

MADE EXPO 2011



BETONTEX RINFORZI IN COMPOSITO PER EDILIZIA:

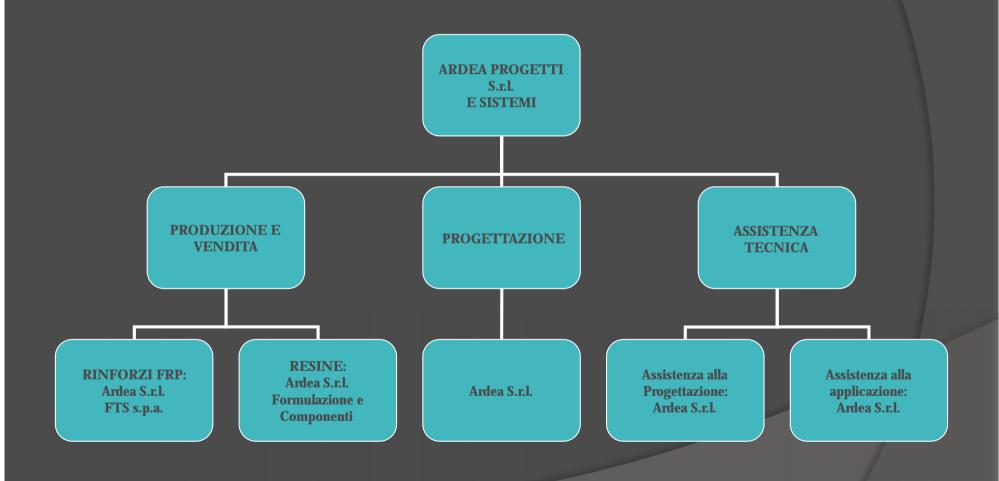
Nuovi Sviluppi ed Applicazioni Ing. Gianluca Ussia – Prof. Lino Credali

> Ardea Progetti e Sistemi Srl -Bologna-

Made Expo 2011 Sala Taurus- Milano-Fiera Rho



La nostra organizzazione



Esperienze Acquisite

- Applicazioni navali (Cacciamine, Coppa America)
- Componenti per Aerospazio(Antenne, Parti Meccaniche)
- Caschi ed elmetti, protezione balistica
- Articoli sportivi (sci, telai auto sportive, cerchioni)
- Tessitura rinforzi e preimpregnati
- Formulazione resine
- Sintesi chimica e produzione di fibre
- EDILIZIA: opera nel settore degli FRP in edilizia dal con una esperienza pluri-decennale in tutti i settori un applicazione dei compositi con la Soc. Ardea srl Bologna:











COSA SONO I MATERIALI COMPOSITI

MATRICE + RINFORZO = COMPOSITO

- -La FIBRA prende i carichi.
- -La MATRICE prende la forma e trasferisce i carichi alla fibra.

Matrice : resina polimerica o malte polimero modificate

Rinforzo: fibre continue in: vetro, carbonio, aramide

Fibra

Matrice

In un Composito:

$$\sigma_c = \sigma_f \times V_f + \sigma_m \times V_m$$

 $E_c = E_f \times V_f + E_m \times V_m$

I COMPOSITI IN EDILIZIA

Cominciano ad essere utilizzati a metà degli anni '80 in Giappone e negli Stati Uniti.

In Italia vengono introdotti negli anni '90 soprattutto nel recupero strutturale di edifici storici.

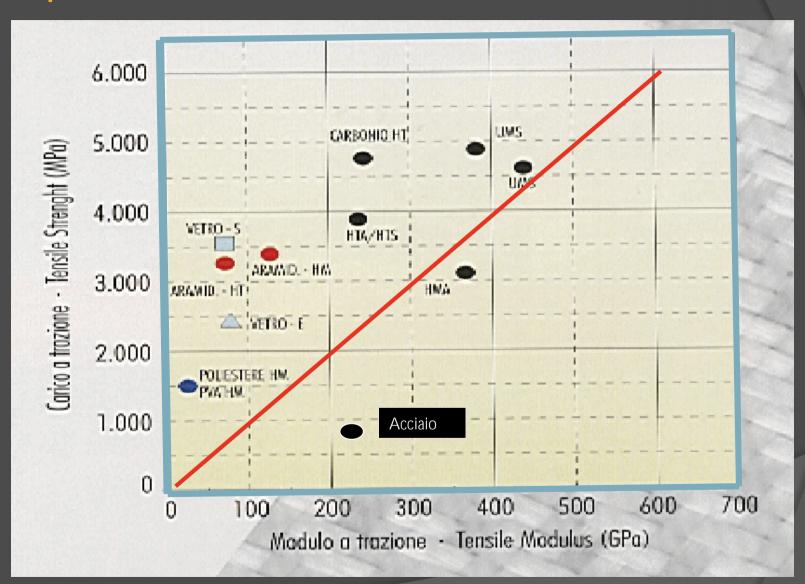
Nel 2004 viene presentata la Normativa di riferimento per il consolidamento strutturale con materiali compositi fibrorinforzati

- CNR DT 200/2004 per il rinforzo di strutture in c.c.a, c.a.p. e muratura
- CNR DT 201/2005 per il rinforzo di strutture lignee (inchiesta pubblica in fase di definizione)
- CNR DT 202/2005 per il rinforzo di strutture in acciaio (inchiesta pubblica in fase di definizione)

I COMPOSITI IN EDILIZIA

- Elevate proprietà meccaniche. Le fibre di carbonio sono cinque volte più resistenti dell'acciaio
- Leggerezza della struttura. Densità della fibra 1,8g/cm3- acciaio 8 g/cm3
- Bassa invasività. Il materiale viene applicato sulla superficie esterna della struttura con spessori di pochi millimetri facilmente nascosti all'interno dell'intonaco
- Assenza di fenomeni di corrosione- Nessuna richiesta di manutenzione nel tempo
- Grande resistenza alla fatica. Elevata capacità di dissipazione dell'energia di deformazione e vibrazionale (sisma e traffico pesante)
- Reversibilità dell'intervento. Applicati in superficie sono facilmente rimovibili senza richiedere ripristini particolari della struttura
- Semplicità di messa in opera. Una più semplice e veloce messa in opera, senza l'ausilio di apparati di sollevamento, semplificando enormemente le problematiche del cantiere.

