



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

Dal 1978 ad oggi in breve:
Strutture in Calcestruzzi Speciali.
Ripristini e Rinforzi Strutturali su
importanti infrastrutture.
Tecnologie Innovative. Durabilità

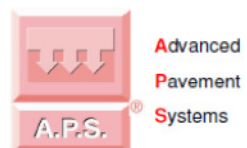
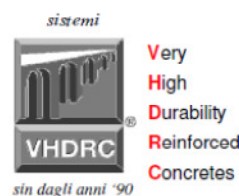
Dott. Roberto Rosignoli (TECNOCHEM ITALIANA S.p.A.)
PESARO, 16 Maggio 2014

Ricerca & Sviluppo

Società leader per prodotti e tecnologie nel campo dell'edilizia, Certificata ISO 9001 sin dal 1993 (tra le prime 400 Aziende Italiane), TECNOCHEM esporta più del 50% del suo fatturato in più di 50 paesi del mondo, confermandosi da diversi anni eccellenza del know-how italiano.

Elementi che contraddistinguono l'azienda

- Da ormai trent'anni l'azienda apporta INNOVAZIONE e QUALITA' lungo l'intera filiera delle proprie produzioni, con un costante percorso di Ricerca & Sviluppo SPERIMENTAZIONE, PRODUZIONE, COMMERCIALIZZAZIONE, ASSISTENZA TECNICA e VENDITA dei propri prodotti. Un approccio globale **"dal progetto al cantiere"**, che si avvale delle più innovative tecnologie, sempre nel rispetto delle normative e direttive ufficiali, italiane ed internazionali.
- Collaborazioni con aziende primarie a valenza internazionale, istituti universitari e laboratori di ricerca italiani ed europei: queste partnerships hanno proiettato la presenza aziendale in importanti progetti, conferenze e seminari oltre che in molti mercati internazionali (Europa, Medio Oriente, Asia, Americhe ed Africa).
- Ricerca & Sviluppo, Prodotti-Tecnologie-Servizi, Innovazione, Ecologia, Economia, Sostenibilità: sono gli scenari che guidano la GAMMA PRODOTTI che può essere sintetizzata nelle seguenti GRANDI FAMIGLIE TECNOLOGICHE:





Very
High
Durability
Reinforced
Concretes

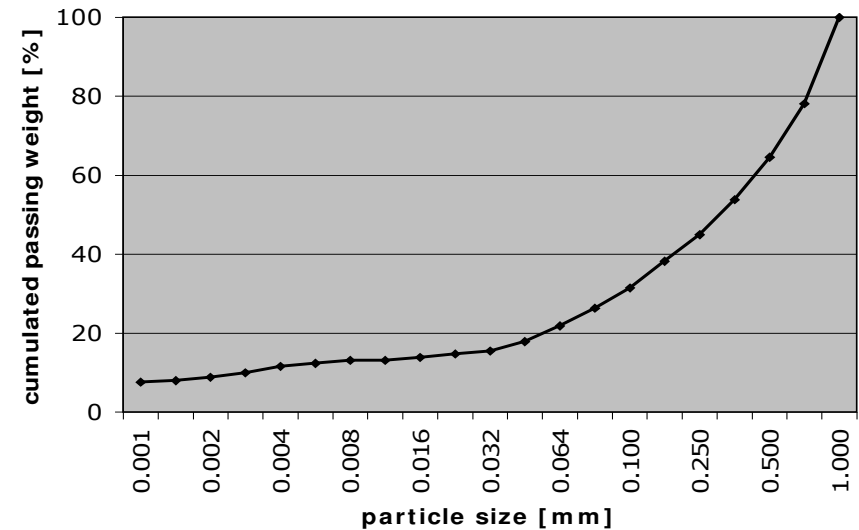


*Tecnochem Italiana sin dagli anni '80-'90 concepiva e realizzava **additivi e tecnologie** per SUPERCALCESTRUZZI ad elevatissima durabilità e resistenza meccanica... L'innovazione, frutto della Ricerca & Sviluppo, continua tutt'oggi con prestigiose applicazioni..... Cls reoplastici, reodinamici, anticorrosione, antiritiro, autocompattanti, impermeabili, fotocatalitici, autopulenti, antiradiazione, resilienti, resistenti al fuoco, duttili, rapidi, nanotecnologie.....*

[clicca per continuare a leggere](#)

DAGLI ANNI '80 STUDI E RICERCHE SU

- **MATRICI LEGANTI**
- **AGGREGATI**
- **FILLER**
- **ADDITIVI**



OBIETTIVI DELLE RICERCHE

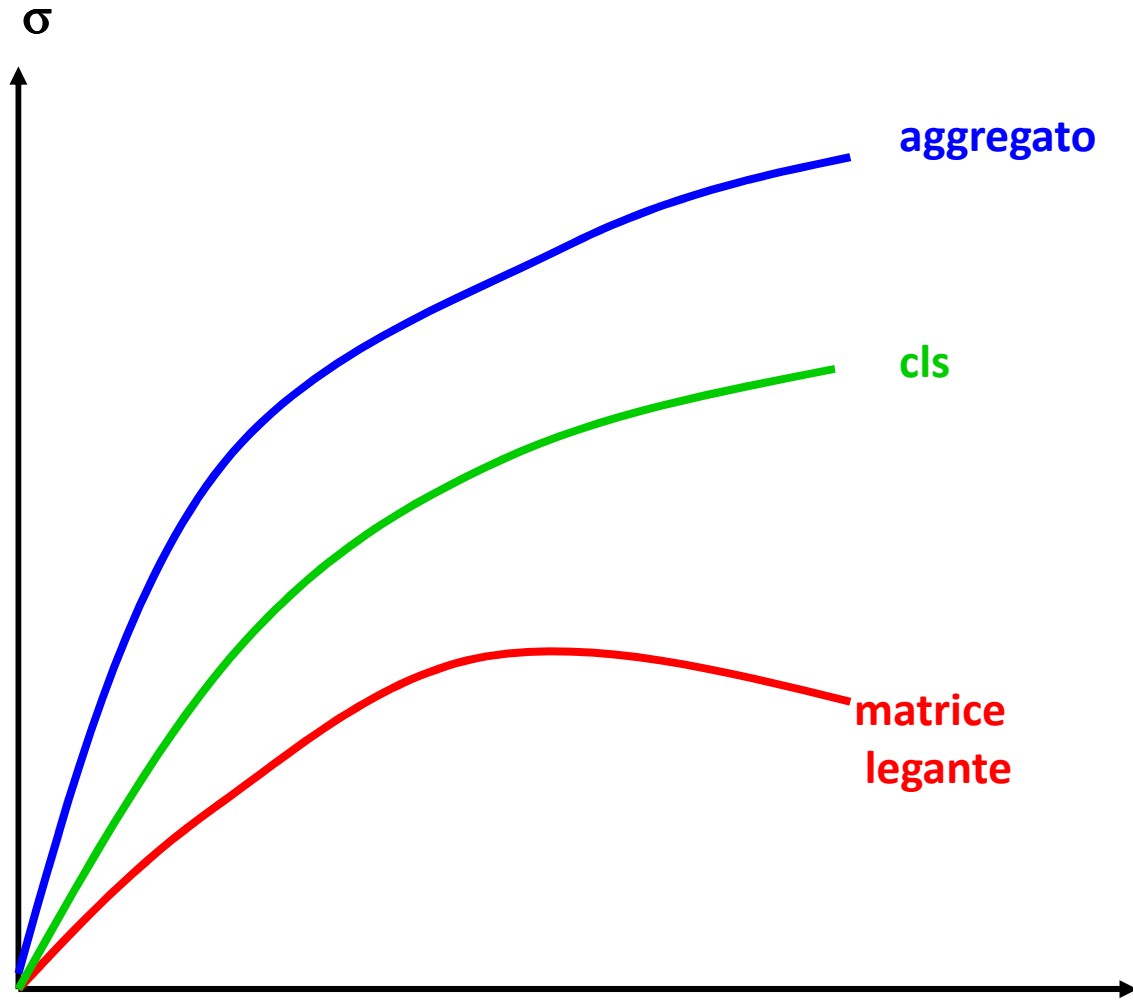
- **INCREMENTO DELLE RESISTENZE DELLA PASTA CEMENTIZIA**
- **NELLA ZONA DI TRANSIZIONE AGGREGATO/MATRICE LEGANTE**



