



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura



# CONSOLIDAMENTI STRUTTURALI SPECIALI







UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE  
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura

# AhRCOS<sup>®</sup>

---

## RESTAURO e CONSOLIDAMENTO

---

*Gruppo Battaglia* since 1965

Tradizione del restauro, tecnologie innovative per la CONSERVAZIONE,  
il miglioramento, il CONSOLIDAMENTO STRUTTURALE  
e architettonico del patrimonio edilizio e di quello storico-artistico-monumentale

Architectural Heritage Restoration and COnsolidation for Structural safety



# INDICE

06 | MATERIALI COMPOSITI

08 | FIBRE DI CARBONIO, FIBRE DI VETRO E TESSUTI IN ACCIAIO

10 | BETONCINO STRUTTURALE CON RETE BIDIREZIONALE IN VETRO E MATRICE A BASE CALCE

## FOCUS

12 | Cordolature di sommità miste con acciaio al carbonio

14 | Rinforzo localizzato con la tecnica del repointing armato

15 | Placcaggio delle murature con sgr e matrice a base calce

16 | Consolidamento di strutture con rinforzi in fibra di carbonio

17 | Sistema di ancoraggio su pareti d'angolo e murature di spina

18 | Realizzazione di "catene" in tiranti srg di fibra di acciaio al carbonio e sfocchi in acciaio con diffusione degli sforzi

19 | Rinforzo mediante rasatura armata con rete bidirezionale in vetro

20 | Consolidamento murario con sistema reticulatus tipo A

21 | Consolidamento murario con sistema reticulatus tipo B

22 | Consolidamento murario e realizzazione di cerchiatura pretensionata con tessuti in srg per il miglioramento strutturale di muratura mista

23 | CUCIRE LA PIETRA CON LA PIETRA:IL SISTEMA TICORAPSIMO®

## FOCUS

24 | Consolidamento murario con sistema ticorapsimo® su murature in pietrame e laterizio faccia a vista

25 | Consolidamento murario con sistema ticorapsimo® su murature intonacate o da intonacarsi

26 | Consolidamento di strutture murarie a sacco, caotiche e incoerenti con rinforzo localizzato con iniezioni consolidanti solfatoresistenti armate con connettori antiespulsivi in pietra di basalto

27 | IL BASALTO

28 | LA SPERIMENTAZIONE IN LABORATORIO

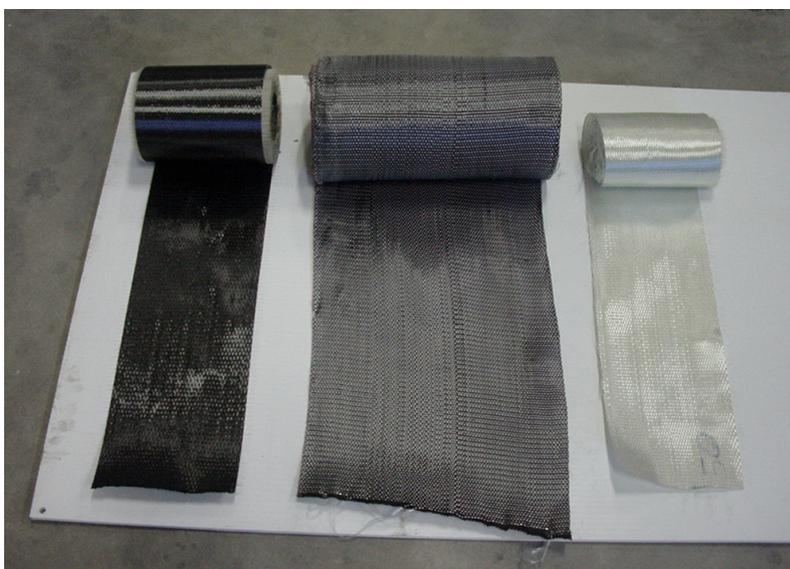
## FOCUS

30 | Collegamento antiespulsivo sistema basaltis

## MATERIALI COMPOSITI

AhRCOS® risulta essere ad oggi una delle più qualificate aziende italiane per il consolidamento ed il miglioramento e/o adeguamento sismico e normativo mediante l'utilizzo di FRP, di molteplici tecnologie per il consolidamento di solai e murature, per l'iniezione di solfato-resistenti in pareti e murature a sacco, ed ogni opera generale o altamente specifica di restauro conservativo.

L'utilizzo di tecnologie derivanti dai settori dell'ingegneria aeronautica e meccanica consentono di intervenire su un bene culturale con criteri del tutto rispettosi delle caratteristiche del bene stesso; infatti queste tecnologie si basano sulla duttilità e resistenza dei materiali impiegati, sulla loro leggerezza, non invasività e soprattutto sulla loro rimovibilità futura. AhRCOS® vanta il consolidamento, l'adeguamento e/o miglioramento sismico di numerosi fabbricati quali:



- Villaggio del Fanciullo (BO);
- Lottizzazione via Dante Alighieri (AQ),
- Condomini Tomè e Vittorini 3 (AQ),
- Palazzo Via Cacchi (AQ),
- Villa Cicchetti (AQ),
- Condominio "Carlo Pellegrini" (AQ),
- Palazzo Vittorini (AQ),
- Chiesa di San martino in Casola (BO)
- Sottopasso Funivia Borgomaggiore (RSM) e tanti altri.





## FIBRE DI CARBONIO, FIBRE DI VETRO E TESSUTI IN ACCIAIO

La maggior parte delle applicazioni in campo strutturale è eseguita utilizzando C-FRP (fibre di carbonio), viste le loro elevate proprietà meccaniche a breve e lungo termine. Le fibre di carbonio rappresentano il materiale meno intaccabile da agenti ambientali. Dalle prove effettuate è emerso che il consolidamento discontinuo e puntuale con FRP non altera la traspirabilità del sistema e risulta di notevole economicità. Inoltre, esso permette di intervenire in maniera puntuale e mirata, salvaguardando il più possibile il valore artistico. Gli elementi in FRP, infatti, hanno una altissima adattabilità alla forma, garantiscono ottime prestazioni meccaniche, sono contenuti in spessori esigui e non aumentano in modo sostanziale i carichi per le strutture di sostegno. L'utilizzo ad esempio in maniera puntuale di fibre di carbonio incollate con adesivo tixotropico è inoltre estremamente compatibile con le tecnologie e i materiali utilizzati nell'edilizia storica.



# FOCUS:

## Sistema di ancoraggio puntuale a connettori antiespulsivi in fibra di carbonio o basalto

Esecuzione di perfori di idoneo diametro, con qualsiasi giacitura, eseguiti con trapani a rotazione o con sonda a rotazione con corona al Widiam raffreddata ad aria. Profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti ed ottenere superfici interne ai fori sane e pulite per un perfetto aggrappo della resina. Inghisaggio e applicazione di idonee chiodature ottenute tagliando e sfrangiando i tessuti con elevata resistenza meccanica e superiore adesione al supporto, con lunghezza idonea secondo gli spessori degli elementi murari. Inghisaggio e applicazione di idonee chiodature passanti in barre di fibra di carbonio o basalto tipo "AhRCOS® FC Grip 10", con resistenza meccanica a trazione 4830 MPa , modulo elastico 243GPa, deformazione ultima 2,0 % , con elevata resistenza a trazione, superiore adesione al supporto con tessuto Tenax Fiber GmbH Wuppertal Germany o Grafil PyrofilTMSacramento U.S.A., diametro mm. 100, con lunghezza idonea secondo gli spessori degli elementi murari; successivo incollaggio degli stessi e risolto dopo apertura di porzioni degli stessi, sfrangiatura della fibra a debordare sulla superficie esterna tale a solidarizzare con la stessa e con i successivi tessuti, eseguito con collaggio ed impregnazione di resine epossidiche pure tipo "AhRCOS® FLK -IM" fluida a due componenti, prive di cariche e solventi con caratteristiche di elevata reattività, ottima bagnabilità nei confronti di supporti cementizi, lapidei, laterizi e metallici ferrosi, ottima adesione su calcestruzzo, acciaio, legno e muratura in genere. Alla luce delle ultime ricerche effettuate nel campo del rinforzo strutturale con materiali compositi è possibile affermare che le fibre di vetro rappresentano il giusto compromesso tra affidabilità, durabilità ed economicità. Sono fibre comunemente usate in campo navale ed industriale per la fabbricazione di compositi con prestazioni medio-alte, si caratterizzano per la loro elevata resistenza. Il vetro è composto principalmente da silice, sono aggiunti in varie proporzioni ossidi di alluminio ed altri ioni metallici, per facilitare le operazioni di lavorazione o per modificare alcune proprietà : ad esempio le fibre di vetro S rispetto alle E esibiscono una resistenza a trazione più elevata (CNR-DT 200/2004). Le fibre di vetro possiedono alcune specificità che possono non essere adeguate per tutti gli utilizzi in campo strutturale, per questo è importante caratterizzare le principali proprietà meccaniche a breve e a lungo termine.



