



REFOR-tec®
Reactive Forces Technologies



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 Duttile, 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 Istituti Universitari nel mondo con alcuni dei quali Tecnochem Italiana collabora anche come membro di Comitati Internazionali quale The RILEM TC HFC – 182 Sub Committee2

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

- | | | | |
|-------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| <u>Chairman:</u> | Folker H. Wittmann | wittmann@aedificat.de | Qingdao Technological University - China |
| <u>Vice-Chairman:</u> | Gideon P.A.G. van Zijl | gvanzijl@sun.ac.za | University of Stellenbosch - South Africa |
| <u>Members:</u> | 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 |
| <u>Corresponding members:</u> | Emmanuel Denarié | emmanuel.denarie@epfl.ch | |
| | Zhao Tie-jun | ztjgp@263.net | |
| | Volker Slowik | slowik@mail.htwk-leipzig.de | |
| | Pierre Rossi | rossi@lpc.fr | |
| <u>Interested:</u> | Santie Gouws | sgouws@grinaker-lta.com | |
| | Hirozo Mihashi | mihashi@timos.str.archi.tohoku.ac.jp | |
| | Jiri Nemecek | 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)

... DUTTILITÀ

di una struttura



di un materiale

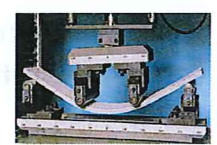
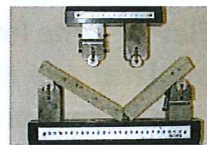


fig 1

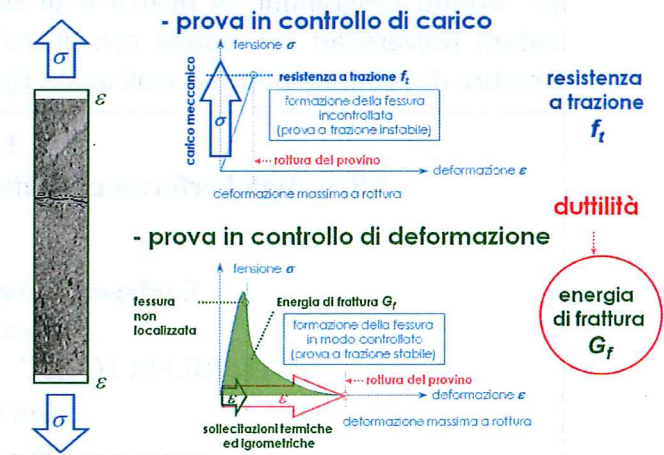


fig 2

Sforzo a trazione/deformazione del micro-calcestruzzo fibrorinforzato UHPFRCC

REFOR-tec® GF3/ST HS

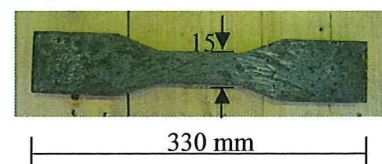
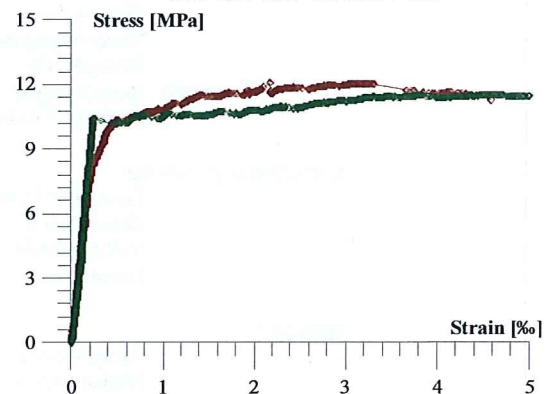


fig 2a

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).

