

MANUALE TECNICO - EDIZIONE 2023

Linee guida per il consolidamento, il rinforzo strutturale e la sicurezza sismica con nuove tecnologie green.

Prescrizioni, capitolati e tavole esecutive

kerakoll

Manuale del consolidamento

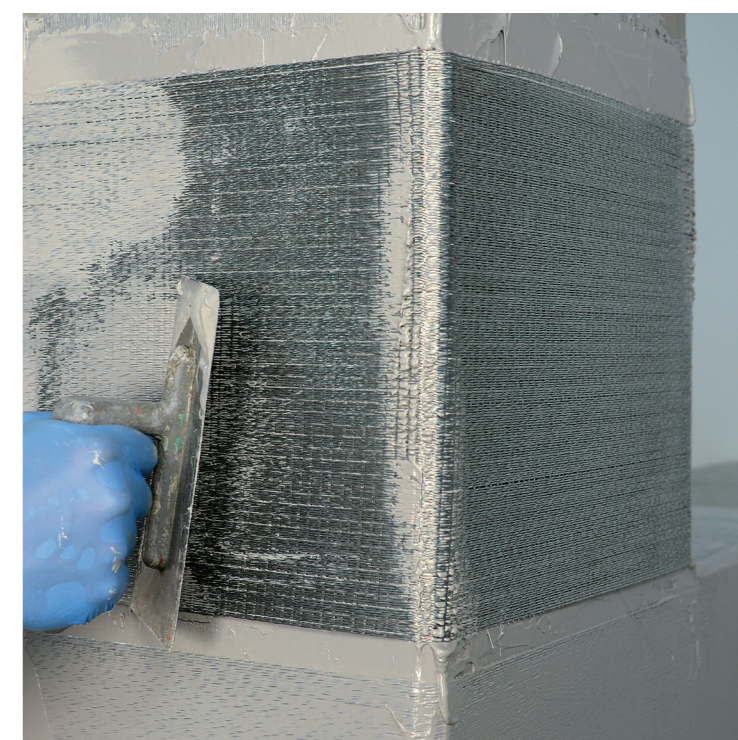
In Italia e nel resto del mondo, si contano ogni anno numerosi eventi sismici che colpiscono il patrimonio edilizio, in tutte le sue forme: dall'edilizia storica in muratura di varia natura fino alle più recenti strutture in c.a. Questi episodi hanno evidenziato problematiche legate alla presenza di 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 quali: 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.

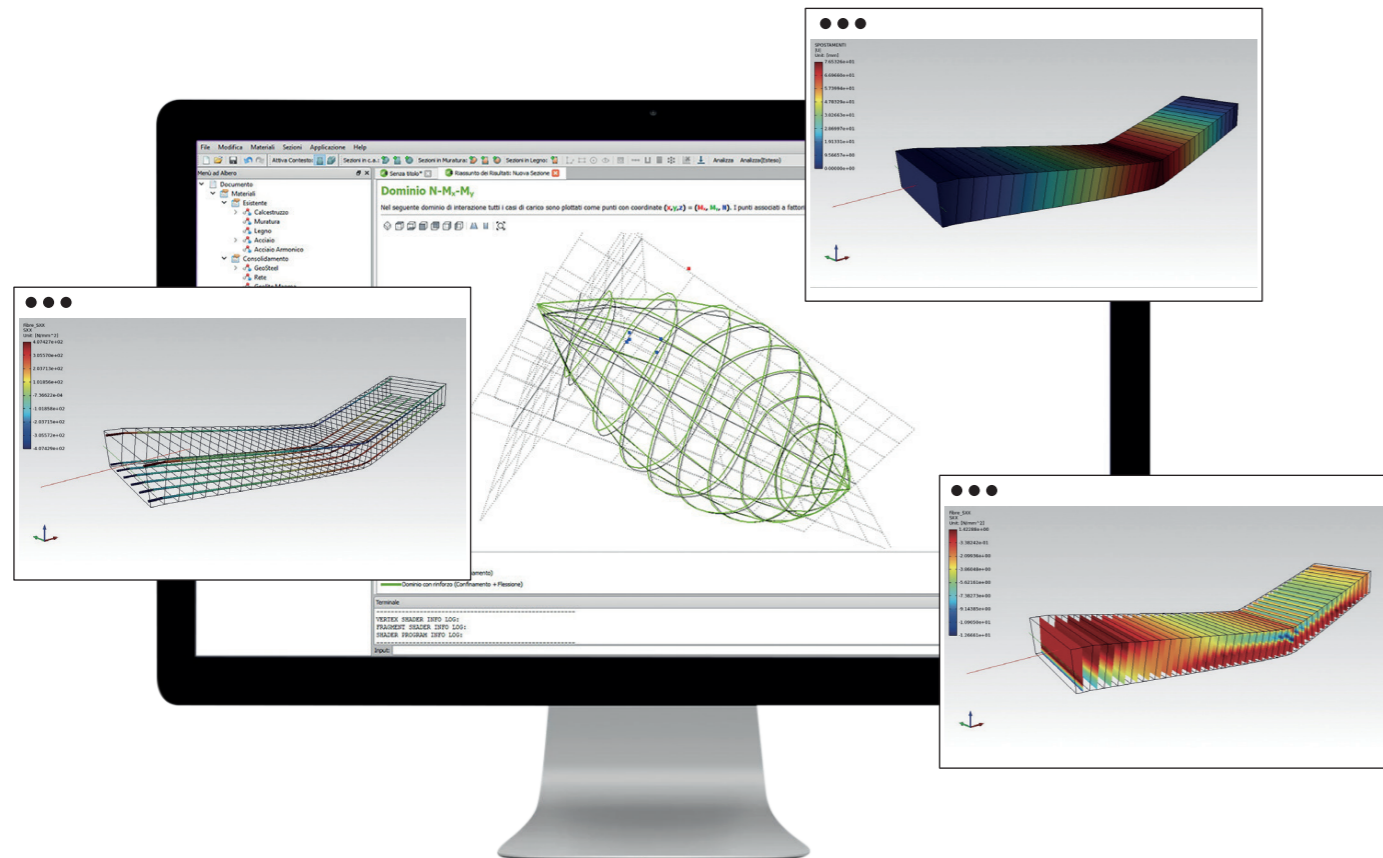


Kerakoll è socio sostenitore di



GEORFORCE ONE, IL SOFTWARE PER PROGETTARE CON NUOVE TECNOLOGIE GREEN 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





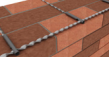




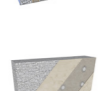


- Visualizzazione grafica dei risultati per ogni step dell'analisi non lineare
- Visualizzazione dei Contour Plots per risultati nodali e di elemento
- Visualizzazione dei Contour Plots per risultati sezionali:
 - stato deformativo e tensionale in ogni punto della sezione a fibre
 - stato dei materiali
 - 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
• TRAVI E SOLAI	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

21A		Riparazione di lesioni di murature mediante opera di scuci e cucì con malta a base di pura calce idraulica naturale	70
21B		Riparazione di lesioni in murature mediante opera di scuci e cucì con malta a base di pura calce idraulica naturale e inserimento diffuso di connessioni trasversali	72
22		Ristilatura dei giunti in muratura con malta certificata a base di pura calce idraulica naturale	74
23A		Ristilatura armata dei giunti facciavista mediante malta a base di pura calce idraulica naturale e barre elicoidali in acciaio Inox	76
23B		Ristilatura armata dei giunti in muratura facciavista e connessioni trasversali mediante malta, a base di pura calce idraulica naturale, connettori e barre elicoidali in acciaio Inox	78
24		Consolidamento e rinforzo di maschi murari mediante iniezioni di malta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale	80
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
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
25c		Connessioni trasversali e ammorsamenti di maschi murari mediante cucitura a secco con barre elicoidali in acciaio Inox	86
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
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
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









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
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
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
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
32		Rinforzo di pilastri in muratura facciavista mediante confinamento puntuale con barre elicoidali in acciaio Inox inserite a secco	102
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




ARCHI

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
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
36		Rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura a secco intradossale con barre elicoidali in acciaio Inox	110
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





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

VOLTE

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
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
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
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
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
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
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
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
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

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
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
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

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
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
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
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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti, pulire la superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia intradossale, con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare in alternativa fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere 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 malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 rinfiacco generalmente poste subito sopra il piano di imposta della volta avendo cura di "sfilacciare" la parte terminale della fascia in fibra di acciaio GEOSTEEL G600, realizzando un numero di "code" cilindriche in continuità e garantendo così un ancoraggio continuo, cercando di rimanere il più possibile tangente alla direttrice della volta. Si suggerisce di effettuare tali "code" inghiassando 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 rinfiacco 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.

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di volta a botte mediante placcaggio estradossale con fasce di fibra in acciaio galvanizzato, con l'utilizzo di sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, 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 una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m² - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; 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, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, sigillatura e rincoccatura di eventuali lesioni estradossali e intradossali con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta; messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o 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, 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 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 di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto, 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 una geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 inghiassata ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità del tessuto; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

Preparazione, pulizia e umidificazione 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.



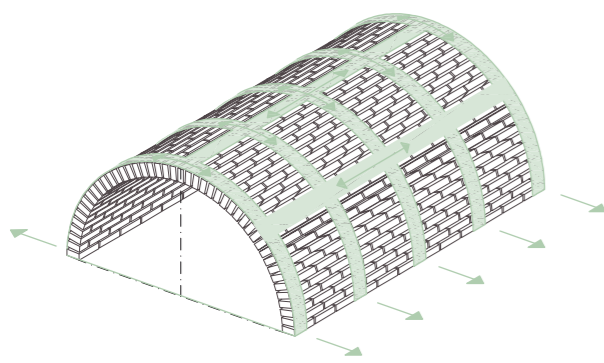
5

Applicazione seconda mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

NOTE

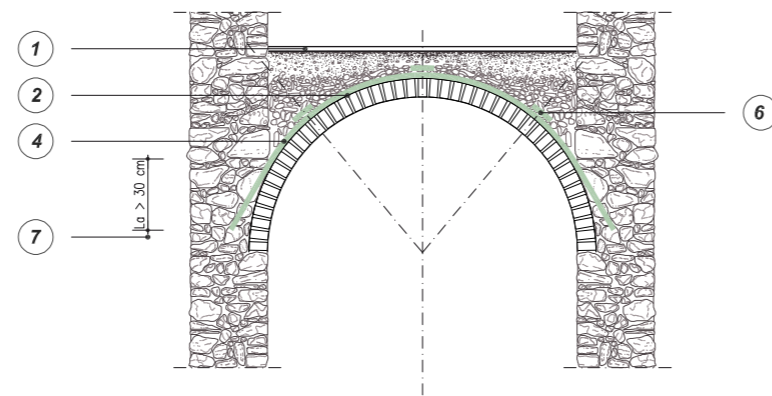
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

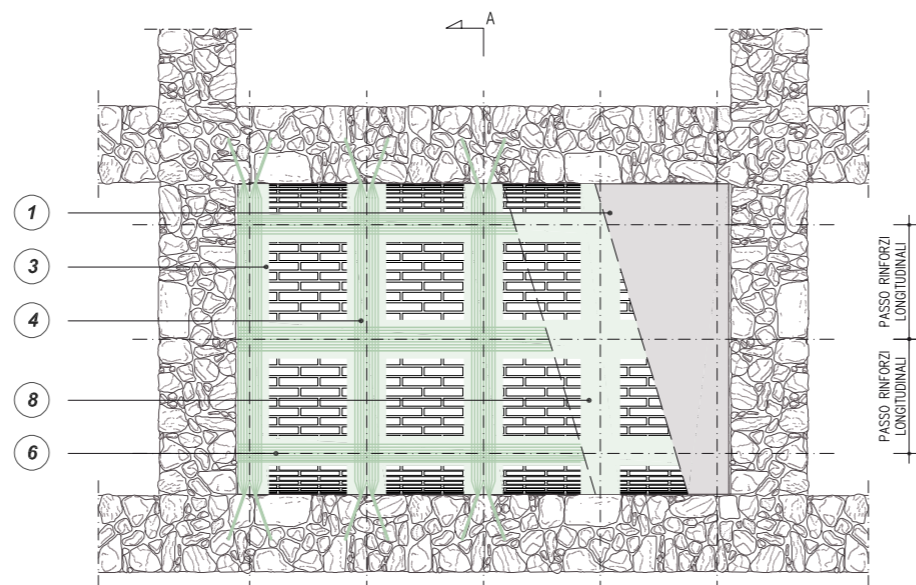
ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON
FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200

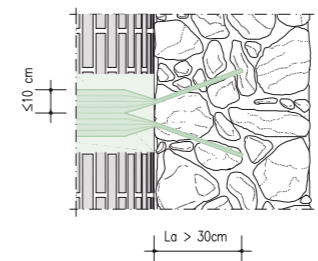
0m 0.5m 1m 2m



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

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



Per ogni foro da realizzare per ancoraggio si consideri una larghezza massima di 10 cm di fascia.

