



TECNICHE DI RINFORZO STRUTTURALE DI EDIFICI ESISTENTI CON MATERIALI COMPOSITI

Convegno di aggiornamento
Ottobre 2016



Organizzazione:
Mobius Tour

La ricerca e le collaborazioni con le Università

collaborazioni storiche

- Trieste
- Perugia



nuove collaborazioni

- Lecce
- Padova
- Venezia
- Bologna



Edifici esistenti in muratura: tecniche di rinforzo strutturale



Cosa sono gli F.R.P?

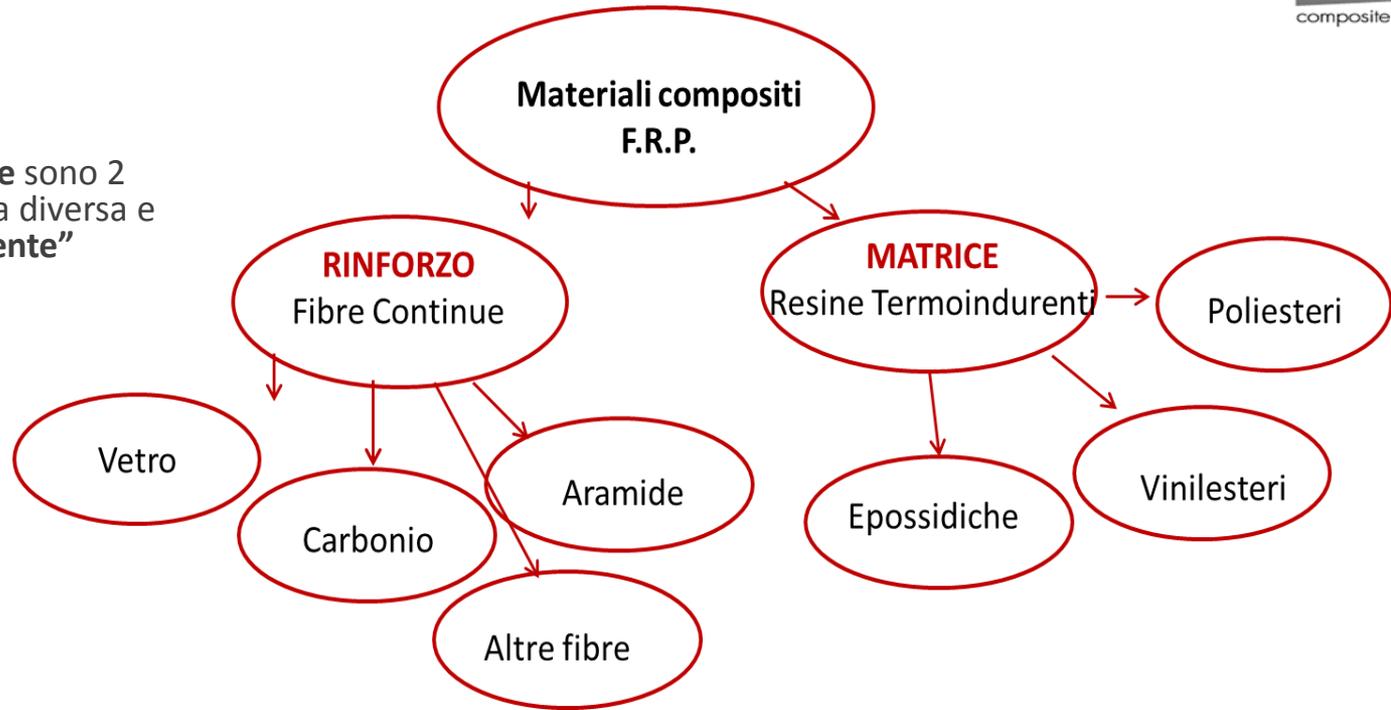
Fiber Reinforced Polymers



*“i materiali fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) a fibre continue, cui fa riferimento il presente documento, sono materiali compositi che trovano impiego nel **consolidamento e nel rinforzo delle strutture civili.**”*

Estratto da DT 200 R1/2013 del Consiglio Nazionale delle Ricerche:

Rinforzo e Matrice sono 2 materiali di natura diversa e "macroscopicamente" distinguibili.



Le fibre di rinforzo

...da DT 200 R1/2013 del Consiglio Nazionale delle Ricerche:

*“... le fibre sono costituite da **filamenti continui** molto sottili e quindi difficili da manipolare singolarmente. Per tale motivo le fibre sono disponibili commercialmente in varie forme”*

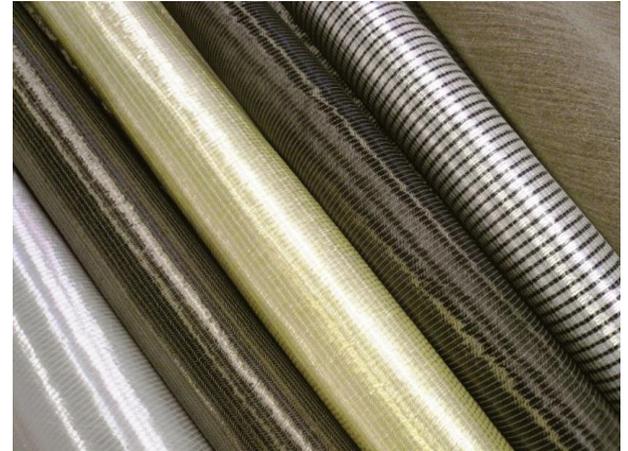
- Fili assemblati (roving)
- Tessuti monodirezionali e multiassiali

Le fibre di rinforzo

Le fibre di rinforzo conferiscono ai materiali compositi caratteristiche di rigidità e resistenza meccanica

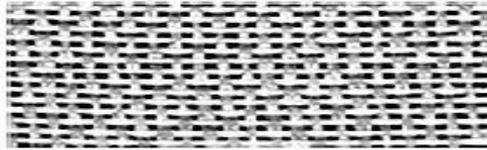
Contribuiscono a definire il rinforzo:

- ❑ **la geometria:** forma, dimensioni e distribuzione delle dimensioni;
- ❑ **la disposizione:** orientamento rispetto agli assi di simmetria del materiale;
- ❑ **la concentrazione:** frazione in volume, distribuzione della concentrazione.

