

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

*“Rinforzo strutturale, adeguamento sismico, resistenza al fuoco con REFOR-tec[®]:
evidenze prestazionali ed applicative su pilastri, travi, nodi e solai”*

Ing. Stefano Maringoni (TECNOCHEM ITALIANA S.p.A.)

Pesaro, 16 maggio 2013

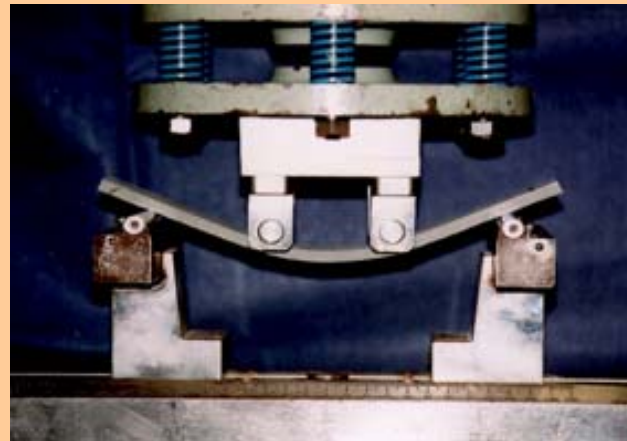
Due diverse tipologie di calcestruzzi fibrorinforzati

ad elevatissima
resistenza



HPFRC
High Performance
Fiber Reinforced
Concretes

ad elevata duttilità

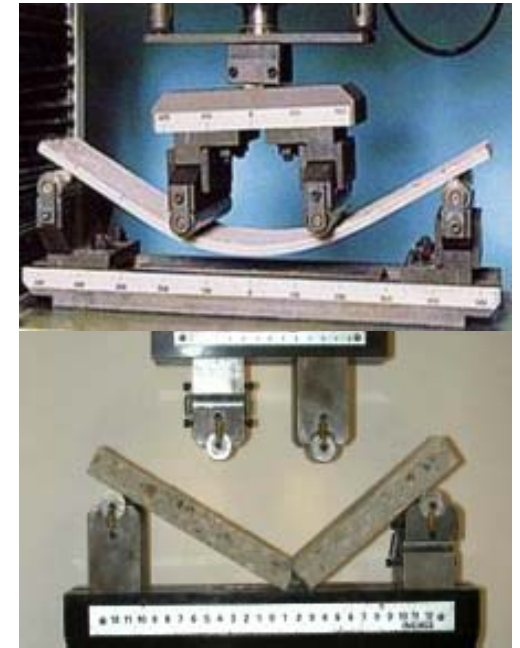


SHCC
Strain Hardening
Cementitious
Composites

... DUTTILITA' o CAPACITA' DEFORMATIVA

- di una struttura

è la capacità della stessa di assorbire deformazioni senza arrivare al collasso

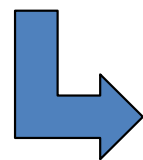


... DUTTILITÀ o CAPACITA' DEFORMATIVA

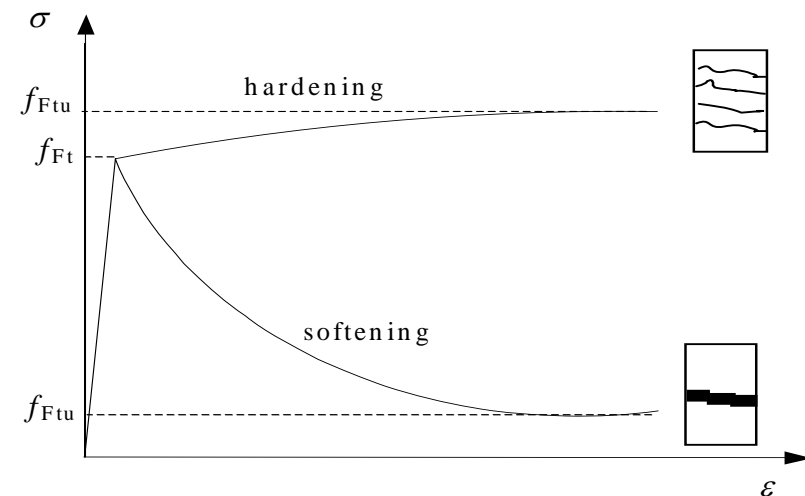
- di un materiale

è la capacità del materiale di deformarsi in una zona definita (localizzabile) senza fratturarsi in modo incontrollato

- acciai
- materiali cementizi?



Refor-tec[®]
HPFRC





Confronto tra le proprietà fisico-meccaniche

	Cls standard	Refor-tec [®] HPFRC UHPFRCC
Modulo elastico [GPa]	30-35	40 - 50
Resistenza a compressione [MPa]	30-50	150 - 280
Resistenza a trazione a rottura [MPa]	2	8 - 12
Resistenza flessotrazione a rottura [MPa]	5	40 - 80
Duttilità – Energia di frattura (N/m)	Bassa -100	Buona – 15000/25000
Deformazione a rottura (trazione uniassiale diretta)	0.01 %	1 %

100 volte

Nota:

- **HPFRC** – High Performance Fiber Reinforced Concretes
- **UHPFRCC** – Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites
- **SHCC** – Strain Hardening Cementitious Composites
- **ECC** – Engineered Cementitious Composites

IN ITALIA...

Il D.M. 14 gennaio 2008, al paragrafo 8.6, relativo ai **Materiali, definisce:**” *Gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con i materiali previsti dalle presenti norme; possono altresì essere utilizzati materiali non tradizionali purché nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità, ovvero quelli elencati al cap.12*”. Al paragrafo 12, vengono, tra le altre, citate *“Le Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.)”* che possono quindi essere utilizzati come riferimento.

**PROGETTAZIONE, ESECUZIONE E CONTROLLO DI
STRUTTURE IN CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO
SECONDO CNR DT 204/2006**

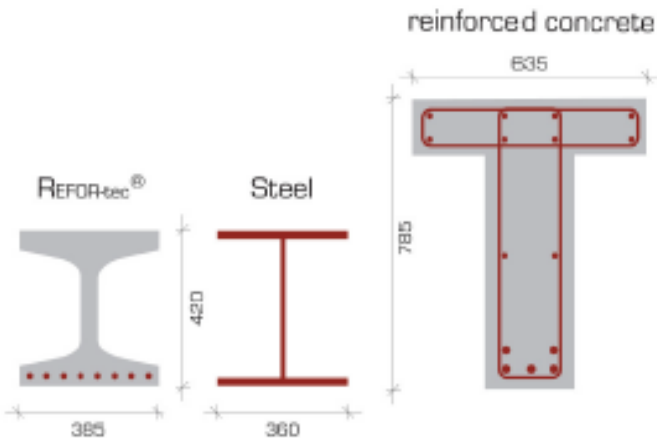
REFOR-tec®

Reactive Forces Technologies

- Elementi strutturali leggeri
- Elementi architettonici leggeri
- Ingegnerizzazione delle forme
- Rinforzi strutturali
- Incamiciatura di pilastri e travi
- Nodi strutturali
- Cappe collaboranti su solai cls, latero-cemento, legno
- Adeguamenti e miglioramenti strutturali pre e post sisma
- Resistenza al fuoco
- Rigidezza e duttilità
- Resistenza agli urti - Resistenza alle esplosioni

HPFRC High Performance Fiber Reinforced Concretes

UHPFRC Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites



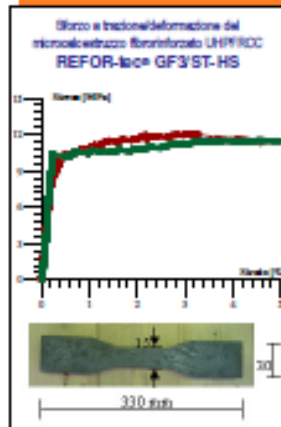
RINFORZO DI PILASTRI



RINFORZO DI TRAVI



RINFORZO DI SOLAI SU LEGNO



technology

CHEM®
N A S P A

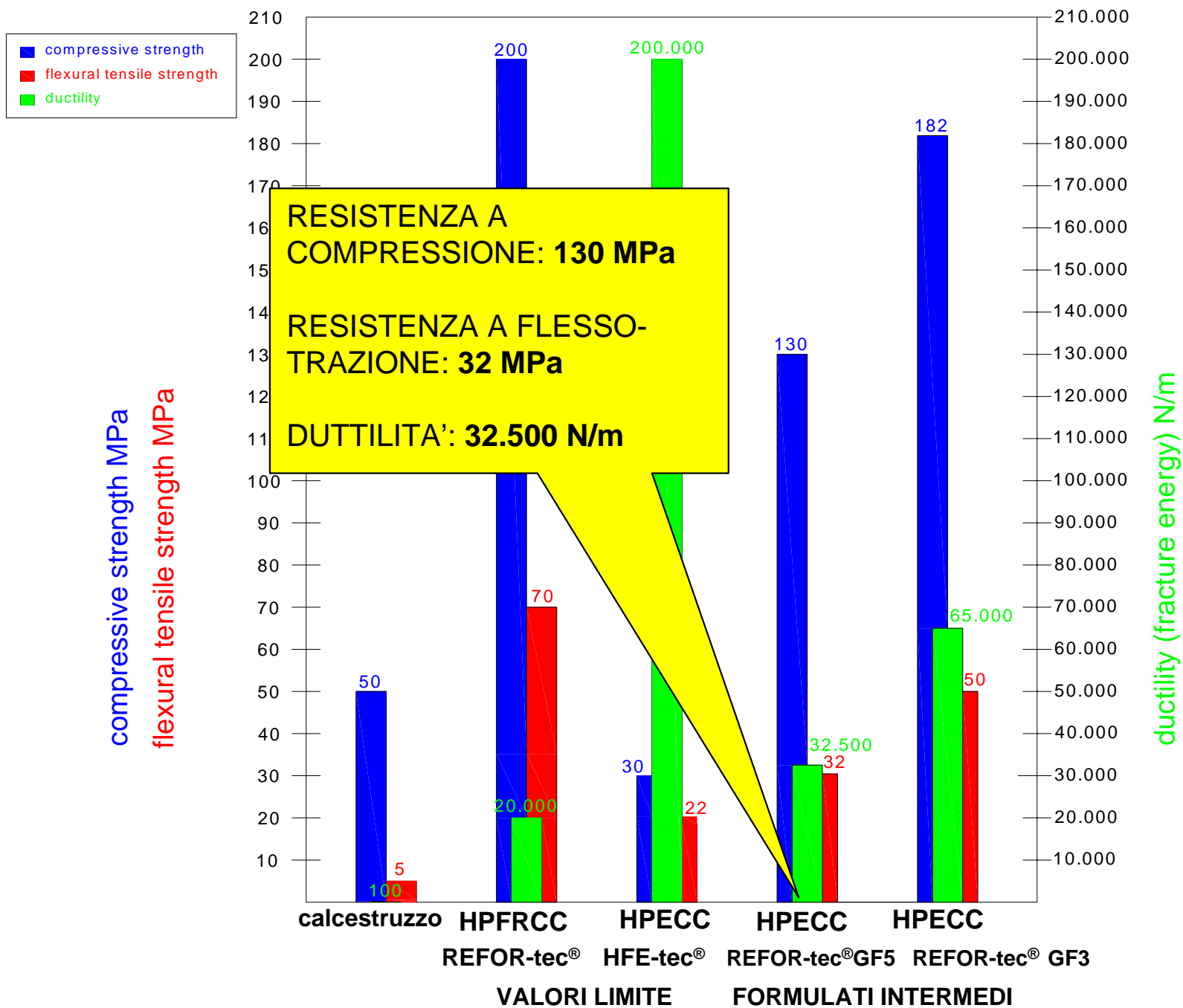
MICROCALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI HPFRC

rinforzo strutturale
e adeguamento
sismico di strutture

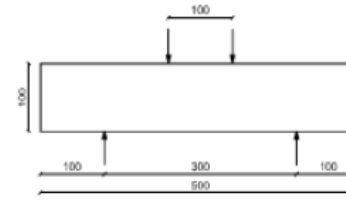
TECNOCHEM®

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

info@tecnocem.it - www.tecnocem.it

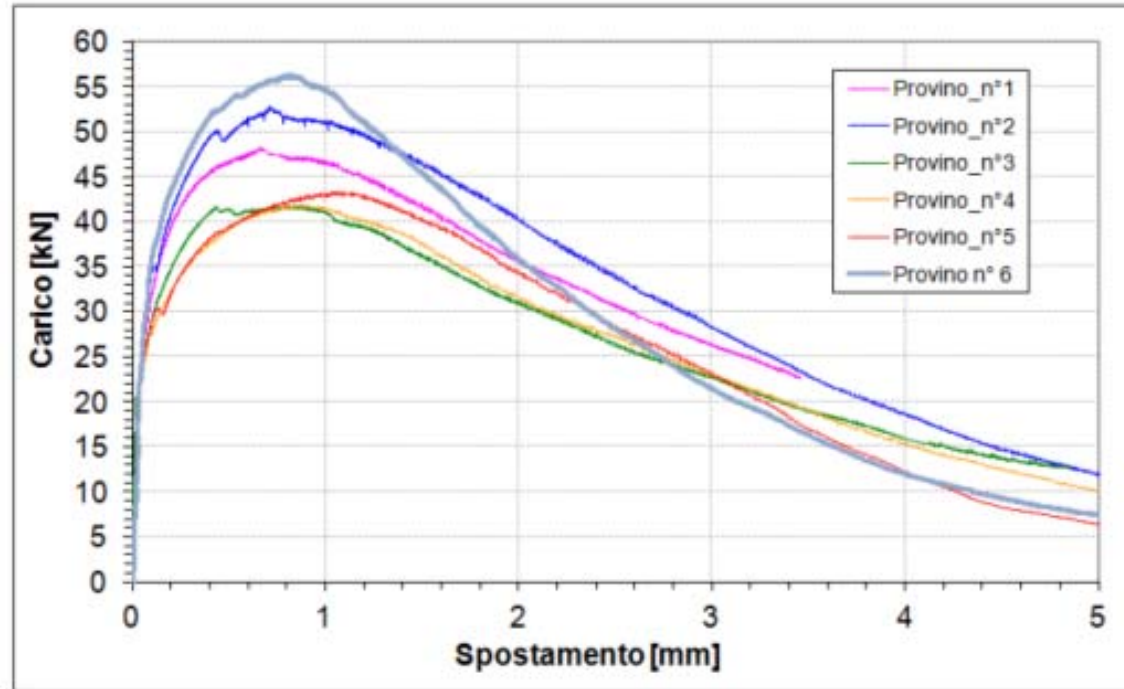


Le prove di flessione su quattro punti sono eseguite su provini di dimensioni 100 x 100 x 500 mm. La strumentazione consiste in una cella di carico e in due trasduttori LVDT per la misura dello spostamento in mezzaria su fronte e retro del provino. Le prove sono eseguite in controllo di spostamento ad una velocità costante di 0.01 mm/s. La geometria e lo schema di carico dei provini è riportato in figura seguente.

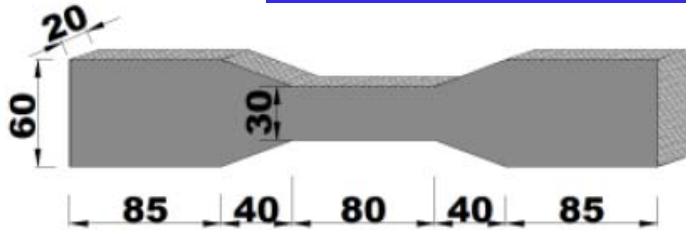


PROVE A FLESSOTRAZIONE SU PRISMI 10X10X50 CM

REFOR-tec® GF5/ST-HS scadenza 28 gg.	Carico massimo	Carico di prima fessurazione	Resistenza a flessione di picco	Resistenza a flessione di prima fessurazione	Resistenza a trazione di picco	Resistenza a trazione di prima fessurazione	Resistenza a compressione
	P_{max}	P_{1f}	f_{max}	f_{1f}	$f_{t,max}$	$f_{t,1f}$	
	[kN]	[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[MPa]
1	48.26	23.84	14.48	7.15	9.67	4.81	128.0
2	52.79	20.17	15.84	6.05	10.57	4.04	132.3
3	41.75	21.65	12.53	6.50	8.36	4.34	129.5
4	41.92	24.09	12.57	7.23	8.4	4.83	136.0
5	43.37	23.67	13.03	7.10	8.70	4.74	133
6	56.29	29.24	16.89	8.77	11.28	5.86	145.0



PROVE A TRAZIONE DIRETTA SU OSSO DI CANE

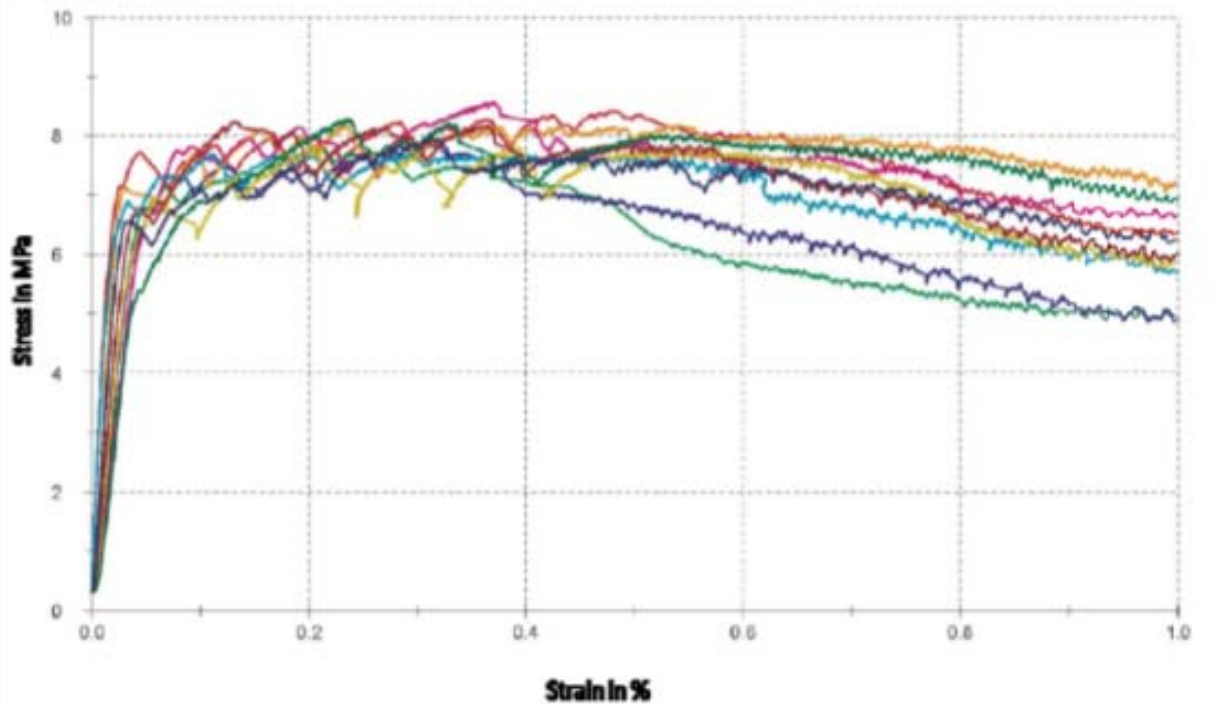


Results:

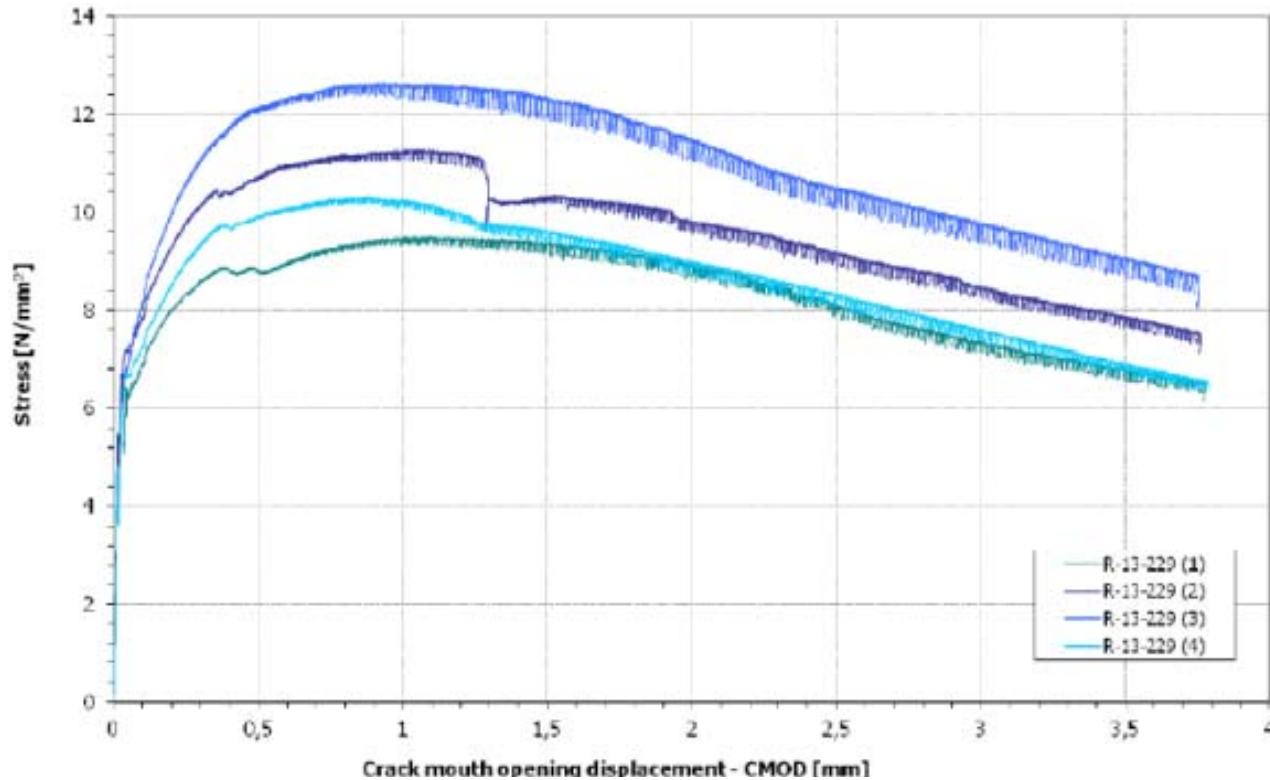
Legende	Nr	Sample name	a ₀ mm	b ₀ mm	S ₀ mm ²	L _e mm	R _{low} MPa	R _{high} MPa	m _E MPa	F _m N	R _m MPa	Remarks
	1	1A	20.87	29.65	618.80	90.0	1.8	3.8	41310	5213	8.42	Test o.K.
	2	2A	21.39	30.31	648.33	90.0	2.2	3.8	24917	5048	7.79	Test o.K.
	3	3A	21.18	30.11	637.73	90.0	2.2	3.8	20560	5006	7.85	Test o.K.
	4	4A	21.20	30.26	641.51	90.0	1.8	3.8	32341	5245	8.18	Test o.K.
	5	5A	21.42	30.04	643.46	90.0	1.8	4.0	17225	5508	8.56	Test o.K.
	6	6A	20.76	30.20	626.95	90.0	2.2	3.8	36824	4817	7.68	Test o.K.
	7	7A	20.74	30.25	627.39	90.0	1.5	3.0	20910	4901	7.81	Test o.K.
	8	8A	21.40	30.75	658.05	90.0	1.5	3.5	23122	5420	8.24	Test o.K.
	9	9A	20.69	30.03	621.32	90.0	2.2	3.8	17703	5147	8.28	Test o.K.
	10	10A	21.25	30.66	651.53	90.0	1.8	3.8	27438	5192	7.97	Test o.K.