0m 0.5m 1m

1 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTO E MASSETTO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO. SVUOTAMENTO VOLTA E RIEMPIMENTO CON MATERIALE ALLEGGERITO

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE O RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOCALCE® F ANTISMICO

3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESORE MEDIO DI 3-5 mm DI GEOCALCE® F ANTISMICO PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO

4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALLA DIRETTRICE DELLA VOLTA

5 DEFINIZIONE DEL PASSO DEI RINFORZI Pf

6 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO IN ACCIAIO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALLA GENERATRICE DELLA VOLTA

Al fine di assicurare la compattezza del sistema strutturale è opportuno predisporre anche rinforzi longitudinali lungo la direzione delle generatrici della volta. La densità del rinforzo deve essere adeguata a preservare la diffusione dell'effetto di rinforzo su tutta la muratura costituente la volta, e pertanto è bene che l'interasse tra i rinforzi risponda alla seguente relazione:
 $p_r \leq 3t + b_r$ dove:
 - t è lo spessore della volta
 - b_r è la larghezza dei rinforzi adottati.
 (CNR - DT 215/2018 §4.5.2)

Nonostante non sia strettamente necessario, è consigliabile comunque prevedere ulteriori fasce di rinforzo longitudinali disposte all'altezza delle reni della volta. In caso di volte con luci molto ampie, è auspicabile evitare che l'interasse tra queste fasce superi 1 m. Nei punti di giunzione, si sovrappongano i due tessuti per una lunghezza pari a 30 cm.

Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano e con i frenelli.

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

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

8 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON GEOCALCE® F ANTISMICO (SPESORE MEDIO 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

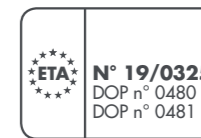
Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte
 L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti* e *cerchiature*. La posizione ottimale dei tiranti e al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione 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)

* Normative di comprovata validità

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti. Sulla superficie intradossale della volta rimuovere completamente residui di precedenti lavorazioni che possano pregiudicare l'adesione, pulire la superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Preparare, pulire e umidificare le superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere 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 malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200, 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

Consultare l'APPENDICE B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di volta a botte con placcaggio intradossale di fasce di fibra in acciaio galvanizzato, di sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, 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 una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m² - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; 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, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura; pulizia e umidificazione della superficie o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, garantendo una completa impregnazione del tessuto evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; 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 di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocchettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale rimozione dell'intonaco esistente e la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità del tessuto; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori.

Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 _____ 2 _____ 3 _____

Realizzazione 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 connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL.



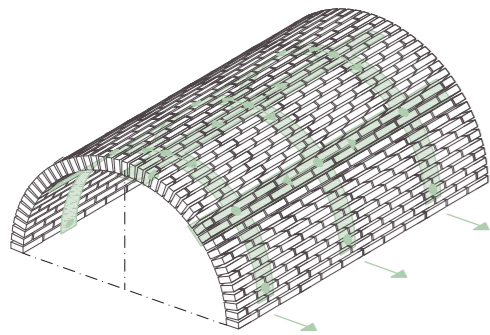
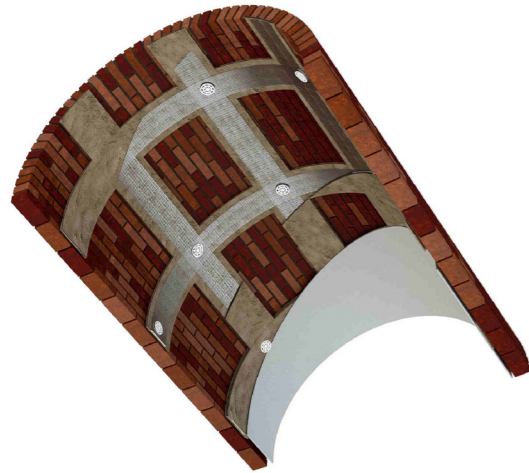
6 _____

Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con GEOCALCE FL ANTISISMICO e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

NOTE

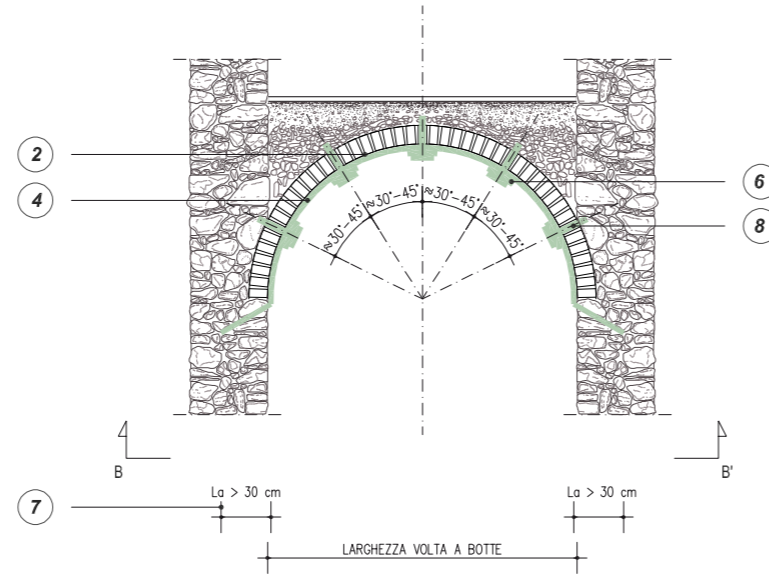
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

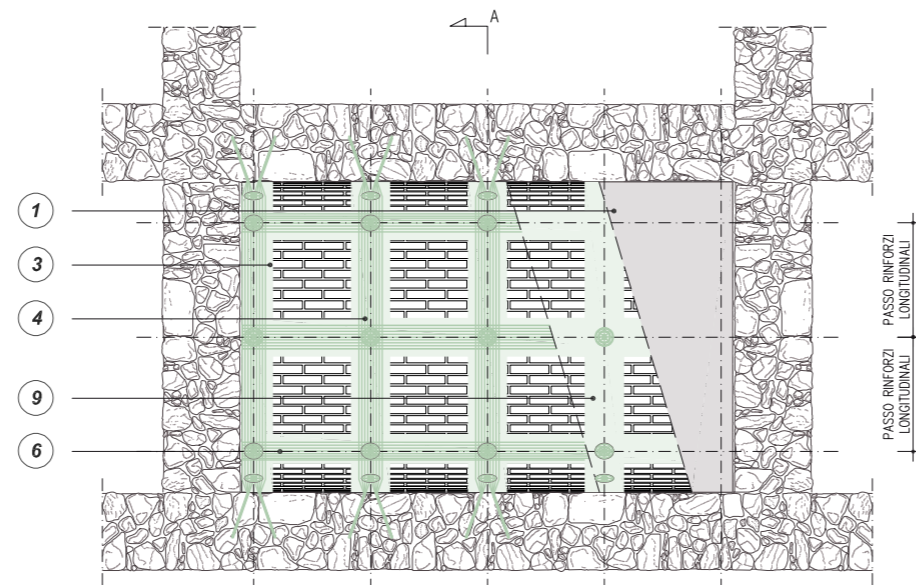
ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200

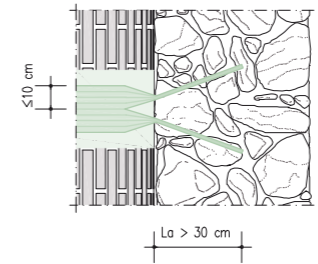
0m 0.5m 1m 2m



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

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



Per ogni foro da realizzare per ancoraggio si consideri una larghezza massima di 10 cm di fascia.

0m 0.5m 1m

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 estradossali 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 estradossali 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)

* Normative di comprovata validità

- 1 EVENTUALE DEMOLIZIONE DELL'INTONACO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO E ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALLA DIRETTRICE DELLA VOLTA
- 5 DEFINIZIONE DEL PASSO DEI RINFORZI Pf
- 6 TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE ALLA GENERATRICE DELLA VOLTA
- 7 Al fine di assicurare la compattezza del sistema strutturale è opportuno predisporre anche rinforzi longitudinali lungo la direzione delle generatrici della volta. La densità del rinforzo deve essere adeguata a preservare la diffusione dell'effetto di rinforzo su tutta la muratura costituente la volta, e pertanto è bene che l'interasse tra i rinforzi risponda alla seguente relazione:
 $p_l \leq 3t + b_l$, dove:
- t è lo spessore della volta
- b_l è la larghezza dei rinforzi adottati. (CNR - DT 215/2018 §4.5.2)
- 8 Nonostante non sia strettamente necessario, è consigliabile comunque prevedere ulteriori fasce di rinforzo longitudinali disposte all'altezza delle reni della volta. In caso di volte con luci molto ampie, è auspicabile evitare che l'interasse tra queste fasce superi 1 m. Nei punti di giunzione, si sovrappongano i due tessuti per una lunghezza pari a 30 cm.
- 9 Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano.
- 10 APPLICAZIONE DEL TESSUTO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO
- 11 Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.
- 12 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**
- 13 Per i sistemi di rinforzo posti all'intradosso è consigliabile prevedere connettori meccanici a fiocco **GEOSTEEL G600/G1200** per evitare fenomeni di peeling. Si consiglia un passo tra i connettori di 40 cm. Consultare l'APPENDICE B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.
- 14 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (SPESSORE MEDIO 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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti, pulire la superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradosale sia estradosale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare in alternativa fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradosale composto da rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente (resina all'acqua priva di solventi) e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali ed avere cura di realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere 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 la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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. Se è possibile, realizzare sistemi d'ancoraggio sui rinfianchi della volta, collegando il rinforzo con le eventuali fasce di piano. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, e un opportuno collegamento alle estremità, realizzare i sistemi di connessione impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200, 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

Il progettista può scegliere, in base alle sue esigenze di progetto, in alternativa alla rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 200, la rete biassiale di armatura in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 400 o la rete di armatura biassiale in fibra di vetro alcali-resistente e aramide RINFORZO ARV 100.

Consultare l'APPENDICE B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

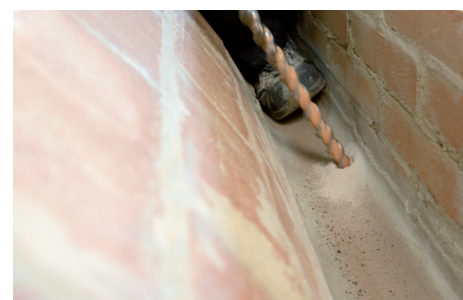
Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo estradosale diffuso di volta a botte con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra naturale di basalto e acciaio Inox AISI 304, – tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa – caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico $E > 200$ GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione ≥ 3000 MPa, modulo elastico $E \geq 87$ GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_i (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo ≈ 200 g/m², impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 – tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa – caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati $\geq 30\%$. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² – FP: B (EN 1015-12).