Proprietà delle fibre



Fibra di Carbonio Caratteristiche

- Elevate proprietà meccaniche
- Elevata resistenza termica
- Altissima resistenza agli agenti esterni
 - non presenta fenomeni di corrosione
 - è insensibile all'ambiente alcalino
- Non brucia
- Presenta una rottura fragile, che tuttavia non costituisce un problema nelle applicazioni in edilizia (Non si arriva mai alla rottura della fibra)

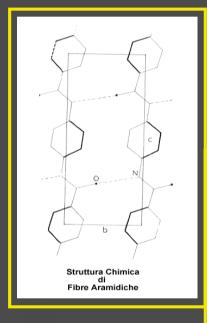
Il Carbonio può essere utilizzato in qualsiasi situazione: CALCESTRUZZO e MURATURA

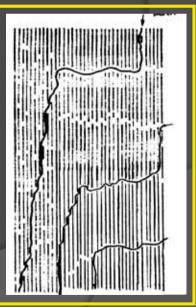
Fibre Aramidiche LCP-PBO

ALTO MODULO (102 GPa)

BASSO MODULO (70 GPa)

- Struttura
 Poliammide Aromatica a struttura organica cristallina
- (LCP- PBO)Aramidica ad Anelli condensati
- Nella fibra i cristalli assumono una disposizione lamellare
- La propagazione della frattura attraverso le lamelle determina un elevato assorbimento di energia (Difesa Balistica) NEL SETTORE EDILIZIO SI UTILIZZANO LE FIBRE AD **ALTO MODULO**





Applicazione delle Fibre Aramidiche

Impieghi:

- ✓ rinforzo murature
- ✓ contenimento fessure
- ✓ rinforzo volte
- ✓ cerchiature pilastri
- ✓ L'impiego di fibre organiche con malte cementizie è da considerare con prudenza , per la bassa resistenza all'umidità di questa fibra.

La fibra aramidica può essere utilizzata come

PRESIDIO DI RESISTENZA che interviene in caso di carichi accidentali straordinario di eventi non usuali come il Sisma (Effetto Ammortizzante delle vibrazioni)

Fibre di Vetro

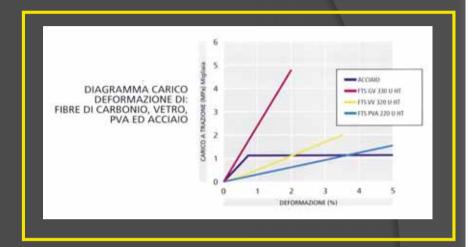
Struttura inorganica a base di silicati

Proprietà meccaniche:

inferiori a quelle delle Fibre di Carbonio e delle Fibre Aramidiche

Modulo elastico = 70 GPa

Carico di rottura = 2000 - 2500 MPa



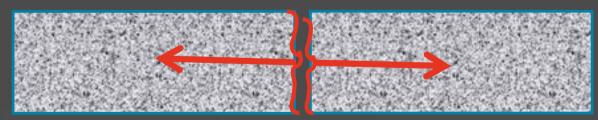
- Sensibilità all'acqua ed all'ambiente alcalino (richiedono un'ottima protezione con la resina)
- Non possono essere utilizzate direttamente per il rinforzo del calcestruzzo
- Possono essere impiegate nel rinforzo di murature
- Indicate per il tamponamento di grandi superfici in laterizio (Reti), per il rinforzo di travi in legno o di elementi resistenti a compressione
- Nel dimensionamento occorre tener presente il valore del Modulo Elastico, pari a 1/3 di quello della Fibra di Carbonio

RINFORZO ESTERNO APPLICATO ALLA STRUTTURA: QUALI EFFETTI PRODUCE ?

Aumenta la resistenza a trazione: conferisce resistenza a trazione materiale che ne è carente (cemento, muratura)



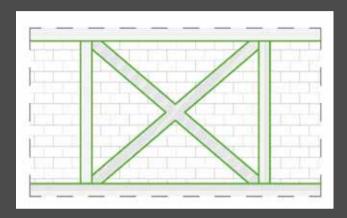
Contiene la fessura: contrasta l'allargamento della fessura

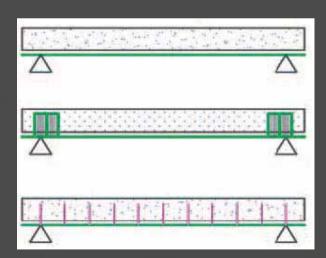


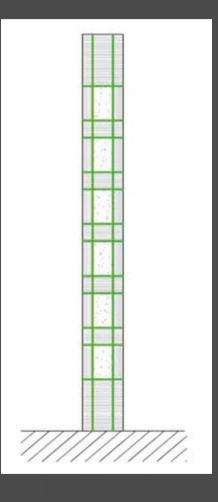
Permette il confinamento della struttura: cerchiatura

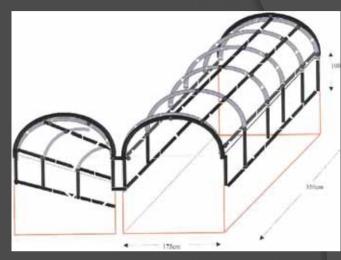


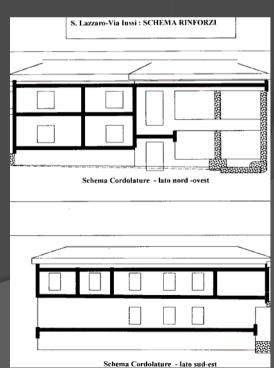
COME APPLICARLI



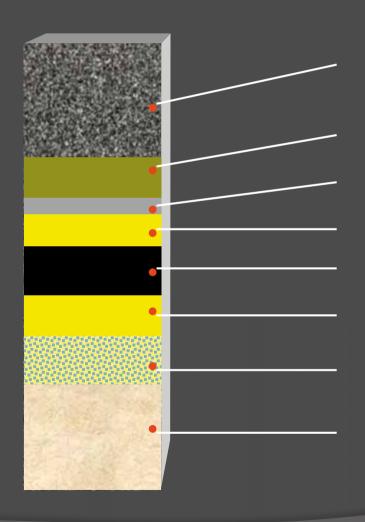








Fasi di Applicazione



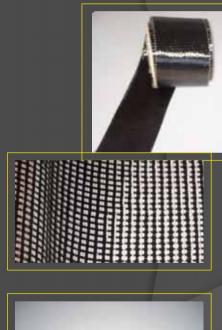
- 1 Superficie da trattare previa eventuale ricostruzione e pulizia
- 2 Primer Epossidico
- 3 Rasante Epossidico
- 4 Resina per Laminazione 1° ciclo
- 5 Rinforzo in Carbonio
- 6 Resina per Laminazione 2° ciclo
- 7 Sabbia quarzifera per aggrappo intonaco
- 8 Intonaco



PRODOTTI BETONTEX®

Prodotti tessili non impregnati da laminare in situ in fibra di carbonio, aramidiche, vetro e sistemi ibridi ottenuti con un procedimento di Termosaldatura

