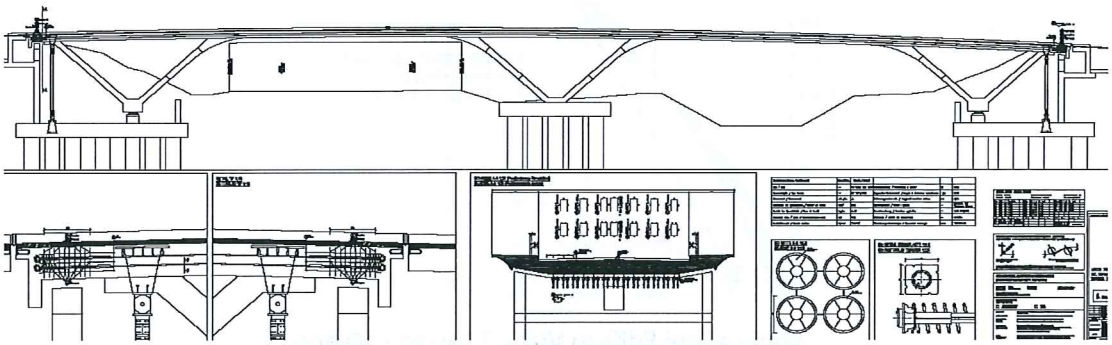


SUPERCALCESTRUZZI UHPFRCC/SCC AD ALTA ENERGIA DI FRATTURA PER LA COSTRUZIONE DI UN PONTE PER SOVRAPPASSO SU AUTOSTRADA E FIUME – REFOR-tec® BS 100 RIO 2010/2011

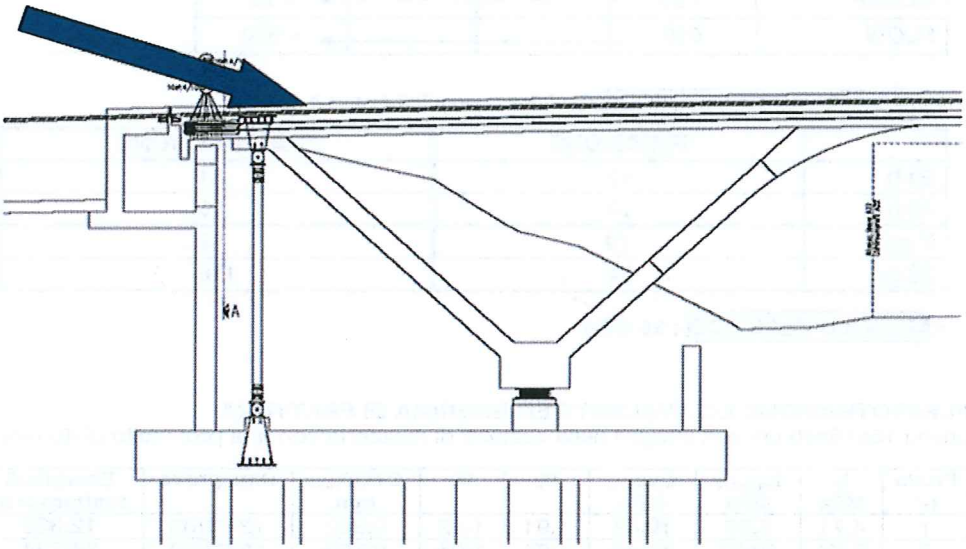
PONTE RIO RIDANNA – AUTOSTRADA A22 AUTOBRENNERO
UHPFRCC/SCC - REFOR-tec® BS 100 RIO

TECNOLOGIE INNOVATIVE PER STRUTTURE DURABILI AD ALTA ENERGIA DI FRATTURA E SEZIONI RIDOTTE

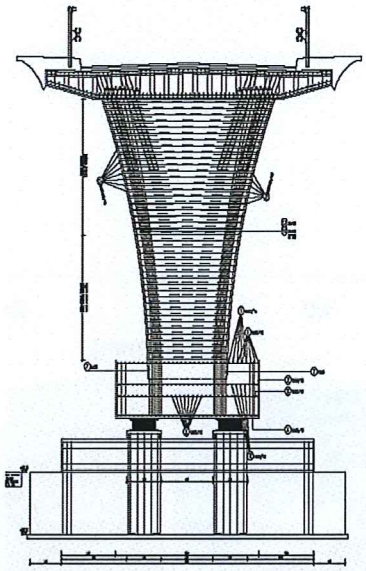
PONTE RIO RIDANNA - UHPFRCC/SCC
REFOR-tec® BS 100 RIO



Il progetto originale prevedeva la presenza nella soletta d'impalcato di trefoli di post-tensione che dovevano compensare la freccia



Grazie all'utilizzo di **REFOR-tec® BS 100 RIO**, cls fibrorinforzato ad elevato modulo elastico, energia di frattura e resistenza a trazione, sono state progettate sezioni snelle senza necessità di trefoli di post-tensione nell'impalcato, grazie alla freccia ridotta ottenuta.