# FOCUS:

## Betoncino strutturale con rete bidirezionale in vetro e matrice a base calce

L'esecuzione di betoncino strutturale mediante applicazione sulla superficie di intervento prevede un primo strato di malta pronta all'uso e specifica per realizzare interventi di consolidamento di strutture murarie, tipo "Tectoria M15" caratterizzata da elevate resistenze meccaniche e compatibile con strutture storiche in quanto utilizza materiali naturali tradizionalmente usati nell'edilizia storica, con basso tenore di Sali solubili ed è conforme ai requisiti della Comunità Europea richiesti alle malte per muratura (UNI EN 998-2 tipo M15), esente da cemento, e composta da calce idraulica naturale NHL (UNI EN 459), ottenuta per cottura di marne e calcari a bassa temperatura. Pista larghezza cm. 15. Successivamente alla stesura della precedente mano e prima della presa della stessa verrà posata la rete di

armatura in fibra di vetro di tipo strutturale bidirezionale ad alta resistenza e antialcalina A/R, a maglia 6x6 cm e di peso non inferiore a 298 gr./mq, curando di annegarla totalmente nello strato di base, mediante una ulteriore passata con spatola americana. La rete andrà disposta in verticale con un sormonto di 5 cm in corrispondenza delle giunzioni. I rinforzi necessari andranno ottenuti mediante raddoppio della rete, compreso ogni onere derivante da spigolature, tagli, adattamenti, sfrido e sovrapposizioni. La rete garantirà le caratteristiche minime di Resistenza a trazione trama 64 N/mm e ordito 88 N/mm con allungamento a rottura del 3,50%. Segue l'applicazione di un'ulteriore mano di malta ad alta resistenza a ritiro controllato ed elevate caratteristiche meccaniche a base di calce e reattività pozzolanica ad elevata duttilità per uno spessore medio di 20 mm dato a mano, consumo 1,8 kg/mq (per mm di spessore).

Si passa poi all'esecuzione di diafani di collegamento mediante applicazione di connettori in fibra di vetro previa esecuzione di perfori di idoneo diametro, con qualsiasi giacitura, eseguiti con trapani a rotazione o con sonda a rotazione con corona al Widiarm raffreddata ad aria. Profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti ed ottenere superfici interne ai fori sane e pulite per un perfetto aggrappo della resina. Inghisaggio e applicazione di idonee chiodature ottenute tagliando e sfrangiando i tessuti con elevata resistenza meccanica e superiore adesione al supporto, con lunghezza idonea secondo gli spessori degli elementi murari. Inghisaggio e applicazione di idonee chiodature passanti in barre di fibra di carbonio o basalto tipo "AhRCOS® GC Grip 10", con lunghezza idonea secondo gli spessori degli elementi murari; successivo incollaggio degli stessi e risolto dopo apertura di porzioni degli stessi, sfrangiatura della fibra a debordare sulla superficie esterna tale a solidarizzare con la stessa



# Focus:

e con i successivi tessuti, eseguito con collaggio ed impregnazione di resine epossidiche pure tipo "AhRCOS® FLK -IM" fluida a due componenti, prive di cariche e solventi con caratteristiche di elevata reattività, ottima bagnabilità nei confronti di supporti cementizi, lapidei, laterizi e metallici ferrosi, ottima adesione su calcestruzzo, acciaio, legno e muratura in genere.

Negli ultimi anni si sono fatte avanti altre tipologie di fibre, che impiegano fibre di acciai trafilati con prestazioni particolarmente elevate in termini di resistenza. Poiché si usa l'acciaio, il comportamento del composito è più duttile soprattutto quando applicato a superfici di elementi in zona sismica, cosa non possibile per gli FRP "classici" a causa del comportamento lineare fino a rottura. Solitamente si presentano due tipologie di compositi con fibre metalliche di acciaio ad alta resistenza: gli SRG e gli SRP, entrambi in forma di tessuti composti da trefoli di acciaio, i primi immersi in una matrice polimerica e i secondi in una matrice cementizia. Il contemporaneo utilizzo di resine più o meno viscosi e fili di acciaio con diametri molto ridotti produce un composito più economico, duttile e più lavorabile.



# FOCUS:

## Cordolature di sommità miste con acciaio al carbonio

Cordolo di sommità in spessore mediante la realizzazione di muratura armata con innovativo sistema SRG (Steel Reinforced Grout) intercalata in strati sottili da rinforzo in acciaio al carbonio ad alta resistenza a base di tessuti metallici, che prevede le seguenti fasi di intervento:

- Regolarizzazione della muratura sottostante al fine di creare un supporto pulito e lineare, successiva primerizzazione del supporto mediante applicazione di resine epossidiche bicomponenti a bassa viscosità, appositamente formulate per il consolidamento di superfici porose o friabili e la primerizzazione dei supporti in c.a., muratura, legno, acciaio, prima dell' applicazione degli adesivi e malte epossidiche, con caratteristiche di elevata penetrazione.
- Applicazione sulla superficie di intervento di un primo strato di matrice inorganica a base di miscela pronta fortemente adesiva tipo "Kimisteel LM" a base di leganti idraulici a base calce con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo "Kimitech B2" al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità.
- Posa su fresco di nastri in fibra di acciaio unidirezionali, tipo "KIMISTEEL 1500" in filamenti di acciaio al carbonio ad alta resistenza da 1500 g/m<sup>2</sup>. per realizzare consolidamenti strutturali di elementi in muratura, con grande lavorabilità e duttilità, possibilità di pretensionamento per interventi di cordolatura o di fasciatura, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità con caratteristiche di spessore nominale del nastro (solo acciaio) 0.19 mm tensione di rottura a trazione del filato 2950 MPa, resistenza unitaria 570 N/mm, modulo elastico a trazione 260 GPa, allungamento a trazione 2.3 % secondo progetto, con caratteristiche di carico di rottura a trazione e di modulo elastico idonei al tipo di lavoro del rinforzo in opera.
- Ulteriore passaggio di miscela, fino a completo affogamento del rinforzo precedentemente posato. Realizzazione di ulteriore mano di muratura in elementi di laterizio e malta al fine di impacchettare il rinforzo. Operazione da eseguirsi in fasi e passaggi multipli per 2 o 3 file di mattoni.

I cordoli in laterizio lamellare armato con tessuti in acciaio così ottenuti:

- impiegano materiali chimicamente e fisicamente compatibili con quelli esistenti (laterizio o pietre);
- non introducono ponti termici (cose che, al contrario, accade nel caso di cordoli in c.a.);
- non soffrono dei problemi di scorrimento in corrispondenza della superficie di contatto muratura-cordolo tipici dei sistemi tradizionali.

Il tessuto in acciaio, grazie alla sua perfetta adesione, riesce a garantire alla sezione composita muratura/rinforzo grande resistenza flessionale. In sintesi questa tipologia di cordolo trasforma gli elementi in muratura, per loro natura privi di resistenza a trazione, in una sorta di "travi" caratterizzate da deformabilità e comportamenti chimico-fisici perfettamente compatibili con le murature.

# Focus:

Il cordolo così realizzato presenta una ottima deformabilità verticale; consente di accompagnare con dolcezza i movimenti dei setti sottostanti; distribuisce efficacemente i carichi evitando “l’effetto trave” proprio dei cordoli in c.a., che, stante la loro rigidità, tendono a concentrare le sollecitazioni in corrispondenza dei punti di appoggio e non in modo distribuito.

Il vantaggi di questo tipo di cordonatura sono vari, quali:

- Variazione dei pesi trascurabile e traspirabilità della superficie praticamente immutata;
- In linea con il principio del minimo intervento e assoluta non invasività delle operazioni
- Minor costo
- Maggior facilità di applicazione e velocità di realizzazione
- Minor impatto di cantiere per la movimentazione di minor quantità di materiale.



# FOCUS:

## Rinforzo localizzato con la tecnica del repointing armato

Rinforzo dei paramenti murari mediante la tecnica del giunto orizzontale armato (REPOINTING), con esecuzione, mediante scarificatrice, di giunto di larghezza 10 mm e comunque non superiore alla fuga di malta ed alloggiato nella stessa al fine di lasciare le eventuali caratteristiche di "faccia a vista" e profondità 40 mm. Viene eseguita una profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti ed ottenere superfici interne ai fori sane e pulite per un perfetto aggrappo della resina. Applicazione a spatola di adesivo tixotropico in resine a base epossidica a due componenti esente da solventi, formulato quale adesivo bicomponente strutturale. Fornitura e messa in opera di una barretta in fibra di carbonio o basalto, di forma circolare ad aderenza migliorata in fase di poltrusione tipo "AhRCOS®BXGrip 4 Spiralex", con resistenza meccanica a trazione 3400 MPa, modulo elastico 170 GPa Deformazione ultima 2,0 %, con elevata resistenza a trazione, superiore adesione al supporto con tessuto Tenax Fiber GmbH Wuppertal Germany o GrafilPyrofilTMSacramento U.S.A., diametro mm. 100 e caratteristiche di carico di rottura a trazione > 4800 MPa, modulo elastico a trazione > 230 GPa. Successiva stuccatura finale del corso di malta utilizzando malta di calce analoga all'esistente. Barra in carbonio o basalto diam.4 con speciale nervatura "AhRCOS® Spiralex" in intaglio 10x40 mm. Si stima circa 1 barra da 1,00 ml. ogni 4 corsi di malta.



# FOCUS:

## Placcaggio delle murature con sgr e matrice a base calce

Placcaggio delle murature con fibre in acciaio al carbonio mediante realizzazione di sistema di rinforzo in SGR classificato, a seguito delle sperimentazioni, APPLICAZIONE TIPO A così come definito dalle linee guida CNR D.T. 200/2004, mediante cui è possibile incrementare la capacità resistente di pareti in muratura anche mista, utilizzato a scopi progettuali, secondo le seguenti fasi di intervento.