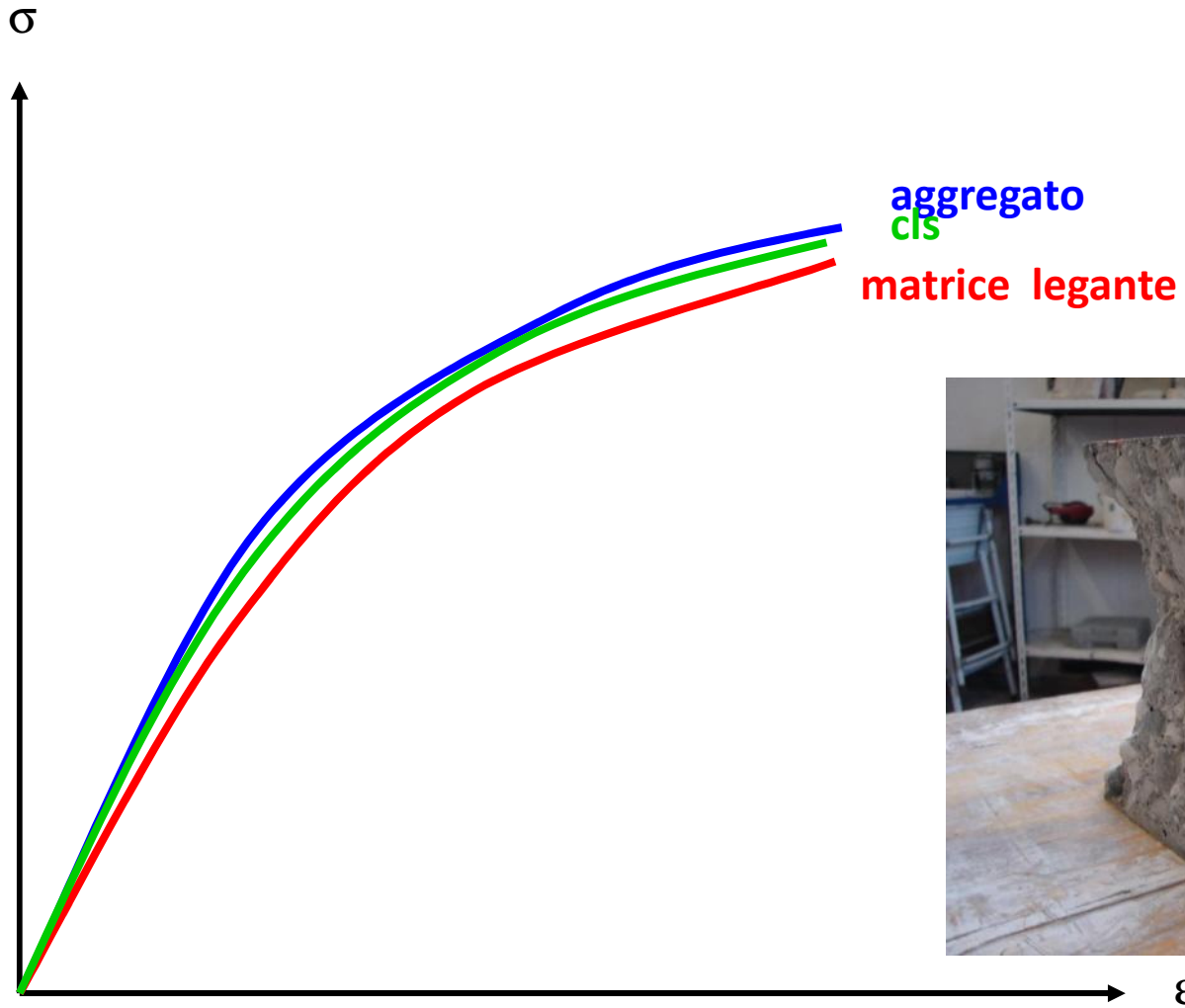
Fitti cristalli di silicato di calcio idrato



Nuclei di reazione su cristalli di idrossido di calcio



Resistenze meccaniche nei calcestruzzi tradizionali



Resistenze meccaniche nei calcestruzzi ad ELEVATE PRESTAZIONI

Calcestruzzi ad alte prestazioni sui grattacieli milanesi Palazzo della Regione, Porta Nuova ex Varesine, Hines



MIX DESIGN CLS AD ELEVATA RESISTENZA

CEMENTO	CEM I 52,5 R	552 kg/m³
QUANTITA' AGGREGATI (max diametro 12 mm)		1727 kg/m³
SILICE ATTIVA	MICROBETON® POZ/H	67 kg/m³
SUPERFLUIDIFICANTE	TECNOS® azur CB/AB1	11,49 kg/m³
FIB-energy® - MC 40/8		0,88 kg/m³
ACQUA ATTIVA (non assorbita)		180 kg/m³
	PESO TOTALE	2460 kg/m³
Rapporto a/c	0,33	
Rapporto a/legante	0,29	

Resistenza a compressione	
1 giorno	53 MPa
3 giorni	66,1 MPa
7 giorni	73,2 MPa
28 giorni	95,6 MPa

SLUMP/FLOW	
0 minuti	28/60 cm
30 minuti	27/61 cm
60 minuti	27/60 cm
90 minuti	28/59 cm