- Nastri unidirezionali, biassiali e multiassiali da 300-600 g/m² termosaldati
- Reti biassiali termosaldate da 150-200 g/m²
- Barre
- Lamine Pultruse
- Lamine ottenute con tecnologia sottovuoto
- Resine e sistemi epossidici



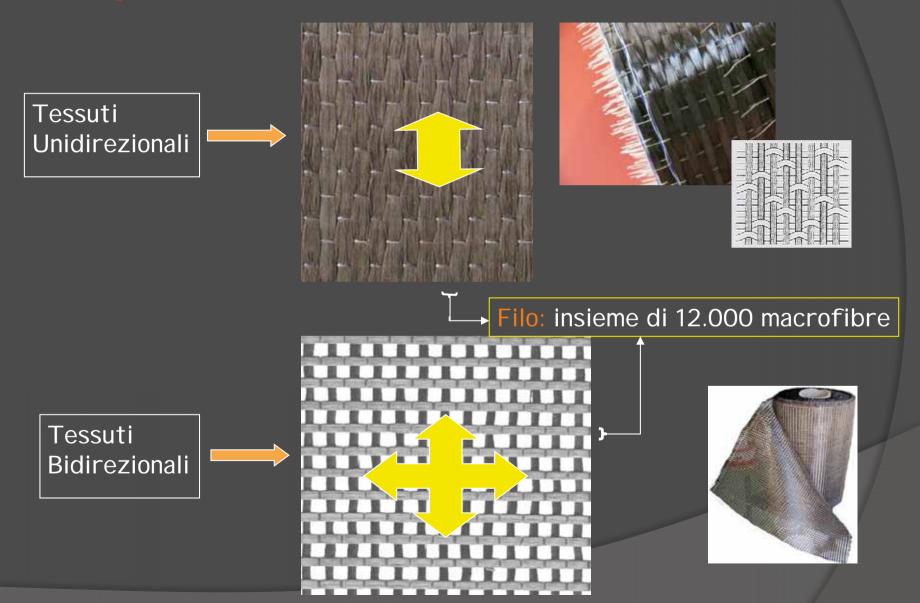


BETONTEX

PRODOTTI E SVILUPPI

TESSUTI IN FIBRA DI CARBONIO

(European Patent EP 0994223- 1998)



Reti

Recentemente è stata sviluppata una tipologia di Rete nella quale i fili di Trama e Ordito (termosaldati) sono sovrapposti anziché essere intrecciati fra loro, evitando così l'ondulazione del filato.

Le reti possono trovare applicazione quando occorre realizzare un'azione di rinforzo in due direzioni.

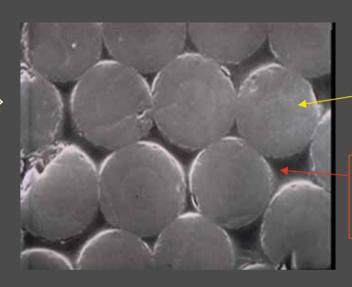
DIREZIONE DELLA MAGLIA = 1 - 2 cm

 $PESO = 120 - 300 \text{ g/m}^2$

Anche in questo caso le caratteristiche devono essere considerate nelle rispettive direzioni della fibra.

LAMINE PULTRUSE IN CARBONIO

Laminati ====



Fibra: Carbonio

₩70% del volume

Matrice: Resina epossidica

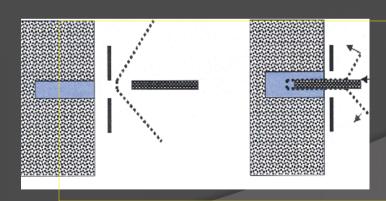


Barre e connettori Ardfix

Il Sistema Ardfix è applicabile sul calcestruzzo e sulla muratura.

- Consente un controllo ottimale del Debonding
- Sistema di ancoraggio dei rinforzi al supporto
- Ausili: nastri in fibra di carbonio GV330U-HT e barre in carbonio ELIPS F10
- I connettori possono essere passanti e non

ECONOMICO E DI SEMPLICE REALIZZAZIONE



NUOVI SVILUPPI DELLA TECNOLOGIA BETONTEX

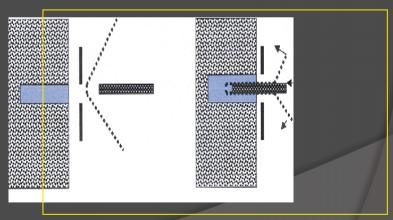
BARRE

Le barre trovano larga applicazione in sinergia con i rinforzi laminati in situ per:

- ✓ Creare collegamenti attraverso le murature
- ✓ Staffare i rinforzi laminati per ancorarli nello spessore della muratura

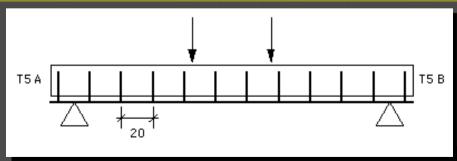
Un buon esempio è il sistema Ardfix che combina la barra con il nastro di rinforzo.





PIOLATURA ARDFIX SU TRAVI RINFORZATE





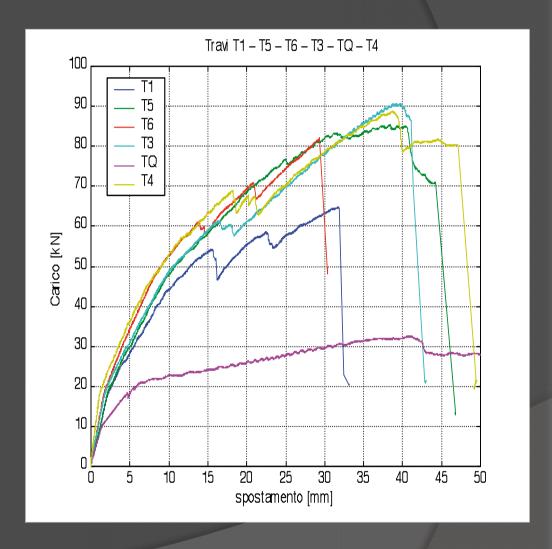




Rottura del carbonio in mezzeria

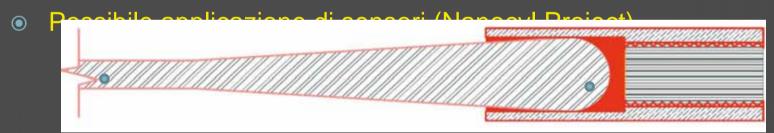
RISULTATI

Tipo trave	P _{max} [kN]	F 1 _(Pmax) [mm]	F 2 _(Pmax) [mm]	F3 _(Pmax) [mm]
Trave T1	64.70	32.18	18.30	17.73
Trave T3	90.76	39.67	22.53	22.28
Trave T4	88.75	39.23	21.74	19.84
Trave T5	85.36	39.00	20.74	21.64
Trave T6	81.99	29.86	18.41	17.50
Trave TQ	32.56	40.95	20.02	18.83