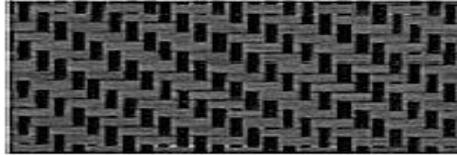


Le fibre di rinforzo

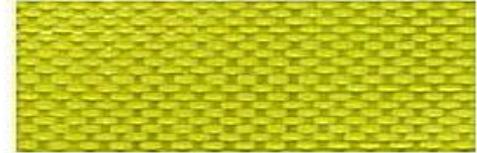
FIBRE DI VETRO



FIBRE DI CARBONIO



FIBRE DI ARAMIDE



Fibre di vetro **GFRP**
(Glass Fiber Reinforced Polymer)

Fibre di carbonio **CFRP**
(Carbon Fiber Reinforced Polymer)

Fibre di aramide **AFRP**
(Aramid Fiber Reinforced Polymer)

La matrice

Estratto da DT 200 R1/2013 del Consiglio Nazionale delle Ricerche:

*“... le matrici utilizzate per la fabbricazione dei compositi fibrorinforzati sono quelle **polimeriche a base di resine termoindurenti...**”*

Resine termoindurenti:

- Epossidica
- Vinilestere
- Poliesteri



Caratteristiche dei materiali compositi fibrorinforzati:

- **Leggerezza**
- **Elevate proprietà meccaniche**
- **Elevate caratteristiche anticorrosive**

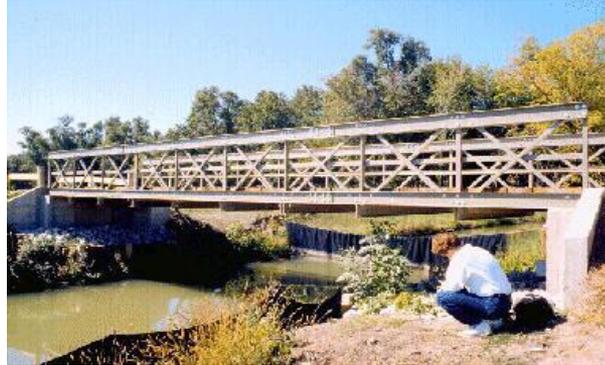
I materiali compositi



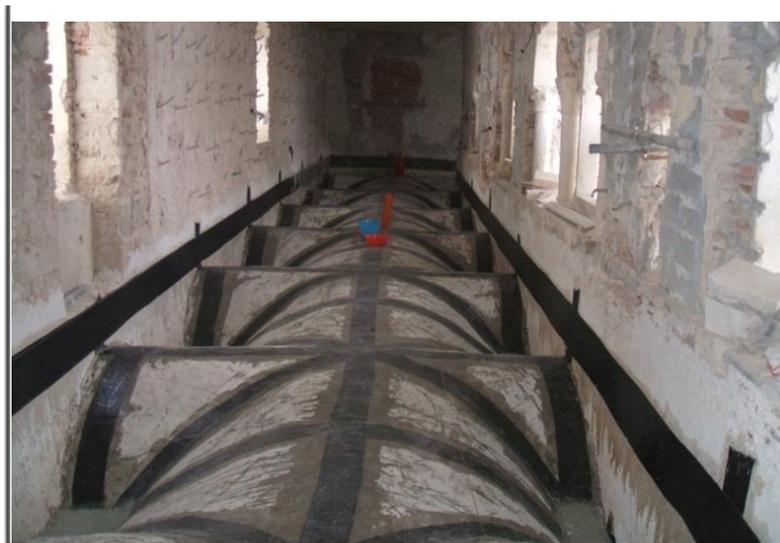
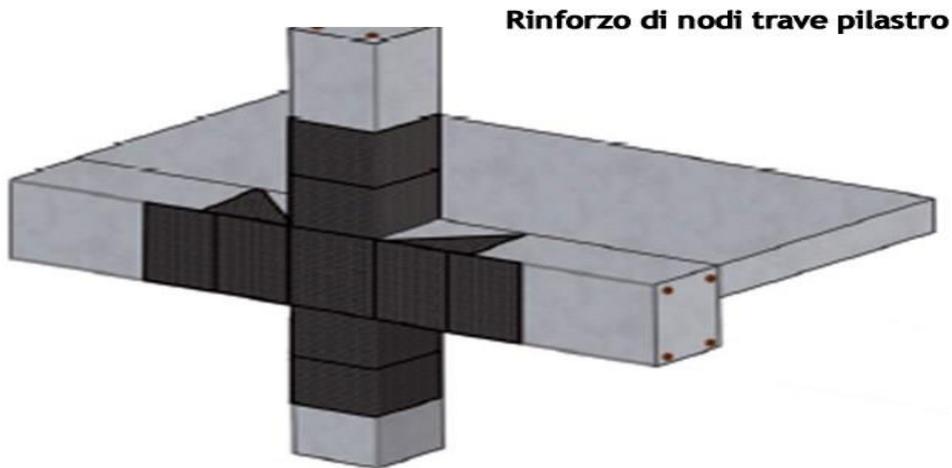
I materiali compositi



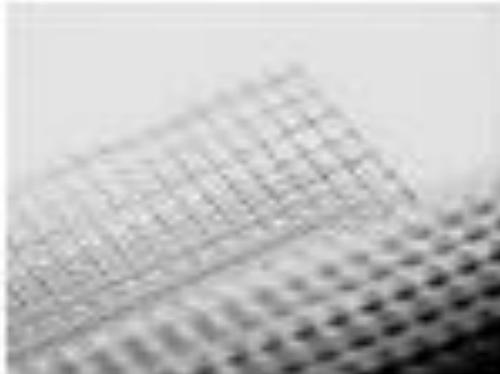
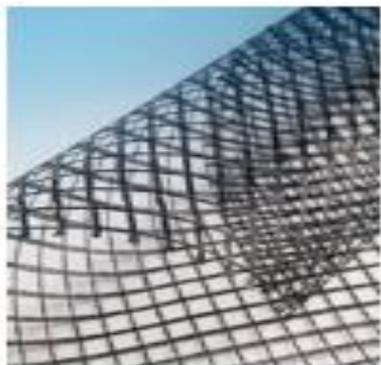
I materiali compositi



I materiali compositi



I vari prodotti sul mercato



Materiali Innovativi



Negli ultimi anni si osserva un forte aumento nell'utilizzo di rinforzi di varia natura ottenuti dall'unione di fibre lunghe e matrici a base organica o inorganica.

❑ **SISTEMI F.R.P.: (linee guida DT 200/2004 e linee guida di qualificazione dei prodotti FRP)**

Sistemi preformati (reti, barre e lamine) incollati mediante **resine termoindurenti**;

Sistemi impregnati in situ (tessuti e reti secche) incollati mediante **resine termoindurenti**.