Diagram-over view:

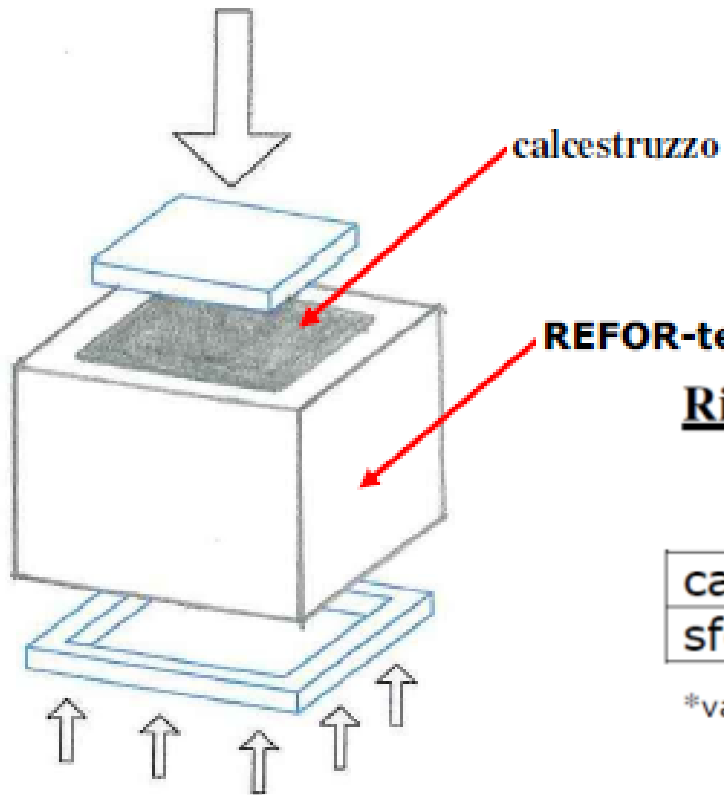


THREE POINT BENDING TEST REPORT – UNI EN 14651



Id. Code	Date of manufacture	Date of testing	F_L	$f_{ct,L}$	$f_{R,1}$	$f_{R,2}$	$f_{R,3}$	$f_{R,4}$
			[kN]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]	[N/mm ²]
R-13-229 (1)	16/12/13	18/02/14	20.22	6.47	8.79	9.30	8.06	6.80
R-13-229 (2)	16/12/13	18/02/14	22.52	7.21	10.71	10.33	8.91	7.87
R-13-229 (3)	16/12/13	18/02/14	21.66	6.93	12.15	11.98	10.48	9.04
R-13-229 (4)	16/12/13	18/02/14	20.96	6.71	9.92	9.62	8.35	6.92

F_L Load corresponding to the LOP
 CMOD Crack mouth opening displacement – CMOD (mm)
 $F_{ct,L}$ LOP – limit of proportionality (maximum stress value in the range 0 - 0,05 mm)
 $f_{R,1}$ Residual flexural tensile strength corresponding with CMOD1 (0,5 mm)
 $f_{R,2}$ Residual flexural tensile strength corresponding with CMOD2 (1,5 mm)
 $f_{R,3}$ Residual flexural tensile strength corresponding with CMOD3 (2,5 mm)
 $f_{R,4}$ Residual flexural tensile strength corresponding with CMOD4 (3,5 mm)



Prove di aderenza

Risultati della prova :

	Provino sabbaiato	Provino idroscarificato
carico di rottura medio* :	347,1 kN	535,5 kN
sforzo di taglio medio :	3,86 MPa	5,95 MPa

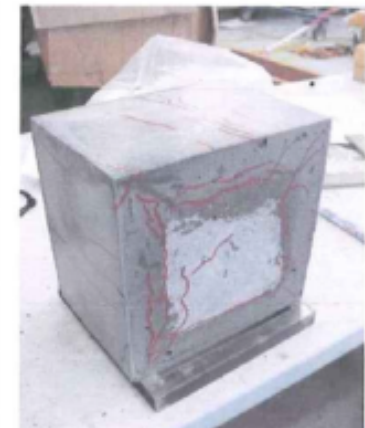
*valore medio ottenuto da una campagna sperimentale su un campione di 50 provini



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

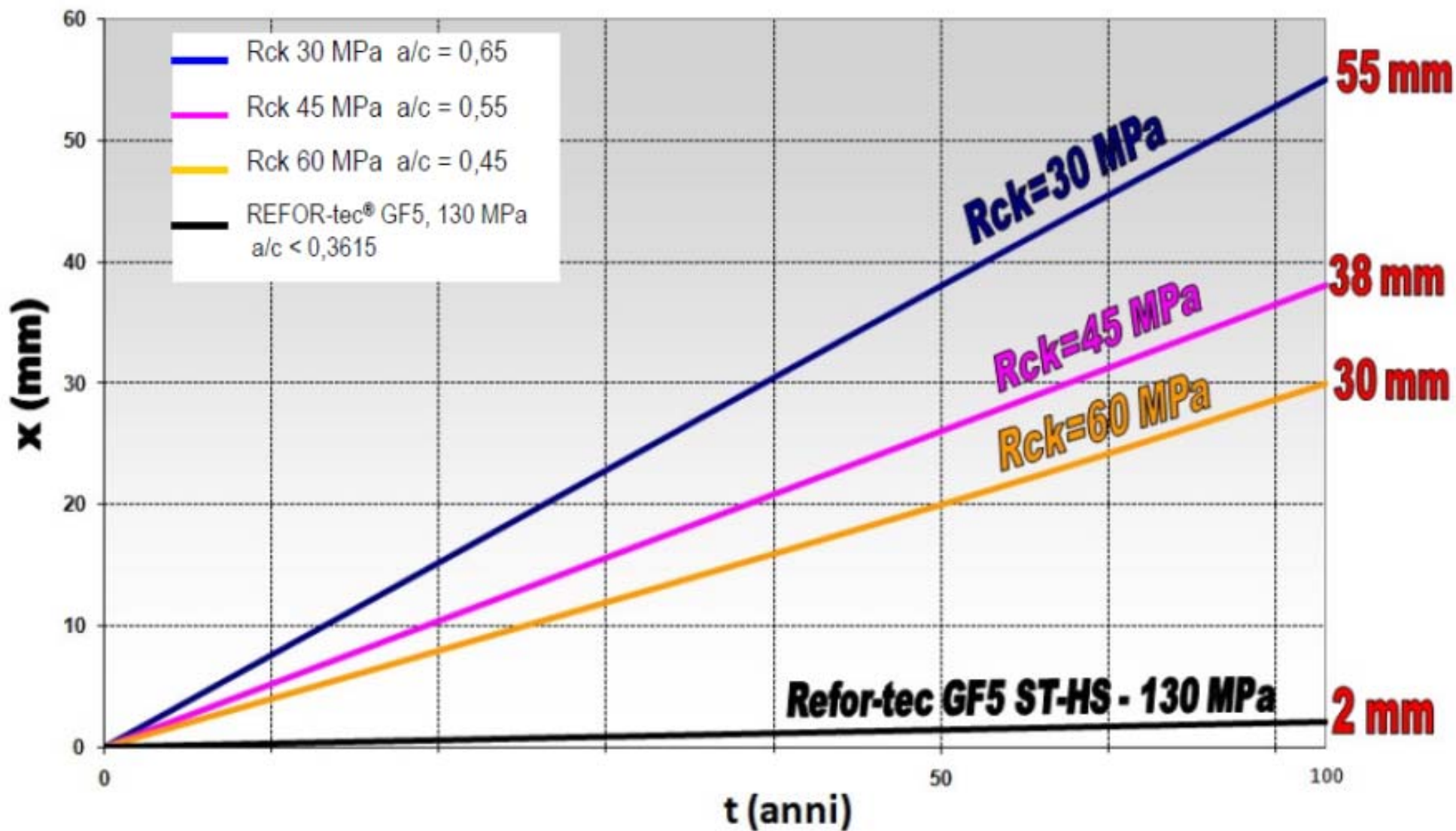


Metodo di prova :
compressione sul cubetto cls
con cornice metallica inferiore
a supporto della camicia
REFOR-tec[®]



Provino al termine della prova
di aderenza a taglio

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



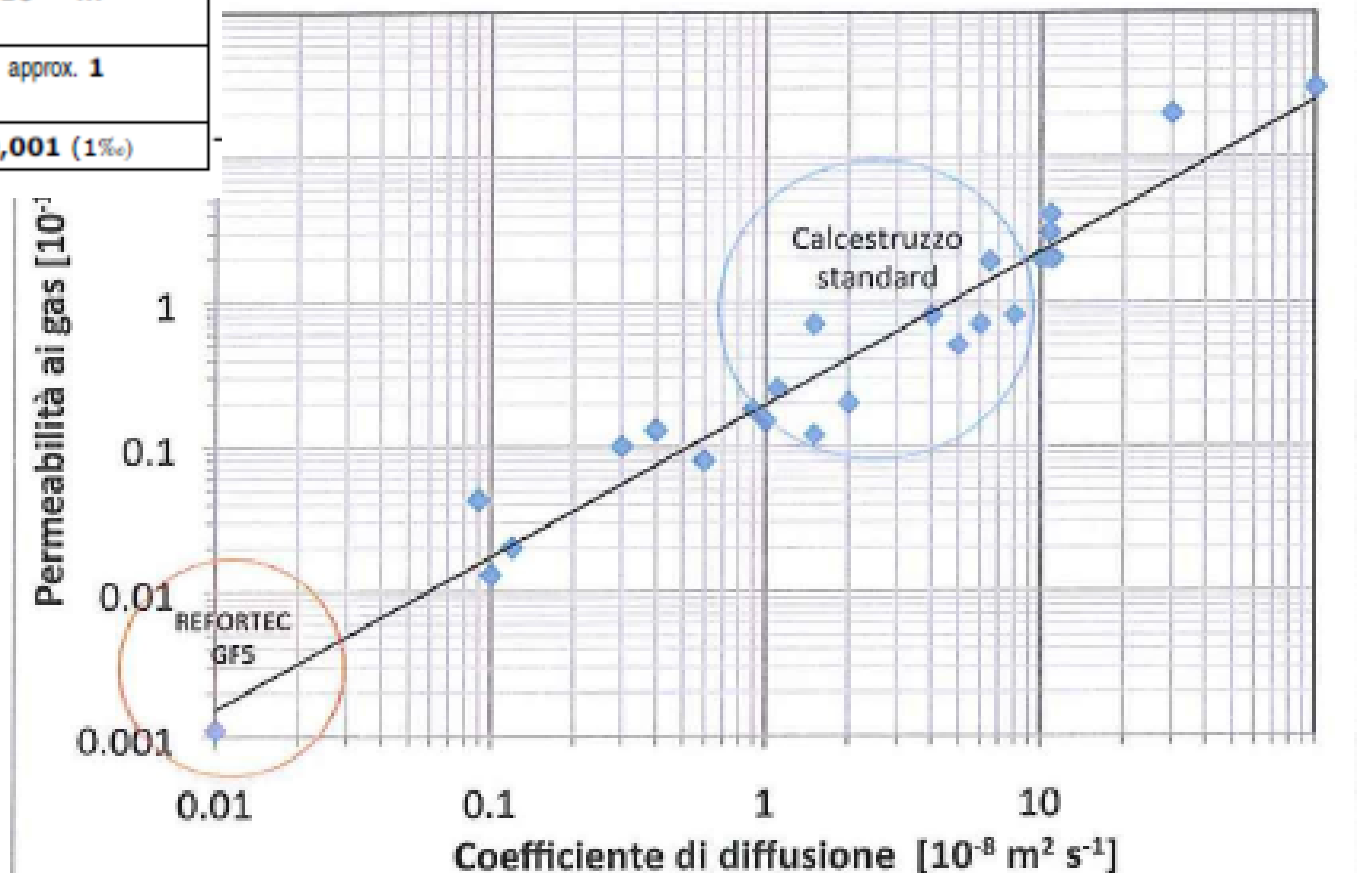
La velocità di corrosione risulta **trascurabile** quando si verifica anche solo una delle seguenti condizioni :

- 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** =
 $< 1 \mu\text{m} / \text{anno} =$
 $< 1 \text{ mm} / 1000 \text{ anni}$

	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**

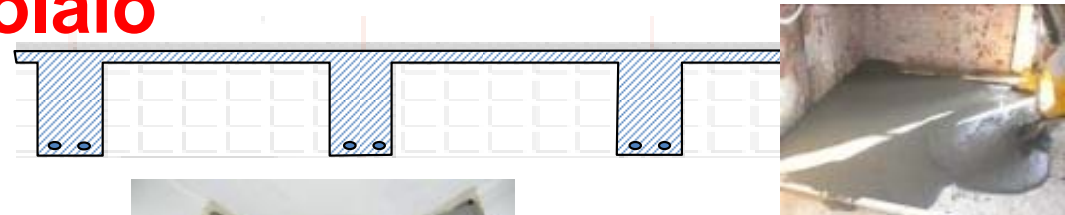


APPLICAZIONI TIPICHE

Incamicatura di pilastri



Cappa collaborante su solaio



Rinforzo di nodi strutturali



Rinforzo di travi





1



2



3

MISCELAZIONE DEI COMPONENTI CON MISCELATORE AD ASSE VERTICALE

EX MANIFATTURA TABACCHI MILANO

ANNO 1939



Oggetto:

Rinforzo strutturale e miglioramento sismico di pilastri e travi con microcalcestruzzo fibrorinforzato **UHPFRCC REFOR-tec® GF5/ST-HS – 2.000.000 kg**

Località: Milano – viale Fulvio Testi

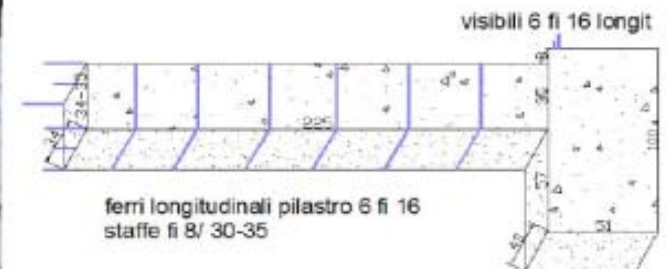


TESTS PRELIMINARI SU PILASTRI PRELEVATI IN CANTIERE



CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO COSTITUENTE I PILASTRI PRE-ESISTENTI SUI QUALI È STATA ESEGUITA LA SPERIMENTAZIONE DESCRITTA

Aspetto :	cls sufficientemente omogeneo e ben compattato.
Profondità carbonatazione	= 50÷70 mm.
Umidità	= c.ca 1%
Ossidazione ferri	= <u>assente anche nelle zone carbonatate</u>
"la carbonatazione è una condizione necessaria ma non sufficiente per innescare la corrosione , la quale può avvenire solamente con quantità sufficienti di ossigeno e di umidità , la quale ultima consente la necessaria conducibilità del sistema per dar luogo al fenomeno elettrochimico della corrosione": evidentemente tali strutture in cls sono rimaste in condizioni costantemente secche.	
Assorbimento H₂O a saturazione	= 6,4 %
Determinazioni sclerometriche	MIN 12,0 N/mm ² MAX 26,2 N/mm ² MEDIA 16,3 N/mm ²
Prove di adesione per trazione diretta	MIN 0,88 N/mm ² MAX 1,12 N/mm ² MEDIA 1,02 N/mm ²

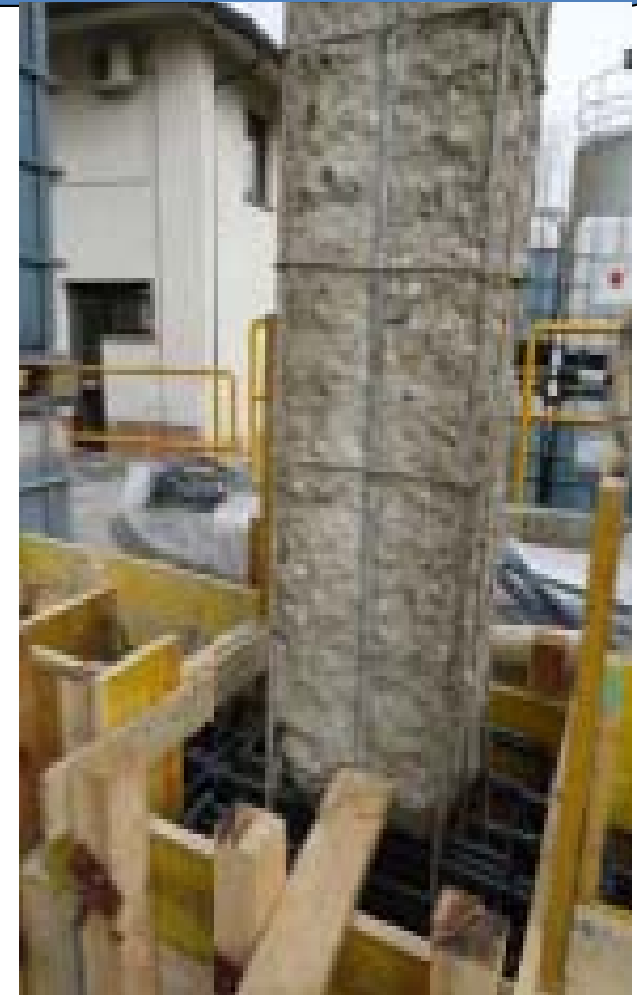


TESTS PRELIMINARI SU PILASTRI PRELEVATI IN CANTIERE

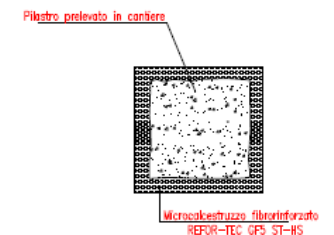
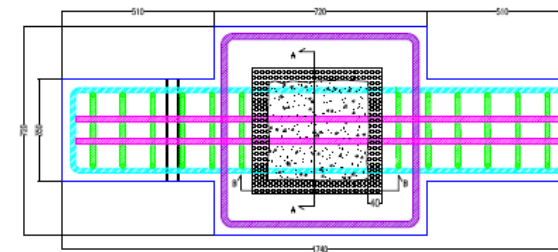
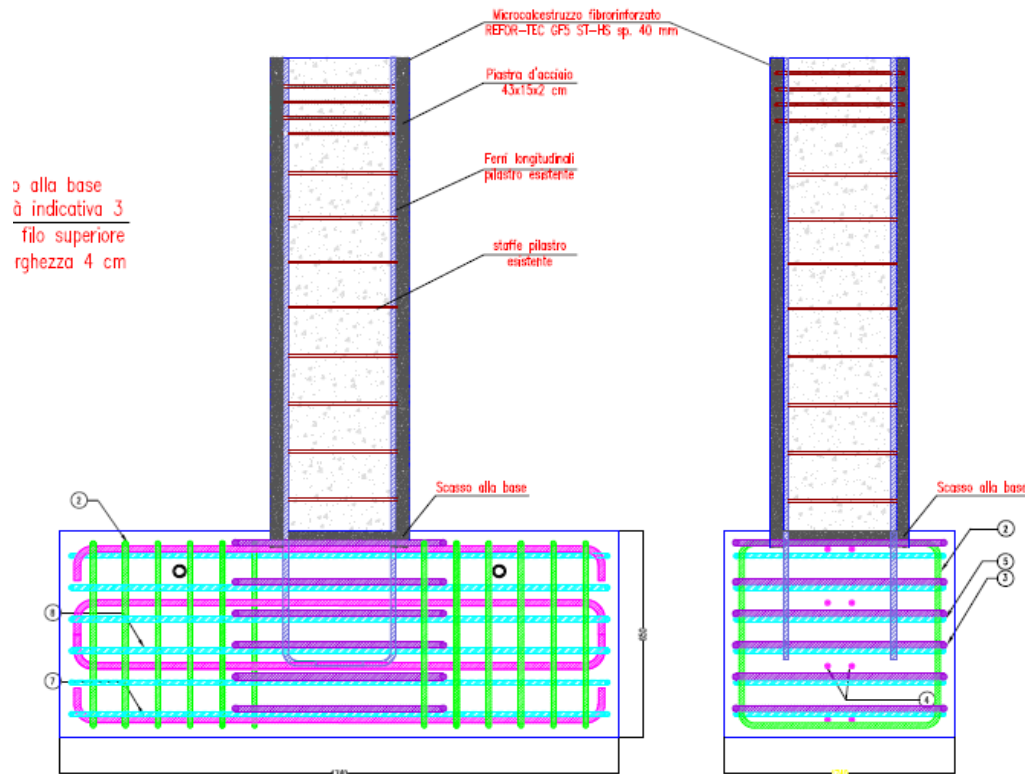
PILASTRO NR. 1