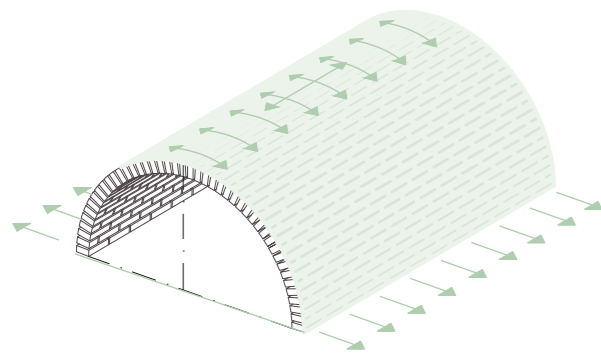
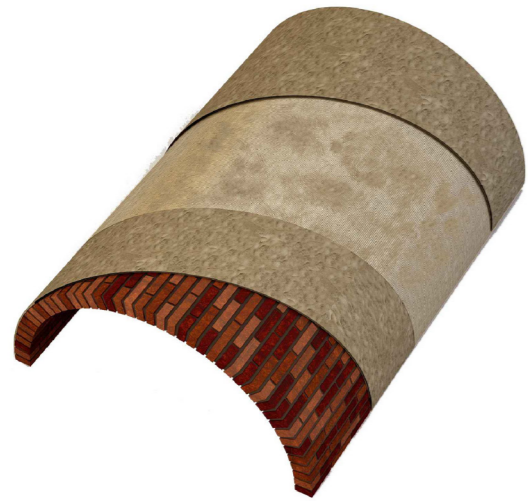
L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, sigillatura e rincocciatura di eventuali lesioni estradosali e intradosali con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta (da contabilizzare a parte); messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 – 5 mm; con malta ancora fresca, posa della rete, garantendo una completa impregnazione della rete ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 – 5 mm al fine di inglobare totalmente la rete di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefole di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 – tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa – avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE – tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa – caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati $\geq 30\%$. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità della rete; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

- Realizzazione dei fori pilota.
- Preparazione, pulizia e umidificazione delle superfici.
- Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.
- Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.
- Installazione del connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL per ancorare il rinforzo della volta con eventuali fasce di piano.
- Installazione di INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

NOTE

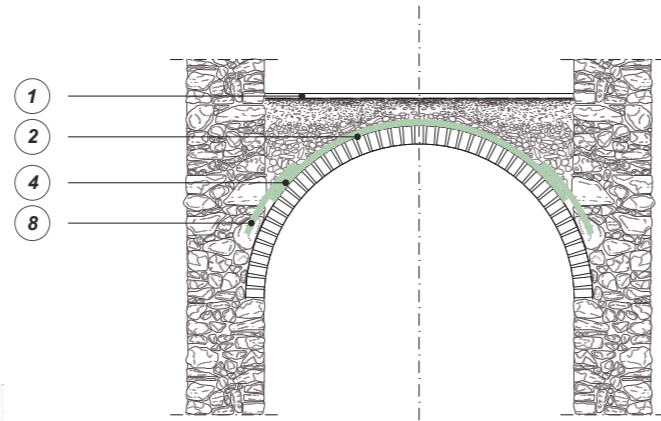
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

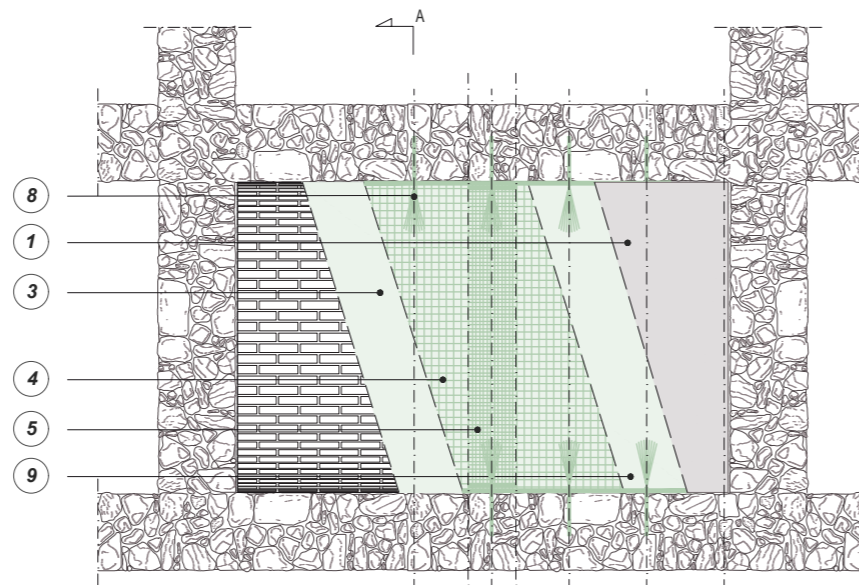
ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O
RINFORZO ARV 100

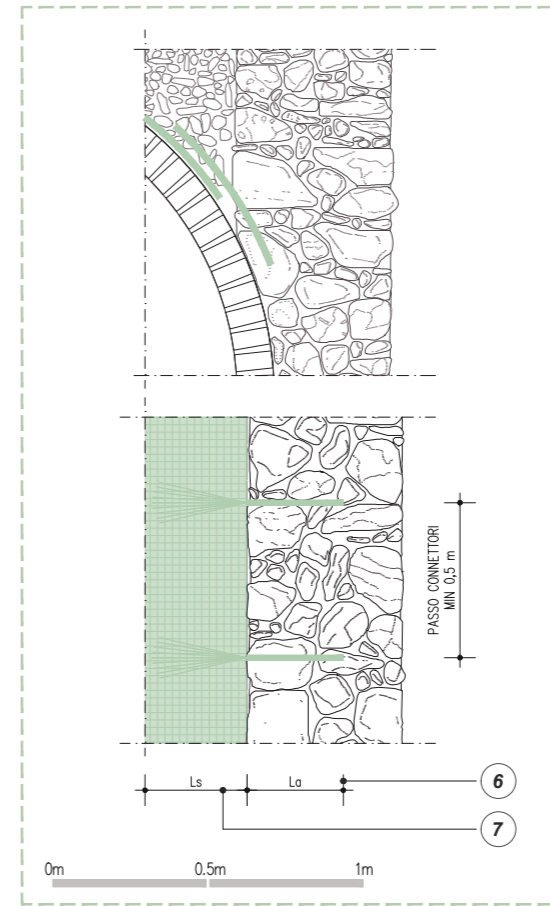
0m 0,5m 1m 2m



PIANTA
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O
RINFORZO ARV 100

0m 0,5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



- 1 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTO E MASSETTO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO. SVUOTAMENTO VOLTA E RIEMPIMENTO CON MATERIALE ALLEGGERITO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE O RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOCALCE® F ANTISISMICO
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI GEOCALCE® F ANTISISMICO PER APPLICARE ED INGLOBARE LA RETE DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DI RETE IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX GEOSTEEL GRID 200/400 OPPURE DI RETE IN FIBRA DI VETRO AR E ARAMIDE RINFORZO ARV 100 APPLICATA SULL'ESTRADOSSO DELLA VOLTA
- 5 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox GEOSTEEL GRID 200/400 è disponibile in rotoli di larghezza 1 m. Per il montaggio si consiglia una lunghezza di sovrapposizione pari a 30 cm.
- 6 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano e i frenelli.
- 7 APPLICAZIONE DELL'ANCORAGGIO CON LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO
- 8 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO GEOSTEEL G600/G1200

Si consulti l'APPENDICE B per ulteriori informazioni sul diatono
- 9 AL TERMINE DELLA POSA DELLA RETE, REALIZZAZIONE IMMEDIATA FRESCO SU FRESCO DEL SECONDO STRATO DI GEOCALCE® F ANTISISMICO IN SPESSORE MEDIO DI CIRCA 2-5 mm FINO A COMPLETA COPERTURA DELLA RETE DI RINFORZO

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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta. Sulla superficie intradossale della volta rimuovere completamente residui di precedenti lavorazioni che possano pregiudicare l'adesione, pulire la superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale con rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, Fabric Reinforced Cementitious Matrix (abbinamento di rete in fibra di basalto e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali ed avere cura di realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere 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 la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200 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

Il progettista può scegliere, in base alle sue esigenze di progetto, in alternativa alla rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 200, la rete biassiale di armatura in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 400 o la rete di armatura biassiale in fibra di vetro alcali-resistente e aramide RINFORZO ARV 100.

Consultare l'APPENDICE B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL 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

Rinforzo intradossale diffuso di volta a botte con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, - tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico E > 200 GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione \geq 3000 MPa, modulo elastico E \geq 87 GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente t_r (0°-90°) = 0,032 mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo \approx 200 g/m², impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia e umidificazione della superficie o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, posa della rete, garantendo una completa impregnazione del tessuto ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; collaborazione con inserimento di connettori (da contabilizzare a parte) realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 - tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa - avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μ m, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghissata \geq 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale rimozione dell'intonaco esistente e la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 _____ 2 _____ 3 _____

Realizzazione dei fori pilota.



2 _____

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



3 _____

Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.



4 _____

Taglio della rete GEOSTEEL GRID a livello del foro di iniezione.



5 _____

Installazione del connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL e INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.



6 _____

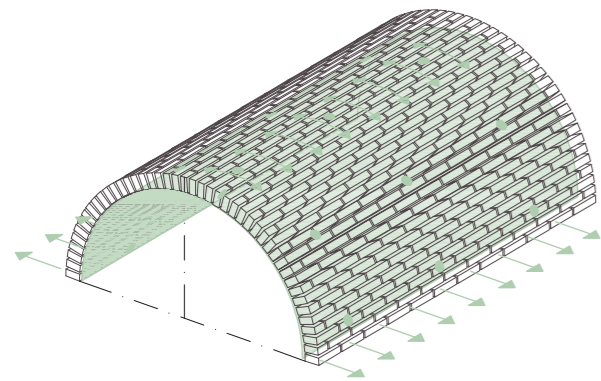
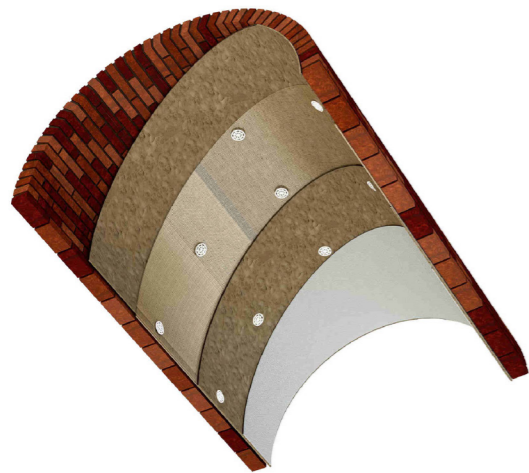
Inghisaggio dei sistemi di connessione con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

NOTE

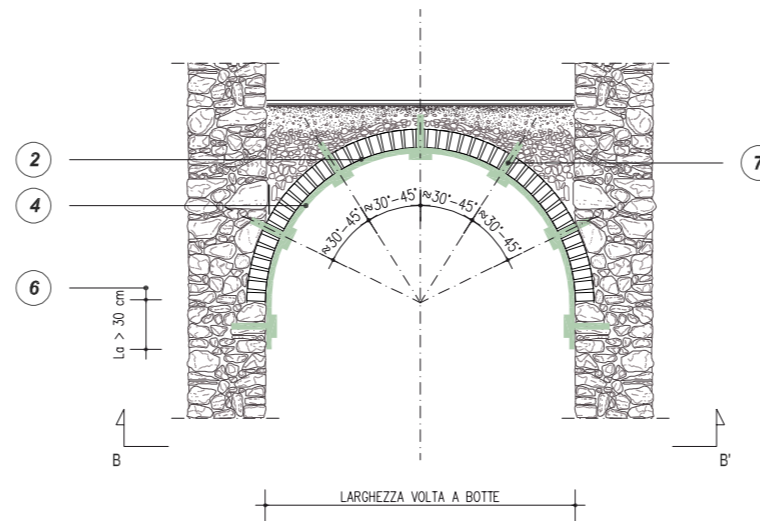
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

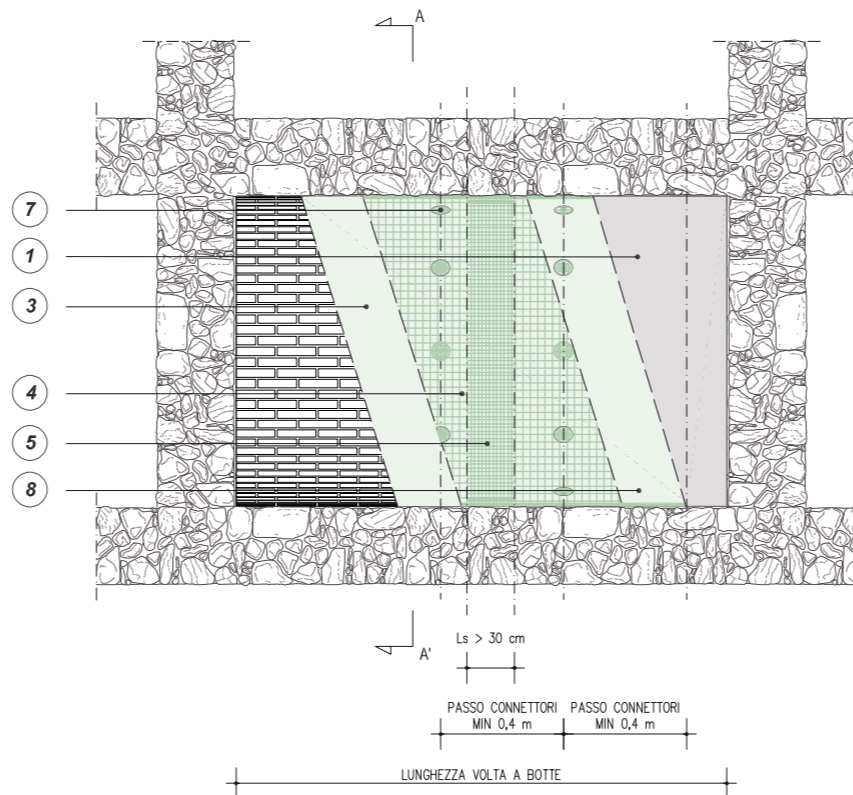
ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

0m 0.5m 1m 2m



PIANTA B-B'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

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 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 EVENTUALE DEMOLIZIONE DELL'INTONACO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO

PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO E ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**

2 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE LA RETE DI RINFORZO

3 INSTALLAZIONE DI RETE IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX **GEOSTEEL GRID 200/400** OPPURE DI RETE IN FIBRA DI VETRO AR E ARAMIDE **RINFORZO ARV 100** APPLICATA SULL'INTRADOSSO DELLA VOLTA

4 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox **GEOSTEEL GRID 200/400** è disponibile in rotoli di larghezza 1 m. Per il montaggio si consiglia una lunghezza di sovrapposizione pari a 30 cm.