❑ **SISTEMI F.R.C.M.: (ad oggi le linee guida sono in fase di scrittura...)**

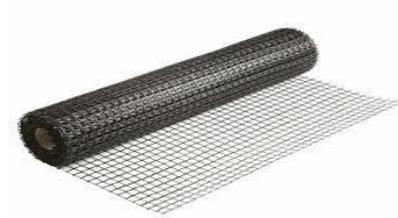
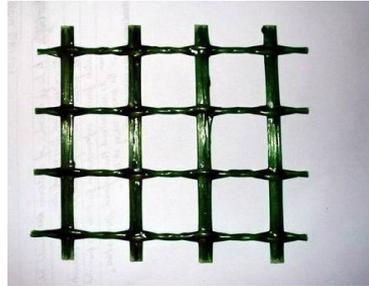
Sistemi preformati (reti, barre e lamine) applicati mediante **matrici di tipo cementizio**;

Sistemi impregnati in situ (tessuti e reti secche) incollati mediante **matrici di tipo cementizio**.

Materiali Innovativi

SISTEMI FRCCM: Differenti tipologie di fibre e di sistemi

- **Fibra di vetro AR**
- **Fibra di vetro EC-R**
- **Fibra di vetro E**
- **Fibra di carbonio**
- Fibra di basalto
- Fibra di PBO
- Fibra di acciaio
- **Fibra aramidica**
- Fibra di Twaron
- Fibra di poliestere
- Fibre naturali:
 - canapa
 - lino
 - bamboo o altro

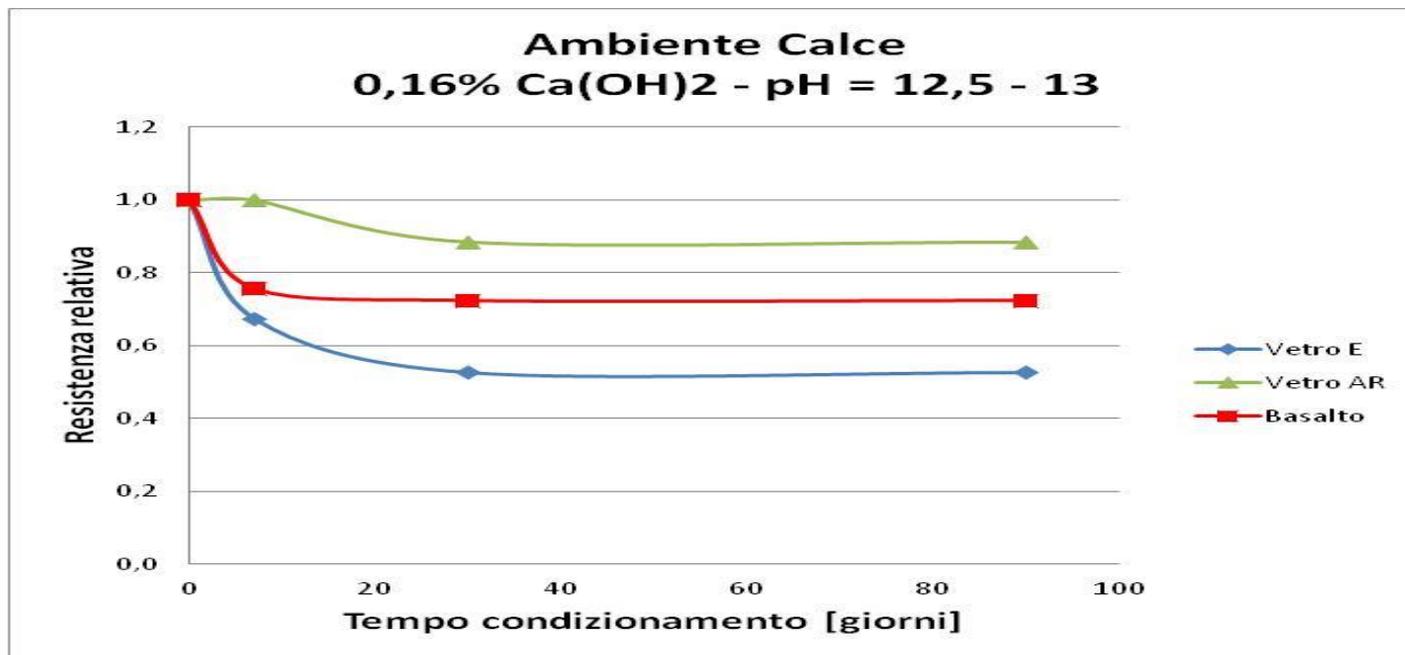


Caratteristiche geometriche	Normativa	Valore
Spessore medio	CNR-DT 200/2004 CNR-DT 203/2006	3 mm
Sezione nominale della singola barra	CNR-DT 200/2004 CNR-DT 203/2006	10 mm ²
Area nominale fibre	CNR-DT 200/2004 CNR-DT 203/2006	3,8 mm ²
Dimensione della maglia (AxB)	CNR-DT 200/2004 CNR-DT 203/2006	66x66 mm
Barre/metro/lato	---	15
Peso	---	500 g/m ²

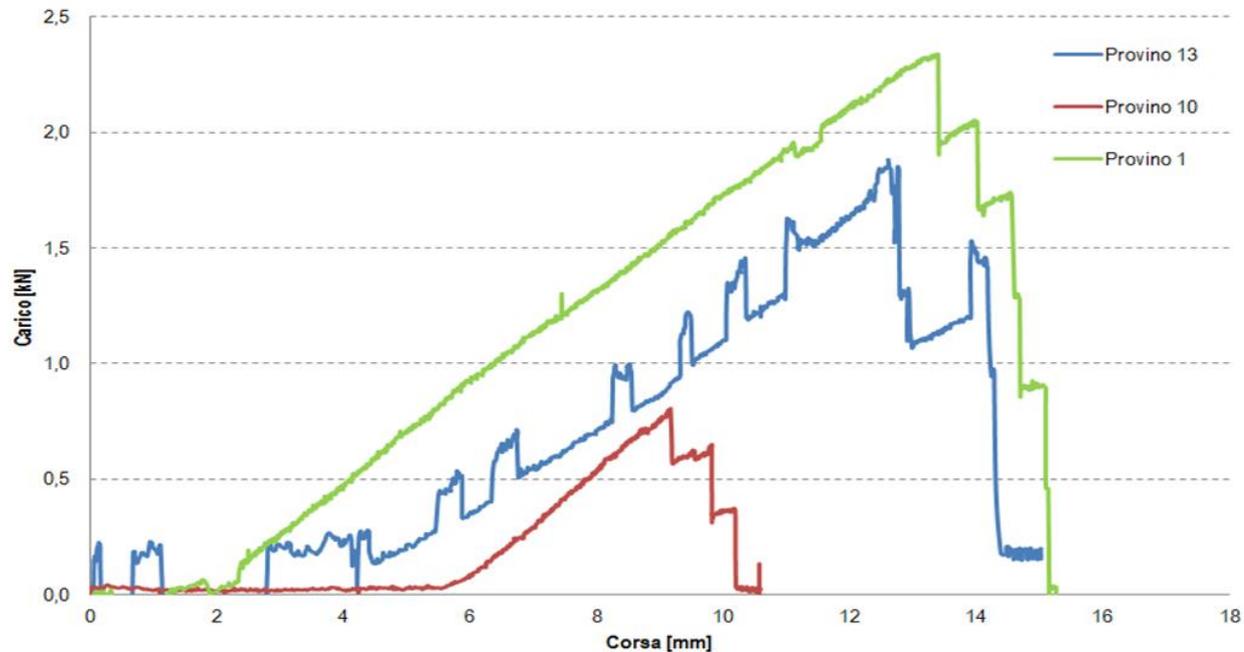
Caratteristiche meccaniche	Normativa	Valore
Resistenza a trazione della singola barra	ISO 527-4,5:1997	3,5 kN
Allungamento a rottura	ISO 527-4,5:1997	1,5 %
Rigidezza assiale media a trazione EA	ISO 527-4,5:1997	230 kN