Applicazione sulla superficie di intervento di un primo strato di matrice inorganica a base di miscela pronta fortemente adesiva tipo “Kimisteel LM” a base di leganti idraulici a base calce con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo “Kimitech B2” al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità. Posa su fresco di nastri in fibra di acciaio unidirezionali, tipo “Kimisteel 1500” in filamenti di acciaio al carbonio ad alta resistenza da 1500 g/m<sup>2</sup> per realizzare consolidamenti strutturali di elementi in muratura, con grande lavorabilità e duttilità, possibilità di pretensionamento per interventi di cordolatura o di fasciatura, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità con caratteristiche di spessore nominale del nastro (solo acciaio) 0.19 mm tensione di rottura a trazione del filato 2950 MPa, resistenza unitaria 570 N/mm, modulo elastico a trazione 260 GPa, allungamento a trazione 2.3 % secondo progetto, con caratteristiche di carico di rottura a trazione e di modulo elastico idonei al tipo di lavoro del rinforzo in opera. Ulteriore passaggio di miscela pronta fortemente adesiva tipo “Kimisteel LM” a base di leganti idraulici con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo “Kimitech B2” al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità, in grado di garantire un'elevata adesione al supporto, permette la posa in modo ottimale eliminando la formazione di pericolose bolle d'aria, fino a completo affogamento del rinforzo precedentemente posato.



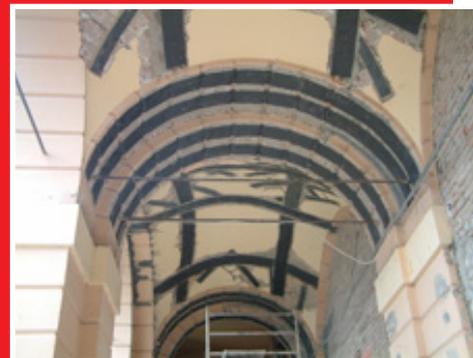
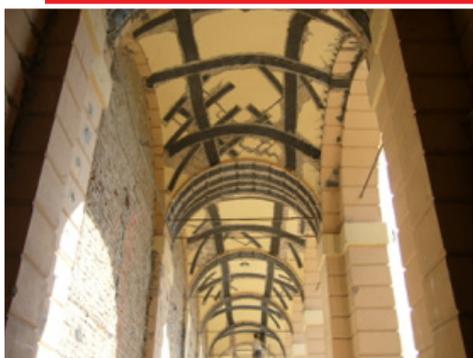
Villa Manzoni – Repubblica di San Marino

# FOCUS:

## Consolidamento di strutture con rinforzi in fibra di carbonio

Realizzazione di sistema di rinforzo in CFRP classificato, a seguito delle sperimentazioni, APPLICAZIONE TIPO A così come definito dalle linee guida CNR D.T. 200/2004, mediante cui è possibile incrementare la capacità resistente di pannelli murari e muratura, anche mista, utilizzato a scopi progettuali, secondo le seguenti fasi di intervento.

Applicazione a pennello o spatola di adesivo tixotropico in resine a base epossidica, formulato quale adesivo bicomponente strutturale per il placcaggio di rinforzi in tessuti di carbonio, vetro, aramidico e similari, tipo "AhRCOS® FLK" con caratteristiche di elevata reattività, ottima bagnabilità nei confronti di supporti cementizi, lapidei, laterizi e metallici ferrosi, ottima adesione, e con caratteristiche di carico unitario di rottura per compressione > 50 MPa, carico unitario di rottura a flessione > 32 MPa, modulo elastico a compressione > 5.0 GPa, adesione su cls - per strappo ( cls classe 500 ) > 3 MPa. Posa su fresco di nastri in fibre di carbonio unidirezionali termotessute tipo "AhRCOS® UNIC CUT 400/20", con tessuto Tenax Fiber GmbH Wuppertal Germany o Grafil Pyrofil™ Sacramento U.S.A. , con grammature di 400 g/mq larghezza mm 200 e caratteristiche di carico di rottura a trazione > 4900 MPa , modulo elastico a trazione > 240 GPa, allungamento a rottura = 2%, spessore utile per il calcolo 0,222 mm. Ulteriore passaggio a rullo metallico onde favorire l'apertura delle fibre e la conseguente impregnazione delle stesse, successiva imbibitura dei tessuti sino a saturazione, mediante ulteriore applicazione a rullo o pennello di resine a base epossidica, formulato quale adesivo promotore di adesione, bicomponente, privo di cariche e di pigmenti tipo "AhRCOS® FLK - IM" fluida a due componenti a bassa viscosità con elevata adesione strutturale a calcestruzzo, acciaio, legno, materiale lapideo, privo di solventi e non presentante ritiri all'atto dell'indurimento, che avviene per reazione chimica dei due componenti, estremamente bagnante, ideale per impregnare tessuti e nastri di alta grammatura, comprensivo di applicazione di inerte di quarzo depolverato a granulometria costante tale a rendere grezzo il fondo ed atto ad ospitare il successivo strato di intonaco se necessario.



# FOCUS:

## Sistema di ancoraggio su pareti d'angolo e murature di spina

Esecuzione di perfori di idoneo diametro, con qualsiasi giacitura, eseguiti con trapani a rotazione o con sonda a rotazione con corona al Widiham raffreddata ad aria, per una lunghezza max di cm 120,00. Profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti e ottenere superfici pulite e depolverate. Cuciture mediante inserimento e inghisaggio nei fori precedentemente eseguiti di barre in acciaio inox o barre in acciaio FeB44K zincate ad aderenza migliorata di idonea lunghezza e diametro mm 18, secondo i dettagli costruttivi. Posa in opera di iniettori e collaggio di miscele da iniezione costituite da boiacca idraulica espansiva tipo "Betonfix 200" ad alta resistenza non contenente cloruri, né particelle ferrose, né agenti aggressivi che possano provocare il degrado delle armature e delle attrezzature metalliche, in grado di raggiungere elevate resistenze meccaniche sia alle brevi che alle lunghe stagionature, con notevole fluidità, in grado di penetrare facilmente in spazi anche molto piccoli, con elevato potere adesivo sia al calcestruzzo che al ferro, conforme alla normativa UNI 8147, utilizzabile per il riempimento rigido di giunti strutturali, per l'iniezione in guaine di contenimento cavi post-tesi, per il bloccaggio di tiranti e di armature metalliche (sia in muratura che in roccia), per ancoraggi, per la rigenerazione ed il consolidamento di murature miste soggette a schiacciamento. Taglio delle barre previa inserimento totale in modo da mantenere le stesse 10 mm interne alla muratura, chiusura di tutte le forometrie precedentemente realizzate a nascondere le barre mediante applicazione sui paramenti murari sino a completa ricostruzione a profilo originale degli stessi di malte analoghe alle esistenti.



# FOCUS:

## Realizzazione di “catene” in tiranti srg di fibra di acciaio al carbonio e sfocchi in acciaio con diffusione degli sforzi

Esecuzione di perfori di idoneo diametro, con qualsiasi giacitura, eseguiti con trapani a rotazione o con sonda a rotazione con corona al Widiam raffreddata ad aria, passanti da un lato all' altro della muratura. Profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti ed ottenere superfici interne ai fori sane e pulite per un perfetto aggrappo della resina. Primerizzazione del supporto mediante applicazione di resine epossidiche bicomponenti a bassa viscosità, appositamente formulate per il consolidamento di superfici porose o friabili e la primerizzazione dei supporti in c.a., muratura, legno, acciaio, prima dell'applicazione degli adesivi e malte epossidiche, con caratteristiche di elevata penetrazione. Applicazione sulla superficie di intervento di un primo strato di matrice inorganica a base di miscela pronta fortemente adesiva tipo “Kimisteel LM” a base di leganti idraulici a base calce con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo “Kimitech B2” al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità. Posa su fresco di nastri in fibra di acciaio unidirezionali, tipo “Kimisteel 1500” in filamenti di acciaio al carbonio ad alta resistenza da 1500 g/m<sup>2</sup> per realizzare consolidamenti strutturali di elementi in muratura, con grande lavorabilità e duttilità, possibilità di pretensionamento per interventi di cordolatura o di fasciatura, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità con caratteristiche di spessore nominale del nastro (solo acciaio) 0.19 mm tensione di rottura a trazione del filato 2950 MPa, resistenza unitaria 570 N/mm, modulo elastico a trazione 260 GPa, allungamento a trazione 2.3 % secondo progetto, con caratteristiche di carico di rottura a trazione e di modulo elastico idonei al tipo di lavoro del rinforzo in opera. Ulteriore passaggio di miscela pronta fortemente adesiva tipo “Kimisteel LM” a base di leganti idraulici con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo “Kimitech B2” al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità, in grado di garantire un'elevata adesione al supporto, permette la posa in modo ottimale eliminando la formazione di pericolose bolle d'aria, fino a completo affogamento del rinforzo precedentemente posato.