5 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

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

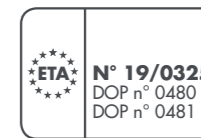
6 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**

Si consiglia di disporre connettori meccanici a fiocco in fibra di acciaio ad altissima resistenza **GEOSTEEL G600/G1200** con un passo di 40 cm. Consultare l'APPENDICE B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.

7 AL TERMINE DELLA POSA DELLA RETE, REALIZZAZIONE IMMEDIATA FRESCO SU FRESCO DEL SECONDO STRATO DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** IN SPESSORE MEDIO DI CIRCA 2-5 mm FINO A COMPLETA COPERTURA DELLA RETE DI RINFORZO

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



PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, pulire la superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere 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 malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 della volta, avendo cura di "sfilacciare" la parte terminale della fascia in fibra di acciaio GEOSTEEL G600, realizzando un numero di "code" cilindriche in continuità dalla fascia e garantendo così un ancoraggio continuo, cercando di rimanere il più possibile tangente alla direttrice della volta. 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 tutta lo spessore del rinfianco di muratura perimetrale e collegare il rinforzo della volta 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.

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di volta a crociera mediante placcaggio estradossale con fasce di fibra in acciaio galvanizzato, con l'utilizzo di sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, 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 una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m² - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; 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, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, sigillatura e rincocciatura di eventuali lesioni estradossali e intradossali con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta; messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o 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, 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 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 di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto, 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 una geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità del tessuto; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

Preparazione, pulizia e umidificazione 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.



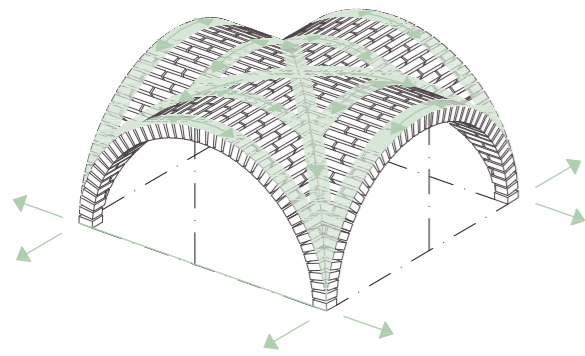
5

Applicazione seconda mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



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

Geoforceone
Software

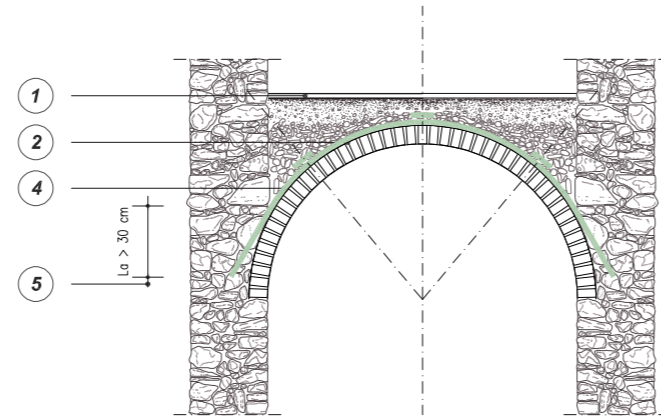


ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

NOTE

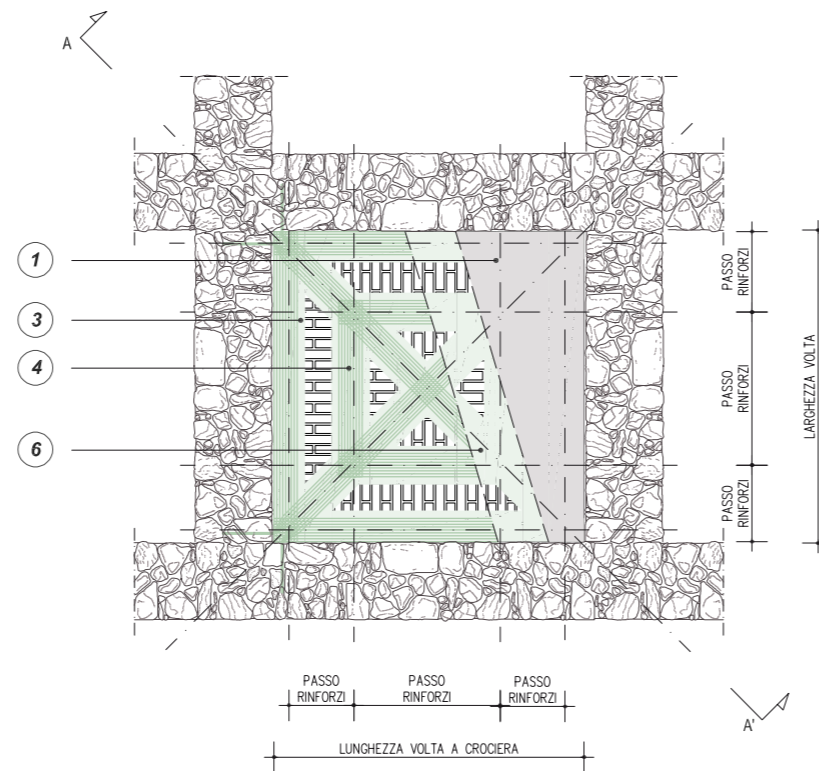
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

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



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200

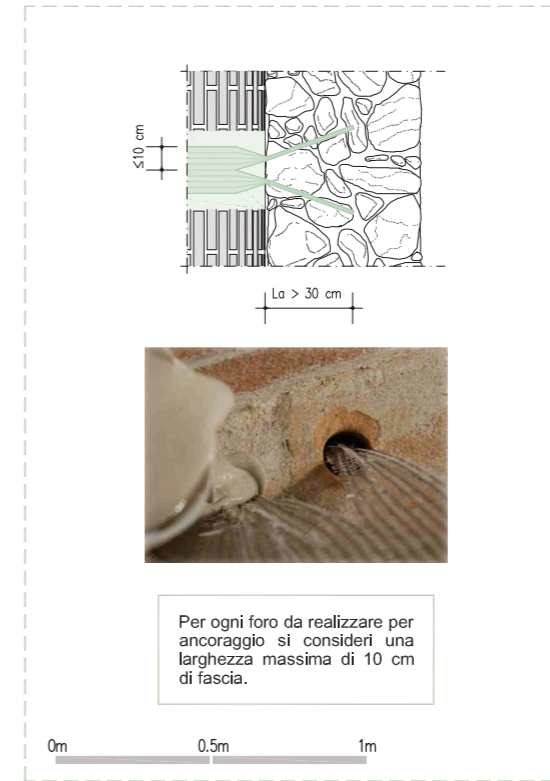
0m 0.5m 1m 2m



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

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



1 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTO E MASSETTO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO. SVUOTAMENTO VOLTA E RIEMPIMENTO CON MATERIALE ALLEGGERITO

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**

3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO

4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO ALL'ESTRADOSSO IN FASCE PARALLELE ALLE UNGHIE DELLA VOLTA A CROCIERA E LUNGO LE NERVATURE

Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano e con i frenelli.

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

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

6 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (SPESSORE MEDIO 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

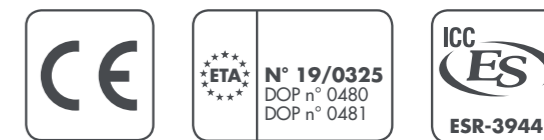
QUADRO NORMATIVO

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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti. Sulla superficie intradossale della volta rimuovere completamente residui di precedenti lavorazioni che possano pregiudicare l'adesione, pulire la superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Preparare, pulire e umidificare le superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere una prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore minimo 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 malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200 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

Consultare TAV25 A per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di volta a crociera con placcaggio intradossale di fasce di fibra in acciaio galvanizzato, con sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, 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 una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m² - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; 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, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Ecode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura; pulizia e umidificazione della superficie o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, posa del tessuto in fibra di acciaio garantendo una completa impregnazione del tessuto ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; 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 di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Ecode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale rimozione dell'intonaco esistente e la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità del tessuto; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori.

Il prezzo è ad 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 connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL.



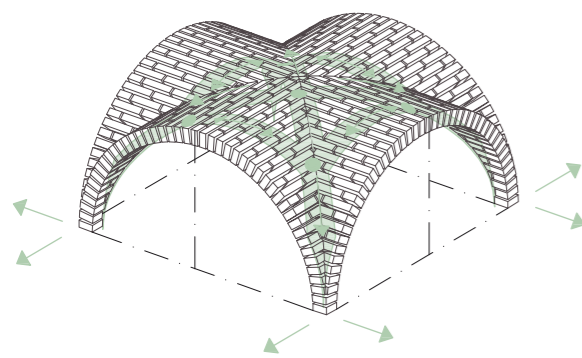
6 _____

Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con GEOCALCE FL ANTISISMICO e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

NOTE

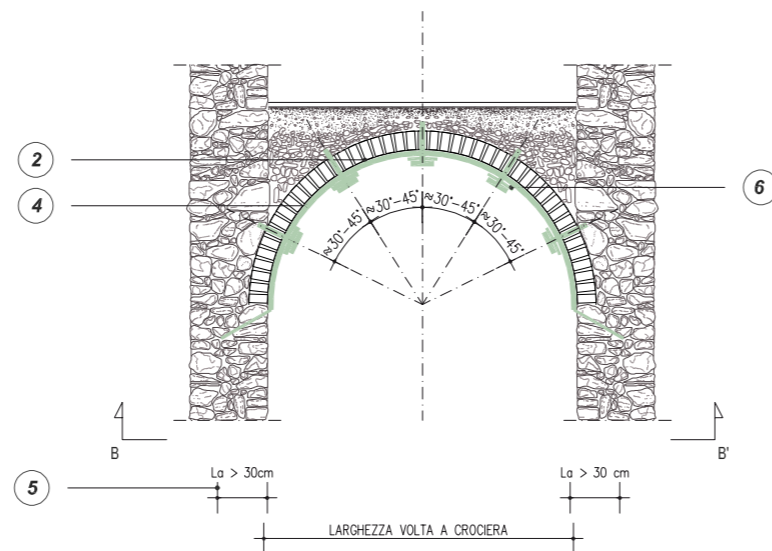
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