Caratteristiche chimico-fisiche	Normativa	Valore
Fibra di vetro	ASTM C1666M-07	vetro AR - ZrO ₂ ≥ 16 %
Sezione della fibra	ISO 1889:1986	19-24 μm
Resina termoindurente	---	epossidico-vinilestere
Densità resina	---	1,1 g/cm ³
Temperatura di distorsione termica T _g	DIN 53445	120 °C
Coefficiente di dilatazione termica	---	6-7x10 ⁻⁶ cm/cm°C
Conduktività termica	---	0,25 kcal/mh°C
Rapporto in peso fibra/resina	---	65/35 %
Radiotrasparenza a 1 GHz	MIL-STD-285	max 1 ΔdB
Comportamento a esposizione a raggi UV	ASTM G154-2006	nessun difetto (scala grigi 5)
Comportamento a calore, freddo, umidità	ISO 9142:04	nessun difetto (n. cicli 21)
Riciclabilità	Protocollo CSI	cert. n. 140001
Colore	---	verde 6018 (RAL)

Durabilità di fibre di vetro e basalto secche in ambiente alcalino (rif. Ricerca Università del Salento)



Resistenza alla piegatura di reti in fibra di vetro apprettate



- Rete integra
- Rete curvata
- Rete piegata

L'USO DEI MATERIALI F.R.P. NEL RINFORZO STRUTTURALE

Le norme di riferimento:



- ❑ **Norme Tecniche per le Costruzioni** (NTC) DM 14 gennaio 2008 pubblicate con Supplemento Ordinario (S.O.) n 30 alla Gazzetta Ufficiale (G.U.) del 4 febbraio 2008 n 29,
- ❑ **Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni** Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (C.S.LL.PP.)

Le norme di riferimento:

Il capitolo 8 delle NTC “Costruzioni Esistenti” specifica al punto 8.6 “Materiali” che:

“... gli interventi sulle strutture esistenti devono essere effettuati con i materiali previsti dalle seguenti norme; possono altresì essere utilizzati materiali non tradizionali, purché nel rispetto di normative e documenti di comprovata validità, ovvero quelli elencati al capitolo 12... ”.

La circolare n. 617 del 2 febbraio 2009, specifica al punto C8.7.1.8 “Criteri per la scelta dell’intervento”, per le costruzioni esistenti, che:

“... nel caso in cui nell’intervento si faccia uso di materiali compositi (FRP), ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rinforzati si possono adottare le istruzioni CNR-DT 200/2004 e ss.mm.ii...”

Le norme di riferimento:



Il capitolo 12 delle NTC “Riferimenti tecnici” specifica che:

“... in mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

- *Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;*
- *Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;*
- *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico;*
- *Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR)...”*



Le norme di riferimento:



A supporto del capitolo 11 delle NTC, il capitolo 5.4 delle Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 24 luglio 2009 specifica che:

“... i materiali compositi utilizzati per le applicazioni di rinforzo strutturale descritte nel presente documento devono essere:

- *Identificabili*
- *Qualificati e controllati*
- *Accettati dal Direttore dei Lavori.*



**Linee guida CSLPP
del 9 Luglio 2015**

Le norme di riferimento:

- ❑ **Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di Interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP** rilasciate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (C.S.LL.PP.) il 24 luglio 2009
- ❑ **Linee Guida per la identificazione, la qualificazione ed il Controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti”**, rilasciate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (C.S.LL.PP.) il 9 luglio 2015.

Entrata in vigore 9 luglio 2016

Le norme di riferimento:

- ❑ **Linee Guida CNR-DT200 R1/2013** Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati – Materiali, strutture in c.a. e in c.a.p. , strutture murarie
- ❑ **Linee Guida CNR-DT203/2006** Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Strutture di Calcestruzzo Armato con Barre di Materiale Composito Fibrorinforzato
- ❑ **Linee Guida CNR-DT 205/2007** Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il Controllo di Strutture realizzate con Profili Pultrusi di Materiale Composito Fibrorinforzato (FRP)

Consolidamento Statico di strutture in c.a., c.a.p. e strutture murarie con gli F.R.P. Metodologie e Tecniche

- ❑ **Fibre e tessuti** in GFRP, CFRP e AFRP da impregnare in situ (**CNR DT 200 R1/2013 - Linee guida Consiglio Superiore LL.PP. 24-07-09 e 09-07-2015**)

- ❑ **Tondi e lamine** in CFRP e GFRP da incollare (**CNR DT 200 R1/2013 - Linee guida Consiglio Superiore LL.PP. 24-07-09 e 09-07-2015**)

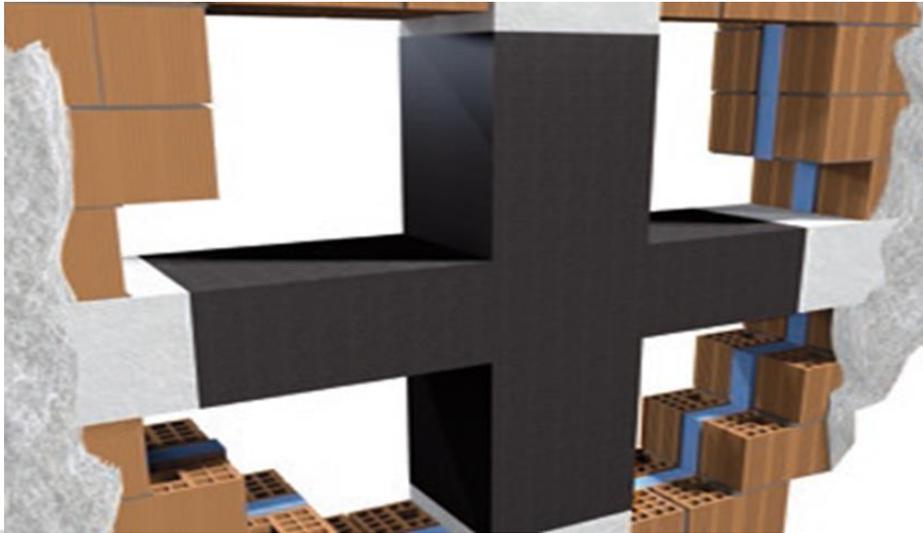
- ❑ **Reti e tondi** in CFRP e GFRP da annegare nel calcestruzzo (**CNR – DT 203/2006**)