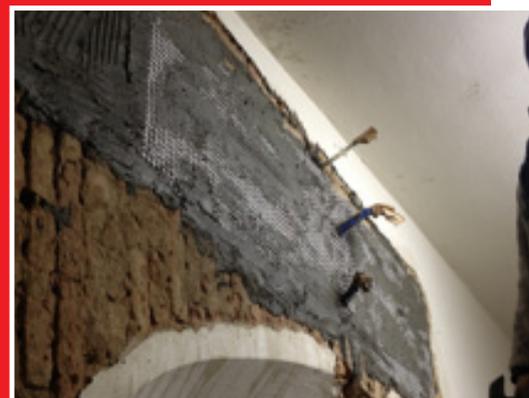
Passaggio del tessuto all'interno delle fonometrie precedentemente realizzate sino a debordare all' esterno e risolto sulla muratura esterna a creare degli sfocchi, inghisaggio delle zone passanti con resine epossidiche bi-componenti ad alta resistenza, con lunghezza idonea secondo gli spessori degli elementi murari; successivo incollaggio degli stessi e risolto dopo apertura di porzioni degli stessi, sfrangiatura della fibra a debordare sulla superficie esterna tale a solidificare con la muratura stessa e con i successivi tessuti, eseguito con colaggio ed impregnazione di resine epossidiche tipo “AhRCOS® FLK - IM” fluida a due componenti con caratteristiche di elevata reattività, ottima bagnabilità nei confronti di supporti cementizi, lapidei, laterizi e metallici ferrosi, ottima adesione su calcestruzzo, acciaio, legno e muratura in genere. Valutazione compreso ancoraggi e relativi fori, quotazione valida anche per lavori in carotaggio o fresatura sezionale in fuga .

# FOCUS:

## Rinforzo mediante rasatura armata con rete bidirezionale in vetro

Rasatura armata per recupero di parti interessate da lesioni mediante Applicazione di mano di fondo riempitiva con legante organico consumo 0,30 kg/mq; applicazione di malta di armatura organica speciale additivata a base di inerti ad alta resistenza, inerti selezionati, additivi speciali e polimeri con fibre sintetiche tipo " AhRCOS® BR 02 HRR" con caratteristiche di ottima adesione e resistenza, buone caratteristiche meccaniche ed elevata fluidità.

Successivamente alla stesura della precedente mano e prima della presa della stessa verrà posata la rete di armatura in fibra di vetro di tipo strutturale bidirezionale ad alta resistenza e antialcalina A/R, a maglia 6x6 cm. e di peso non inferiore a 298 gr./mq. curando di annegarla totalmente nello strato di base, mediante una ulteriore passata con spatola americana. La rete andrà disposta in verticale con un sormonto di 5 cm in corrispondenza delle giunzioni. I rinforzi necessari andranno ottenuti mediante raddoppio della rete, compreso ogni onere derivante da spigolature, tagli, adattamenti, sfrido e sovrapposizioni. La rete garantirà le caratteristiche minime di resistenza a trazione trama 64 N/mm e ordito 88 N/mm con allungamento a rottura del 3,50%. Applicazione di ulteriore mano di malta ad alta resistenza a ritiro controllato ed elevate caratteristiche meccaniche a base di calce e reattività pozzolanica ad elevata duttilità FRG per uno spessore medio di 2÷3 mm dato a mano.



# FOCUS:

## Consolidamento murario con sistema reticulatus tipo A

Scarnitura delle fughe fra il paramento murario, eseguito manualmente o con sgorbia meccanica con accuratezza al fine di non ledere la trama muraria soprattutto nel caso di murature a vista, spazzolatura dei giunti e depolveratura degli stessi e pulizia generale. Successiva primerizzazione del supporto, solo se necessario, al fine di consolidare superfici porose e friabili, mediante applicazione di resine epossidiche bicomponenti all'acqua a bassa viscosità con caratteristiche di elevata penetrazione. Creazione di allettamenti su strutture murarie, mediante applicazione di maltina a calce tipo "Kimisteel LM" a base di leganti idraulici a base calce con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo "Kimittech B2" al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità.



Posa su fresco intercalando nei corsi di muratura di 3 o 6 filamenti di nastri in fibra di acciaio unidirezionali, tipo "Kimisteel 1500" in filamenti di acciaio al carbonio ad alta resistenza da 1500 g/m<sup>2</sup> per realizzare consolidamenti strutturali di elementi in muratura, con caratteristiche di spessore nominale del nastro (solo acciaio) 0.19 mm tensione di rottura a trazione del filato 2950 MPa, resistenza unitaria 570 N/mm, modulo elastico a trazione 260 GPa, allungamento a trazione 2.3 %. Il tessuto sarà posato su entrambi i paramenti del setto, per una quantità pari a circa 5 ml per mq. Esecuzione di perfori, con qualsiasi giacitura, eseguiti con le necessarie cautele per evitare danni a costruzioni prossime o contigue, da compensare in base al diametro ed alla lunghezza della perforazione eseguita. I perfori saranno eseguiti per tutta la profondità del paramento, per l'alloggiamento delle barre di connessione. Si considera un'esecuzione di 5 perfori per mq di superficie, per una profondità media di 90 cm, per un diametro di 16 mm (la superficie di riferimento è conteggiata alla metà perché il foro va da un paramento a quello opposto). Successiva fornitura e posa in opera di barra filettata in acciaio zincato di mm 8, lunghezza massima 1,2 m, completa di dado e rondella. Compreso l'eventuale onere per la pulizia del foro, il taglio della barra e quanto altro occorre per dare l'opera finita. Si considera un numero di 5 barre al mq (la superficie di riferimento è conteggiata alla metà perché il foro va da un paramento a quello opposto). Fornitura e posa in opera di rostro metallico per l'ancoraggio del trefolo alla barra filettata, su entrambe le estremità della barra. Ulteriore passaggio di miscela e ripristino di stuccatura dei giunti delle murature caotiche o incoerenti, eseguito con idonea malta rispondente, se del caso, alle caratteristiche di quella originale dopo accurata caratterizzazione della malta originale. Eventuale ulteriore e successivo rinzaffo e ripassatura finale con straccio umido per asportare l'eccesso di malta e rimettere in vista i materiali laterizi e lapidei, il tutto secondo le indicazioni della D.L.



# FOCUS:

## Consolidamento murario con sistema reticulatus tipo B

Primerizzazione del supporto mediante applicazione di resine epossidiche bicomponenti a bassa viscosità tipo “Kimitech primer”, appositamente formulate per il consolidamento di superfici porose o friabili e la primerizzazione dei supporti in c.a., muratura, legno, acciaio, prima dell’ applicazione degli adesivi e malte epossidiche, con caratteristiche di elevata penetrazione. Creazione di piste di incollaggio con malta per murature pronta all’uso e specifica per realizzare interventi di consolidamento di strutture murarie, tipo “Tectoria M15” caratterizzata da elevate resistenze meccaniche e compatibile con strutture storiche in quanto utilizza materiali naturali tradizionalmente usati nell’edilizia storica, con basso tenore di sali solubili ed è conforme ai requisiti della Comunità Europea richiesti alle malte per muratura (UNI EN 998-2 tipo M15), esente da cemento, e composta da calce idraulica naturale NHL (UNI EN 459), ottenuta per cottura di marne e calcari a bassa temperatura. Esecuzione di lettini di malta a maglia regolare di larghezza 10 cm ed interasse (sia verticale che orizzontale) di 50 cm. Placcaggio delle murature con fibre in acciaio al carbonio mediante realizzazione di sistema di rinforzo in SGR classificato, a seguito delle sperimentazioni, APPLICAZIONE TIPO A così come definito dalle linee guida CNR D.T. 200/2004, mediante cui è possibile incrementare la capacità resistente di pareti in muratura anche mista, utilizzato a scopi progettuali, che prevede le seguenti fasi di intervento: Applicazione sulla superficie di intervento di un primo strato di matrice inorganica a base di miscela pronta fortemente adesiva tipo “Kimisteel LM” a base di leganti idraulici a base calce con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo “Kimitech B2” al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità. Posa su fresco di nastri in fibra di acciaio unidirezionali, tipo “Kimisteel 1500” in filamenti di acciaio al carbonio ad alta resistenza da 1500 g/m<sup>2</sup>. per realizzare consolidamenti strutturali di elementi in muratura, con caratteristiche di spessore nominale del nastro (solo acciaio) 0.19 mm tensione di rottura a trazione del filato 2950 MPa, resistenza unitaria 570 N/mm, modulo elastico a trazione 260 GPa, allungamento a trazione 2.3 %. Il tessuto sarà posato su entrambi i paramenti del setto, per una quantità pari a circa 5 ml per mq. e sarà applicato in sottostrisce da 6 cm. Esecuzione di perfori, con qualsiasi giacitura, eseguiti con le necessarie cautele per evitare danni a costruzioni prossime o contigue, da compensare in base al diametro ed alla lunghezza della perforazione eseguita. I perfori saranno eseguiti per tutta la profondità del paramento, per l’alloggiamento delle barre di connessione. Si considera un’esecuzione di 4 perfori per mq di superficie, per una profondità media di 90 cm, per un diametro di 16 mm (la superficie di riferimento è conteggiata alla metà perché il foro va da un paramento a quello opposto). Successiva fornitura e posa in opera di barra filettata in acciaio zincato di mm 8, lunghezza massima 1,2 m, completa di dado e rondella. Compreso l’eventuale onere per la pulizia del foro, il taglio della barra e quanto altro occorre per dare l’opera finita. Si considera un numero di 4 barre al mq (la superficie di riferimento è conteggiata alla metà perché il foro va da un paramento a quello opposto). Fornitura e posa in opera di rostro metallico per l’ancoraggio del trefolo alla barra filettata, su entrambe le estremità della barra.