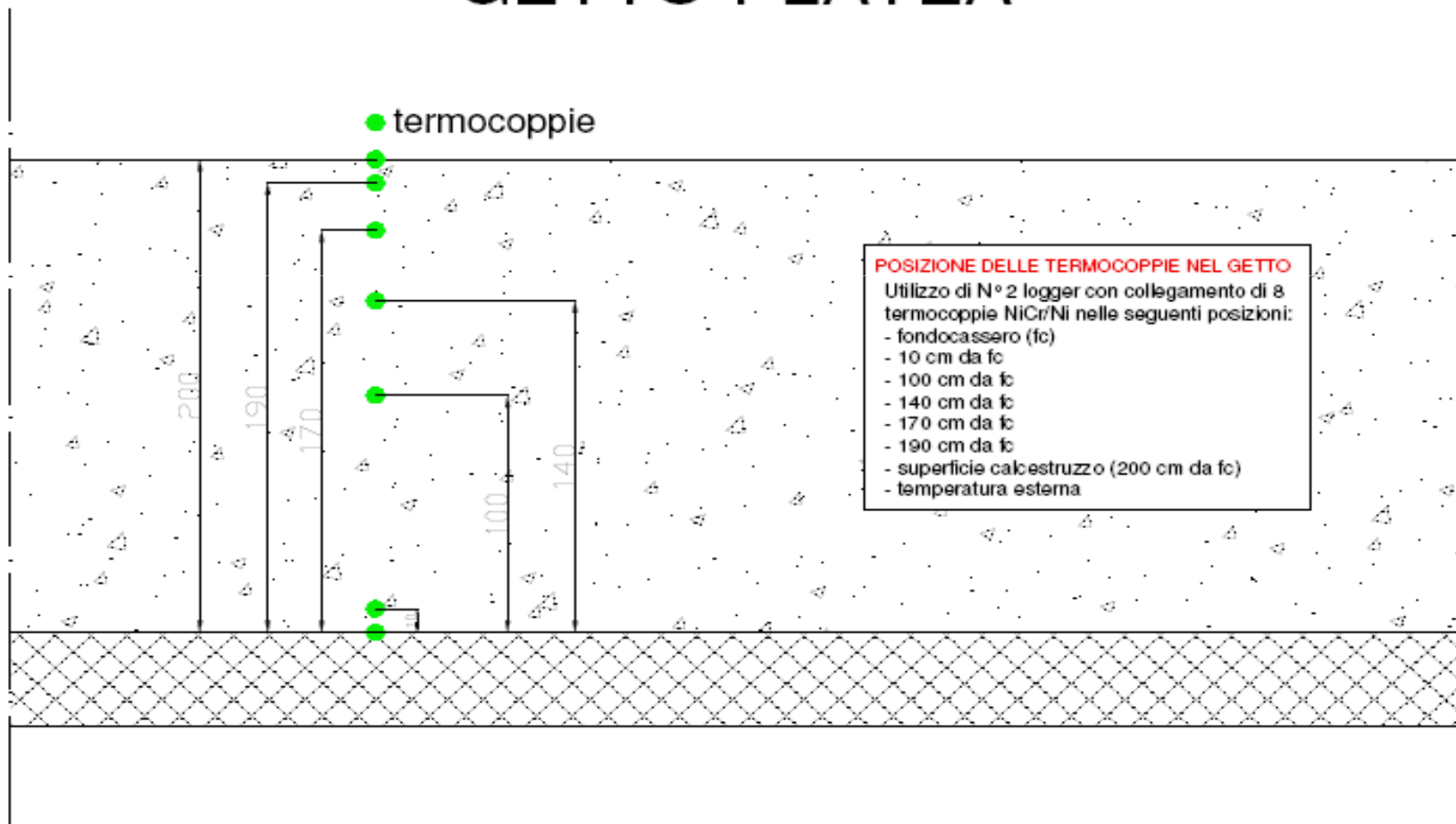




TECNOCHEM® **TECNO ECO**
ITALIANA S.p.A. **LOGIC CHEM**



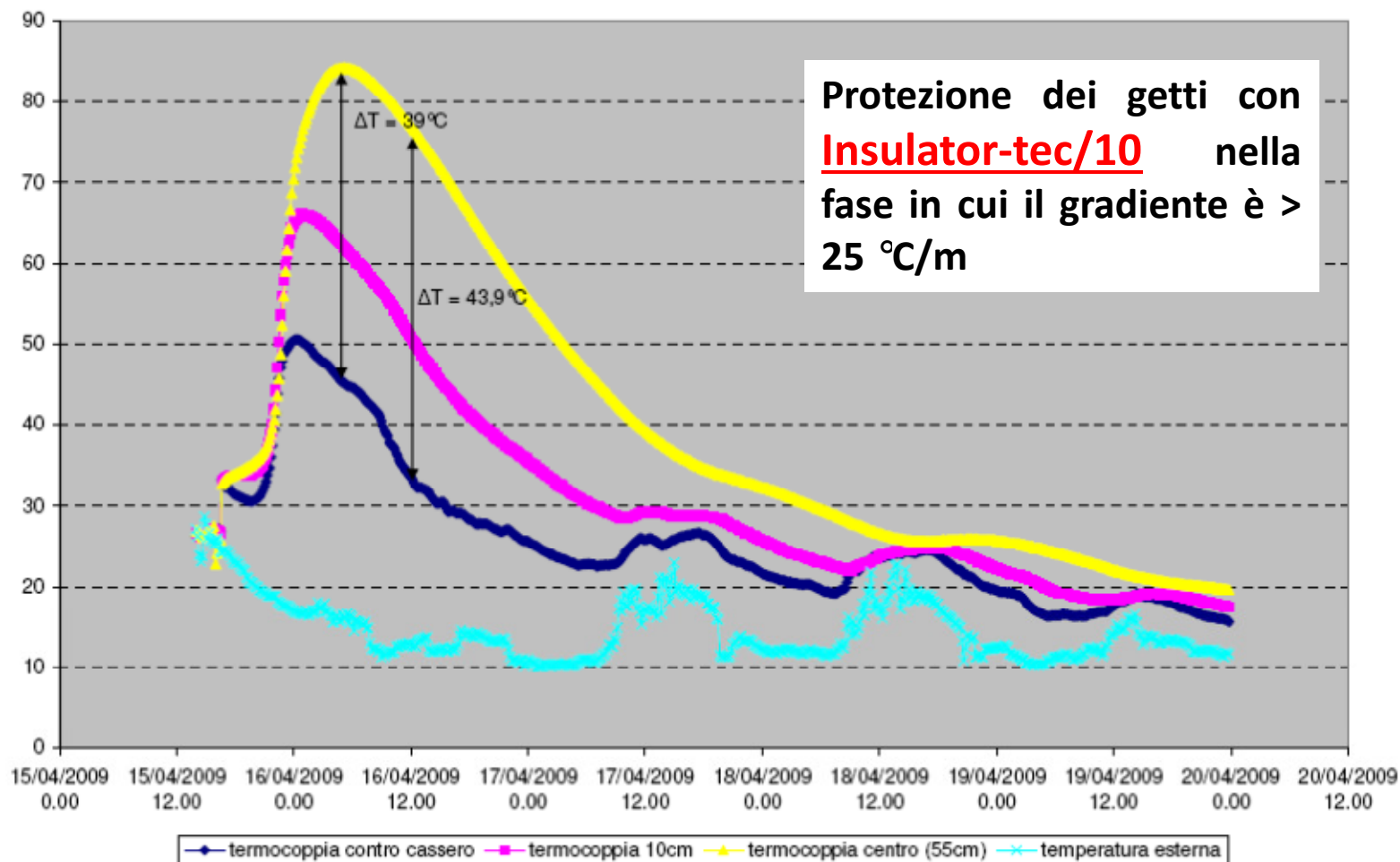
GETTO PLATEA



Cantiere Torri della Moda – Milano

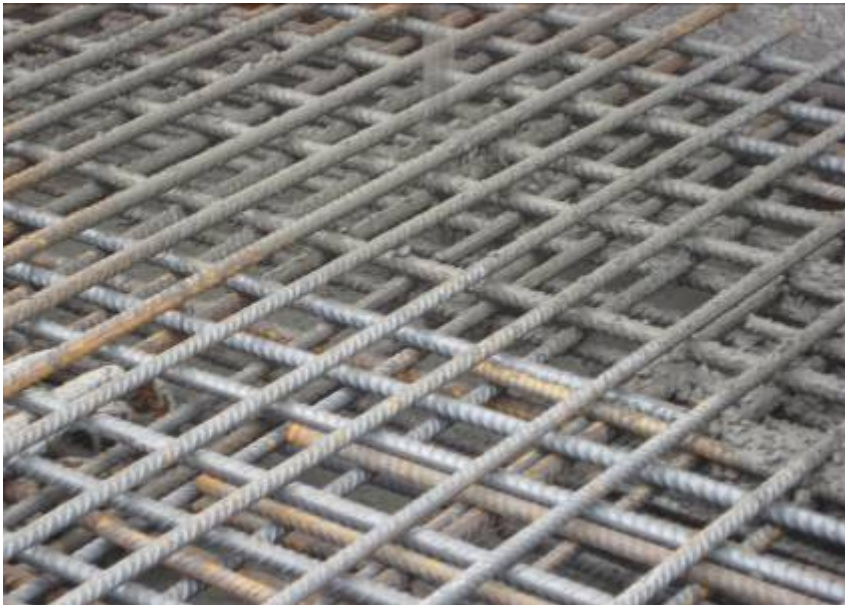
Misura dei gradienti termici pilastro diametro 1.10 m – h 6.00 m

Rck 75





TECNOCHEM® TECNO ECO
ITALIANA S.p.A. LOGIC CHEM









Very
High
Durability
Repair &
Prevention
Systems

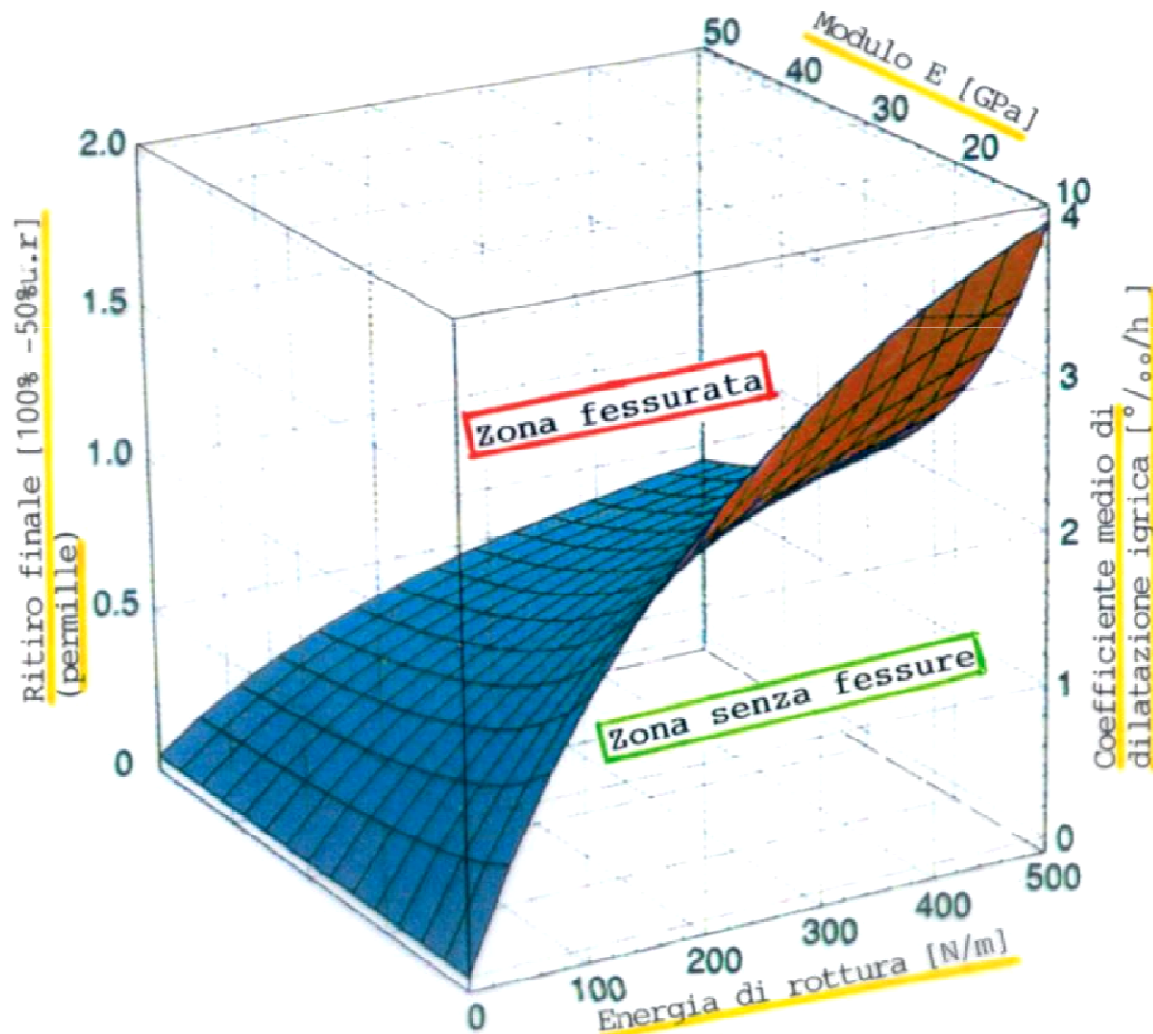
PRIMI IN ITALIA
anni '80

Tecnochem Italiana, sin dalla fine degli anni '70, concepiva formulati cementizi per la riparazione dei calcestruzzi armati con possibilità di modulazione del Modulo Elastico...