Due diverse tipologie di calcestruzzi fibrorinforzati

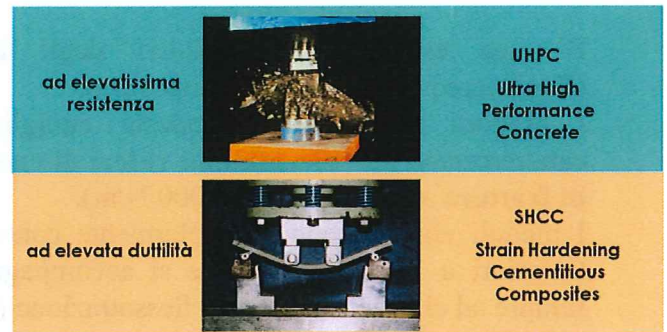


fig 3

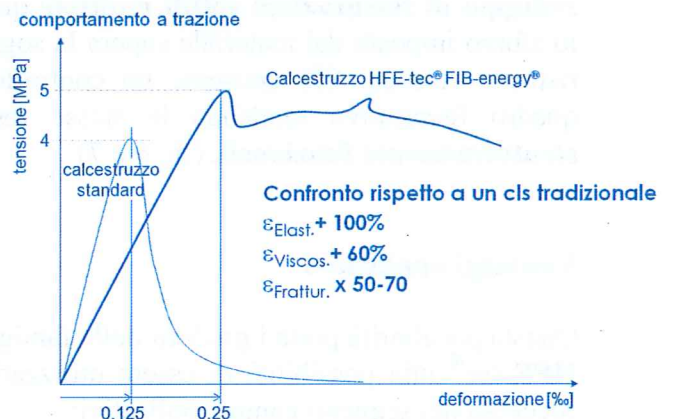


fig 4

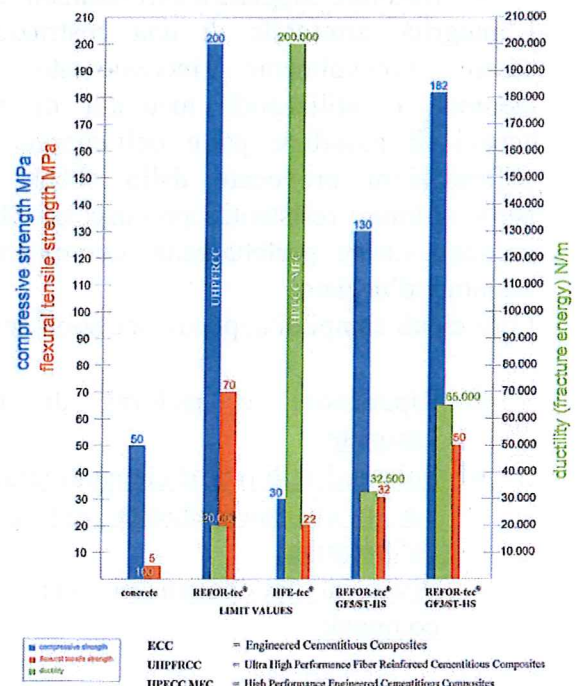


fig 5

La tecnologia HFE-tec®

E' una evoluzione formulativi degli ECC (Engineered Cementitious Composites).

I prodotti appartenenti a questa famiglia si caratterizzano per **elevatissimi valori di energia di frattura** (da 20.000 a 200.000 N/m).

I moduli elastici sono particolarmente contenuti (inferiori a 20.000 N/mm²) e si accompagnano sempre ad elevate resistenze a flessotrazione (da 8 a 20 N/mm²). Le proprietà meccaniche globali sono concepite in modo tale da **consentire lo sviluppo di fessurazioni sottili multiple** quando lo sforzo imposto dal materiale supera la soglia di risposta elastica. Ciò consente un controllo del quadro fessurativo rendendo le stesse **fessure strutturalmente funzionali**. (fig 6 e 7)

HFE-tec®
High Fracture Energy Technologies

- l'alta energia di frattura per l'integrità strutturale delle costruzioni
- capacità di assorbimento di stress dinamici con elevata energia di deformazione senza collasso
- la progettazione della duttilità delle strutture, murature duttili, solette duttili
- adeguamento sismico di edifici
- ECC - Engineered Cementitious Composites
- HPECCMFC - High Performance Engineered Cementitious Composites Multiple Fine Cracks

beat the cracks with High Fracture Energy!