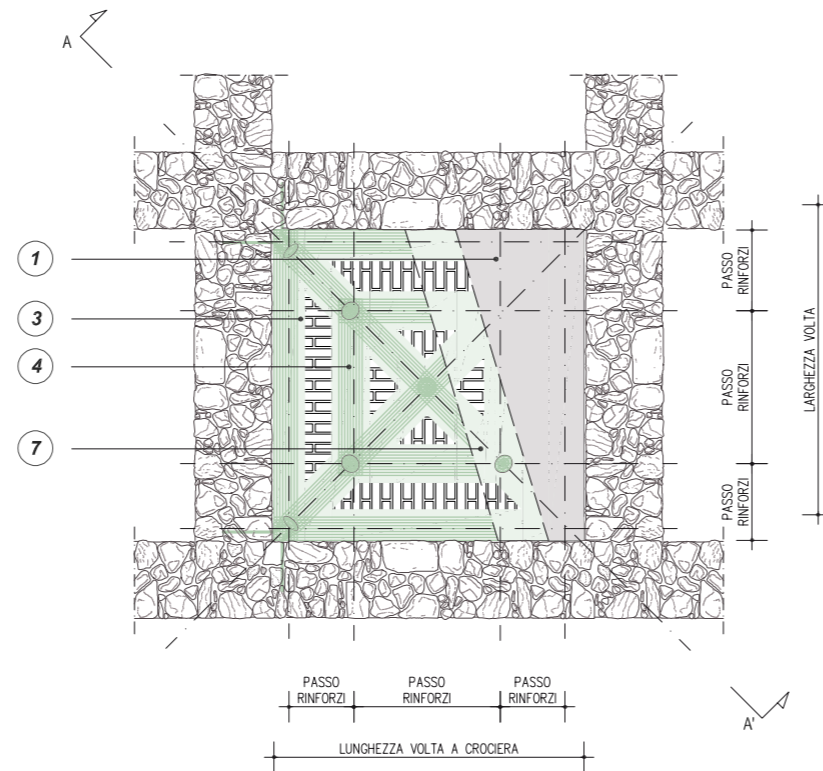
ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200

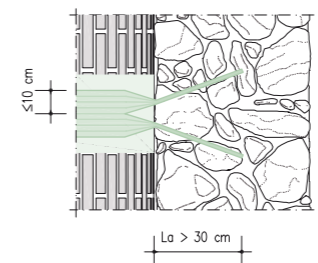
0m 0,5m 1m 2m



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

0m 0,5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



Per ogni foro da realizzare per ancoraggio si consideri una larghezza massima di 10 cm di fascia.

0m 0,5m 1m

- 1 EVENTUALE DEMOLIZIONE DELL'INTONACO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO E ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO ALL'ESTRADOSSO IN FASCE PARALLELE ALLE UNGHIE DELLA VOLTA A CROCIERA E LUNGO LE NERVATURE

Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano.
- 5 APPLICAZIONE DEL TESSUTO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.
- 6 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**

Per i sistemi di rinforzo posti all'intradosso è consigliabile prevedere connettori meccanici a fiocco **GEOSTEEL G600/G1200** per evitare fenomeni di peeling. Si consiglia un passo tra i connettori di 40 cm. Consultare l'APPENDICE B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.
- 7 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (SPESSORE MEDIO 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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti, pulire la superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare in alternativa fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale con rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, Fabric Reinforced Cementitious Matrix (abbinamento di rete in fibra di basalto e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali ed avere cura di realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere 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 la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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. Se è possibile, realizzare sistemi d'ancoraggio sui rinfianchi della volta, collegando il rinforzo con le eventuali fasce di piano. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo e un opportuno collegamento alle estremità, realizzare i sistemi di connessione impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200 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

Il progettista può scegliere, in base alle sue esigenze di progetto, in alternativa alla rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 200, la rete biassiale di armatura in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 400 o la rete di armatura biassiale in fibra di vetro alcali-resistente e aramide RINFORZO ARV 100.

Consultare TAV25 A per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

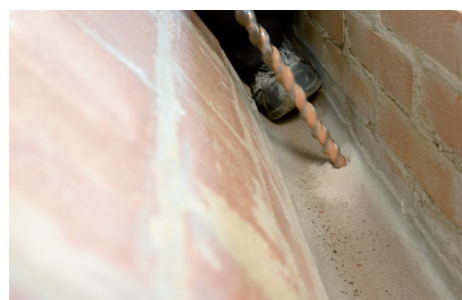
Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo estradossale diffuso di volta a crociera con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, – tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa – caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico E > 200 GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione \geq 3000 MPa, modulo elastico E \geq 87 GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente t_r (0°-90°) = 0,032 mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo \approx 200 g/m², impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 – tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa – caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² – FP: B (EN 1015-12). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, sigillatura e rincoccatura di eventuali lesioni estradossali e intradossali con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta (da contabilizzare a parte); messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 – 5 mm; con malta ancora fresca, posa della rete, garantendo una completa impregnazione della rete ed evitare la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 – 5 mm al fine di inglobare totalmente la rete di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 – tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa – avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μ m, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE – tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa – caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata \geq 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità della rete; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 _____ 2 _____ 3 _____

Esecuzione dei fori pilota.



2 _____

Preparazione, pulizia e umidificazione delle superfici.



3 _____

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



4 _____

Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.



5 _____

Installazione del connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL e INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

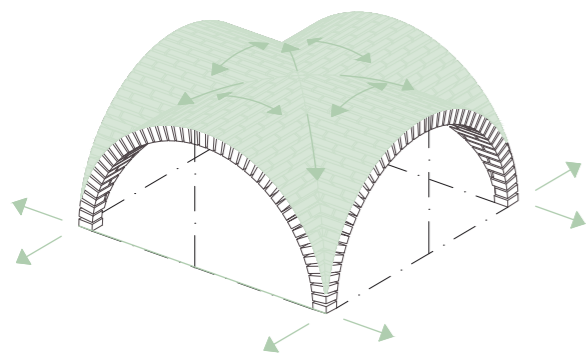


6 _____

Inghisaggio degli ancoraggi con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



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



ASSONOMETRIA RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

NOTE

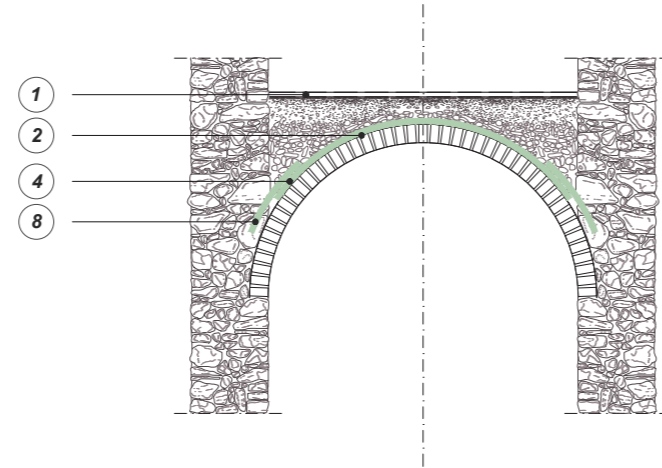
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

ENGINEERED BY

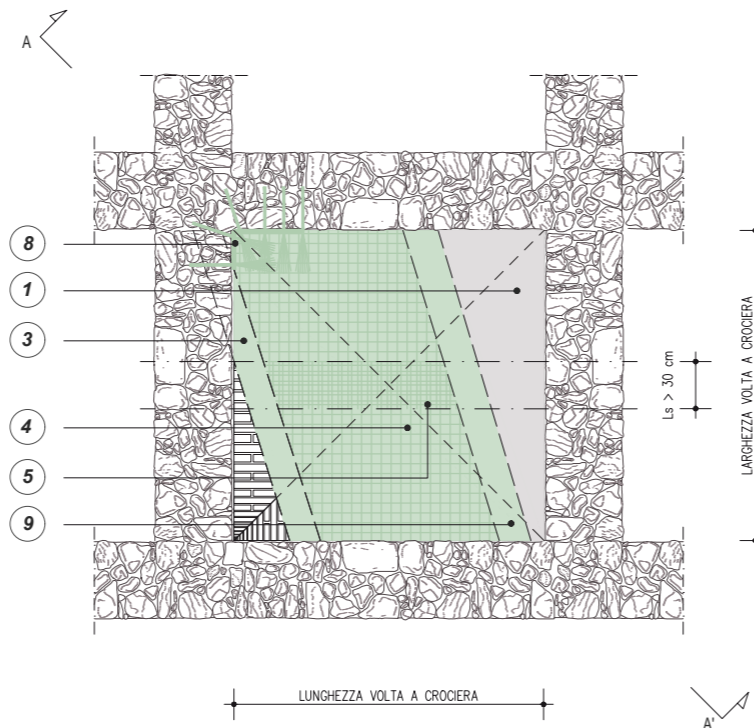
ASDEA



LARGHEZZA VOLTA A CROCIERA

SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

0m 0.5m 1m 2m

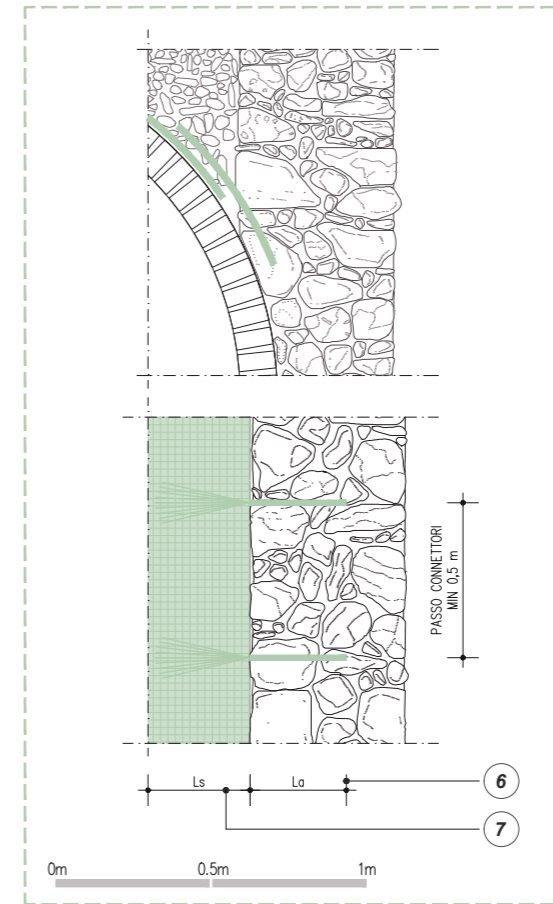


LUNGHEZZA VOLTA A CROCIERA

PIANTA
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



1 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTO E MASSETTO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO. SVUOTAMENTO VOLTA E RIEMPIMENTO CON MATERIALE ALLEGGERITO

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISMICO**

3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE LA RETE DI RINFORZO

4 INSTALLAZIONE DI RETE IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX **GEOSTEEL GRID 200/400** OPPURE DI RETE IN FIBRA DI VETRO AR E ARAMIDE **RINFORZO ARV 100** APPLICATA SULL'ESTRADOSSO DELLA VOLTA

5 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox **GEOSTEEL GRID 200/400** è disponibile in rotoli di larghezza 1 m. Per il montaggio si consiglia una lunghezza di sovrapposizione pari a 30 cm.

6 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano e i frenelli.

7 APPLICAZIONE DELL'ANCORAGGIO CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

8 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**

Si consulti l'APPENDICE B per ulteriori informazioni sul diatono.

9 AL TERMINE DELLA POSA DELLA RETE, REALIZZAZIONE IMMEDIATA FRESCO SU FRESCO DEL SECONDO STRATO DI **GEOCALCE® F ANTISMICO** IN SPESSORE MEDIO DI CIRCA 2-5 mm FINO A COMPLETA COPERTURA DELLA RETE DI RINFORZO

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 estradossali 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 estradossali 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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti. Sulla superficie intradossale della volta rimuovere completamente residui di precedenti lavorazioni che possano pregiudicare l'adesione, pulire la superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale con rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, Fabric Reinforced Cementitious Matrix (abbinamento di rete in fibra di basalto e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali e realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere 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 la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200 pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interessi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle sue esigenze di progetto, in alternativa alla rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 200, la rete biassiale di armatura in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 400 o la rete di armatura biassiale in fibra di vetro alcali-resistente e aramide RINFORZO ARV 100.

Consultare l'APPENDICE B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL 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

Rinforzo estradossale diffuso di volta a crociera con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, - tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico E > 200 GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione \geq 3000 MPa, modulo elastico E \geq 87 GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente t_r (0°-90°) = 0,032 mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo \approx 200 g/m², impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia e umidificazione della superficie o 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 della rete, garantendo una completa impregnazione del tessuto ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; collaborazione con inserimento di connettori (da contabilizzare a parte) realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefole di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 - tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa - avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefole 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μ m, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata \geq 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale rimozione dell'intonaco esistente e la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 _____ 2 _____ 3 _____

Realizzazione dei fori pilota.



