

MANUALE TECNICO STRUTTURALE - EDIZIONE 2024

Guida alla progettazione di sistemi per il consolidamento, il rinforzo strutturale e la sicurezza sismica.

Prescrizioni, voci di capitolato e tavole esecutive

kerakoll

Manuale del consolidamento

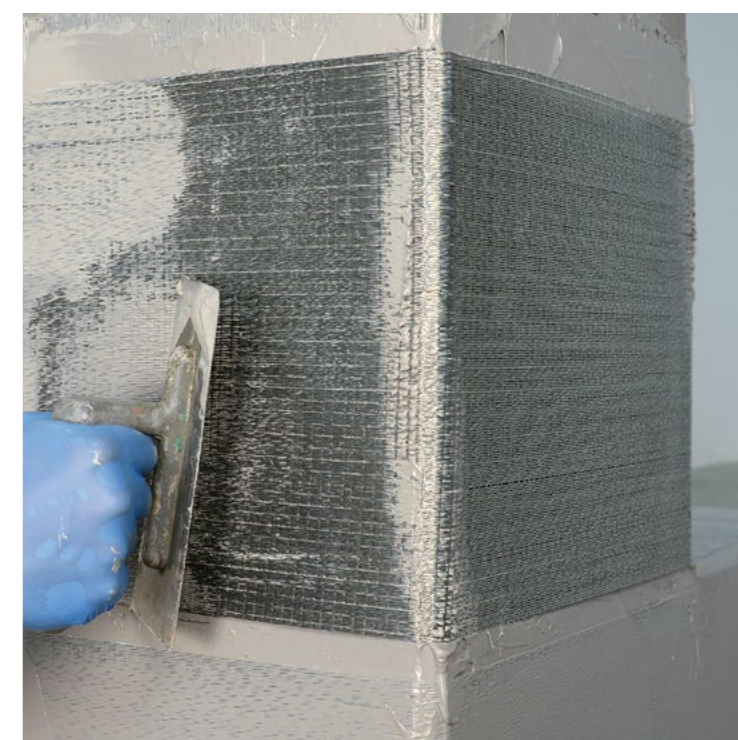
In Italia e nel resto del mondo, si contano ogni anno numerosi eventi sismici che colpiscono il patrimonio edilizio, in tutte le sue forme: dall'edilizia storica in muratura di varia natura fino alle più recenti strutture in c.a. Questi episodi hanno evidenziato problematiche legate alla presenza di murature disomogenee e in pessime condizioni di conservazione, elementi con bassissima resistenza meccanica, o elementi in c.a. realizzati con calcestruzzi scadenti o in evidente stato di degrado.

È proprio dallo studio attento della meccanica dei sistemi di rinforzo e dell'interazione con i vari materiali da costruzione che i nostri ricercatori hanno progettato moderni sistemi di rinforzo, composti da innovative matrici minerali abbinate a nuovi tessuti unidirezionali in fibra d'acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, reti in fibra naturale di basalto e acciaio Inox, fibre corte in acciaio ad alta resistenza e barre elicoidali in acciaio Inox.

Il primato della nostra metodologia di ricerca, unito alle eccellenze dei principali istituti di ricerca nazionali italiani ed esteri con cui collaboriamo, si fonda sullo sviluppo di sistemi di rinforzo, in grado di modularsi perfettamente alle resistenze e rigidità delle diverse tipologie di supporti.

Gli abbinamenti delle matrici Kerakoll con i tessuti in fibra d'acciaio e in fibra di basalto costituiscono gli innovativi sistemi di rinforzo strutturale a basso spessore, che offrono molteplici vantaggi: semplicità applicativa e performance di resistenza, modulo elastico e tenacità superiori a quelle dei più comuni sistemi compositi.

Questo Manuale Tecnico è un'utile guida pratica per i Progettisti e la Direzione Lavori, per pianificare e dirigere il cantiere in modo più semplice ed efficace.

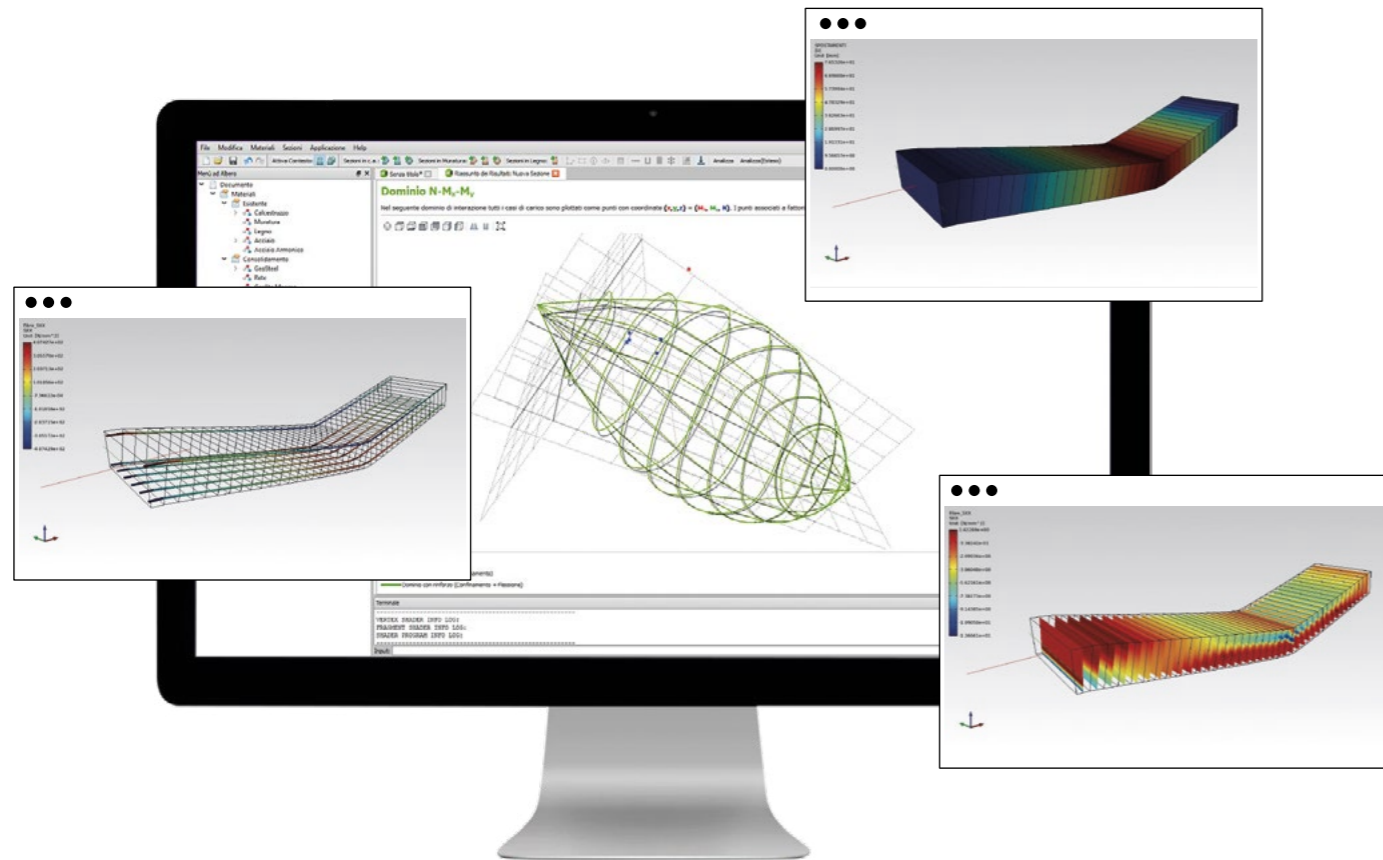


Kerakoll è socio sostenitore di



GEORFORCE ONE, IL SOFTWARE PER PROGETTARE IL CONSOLIDAMENTO E IL RINFORZO STRUTTURALE

Geoforce one
Software



ENGINEERED BY

ASDEA

ASDEA è una società di ingegneria costituita da professionisti che nel corso di decenni hanno maturato significative esperienze di ricerca in campo internazionale.