La Ricerca & Sviluppo che ha consentito una durabilità ultra trentennale delle riparazioni con tali formulati continua tutt'oggi aggregando Sistemi Innovativi alle più recenti Normative Europee UNI EN 1504-2/3/4/5/6/7....



SISTEMI DI RIPARAZIONE AD ALTISSIMA DURABILITA'



Parametri
fondamentali delle
malte dei **SISTEMI**
VHDRS per
RIDURRE o
ANNULLARE il
rischio di
fessurazioni



Multiple
Corrosion
Inhibiting
Synergies

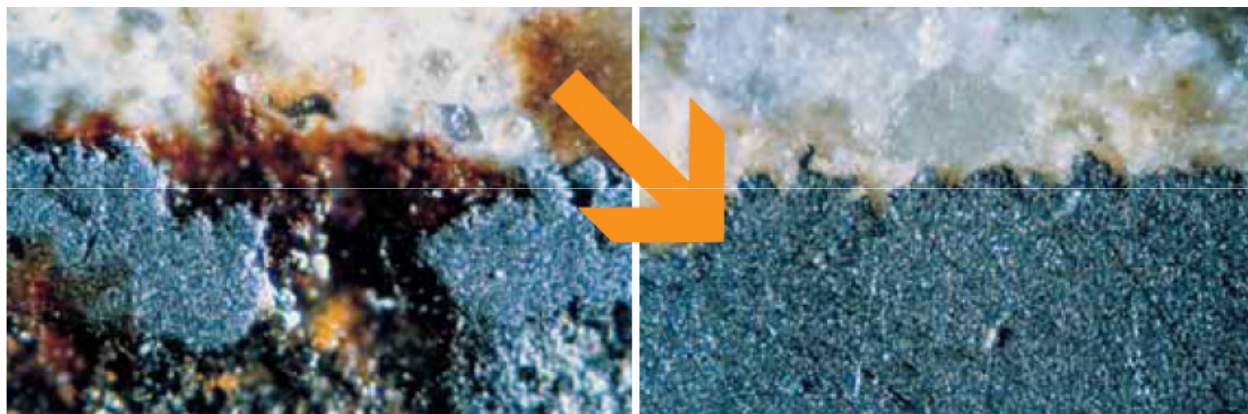
INNOVAZIONE
sin dagli anni '80

Multiple Corrosion Inhibiting Synergies - Sinergie Multiple Anticorrosione per la Protezione ed Inibizione della Corrosione dei cls armati... L'esperienza ultra trentennale su Calcestruzzi Anticorrosione MuCis®, Riparazioni Anticorrosione MuCis®, Protezioni Anticorrosione MuCis®, con monitoraggi attestanti il blocco della corrosione dei ferri d'armatura, ha consentito di conseguire prestigiosi AWARDS Internazionali e consente oggi l'applicazione di tecnologie anticorrosione innovative e collaudate nella durabilità



SISTEMI DI RIPARAZIONE AD ALTISSIMA DURABILITA'

A 140 ingr. la barra d'acciaio protetta con il sistema anticorrosione **MuCis**[®] si presenta perfettamente conservata



INIBITORI DI
CORROSIONE



Sin dall'anno 1990 il reparto Ricerca e Sviluppo di Tecnochem Italiana realizza la nuova generazione di inibitori di corrosione migratori e di contatto nonché innovativi sistemi di protezione del cemento armato, racchiudendo queste tecnologie esclusive nel marchio **MuCis**[®] **la sinergia multiple di inibizione della corrosione nei calcestruzzi armati.**



PONTE SUL FIUME PO

*Autostrada del Brennero (Verona-
Modena)*

1995 – 99

Struttura in calcestruzzo armato fortemente deteriorata principalmente come conseguenza della corrosione ed espansione dirompente delle barre d'acciaio a causa dell'aggressione da sali decongelanti e carbonatazione. Deterioramento fisico/meccanico delle pile immerse nelle acque del fiume.

BS 91 ANCORA ARC : betoncino colabile ad alta resistenza chimica

Res.compressione 90 MPa; Res. flessotrazione 11 Mpa; M.E. 32.000 MPa

LAVORI IN CORSO



Un palo durante la fase di ripristino.

l'interno e evita, peraltro, l'inscarsarsi di fenomeni di carbonatazione, poiché lo spessore applicato è comparabile a un rivestimento di calcestruzzo di 40 cm in quanto presenta un'elevata resistenza alla diffusione di anidride carbonica.

LA PROTEZIONE DEI PALI E I LAVORI SUBACQUEI

Come già sottolineato, gli elementi più esposti agli effetti diretti dello scorrere del corso d'acqua risultavano i pali in corrispondenza del bagnasciuga, in quanto le variazioni delle condizioni di umidità e gli effetti degli urti di tronchi e di altri detriti trasportati dal fiume avevano nel tempo creato evidenti condizioni di ammaloramento. In particolare, nei

primi due pali di ogni pila del lato a monte corrente si erano riscontrati gli effetti più pesanti dei danni di natura meccanica provocati dal trascinarsi di detriti. Lo stato di cattiva conservazione risultava evidente anche da un'analisi superficiale dei manufatti, che presentavano chiari segni di carbonatazione, e dalla pressoché totale corrosione del lamierino posto originariamente a protezione del calcestruzzo. L'intervento ha quindi implicato che si procedesse innanzitutto all'asportazione del lamierino esistente, e successivamente alla individuazione delle aree dove esistevano ancora concrezioni bentonitiche resistenti alle fasi costruttive e di tutte le altre aree ammalorate. Dopo avere scarificato e ripri-

stabilito un corso d'acqua quale il più grande fiume d'Italia. I lavori, in fase di pieno svolgimento al momento della nostra visita in cantiere, sono espletati dalla Bonatti S.p.A., impresa che può vantare una considerevole esperienza nel campo dei ripristini e che ha già operato con successo in diverse tratte autostradali, fra le quali la stessa A22. L'estensione dell'opera permette che le varie fasi dell'intervento si possano svolgere contemporaneamente in diverse zone, con progressione dal lato della spalla in direzione Mantova verso quello della

fibrorinforzata, le cui caratteristiche tratteremo di seguito. Grazie alla presenza al suo interno di fibre il prodotto non necessita di rete elettrosaldata, e ciò rende più veloci le fasi di posa e incide positivamente sulla tempistica e l'organizzazione stessa del cantiere. La malta viene applicata in rapida successione di strati di 10-20 mm e rifinita con un ultimo strato di rasatura, che permette di raggiungere il livello di completamento. Come previsto in sede di progetto, la malta additivata con polimeri impiegata è additivata con un inibitore di corrosione che agisce in modo attivo contro l'insorgere di tale fenomeno. La fase finale dell'intervento implica la sabbiatura di tutto l'impalcato (sia le parti su cui si è intervenuti sia quelle che non sono state oggetto del ripristino perché in buono stato di conservazione) e quindi la riverniciatura mediante l'applicazione di primer e di una speciale vernice metacrilica in solvente in dosaggio di 0,400-0,600 gr/m². La vernice, già utilizzata dalla società in altri interventi, presenta caratteristiche di impermeabilità dall'esterno e traspirazione dal-



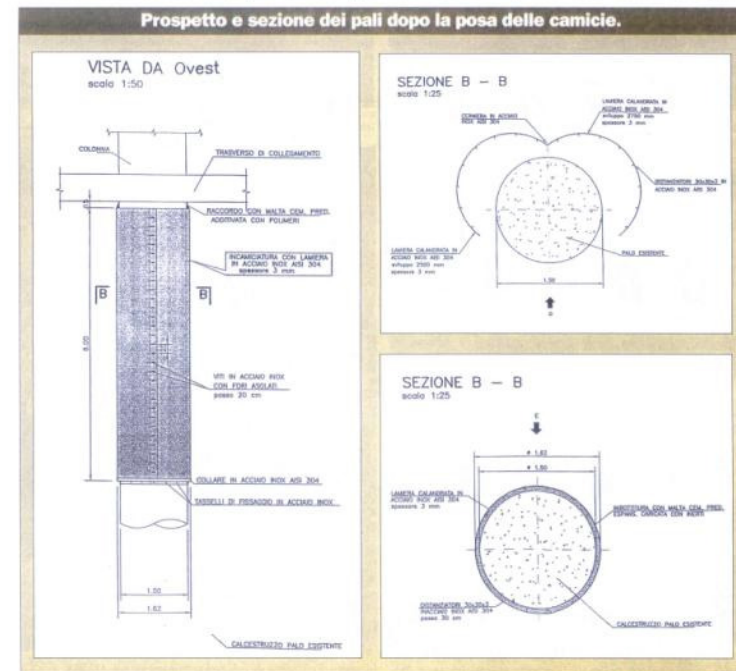
Le cornici di protezione dei pali, realizzate in acciaio inox AISI 304.