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

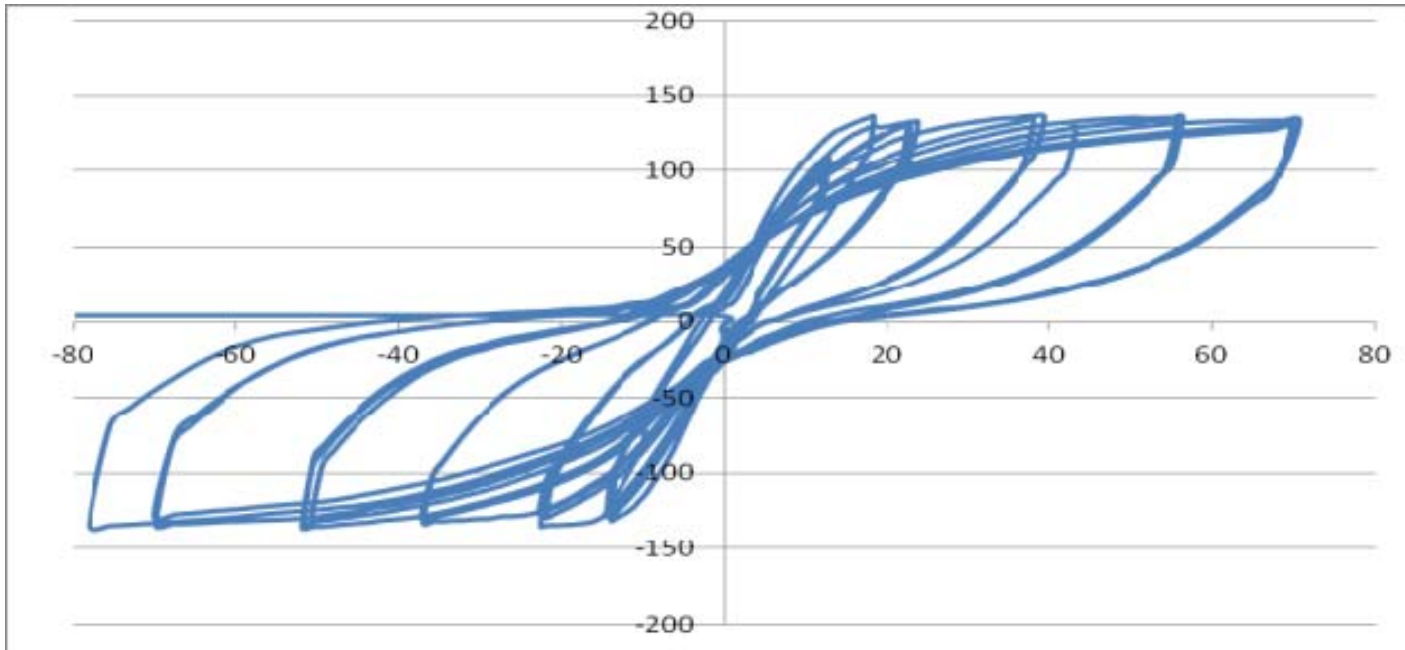
- Dopo scarifica fino al primo livello dei ferri d'armatura esistenti (pilastro sezione 35x35 cm) con 8 fi 12 lisci (Fe B22 k)
- Costruzione di basamento armato atto a contenere il pilastro per la prova ciclica



SEZIONE B-B



- Dopo 28 giorni esecuzione del “test cerniera”
il programma è stato completato con tutti gli spostamenti previsti : 8-16-32-48-64 mm



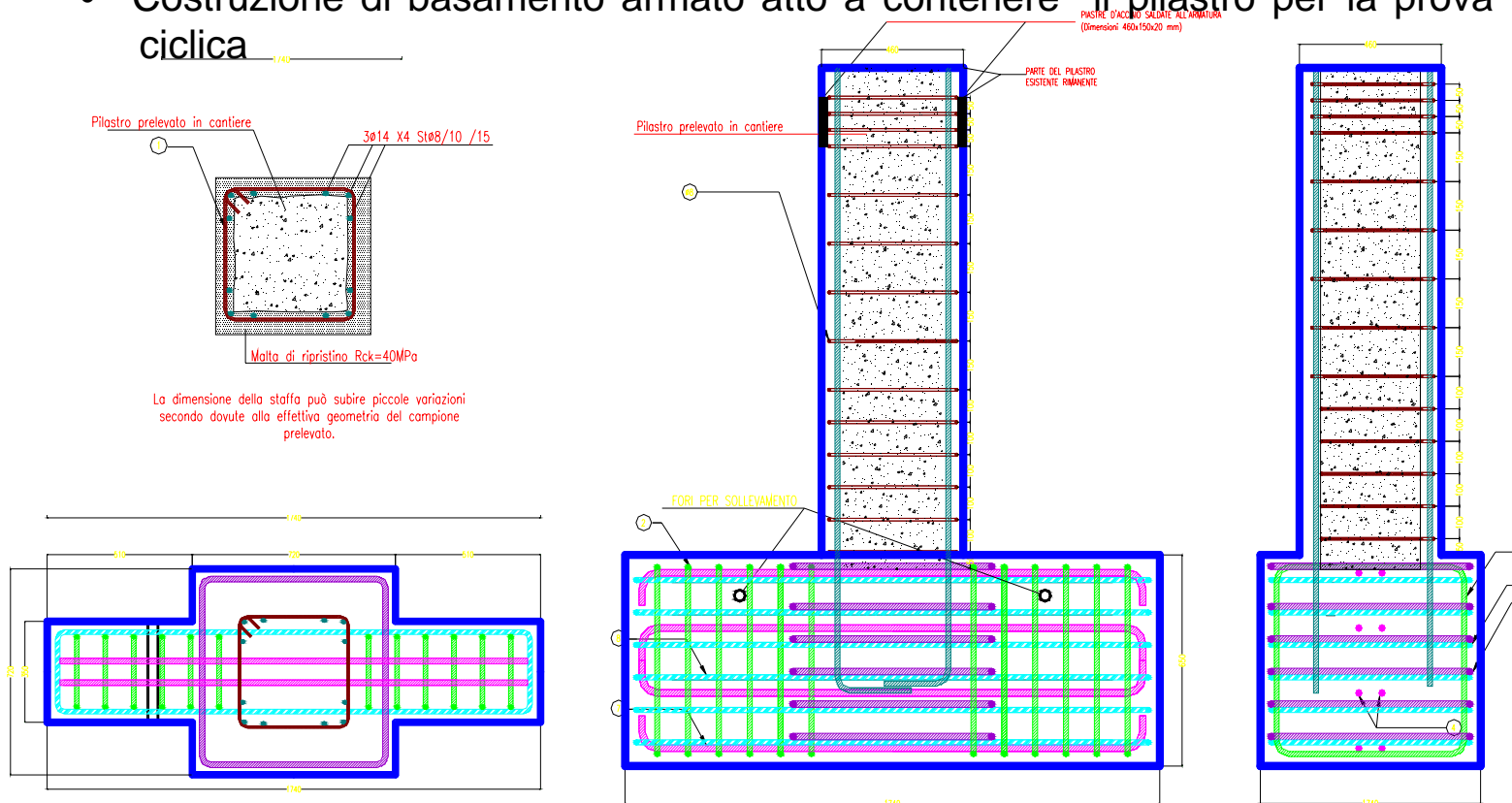
Pilastro perfettamente integro, mantiene la sua capacità strutturale, qualche micro-fessura

CARICO	130-140 kN	130-140 kN	130-140 kN	130-140 kN	130-140 kN
SPOSTAMENTO	8 mm	16 mm	32 mm	48 mm	64 mm
DRIFT	0,5%	1%	2%	3%	4%



PILASTRO NR. 2 incamiciatura 50 mm armata con betoncino a colare 80 MPa

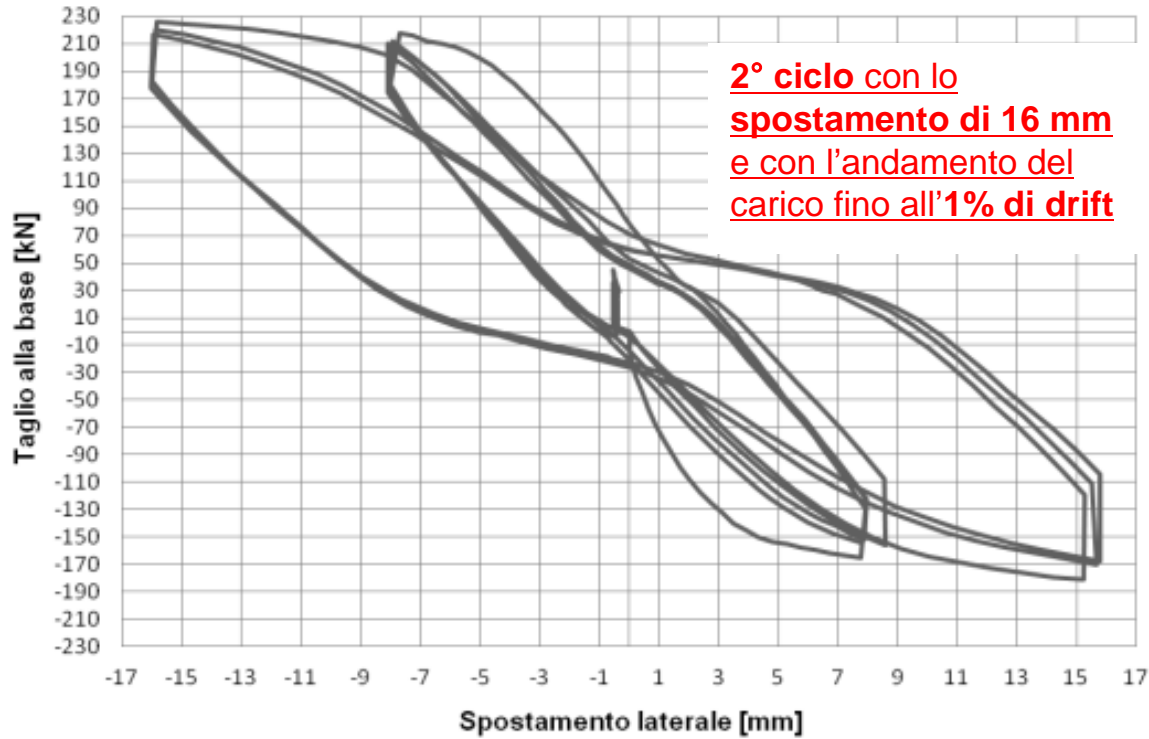
- Scarifica fino a livello dei ferri d'armatura pre-esistenti: pilastro sezione 35 x 35 cm 6 fi 16 lisci (Fe B22 k)
Sulla base di indicazioni da progetto pre esistente, aggiunta di armature 12 fi 14 in sezione più staffe fi 8/10 nella parte bassa fino ad 1 metro
- Costruzione di basamento armato atto a contenere il pilastro per la prova ciclica



con armatura aggiunta dopo scarifica



dopo incamiciatura con BS 91 ANCORA tricomponente

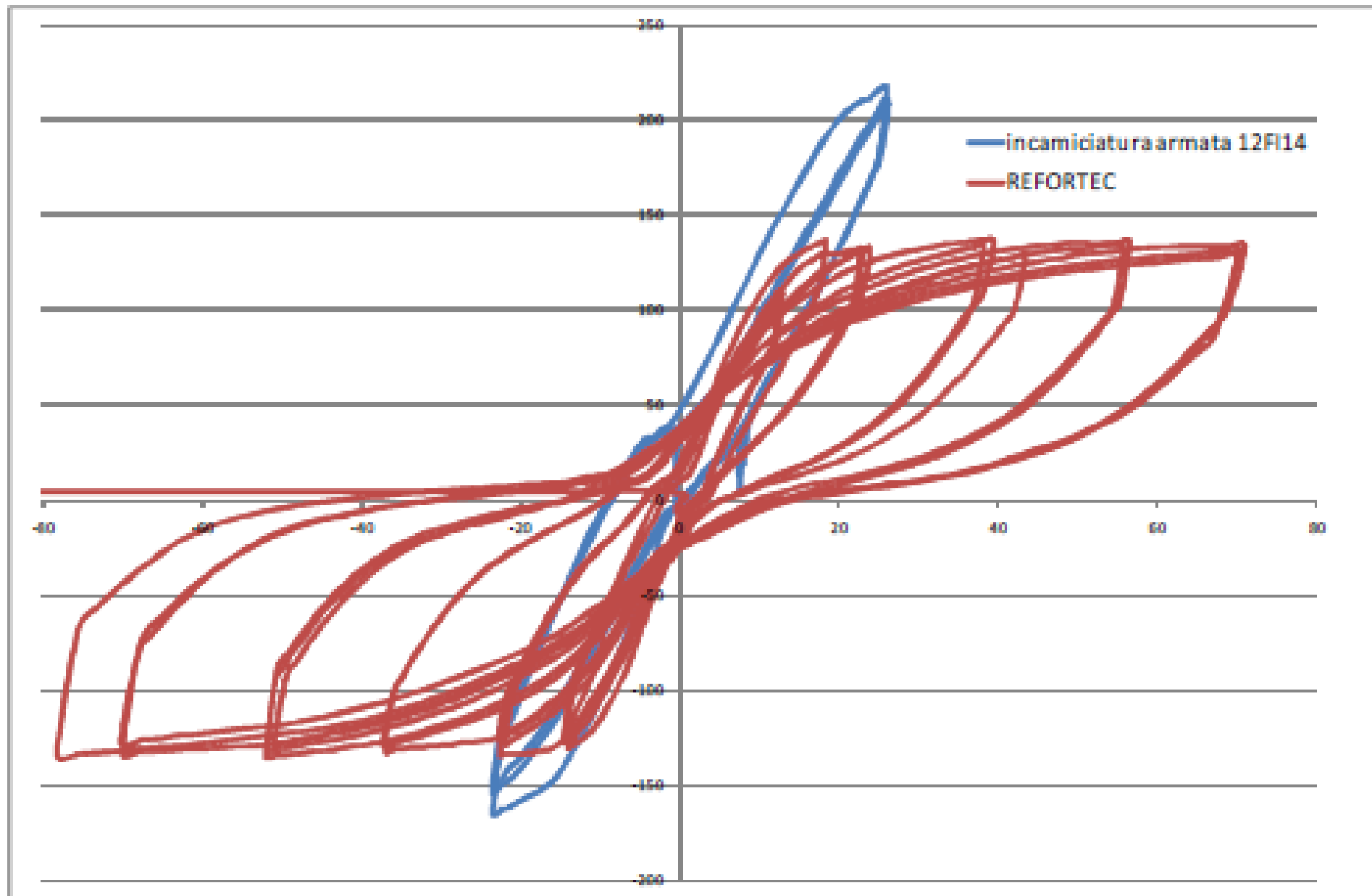


Fessurazioni e crepe evidenti con principio di "spalling" !

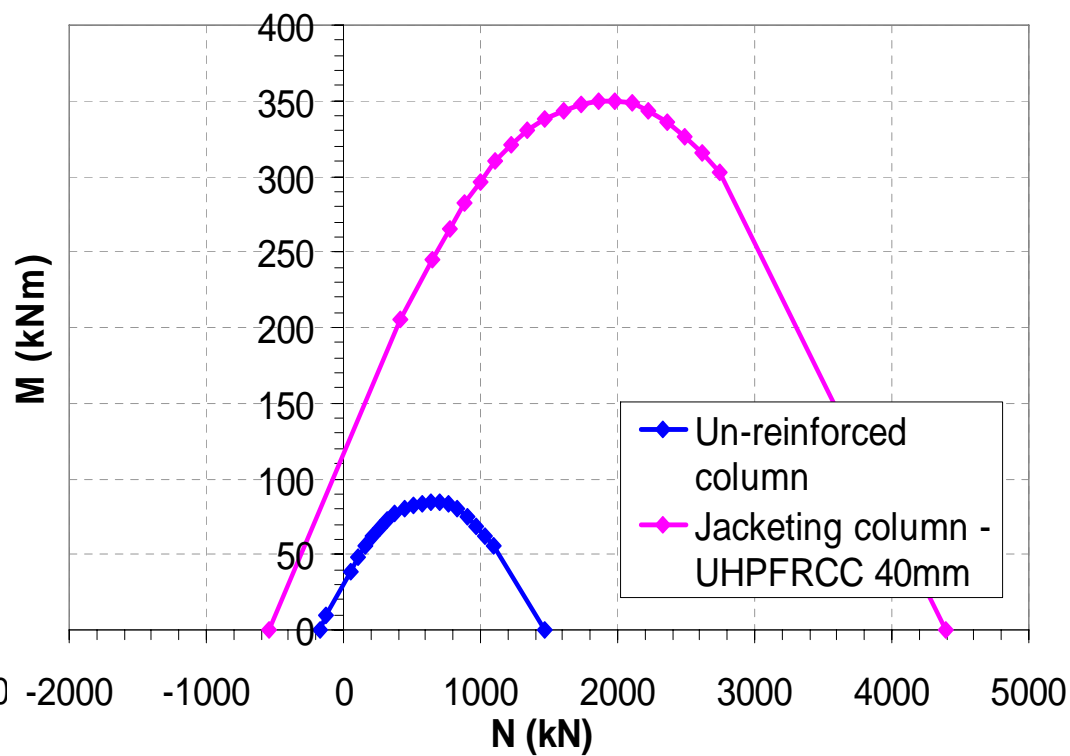
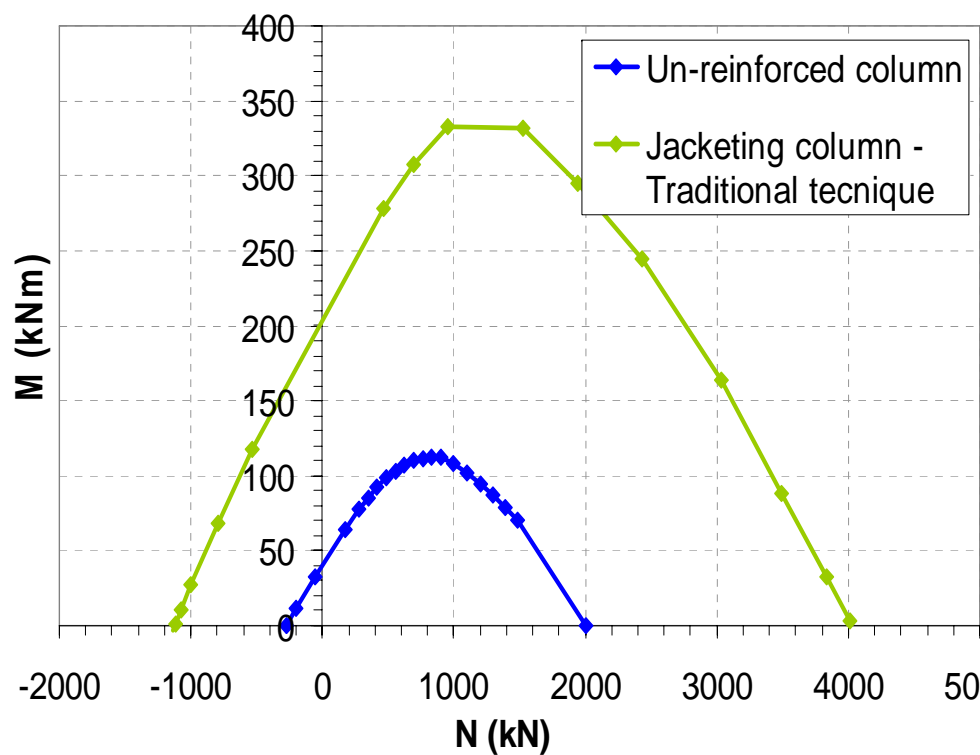
3° ciclo con spostamento 32 mm e drift 2% :

fessurazione e frantumazione del cls! spalling diffuso, rottura a trazione di alcune barre, instabilizzazione dei ferri d'armatura. L'elemento ha perso le sue capacità strutturali. Il programma è stato interrotto e non sono stati eseguiti gli spostamenti di 48 e 64 mm





DOMINI M-N





IDROSCARIFICA



**CASSERATURA
PILASTRI**

16/07/2012



**CASSERATURA
TRAVE**









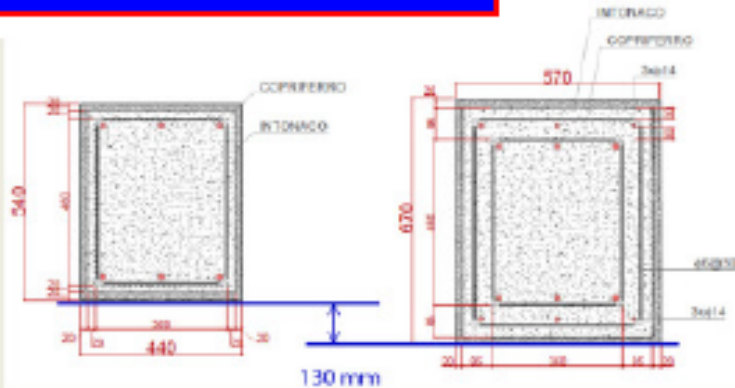
Ex MANIFATTURA TABACCHI
MILANO



FILMATO

IMPATTO ARCHITETTONICO

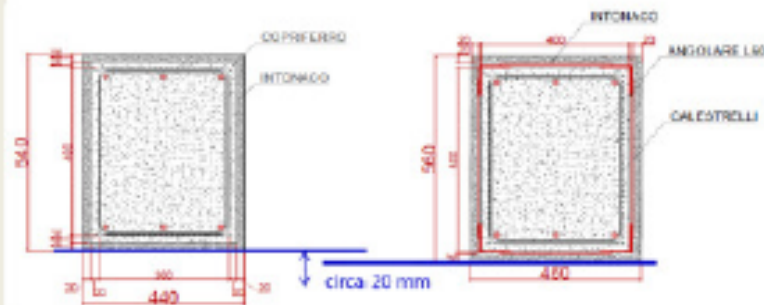
camicia in C.A.