- ❑ **Travi e profili** in GFRP pultrusi (**CNR – DT 205/2007**)

PLACCAGGIO FIBRORINFORZATO

Rinforzo strutturale localizzato

SISTEMA BETONTEX- EPOXY



Tessuti in CFRP e GFRP da impregnare

Campi di applicazione

- Cerchiatura di pilastri, travi e nodi
- Rinforzo in superficie di strutture in c.a., lignee e metalliche

Vantaggi

- Progettazione e applicazione «su misura»
- Intervento puntuale e localizzato
- Adattabilità a superfici complesse e irregolari

Osservazioni

- Necessità di accurata preparazione delle superfici (preparazione delle maestranze)
- Necessità della verifica della corretta applicazione
- Necessità di protezione dal fuoco



Applicazione tessuti in CFRP



Applicazione di tessuti in CFRP su pilastro



Applicazione di tessuti in CFRP Giardino di Boboli



Tondi e lamine in CFRP e GFRP da incollare

Campi di applicazione

- Rinforzo in superficie o interno di murature, volte, solai strutture lineari in c.a., strutture lignee e metalliche

Vantaggi

- Velocità di posa

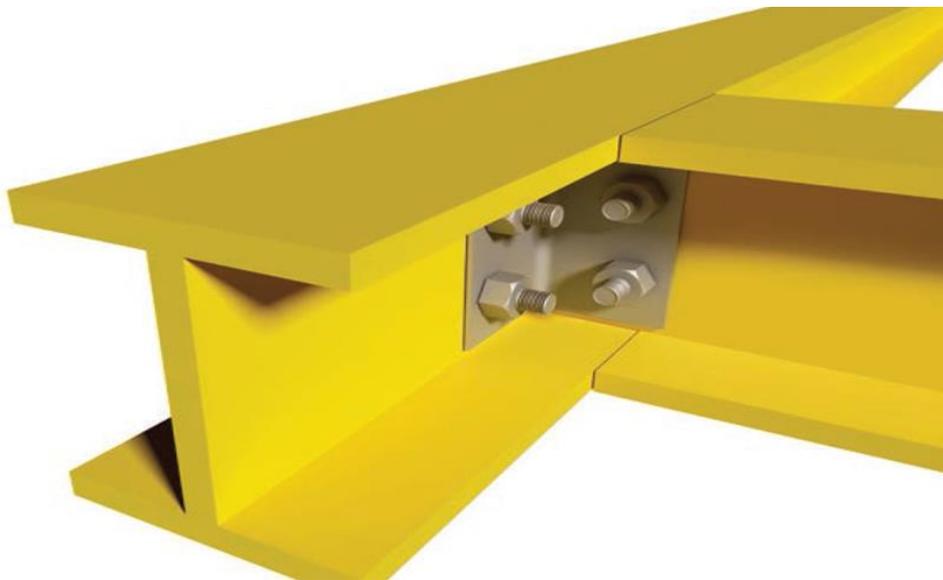
Osservazioni

- Utilizzo limitato agli elementi rettilinei o leggermente curvi
- Necessità di verifica della corretta applicazione
- Richiede accurata preparazione delle superfici
- Necessità di protezione dal fuoco



Applicazione di travi e profili su strutture

PROFILI PULTRUSI IN GFRP



Travi e profili in GFRP pultrusi

Campi di applicazione

- Consolidamento di strutture in c.a., strutture lignee e metalliche
- Realizzazione di carpenterie leggere

Vantaggi

- Ottimo rapporto peso/prestazioni
- Velocità di installazione
- Facilità di lavorazione
- Bassa manutenzione

Osservazioni

- Necessità di protezione dal fuoco



Basilica di San Domenico - Siena



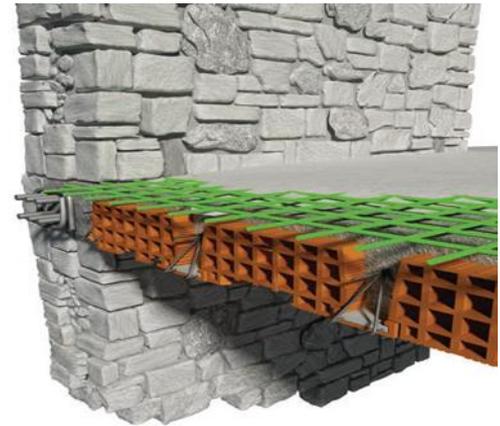
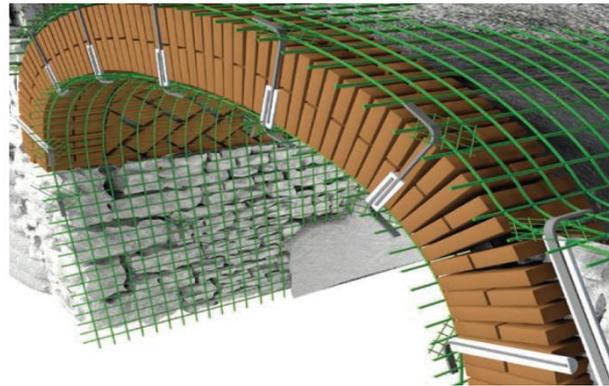
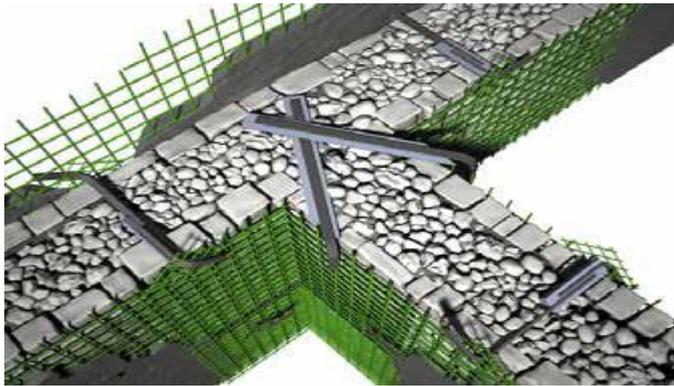
Basilica di San Domenico - Siena