_____ 4 _____

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



_____ 5 _____

Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.



_____ 6 _____

Taglio della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID a livello del foro di iniezione.



_____ 7 _____

Installazione del connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.



_____ 8 _____

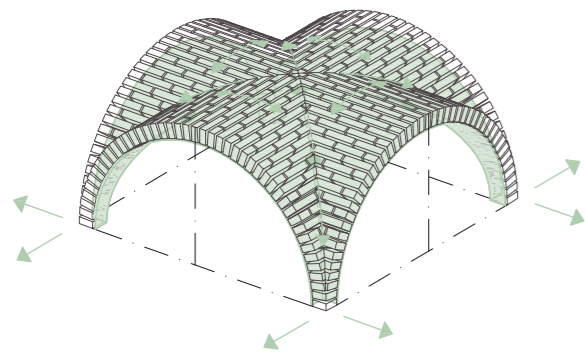
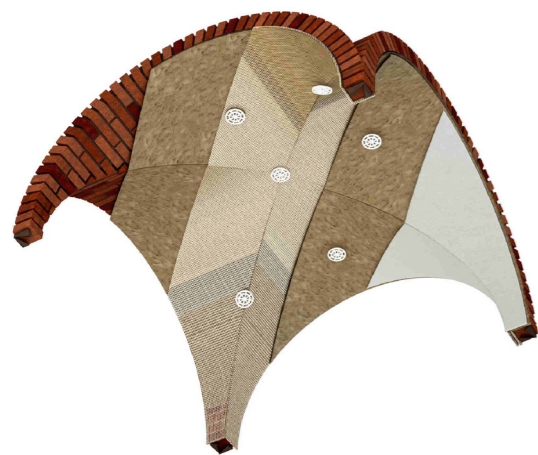
Inghisaggio dei sistemi di connessione con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

NOTE

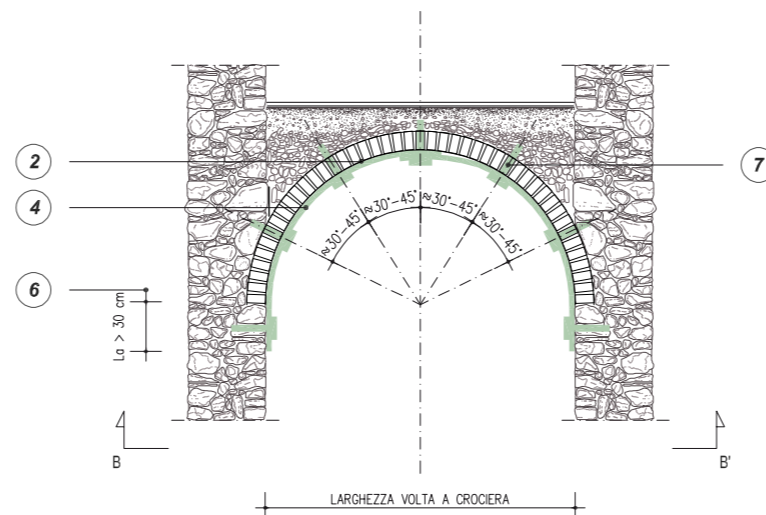
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

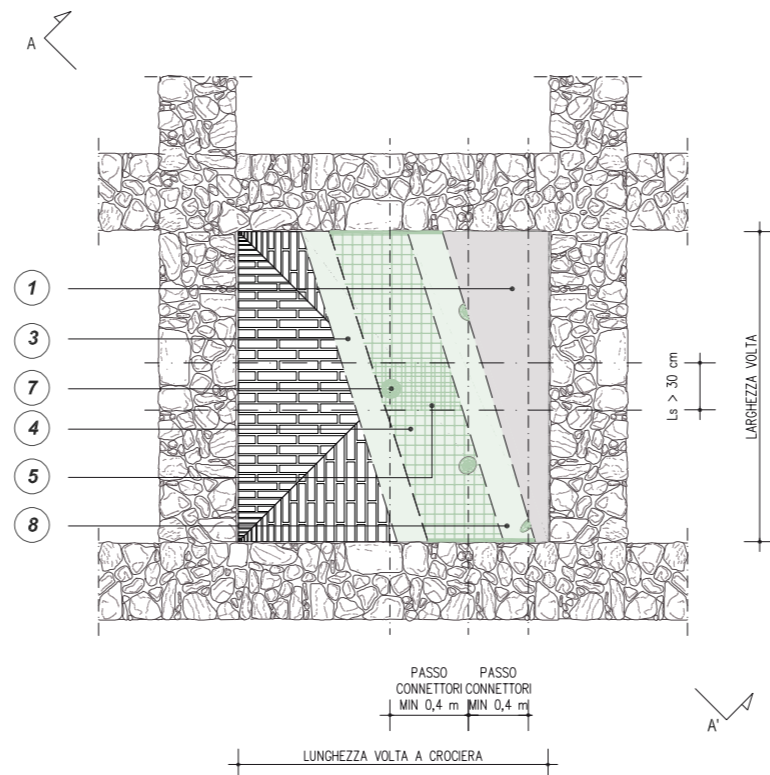
kerakoll

ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O
RINFORZO ARV 100



PIANTA B-B'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O
RINFORZO ARV 100

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 *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)

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 EVENTUALE DEMOLIZIONE DELL'INTONACO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO

PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO E ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISMICO**

2 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE LA RETE DI RINFORZO

3 INSTALLAZIONE DI RETE IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX **GEOSTEEL GRID 200/400** OPPURE DI RETE IN FIBRA DI VETRO AR E ARAMIDE **RINFORZO ARV 100** APPLICATA SULL'INTRADOSSO DELLA VOLTA

4 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

5 La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox **GEOSTEEL GRID 200/400** è disponibile in rotoli di larghezza 1 m. Per il montaggio si consiglia una lunghezza di sovrapposizione pari a 30 cm.

6 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

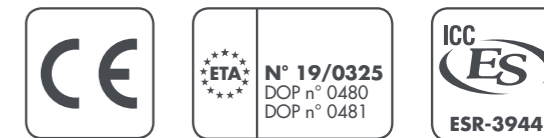
Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano.

7 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**

Si consiglia di disporre connettori meccanici a fiocco in fibra di acciaio ad altissima resistenza **GEOSTEEL G600/G12000** con un passo di 40 cm. Consultare l'APPENDICE B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.

8 AL TERMINE DELLA POSA DELLA RETE, REALIZZAZIONE IMMEDIATA FRESCO SU FRESCO DEL SECONDO STRATO DI **GEOCALCE® F ANTISMICO** IN SPESSORE MEDIO DI CIRCA 2-5 mm FINO A COMPLETA COPERTURA DELLA RETE DI RINFORZO

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, pulire la superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire la sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere 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 malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 "sfilacciare" la parte terminale della fascia in fibra di acciaio GEOSTEEL G600, realizzando un numero di "code" cilindriche in continuità e garantendo così un ancoraggio continuo, cercando di rimanere il più possibile tangente alla direttrice della volta. 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.

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di volta a padiglione mediante placcaggio estradossale con fasce di fibra in acciaio galvanizzato, con l'utilizzo di sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, 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 una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m² - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; 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, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, sigillatura e rincocciatura di eventuali lesioni estradossali e intradossali con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta; messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, 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; 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 di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto, 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 una geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità del tessuto; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

Preparazione, pulizia e umidificazione 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.



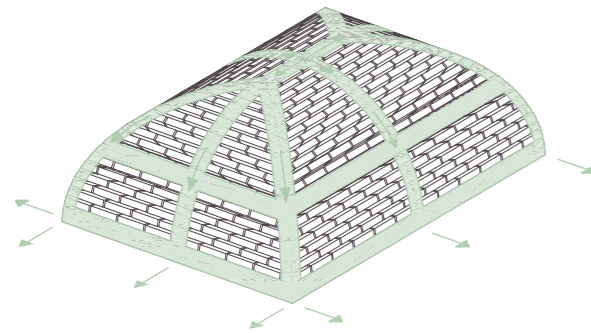
5

Applicazione seconda mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A
PADIGLIONE

NOTE

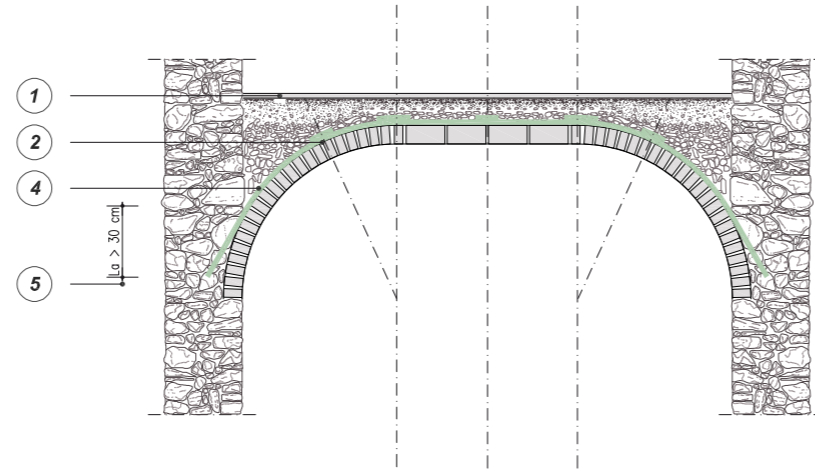
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

ENGINEERED BY

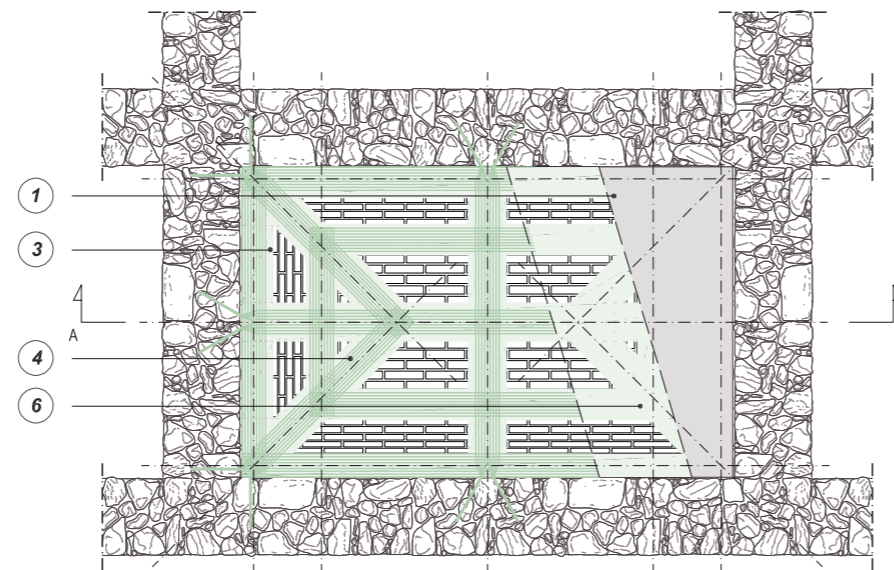
ASDEA



LUNGHEZZA VOLTA A PADIGLIONE

SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON
FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200

0m 0,5m 1m 2m

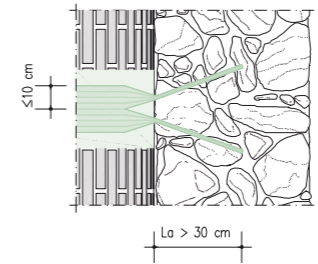


PASSO RINFORZI PASSO RINFORZI PASSO RINFORZI PASSO RINFORZI
LUNGHEZZA VOLTA A PADIGLIONE

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

0m 0,5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



Per ogni foro da realizzare per ancoraggio si consideri una larghezza massima di 10 cm di fascia.

0m 0,5m 1m

1 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTO, MASSETTO E RIPIEMMENTO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO. SVUOTAMENTO VOLTA E RIPIEMMENTO CON MATERIALE ALLEGGERITO

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE O RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOCALCE® F ANTISMICO

3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI GEOCALCE® F ANTISMICO PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO

4 INSTALLAZIONE DI TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI FUSI DELLA VOLTA A PADIGLIONE E LUNGO LE NERVATURE

Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano e con i frenelli.