NUOVO SVILUPPO TIRANTI BETONTEX TIE

- I tiranti BETONTEX ARAMID TIE HM sono costituiti da una treccia in fibra aramidica, e da un "core" in carbonio
- Alle estremità sono applicati due anelli rivestiti con guaina anti-abrasione Dyneema che si incastrano con un perno nei terminali in metallo
- Protezione esterna con guaina in fibra poliestere ad alto modulo elastico





MESSA IN SICUREZZA DEL TIMPANO DELLA BASILICA DELLE ANIME SANTE (L' AQUILA)

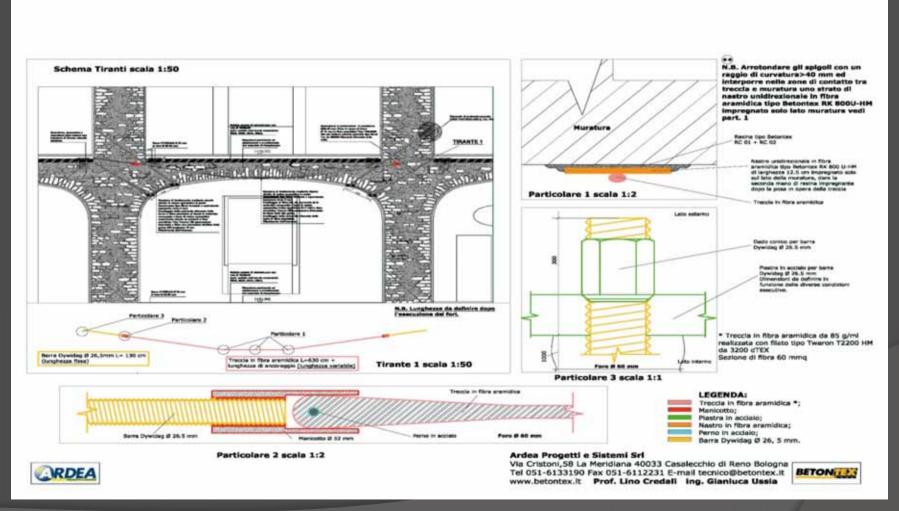
- ✓ PESO DI 38 m DI TIRANTE: 3,5 kg
- ✓ I TIRANTI BETONTEX TIE SONO STATI MESSI IN OPERA DA PERSONALE CALATO DA UN ELICOTTERO
- ✓ CARICO DI ROTTURA NOMINALE = 18 ton
- ✓ CARICO DI ROTTURA MISURATO = 15 ton
- ✓ CARICO DI PRETENSIONE = 5000 kg



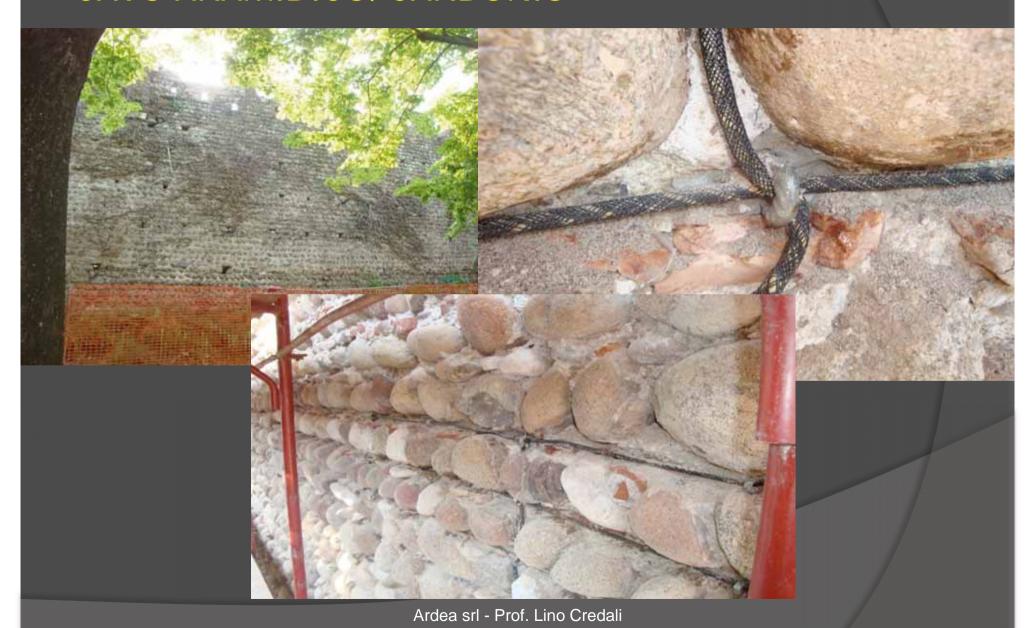




BETONTEX TIE APPLICAZIONE DI TIRANTI PRE-TESI REALE ALBERGO DEI POVERI (NAPOLI)



MURA DI BASSANO: RISTILLATURA ARMATA CON CAVO ARAMIDICO/CARBONIO



RECUPERO STRUTTURALE DELLA FACCIATA BASILICA S.PETRONIO -BOLOGNA (2011)



Rinforzo utilizzato: Betontex TIE

- Cavo in fibra di carbonio rivestito con fibra aramidica, pretrazionato e impregnato con resina epossidica
- -Ristillatura dei corsi con malta a base calce



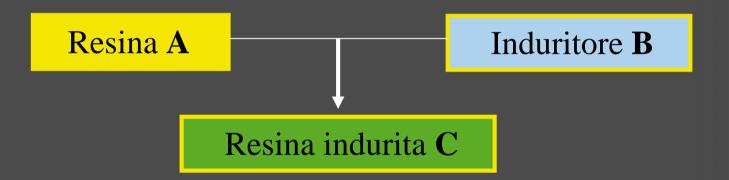
RESINE ED ADESIVI

- Resine Epossidiche
- Nuovi Sviluppi

MESSA IN OPERA DEI RINFORZI

NASTRI - RETI – TESSUTI IMPREGNAZIONE IN SITU: LA RESINA

Le Resine Epossidiche sono BICOMPONENTI





Liquido A

Liquido B

Solido a struttura tridimensionale C

Ardea srl - Prof. Lino Credali

TEMPERATURA DI FUSIONE T_f e T_g

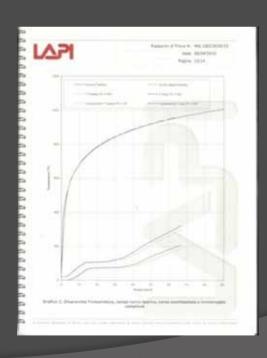
- La temperatura di fusione T_f non esiste per le resine epossidiche: sono polimeri reticolati che non possono fondere.
- La T_g è la temperatura di transizione del 2° ordine e corrisponde a un maggior grado di libertà delle catene polimeriche; ciò comporta una riduzione di modulo elastico (transizione reversibile).
- La transizione T_g è correlata all' HDT (Heat Distortion Temperature)
 NUOVI SVILUPPI