- Sensibile incremento della geometria dell'elemento
- Necessità di Intonacatura



camicia in acciaio



- Lieve incremento della geometria dell'elemento
- Necessità di strato di protezione al fuoco
- Necessità di Intonacatura

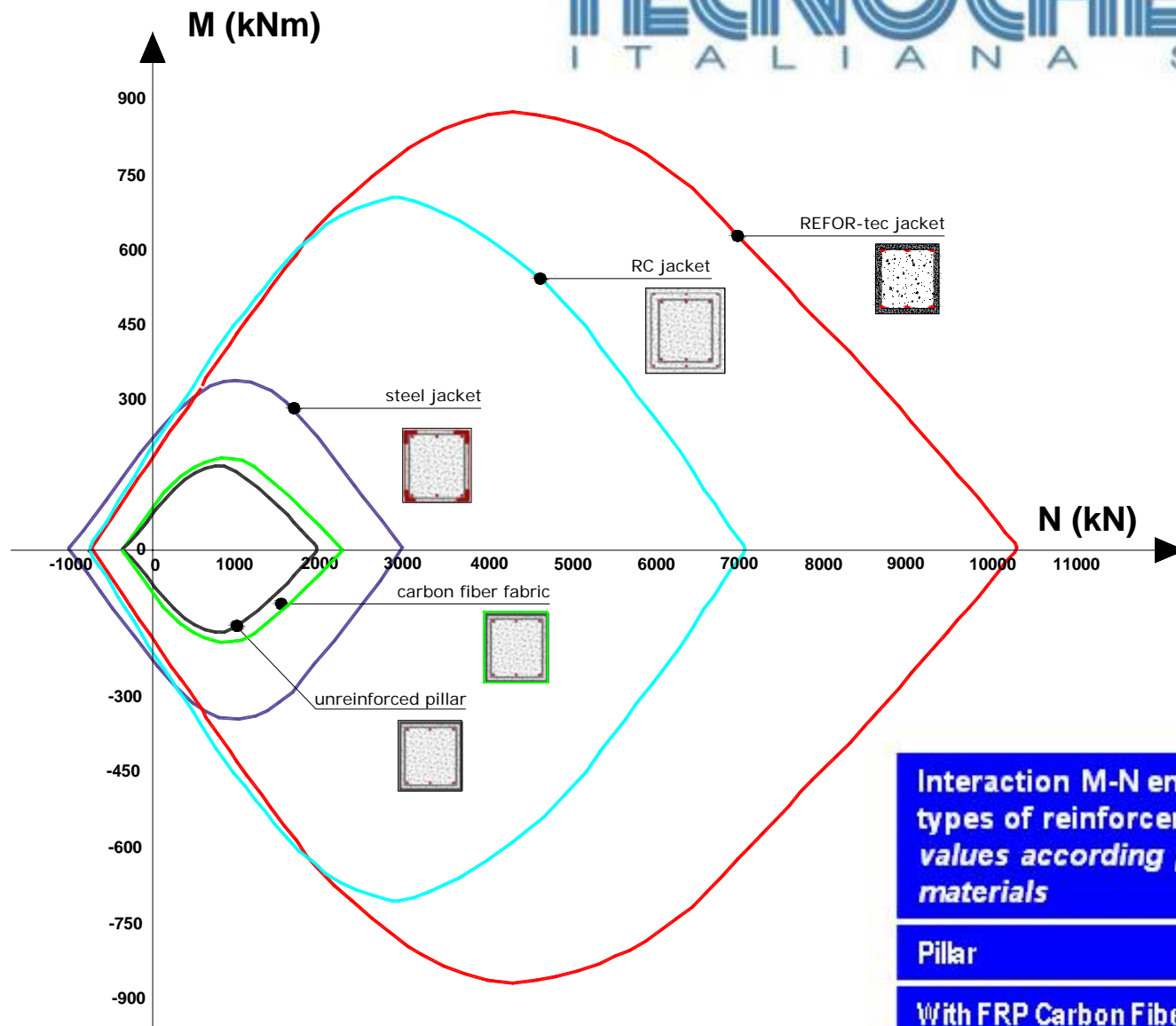


camicia in REFOR-tec[®]



- Nessun incremento nella geometria dell'elemento
- Solo strato di finitura
- Texturing





Interaction M-N envelope for various types of reinforcement - <i>nominal values according property of the materials</i>	Axial load	Resistance Moment
Pillar	2000 kN	170 kNm
With FRP Carbon Fiber extra thickness 5 mm	2200 kN	185 kNm
With steel jacket; extra thickness 10 mm	3000 kN	350 kNm
With jacket in R.C., extra thickness 80 mm	7000 kN	700 kNm
with REFOR-tec [®] jacket; thickness 40 mm, no extra thickness (thickness equal to what is removed by scarification)	10.300 kN	870 kNm

CONFRONTI ECONOMICI

TECNOLOGIA REFOR-tec spessore 4 cm			
OPERAZIONE	PREZZO UNITARIO	QUANTITA' (m2)	COSTO TOTALE
Scarifica	8 €/m2	4,8	38,4
Casseratura	35 €/m2	4,8	168
Refor-tec	0,8 €/kg	517	413,6
Miscelazione e getto del prodotto	0,2 €/kg	517	103,4
			723,4 €/pilastro
			150,71 €/m2

TECNOLOGIA TRADIZIONALE : BETONCINO A COLARE 8 cm + ARMATURA			
OPERAZIONE	PREZZO UNITARIO	QUANTITA' (m2)	COSTO TOTALE
Scarifica	8 €/m2	4,8	38,4
Fornitura e posa ferro	1,36 €/kg	77,5	105,4
Casseratura	35 €/m2	4,8	168
Betoncino	0,5 €/kg	921	460,5
Miscelazione e getto del prodotto	0,2 €/kg	921	184,2
			956,5 €/pilastro
			199,27 €/m2

CONFRONTI ECONOMICI

TECNOLOGIA REFOR-tec spessore 4 cm			
OPERAZIONE	PREZZO UNITARIO	QUANTITA' (m2)	COSTO TOTALE
Scarifica	8 €/m2	4,8	38,4
Casseratura	35 €/m2	4,8	168
Refor-tec	0,8 €/kg	517	413,6
Miscelazione e getto del prodotto	0,2 €/kg	517	103,4
			723,4 €/pilastro
			150,71 €/m2

TECNOLOGIA INCAMICIATURE DI ACCIAIO			
OPERAZIONE	PREZZO UNITARIO	QUANTITA' (m2)	COSTO TOTALE
Ripristino con malta prima del rinforzo	40 €/m2	6	240
Foratura e fissaggio per ancoraggio profili	10 €/foro	6	60
Fornitura e posa profili di acciaio	2,5 €/kg	250	625
Adesivo epossidico	50 €/m2	3	150
Intonacatura di rivestimento	25 €/m2	6	150
			1225 €/pilastro
			204,17 €/m2

Evidenze Prestazionali di incamiciature con REFOR-tec[®] **SU TRAVI**

vedi Presentazione ai Convegni:

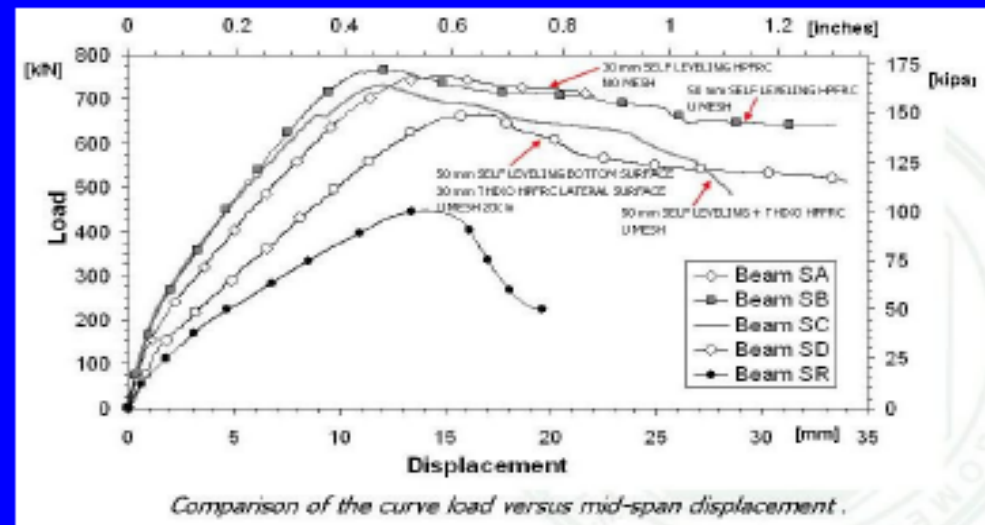
fib Symposium Prague June 2011 e **ACI/Canmet Conference Prague Oct. 2012**

SHEAR STRENGTHENING OF RC BEAMS WITH HIGH PERFORMANCE JACKET

Stefano Maringoni¹, Serena Mostos², Alberto Meda³, Paolo Riva²



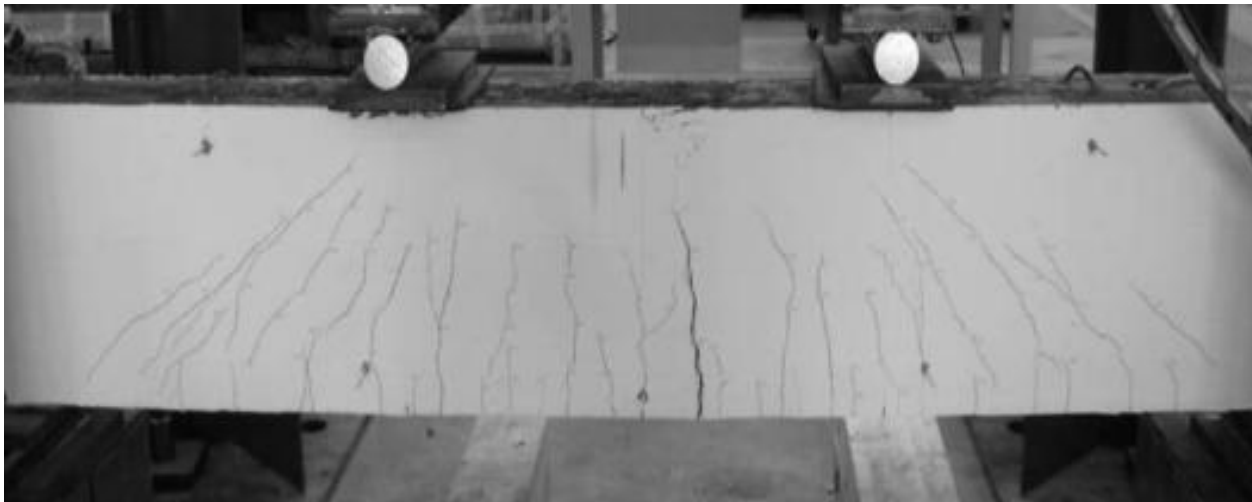
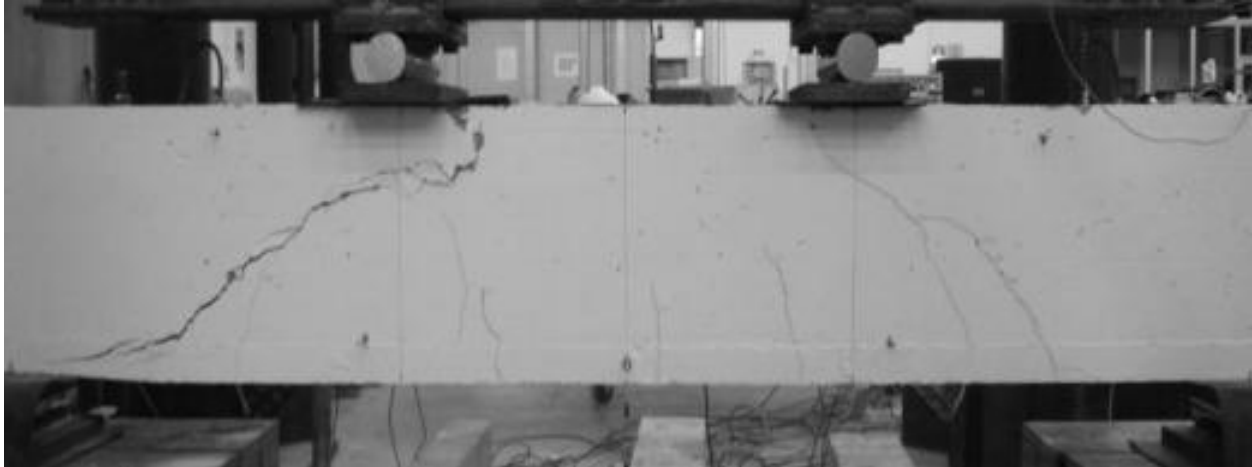
¹Tecnocem Italiana S.p.A.
²Dipartimento di Progettazione e Tecnologia, Università di Bergamo
³Dipartimento di Ingegneria Civile, Università di Roma "Tor Vergata"



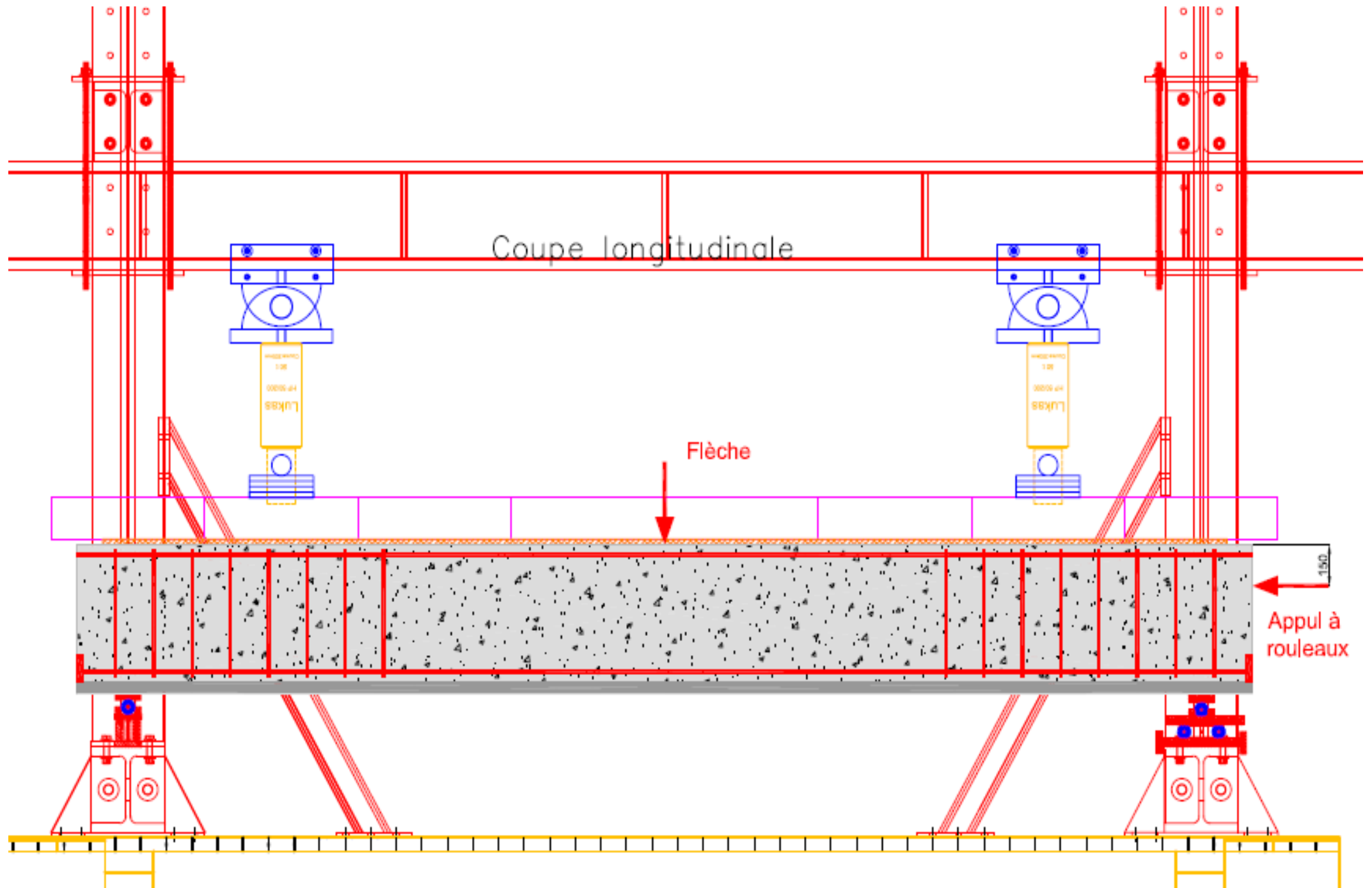
vedi Presentazione tradotta in lingua italiana sulla sezione NEWS del ns. sito web www.tecnocem.it

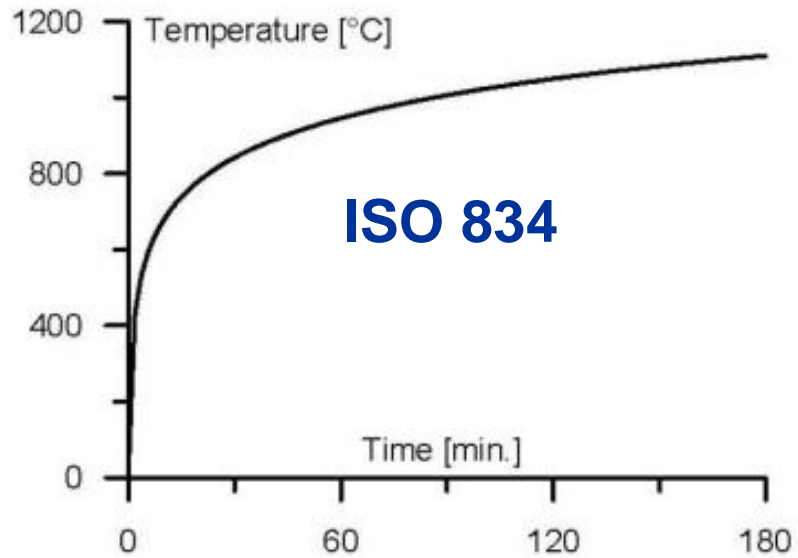
Possibile raddoppio del carico ultimo su travi inflesse tramite incamiciatura REFOR-tec[®] 40 mm. Incremento della rigidezza con riduzione della freccia in esercizio fino a 12 volte (paragonabile ad una precompressione).

RICERCHE SPERIMENTALI



- Trave non rinforzata collassa per taglio;
- Travi rinforzate collassano per flessione;
- Il rinforzo con tecnologia **REFOR-tec[®]** consente di incrementare significativamente la rigidità strutturale;
- Il rinforzo con tecnologia **REFOR-tec[®]** consente di raddoppiare il **momento resistente** e la **duttilità strutturale**;
- le curve sperimentali mostrano la perfetta adesione del **REFOR-tec** al calcestruzzo, in quanto non si presentano problemi di delaminazione anche per elevati valori di spostamento



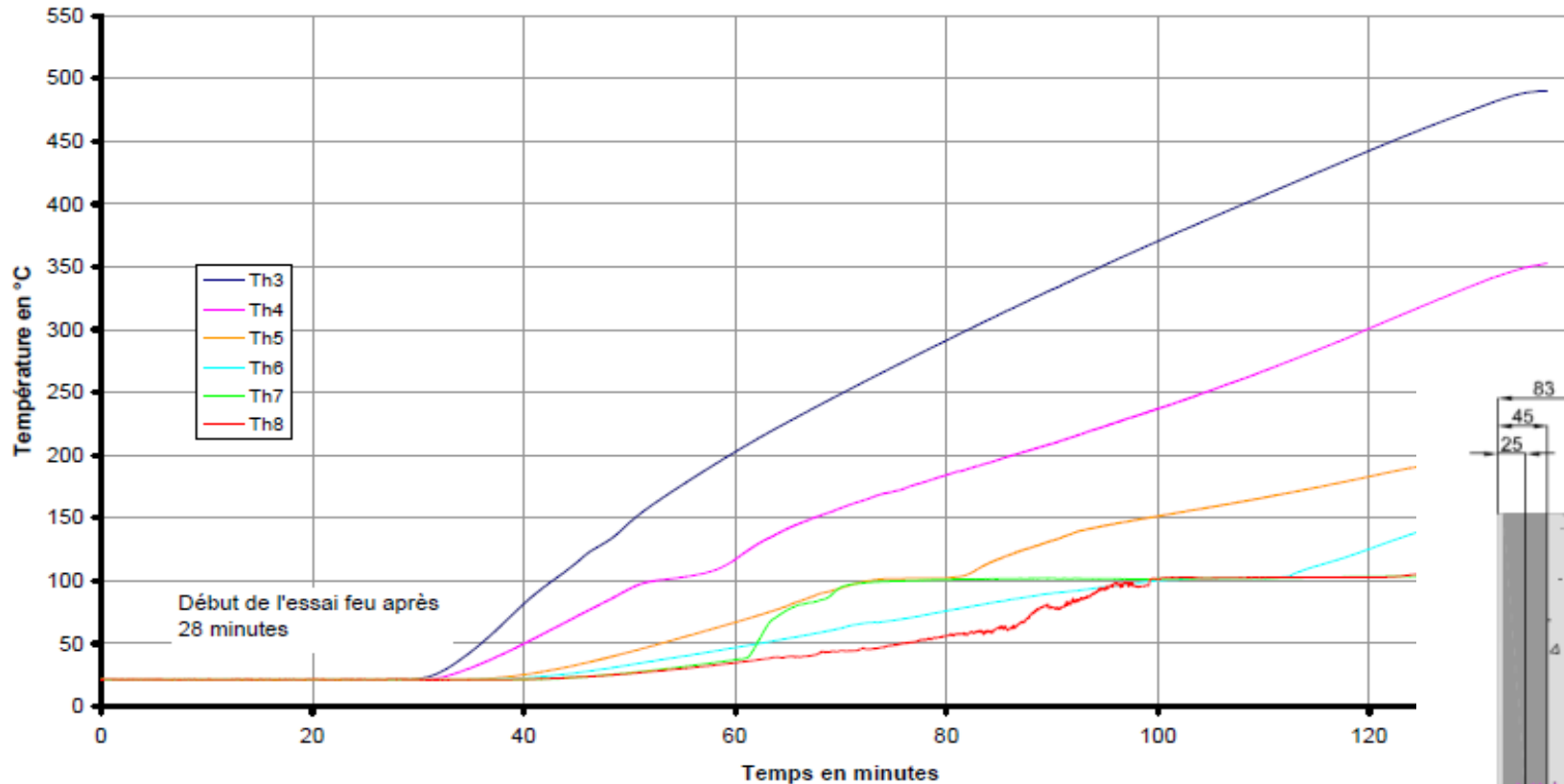


REFOR-tec® GF5 / ST-HS

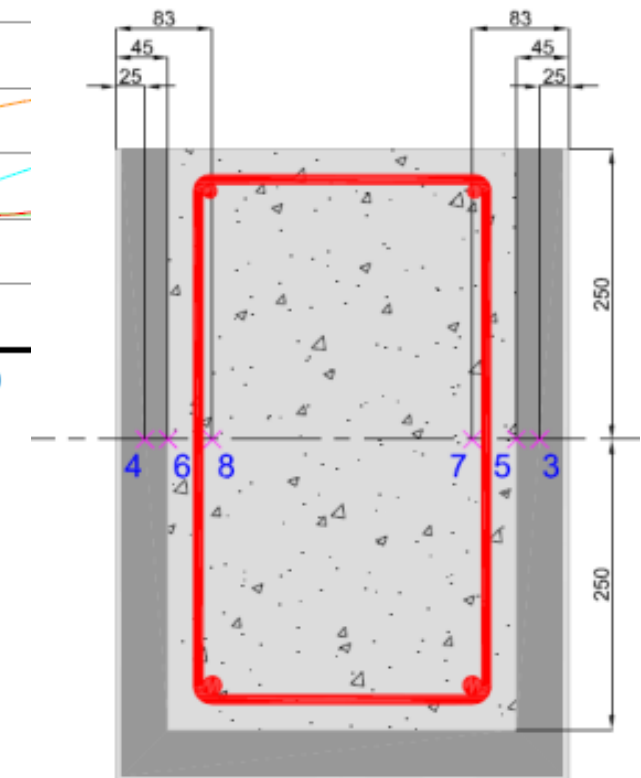
Rinforzo strutturale

CONTATTO DIRETTO
CON FUOCO

Températures mesurées par les thermocouples placés dans la poutre à mi-portée et mi-hauteur