LAVORI IN CORSO

stinato tutte le parti ammalorate, secondo le modalità adottate per gli altri elementi strutturali del ponte, si è provveduto a ripulire la zona di fondale intorno ai pali dall'accumulo di detriti con l'impiego di un escavatore a funi collocato su pontone. L'operazione si è sempre dimostrata necessaria per tutti i pali già ripristinati, in quanto la quantità di detriti (in alcuni casi diverse tonnellate di materiale) avrebbe reso difficili o impossibili le operazioni di sostituzione del lamierino. Il ripristino della protezione metallica è avvenuto grazie all'incamiciatura della pila con elementi realizzati in acciaio inox AISI 304. L'operazione, laddove già eseguita, è risultata complessa, in quanto si sono dovuti sollevare i due semi-cilindri costituenti la camicia per mezzo dell'escavatore a funi, e quindi calarli in acqua,

dove una squadra di sommozzatori ha provveduto al loro accoppiamento mediante seraggi che, unitamente a un sistema di tenditori, conseguono la necessaria tenuta meccanica del sistema. I sommozzatori quindi provvedono alla sigillatura di tutte le fessure e i giunti dell'incamiciatura con uno speciale stucco epossidico subacqueo in grado di raggiungere piena maturazione anche in presenza d'acqua. Re-

sa stagna la camicia, si provvede quindi al pompaggio di una speciale malta cementizia espansiva nell'intercapedine tra palo e camicia, il cui getto avviene con il sistema del tubo - getto appoggiato sul fondello dell'incamiciatura. Con questo sistema la malta, nel risalire, provoca la fuoriuscita dell'acqua residua, garantendone la totale assenza nell'intercapedine. Nella parte superiore la camicia viene quindi



BS 39 Malta Polimero Modificata con Inibitori di Corrosione Organici
M.E. 22000 : 28000 MPa; Res. compressione 55 Mpa ; Res. flessotrazione 11 Mpa

R

IRPRISTINO ■ I lavori di manutenzione del ponte sul fiume Po dell'Autostrada del Brennero rappresentano un buon esempio di intervento ordinario programmato. Le metodiche di analisi dello stato del calcestruzzo, e l'applicazione di malte speciali, sottolineano come il ripristino possa essere un'occasione per incidere sulla durabilità delle opere.

Ripristinare per la durabilità

Testo e fotografie di LUCIO GAROFALO

Il Ponte sul fiume Po è senza dubbio una delle opere di maggior rilievo dell'Autostrada del Brennero (A22) che,

variabile, sorreggono per mezzo di selle Gerber le trave. Le pile sono costituite, per ciascuna carreggiata, da due travi a cassone, da 6 colonne a sezione circolare di diametro di 1,50 m connesse da un traverso di collegamen-

mentale delle pile, travi degli impalcati), e l'altra alla sistemazione dell'estradosso del ponte (soletta, cordoli, sicurvial). Dalle prove in situ (pull-out, sclerometriche, sonda di Windsor, fenoltaleina) e dal-

con un tracciato di 313 chilometri, collega Modena al confine di Stato.

Costruita alla fine degli anni Sessanta l'opera, che misura 982,40 m, attraversa il corso d'acqua in corrispondenza delle frazioni di San Nicolò e di Portofino, situate nella Provincia di Mantova. Il ponte si articola in 14 campate a luce (asse/pila) di 72,80 m - di cui due sulla golenà in destra orografica, 5 sull'alveo del fiume, e 7 sulla golenà in sinistra.

L'opera è costituita da travate isostatiche e dalla sovrastruttura delle pile, formata da travi a cassone che, configurandosi nella loro parte terminale in mensole ad altezza

to, e da 6 pali trivellati del diametro di 1.500 mm e della lunghezza di 43/45 m.

IL RILIEVO-DIAGNOSI DEGLI AMMALORAMENTI

Come riferiti dall'Ingegnere Giuseppe Andreani dell'Ufficio Tecnico dell'Autostrada del Brennero, lo stato di degrado della struttura è stato delineato sulla base dei dati raccolti nel corso delle ispezioni effettuate sull'opera.

Dalle indagini si rilevarono diversi ordini di problemi, cui si sarebbe potuto rimedio con interventi divisibili in due fasi distinte: l'una tesa al ripristino delle strutture di intradosso (pali, colonne,



Anche le pile presentavano segni di ammaloramento.

LAVORI IN CORSO



I tubetti volavolo utilizzati per l'iniezione della resina.

sigillata per evitare la fuoriuscita della malta e le infiltrazioni d'acqua.

I LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DEI CAVI DI PRECOMPRESSIONE

Per proteggere i cavi di decompresione, risultati parzialmente cementati nel corso delle indagini effettuate durante le ispezioni, si è intervenuto adottando la tecnica dell'iniezione di resina epossidica sottovuoto.

Tutti i cavi di precompressione del ponte sono stati sistemati in almeno tre punti, ad una distanza media tra i punti di iniezione di circa 10 m.

Sulla scorta dei disegni di progetto e di rilievi con strumenti magnetici si è individuata l'esatta posizione del cavo, quindi si è proceduto facendo prima un foro del diametro di 20 mm con un trapano a due taglienti (le punte a due taglienti si bloccano al contatto del metallo della guaina) fino ad arrivare alla guaina del cavo e successivamente si è allargato il foro con una fresa del diametro di 50 mm seguendo tutte le precauzioni necessarie per evitare di danneggiare il cavo. La guaina è stata aperta con scalpello ma-

e l'altra per iniettare la resina, sigillato con stucco epossidico. Prima dell'iniezione i cavi sono stati svuotati dell'aria (e dell'eventuale acqua presente) con una particolare attrezzatura in grado di misurare anche il volume della cavità, in modo da predisporre gli esatti quantitativi di resina da iniettare. Il cavo è stato poi iniettato con resina epossidica a bassa viscosità (200 - 300 c.p.s.). Sono state effettuate circa 3800 iniezioni, con una quantità media di resina iniettata di 3 kg.

I PRODOTTI UTILIZZATI PER IL RIPRISTINO

L'entità dell'intervento e la necessità che questo incidesse sulla durabilità di tutta l'opera hanno imposto l'utilizzo di sistemi di ripristino che garantissero una protezione totale e prevenissero l'insorgere di nuovi fenomeni di ammaloramento nel tempo. Nel caso del ponte sul Po, in conformità alle specifiche di progetto, sono stati proposti dalla Bonatti, e poi qualificati dalla Direzione lavori, due tipi di malta bicom-

ponente, entrambi prodotti dalla Tecnochem: la BS-36, caratterizzata da un basso modulo elastico (6.000/ 12.000 Mpa) e la BS-39 a modulo elastico più elevato e maggiore resistenza (22.000/28.000 Mpa).

Ambedue i prodotti hanno qualità reoplastiche, antiritiro e superadesive, e hanno inoltre caratteristiche di buona permeabilità al vapore, un elevato coefficiente di resistenza all'anidride carbonica e una resistenza particolarmente elevata ai cicli gelo - disgelo. L'ottima adesione al supporto e il basso modulo elastico la hanno resa particolarmente adatta all'impiego in quanto, come già sottolineato, i carichi dinamici cui il ponte è continuamente soggetto avrebbero potuto altrimenti creare problemi di aderenza e di microfessurazioni durante la fase di posa e maturazione.

L'inibizione dalla corrosione è ottenuta grazie alla presenza nella malta di CORTEC MCI 2020, il prodotto è in grado di penetrare negli stati profondi del calcestruzzo e di andare a



L'utilizzo di posavivoli semoventi ha consentito l'ingombro minimo della carreggiata.

BS 398 Betoncino Polimerico Fibrorinforzato

M.E. 22000 MPa; Res. compressione 55 Mpa ; Res. trazione indiretta 4 Mpa





Fibrorinforzati Bicomponenti



ASSISTENZA TECNICA

Procedure di miscelazione meccanica

REFOR-tec®

Reactive Forces Technologies

**INNOVAZIONE
sin dagli anni '90**

UHPFRCC - Ultra High performance Fiber
reinforced cementitious composites

Tecnologie innovative per microcalcestruzzi ad elevatissima resistenza, duttilità, deformabilità. Rinforzi ed adeguamenti strutturali pre e post sisma ... Ingegnerizzazione delle Forme ... Elevatissima resistenza al fuoco anche sotto carico ...