La società è nata con l'obiettivo di offrire soluzioni innovative e altamente tecnologiche nel campo dell'ingegneria strutturale e opera attivamente in diversi paesi, contando più di 300 professionisti, fornendo in tutto il mondo servizi di ingegneria e architettura altamente specializzati.

L'innovativo software Geoforce One, sviluppato e concepito da Asdea per Kerakoll, permette di progettare e verificare sezioni di forma standard o generica in c.a., c.a.p., legno e muratura. Con soli tre semplici passaggi è possibile progettare e verificare il sistema di rinforzo nell'elemento strutturale. Geoforce One permette inoltre la modellazione e l'analisi di elementi strutturali quali travi/pilastri in c.a., setti, architravi, fasce di piano, archi e volte in muratura e nodi trave-pilastro.

1. DEFINIZIONE DELLA SEZIONE

- Generazione della geometria di sezioni di forme ricorrenti (rettangolare o circolare) tramite appositi editors
- Generazione della geometria di sezioni di forme complesse attraverso un ambiente CAD integrato
- Definizione di barre di armatura longitudinale e trasversale
- Definizione di rinforzi a flessione, taglio, confinamento e torsione
- Definizione di ringrossi di sezione
- Definizione di più casi di carico

2. ANALISI DELLA SEZIONE

- Verifiche a presso/tenso-flessione:
 - verifica dello stato iniziale dovuto a carichi presenti all'atto dell'applicazione del rinforzo
 - verifica allo SLE
 - verifica allo SLU
- Verifiche a confinamento, taglio e torsione: per sezioni in c.a. il legame costitutivo del cls tiene conto dell'effetto del confinamento
- Verifica per più casi di carico

3. VISUALIZZAZIONE ED ESPORTAZIONE DEI RISULTATI

- Generazione, visualizzazione ed esportazione di report dettagliati
- Riepilogo dei materiali utilizzati
- Risultati delle verifiche allo stato iniziale, SLE
- Risultati delle verifiche allo SLU pre e post intervento con sistemi di rinforzo Kerakoll
- Visualizzazione di domini di interazione 2D e 3D
- Visualizzazione del grafico momento-curvatura

DEFINIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE

- Generazione di elementi strutturali con editor ad hoc
- Elementi costruiti a partire da un numero variabile di sezioni, e loro locazione lungo l'asse dell'elemento
- Possibilità di inserire ringrossi (con o senza rinforzo) ad archi e volte

ANALISI FEM STATICA NON LINEARE

- Definizione di carichi e condizioni al contorno
- Lancio dell'analisi statica non lineare a due step:
 - stato iniziale prima dell'applicazione del rinforzo in controllo di forze
 - stato finale con elemento rinforzato in controllo di spostamenti
- Modello di trave con integrazione della risposta sezionale tramite modello a fibre
- Legami costitutivi non lineari basati sulla teoria della plasticità e del danno continuo

VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI























- Visualizzazione grafica dei risultati per ogni step dell'analisi non lineare
- Visualizzazione dei Contour Plots per risultati nodali e di elemento
- Visualizzazione dei Contour Plots per risultati sezionali:
 - stato deformativo e tensionale in ogni punto della sezione a fibre
 - stato dei materiali
 - fattori di sfruttamento
- Grafico della curva forza-spostamento

Indice generale

| | |
|--|-----|
| SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN C.A., C.A.P. E PREFABBRICATE | 9 |
| • RICOSTRUZIONE, RIPARAZIONE E RINGROSSO | 10 |
| • PILASTRI E NODI | 18 |
| • SOLAI E TRAVI | 32 |
| | |
| SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO, IL RINFORZO E LA RIPARAZIONE DI PARETI DI TAMPONAMENTO IN STRUTTURE INTELAIATE IN C.A. | 53 |
| • RIPARAZIONE, RIPRISTINO LESIONI LOCALI | 54 |
| • RINFORZO E MIGLIORAMENTO DIFFUSO | 58 |
| | |
| SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA PORTANTE DI LATERIZIO, TUFO E PIETRA NATURALE | 68 |
| • MURATURA E PILASTRI | 70 |
| • ARCHI | 106 |
| • VOLTE | 114 |
| • CUPOLE | 138 |
| | |
| APPENDICI | 147 |








SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA PORTANTE DI LATERIZIO, TUFO E PIETRA NATURALE




MURATURA E PILASTRI

| | | | | | | | |
|--------------|---|--|----|--------------|---|---|-----|
| 1.21A |  | Riparazione di lesioni su murature mediante opera di scuci e cucì con malta a base di pura calce idraulica naturale | 70 | 1.28 |  | Consolidamento e rinforzo di porzioni di fabbricato mediante realizzazione di fasce di piano mediante placcaggio con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 94 |
| 1.21B |  | Riparazione di lesioni su murature mediante opera di scuci e cucì con malta a base di pura calce idraulica naturale e inserimento diffuso di connessioni trasversali | 72 | 1.29 |  | Consolidamento e rinforzo di porzioni di fabbricato mediante realizzazione di cordoli armati mediante interposizione nei giunti di fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 96 |
| 1.22 |  | Ristilatura dei giunti in muratura con malta certificata a base di pura calce idraulica naturale | 74 | 1.30 |  | Realizzazione di incatenamenti di facciata mediante installazione di fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 98 |
| 1.23A |  | Ristilatura armata dei giunti facciavista mediante malta a base di pura calce idraulica naturale e barre elicoidali in acciaio Inox | 76 | 1.31 |  | Rinforzo di pilastri in muratura mediante confinamento con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 100 |
| 1.23B |  | Ristilatura armata dei giunti e connessione trasversale di muratura facciavista mediante malta a base di pura calce idraulica naturale, connettori e barre elicoidali in acciaio Inox | 78 | 1.32 |  | Rinforzo di pilastri in muratura facciavista mediante confinamento puntuale con barre elicoidali in acciaio Inox inserite a secco | 102 |
| 1.24 |  | Consolidamento e rinforzo di maschi murari mediante iniezioni di malta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale | 80 | 1.33 |  | Rinforzo di pilastri in muratura facciavista mediante confinamento puntuale con connettori in fibra di acciaio galvanizzato iniettati con geomalta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale | 104 |
| 1.25A |  | Consolidamento e rinforzo di maschi murari mediante inserimento diffuso di diatoni in fibra di acciaio galvanizzato iniettati con geomalta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale | 82 | ARCHI | | | |
| 1.25B |  | Consolidamento e rinforzo di maschi murari mediante reticolato diffuso di diatoni in fibra di acciaio galvanizzato iniettati con geomalta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale | 84 | 1.34 |  | Rinforzo e consolidamento di archi mediante placcaggio estradossale con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 106 |
| 1.25c |  | Connessioni trasversali e ammorsamenti di maschi murari mediante cucitura a secco con barre elicoidali in acciaio Inox | 86 | 1.35 |  | Rinforzo e consolidamento di archi mediante placcaggio intradossale con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 108 |
| 1.26 |  | Rinforzo per azioni nel piano e fuori dal piano di maschi murari mediante placcaggio con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 88 | 1.36 |  | Rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura a secco intradossale con barre elicoidali in acciaio Inox | 110 |
| 1.27A |  | Rinforzo per azioni nel piano e fuori dal piano di maschi murari mediante placcaggio diffuso con rete in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 90 | 1.37 |  | Rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura intradossale con connettori in fibra di acciaio galvanizzato iniettati con geomalta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale | 112 |
| 1.27B |  | Rinforzo per azioni nel piano e fuori dal piano di maschi murari mediante placcaggio diffuso con rete in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 92 | | | | |





SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA PORTANTE DI LATERIZIO, TUFO E PIETRA NATURALE

VOLTE

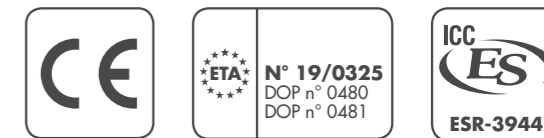
- | | | | |
|-------------|---|--|-----|
| 1.38 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a botte mediante placcaggio estradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 114 |
| 1.39 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a botte mediante placcaggio intradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 116 |
| 1.40 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a botte mediante placcaggio estradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 118 |
| 1.41 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a botte mediante placcaggio intradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 120 |
| 1.42 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a crociera mediante placcaggio estradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 122 |
| 1.43 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a crociera mediante placcaggio intradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 124 |
| 1.44 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a crociera mediante placcaggio estradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 126 |
| 1.45 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a crociera mediante placcaggio intradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 128 |
| 1.46 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio estradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 130 |

- | | | | |
|-------------|---|--|-----|
| 1.47 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio intradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 132 |
| 1.48 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio estradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 134 |
| 1.49 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio intradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 136 |

CUPOLE

- | | | | |
|-------------|---|--|-----|
| 1.50 |  | Rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio estradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 138 |
| 1.51 |  | Rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio intradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 140 |
| 1.52 |  | Rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio estradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 142 |
| 1.53 |  | Rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio intradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 144 |

1.34 Rinforzo e consolidamento di archi mediante placcaggio estradossale con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale



PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Provvedere alla rimozione e allo svuotamento degli eventuali strati sovrastanti l'arco oggetto dell'intervento. Dove si presentino lesioni o lacune della muratura è consigliabile intervenire mediante la ricucitura della tessitura muraria. Rimuovere la polvere dai supporti mediante aspirazione. Realizzare eventuali regolarizzazioni delle superfici, precedentemente consolidate, con **Geocalce F Antisismico** geomalta a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante. Inumidire le superfici, in caso di intradosso affrescato applicare in alternativa fissativo consolidante corticale tipo o **Rasobuild Eco Consolidante**.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di realizzare una fascia estradossale lungo la curva direttrice dell'arco di larghezza da stabilire a cura di tecnico abilitato, con l'applicazione di una prima mano di **Geocalce F Antisismico**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato **Geosteel G600**, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli per garantire un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, provvedere sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio nelle zone di rinfianco generalmente poste subito sopra il piano di imposta dell'arco, avendo cura di sfocciare la parte terminale della fascia in fibra di acciaio **Geosteel G**, realizzando un numero di "code" cilindriche e garantendo così un ancoraggio continuo, cercando di rimanere il più possibile tangente alla direttrice dell'arco. Si suggerisce di effettuare tali "code" inghisando porzioni di fascia con una larghezza non superiore a 10 cm, previa realizzazione del foro. Infine procedere con la colatura della geomalta iperfluida **Geocalce FL Antisismico**, previa bagnatura del foro, al fine di creare perfetta collaborazione tra il tessuto di rinforzo e il supporto in muratura. È possibile prolungare la lunghezza d'ancoraggio per tutto lo spessore del rinfianco e della muratura perimetrale, collegando il rinforzo dell'arco con le eventuali fasce di piano.

AVVERTENZE

Qualora per esigenze progettuali il tessuto **Geosteel G600** non risultasse sufficiente a soddisfare le verifiche, è possibile sostituirlo con **Geosteel G1200**.

Consultare l'APPENDICE 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRG (Steel Reinforced Grout) per rinforzo e consolidamento di archi mediante placcaggio estradossale, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/mq impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel SRG** realizzato con **Geosteel G600** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 2798 MPa, deformazione a trazione (valore caratteristico) = 1,42%, olim,conv = 1767 MPa (laterizio) - 1593 MPa (tufo) - 2471 MPa (pietra), elim,conv = 0,91% (laterizio) - 0,82% (tufo) - 1,27% (pietra), modulo elastico del tessuto Ef = 195 GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa, deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; n° trefoli per cm = 1,57 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti l'arco, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale devono essere sigillate e rincocciate con scaglie di materiale idoneo allettate con la malta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa, del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, lungo la curva direttrice dell'arco, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di malta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto (da contabilizzare a parte), procedendo alla preventiva foratura dei supporti, arrotolamento delle estremità del tessuto in acciaio al fine di inserire tali code all'interno dei fori precedentemente realizzati con colatura finale di malta fluida.

La quantità è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 Preparazione e pulizia delle superfici.



2 Inghisaggio degli ancoraggi con **Geocalce FL Antisismico**.



3 Applicazione prima mano di **Geocalce F Antisismico**.



4 Installazione del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel G**.

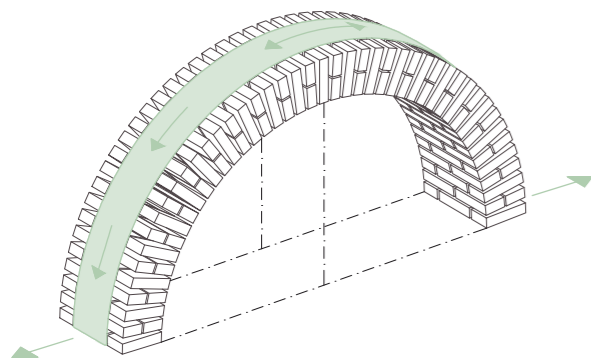


5 Applicazione seconda mano di **Geocalce F Antisismico**.



1.34

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI ARCHI MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE CON FASCE DI TESSUTO IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE



ASSONOMETRIA RINFORZO ESTRADOSSALE DELL'ARCO

NOTE

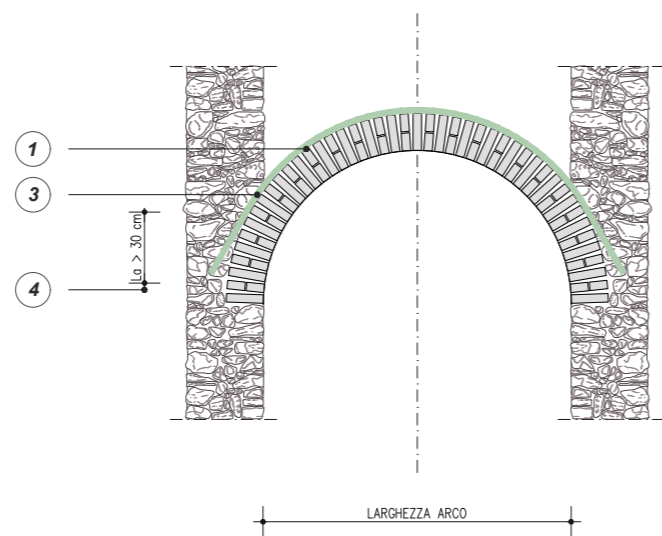
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con arco in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 1.24).

POWERED BY

kerakoll

ENGINEERED BY

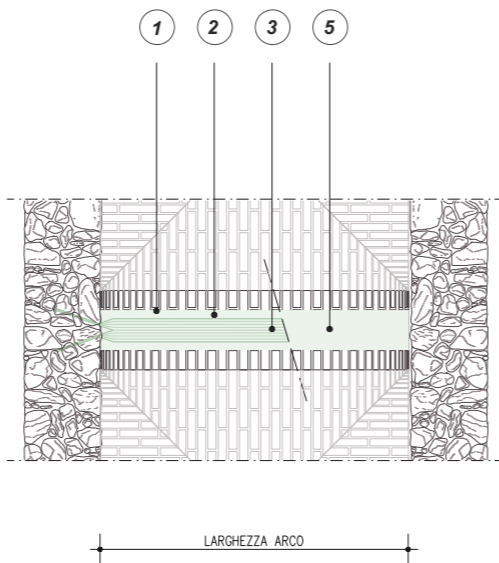
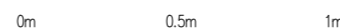
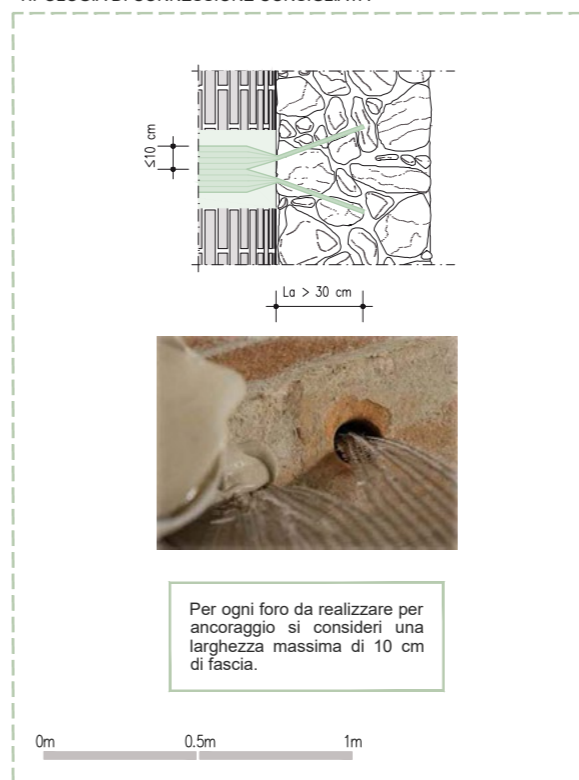
ASDEA