# FOCUS:

## Consolidamento murario e realizzazione di cerchiatura pre-tensionata con tessuti in srg per il miglioramento strutturale di muratura mista

Realizzazione di sistema di rinforzo in SGR classificato, a seguito delle sperimentazioni, APPLICAZIONE TIPO A così come definito dalle linee guida CNR D.T. 200/2004, mediante cui è possibile incrementare la capacità resistente di pareti in muratura anche mista, utilizzato a scopi progettuali, che prevede le seguenti fasi di intervento: Primerizzazione del supporto mediante applicazione di resine epossidiche bicomponenti a bassa viscosità, appositamente formulate per il consolidamento di superfici porose o friabili e la primerizzazione dei supporti in c.a., muratura, legno, acciaio, prima dell' applicazione degli adesivi e malte epossidiche, con caratteristiche di elevata penetrazione. Applicazione sulla superficie di intervento di un primo strato di matrice inorganica a base di miscela pronta fortemente adesiva tipo "Kimisteel LM" a base di leganti idraulici a base calce con aggiunta di pozzolana miscelata con speciali additivi tipo "Kimitech B2" al 30% in peso per garantirne le caratteristiche, quale matrice di sistemi di rinforzo SRG da applicare a strutture murarie in cui sia prioritario garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con grande lavorabilità e duttilità, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità. Posa su fresco di nastri in fibra di acciaio unidirezionali, tipo "KIMISTEEL 1500" in filamenti di acciaio al carbonio ad alta resistenza da 1500 g/mq per realizzare consolidamenti strutturali di elementi in muratura, con grande lavorabilità e duttilità, possibilità di pretensionamento per interventi di cordolatura o di fasciatura, elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità con caratteristiche di spessore nominale del nastro (solo acciaio) 0.19 mm tensione di rottura a trazione del filato 2950 MPa, resistenza unitaria 570 N/mm, modulo elastico a trazione 260 GPa, allungamento a trazione 2.3 % secondo progetto, con caratteristiche di carico di rottura a trazione e di modulo elastico idonei al tipo di lavoro del rinforzo in opera. Pretensionatura eventuale dei nastri ad anello ad ogni livello eseguito mediante messa in opera di meccanismo tensionatore previa esecuzione di perfori di fissaggio di giusto diametro per l'apposizione di piastre tipo "AhRCOS® S-top" e pretensionatore orizzontale, mediante perforatori a rotazione senza percussione a corona diamantata, compresi tutti gli oneri per la messa in opera delle apparecchiature, il loro utilizzo e consumo, la rimozione degli strumenti ad opera compiuta. Profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti ed ottenere superfici interne ai fori sane e pulite per un perfetto aggrappo della resina. Inghisaggio dei fermi all'interno delle fonometrie precedentemente praticate mediante intasamento ancorante chimico bicomponente tixotropico tipo "Kimitech F3" a base di resine poliesteri per una presa rapida e forte tenuta su tutti gli elementi da costruzione. Fornitura e posa in opera di piastre in acciaio tipo "AhRCOS® S-top" di spessore 15 mm, debitamente sagomata e munita delle apposite nervature e profilature di ancoraggio, in gradi di fissare e pretensionare compositi in acciaio e lamine in carbonio senza danneggiare le stesse e senza rischiare lesioni accidentarie agli appoggi, il tutto in opera complete di filettatura all'estremità, anche a vite destra e sinistra, pezzi speciali, tensionatore, bulloneria, compresa la eventuale guaina di protezione dei tiranti stessi, il tensionamento secondo indicazione della D.L., la sigillatura, la riparazione delle parti smosse. Posa in opera di iniettori e colaggio di resine bicomponenti epossidiche fluide appositamente formulate, con elevatissime caratteristiche meccaniche ed ottima adesione strutturale a calcestruzzo, acciaio e muratura ed ogni tipo di malta, con possibilità di variare la reologia del prodotto introducendo aggregati silicei di opportuna granulometria, con perfetta protezione dei ferri e resistenza a qualsiasi atmosfera per il consolidamento e solidarizzazione delle zone di ancoraggio. Ulteriore passaggio di miscela, fino a completo affogamento del rinforzo precedentemente posato. Operazione da eseguirsi in fasi e passaggi multipli. Sono da ritenersi compresi e compensati gli oneri per l'iniezione parzializzata durante tutto il tempo dei lavori.



## CUCIRE LA PIETRA CON LA PIETRA: IL SISTEMA TICORAPSIMO®

Il sistema "Ticorapsimo®" può essere utilizzato per murature sia regolari che irregolari, sia a livello locale, ad esempio per singoli pannelli murari di edifici esistenti, sia a livello globale, ovvero come metodo di rinforzo di una costruzione in muratura nel suo comportamento di insieme, con particolare, ma non esclusivo, riferimento al comportamento in presenza di sisma. Il metodo proposto può essere utilizzato anche per ripristinare la continuità di una muratura in presenza di fessure e lesioni, o per ammorsare efficacemente murature o parti di muratura fra loro non ammorsate o non del tutto ammorsate.

Il sistema "Ticorapsimo®" è in grado di migliorare le connessioni strutturali fra impalcati e murature e di incrementare le caratteristiche meccaniche di resistenza a compressione, a taglio e le capacità flessionali per azioni nel piano e fuori dal piano della muratura. Al tempo stesso può essere utilizzato per collegare in modo diffuso le lesioni, le pareti verticali tra loro e le pareti verticali con orizzontamenti e coperture, di fornire alle murature quella resistenza a trazione che nel caso di murature irregolari (dove spesso si hanno giunti verticali

allineati) non riescono a beneficiare dell' "effetto catena" presente nelle murature regolari con ortostati e giunti ben sfalsati. È in grado di fornire il collegamento trasversale tra i paramenti della muratura, essendo le corde trasversali disposte come diatoni artificiali capaci di conferire monoliticità al pannello murario, opponendosi al distacco tra i paramenti e fornendo un'adeguata resistenza a trazione (necessaria anche in presenza dei soli carichi verticali) e a taglio (necessaria per non far scorrere tra loro i paramenti).

Il sistema di consolidamento in opera garantisce i seguenti vantaggi:

Incremento dei pesi in sostanza trascurabile;

- Facilità di messa in opera;
- Massima removibilità;
- Sistema traspirante;
- Sistema completamente compatibile con murature storiche e tradizionali in quanto realizzato mettendo a contatto "pietra con pietra";
- In linea con il principio del minimo intervento;
- Resistente al fuoco;

- Non fa lavorare la muratura in maniera pretensionata, non ossida e non provoca incompatibilità con le malte;
- Resistente ad aggressioni chimiche;
- Particolarmente appropriato per il rinforzo di murature faccia a vista di edifici vincolati e di manufatti di interesse storico-architettonico;
- Utilizzabile anche per la messa in sicurezza in urgenza;
- In grado di integrare la muratura e non di sostituirla, e quindi compatibile con la conservazione materiale del manufatto;
- Perfettamente adattabile a superfici irregolari di ogni tipologia;
- Utilizzabile anche a secco senza l'uso di malte e resine.

# FOCUS:

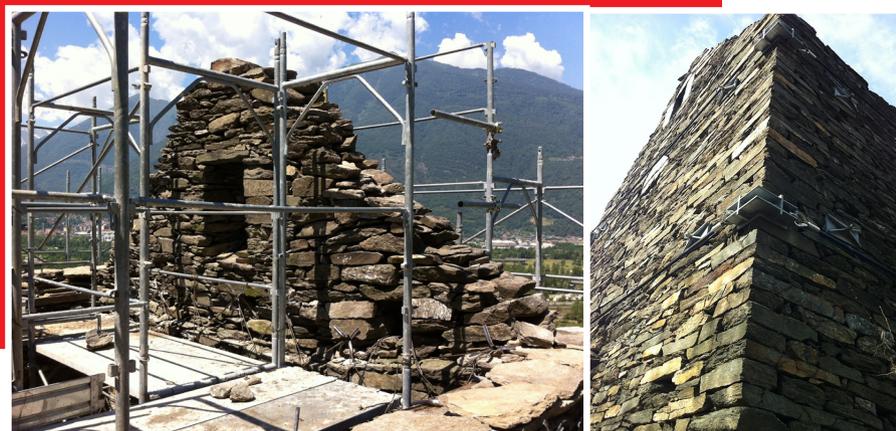
## Consolidamento murario con sistema ticorapsimo® su murature in pietrame e laterizio faccia a vista