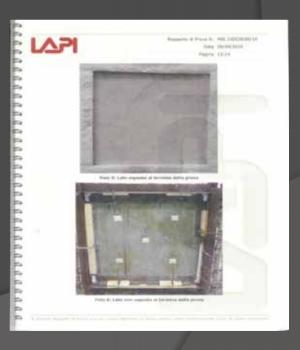
Sistemi di Protezione Passivi
RESINE CON ELEVATE CARATTERISTICHE TERMICHE
BETONTEX IPN

RESISTENZA AL FUOCO

- La resina epossidica non fonde!
- La resina epossidica non brucia in assenza di ossigeno
- La resina epossidica pirolizza oltre i 350 °C



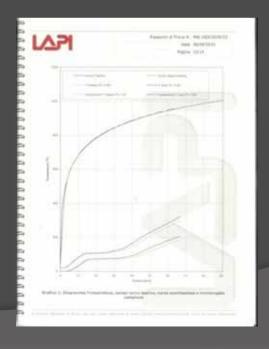




Ardea srl - Prof. Lino Credali

PROTEZIONE PASSIVA

ARDEA STA SVILUPPANDO IL SISTEMA DI PROTEZIONE PASSIVO BETONTEX FP30, CHE MANTIENE UNA TEMPERATURA INFERIORE ALLA HDT (110°C) PER 40 MINUTI ESPOSTO A 800-1000°C (UNI EN 1363 ED. 2001)

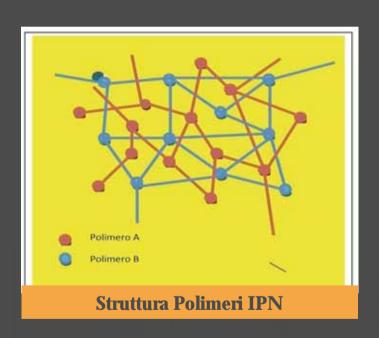


NUOVO III

ADESIVI BETONTEX IPN

INTERPENETRATED POLYMER NETWORK

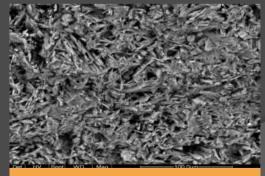
Prodotto bicomponente a struttura reticolata interpenetrata a base di polimeri organici solubili in acqua supportati su matrice inorganica/microcristallina/tixo



BETONTEX IPN 01 PRIMER

Promotore di Adesione BETONTEX IPN 02 IMPREGNANTE Adesivo Impregnante

BETONTEX IPN 03 PUTTY
Adesivo



Struttura microcristallina di adesivi IPN

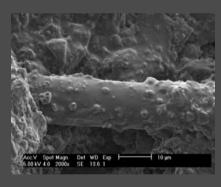
NUOVO !!!

ADESIVI BETONTEX IPN





LA LINEA DI ADESIVI BETONTEX IPN E' UTILIZZABILE PER L'APPLICAZIONE DI RETI IN CARBONIO O IN VETRO ALCALI RESISTENTI (AR) CON MATRICI CEMENTIZIE O A BASE CALCE SU SUPPORTI IN CALCESTRUZZO, MURATURA, LEGNO



L'analisi al microscopio elettronico evidenzia la perfetta adesione fibra/ matrice utilizzando Betontex IPN 01 e IPN 02

• Compatibili con gli ambienti alcalini

- Nessuna variazione termica del secondo ordine (T_n)
- Å Ita resistenza termica superiore a 180 °C

CARATTERISTICHE

IPN 01 - IPN 02 - IPN 03

- Sistema a due componenti A + B
- Applicarzione a pennello rullo spatola
- Tempo di gelo a 20° C = 40 minuti
- Tempo di indurimento = 80-120 minuti
- Tempo indurimento totale = 48 ore

GRANDE FLESSIBILITA' D'IMPIEGO

- > Applicabili su superfici umide di qualsiasi tipo
- > Micro porosità della struttura
- > Permeabili al vapore acqueo

CLASSIFICAZIONE PER IL COMPORTAMENTO AL FUOCO: METODO UNI 9177 (1987) = CLASSE 1 (UNO MUOVO !!!

ADESIVI BETONTEX IPN



INTERPENETRATED POLYMER NETWORK

Ricerche in corso presso l'Università di Atene











Ardea srl - Prof. Lino Credali

MATRICI CEMENTIZIE

- Sviluppate recentemente
- Presentano i seguenti problemi:
 - nessuna impregnazione del rinforzo
 - traspirabilità assente con malte polimero modificate
 - scarsa resa della fibra di carbonio (Proprietà meccaniche inferiori al 40%)
 - degrado del rinforzo con impiego di fibre organiche
 - o vetro, non resistenti all'ambiente alcalino
 - non bruciano? Dipende dalla quantità di polimero

FIBRE DI VETRO AR ALCALI RESISTENTE

Struttura inorganica a base di silicati ad alto contenuto di Ossido di Zirconio

Proprietà meccaniche:

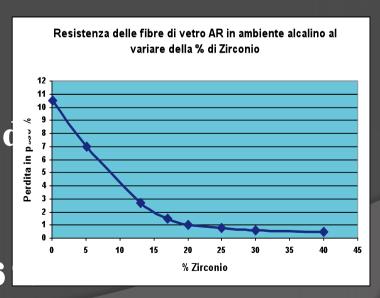
inferiori a quelle delle Fibre di Carbonio e delle Fibre Aramidiche

Modulo elastico = 70 GPa

Carico di rottura = 2000 - 2500 MPa

- -La resistenza all'ambiente alcalino dipende dal contenuto d Zirconia
- -Il contenuto in Zirconia della fibra deve essere superiore al 16