[clicca per continuare a leggere](#)

HFE-tec®

High Fracture Energy Technologies



**INNOVAZIONE
sin dagli anni '90**

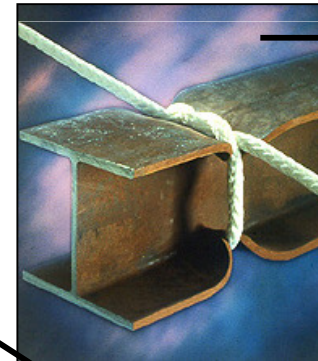
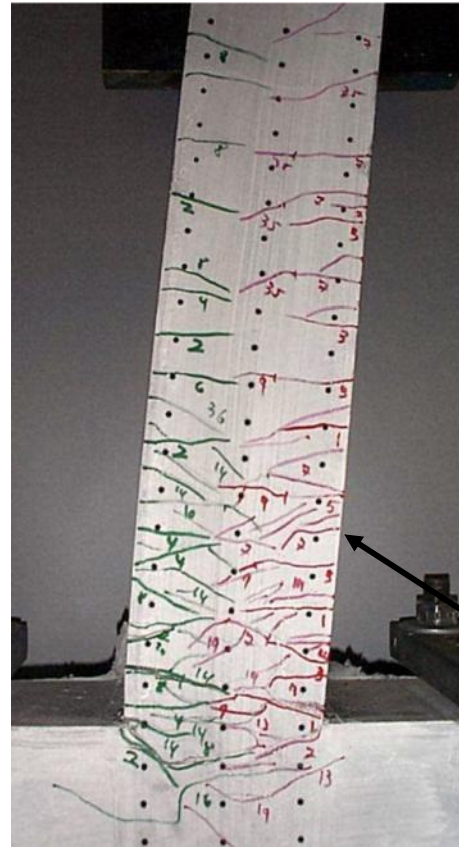
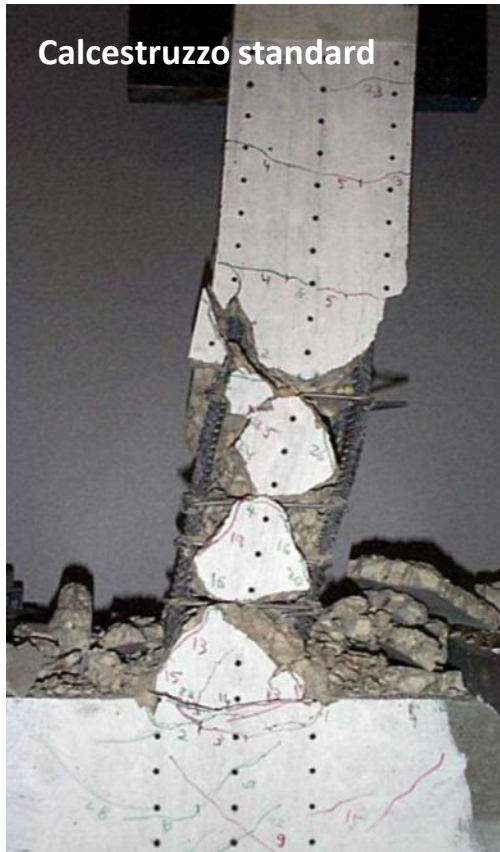
ECC – Engineered cementitious composites
HPECC MFC – High performance Engineered
cementitious composites Multiple Fine cracks

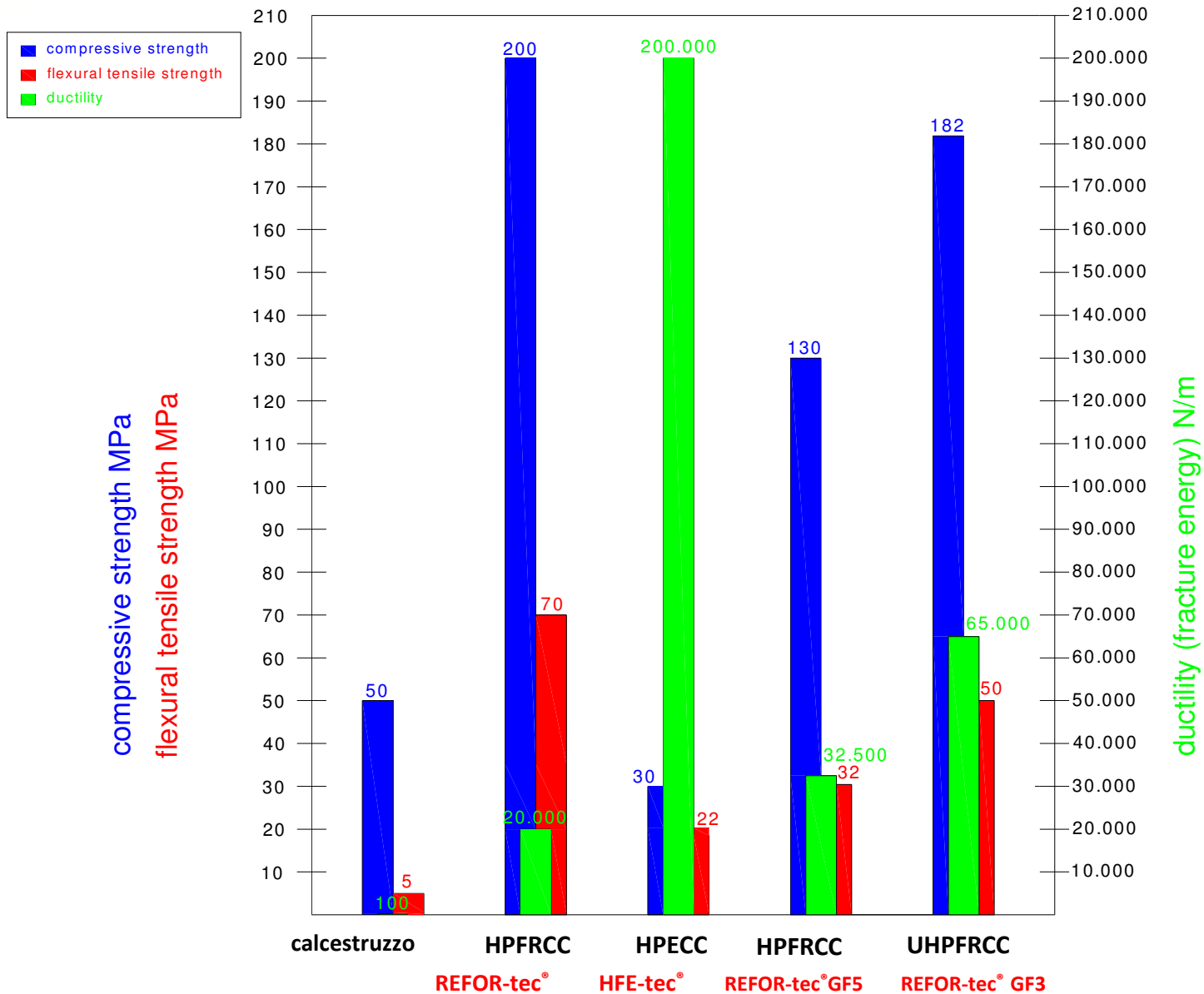
*High Fracture Energy Technologies - Prodotti e Tecnologie per
la massima DUTTILITA' nelle Costruzioni e Riparazioni... Solette
Duttili ...*