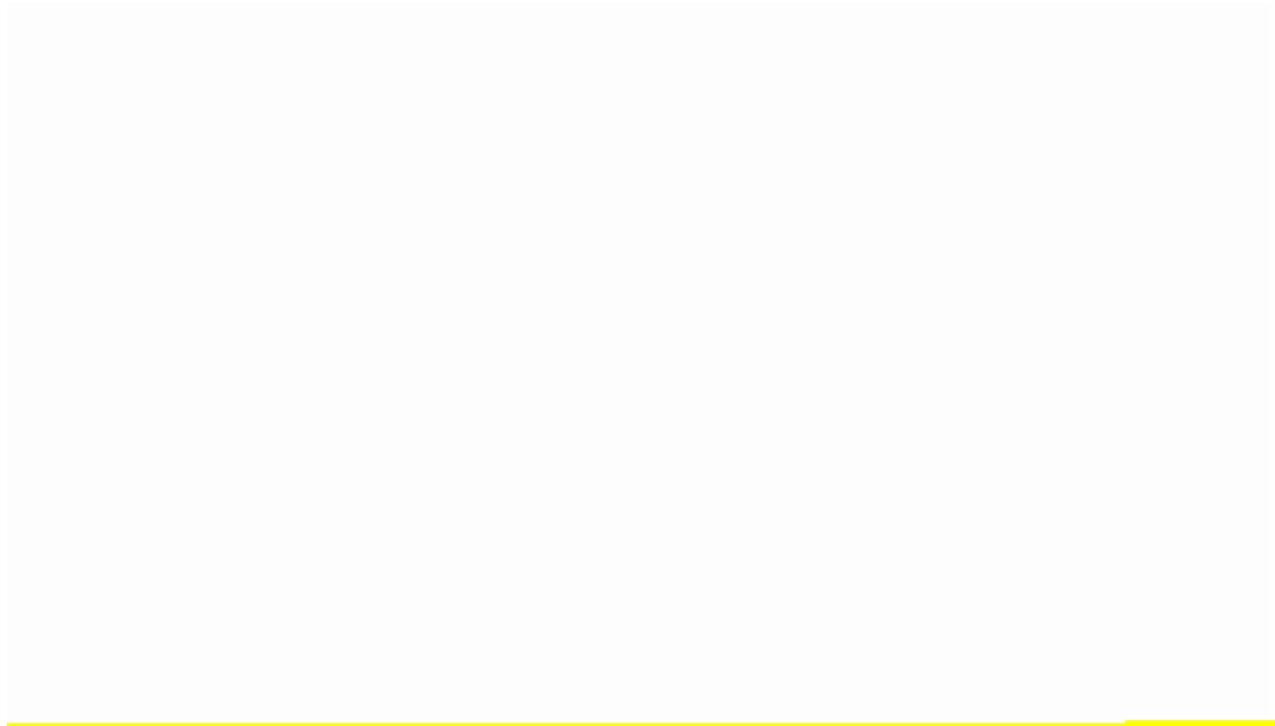
INTONACO ARMATO PER IL RESTAURO

Rinforzo di strutture in murature

SISTEMA RI-STRUTTURA



SISTEMA RI-STRUTTURA



Reti e tondi in GFRP da annegare nelle malte

Campi di applicazione

- Rinforzo di murature, volte, solai e di strutture in c.a.

Vantaggi

- Velocità e facilità di installazione
- Ridotto costo dell'intervento

Osservazioni

- Devono essere presagomate



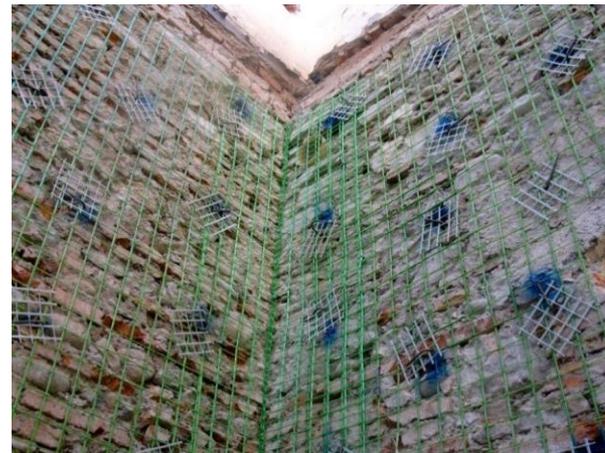
Consolidamento strutturale Palazzo Bonanni-Lucentini- L'Aquila