TECNOCHEM TECNO ECO
ITALIANA SPA LOGIC CHEM

Via Sirtis 24 - 24030 Barzana (EG) Italy - Tel. +39 035 654811 - Fax +39 035 654816
info@tecnocem.it - www.tecnocem.it

fig 6

Vantaggi applicativi

Questa peculiarità porta i prodotti della famiglia **HFE-tec®** alla possibilità di essere utilizzati con successo nei seguenti campi applicativi:

- Rinforzo strutturale pre-post sisma
- Strutture soggette a particolari sollecitazioni dinamiche
- Strutture soggette a deformazioni cicliche

L'integrità strutturale di una costruzione può essere notevolmente incrementata creando elementi o utilizzando materiali di ripristino capaci di assorbire parte dell'energia e delle deformazioni provocate dallo shock sismico. Nelle strutture resistenti i premiscelati **HFE-tec®** possono essere perfettamente combinati con le armature d'acciaio.

I principali campi di applicazione sono pertanto.

- Riparazioni e rinforzi di murature lesionate
- Solette duttili o altri elementi strutturali in c.a in cui sia richiesta elevata energia deformativa
- Piste di alloggiamenti per materiali compositi

RANGE PRESTAZIONALI DEI MICROCALCESTRUZZI

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	HFE-tec® ECC HPECCMFC
Modulo elastico [GPa]	30-35	10 -25
Resistenza a compressione [MPa]	30-50	25 - 70
Resistenza a trazione a rottura [MPa]	2	3 - 5
Limite di proporzionalità [MPa]	-	10 - 15
Resistenza flessotrazione a rottura [MPa]	5	8 - 20
Duttilità - Energia di Frattura (N/m)	100	12.000-200.000
Deformazione a rottura (trazione uniaxiale diretta)	0.01 %	3%

- UHPC - Ultra High Performance Concrete
- HPRCC - High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites
- ECC - Engineered Cementitious Composites
- HPECCMFC - High Performance Engineered Cementitious Composites Multiple Fine Cracks

La DURABILITA' dei formulati REFOR-tec® ed HFE-tec® alle aggressioni atmosferiche ed a molecolari aggressive 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 - 0,6 mm)

fig 7

**SOLETTE DUTTILI IN SOSTITUZIONE DI GIUNTI A PETTINE
SU VIADOTTI AUTOSTRADALI - HFE-tec® pav/125
2006/2007/2008/2009/2010/2011/ 2012**

Risanamento A22



Oggetto:

Viadotto San Maurizio
Novembre 2006 – PRIMA EUROPEA

Località:

Chiusa

Ripristino:

15 solette di collegamento viadotti

Quantità:

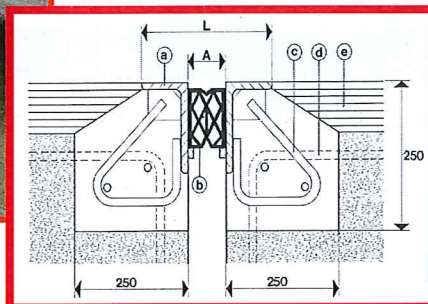
150 metri cubi

Materiale:

Formulato cementizio ECC
Fibrorinforzato a basso modulo elastico, elevata
duttilità ed energia di frattura
HFE-tec® PAV/125

PROBLEMA:

Presenza di numerosi giunti di dilatazione che non riescono a garantire un'efficace tenuta delle percolazioni dell'acqua, contenente sali cloruri, nel tempo, causa principale del degrado del calcestruzzo armato