PROSPETTO SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200



TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



PIANTA SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200



PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELL'ARCO, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOMALTA

1

STESURA SUL SUPPORTO DI UN PRIMO STRATO DI **GEOCALCE F ANTISISMICO** CON UNO SPESSORE MINIMO DI 3-5 mm PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO

2

INSTALLAZIONE DI TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALLA DIRETTRICE DELL'ARCO

3

Si consulti l'APPENDICE 1.C per la connessione del rinforzo dell'arco con le fasce di piano.

APPLICAZIONE DEL TESSUTO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

4

Si consiglia una lunghezza di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE 1.A.

RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOCALCE F ANTISISMICO** (SPESSORE 2-5 mm), PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI. È NECESSARIO GARANTIRE LA CONTEMPORANEA MATURAZIONE DELLO STRATO INIZIALE E DI QUELLO FINALE CHE VA QUINDI APPLICATO QUANDO IL PRECEDENTE È ANCORA UMIDO

5

QUADRO NORMATIVO

Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte
L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti e cerchiature*. La posizione ottimale dei tiranti e al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione non può essere adottata, per cui può essere necessario disporre i tiranti all'estradosso, purché ne sia dimostrata l'efficacia e la flessione risultante sia adeguatamente presidiata. Presidi estradosso possono essere realizzati con elementi dotati anche di rigidità flessionale (elementi di limitata sezione) e aggiungendo tiranti inclinati a questi connessi e ancorati a livello delle imposte (catene a braga). La realizzazione di *contrafforti* (o *ringrossi murari*) è utile nei confronti delle sollecitazioni non sismiche, ma il loro effetto in caso di azioni sismiche deve essere adeguatamente valutato, a causa dei potenziali effetti locali connessi al significativo irrigidimento. Per il consolidamento di archi e volte è possibile anche il ricorso a tecniche di rinforzo estradosso basate sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati. (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

Rinforzo di volte e archi
Volte ed archi murari possono essere rinforzati applicando gli FRCM sia al loro estradosso che all'intradosso. In entrambi i casi l'obiettivo è quello di sopperire alla mancanza di resistenza a trazione dell'apparecchio murario contrastando l'apertura di cerniere. Il rinforzo può essere disposto in modo continuo o per fasce, e può essere collegato alle murature d'ambito e alla volta stessa oltre che per adesione, con particolari connettori. [...] La possibilità di conferire un comportamento duttile al sistema a livello strutturale si traduce in un aumento della capacità resistente e in un miglioramento qualitativo complessivo, tenendo presente della necessità di un affidabile modello di verifica della integrità del rinforzo e della connessione rinforzo-struttura. (CNR - DT 215/2018 §2.1.2.2 - §4.5)

* Per la pulizia del supporto si è fatto riferimento a normative di comprovata validità

1.35

Rinforzo e consolidamento di archi mediante placcaggio intradosale con fasce di tessuto in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere alla demolizione e alla rimozione dell'intonaco esistente (qualora l'operazione sia consentita, non essendo questo vincolato ad alcun limite di salvaguardia), limitatamente all'intradosso dell'arco oggetto dell'intervento, e di tutte le parti inconsistenti o incoerenti. Dove si presentino lesioni o lacune della muratura è consigliabile intervenire mediante la ricucitura della tessitura muraria. Rimuovere la polvere dai supporti e inumidire le superfici interessate. Realizzare eventuali regolarizzazioni delle superfici precedentemente consolidate con **Geocalce F Antisismico**, geomalta a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante. Effettuare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo **Rasobuild Eco Consolidante**.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di realizzare una fascia intradosale lungo la curva direttrice dell'arco, di larghezza da stabilire a cura di tecnico abilitato, con l'applicazione di una prima mano di **Geocalce F Antisismico**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 – 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare, sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato **Geosteel G600**, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli per garantire un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Disporre il tessuto in fasce parallele alla direttrice dell'arco. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 – 5 mm), sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.
Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Qualora per esigenze progettuali il tessuto **Geosteel G600** non risultasse sufficiente a soddisfare le verifiche, è possibile sostituirlo con **Geosteel G1200**.

Consultare l'APPENDICE 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

Consultare l'APPENDICE 1.B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti **Geosteel G** in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro **Iniettore&Connettore Geosteel**.

In funzione delle necessità di cantiere e delle caratteristiche del supporto, è possibile sostituire la connessione realizzata mediante **Diatono Geosteel** con la connessione a secco realizzata mediante barre elicoidali **Steel Dryfix** e **Tassello Steel Dryfix**.

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

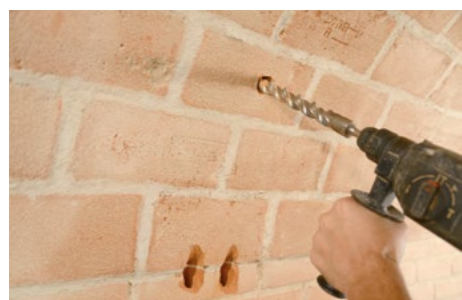
VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRG (Steel Reinforced Grout) per rinforzo e consolidamento di archi mediante placcaggio intradosale, provvisto di Marcatura CE tramite ETA, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/mq impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel SRG** realizzato con **Geosteel G600** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 2798 MPa, deformazione a trazione (valore caratteristico) = 1,42%, olim,conv = 1767 MPa (laterizio) - 1593 MPa (tufo) - 2471 MPa (pietra), elim,conv = 0,91% (laterizio) - 0,82% (tufo) - 1,27% (pietra), modulo elastico del tessuto Ef = 195 GPa. Caratteristiche del tessuto: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa, deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; n° trefoli per cm = 1,57 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12). Le connessioni trasversali sono realizzate in numero di 4 elementi al mq tramite diatoni in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza di lunghezza pari a 30 cm, iniettati con malta fluida a base di pura calce naturale NHL 3.5 - tipo **Diatono Geosteel** realizzato con **Geosteel G600** in abbinamento a **Geocalce FL Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate della connessione: σpull-out = 2555 MPa (laterizio) - 2503 MPa (tufo).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie e umidificazione della stessa o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di malta, di spessore di circa 3 – 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa, del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, da installarsi ogni 30 – 40 cm lungo lo sviluppo di installazione della fascia, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 – 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto (da contabilizzare a parte), procedendo alla preventiva foratura dei supporti, arrotolamento delle estremità del tessuto in acciaio al fine di inserire tali code all'interno dei fori precedentemente realizzati con colatura finale di malta fluida. La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 _____

Esecuzione dei fori pilota.



2 _____

Bagnatura del supporto.



3 _____

Applicazione prima mano di **Geocalce F Antisismico**.



4 _____

Installazione del tessuto in fibra d'acciaio **Geosteel**.



5 _____

Installazione del **Diatono Geosteel**.