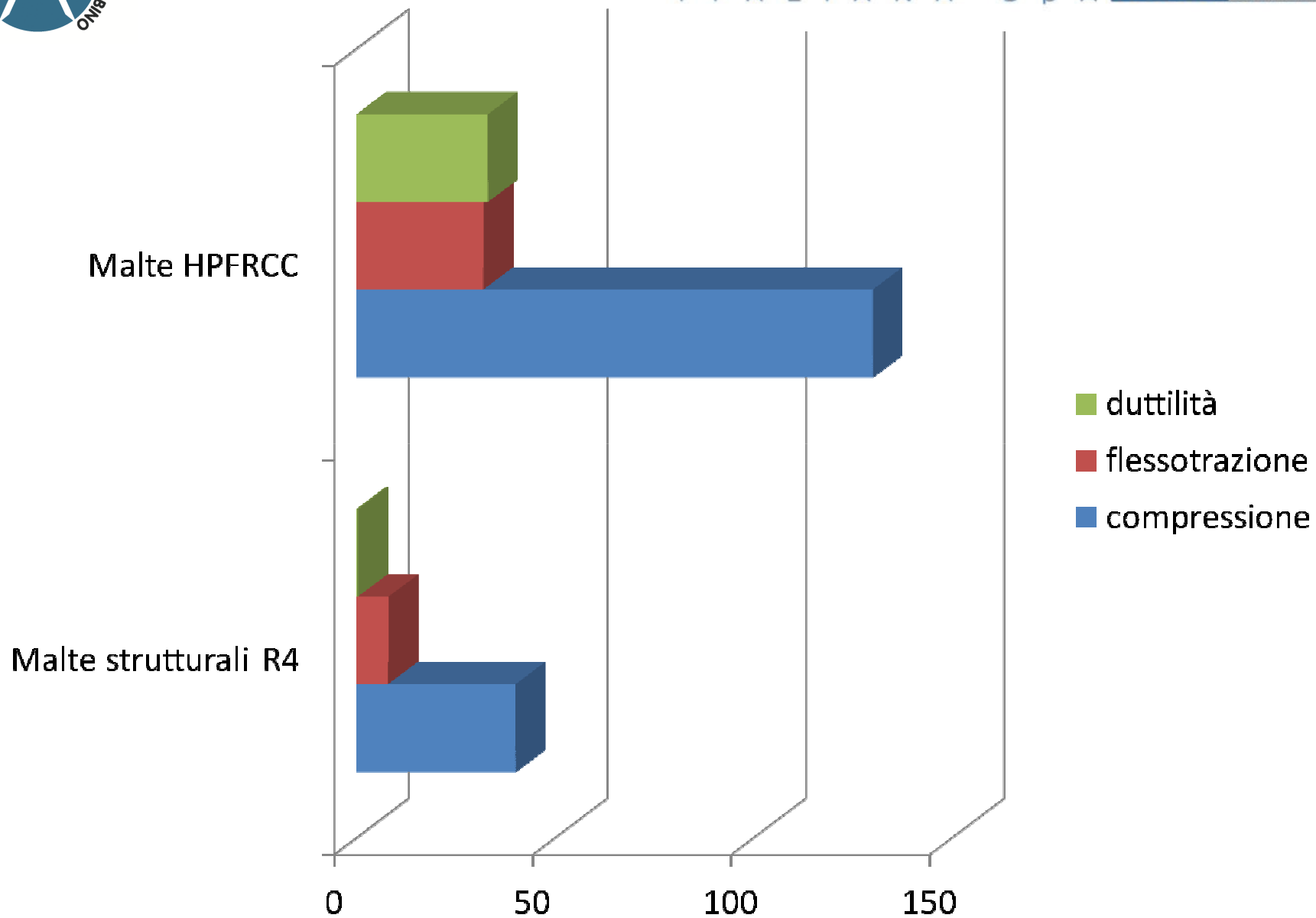
clicca per continuare a leggere

Materiali cementizi duttili

**estrema deformabilità
indotta dall'interazione
matrice - fibre
sintetiche ad altissimo
modulo**







UTILIZZO NELLE NUOVE COSTRUZIONI PONTE RIO RIDANNA

**CASSERATURA
DELLE PILE**



UTILIZZO NEL RIPRISTINO STRUTTURALE

POST SISMA



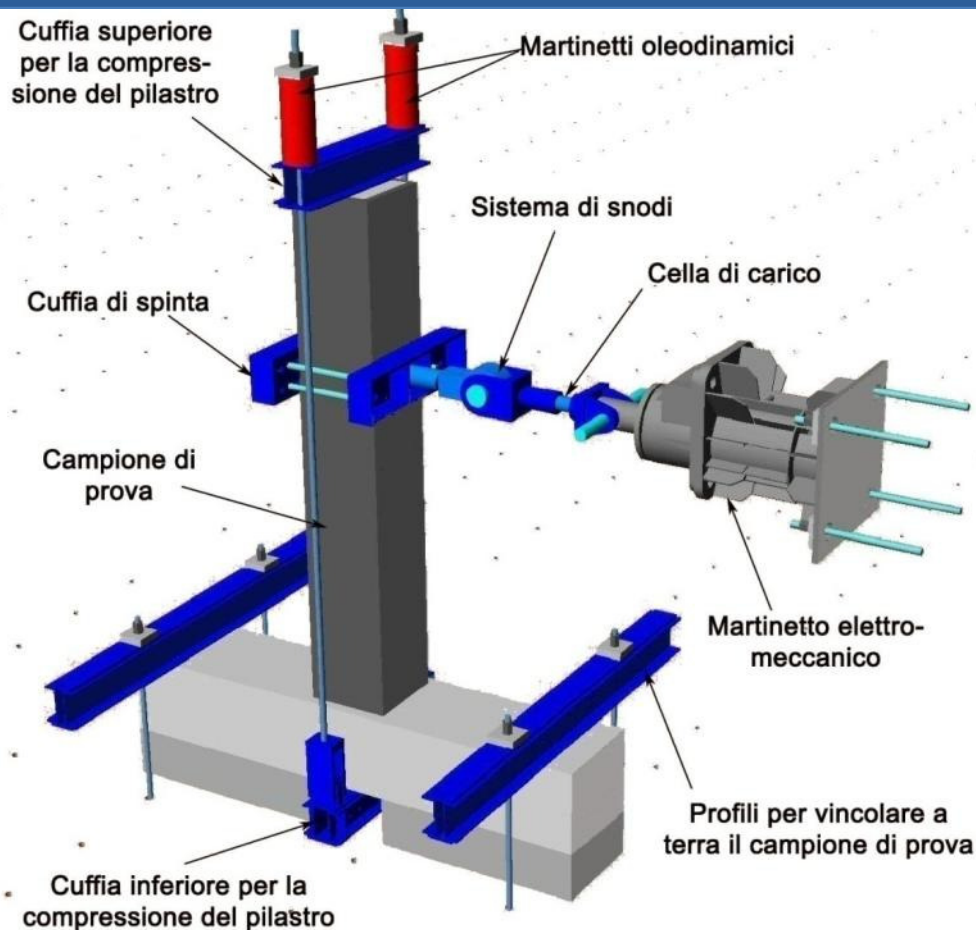
DIFETTI COSTRUTTIVI



DEGRADO

2000-2005

Si simulano situazioni reali e si approfondiscono tematiche strutturali relative alle sollecitazioni statiche e dinamiche :
UNIVERSITA' BERGAMO-BRESCIA



2005 - 2009

Si realizzano importanti cantieri.
**RINFORZI STRUTTURALI CON
MIGLIORAMENTO ED ADEGUAMENTO
SISMICO**

Incamiciatura di pilastri



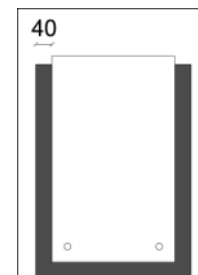
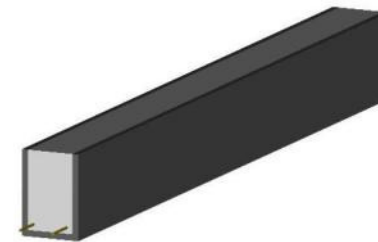
Cappa collaborante su solaio



Rinforzo di nodi strutturali



Rinforzo di travi

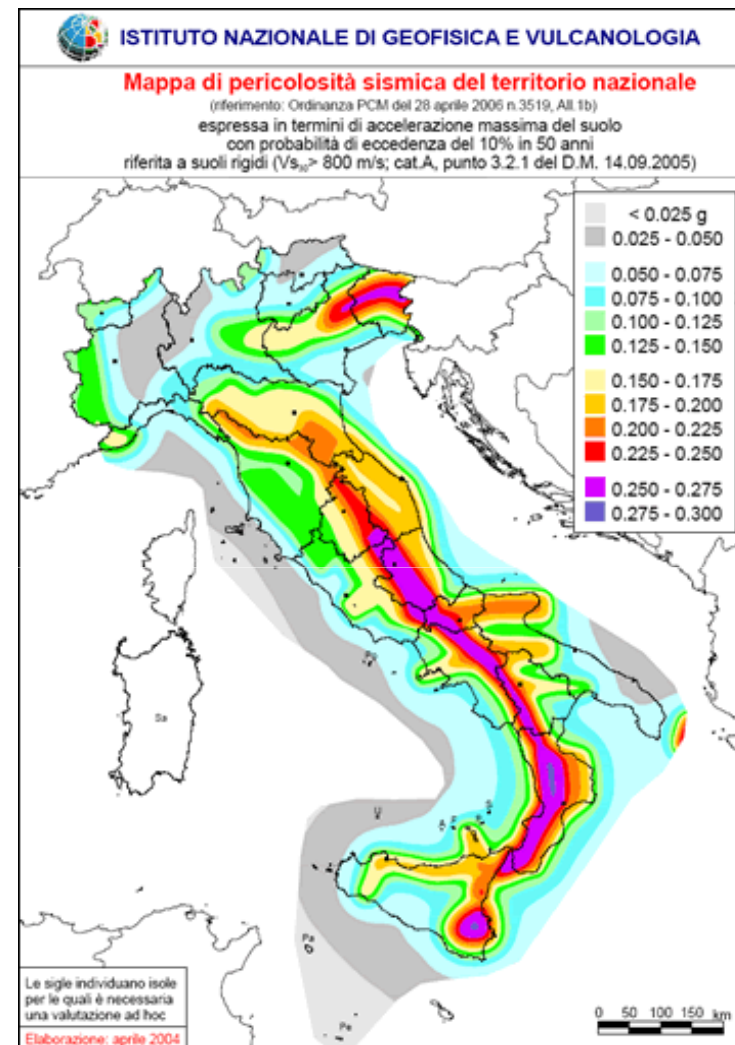
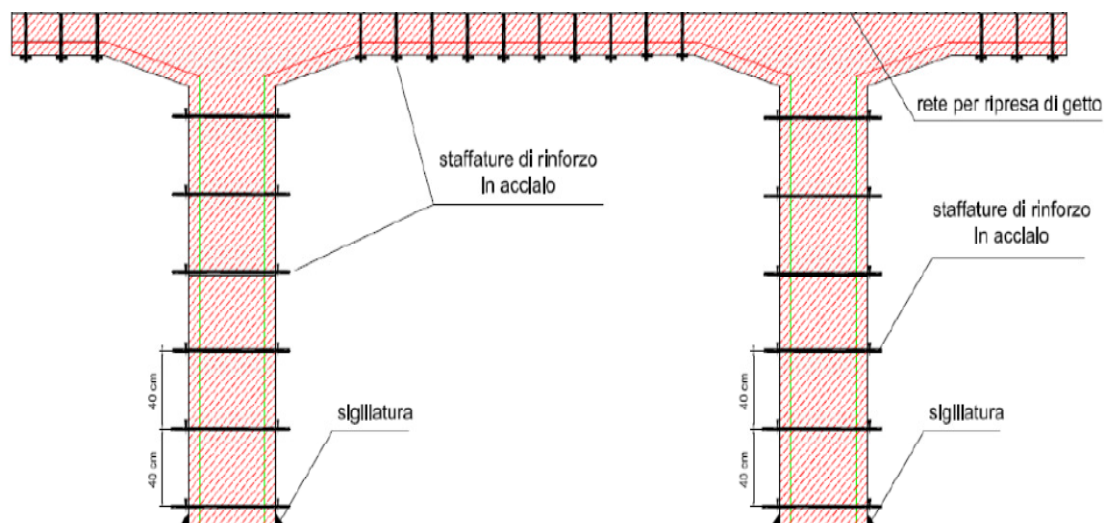


2009 - 2014

Post-sisma ABRUZZO

Post-sisma EMILIA

Si realizzano importanti ADEGUAMENTI
SISMICI mediante incamiciatura a basso
spessore di telai in c.a.