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

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

6 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON GEOCALCE® F ANTISMICO (SPESSORE MEDIO 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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti. Sulla superficie intradossale della volta rimuovere completamente residui di precedenti lavorazioni che possano pregiudicare l'adesione, pulire la superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Preparare, pulire e umidificare le superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere 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 malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200 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

Consultare l'APPENDICE B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL in combinazione con il tassello in polipropilene armato con fibra di vetro INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di volta a padiglione con placcaggio intradossale di fasce di fibra in acciaio galvanizzato, con sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, 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 una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m² - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; 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, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura; pulizia e umidificazione della superficie o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, posa del tessuto in fibra di acciaio, garantendo una completa impregnazione del tessuto ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; 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 di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfocchettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale rimozione dell'intonaco esistente e la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità del tessuto; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori.

Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 _____ 2 _____ 3 _____

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 connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL.



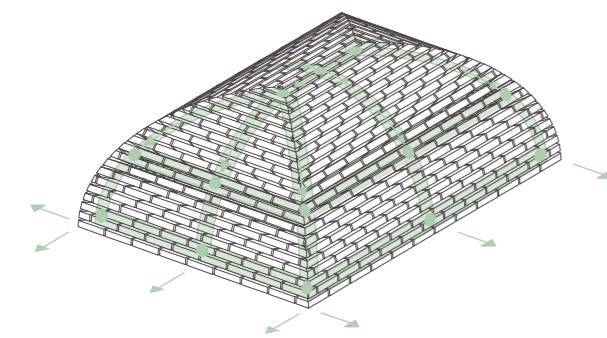
6 _____

Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con GEOCALCE FL ANTISISMICO e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A
PADIGLIONE

NOTE

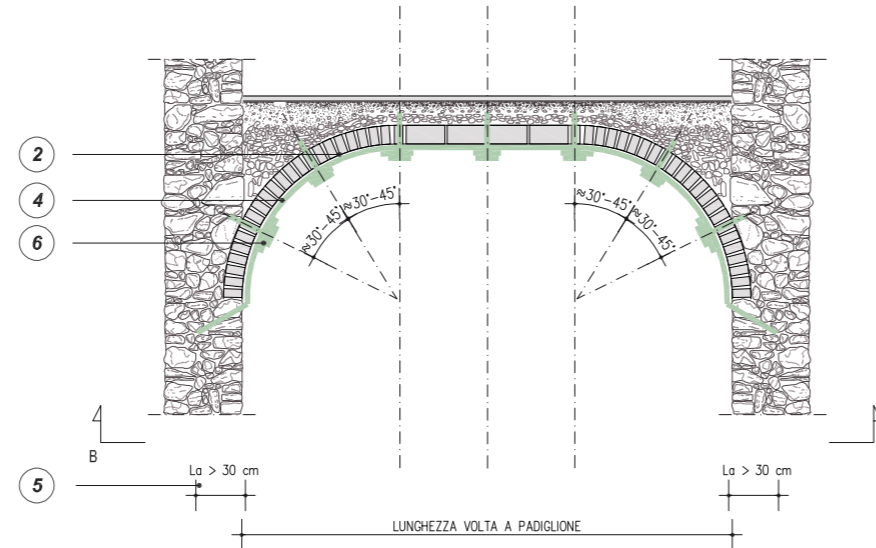
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

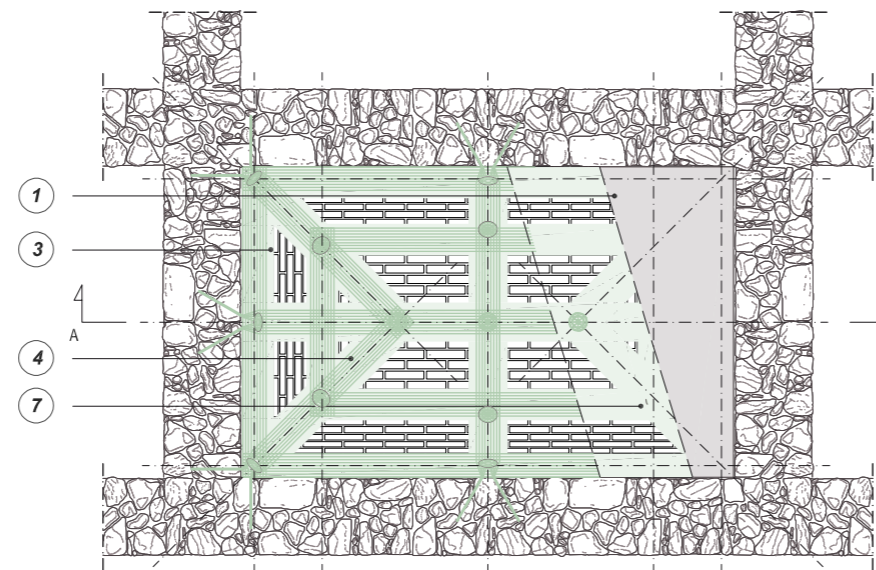
ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
FASCE DI GEOSTEEL G600/G1200

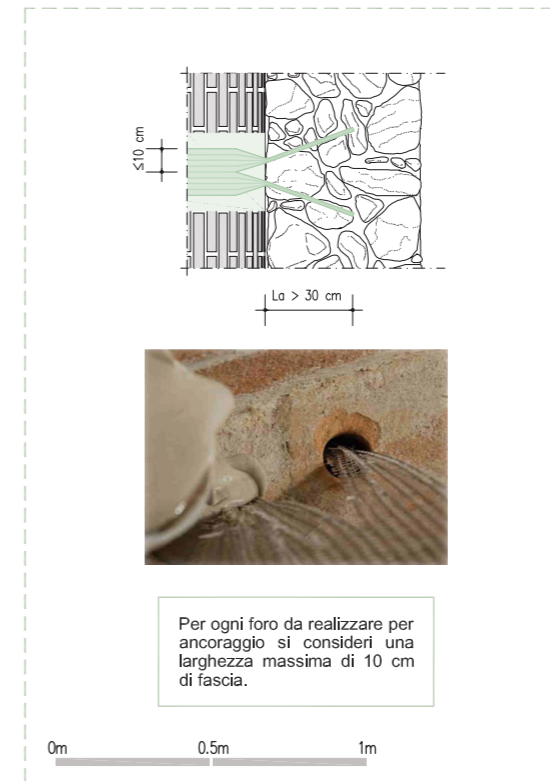
0m 0.5m 1m 2m



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 E ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI FUSI DELLA VOLTA A PADIGLIONE E LUNGO LE NERVATURE

Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano.
- 5 APPLICAZIONE DEL TESSUTO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.
- 6 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**

Per i sistemi di rinforzo posti all'intradosso è consigliabile prevedere connettori meccanici a fiocco **GEOSTEEL G600/G1200** per evitare fenomeni di peeling. Si consiglia un passo tra i connettori di 40 cm. Consultare l'APPENDICE B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.
- 7 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (SPESSORE MEDIO 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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, pulire la superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale con rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, Fabric Reinforced Cementitious Matrix (abbinamento di rete in fibra di basalto e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali e avere cura di realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere 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 la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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. Se è possibile, realizzare sistemi d'ancoraggio sui rinfianchi della volta, collegando il rinforzo con le eventuali fasce di piano. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo e un opportuno collegamento alle estremità, realizzare i sistemi di connessione impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200, 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

Il progettista può scegliere, in base alle sue esigenze di progetto, in alternativa alla rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 200, la rete biassiale di armatura in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 400 o la rete di armatura biassiale in fibra di vetro alcali-resistente e aramide RINFORZO ARV 100.

Consultare l'APPENDICE B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL 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

Rinforzo estradossale diffuso di volta a padiglione con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, - tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico E > 200 GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione \geq 3000 MPa, modulo elastico E \geq 87 GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente t_r (0°-90°) = 0,032 mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo \approx 200 g/m², impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12).

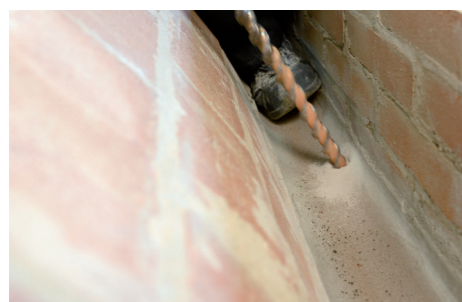
L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, sigillatura e rincocciatura di eventuali lesioni estradossali e intradossali con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta (da contabilizzare a parte); messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, posa della rete, garantendo una completa impregnazione della rete ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente la rete di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 - tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa - avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μ m, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ \leq 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati \geq 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg \geq 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata \geq 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità della rete; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori.

Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

Esecuzione dei fori pilota.



2

Preparazione, pulizia e umidificazione delle superfici.



3

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



4

Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.



5

Installazione di Diatono GEOSTEEL e INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL per l'ancoraggio tra rinforzo e fasce di piano.

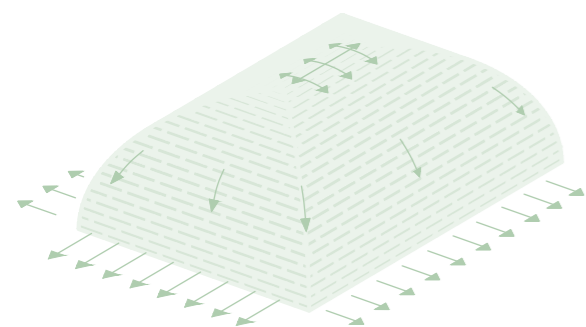


6

Inghisaggio degli ancoraggi con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



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



ASSONOMETRIA RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A PADIGLIONE

NOTE

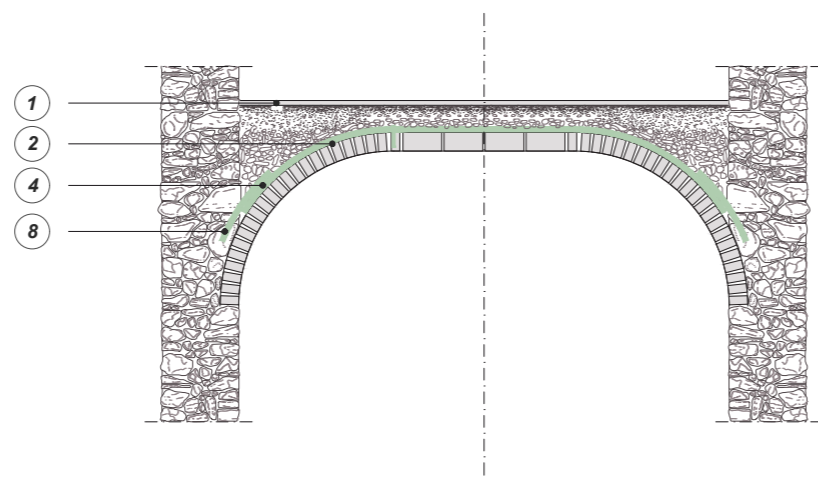
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