6 _____

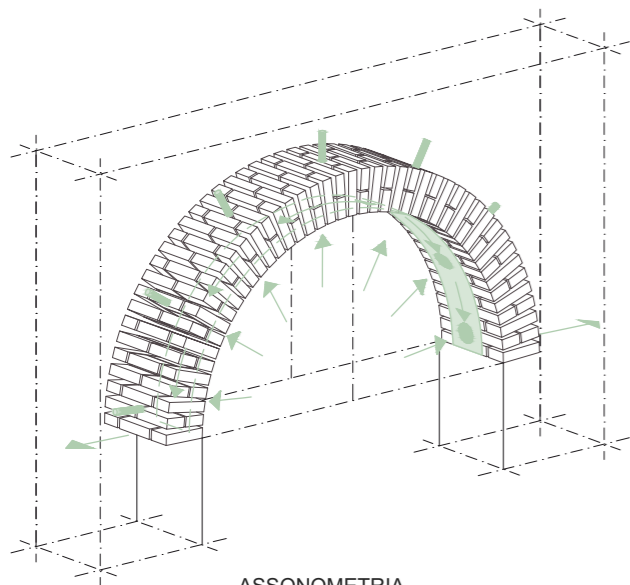
Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con **Geocalce FL Antisismico** e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.35

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI ARCHI MEDIANTE PLACCCAGGIO INTRADOSSALE CON FASCE DI TESSUTO IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforceone
Software

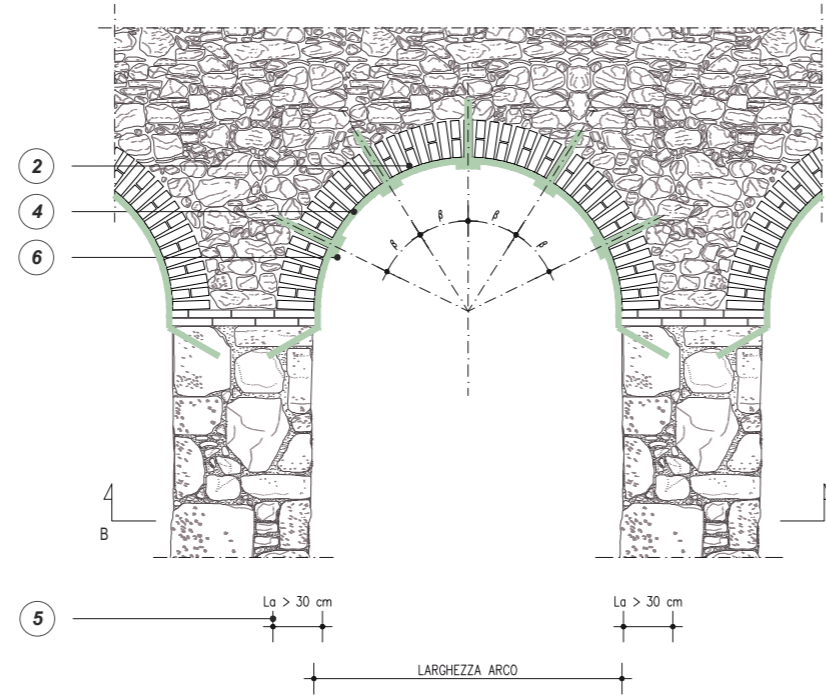


ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELL'ARCO

NOTE

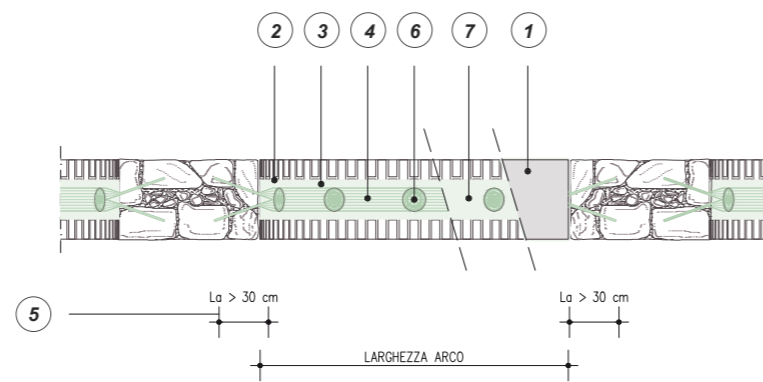
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con arco in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 1.24). Nel caso l'arco in questione poggi su piedritti e risulti necessario consolidare anche questi ultimi, consultare da TAV 1.31 a TAV 1.33.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



PROSPETTO
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON FASCE DI
GEOSTEEL G600/G1200

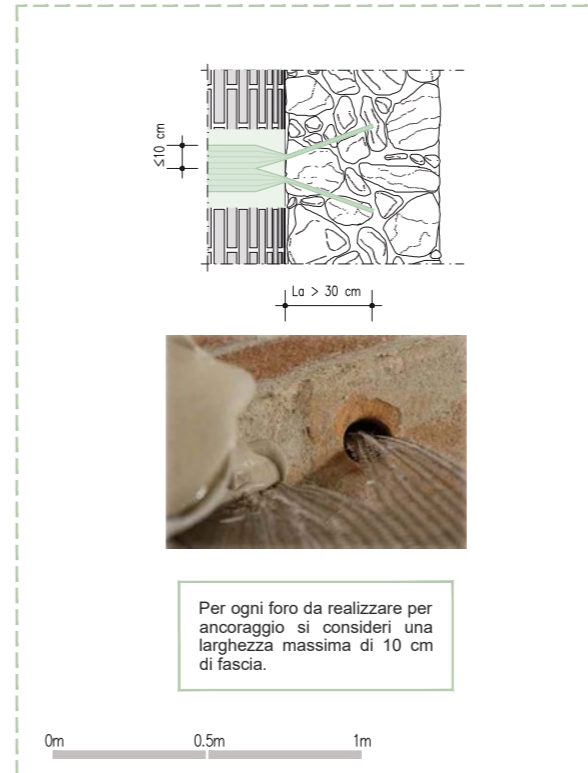
0m 0.5m 1m 2m



PIANTA B - B'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



- 1 EVENTUALE DEMOLIZIONE DELL'INTONACO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO DELL'ARCO. EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE F ANTISISMICO**
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UN PRIMO STRATO DI **GEOCALCE F ANTISISMICO** CON UNO SPESSORE MINIMO DI 3-5 mm PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALLA DIRETTRICE DELL'ARCO
- 5 APPLICAZIONE DEL TESSUTO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO
Si consiglia una lunghezza di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE 1.A.
- 6 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200** INGHISATI CON **GEOCALCE FL ANTISISMICO**
Per i sistemi di rinforzo posti all'intradosso è consigliabile prevedere connettori meccanici a fiocco per evitare fenomeni di peeling. Consultare l'APPENDICE 1.B e l'APPENDICE 1.C per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.
- 7 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOCALCE F ANTISISMICO** (SPESSORE 2-5 mm), PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI. È NECESSARIO GARANTIRE LA CONTEMPORANEA MATURAZIONE DELLO STRATO INIZIALE E DI QUELLO FINALE CHE VA QUINDI APPLICATO QUANDO IL PRECEDENTE È ANCORA UMIDO

QUADRO NORMATIVO

Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte
L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti* e *cerchiature*. La posizione ottimale dei tiranti è al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione non può essere adottata, per cui può essere necessario disporre i tiranti all'estradosso, purché ne sia dimostrata l'efficacia e la flessione risultante sia adeguatamente presidiata. Presidi estradosso possono essere realizzati con elementi dotati anche di rigidità flessionale (elementi di limitata sezione) e aggiungendo tiranti inclinati a questi connessi e ancorati a livello delle imposte (catene a braga). La realizzazione di *contrafforti* (o *ringrossi murari*) è utile nei confronti delle sollecitazioni non sismiche, ma il loro effetto in caso di azioni sismiche deve essere adeguatamente valutato, a causa dei potenziali effetti locali connessi al significativo irrigidimento.
Per il consolidamento di archi e volte è possibile anche il ricorso a tecniche di rinforzo estradosso basate sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati.
(Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

Rinforzo di volte e archi
Volte ed archi murari possono essere rinforzati applicando gli FRCM sia al loro estradosso che all'intradosso. In entrambi i casi l'obiettivo è quello di sopperire alla mancanza di resistenza a trazione dell'apparecchio murario contrastando l'apertura di cerniere. Il rinforzo può essere disposto in modo continuo o per fasce, e può essere collegato alle murature d'ambito e alla volta stessa oltre che per adesione, con particolari connettori. [...] La possibilità di conferire un comportamento duttile al sistema a livello strutturale si traduce in un aumento della capacità resistente e in un miglioramento qualitativo complessivo, tenendo presente della necessità di un affidabile modello di verifica della integrità del rinforzo e della connessione rinforzo-struttura.
(CNR - DT 215/2018 §2.1.2.2 - §4.5)