SOLUZIONE

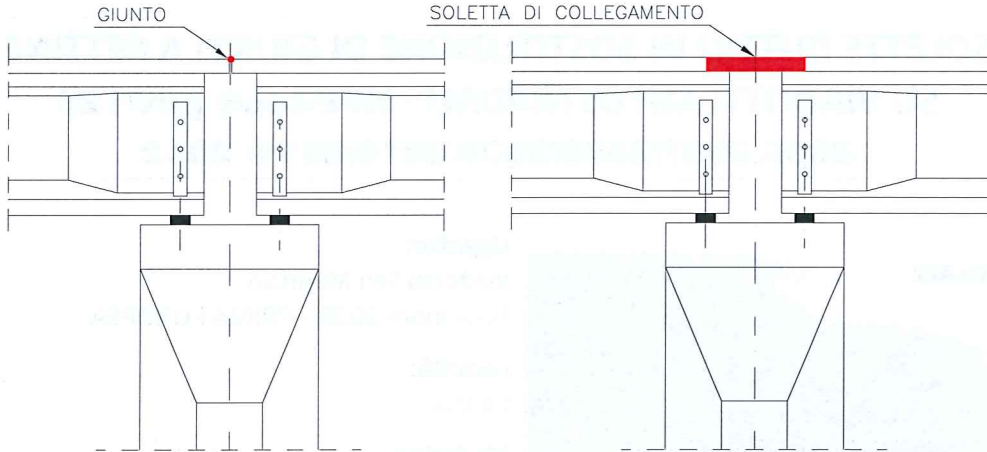
INTERVENTI:

-Riduzione del numero di giunti tramite collegamento longitudinale degli impalcati con un elemento di soletta la cui rigidità è molto inferiore a quella delle travate

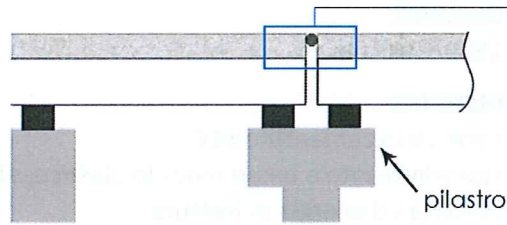
-Sostituzione degli appoggi che devono assorbire le escursioni derivanti da più campate collegate fra di loro

Gli impalcati vengono collegati per tratti di 4-6 campate da solette duttili

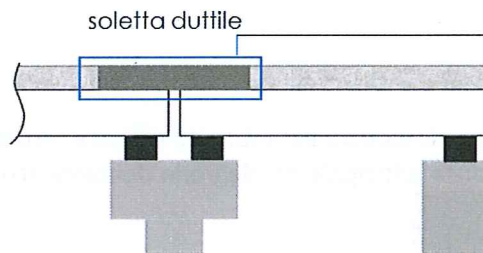
Si ottengono dei tratti di 150÷200 metri senza giunti