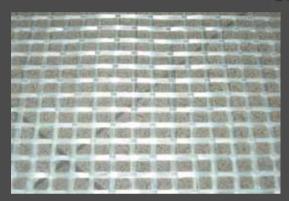




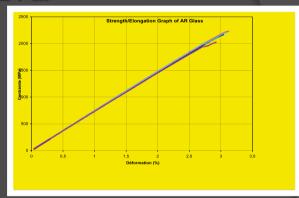
ZIRCONGLASS WIRE

RETE TERMOSALDATA CON FILATO ALCALI RESISTENTE
NO RIVESTIMENTO

SI COMPATIBILITÀ CON LE MALTE







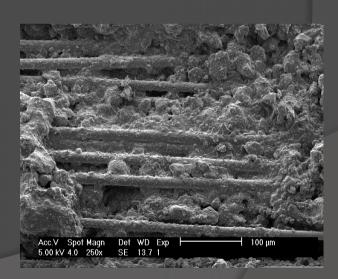
FIBRA DI VETRO AR - ALCALI RESISTENTE (IN OTTEMPERANZA ALLA NORMA UNI EN 15422)

NESUN RIVESTIMENTO POLIMERICO: LA MALTA CEMENTIZIA PUÒ ADERIRE DIRETTAMENTE ALLA FIBRA

FIBRA APRETTATA AD ALTA ADESIONE AL CALCESTRUZZO

APPLICAZIONE CON MATRICI CEMENTIZIE CON PROMOTORE DI ADESIONE BETONTEX IPN 01

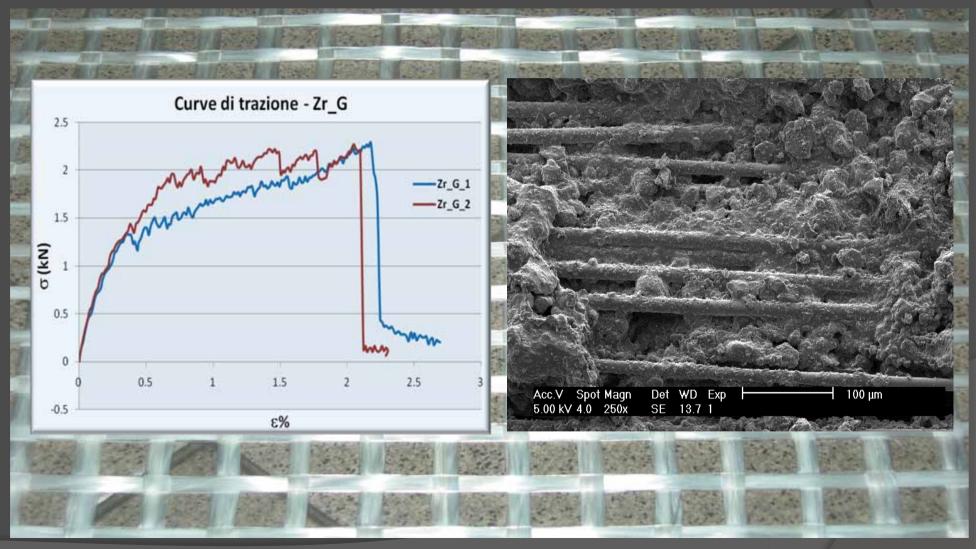
RETE TERMOSALDATA (TECNOLOGIA BETONTEX) AD ALTA STABILITÀ



Ardea srl - Prof. Lino Credali

ZIRCONGLASS WIRE RV220 AR

Diagramma carico deformazione - Prove di trazione su campione di rete in malta cementizia con promotore di adesione IPN 01



BETONTEX

I sistemi Betontex sono presenti nelle più importanti opere di restauro in Italia

- Basilica di S. Petronio Bologna
- Porticato Via Indipendenza Bologna
- Porticato Via Montegrappa Bologna
- Venaria Reale Torino
- Cenobio di S. Vittore Bologna
- Oratorio di S. Filippo Neri Bologna
- Basilica di S. Antonio Padova
- Teatro Testoni Bologna
- Teatro Petrarca Arezzo
- Teatro La Fenice -Venezia
- Palazzo Bentivoglio Bologna
- Corte Benedettina di Legnaro Padova
- Villa Bertani Reggio Emilia
- Chiesa di Sovana Grosseto
- Basilica delle Anime Sante L'Aquila
- Museo di Agrigento Agrigento
- Chiesa della Madonna del Pianto Carrara
- Palazzo Comunale di Cento Ferrara
- Palazzo Comunale Costigliole Cuneo
- Reggia di Racconigi -Cuneo
- Basilica di Vicoforte -Cuneo