Temperatura nel forno :
800°C dopo 20 minuti
1000°C dopo 80 minuti

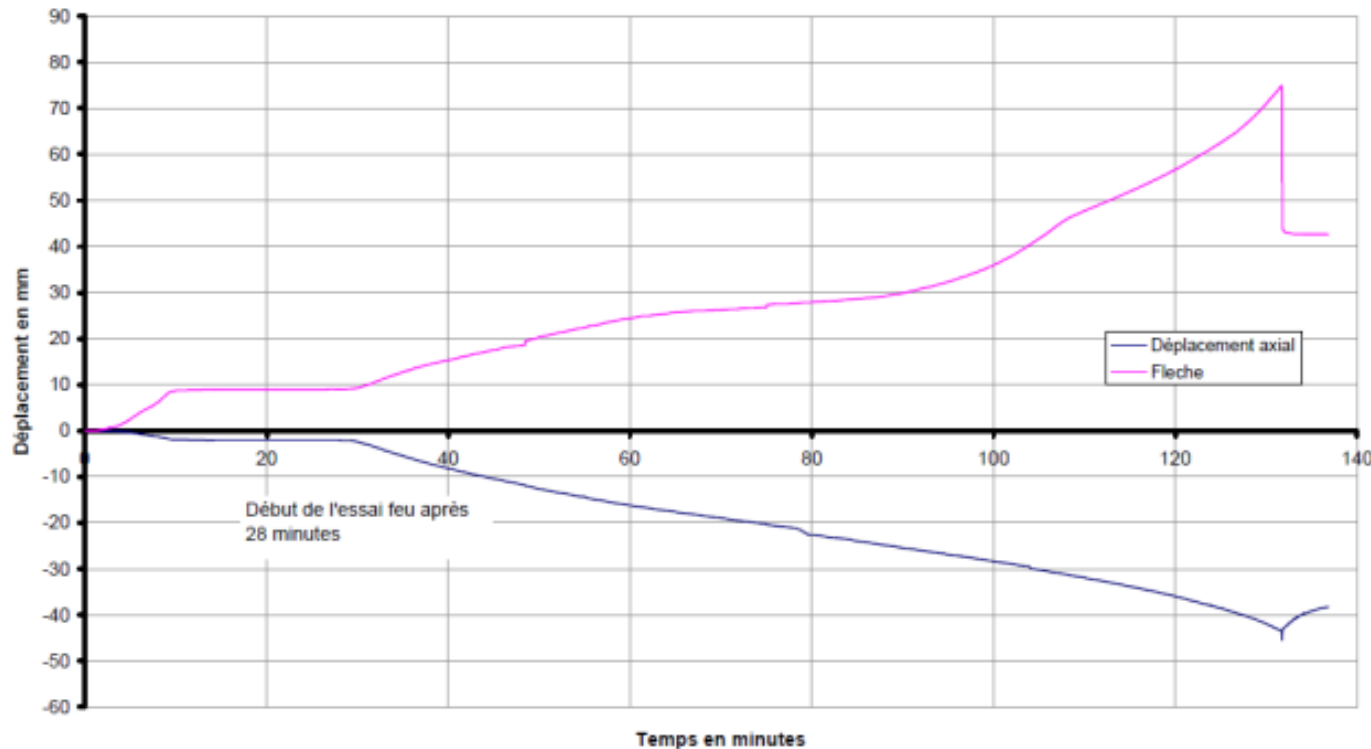


REFOR-tec® GF5 / ST-HS

Rinforzo strutturale

CONTATTO DIRETTO CON FUOCO

Déplacements mesurés par les capteurs de déplacement



**Freccia massima 75 mm
dopo 130 minuti.
Ritorno parzialmente
elastico al rilascio del carico
con freccia residua di 42 mm**

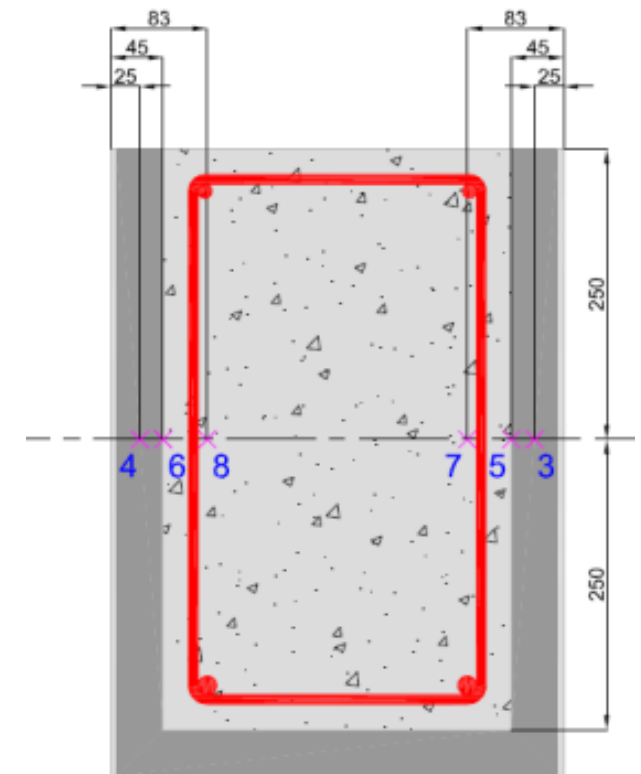


Figure 1 : Face exposée au feu avant essai



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



Dopo esposizione > 130'

1000°C

RESISTENZA AL FUOCO

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



MNÉMA PROJECT

TECNOCHEM[®]
I T A L I A N A S P A





Oggetto:

Rinforzo strutturale e adeguamento sismico

Località:

Boulevard de La Sauvenière - Liège

Intervento:

Rinforzo strutturale di pilastri e travi –
c.ca 3000 m²

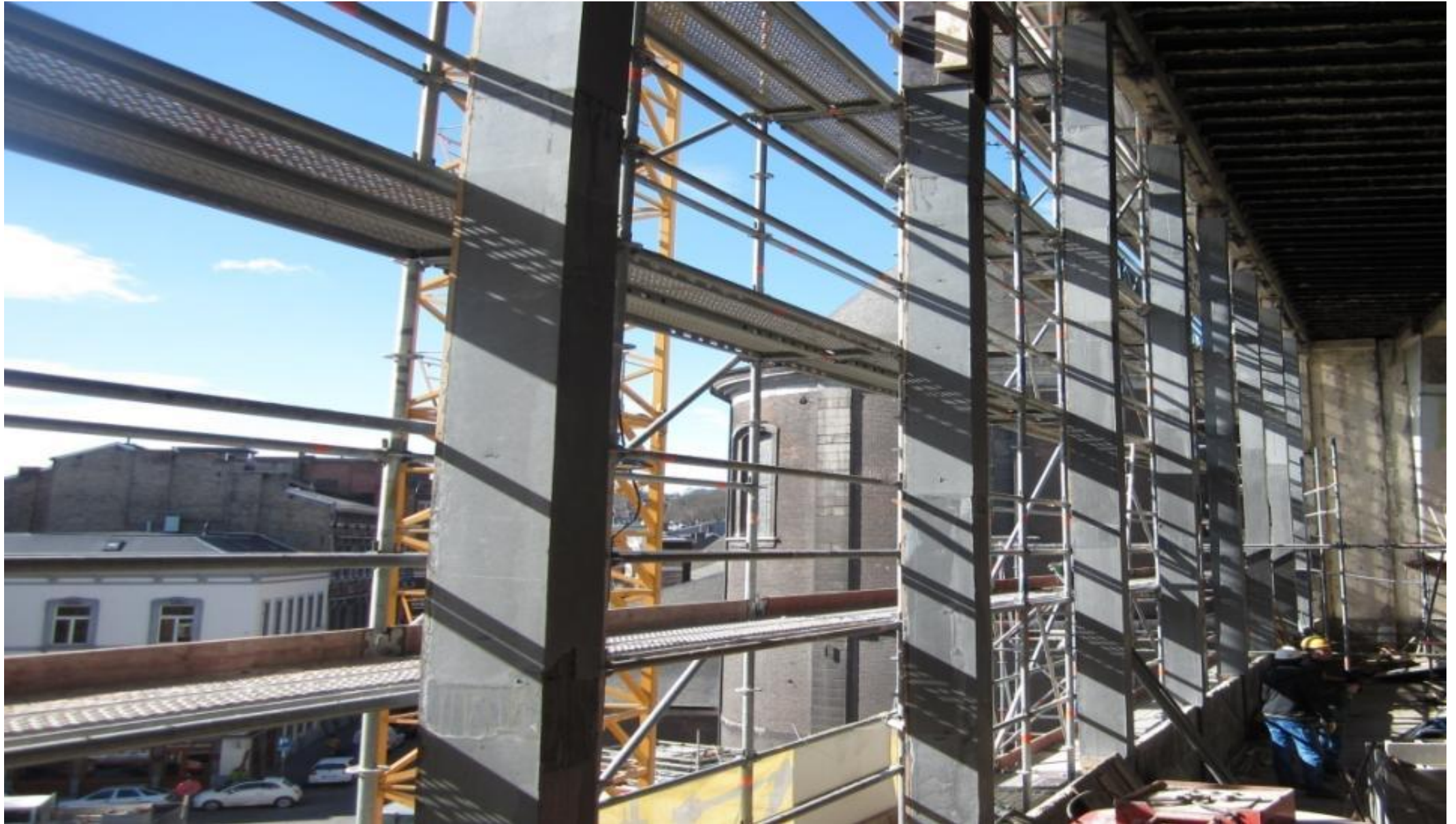
Materiale:

Microcalcestruzzo fibrorinforzato
UHPFRCC REFOR-tec[®] GF5/ST-HS



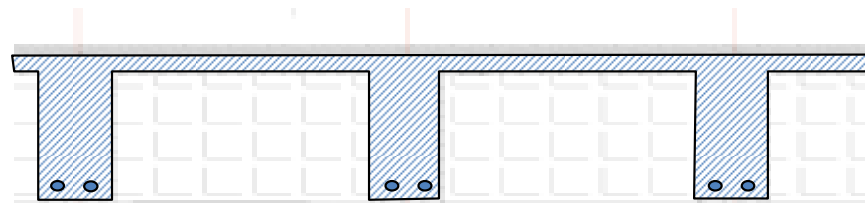








COOPERATIVE LAYER IN REFOR-tec[®]



-Cappe collaboranti continue, senza tagli, senza giunti, a basso spessore (15-40 mm) su SOLAI in : LATERO-CEMENTO, PUTRELLE/LATERIZI, LAMIERE GRECATE, LEGNO, altri.

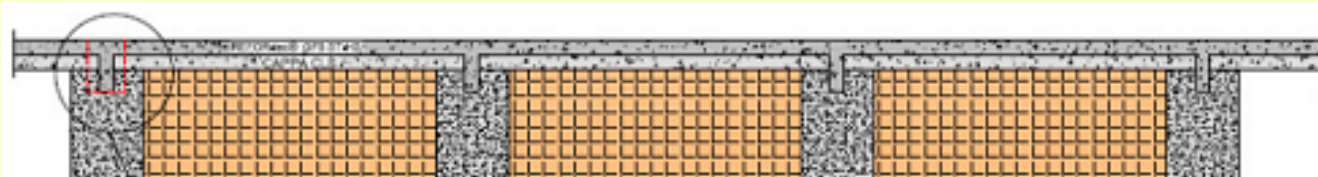
Sin dall'inizio degli anni 2000, Studi Sperimentali eseguiti nei ns. Laboratori ed in prestigiosi Istituti Universitari Italiani ed Esteri hanno evidenziato le Eccezionali Prestazioni ed il Corretto Funzionamento delle Cappe di Rinforzo a basso spessore realizzate con **Tecnologia REFOR-tec[®]** su Solai in C.A., latero-cemento, ed altri, sia nel caso di **Rinforzo Statico** , quando l'esigenza è quella di incrementare la capacità portante del solaio, sia nel caso di **Miglioramento o Adeguamento Sismico** , garantendo la realizzazione di un effetto diaframma grazie alla notevole rigidità associata alla Resistenza a Trazione e Flesso-Trazione del **REFOR-tec[®]** .

In particolare la combinazione prestazionale unica di (p.es. con utilizzo di REFOR-tec[®] GF5/ST-HS):

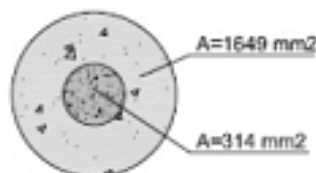
- Straordinaria adesione al supporto (anche >3 MPa)
- Eccezionale resistenza a compressione (130 MPa)
- Elevatissima resistenza a flessotrazione (32 MPa) e a trazione diretta (8,5 MPa)
- Elevato modulo elastico (38 GPa)
- Elevatissimi valori di Energia di Frattura (15.000 N/m)

REFOR-tec[®] con radici

Si riporta qui di seguito un esempio di applicazione del REFOR-tec[®] con radici e calcolo prestazionale



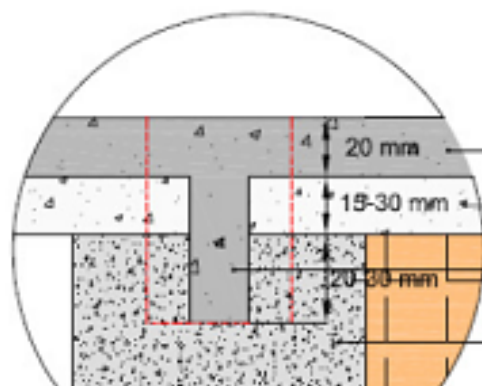
CAROTA



- adesione su sezione intera senza radice in REFOR-tec[®] : 0,57 - 0,65 MPa
- adesione su sezione intera con radice in REFOR-tec[®] : **1,255 MPa**
- adesione della sezione della sola radice REFOR-tec[®] (dopo strappo della corona cls cappa esistente) : 7,84 MPa

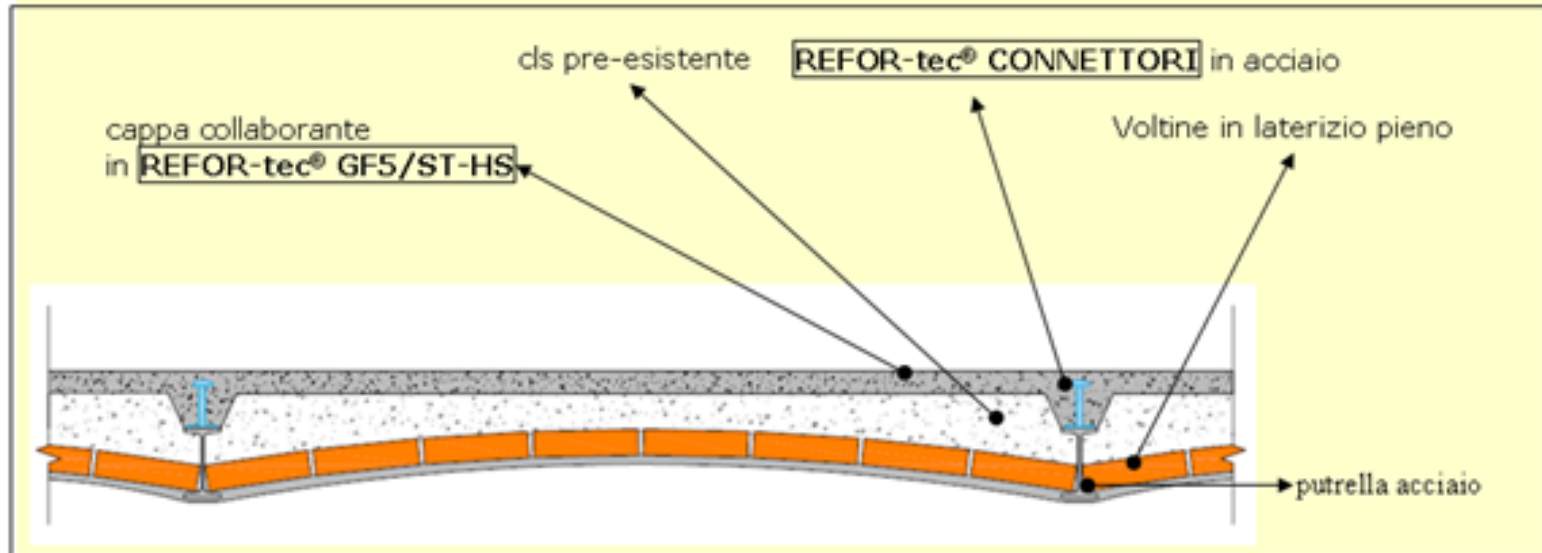
NOTA : area totale diam. 5 cm = 19,62 cm²
 area corona 1,5 cm cls cappa = 16,48 cm²
 area radice diam. 2 cm = 3,14 cm²

Le radici in REFOR-tec[®] non si estraggono ma si fratturano in testa con 7-8 MPa di resistenza a trazione.

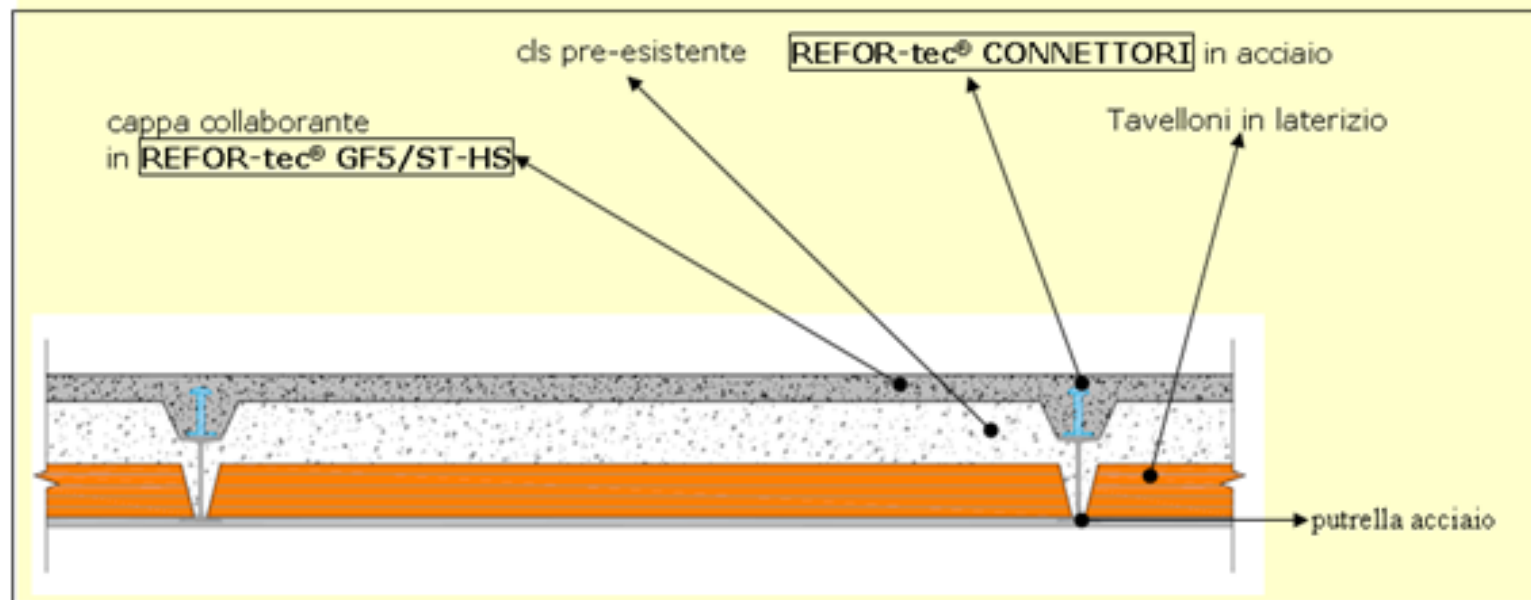


- 20 mm CAPPa REFOR-tec[®] GF5 ST-HS
- 15-30 mm CAPPa CLS
- 20-30 mm RADICE IN REFOR-tec[®]
- CLS TRAVETTO

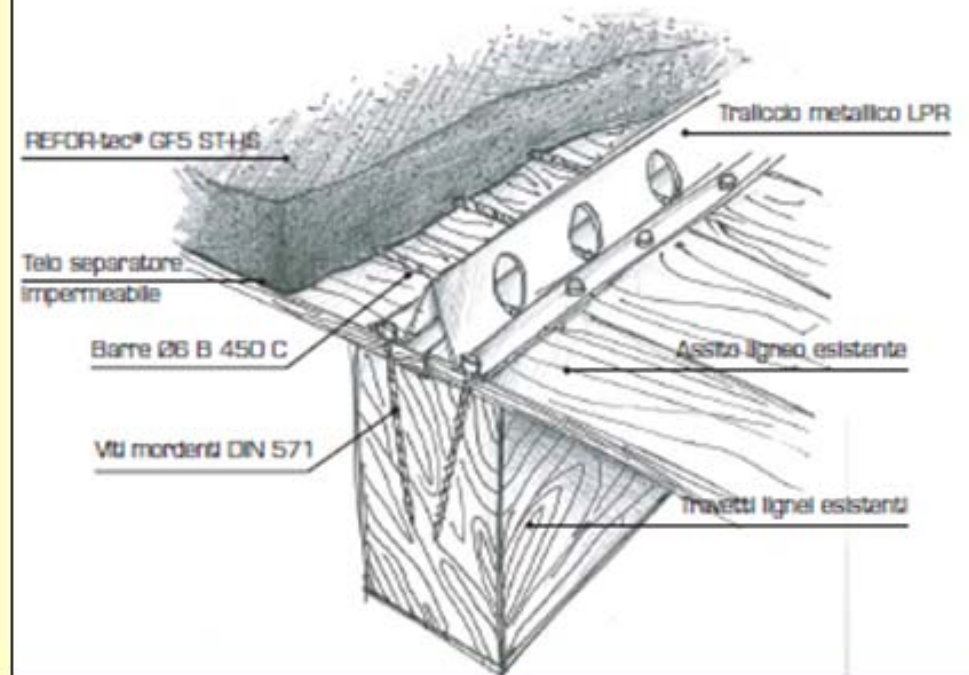
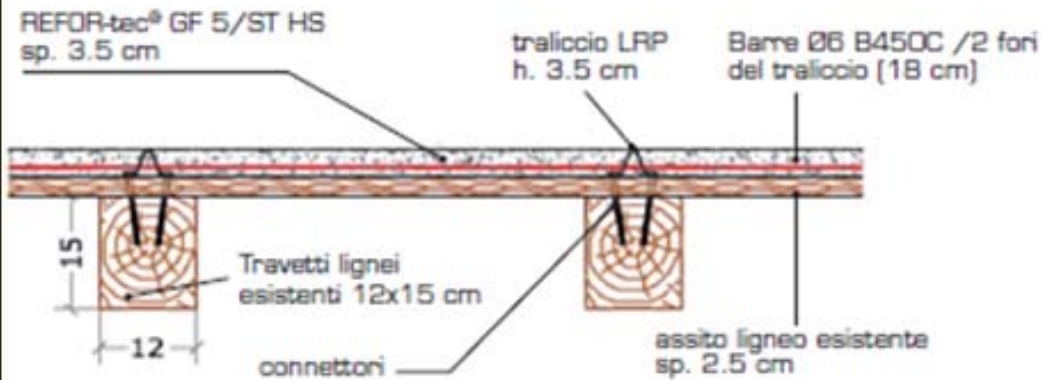
REFOR-tec[®] su solai misti CLS-ACCIAIO - VOLTINE LATERIZIO PIENO