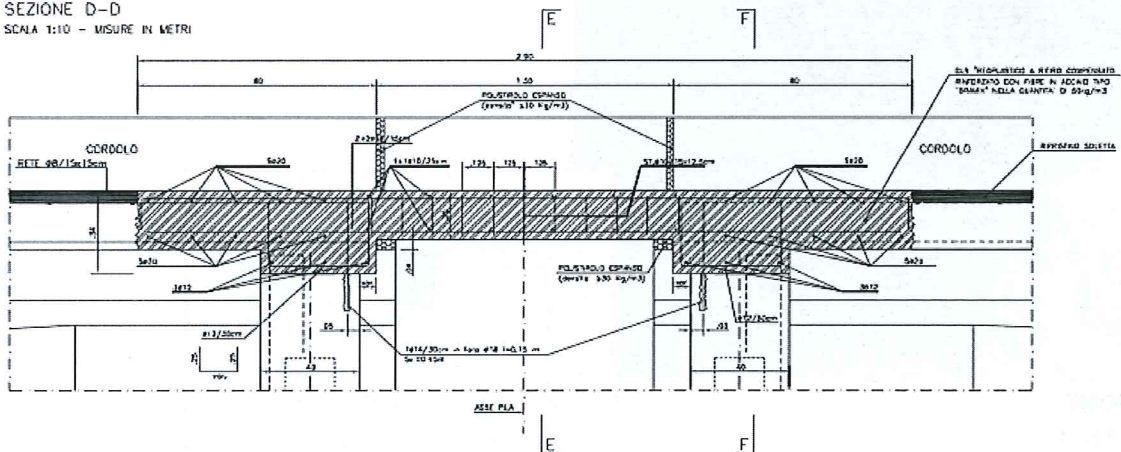
Situazione prima del ripristino



Ripristino del giunto tramite solette duffile



SEZIONE D-D
SCALA 1:10 - MISURE IN METRI



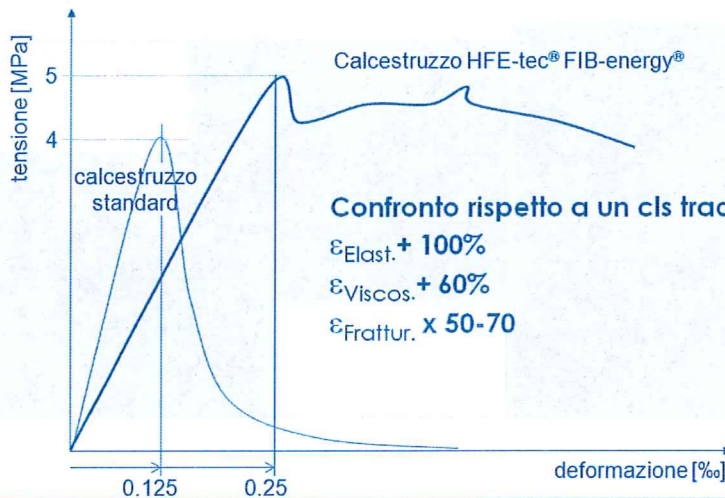
Realizzazione di opere di manutenzione



Preparazione del



comportamento a trazione



Transportation Category

San Maurizio Viaduct Joint Repair
Near Bolzano, Italy
Submitted by Tecnochem Italiana SpA

The ductile high-fiber energy concrete was chosen directly from the concrete manufacturer. Reinforced ductile high-fiber energy concrete met all of the requirements that were essential for the bridge application, as it has high strain capacity under tension and compression regimes while forming nearly closely spaced microcracks. It also allowed for the deformation under thermal loads, along with the creation of a partially uncracked deck to prevent the need for repair and maintenance. Finally, the advantages were not just related to the lower repair cost. When considering lifecycle costs, the link slabs became not only smaller, but also advantageous. This was the first time that ductile link slabs had been used in Europe.

San Maurizio Viaduct
OWNER: Autostrade Del Brennero SPA
PROJECT ENGINEER/DESIGNER: Autostrade Del Brennero SPA
REPAIR CONTRACTOR: Dillinger Berger Bauunternehmung GMBH
MATERIAL SUPPLIER/MANUFACTURER: Tecnochem Italiana SpA

CONCRETE REPAIR BULLETIN | WILSONJONES/STREIBER 2011

Award of Merit
Presented to
TECNOCHEM ITALIANA SPA
in recognition of the
SUBSTITUTION OF TRADITIONAL VIADUCTS JOINTS USING DUCTILE LINK SLABS
Recognized for Excellence in the of Repair of Transportation Structures
October 21, 2010
INTERNATIONAL CONCRETE REPAIR INSTITUTE

Ing. Fumanelli – Direzione Tecnica Autobrennero

**ESPERIENZE
PROGETTUALI ED APPLICATIVE
DI CALCESTRUZZI DUTTILI**

VIATEC 08

vedi LISTA