Il progetto prevedeva un armatura delle pile molto fitta. La miscela SCC è stata messa a punto con inerti e fibre di dimensioni compatibili con l'interferro per ottenere un perfetto facciavista finale

• **CONSISTENZA NEL TEMPO** :

	0'	30'	60'	90'
SLUMP	> 25	→	→	> 22
FLOW	610	→	→	> 550

• **RESISTENZE MECCANICHE** (tipiche – provini 4x4x16 cm)

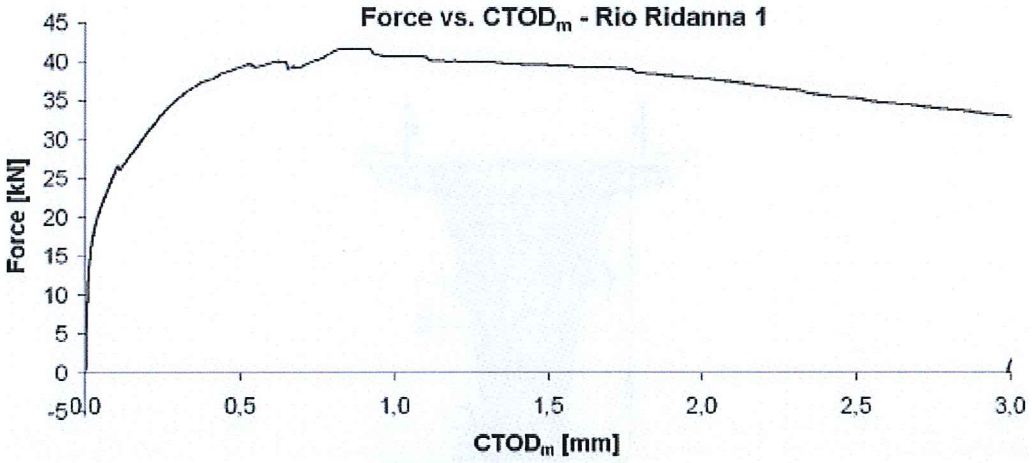
	FLESSIONE	COMPRESSIONE
24 h	12	31
48 h	13	55
7 gg.	19	88
28 gg.	24	116

• **MODULO ELASTICO** : 38 GPa

FLESSOTRAZIONE EQUIVALENTE ED ENERGIA DI FRATTURA
prismi 15x15x60 cm con intaglio nella sezione di mezzeria con una profondità di 45 mm

Prova n°	f_{lf} MPa	$f_{eq(0-0,6)}$ MPa	$f_{eq(0,6-3)}$ MPa	D_0	D_1	$CTOD_{max}$ mm	Data prova	Energia di Frattura N/m
1	4,71	8,99	**10,04**	1,91	1,12	0,842	13/03/09	**12.332**
2	5,54	10,01	**10,44**	1,81	1,04	0,756	13/03/09	**11.731**
3	5,57	10,51	**11,03**	1,89	1,05	0,882	17/03/09	**12.936**
4	5,67	11,29	**11,47**	1,99	1,02	0,818	17/03/09	**15.736**

Nei calcoli si è assunta un'apertura di base all'apice dell'intaglio $CTOD_0$ = 0,025 mm



TECNOCHEM ITALIANA SpA TECNO ECO LOGIC CHEM

TECNOCHEM È LEED®

LEED®
Leadership Energy Environmental Design

CONSIDERAZIONI FINALI:

Nel caso del RIO RIDANNA la progettazione del mix design particolare, ad elevato modulo elastico ed elevatissima energia di frattura, ha consentito di unire all'incremento delle prestazioni fisico-meccaniche un importante risparmio economico e di risorse → SOSTENIBILITA'