REFOR-tec[®] su solai misti CLS-ACCIAIO-TAVELLONI



REFOR-tec[®] su solai LEGNO *brevetto depositato n. VR201 1R000104*



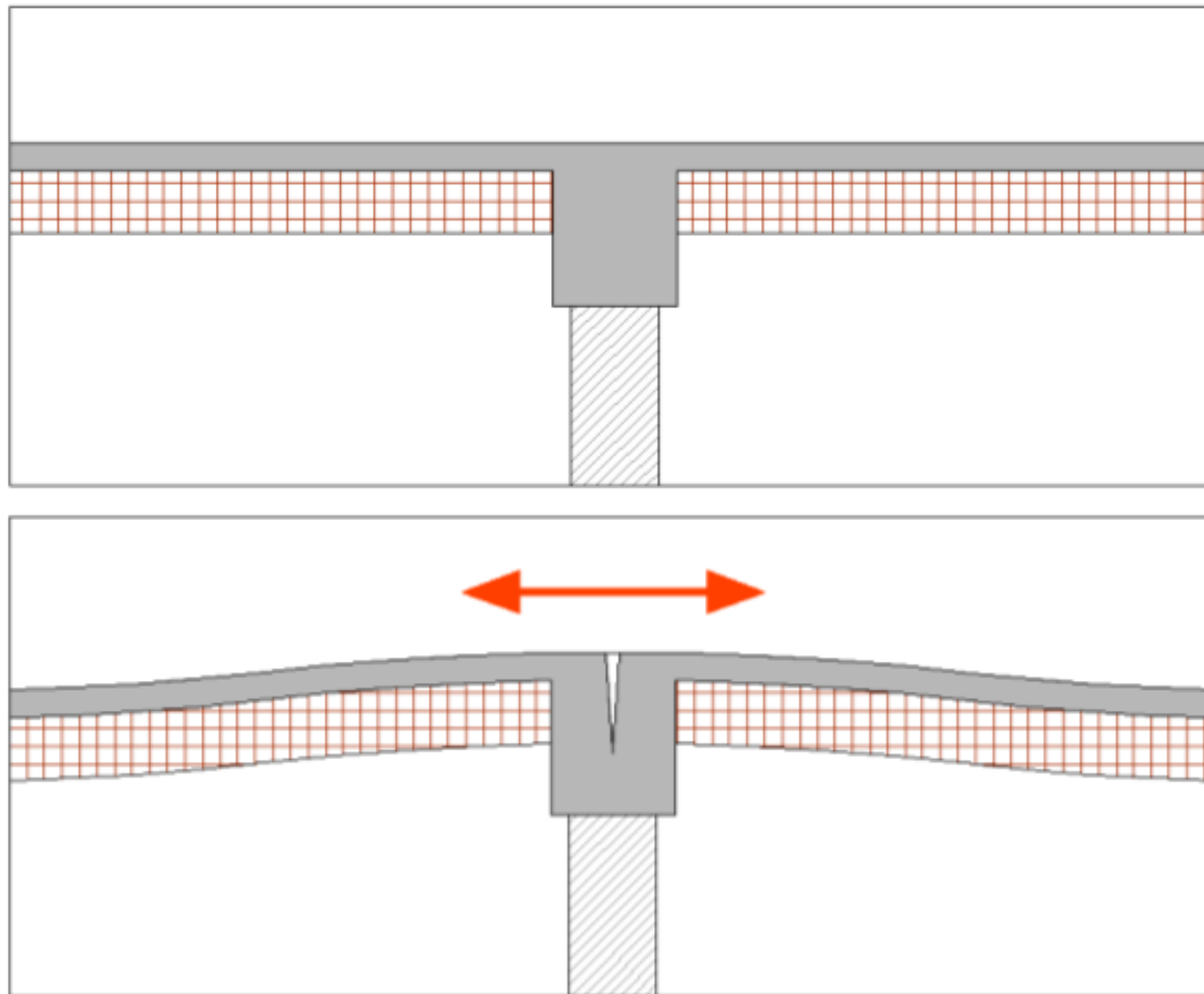
*REFOR-tec[®] spessore 3.5 mm : misurati
incrementi del 250% nella portanza dei solai
con contemporaneo dimezzamento della freccia !*

RINFORZO DI SOLAI con REFOR tec GF5 ST HS

***Consente la risoluzione di molteplici tipologie di
VULNERABILITA' STRUTTURALE....***

RINFORZO DI SOLAI con REFOR tec GF5 ST HS

RINFORZO A MOMENTO NEGATIVO - appoggio



STIMA RINFORZI A MOMENTO NEGATIVO (appoggi)

IPOTESI SOLAIO CON RETE $\varnothing 6 - 20 \times 20$

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

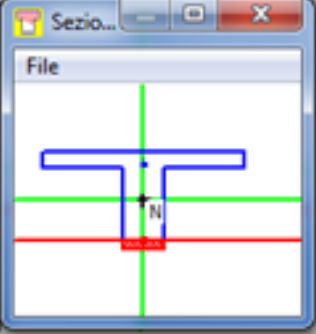
Titolo : _____

N° strati barre 3 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	4
2	10	20

N°	As [cm ²]	d [cm]
1	2,26	22
2	0,7	3
3	0	1

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sezio...
 File


Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 0 kNm
 M_{yEd} 0

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} -5,189 kNm

Materiali
 FeB44k C20/25
 ε_{su} 67,5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 373,9 N/mm² ε_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 11,33
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ε_{syd} 1,87 ‰ σ_{c,adm} 8,5
 σ_{s,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0,5333
 τ_{cl} 1,686

σ_c -11,33 N/mm²
 σ_s 373,9 N/mm²
 ε_c 3,5 ‰
 ε_s 34,98 ‰
 d 23 cm
 x 2,092 x/d 0,09095
 δ 0,7

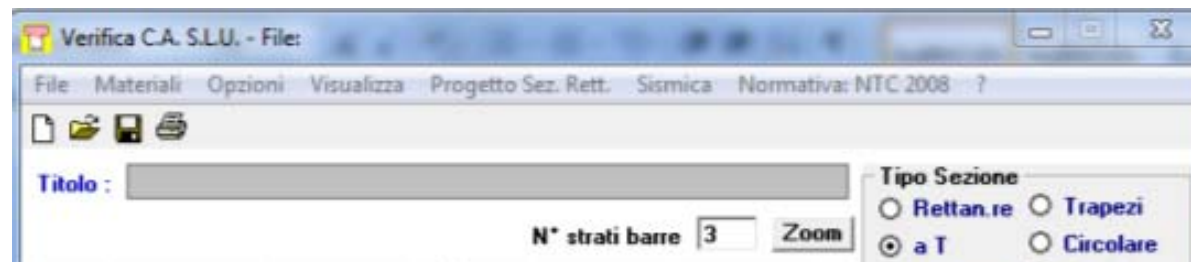
Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviate

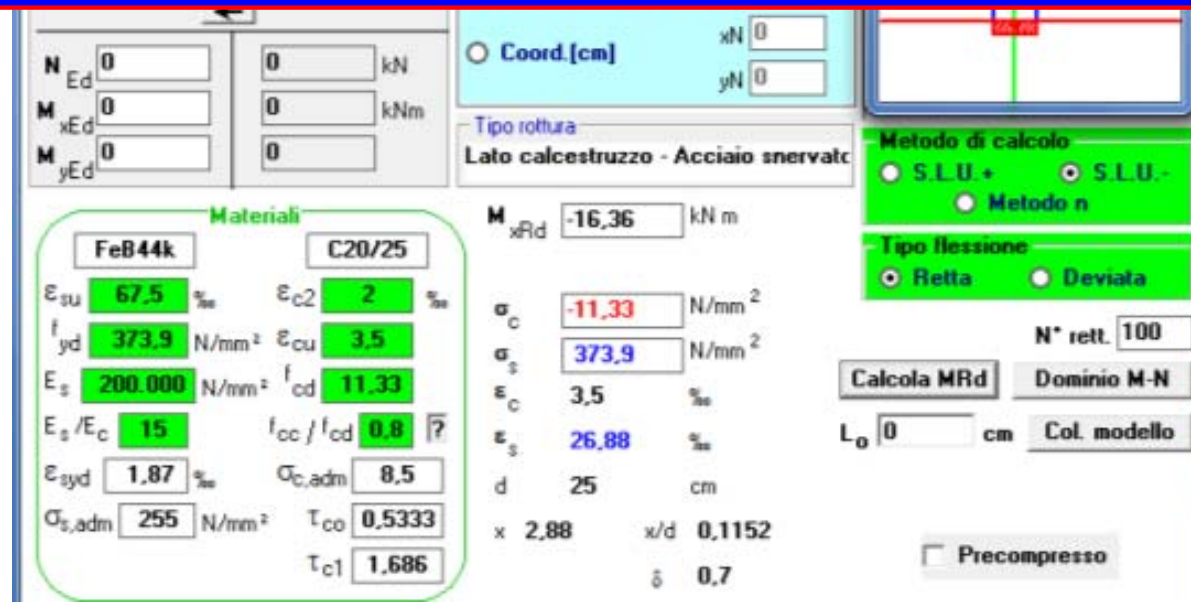
N° rett. 100
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

M_{rd} (Moment resistant design) iniziale = 5,19 kNm

IPOTESI SOLAIO CON RETE $\varnothing 6$ 20x20 + REFOR-tec[®] 2 cm
 Omogeneizzazione REFOR-tec[®]/acciaio: $50 \times 2 \text{ cm}^2 \times (6\text{MPa}/450\text{MPa}) = 1,3 \text{ cm}^2$

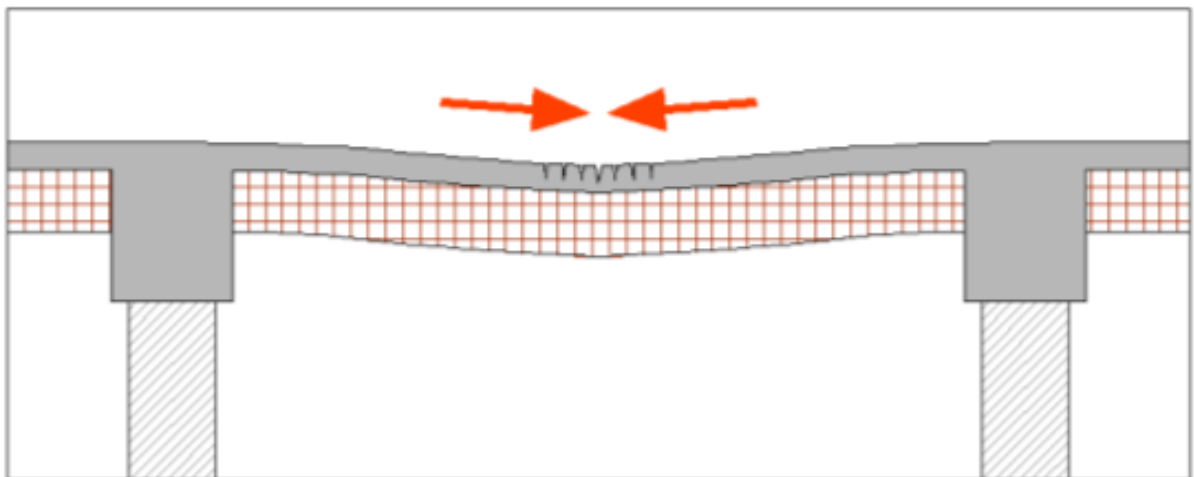
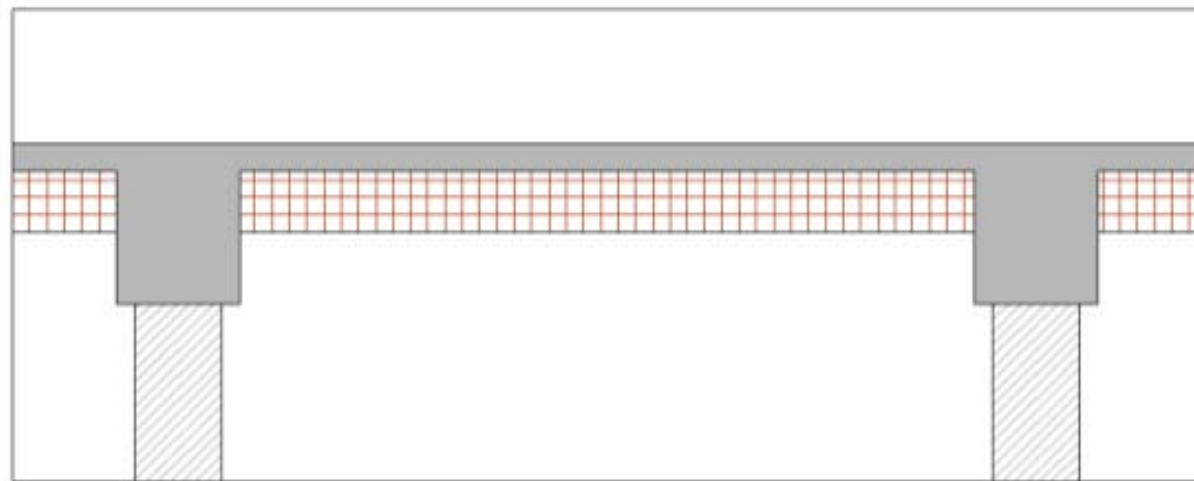


Mrd (Moment resistant design) finale = 16,36 KNm
→ incremento >200% !!!



RINFORZO DI SOLAI con REFOR tec GF5 ST HS

RINFORZO A MOMENTO POSITIVO- mezzaria



RINFORZO DI SOLAI con REFOR tec GF5 ST HS

RINFORZO A MOMENTO POSITIVO- mezzaria

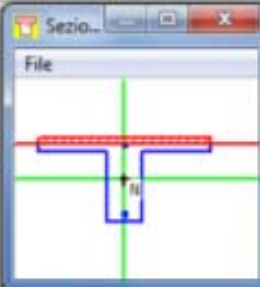
Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	4
2	10	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	22
2	1,31	2

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Calcolare
 Rettangoli Coord.

Sezio...
 File


Solecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord [cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
FeB38k **C16/20**
 E_{cu} % E_{c2} %
 f_{yd} N/mm² E_{cu}
 E_s N/mm² f_{cd}
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd}
 E_{syd} % σ_{c,adm}
 σ_{s,adm} N/mm² T_{co}
 T_{c1}

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c %
 ε_s %
 d cm
 x x/d
 δ

N° rett.
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

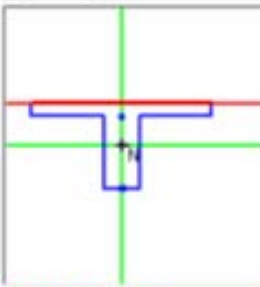
Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	4
2	10	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	1,57	24
2	1,31	4

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Calcolare
 Rettangoli Coord.

Sezio...
 File


Solecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord [cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato acciaio - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U. + S.L.U. -
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali
FeB38k **C70/85**
 E_{cu} % E_{c2} %
 f_{yd} N/mm² E_{cu}
 E_s N/mm² f_{cd}
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd}
 E_{syd} % σ_{c,adm}
 σ_{s,adm} N/mm² T_{co}
 T_{c1}

M_{xRd} kN m
 σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ε_c %
 ε_s %
 d cm
 x x/d
 δ

N° rett.
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Precompresso

RINFORZO DI SOLAI con REFOR tec GF5 ST HS

RINFORZO A MOMENTO POSITIVO- mezzaria

The screenshot displays the REFOR tec software interface with a comparison table overlaid. The table compares the moment resistance (Mrd) of a slab under positive moment for different reinforcement thicknesses. The background shows the software's input fields for section properties (width b, height h, effective depth d, number of bars N*) and material properties (concrete strength f_{cd}, steel yield strength f_{yk}, modulus of elasticity E_s, etc.).

Mrd non rinforzato	Spessore REFOR-tec®	Mrd rinforzato	% incremento Mrd
11,06 KNm	20 mm	13,73 KNm	+25%
11,06 KNm	30 mm	14,66 KNm	+40%
11,06 KNm	40 mm	15.6 KNm	+50 %

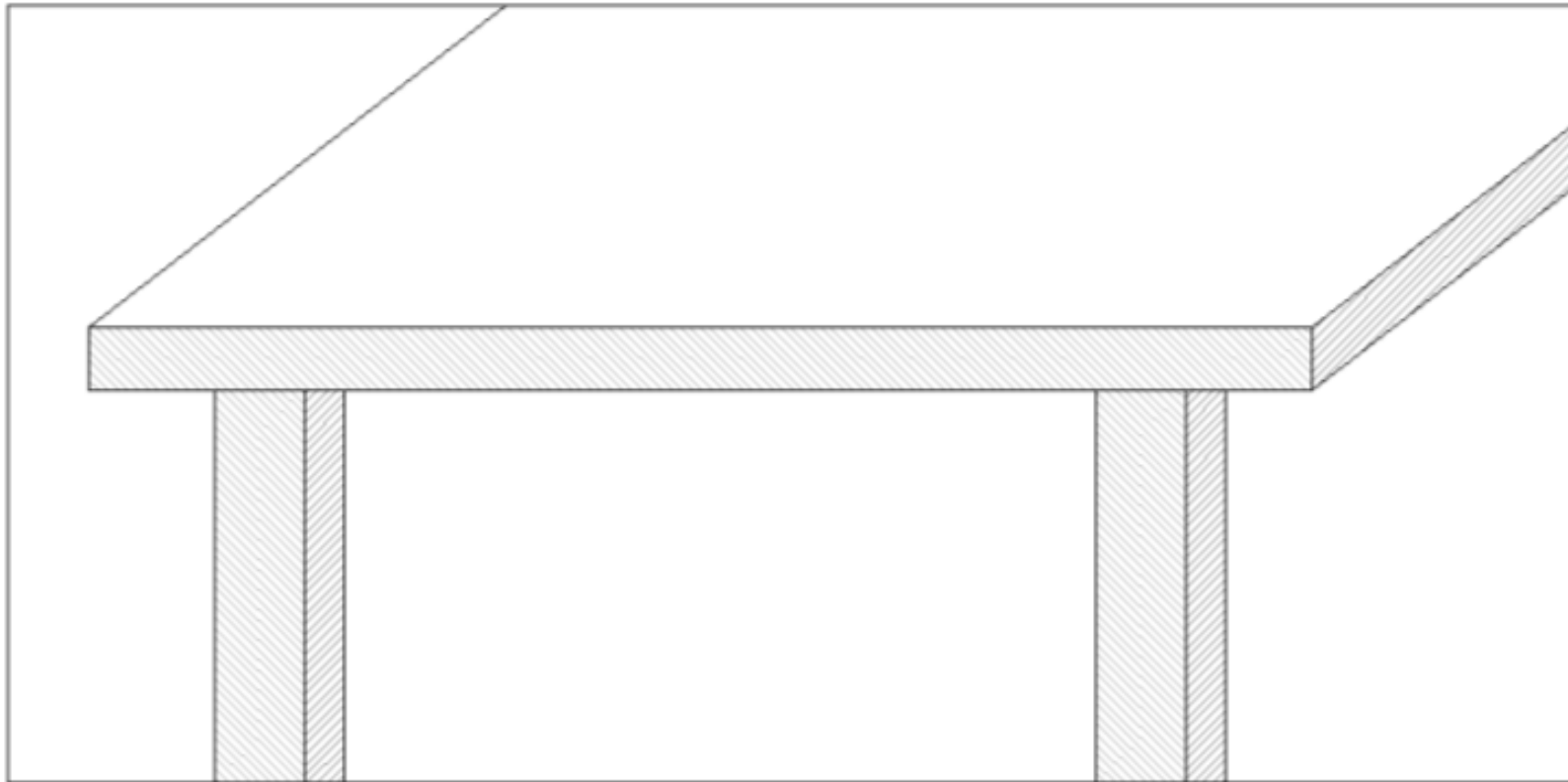
Software parameters visible in the background:

- Section Type:** Rettang. re, Trapezi, a T, Calcolare, Rettangoli, Coord.
- Input Table:**

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	50	4	1	1,57	22
2	10				
- Material Properties (FeB38k):**
 - f_{yk} : 326,1
 - E_s : 200.000
 - E_s/E_c : 15
 - $E_{s,rd}$: 1,631
 - $\sigma_{s,adm}$: 215 N/mm²
 - τ_{co} : 0,4667
 - τ_{c1} : 1,543
- Design Parameters:**
 - α : 1,749
 - λ/d : 0,07948
 - δ : 0,7
 - τ_{co} : 1,333
 - τ_{c1} : 3,4
 - α : 0,745
 - λ/d : 0,03107
 - δ : 0,7