* Per la pulizia del supporto si è fatto riferimento a normative di comprovata validità

1.36

Rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura a secco intradossale con barre elicoidali in acciaio Inox

PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Non sono previste particolari procedure di preparazione dei supporti, rimanendo, tuttavia, a discrezione della D.L. eventuali trattamenti propedeutici della muratura, come la demolizione e rimozione dell'intonaco, se necessario.
2. Realizzazione del foro pilota. Eseguire il rinforzo di archi con cucitura a secco intradossale mediante la realizzazione di un foro pilota di diametro opportuno in funzione della barra scelta e della consistenza del supporto e lunghezza possibilmente pari a quella della barra elicoidale di cucitura da installare.
3. Installazione della barra. Installare la barra **Steel Dryfix** all'interno del foro mediante apposito **Mandrino Steel Dryfix**. Montare il mandrino sul trapano a percussione con innesto SDS Plus e inserire la barra sul mandrino. Procedere quindi all'infissione della barra sfruttando la sola percussione del trapano e la pressione esercitata manualmente. Inserire la barra nel supporto fino alla completa infissione della stessa. Il passo delle barre lungo la direttrice dell'arco deve essere determinato da progettista abilitato.
4. Stuccatura del foro. Al termine dell'inserimento della barra stuccare con opportuna geomalta (**Geocalce G Antisismico** o **Geocalce F Antisismico** o **Bioalce Pietra**) la parte terminale del foro, in modo da garantire la perfetta sigillatura di quest'ultimo e garantire una perfetta aderenza della barre al substrato anche nella parte iniziale.
5. Controllo qualità sulla tenuta delle barre installate. Per conoscere le prestazioni di aderenza/estrazione delle barre elicoidali **Steel Dryfix** su diversi supporti, si consiglia di effettuare in cantiere prove di pull-out mediante l'apposito estrattore certificato di Kerakoll Spa. Eseguito tale controllo è possibile dimensionare più accuratamente l'intervento.

AVVERTENZE

In caso di murature particolarmente decoese e con nucleo scadente, è possibile associare alla cucitura a secco anche l'iniezione mediante geomalta iperfluida **Geocalce FL Antisismico** mediante microcannula installata sulla testa della barra.

Il progettista può scegliere, in base alle esigenze di progetto, se adottare le barre **Steel Dryfix 8**, **Steel Dryfix 10** o **Steel Dryfix 12** installate utilizzando l'apposito **Mandrino Steel Dryfix**.

Consultare l'APPENDICE 1.B per conoscere le modalità di installazione delle barre elicoidali **Steel Dryfix**.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di barre elicoidali per il rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura a secco intradossale, certificate EN 845-1 in acciaio Inox AISI 316, provviste di marcatura CE, di lunghezza pari a 400 mm, nel numero di 4 elementi al mq, installate in apposito foro pilota, previo eventuale trattamento delle superfici ammalorate, poste in opera mediante apposito mandrino – tipo **Steel Dryfix 10** di Kerakoll. Caratteristiche tecniche certificate della barra: carico di rottura a trazione $\geq 16,2$ kN; carico di rottura a taglio $\geq 9,5$ kN; modulo elastico ≥ 150 GPa; deformazione ultima a rottura $\geq 3\%$; area nominale 15,50 mm². Compresa stuccatura del foro mediante malta a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg $> 1,0$ N/mm² – FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino e preparazione delle superfici ammalorate (da contabilizzare a parte); realizzazione del foro pilota di diametro opportuno in funzione della lunghezza della barra e della natura del materiale di supporto; installazione della barra all'interno del foro (numero, profondità di ancoraggio, interassi a cura di tecnico abilitato) mediante apposito mandrino in funzione della lunghezza della barra; stuccatura del foro mediante malta.

La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo posto in opera.

1

Realizzazione del foro pilota.



2

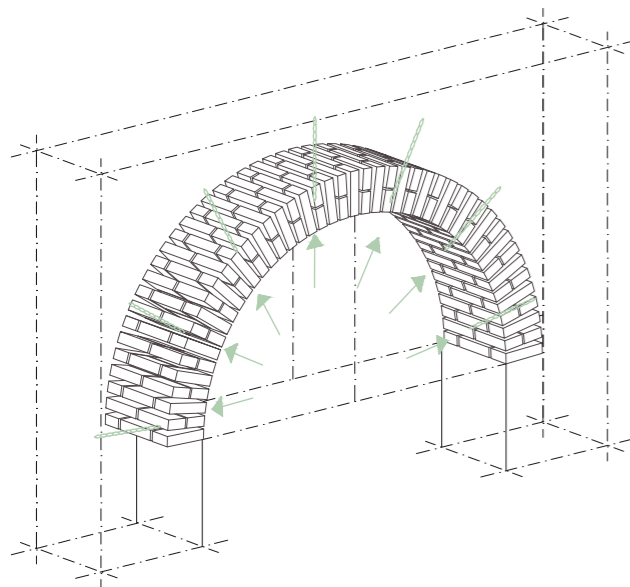
Installazione della barra **Steel Dryfix** all'interno del foro mediante apposito **Mandrino Steel Dryfix**.



1.36

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI ARCHI MEDIANTE CUCITURA A SECCO INTRADOSSALE CON BARRE ELICOIDALI IN ACCIAIO INOX

Geoforceone
Software

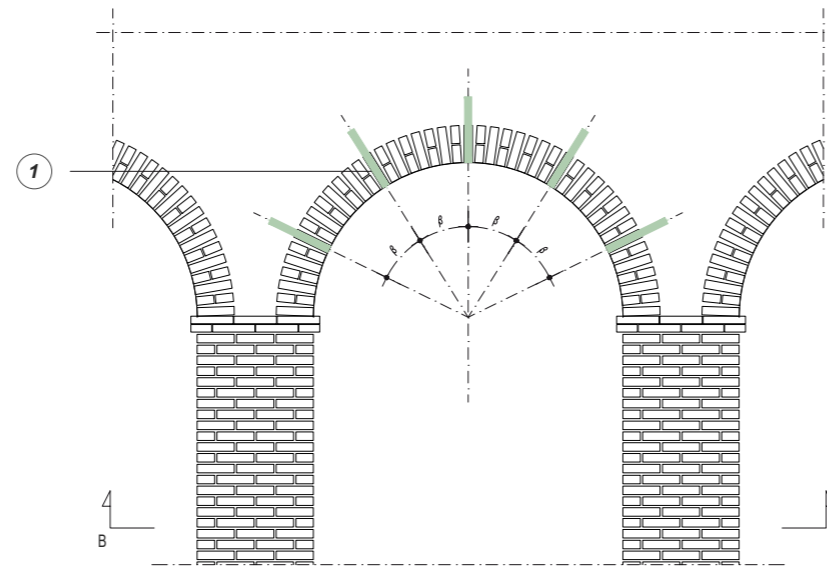


ASSONOMETRIA RINFORZO PUNTUALE DELL'ARCO

NOTE

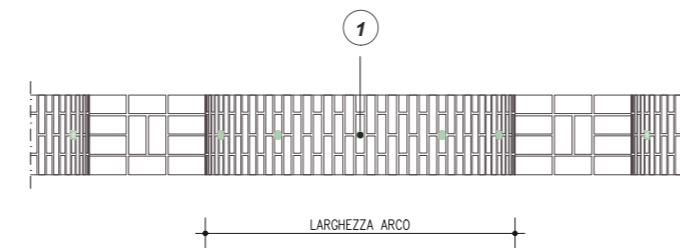
Le barre Steel Dryfix, fatta eccezione la possibilità di verificarne l'installazione in cantiere, generalmente non possono essere progettate per interventi di cucitura su murature in pietrame di elevata consistenza meccanica.