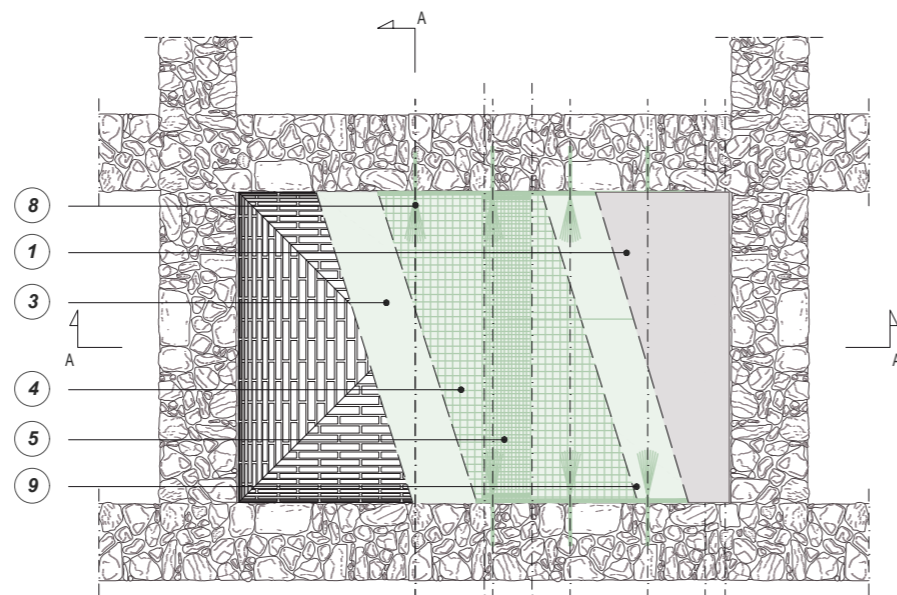
kerakoll

ENGINEERED BY

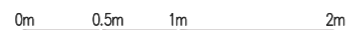
ASDEA



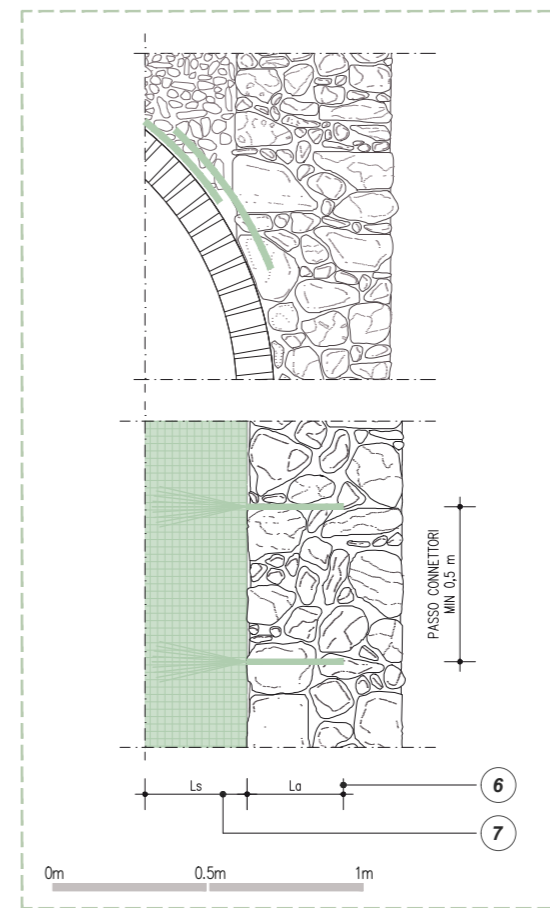
LUNGHEZZA VOLTA A PADIGLIONE
SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100



Ls > 30 cm
PASSO CONNETTORI ≤ 0,5 m
PASSO CONNETTORI ≤ 0,5 m
PASSO CONNETTORI ≤ 0,5 m
PASSO CONNETTORI ≤ 0,5 m
LUNGHEZZA VOLTA A PADIGLIONE
PIANTA
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100



TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



- 1 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTO, MASSETTO E RIEMPIMENTO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO. SVUOTAMENTO VOLTA E RIEMPIMENTO CON MATERIALE ALLEGGERITO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE O RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOCALCE® F ANTISMICO
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI GEOCALCE® F ANTISMICO PER APPLICARE ED INGLOBARE LA RETE DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DI RETE IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX GEOSTEEL GRID 200/400 OPPURE DI RETE IN FIBRA DI VETRO AR E ARAMIDE RINFORZO ARV 100 APPLICATA SULL'ESTRADOSSO DELLA VOLTA
- 5 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE Ls TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO
La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox GEOSTEEL GRID 200/400 è disponibile in rotoli di larghezza 1 m. Per il montaggio si consiglia una lunghezza di sovrapposizione pari a 30 cm.
- 6 APPLICAZIONE DEL TESSUTO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO La TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO
Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.
Si consulti l'APPENDICE C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano e i frenelli.
- 7 APPLICAZIONE DELL'ANCORAGGIO CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE Ls TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO
- 8 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO GEOSTEEL G600/G1200
Si consulti l'APPENDICE B per ulteriori informazioni sui diatoni.
- 9 AL TERMINE DELLA POSA DELLA RETE, REALIZZAZIONE IMMEDIATA FRESCO SU FRESCO DEL SECONDO STRATO DI GEOCALCE® F ANTISMICO IN SPESSORE MEDIO DI CIRCA 2-5 mm FINO A COMPLETA COPERTURA DELLA RETE DI RINFORZO

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

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta. Sulla superficie intradossale della volta rimuovere completamente residui di precedenti lavorazioni che possano pregiudicare l'adesione, pulire la superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale con rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, Fabric Reinforced Cementitious Matrix (abbinamento di rete in fibra di basalto e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali ed avere cura di realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere 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 la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione 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 impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200, 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

Il progettista può scegliere, in base alle sue esigenze di progetto, in alternativa alla rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 200, la rete biassiale di armatura in fibra di basalto e acciaio Inox GEOSTEEL GRID 400 o la rete di armatura biassiale in fibra di vetro alcali-resistente e aramide RINFORZO ARV 100.

Consultare l'APPENDICE B per conoscere le modalità di installazione e le prestazioni meccaniche del sistema di connessione a fiocco, realizzato con la gamma di tessuti GEOSTEEL 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

Rinforzo intradossale diffuso di volta a padiglione con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, - tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico $E > 200$ GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione ≥ 3000 MPa, modulo elastico $E \geq 87$ GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo ≈ 200 g/m², impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati $\geq 30\%$. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FP: B (EN 1015-12). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia e umidificazione della superficie o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, posa della rete, garantendo una completa impregnazione del tessuto ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; collaborazione con inserimento di connettori (da contabilizzare a parte) realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefole di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 - tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa - avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefole 3x2 (5 fili) = 0,538 mm²; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO₂ ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati $\geq 30\%$. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), 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 (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale rimozione dell'intonaco esistente e la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

Realizzazione dei fori pilota.



2

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



3

Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.



4

Taglio della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID a livello del foro di iniezione.



5

Installazione del connettore realizzato con tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL e INIETTORE&CONNETTORE GEOSTEEL.



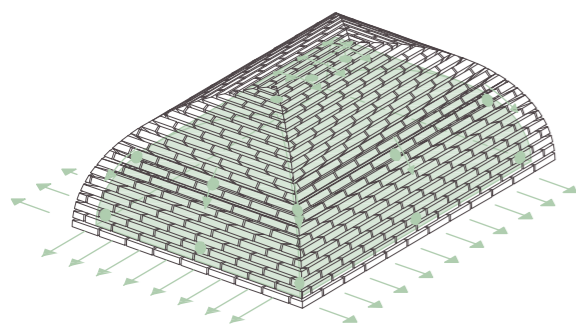
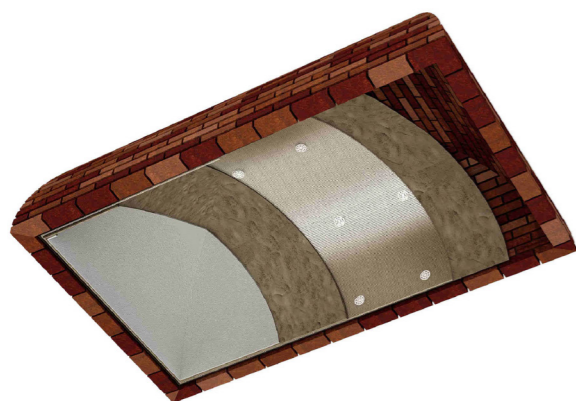
6

Inghisaggio dei sistemi di connessione con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A
PADIGLIONE

NOTE

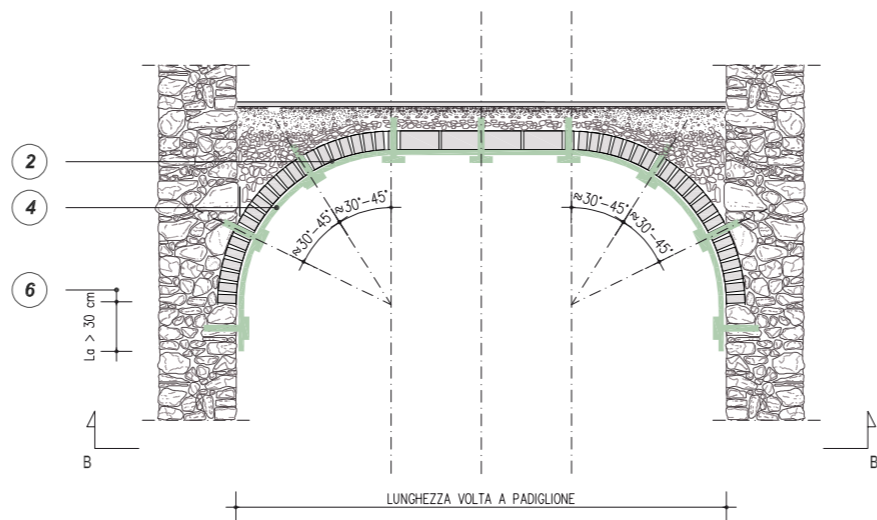
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 24).

POWERED BY

kerakoll

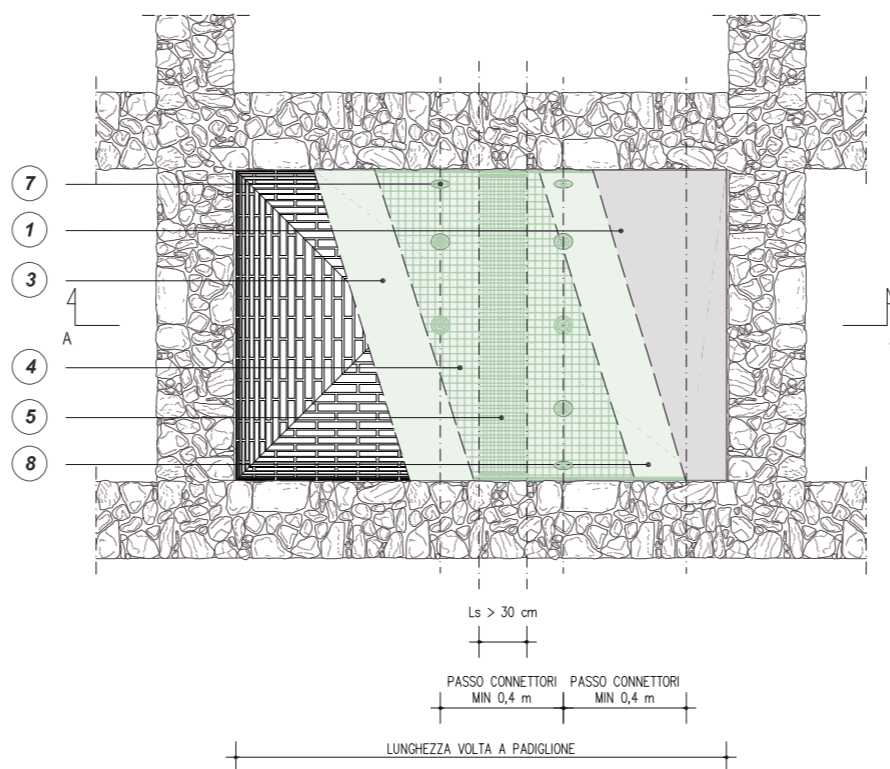
ENGINEERED BY

ASDEA



SEZIONE A-A'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

0m 0.5m 1m 2m



PIANTA B-B'
SISTEMI DI RINFORZO ALL'INTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

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 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 EVENTUALE DEMOLIZIONE DELL'INTONACO E RICOSTRUZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO E ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**

3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE LA RETE DI RINFORZO

4 INSTALLAZIONE DI RETE IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX **GEOSTEEL GRID 200/400** OPPURE DI RETE IN FIBRA DI VETRO AR E ARAMIDE **RINFORZO ARV 100** APPLICATA SULL'INTRADOSSO DELLA VOLTA

5 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE L_s TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox **GEOSTEEL GRID 200/400** è disponibile in rotoli di larghezza 1 m. Per il montaggio si consiglia una lunghezza di sovrapposizione pari a 30 cm.

6 APPLICAZIONE DELLA RETE CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE A.

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

7 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**

Si consiglia di disporre connettori meccanici a fiocco in fibra di acciaio ad altissima resistenza **GEOSTEEL G600/G1200** con un passo di 40 cm. Consultare l'APPENDICE B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.

8 AL TERMINE DELLA POSA DELLA RETE, REALIZZAZIONE IMMEDIATA FRESCO SU FRESCO DEL SECONDO STRATO DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** IN SPESSORE MEDIO DI CIRCA 2-5 mm FINO A COMPLETA COPERTURA DELLA RETE DI RINFORZO