Scuole Ercolani - Bologna

Autostrade Salerno - Reggio Calabria

Autostrade Orte Roma Viadotti Tevere

Grand Hotel - Alassio

Castello Vares di Cles - Trento

Duomo di Orbetello - Grosseto

Basilica di Alba - Cuneo

Accademia Navale di Livorno

Galleria Sottopasso della Stua – Padova

Madonna di Campiano - Modena

Stabilimento Nimax - Bologna

Stabilimento S.A. C.M.I. - Imola

S. Maria della Misericordia – Bologna

S. Giustina in Prato della Valle – Padova

Chiesa di S. Cristina - Bologna

Convento di S. Antonio - Messina

Palazzo della Gran Guardia - Padova

Palazzo dello Sport - Bologna

Palazzo Sede FAO - Roma

Grand Hotel-Alassio

ESEMPI APPLICAZIONI E CANTIERI



Rinforzo Timpano Biblioteca Basilica S. Antonio Padova



Grande Hotel di Alassio

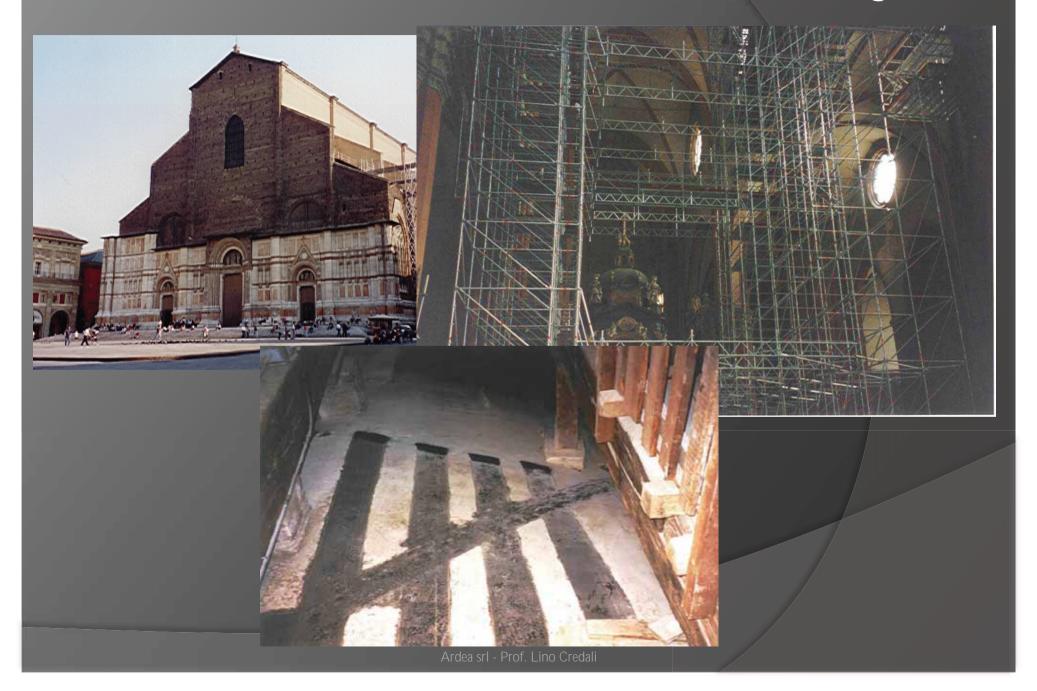






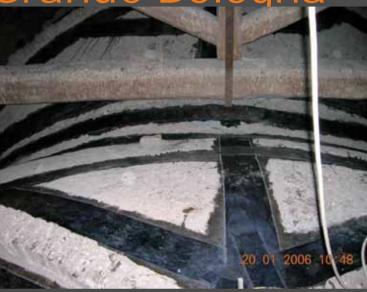
Ardea srl - Prof. Lino Credali

Rinforzo estradosso volte Basilica S.Petronio Bologna



Chiesa di Osteria Grande Bologna

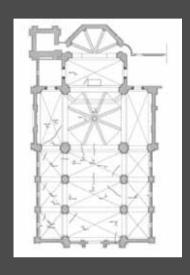


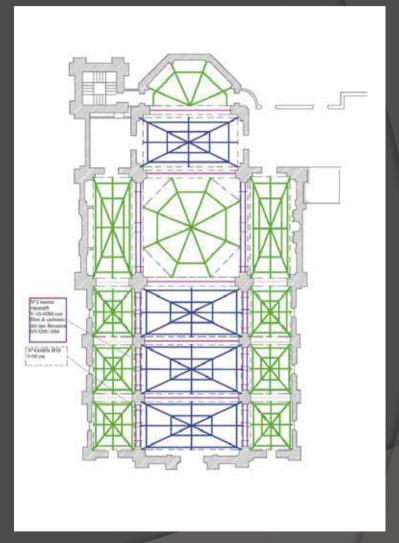






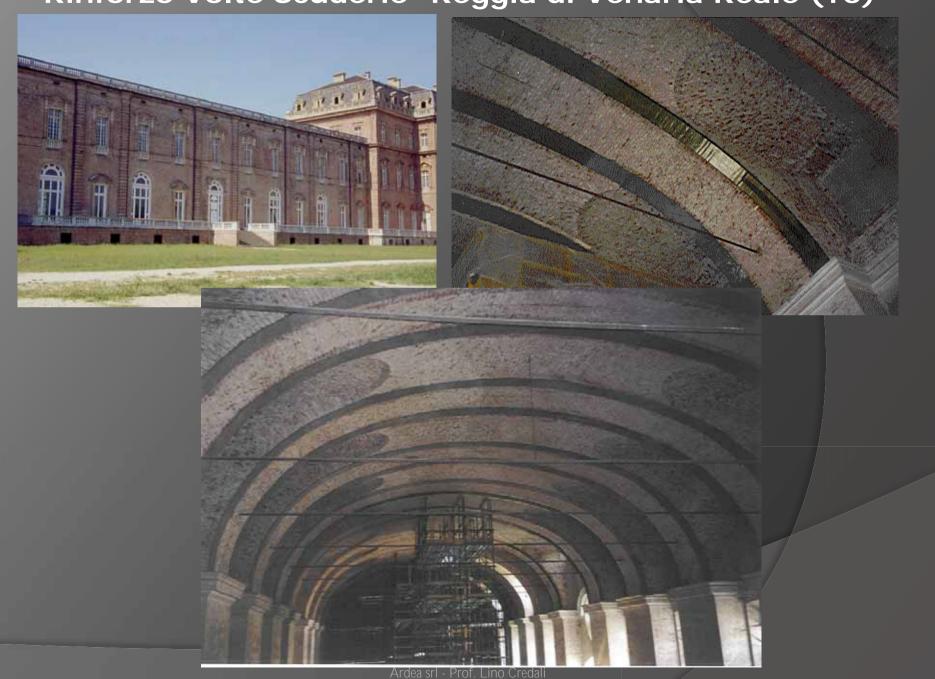
Chiesa di Osteria Grande Bologna





Quadro Fessurativo Schemi di Progetto

Rinforzo Volte Scuderie- Reggia di Venaria Reale (To)



STRUTTURE IN TUFO: Basilica di SOVANA (GR)









STRUTTURE IN TUFO: Basilica di SOVANA (GR)









Messa in Sicurezza Paramenti della Basilica S.Pietro Bologna



Basilica di Vicoforte (CN)



Basilica di Vicoforte Situazione Paramento Esterno





Basilica di Vicoforte Paramento esterno dopo l'intervento





Basilica di Vicoforte Intervento sulla gronda



Basilica di Vicoforte

Stato iniziale della Gronda



Basilica di Vicoforte

Gronda :Applicazione rinforzi



Basilica di Vicoforte

Gronda: Applicazione Malta



Basilica di Vicoforte Collaudo Gronda Inverno 2009



Duomo di Alba



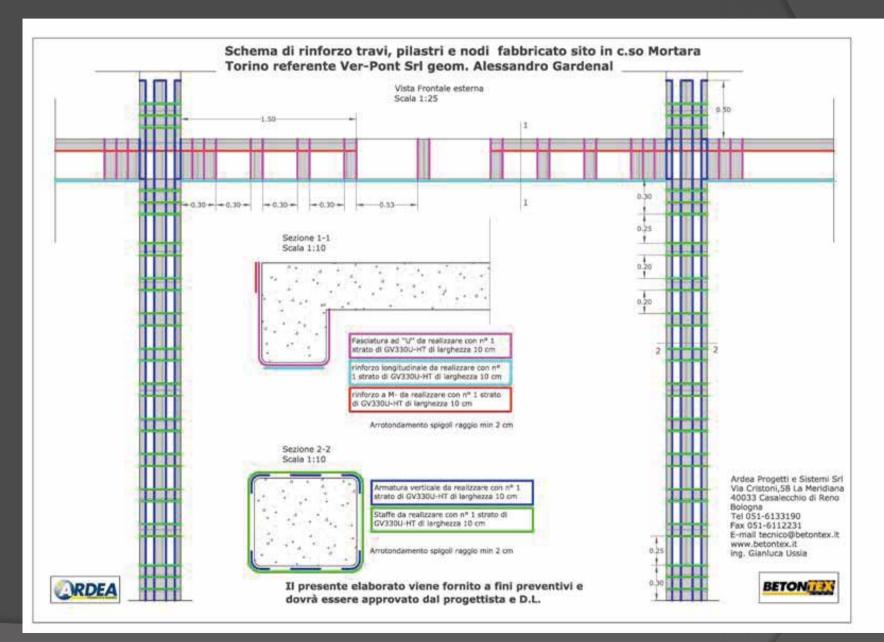
Duomo di Alba







RINFORZI STRUTTURE C.A.