POWERED BY **kerakoll** ENGINEERED BY **ASDEA**



PROSPETTO SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON BARRE ELICOIDALI STEEL DRYFIX

0m 0.5m 1m 2m



PIANTA B - B' SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON BARRE ELICOIDALI STEEL DRYFIX

0m 0.5m 1m 2m

QUADRO NORMATIVO

Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte

L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti e cerchiature*.

La posizione ottimale dei tiranti e al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione non può essere adottata, per cui può essere necessario disporre i tiranti all'estradosso, purché ne sia dimostrata l'efficacia e la flessione risultante sia adeguatamente presidiata. Presidi estradosso possono essere realizzati con elementi dotati anche di rigidità flessionale (elementi di limitata sezione) e aggiungendo tiranti inclinati a questi connessi e ancorati a livello delle imposte (catene a braga). La realizzazione di *contraforti* (o *ringrossi murari*) è utile nei confronti delle sollecitazioni non sismiche, ma il loro effetto in caso di azioni sismiche deve essere adeguatamente valutato, a causa dei potenziali effetti locali connessi al significativo irrigidimento. Per il consolidamento di archi e volte è possibile anche il ricorso a tecniche di rinforzo estradosso basate sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati. (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

Collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli

Quando i collegamenti tra paramento esterno e interno sono insufficienti, come frequentemente avviene per le murature in pietrame, occorre verificare che, per effetto delle azioni sismiche, non si attivi un meccanismo di flessione fuori piano nella porzione di paramento compresa tra due ritegni dotati di ancoraggio esterno. Si può eventualmente ricorrere a diaconi di contenimento integrativi, disposti nella parete ad adeguata distanza tra loro (in misura non necessariamente troppo fitta). L'inserimento di *diaconi artificiali*, realizzati in calcestruzzo armato, in profilati metallici o in altri materiali resistenti a trazione, compreso l'utilizzo di legature metalliche, con funzione di *tirantini antiespulsivi* o di legature con materiali compositi, può realizzare un efficace collegamento tra i paramenti murari, evitando il distacco o l'innescio di fenomeni di instabilità per compressione dei paramenti esterni. L'efficacia di tali interventi è legata all'effettiva possibilità di solidarizzare detti presidi con la muratura circostante che, pertanto, deve presentare buona consistenza. (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 3)

Consolidamento con diaconi artificiali o tirantini antiespulsivi

Nel caso dell'inserimento di diaconi artificiali dotati di una significativa rigidezza a taglio e sufficientemente diffusi, si può applicare a tutti i parametri di resistenza il coefficiente indicato per le murature originariamente dotate di una buona connessione trasversale; gli elementi di connessione a trazione (tirantini) hanno un effetto significativo solo per la resistenza a compressione (f). (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.5.3.1)

ESTRATTORE CERTIFICATO



UTILIZZO DELL'ESTRATTORE CERTIFICATO DI KERAKOLL SPA PER LE PROVE PULL-OUT IN CANTIERE PER LA VERIFICA DELLA TENUTA DELLE BARRE ESISTENTI



ESTRATTORE CERTIFICATO DI KERAKOLL SPA IN OPERA

1 INSTALLAZIONE A SECCO DI BARRE ELICOIDALI STEEL DRYFIX

Le barre sono disponibili in differenti diametri e lunghezze: è cura del progettista dimensionare l'intervento, l'eventuale profondità di ancoraggio, l'interasse, sia orizzontale che verticale, tra le singole barre e lo sviluppo all'interno della muratura da decidere in funzione della natura del supporto e delle necessità statiche da ottenere. Per maggiori informazioni sulle barre elicoidali **Steel Dryfix** consultare l'APPENDICE 1.B.

1.37

Rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura intradossale con connettori in fibra di acciaio galvanizzato iniettati con geomalta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale



PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Non sono previste particolari procedure di preparazione dei supporti, rimanendo, tuttavia, a discrezione della D.L. eventuali trattamenti di bonifica e consolidamento della muratura, come la demolizione e rimozione puntuale dell'intonaco, se necessario.
2. Realizzazione fori. Eseguire il rinforzo di archi murari con installazione di connettore in fibra d'acciaio galvanizzato UHTSS mediante la realizzazione di un foro avente diametro e profondità di ancoraggio idonei ad accogliere il successivo sistema di rinforzo. Si consiglia di rimuovere la malta in prossimità del foro per annegare i trefoli del connettore.
3. Preparazione e installazione diatono. Realizzare il **Diatono Geosteel** con l'inserimento di una fascia di tessuto della gamma **Geosteel G** di opportuna larghezza, in modo da predisporre all'interno del connettore il numero di trefoli minimi necessari da progetto per attingere alle resistenze di trazione richieste; avere cura di sfioccare la parte terminale della fascia di tessuto, mediante taglio della rete di supporto, procedendo con un taglio parallelo ai trefoli stessi per una lunghezza pari a quella dello sfiocco che si vuole realizzare sulla muratura, garantendo un raggio minimo di sfiocatura di cm 10. Terminato il taglio del tessuto arrotolare la fascia su se stessa, avendo cura di realizzare un cilindro di diametro opportuno rispetto al foro realizzato. Installare il **Diatono Geosteel** così realizzato all'interno del foro.
4. Inserimento tassello. Applicare l'**Iniettore&Connettore Geosteel** in polipropilene armato con fibra di vetro, ideale per l'installazione del **Diatono Geosteel** e per la successiva iniezione di malte fluide di inghisaggio.
5. Inghisaggio diatono. Per consolidare il paramento murario oggetto del rinforzo, e garantire collaborazione con il connettore metallico, effettuare un'iniezione a bassa pressione (minore di 1,5 bar) mediante l'impiego della geomalta iperfluida **Geocalce FL Antisismico**, previa bagnatura dei supporti, utilizzando, come foro d'imbocco, l'apposito foro posto sulla testa del tassello. Al termine di questa fase sigillare l'**Iniettore&Connettore Geosteel** con il tappo in dotazione. Eseguire applicazione finale di **Geocalce F Antisismico** per inglobare il rinforzo.

AVVERTENZE

Consultare l'APPENDICE 1.B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti **Geosteel G** in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro **Iniettore&Connettore Geosteel**.

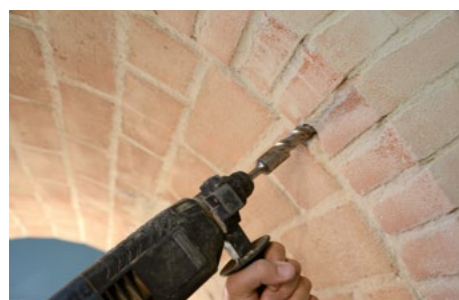
Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema di rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura intradossale con diatoni realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120 -1/4 2017 fissati su microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/mq nel numero di 4 elementi al mq, iniettati con malta traspirante fluida inorganica a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Diatono Geosteel** realizzato con **Geosteel G600** in abbinamento a **Geocalce FL Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate della connessione: $\sigma_{pull-out} = 2555$ MPa (laterizio) - 2503 MPa (tufo). Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata $\geq 3,5$ MPa. L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici ammalorate (da contabilizzare a parte); realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensione (diametro e profondità) idonea alla natura del connettore, e successiva rimozione della malta nell'area adiacente al foro realizzato; confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica; inserimento del connettore all'interno del foro (numero, profondità di ancoraggio, interassi a cura di tecnico abilitato); inserire il tassello nel diatono in acciaio in modo da piegare di 90° la parte terminale del fiocco; consolidamento della muratura e collaborazione del connettore mediante iniezione a bassa pressione di malta fluida; fissaggio dei trefoli "sfioccati", con celatura dell'intero connettore, e contestuale statura dei giunti mediante malta. La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo posta in opera.

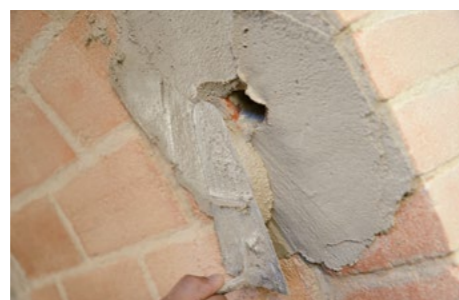
1

Realizzazione dei fori pilota.