⇨ Eliminazione del sistema di Post-tensione previsto a progetto

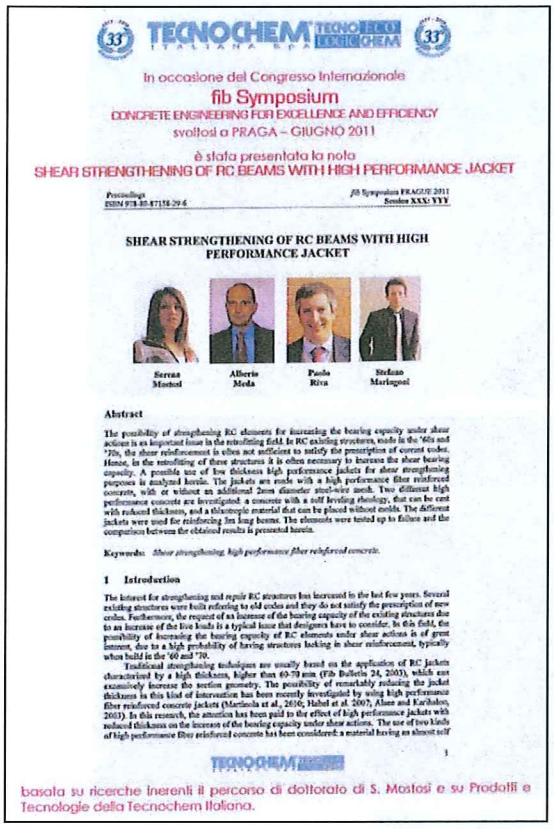
⇨ Drastica riduzione degli spessori delle sezioni

TECNOCHEM E' LEED®

LEED®
Leadership **E**nergy **E**nvironmental **D**esign

GREEN BUILDING COUNCIL ITALIA SOCIO

TECNOCHEM ITALIANA SPA è membro del GREEN BUILDING COUNCIL



In occasione del Congresso Internazionale

fib Symposium

CONCRETE ENGINEERING FOR EXCELLENCE AND EFFICIENCY

svoltosi a PRAGA – GIUGNO 2011

è stata presentata la nota

SHEAR STRENGTHENING OF RC BEAMS WITH HIGH PERFORMANCE JACKET

Proceedings — fib Symposium PRAGUE 2011 — Session XXX: YYY

SHEAR STRENGTHENING OF RC BEAMS WITH HIGH PERFORMANCE JACKET

Serena Mostosi — Alberto Meda — Paolo Riva — Stefano Mariagrosi

Abstract

The possibility of strengthening RC elements for increasing the bearing capacity under shear actions is an important issue in the retrofitting field. In RC existing structures, made in the '60s and '70s, the shear reinforcement is often not sufficient to satisfy the prescription of current codes. Hence, in the retrofitting of these structures it is often necessary to increase the shear bearing capacity. A possible use of low thickness high performance jackets for shear strengthening purposes is analyzed herein. The jackets are made with a high performance fiber reinforced concrete, with or without an additional 2mm diameter steel-wire mesh. Two different high performance concrete are investigated: a concrete with a self leveling rheology, that can be cast with reduced thickness, and a thixotropic material that can be placed without molds. The different jackets were used for reinforcing 3m long beams. The elements were tested up to failure and the comparison between the obtained results is presented herein.

Keywords: *Shear strengthening, high performance fiber reinforced concrete.*

1 Introduction

The interest for strengthening and repair RC structures has increased in the last few years. Several existing structures were built referring to old codes and they do not satisfy the prescription of new codes. Furthermore, the request of an increase of the bearing capacity of the existing structures due to an increase of the live loads is a typical issue that designers have to consider. In this field, the possibility of increasing the bearing capacity of RC elements under shear actions is of great interest, due to a high probability of having structures lacking in shear reinforcement, typically when built in the '60 and '70.

Traditional strengthening techniques are usually based on the application of RC jackets characterized by a high thickness, higher than 60-70 mm (Fib Bulletin 24, 2003), which can extensively increase the section geometry. The possibility of remarkably reducing the jacket thickness in this kind of intervention has been recently investigated by using high performance fiber reinforced concrete jackets (Martinola et al., 2010; Habel et al. 2007; Alaee and Karihaloo, 2003). In this research, the attention has been paid to the effect of high performance jackets with reduced thickness on the increase of the bearing capacity under shear actions. The use of two kinds of high performance fiber reinforced concrete has been considered: a material having an almost self

1

basata su ricerche inerenti il percorso di dottorato di S. Mostosi e su Prodotti e Tecnologie della Tecnochem Italiana.

vedi LISTA

REPAIR AND STRENGTHENING OF REINFORCED CONCRETE COLUMNS AND BEAMS

ICRI – International Concrete Repair Institute

Transportation Structures

2010 Fall Convention

Pittsburgh October 20-22

vedi LISTA