Recupero Ex Officine Savigliano C.so Mortara -Torino









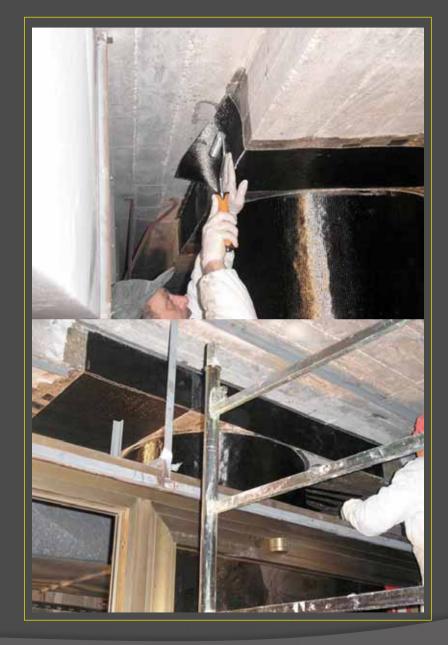
Recupero Ex Officine Savigliano C.so Mortara -Torino







Biblioteca Civica Verona





Rinforzo Ponte in c.c.a. Parco Reggia di Racconigi (CN)







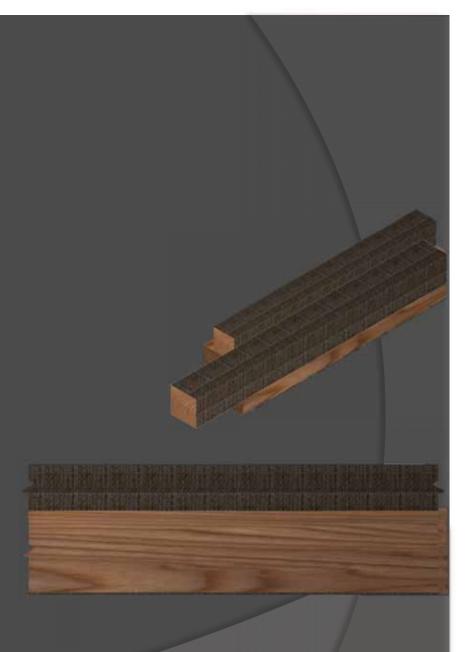


Ardea srl - Prof. Lino Credat

ARDWOOD®

ARDWOD® è un sistema di rinforzo per strutture lignee con elementi confinati in fibra di carbonio.
I vantaggi della tecnologia ARDWOD® sono:

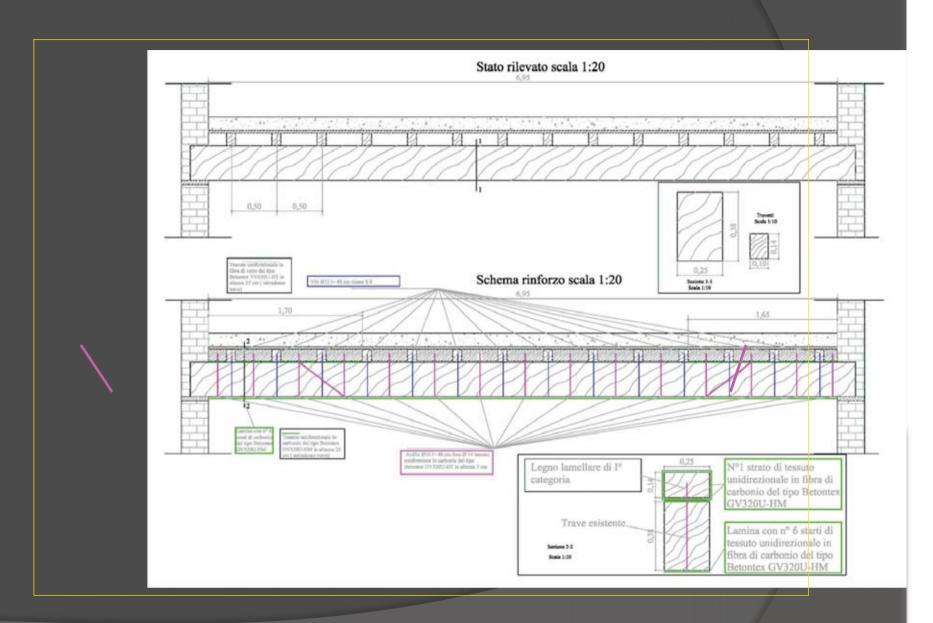
- Leggerezza;
- Scarsa invasività;
- •Elevate prestazioni meccaniche, con aumento di rigidezza dell'elemento rinforzato;
- •Facilità di messa in opera;
- •Sinergia con la struttura esistente.
- •Il sistema può essere combinato con rinforzi in fibra di carbonio in zona tesa e solidarizzato alla trave esistente con connettori ARDFIX®.



Rinforzi strutture lignee

	Fr	DRY NIME	4
Luce di Calcolo	m	7.05	
Larghezza della trave B	cm	25	
Altezza della trave H	cm	38	
Interasse trave i	m	3.20	
Larghezza dei travetti b	cm	10	
Altezza dei travetti h	cm	14	
Carico agente sulla trave	daN/m	2000	
Q			
Freccia(prima) calcolo	cm.	8.02	
elastico			

Progetto



Risultati

La freccia misurata a puntelli eliminati è stata di 0.2 cm





S. Maria Maggiore Trieste









RINGRAZIAMO PER L'ATTENZIONE

SIAMO PRESENTI AL

SAIE -BOLOGNA

pad 25 Stand A147

Tel 051-6133190 Fax 051-6112231

E-mail: ardeaprogetti@betontex.it

Web: www.betontex.it