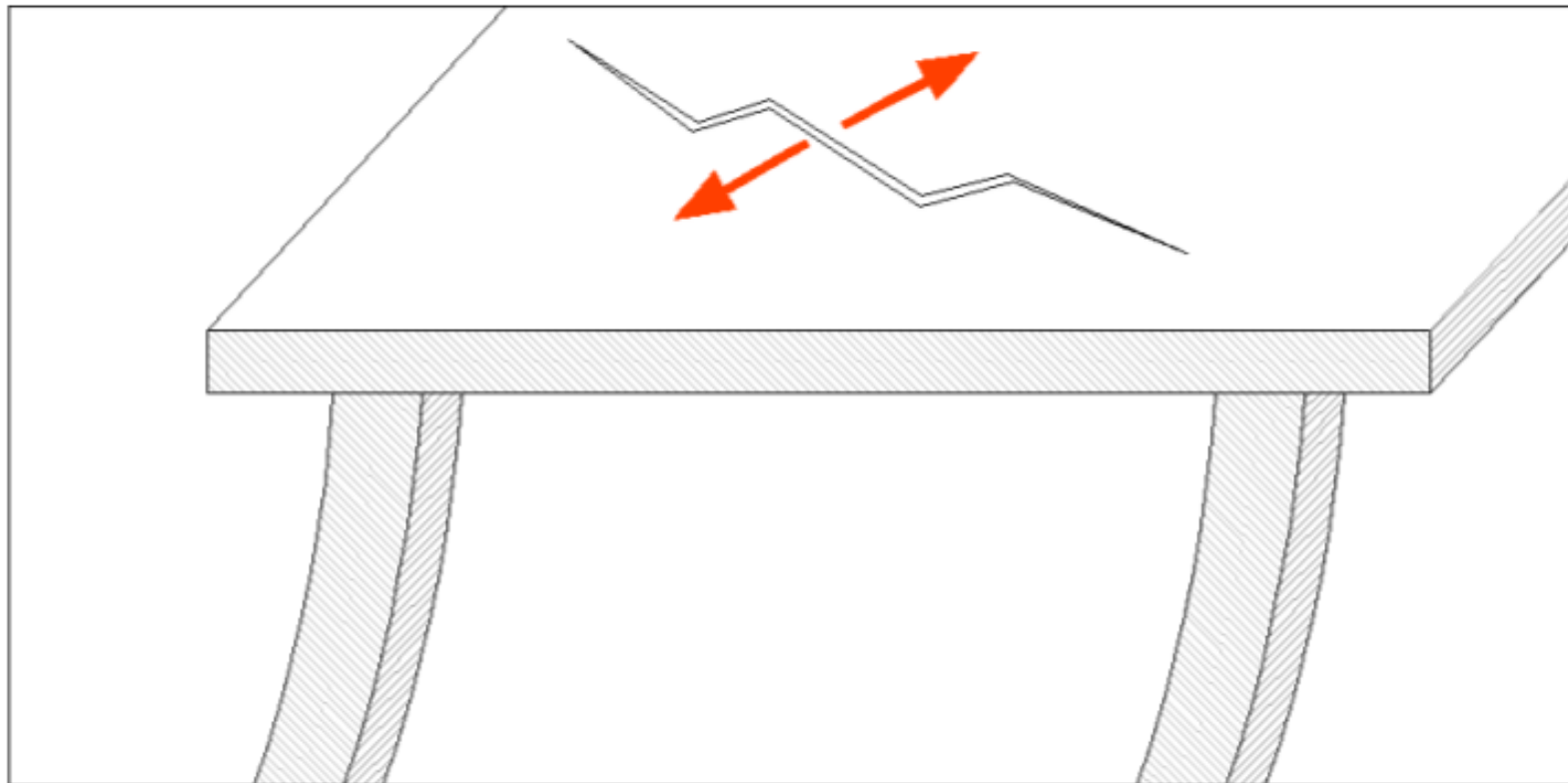
RINFORZO DI SOLAI con REFOR tec GF5 ST HS

RINFORZO EFFETTO DIAFRAMMA



RINFORZO DI SOLAI con REFOR tec GF5 ST HS

RINFORZO EFFETTO DIAFRAMMA



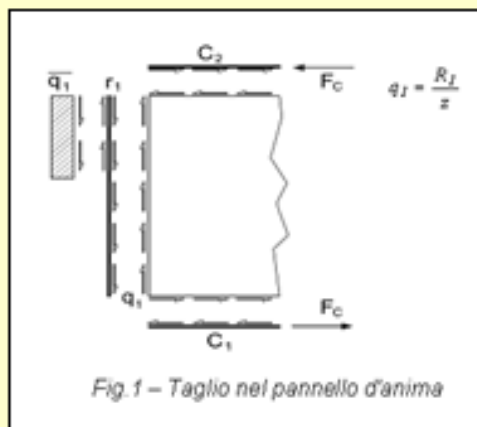
ESEMPI DI CALCOLO STRUTTURALE

VERIFICA DEL PANNELLO D'ANIMA

Dal punto di vista ingegneristico, si può considerare l'effetto diaframma ottenibile con cappa collaborante realizzata con tecnologia **REFOR-tec[®]** dimensionando il pannello d'anima per assorbire gli sforzi di taglio q_1 , come illustrato in figura 1. Affinché tali flussi di taglio siano trasferiti correttamente è necessario prevedere una connessione continua tra gli elementi.

In un rinforzo con cappa collaborante di tipo tradizionale, la rete elettrosaldata posta all'interno della cappa garantisce l'equilibrio della forza nelle due direzioni principali. Nel caso di utilizzo di cappa collaborante in **REFOR-tec[®] GF5 ST-HS** l'equilibrio delle forze di trazione nelle due direzioni è garantito grazie alla resistenza a trazione del materiale.

Considerando una resistenza a trazione del materiale pari a $f_t = 5 \text{ MPa}$, l'incremento di resistenza per il solaio o impalcato, ottenibile nell'ipotesi di realizzazione di una cappa collaborante in micro calcestruzzo fibrorinforzato **REFOR-tec[®] GF5 ST-HS** con spessori diversi, risulta essere:



$$F_{t,R} = 5000 \frac{kN}{m^2} \cdot (1m \cdot 0,0150m) = 75 kN / m \quad (\text{REFOR-tec}^{\circledast} \text{ spessore } 15 \text{ mm})$$

$$F_{t,R} = 5000 \frac{kN}{m^2} \cdot (1m \cdot 0,030m) = 150 kN / m \quad (\text{REFOR-tec}^{\circledast} \text{ spessore } 30 \text{ mm})$$

$$F_{t,R} = 5000 \frac{kN}{m^2} \cdot (1m \cdot 0,050m) = 250 kN / m \quad (\text{REFOR-tec}^{\circledast} \text{ spessore } 50 \text{ mm})$$

RINFORZO DI SOLAI

PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO DELL'OSPEDALE COTUGNO DI BARI



Oggetto:
Ospedale Cotugno

Località:
Bari

Ripristino:
Adeguamento sismico
Rinforzo di solai in laterocemento
con cappa collaborante

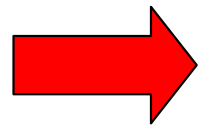
Quantità:
22'000 m² (15 mm)

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

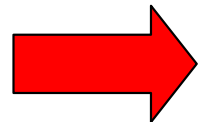


PROBLEMA

NECESSITÀ DI ADEGUAMENTO SISMICO DELLA STRUTTURA



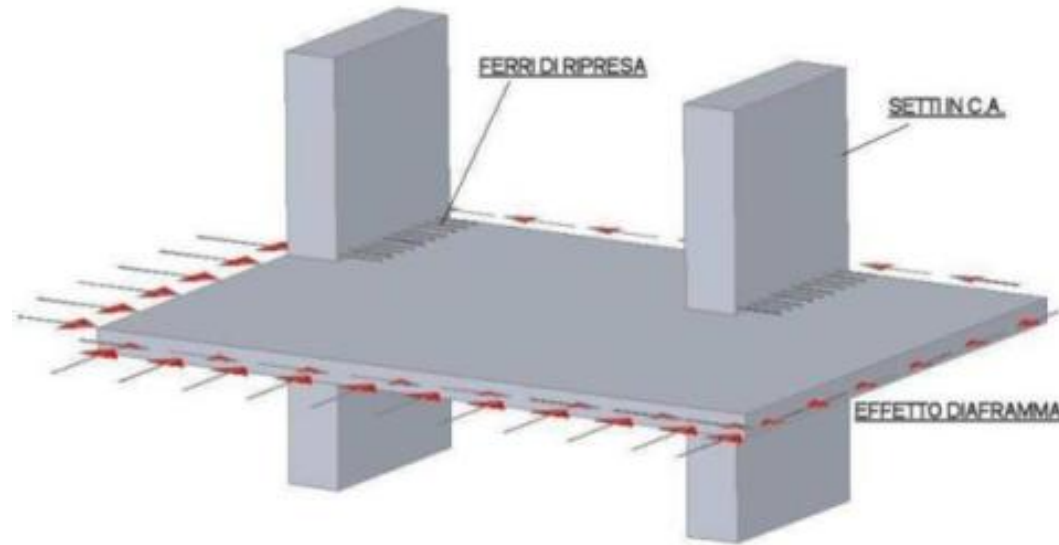
IL PROGETTO PREVEDEVA LA REALIZZAZIONE DI SETTI IN C.A. DESTINATI AD INCASSARE LE AZIONI ORIZZONTALI DOVUTE AL SISMA.



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 CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO AD ELEVATE PRESTAZIONI MECCANICHE FORMULATO AD HOC IN BASE ALLE ESIGENZE STRUTTURALI

A STAGIONATURA AVVENUTA, LE PROVE A STRAPPO PER LA VERIFICA DI ADESIONE AL SUPPORTO HANNO DIMOSTRATO:



OTTIMA ADESIONE DELLA CAPPA DI REFOR-tec[®] GF5/ST HS DI RINFORZO ANCHE IN ASSENZA DI SISTEMI DI CONNESSIONE, SU SUPPORTO ADEGUATAMENTE PREPARATO

FASI APPLICATIVE DI CANTIERE



RISULTATI

SONO STATI APPLICATI MIGLIAIA DI METRI QUADRI IN TOTALE ASSENZA DI FESSURAZIONI E CON PERFETTA ADESIONE DEL MATERIALE APPLICATO AL SUPPORTO



ICRI 2012 PROJECT AWARD WINNERS

AWARD OF EXCELLENCE: Special Projects Category

**SEISMIC RETROFITTING OF FLOORS WITH LOW THICKNESS
UHPFRCC MICRO-CONCRETE**

Bari, Italy

Submitted by **Tecnochem Italiana S.p.A.**



The Domenico Cotugno Hospital, constructed in 1930 in Bari, Italy, and located in Seismic Area Class 3, was recently renovated to be the new headquarters of the IRCCS Istituto Tumori Giovanni Paolo II. As a part of the analysis for design of the project, it was determined that the existing structure required seismic strengthening to bring the building into compliance with current codes.

One of the key elements of the seismic strengthening plan was membranous reinforcement of the floors using fiber-reinforced micro-concrete that was bonded to the existing concrete floors. This bond was needed to ensure that horizontal forces from an earthquake are transferred to the new partitions and existing walls.

The membranous reinforcement of the floors was achieved by using specially formulated ultra-high-performance fiber-reinforced cementitious composite (UHPFRCC) micro-concrete. The UHPFRCC material was formulated to be applied in a layer on reinforced floors.

UHPFRCC micro-concrete is a fiber-reinforced, self-consolidating mixture with very high mechanical strength and fracture energy. The three component product consists of a powder component, a liquid additive, and steel and polymer microfibers (0.6 in. [15 mm] long). The product sets in about 1 hour and develops high strength in the early stages so it can be opened to foot traffic after about 14 hours.

The main advantages of this system are minimal application thickness (0.6 to 0.8 in. [15 to 20 mm]), resulting in minimal increased load; adhesion to the substrate without necessity of connectors or resins; no reinforcement mesh required; very high ductility and resistance to cyclic load; increased bearing capacity in terms of bending moment and stiffness with reduced floor deflection; speed of application because of self-leveling material properties; and no construction or contractive joints.

Owner
ASL BA
Bari, Italy

**Project Engineers/
Designers**
IRCCS Istituto Tumori
Giovanni Paolo II
Bari, Italy

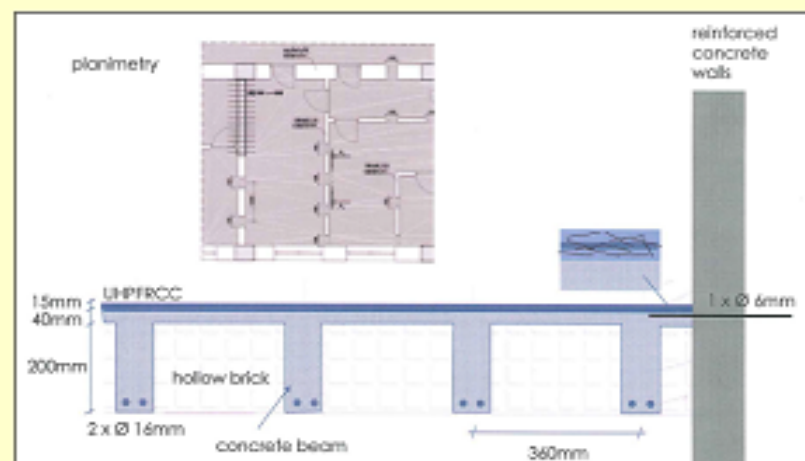
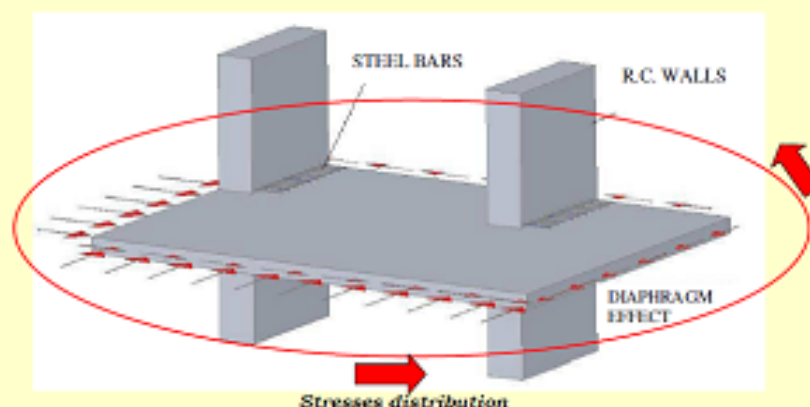
SGM Ingegneria SRL
Barletta, Italy

Repair Contractor
Salvatore Matarrese S.p.A.
Bari, Italy

**Material Supplier/
Manufacturer**
Tecnochem Italiana S.p.A.
Bergamo, Italy



**INTERNATIONAL
CONCRETE REPAIR
INSTITUTE**



Floors structural reinforcement for seismic retrofitting
REFOR-tec[®] GF5/ST-HS U.H.P.F.R.C.C. 15 mm

Award of Excellence

Presented to

TECNOCHEM ITALIANA SPA

in recognition of the

Structural Restoration of "Domenico Cotugno" Hospital in Bari - Italy

**SEISMIC RETROFITTING OF FLOORS WITH LOW THICKNESS
U.H.P.F.R.C.C. MICROCONCRETE**

Recognized for Excellence in the Special Projects Category

November 8th, 2012



INTERNATIONAL
CONCRETE REPAIR
INSTITUTE

RINFORZO DI SOLAI

PROGETTO DI ADEGUAMENTO SISMICO DEL PALAZZO DELLE POSTE DI MODENA



Intervento su un progetto esistente. Il campo prova in sito ha dimostrato la possibilità di sostituire i tasselli metallici + ancorante chimico con semplici carotaggi → **creazione di RADICI DI ANCORAGGIO**

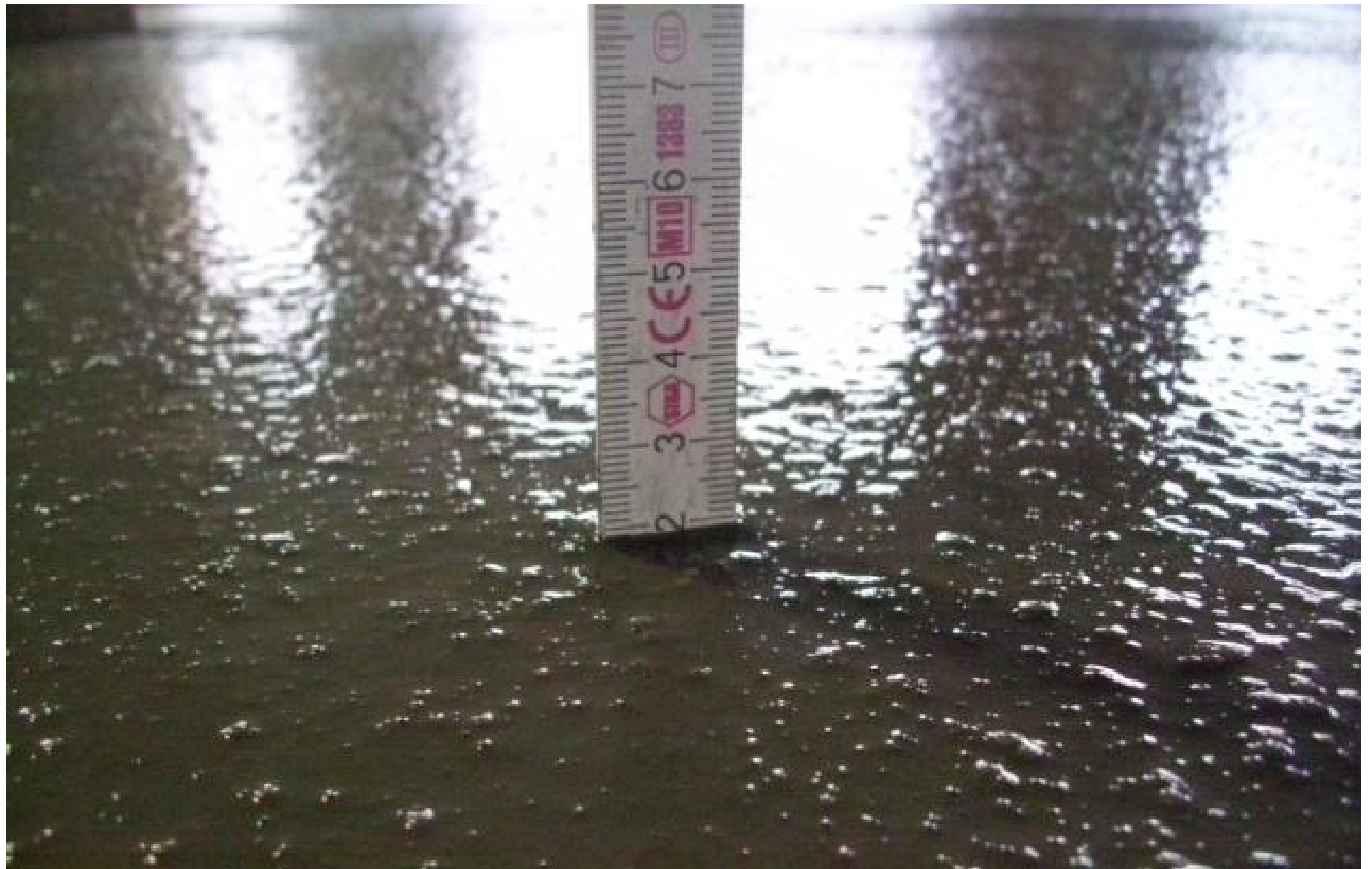


TECNOCHEM[®]
I T A L I A N A S p A



TECNOCHEM[®]
I T A L I A N A S P A





RINFORZO STRUTTURALE DI SOLAI IN LEGNO



Oggetto:

Ristrutturazione di vecchio edificio
da adibire ad Hotel

Località:

Milano, via San Tomaso

Intervento:

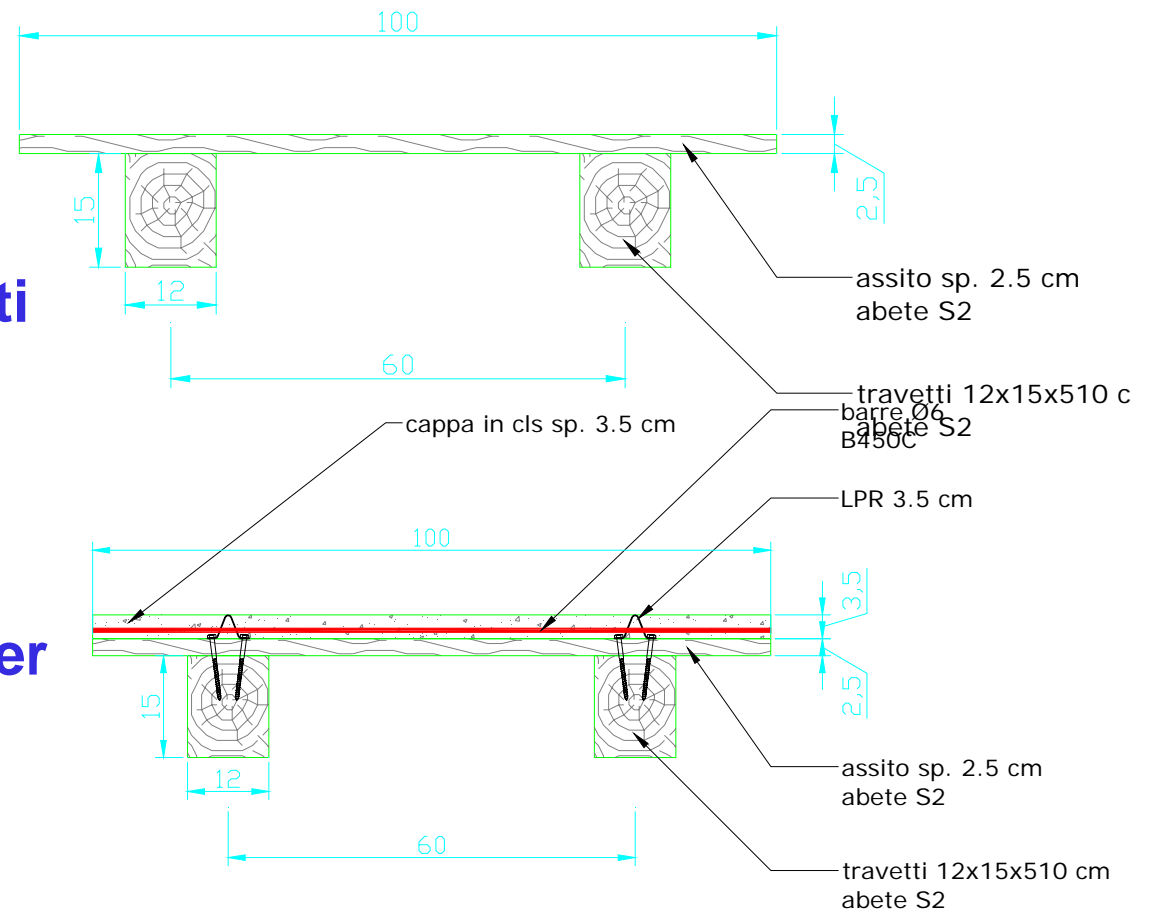
Rinforzo strutturale di solai in legno

Materiale:

Microcalcestruzzo fibrorinforzato
UHPFRCC REFOR-tec[®] GF5/ST-HS

APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU SOLAI IN LEGNO

- Spessore cappa collaborante 3,5 cm
- Connettori metallici con passo viti 10 cm / 20 cm
- viti di collegamento cls/assito Ø5
maglia 30 cm x 30 cm
- telo impermeabile e traspirante per la protezione del solaio in legno
- barre Ø6/20



APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU SOLAI IN LEGNO



Staggiatura del microcalcestruzzo Refor-tec GF5 ST-HS

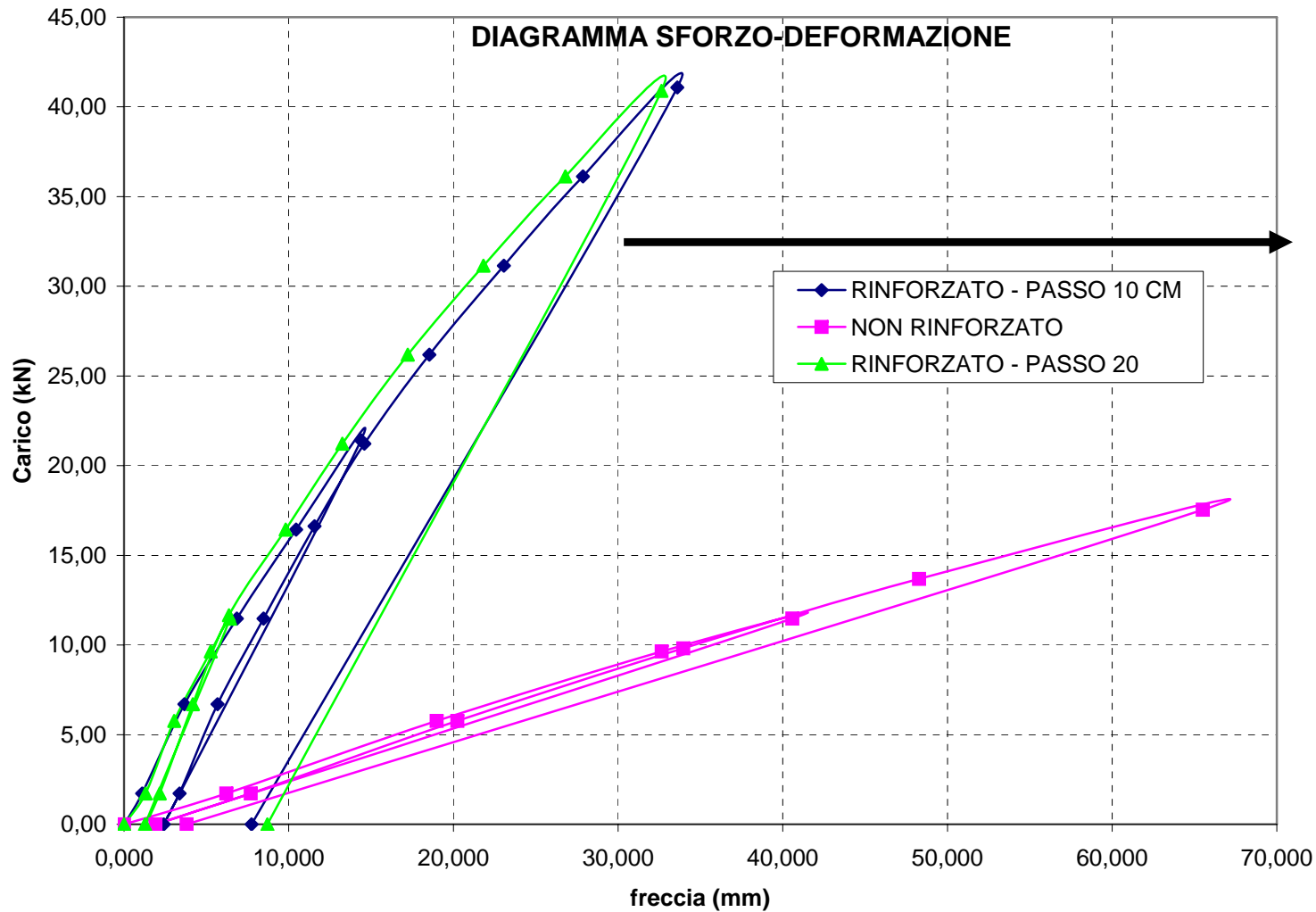
APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU SOLAI IN LEGNO



**Banco di prova a
flessione**



APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU SOLAI IN LEGNO



4 volte il carico di esercizio

PROVE SPERIMENTALI A FLESSIONE SU CAMPIONI DI SOLAIO

CARICO DI ROTTURA STRUTTURA RINFORZATA:

65 kN

CARICO DI ROTTURA STRUTTURA NON RINFORZATA:

22 kN

**IL CARICO DI ROTTURA DELLA STRUTTURA RINFORZATA CON
REFOR-TEC GF5 ST-HS è**

3 VOLTE

QUELLO DELLA STRUTTURA NON RINFORZATA

APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU SOLAI IN LEGNO IN ADERENZA CON LE MURATURE



APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU SOLAI IN LEGNO



Staggiatura



APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU SOLAI IN LEGNO




**Protezione con Curing
Compound UR19**

**APPLICAZIONE DI CAPPA COLLABORANTE SU
SOLAI IN LEGNO**



VANTAGGI RISPETTO AD UNA CAPPA TRADIZIONALE

1. Basso spessore applicativo (indic. 20-30 mm)  Limitato incremento dei carichi
2. Interventi sia su strutture in calcestruzzo che in legno
3. Collaborazione con struttura di origine anche con connessione puntuale e telo separatore
4. Nessuna necessità di rete di armatura
5. Incremento della capacità portante del solaio associata ad una riduzione della freccia dell'impalcato
6. Velocità di applicazione grazie alle proprietà autolivellanti del materiale

**Messa in sicurezza e
miglioramento/adeguamento sismico
CAPANNONI INDUSTRIALI**



Gruppo di Lavoro Agibilità Sismica dei Capannoni Industriali

Linee di indirizzo per interventi locali e globali su edifici industriali monopiano non progettati con criteri antisismici

In collaborazione con:



Federazione Regionale Ordini Ingegneri dell'Emilia Romagna

Le Linee Guida in oggetto mettono a disposizione dei Progettisti Istruzioni ed Indicazioni conseguenti ai Principi generali e criteri di intervento :

- **Prima fase** : principi per la rapida messa in sicurezza della struttura
- **Seconda fase** : principi di miglioramento od adeguamento sismico, a valle della verifica globale della struttura, con un criterio di additività nel quale la quasi totalità degli interventi della prima fase siano migliorativi nel progetto di intervento di seconda fase

Dopo le Linee Guida CNR 204-2006, viene nuovamente evidenziata la validità strutturalmente innovativa dell'utilizzo dei microcalcestruzzi **HPFRC – High Performance Fiber Reinforced Concretes**

RP4

**CONFINAMENTO E RINFORZO ALLA
BASE DEI PILASTRI MEDIANTE
INCAMICIATURA HPFRC**

Sin dall'Ordinanza 3274 del Maggio 2003, Tecnochem Italiana Promuove, Assiste progettualmente ed Applica Sistemi REFOR-tec[®] per il Rinforzo Strutturale ed Adeguamento Sismico di Strutture in C.A.

Nel post-sisma Emilia assumono grande rilievo le soluzioni pre-sisma con Sistemi Duttili REFOR-tec[®] e Sistemi Misti REFOR-tec[®] Acciaio per le Strutture Isostatiche dei Capannoni

SOLUZIONE 1



MODELLAZIONE STRUTTURALE:

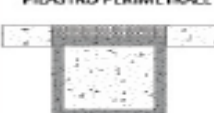
- modellazione tridimensionale con elementi beam;
- pannelli di tamponamento considerati solo come masse partecipanti all'evento sismico, il loro contributo irrigidente è stato trascurato;
- collegamento trave-pilastro mediante vincolo di cerniera;
- collegamento trave-tegolo mediante vincolo di cerniera.

REFOR-tec[®]



INCAMICIATURA DUTILE A BASSO SPESSORE DI PILASTRI PERIMETRALI E CENTRALI CON TECNOLOGIA HPFRC REFOR-tec[®]

INCAMICIATURA PILASTRO PERIMETRALE



INCAMICIATURA PILASTRO CENTRALE

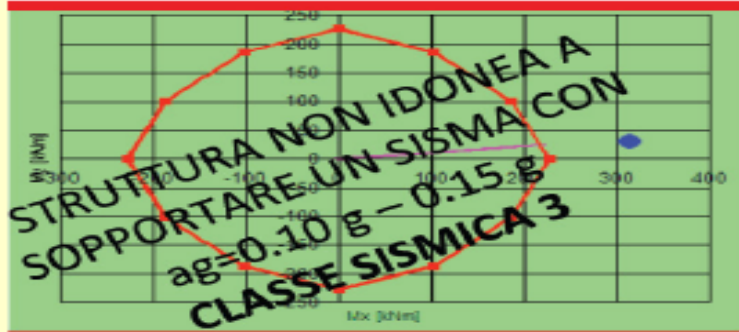


STRUTTURA IDONEA A SOPPORTARE IL SISMA DI PROGETTO



CAPANNONE TIPO

- Struttura PRE-RINFORZO senza collegamenti trave-pilastro e tegolo-trave
- Masse partecipanti all'evento sismico applicate nel nodo di sommità di ciascun pilastro

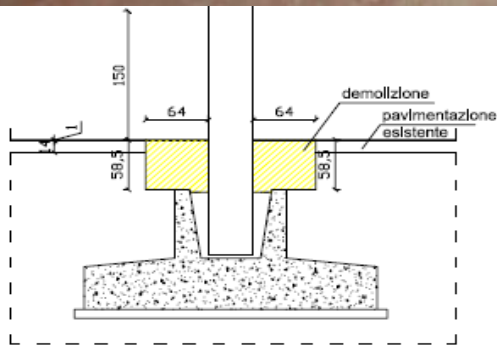


CONNESSIONI TRAVE-PILASTRO E TEGOLO-TRAVE CON SISTEMI MECCANICI DUTILI - RESISTENZA DINAMICA - DISSIPAZIONE



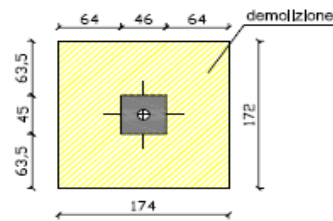
Struttura crollata dopo evento sismico 0,10-0,15 g CLASSE SISMICA 3

Soluzioni pre-sisma REFOR-tec[®] per Adeguamento Sismico di Strutture Isostatiche nei Capannoni Industriali

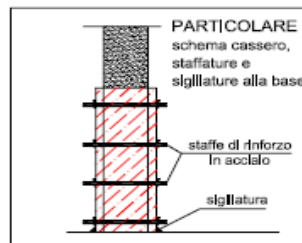
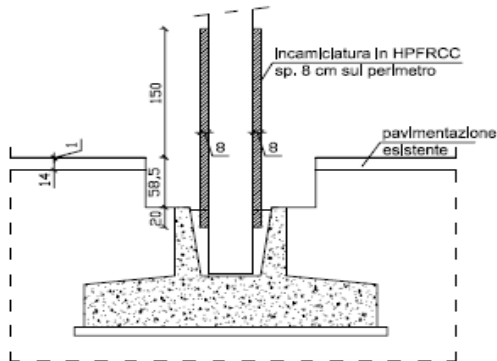


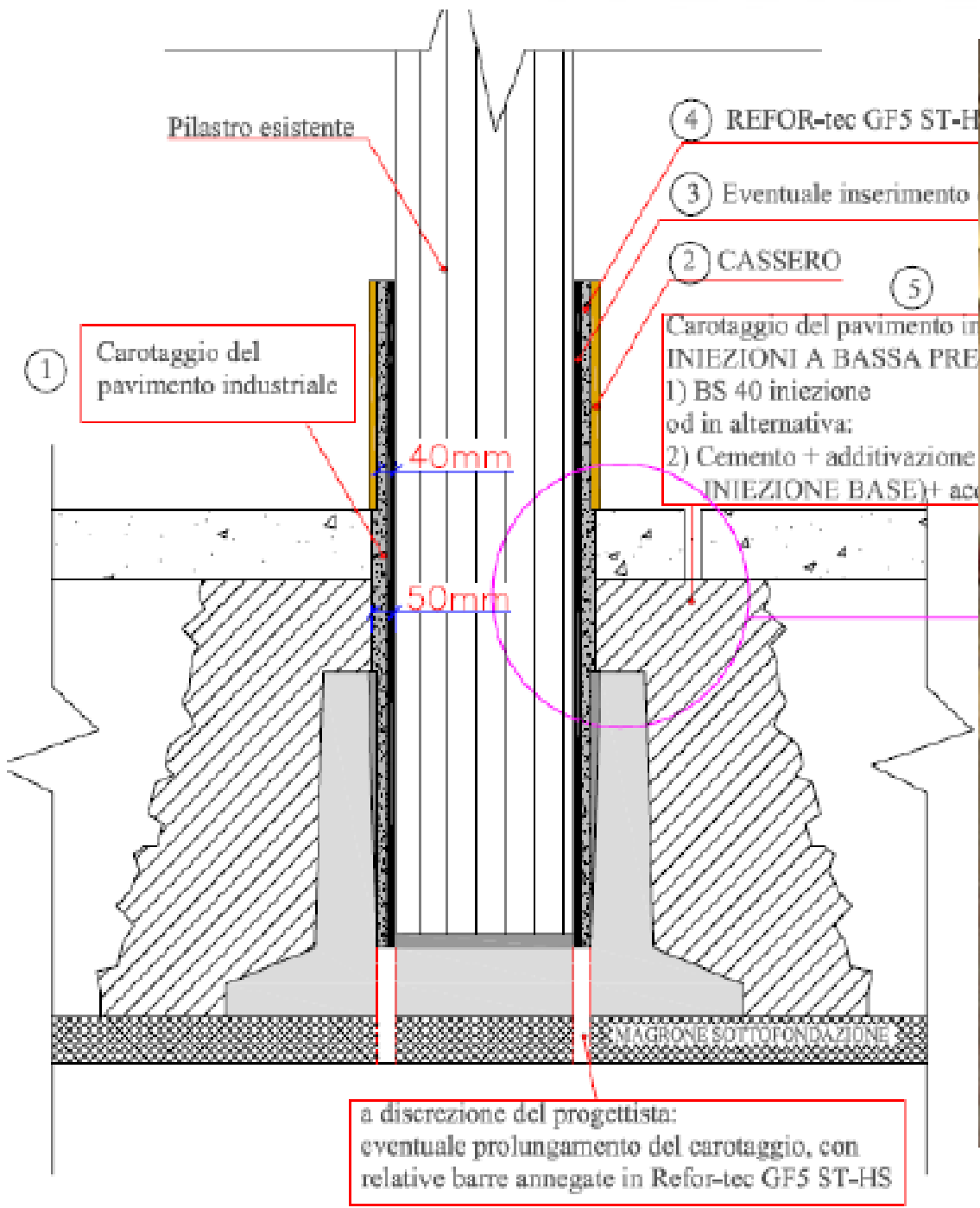
INTERVENTO TIPO
SU PILASTRI

P8 P9



- N.B,
1 - prima di forare qualsiasi elemento verificare l'assenza di armature mediante pachometro
2 - la geometria del pilino e del colletto sono da verificare in cantiere



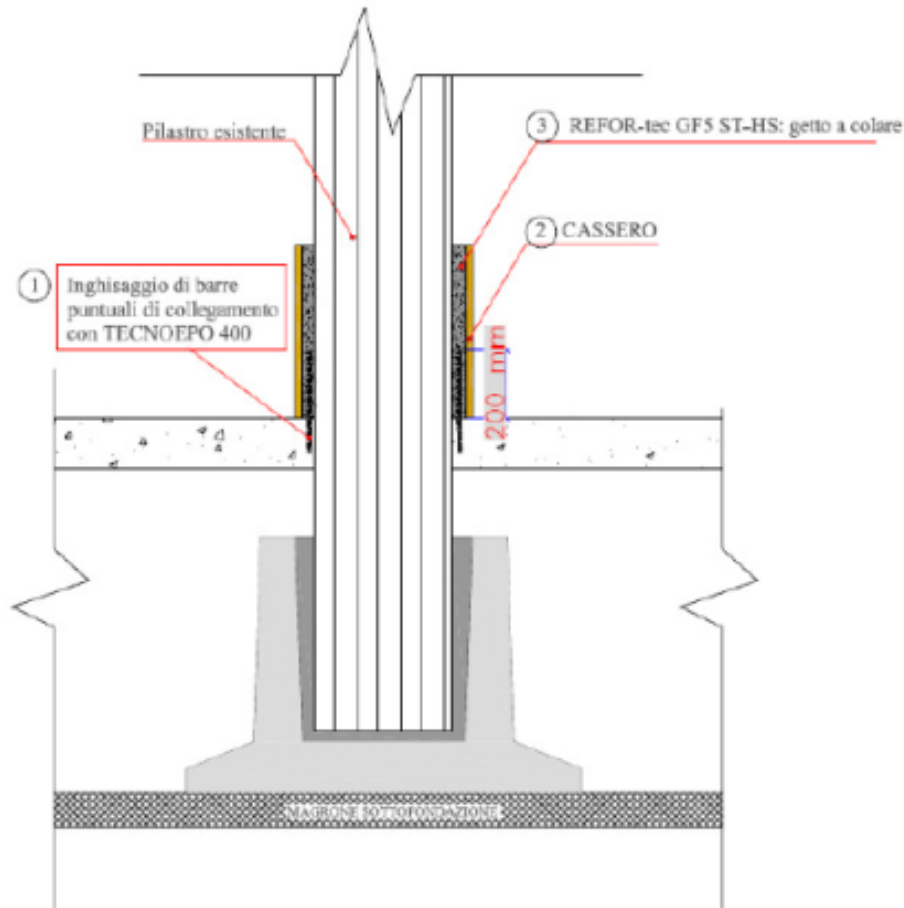




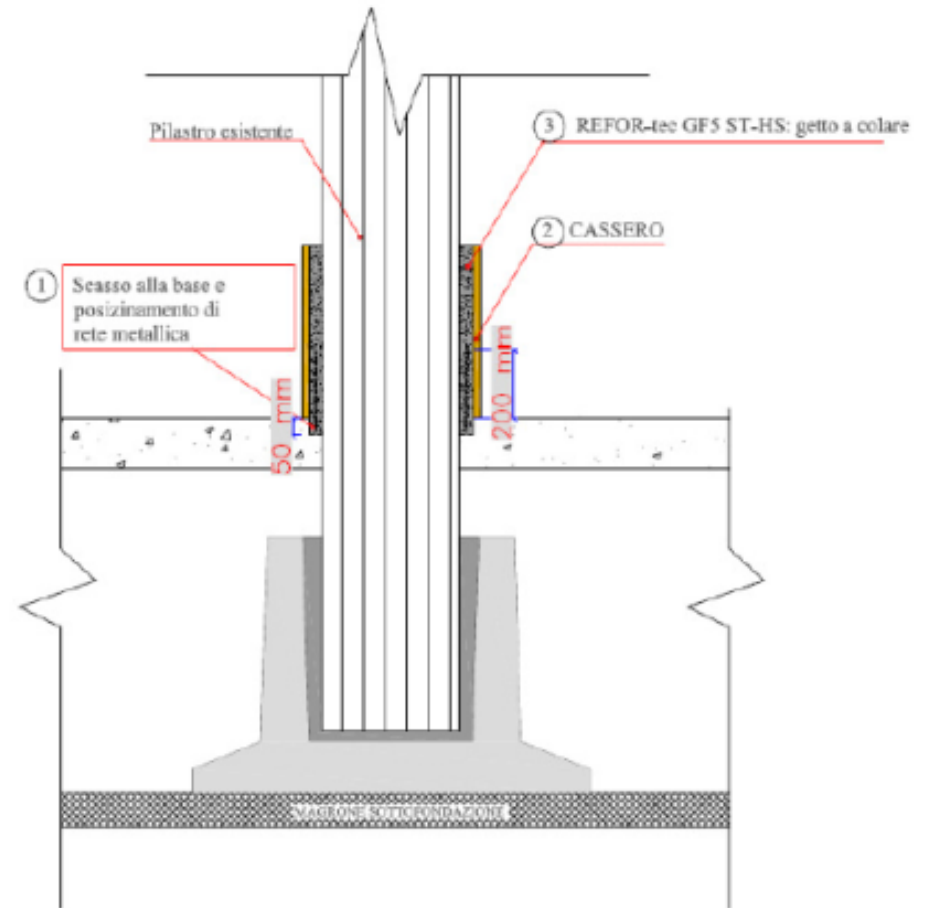
N.ID. RP-4

**CONFINAMENTO E RINFORZO ALLA BASE DEI PILASTRI
MEDIANTE INCAMICIATURA IN HPFRC**

In alternativa il collegamento può essere
realizzato nel seguente modo:



COLLEGAMENTO CON CONNETTORI



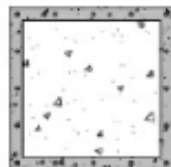
COLLEGAMENTO CON RETE METALLICA

Tecnoepo 400

ADESIVO PER INCOLLAGGIO STRUTTURALE

CE approved – Certificato n. 1305 - CPD - 0808
EN 1504-4 prospetto ZA.1a e ZA.1b

Prodotto per l'incollaggio strutturale del calcestruzzo armato con malta aderente, con cls aderente, con piastra aderente



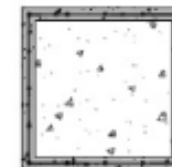
REFOR-tec[®] GF 5 / ST - HS tricomponente

Microcalcestruzzo UHPFRC

Ultra High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composite

CE approved – Certificato n. 1305 - CPD - 0808
EN 1504-3 Classe R4

Microcalcestruzzo duttile ad elevata Energia di Frattura ed elevatissime prestazioni fisico-meccaniche

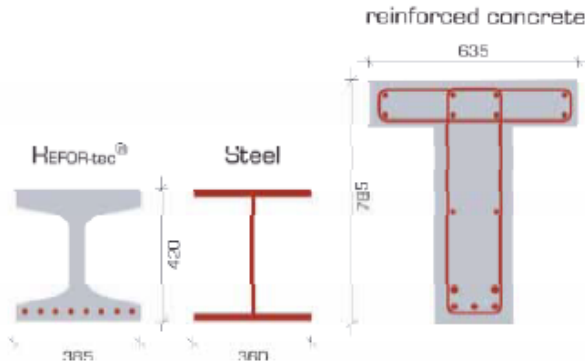


REFOR-tec®

**MICROCALCESTRUZZI FIBRORINFORZATI
AD ELEVATISSIME PRESTAZIONI**

HPFRC High Performance Fiber Reinforced Concretes

UHPFRCC Ultra High Performance Fiber Reinforced
Cementitious Composites



MANUALE TECNICO

- **CALCOLO STRUTTURALE**
- **VOCI DI CAPITOLATO**
- **VOCI DI COSTO**

nei rinforzi strutturali su :

- **PILASTRI**
- **TRAVI**
- **SOLAI**
- **NODI TRAVE-PILASTRO**

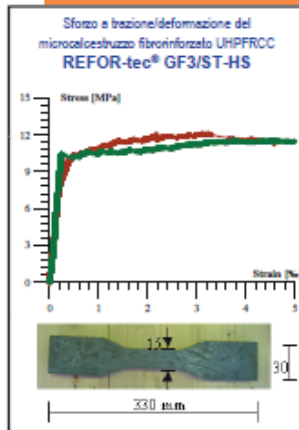
RINFORZO DI PILASTRI



RINFORZO DI TRAVI



RINFORZO DI SOLAI SU LEGNO



technology
↑



MANUALE REFOR-tec®

- **Analisi di calcolo e verifiche strutturali**
- **Voci di capitolato**
- **Voci di costo**





Grazie per l'attenzione

www.tecnochem.it