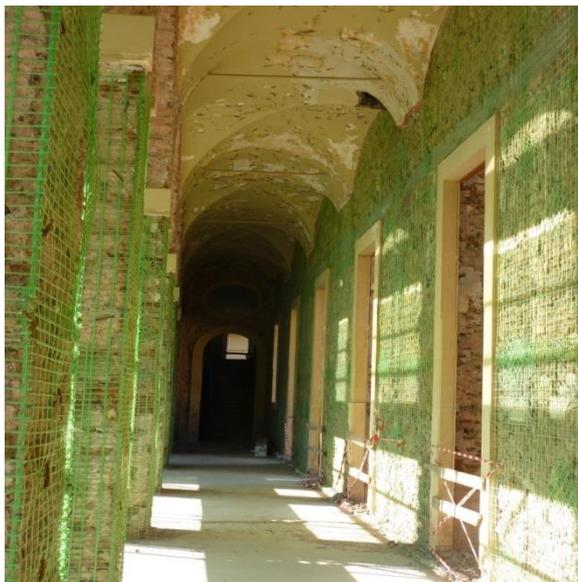
Applicazione del connettore



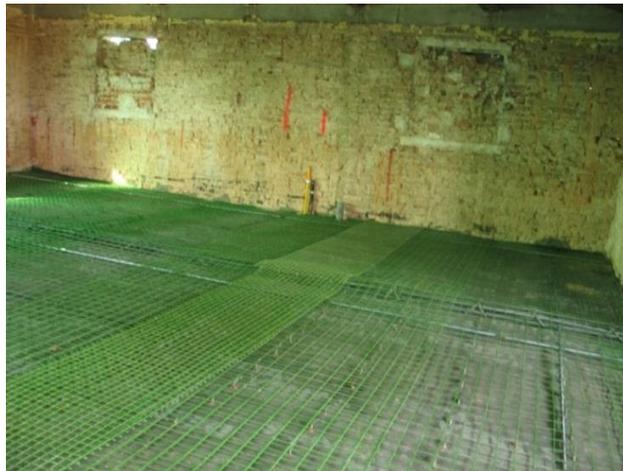
Applicazioni



Applicazioni



Applicazioni



Consolidamento di estradosso di volte

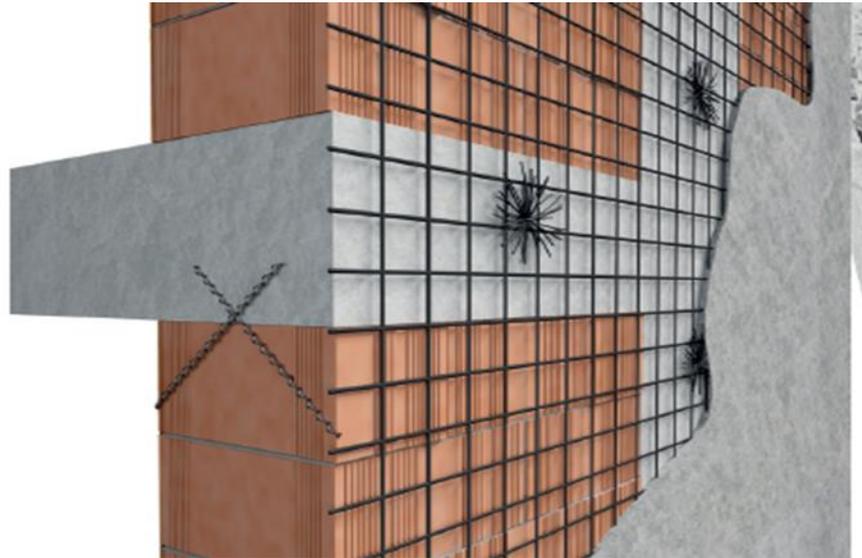


Rinforzo di volte in folio



Intonaco armato sottile rinforzo strutturale antiribaltamento

sistema H-PLANET



Rinforzo di parete e volta con rete in CFRP



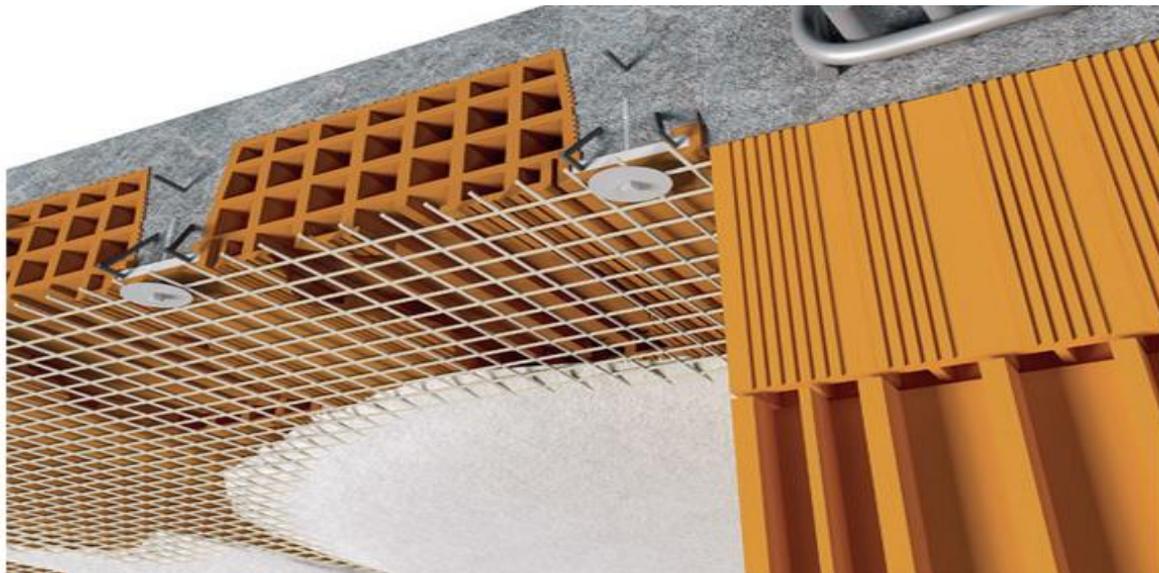
Applicazione di rete e fiocchi in CFRP



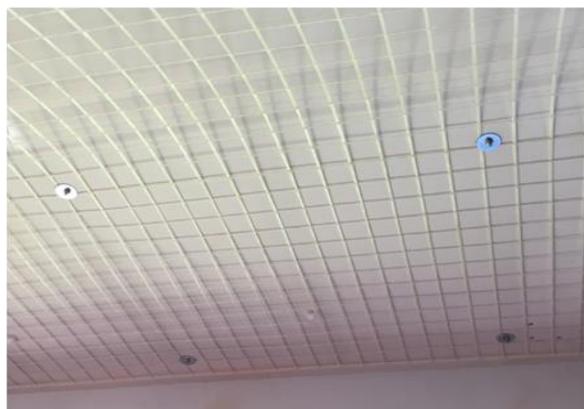
Messa In Sicurezza Di Solai

Protezione da sfondellamento

SISTEMA LIFE+



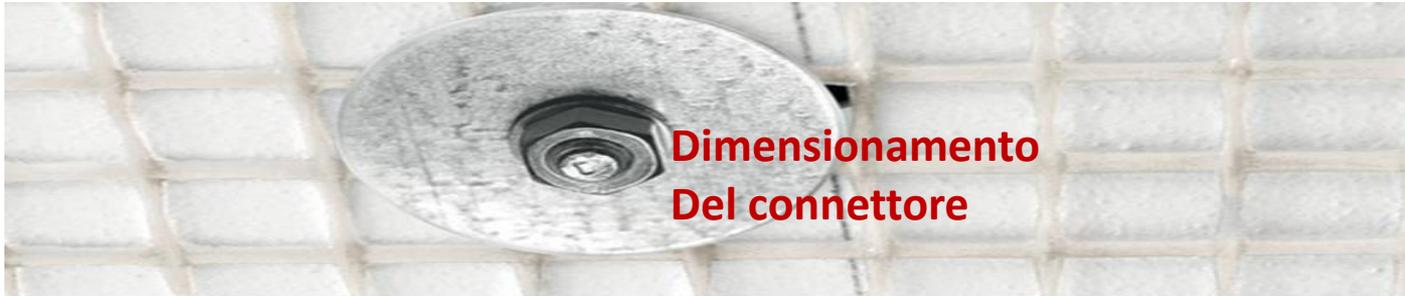
Antisfondellamento di edifici pubblici e privati



Scuola Elementare «Rodari»– Arcisate (Va)