REFOR-tec® GF5 ST-HS

2009 - 2014

Post-sisma ABRUZZO

Post-sisma EMILIA

Si realizzano importanti ADEGUAMENTI
SISMICI SU EDIFICI CON DANNO
STRUTTURALE GRAVE (E)

TECNOCHEM® **TECNO ECO**
ITALIANA S.P.A. **LOGICCHEM**

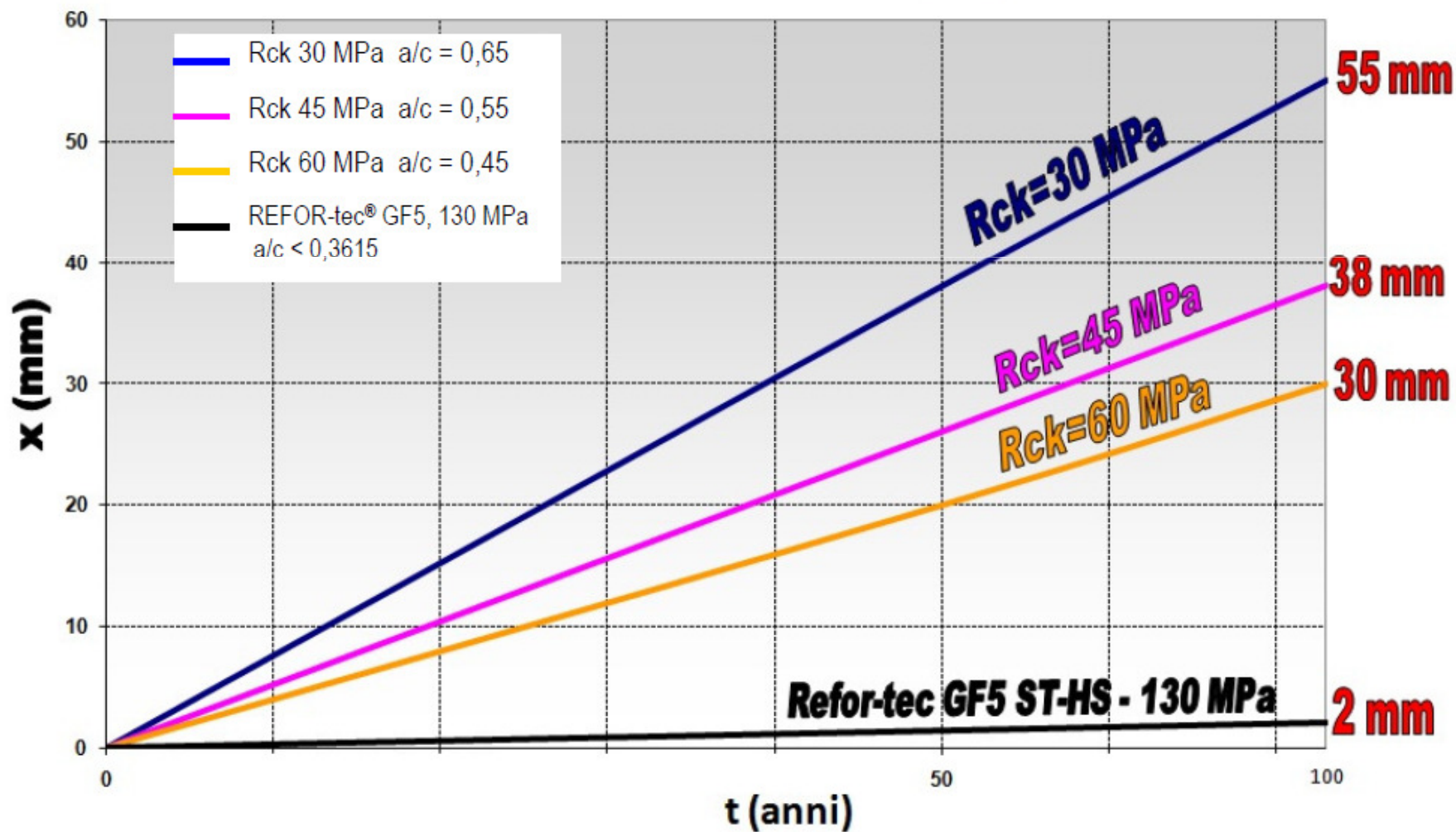


REFOR-tec® GF5 ST-HS



2010 – 2014 continua la ricerca nel campo della DURABILITA'

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





2010 – 2014 continua la ricerca nel campo della DURABILITA'

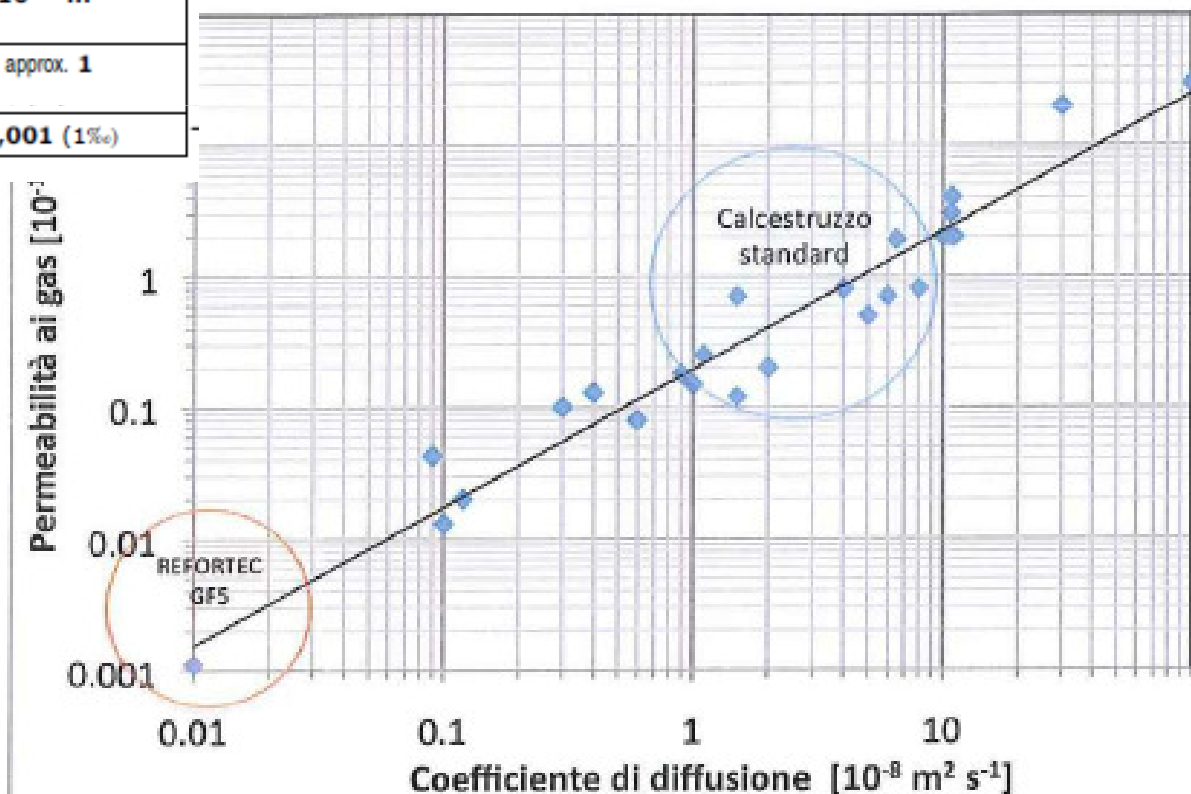
La velocità di corrosione risulta **trascurabile** quando si verifica anche solo una delle seguenti condizioni :

- 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

	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%)

**Diffusione
ossigeno e
resistività**



2010 – 2014

continua la ricerca nel campo della RESISTENZA AL FUOCO

Dopo esposizione > 130'

1000 °C

UNIVERSITE DE LIEGE
DEPARTEMENT ArGenCo
LABORATOIRE D'ESSAIS AU FEU

Rapport d'essai EF/FH/1231

Figure 9 : Face non exposée au feu au temps 105 minutes



REFOR-tec[®] GF5 ST-HS