2

Applicazione prima mano di **Geocalce F Antisismico**.



3

Installazione del **Diatono Geosteel**.



4

Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



5

Inghisaggio dei diatoni con **Geocalce FL Antisismico**.



6

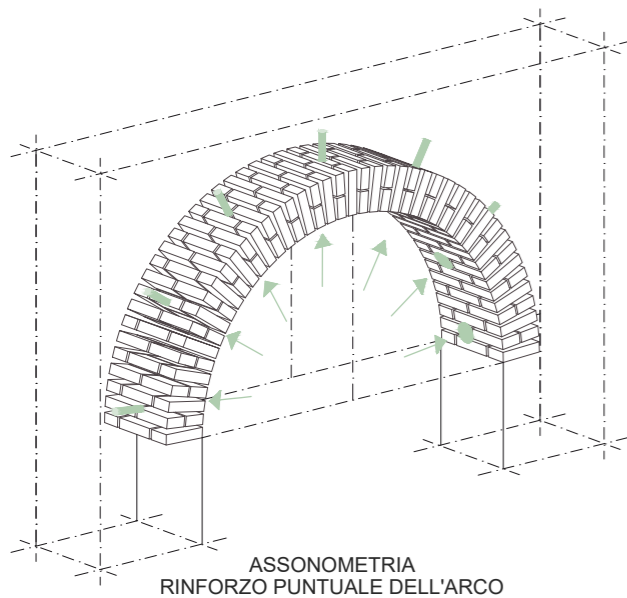
Chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.37

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI ARCHI MEDIANTE CUCITURA INTRADOSSALE CON CONNETTORI IN FIBRA DI ACCIAIO GALVANIZZATO INIETTATI CON GEOMALTA IPERFLUIDA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforce one
Software



NOTE

I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con arco in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 1.24).

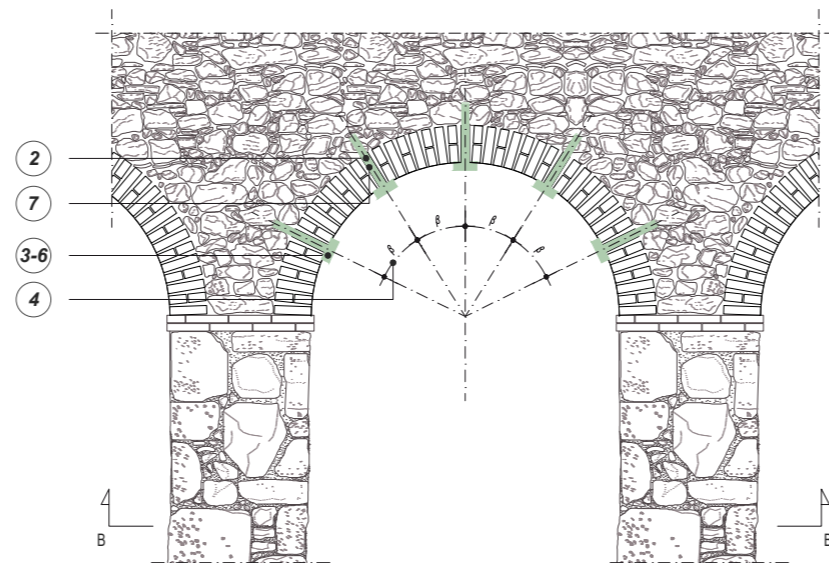
Per informazioni aggiuntive sui connettori in fibra di acciaio galvanizzata Geosteel G600/G1200 consultare l'APPENDICE 1.B. Nel caso l'arco in questione poggi su piedritti e risulti necessario consolidare anche questi ultimi, consultare da TAV 1.31 a TAV 1.33.

POWERED BY

kerakoll

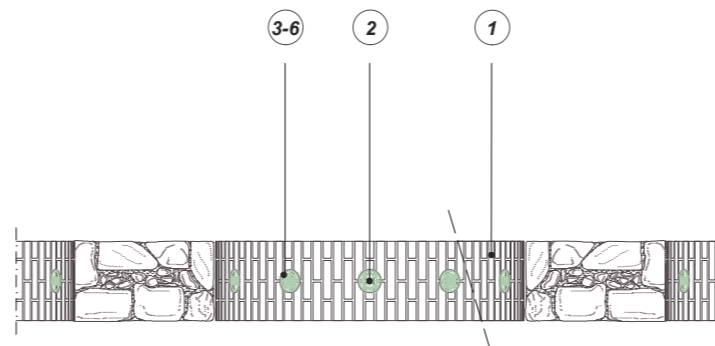
ENGINEERED BY

ASDEA



PROSPETTO
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
CONNETTORI GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m



PIANTA B - B'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
CONNETTORI GEOSTEEL G600/G1200

0m 0.5m 1m 2m

QUADRO NORMATIVO

Contenimento delle spinte e consolidamenti di archi e volte

L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti e cerchiature*.

La posizione ottimale dei tiranti e al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione non può essere adottata, per cui può essere necessario disporre i tiranti all'estradosso, purché ne sia dimostrata l'efficacia e la flessione risultante sia adeguatamente presidiata.

Presidi estradosso possono essere realizzati con elementi dotati anche di rigidità flessionale (elementi di limitata sezione) e aggiungendo tiranti inclinati a questi connessi e ancorati a livello delle imposte (catene a braga).

La realizzazione di *contrafforti* (o *ringrossi murari*) è utile nei confronti delle sollecitazioni non sismiche, ma il loro effetto in caso di azioni sismiche deve essere adeguatamente valutato, a causa dei potenziali effetti locali connessi al significativo irrigidimento.

Per il consolidamento di archi e volte è possibile anche il ricorso a tecniche di rinforzo estradosso basate sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati.

(Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

1 EVENTUALE DEMOLIZIONE DELL'INTONACO E RICOSTRUZIONE NELLE ZONE INTERESSATE DALL'INTERVENTO

In apparecchi murari a faccia vista si consiglia di aprire il tessuto sfioccato del connettore nei giunti della muratura.

2 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO GEOSTEEL G600/G1200

L'inserimento di connettori meccanici permette di rinforzare l'apparecchio murario senza modificarne il funzionamento statico originario, incrementandone la resistenza a taglio e la duttilità e assicurandone la monoliticità. Si consiglia un passo tra i connettori di 40 cm. Consultare l'APPENDICE 1.B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.

3 APPLICAZIONE DEL DIATONO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO LA TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio all'interno della muratura pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE 1.A.

4 DEFINIZIONE DELL'ANGOLO TRA I CONNETTORI MECCANICI

È auspicabile realizzare il foro sugli elementi della muratura di dimensione maggiore, per evitare l'espulsione di quelli minori e quindi più deboli.

6 UTILIZZO DI INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL PER IL MONTAGGIO DEI DIATONI (CONSULTARE L'APPENDICE 1.B PER LE FASI DI MONTAGGIO)

5 POSIZIONAMENTO NEGLI APPOSITI GIUNTI DI MALTA DEI TREFOLI "SFIOCATI" DEL CONNETTORE NASCOSTI ALL'INTERNO DEGLI STESSI GIUNTI MEDIANTE L'APPLICAZIONE MANUALE DI GEOCALCE F ANTISISMICO. PREVIA BAGNATURA DEI SUPPORTI. SE INVECE È PREVISTA L'INTONACATURA DELL'ARCO, PLACCAGGIO DELLA SFIOCATURA DEL DIATONO CON GEOCALCE F ANTISISMICO SENZA LA NECESSITÀ DI INSERIRE I RELATIVI TREFOLI ALL'INTERNO DEI GIUNTI SCARIFICATI

7 INIEZIONI DI GEOCALCE FL ANTISISMICO PER INGHISARE I CONNETTORI

Da notare come la quantità di miscela iniettata sia minore rispetto al metodo di iniezioni di malta (TAV 1.24), poiché questa non si estende all'interno dell'apparecchio murario, ma rimane relegata alla sola area del connettore meccanico.