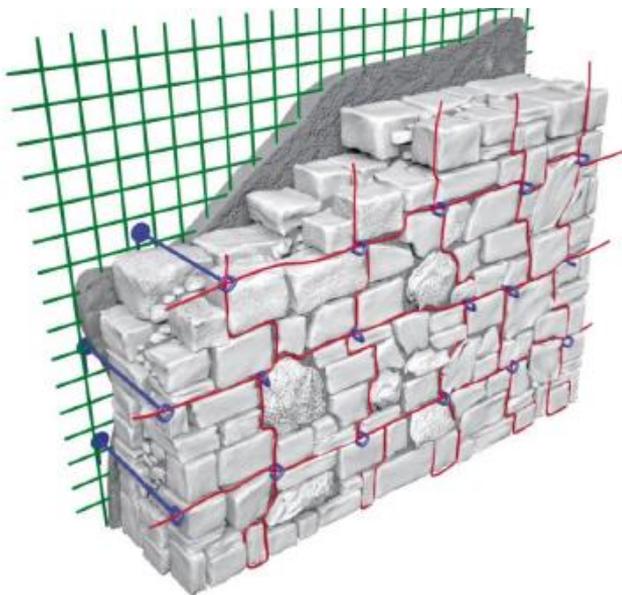


Antisfondellamento di edifici pubblici e privati

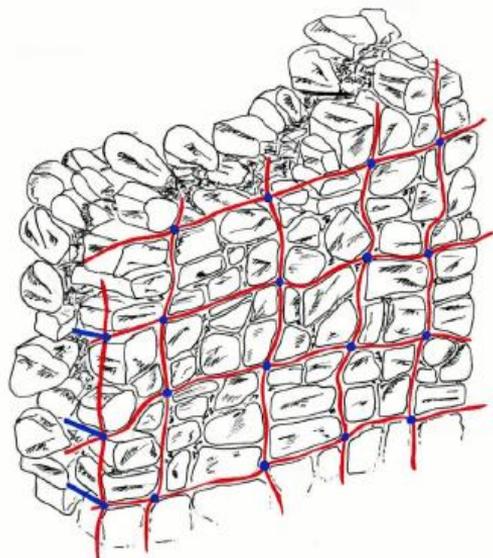


Consolidamenti strutturali di murature faccia a vista

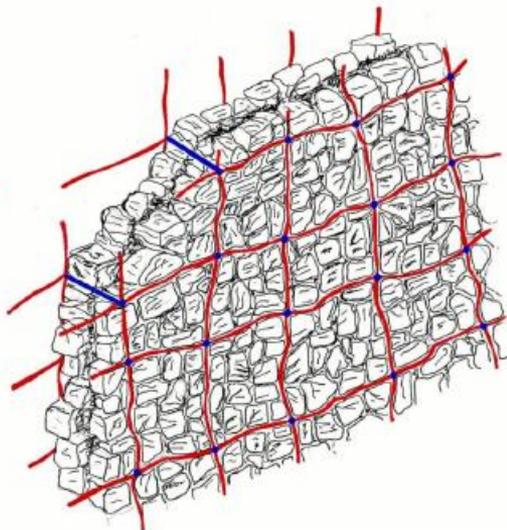
TECNICA DELLA RISTILATURA ARMATA



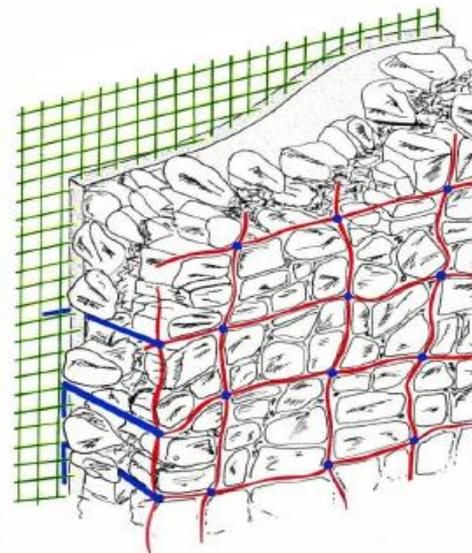
RETICOLA



RETICOLATWIN



RETICOLAPLUS



Chiesa di San Nicolò - Treviso



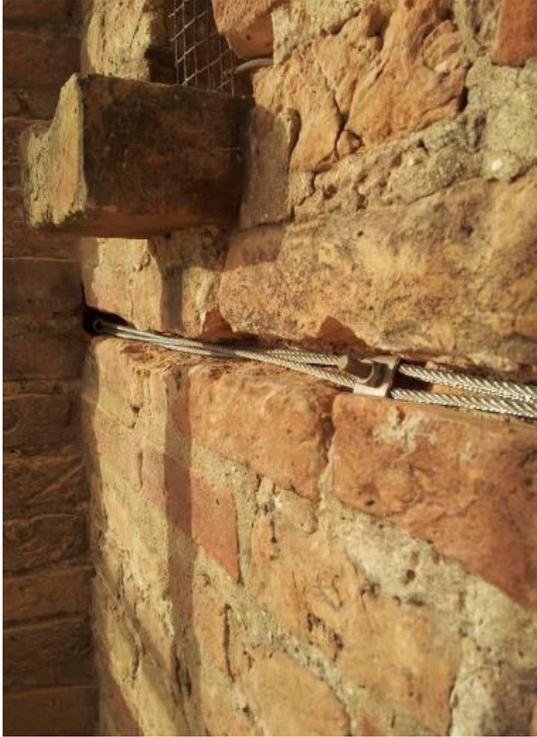
I lavori di costruzione della Chiesa di San Nicolò iniziarono verso i primi anni del **1300** da parte dei frati Domenicani grazie ai cospicui lasciti del frate Nicolò Boccasino, conosciuto come Papa Benedetto XI.

Nel **1800**, a causa di alcune gravi lesioni che si erano sviluppate lungo il secondo arco posto sopra il timpano e visibili ancora oggi, sono stati eseguiti alcuni interventi di rinforzo strutturale mediante l'inserimento di tiranti e la ricostruzione di alcune porzioni murarie dell'arco.

Chiesa di San Nicolò - Treviso



Chiesa di San Nicolò - Treviso



Chiesa di San Nicolò - Treviso



Chiesa di San Nicolò - Treviso



Colle Val D'Elsa – Siena



Colle Val D'Elsa – Siena



Mulino del 1700 – Genova Quinto



Mulino del 1700 – Genova Quinto



Mulino del 1700 – Genova Quinto



Castello di Compiano - Parma



Castello di Compiano - Parma





Vi ringrazia per l'attenzione

FIBRE NET srl
Via Jacopo Stellini 3
33050 Z.I.U. PAVIA DI UDINE (UD)
Tel. 0039 0432 600918
Fax 0039 0432 526199
Sito web: www.fibrenet.info
E-mail: info@fibrenet.info