Realizzazione di consolidamento murario con sistema Ticorapsimo® (cucire la pietra con la pietra) realizzato con elementi flessibili in pietra macinata di basalto per consolidare murature storiche e moderne, tradizionali o a sacco oltre a riparare dissesti strutturali e a migliorare collegamenti e continuità strutturale tra elementi distinti o lesionati ed in grado di conferire monoliticità ai pannelli murarie e a conferire incremento di resistenza per gli scopi progettuali a cui destinato realizzato su murature già stonacate mediante esecuzione di fori passanti nello spessore del paramento murario del diametro di 16-18 mm localizzati secondo le indicazioni della D.L., soffiatura e rimozione di detriti dagli stessi. Scarnitura delle fughe indicate dalla D.L. fra gli elementi lapidei (o di laterizio) del paramento murario, eseguito manualmente o con sgorbia meccanica con accuratezza al fine di non ledere la trama muraria, spazzolatura dei giunti e depolveratura degli stessi e pulizia generale. Successiva primerizzazione del supporto, solo se necessario, e se non in contrasto con le esigenze di conservazione dei materiali originali su indicazione della D.L., al fine di consolidare superfici porose e friabili, mediante applicazione di resine epossidiche bicomponenti all'acqua a bassa viscosità con caratteristiche di elevata penetrazione. Creazione di allettamenti su strutture murarie, mediante applicazione di maltina a calce a base di leganti idraulici, calce con aggiunta di pozzolana miscelata compatibile con strutture storiche, in

quanto utilizza materiali naturali tradizionalmente usati nell'edilizia storica, con basso tenore di sali solubili, conforme ai requisiti della Comunità Europea richiesti alle malte per muratura (UNI EN 998-2 tipo M15), esente da cemento e composta da calce idraulica naturale NHL (UNI EN 459), ottenuta per cottura di marne e calcari a bassa temperatura, in grado di garantire il corretto piano di posa per i rinforzi e garantire il mantenimento della massima traspirabilità del supporto, con elevata permeabilità al vapore, altissima resistenza al fuoco, ottima reversibilità. Messa in opera con il sistema brevettato "Ticorapsimo®" di cordino in basalto del diametro nominale minimo di almeno mm 4.00 (corrispondente indicativamente ad un numero medio di filamenti di 58500 del diametro medio di circa 13\*10-3 mm ed in grado di sostenere un carico di rottura a trazione medio di almeno 3000 N ed una deformazione a rottura media di circa il 5%), a speciale tessitura "a trame infinite", con leggera pretensione manuale esercitata dall'operatore. Ancoraggio chimico del cordino tramite l'utilizzo di resina epossidica dove necessario per garantire il funzionamento del sistema. Ricoprimento del cavo con resina epossidica bi-componente dove necessario se non in contrasto con le esigenze di conservazione dei materiali originali su indicazione della D.L..

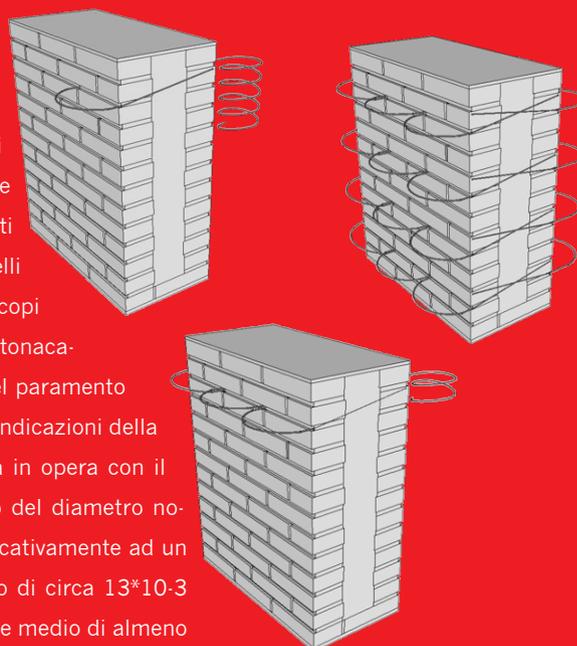
Ripristino di stuccatura dei giunti delle murature, eseguito con idonea malta rispondente, se del caso, alle caratteristiche di quella originale dopo accurata caratterizzazione della malta originale. Eventuale ulteriore e successivo rinzafo e ripassatura finale con straccio umido per asportare l'eccesso di malta e rimettere in vista i materiali laterizi e lapidei, il tutto secondo le indicazioni della D.L. .



# FOCUS:

## Consolidamento murario con sistema ticorapsimo® su murature intonacate o da intonacarsi

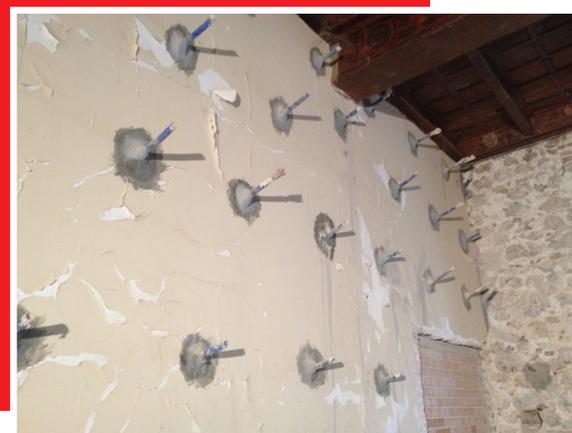
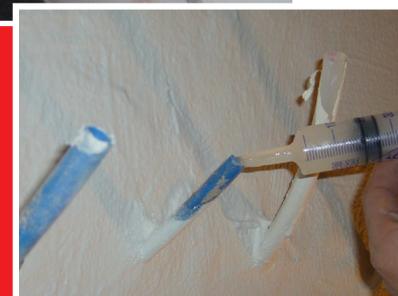
Realizzazione di consolidamento murario con sistema "Ticorapsimo®" (cucire la pietra con la pietra) realizzato con elementi flessibili in pietra macinata di basalto per consolidare murature storiche e moderne, tradizionali o a sacco oltre a riparare dissesti strutturali e a migliorare collegamenti e continuità strutturale tra elementi distinti o lesionati ed in grado di conferire monoliticità ai pannelli murarie e a conferire incremento di resistenza per gli scopi progettuali a cui destinato realizzato su murature già stonacate mediante esecuzione di fori passanti nello spessore del paramento murario del diametro di 16-18 mm localizzati secondo le indicazioni della D.L., soffiatura e rimozione di detriti dagli stessi. Messa in opera con il sistema brevettato "Ticorapsimo®" di cordino in basalto del diametro nominale minimo di almeno mm. 4,00 (corrispondente indicativamente ad un numero medio di filamenti di 58500 del diametro medio di circa 13\*10<sup>-3</sup> mm ed in grado di sostenere un carico di rottura a trazione medio di almeno 3000 N ed una deformazione a rottura media di circa il 5%), con leggera pre-tensione manuale esercitata dall'operatore. Ancoraggio chimico del cordino tramite l'utilizzo di resina epossidica dove necessario per garantire il funzionamento del sistema. Ricoprimento del cavo con resina epossidica bicomponente dove necessario e se non in contrasto con le esigenze di conservazione dei materiali originali su indicazione della D.L., e successiva intonacatura con malte tradizionali.



# FOCUS:

## Consolidamento di strutture murarie a sacco, caotiche e incoerenti con rinforzo localizzato con iniezioni consolidanti solfatoresistenti armate con connettori antiespulsivi in pietra di basalto

Il consolidamento di strutture murarie a sacco, caotiche e incoerenti con perforazioni ed iniezioni di miscele di materiali in sospensione viene realizzata mediante esecuzione di un reticolo nel paramento, costituito da un numero adeguato di fori per iniezioni, mediamente n. 4-8 per ogni metro quadrato, utilizzando le cavità presenti nei giunti o praticando i fori con il trapano elettrico a sola rotazione, il cui diametro di perforazione sia di almeno mm 25. Profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti ed ottenere superfici interne ai fori sane e pulite. Inserimento all'interno dei fori e prima delle iniezioni di barre in fibra di basalto, di forma circolare tipo "AhRCOS ® XGrip Spiralex 4" ad aderenza migliorata in fase di poltrusione, con elevata leggerezza e resistenza a trazione, superiore adesione al supporto con tessuto in fibra ottenuto dalla macinazione di pietre di basalto e cottura delle stesse, diametro mm. 4. Fissaggio dei boccagli con idonea malta o legante puro e pre-iniezione di acqua su tutto il volume murario da trattare al fine di eseguire un'ulteriore pulizia, rimuovere polvere e detriti e consegnare una superficie umida e fortemente bagnata prima dell'esecuzione stessa delle iniezioni, fino a saturazione delle murature. Iniezione a bassa pressione, a mezzo di pompe elettromeccaniche a controllo bilanciato dotate di manometri e telecomando per la regolazione ed il controllo dei materiali iniettati, di miscele di materiali in sospensione e legante per iniezioni resistenti ai solfati per muri storici, tipo "Limepor IZ8" costituita da calce idraulica naturale NHL con aggiunta di pozzolana naturale e filler carbonatico, appositamente formulata per rigenerare e preconsolidare, tramite iniezione, murature e fondazioni a sacco in mattoni o in pietra da taglio, con basso tenore di sali idrosolubili e compatibile fisicamente e chimicamente con i componenti originari della muratura, con caratteristiche meccaniche similari; di elevata fluidità con basso rapporto acqua/legante, caratteristiche meccaniche comparabili a quelle di una struttura in muratura che permette un comportamento strutturale omogeneo ed isotropo della muratura risanata, alta traspirabilità, elevato potere di penetrazione con conseguente saturazione di piccole fessure o cavità, assenza di segregazione nell'impasto durante l'iniezione e caratteristiche meccaniche di fluidità (consistenza mediante canaletta) UNI 8997: 70-80 cm; resistenza alla compressione UNI EN 1015-11 a 28 giorni > 18 Mpa, resistenza alla flessione UNI EN 1015-11 a 28 giorni > 4 Mpa. Il sistema prevede, al posto delle 2 fasi applicative distinte solitamente previste per preconsolidare inizialmente e successivamente realizzare tiranti antiespulsivi di collegamento, di unificare in un unico intervento aggiungendo durante la fase di ancoraggio dei connettori antiespulsivi in barrette di basalto e malta solfato resistente da iniezione. I prodotti impiegati risultano estremamente compatibili chimicamente, fisicamente e meccanicamente con le murature storiche.



# FOCUS:

## Il basalto



Il basalto è una roccia derivata dalla solidificazione della lava vulcanica con un punto di fusione di circa 1400°C, è stato usato fin dall'antichità per la sua durezza per lastricare le strade e come riempimento nelle costruzioni (Militky J. Et al., 2002-2007). Per produrre la fibra di basalto è necessario portare la roccia alla temperatura di fusione e quindi, tramite un processo di estrusione, ottenere filamenti continui. Le fibre così ottenute risultano avere caratteristiche meccaniche comprese tra quelle delle fibre di vetro e quelle delle fibre di carbonio (Wu Z. et al., 2010). Il basalto è un materiale durevole: risultati di test in laboratorio riportati in letteratura (Van de Velde, K. et al., 2003; Wei, B. et al., 2010) mostrano come l'esposizione ad ambienti aggressivi (acidi e basici), danneggia maggiormente le fibre di vetro che non quelle di basalto.

FOTO 7.7

## LA SPERIMENTAZIONE IN LABORATORIO

L'efficacia della tecnica proposta è stata testata in laboratorio con prove a carichi agenti nel piano come compressione verticale, taglio e compressione verticale e compressione diagonale, in seguito si sono eseguite altre prove per azioni fuori dal piano, in particolare per la flessione verticale. La scelta per i provini della sperimentazione è ricaduta su pannelli di muratura multi-paramento a doppia cortina con e senza riempimento intermedio (comunemente chiamato "sacco"). È stata scelta volutamente questa tipologia, fortemente diffusa nel patrimonio edilizio storico italiano, perché risulta vulnerabile ad azioni orizzontali nel piano e fuori dal piano e soggetta a fenomeni di instabilità delle cortine sotto le azioni verticali a causa della mancanza di omogeneità della struttura e di collegamenti delle parti. L'obiettivo che ci



si prefigge con tale tecnica, è quello di collegare le cortine e conferire al pannello un comportamento monolitico. Il tutto avviene nel pieno rispetto del principio del "minimo intervento" e mantenendo l'aspetto "faccia vista" originale.

Per ottenere tutto questo, sfruttando le proprietà della corda in fibra di basalto flessibile e versatile, sono



state progettate diverse disposizioni delle corde. A partire da "legature" passanti per i soli giunti orizzontali, implementate successivamente con corde passanti verticalmente, a formare un reticolo, arrivando infine alla realizzazione di cuciture diagonali secondo una disposizione a losanga. Utilizzando materiali quanto più possibile vicini a quelli delle costruzioni



storiche (mattoni di modesta resistenza e malta di calce aerea) sono stati realizzati 18 provini di muratura a sacco e 8 provini di muratura a cortine affiancate (senza riempimento incoerente intermedio). Si sono poi eseguite prove di compressione e taglio nel piano per i primi e prove per azioni fuori dal piano per i secondi. All'interno di ogni gruppo di provini, due sono stati portati a rottura senza l'applicazione di alcun consolidamento.

I risultati di questa campagna sperimentale testimoniano l'efficacia della tecnica nel collegare trasversalmente i paramenti della muratura, conferendole monoliticità e consentendo di sfruttare al massimo le risorse dei materiali. La notevole diminuzione delle deformazioni, sia sotto sforzi agenti nel piano che fuori dal piano, dei provini rinforzati rispetto a quelli non rinforzati, conferma non solo la capacità del sistema TICORAPSIMO® di incrementare le prestazioni dei pannelli murari eliminando la tendenza a crollare per fenomeni d'instabilità delle cortine, ma anche di aumentare il carico orizzontale a cui essi sono in grado di opporsi (Monni, F. et al., 2015). Il sistema rappresenta pertanto una valida alternativa alle comuni pratiche con cui si interviene abitualmente sulle murature storiche, rappresentando un nuovo sistema di rinforzare la muratura completamente reversibile, compatibile e sostenibile.

Di pari passo è stato messo a punto un modello numerico al fine di riprodurre i



*Due dei campioni in muratura a cortine affiancate e di elevata snellezza (1.0x0.24x2 m) sono stati sottoposti ad azioni fuori dal piano, flessione verticale, ponendoli orizzontalmente su due appoggi laterali (simulazione di una trave appoggiata) e caricati in mezzaria al fine di testare in condizioni limite la capacità del sistema di rinforzo. Questi due campioni sono stati rinforzati utilizzando la cucitura a losanga (risultata la più efficace in comparazione con le altre tipologie realizzate) abbinata ad una fasciatura verticale realizzata con le medesime corde di fibra di basalto.*

risultati degli esperimenti condotti, che tenesse in considerazione tutti i materiali costituenti la muratura (mattoni, malta, riempimento) operando così una micro-modellazione. Con il modello così realizzato sono state simulate le esperienze di laboratorio relative ai test di compressione ed i risultati sono stati confrontati con quelli sperimentali ottenendo un'ottima vicinanza tra loro, consentendo così l'osservazione

di altri aspetti che non potevano essere colti dalle sole prove sperimentali. Le simulazioni numeriche, infatti oltre a confermare la capacità di fornire un comportamento monolitico, attestano che le tensioni agenti sulle corde risultano pari ad un terzo di quelle massime sostenibili, garantendo così che in esercizio queste si mantengano sempre lontane dal punto di rottura, evitando collassi improvvisi ed imprevedibili.

# FOCUS:

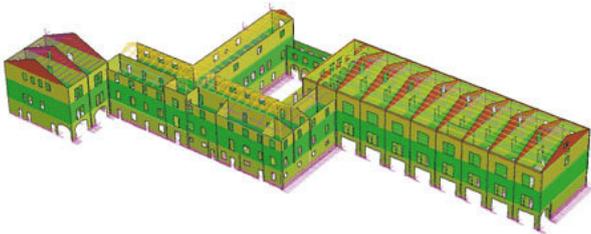
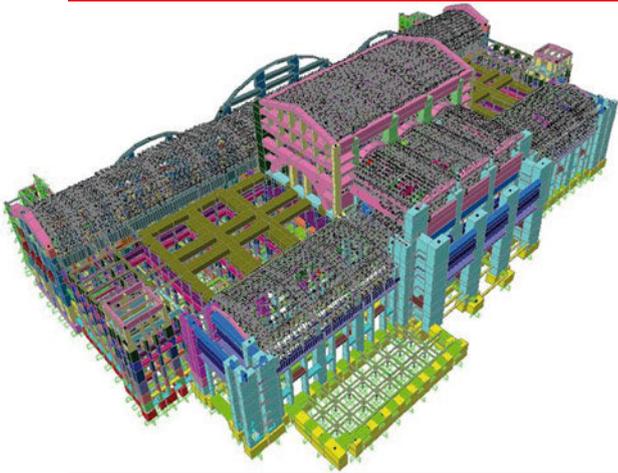
## Collegamento antiespulsivo sistema basaltis

Realizzazione di collegamento antiespulsivo "Basaltis" fra paramento interno ed esterno con esecuzione di perfori in strutture miste di qualsiasi genere, forma e consistenza, a qualsiasi altezza e profondità, di giusto diametro, con qualsiasi giacitura, eseguiti con le necessarie cautele per evitare danni a costruzioni prossime o contigue. Le forature sono eseguite creando un reticolo nel paramento, costituito da un numero adeguato di fori di collegamento, mediamente n. 4-8 per ogni metro quadrato, praticando i fori con il trapano elettrico a sola rotazione, il cui diametro di perforazione sia di almeno mm 14. Eseguita una profonda pulizia degli stessi con aria in pressione al fine di rimuovere tutti i detriti presenti ed ottenere superfici interne ai fori sane e pulite, si inseriscono all'interno dei fori e prima delle iniezioni, le barre in fibra di basalto, di forma circolare tipo "AhRCOS® XGrip Spiralex 4" ad aderenza migliorata in fase di poltrusione, con elevata leggerezza e resistenza a trazione, superiore adesione al supporto con tessuto in fibra ottenuto dalla macinazione di pietre di basalto e cottura delle stesse, diametro mm. 4. Fissaggio dei connettori antiespulsivi ed inghisaggio degli stessi. Successivamente si fissano i boccagli da iniezione con idonea malta o legante puro e preiniezione di acqua su tutto il volume murario da trattare al fine di eseguire un' ulteriore pulizia, rimuovere polvere e detriti e consegnare una superficie umida e fortemente bagnata prima dell' esecuzione stessa delle iniezioni, fino a saturazione delle murature. Iniezione a bassa pressione, per mezzo di pompe elettromeccaniche a controllo bilanciato dotate di manometri e telecomando per la regolazione ed il controllo dei materiali iniettati, di miscele di materiali in sospensione e legante per iniezioni resistenti ai solfati per muri storici, tipo "Limepor IZ8" costituita da calce idraulica naturale NHL con aggiunta di pozzolana naturale e filler carbonatico, appositamente formulata per rigenerare e preconsolidare, tramite iniezione, murature e fondazioni a sacco in mattoni o in pietra da taglio, con basso tenore di sali idrosolubili e compatibile fisicamente e chimicamente con i componenti originari della muratura, con caratteristiche meccaniche similari. Caratterizzata da elevata fluidità con basso rapporto acqua/legante, caratteristiche meccaniche comparabili a quelle di una struttura in muratura che permette un comportamento strutturale omogeneo ed isotropo della muratura risanata, alta traspirabilità, elevato potere di penetrazione con conseguente saturazione di piccole fessure o cavità, assenza di segregazione nell'impasto durante l'iniezione e caratteristiche meccaniche di Fluidità (consistenza mediante canaletta) UNI 8997: 70-80 cm; Resistenza alla compressione UNI EN 1015-11 a 28 giorni > 18 Mpa, Resistenza alla flessione UNI EN 1015-11 a 28 giorni > 4 Mpa.

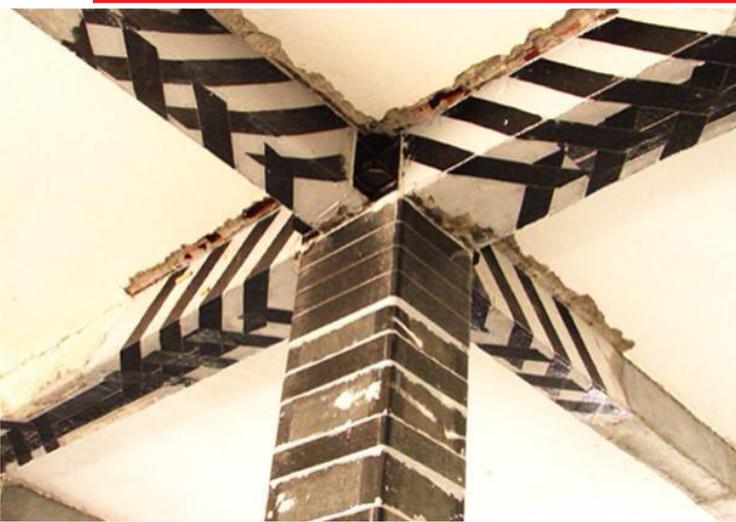


FOTO 7.31-7.32

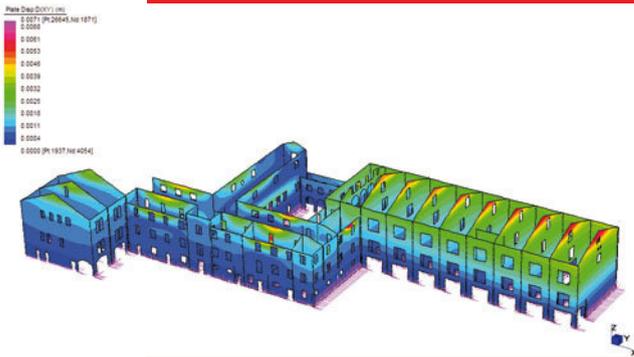
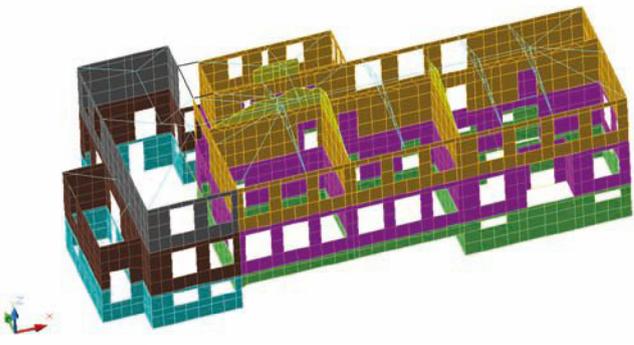
# Focus:



# Focus:



# Focus:



# Focus:



# Focus:



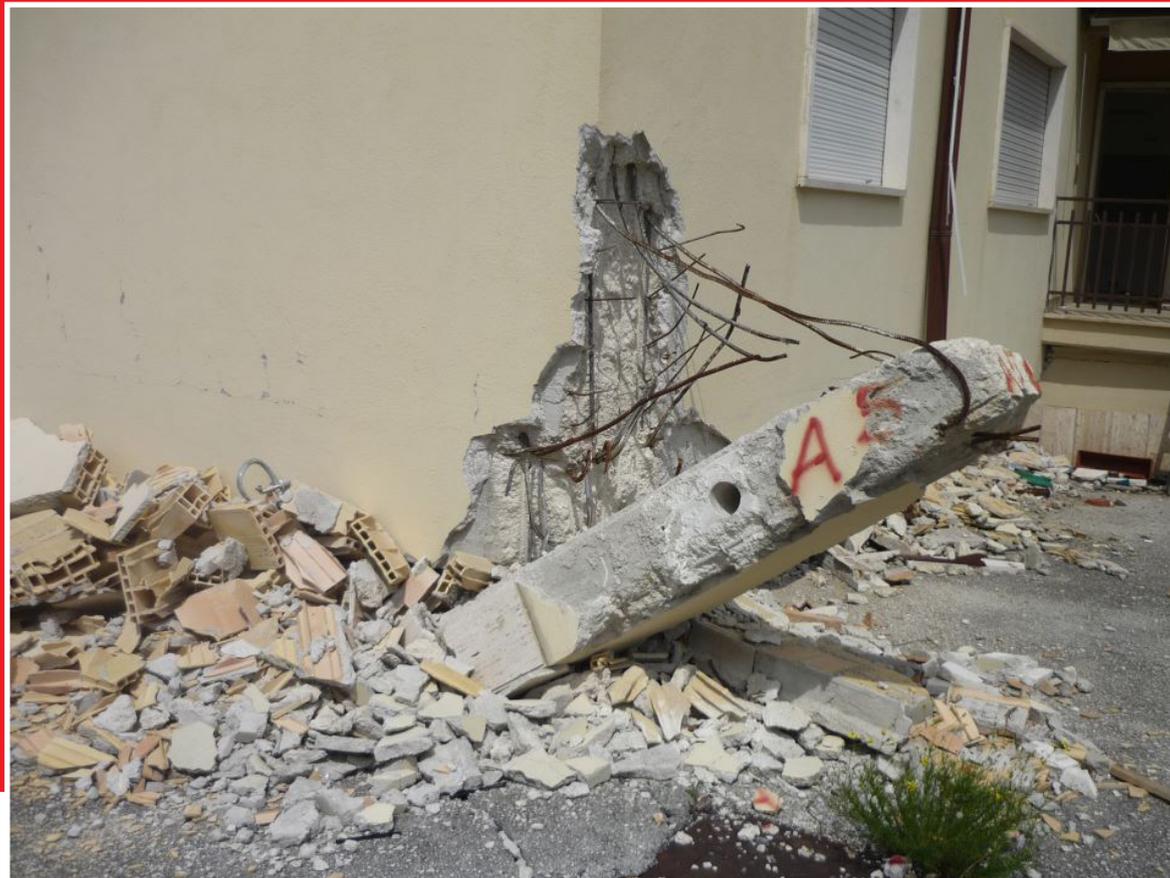
# Focus:



# Focus:



# Focus:



Finito di stampare Settembre 2015



AhRCOS® S.r.l.  
Tel. 051 / 72 .57. 63  
C.F. e P.iva 01907030389  
Capitale sociale: € 50.000 i.v.  
Iscr. Reg Imprese Ferrara n° 01907030389  
info@restauroeconsolidamento.it - info@ahrcos.it

*Sede Legale:*  
Via Statale, 88/1 - 44042 - CENTO (FE)

*Sede Amministrativa e Uffici Tecnici:*  
Via Secci, 5 - 40132 - BOLOGNA (BO)

*Laboratorio specialistico ricerca e sviluppo e Deposito:*  
Via Secci, 7 - 40132 - BOLOGNA (BO)

*Sede operativa:*  
Piazza San Venceslao 776/4 - Václavské náměstí 776/4  
110 00 - PRAHA 1 (CZECH REPUBLIC)

*Sede operativa:*  
Via L. Da Vinci, s.c. - 67100 - L'AQUILA (AQ)

*Deposito e centro raccolta materiali:*  
Via Argentina, s.c. - 44042 - CENTO (FE)

*Deposito:*  
Preslova, 652/19  
150 00 - PRAHA 5 (CZECH REPUBLIC)

*Sede operativa e punto assistenza:*  
Křižovnická, 86/6 - 110 00 - PRAHA 1 (CZECH REPUBLIC)

*Sede operativa:*  
Via Castelfidardo, 6 - 61121 - PESARO (PU)



Attestazione SOA: OG01 CL. IV-BIS - OG02 CL. IV-BIS – OS21 CL. III-BIS – OG05 CL. I – OS7 CL. I – OS8 CL. I

Certificazione di qualità ISO 9001:2008

Certificazione secondo Linee Guida Inail per il sistema della gestione della salute e della sicurezza sul lavoro (SGSL).

Certificazione ISO 14001 certificazione di Sistema di Gestione Ambientale - Impegno tutela per l'ambiente



**UNIVERSITA POLITECNICA DELLE MARCHE**  
DICEA - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura

Via Breccie Bianche - 60130 - Ancona  
Tel. +39 071 2204248 - Fax: +39 071 2204378



member of  
**assorestauro**  **ASS.I.R.C.CO.**