



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

Prescrizioni, voci di capitolato e tavole esecutive

MANUALE TECNICO STRUTTURALE
ottava edizione - 2026

kerakoll

Manuale del consolidamento

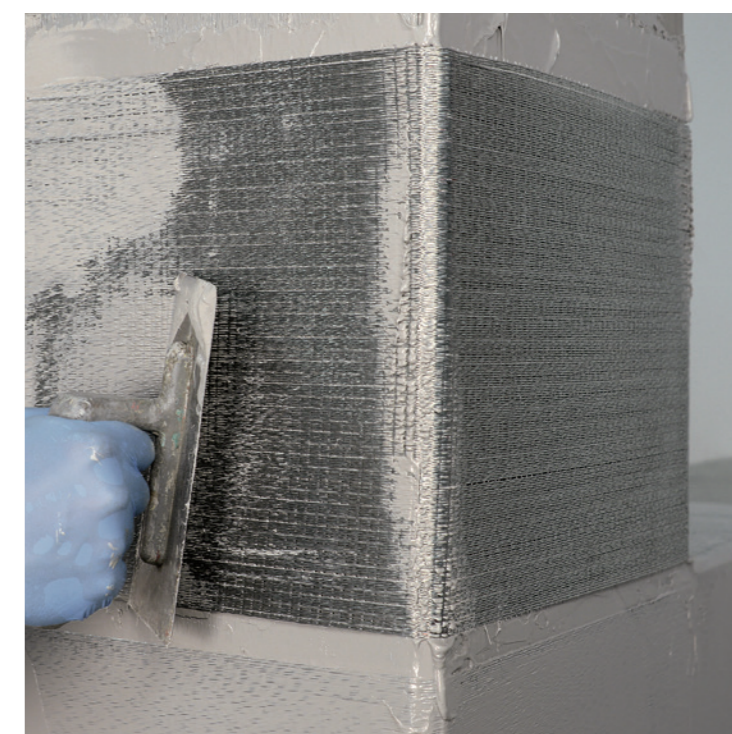
In Italia e nel resto del mondo, si contano ogni anno numerosi eventi sismici che colpiscono il patrimonio edilizio, in tutte le sue forme: dall'edilizia storica in muratura di varia natura fino alle più recenti strutture in calcestruzzo armato. Questi episodi hanno evidenziato problematiche legate alla presenza di murature disomogenee e in pessime condizioni di conservazione, elementi con bassissima resistenza meccanica, o elementi in calcestruzzo armato 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 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 di acciaio, di basalto e di vetro costituiscono gli innovativi sistemi di rinforzo strutturale, che offrono molteplici vantaggi: semplicità applicativa e performance di resistenza, modulo elastico e tenacità superiori a quelle dei più comuni sistemi compositi.

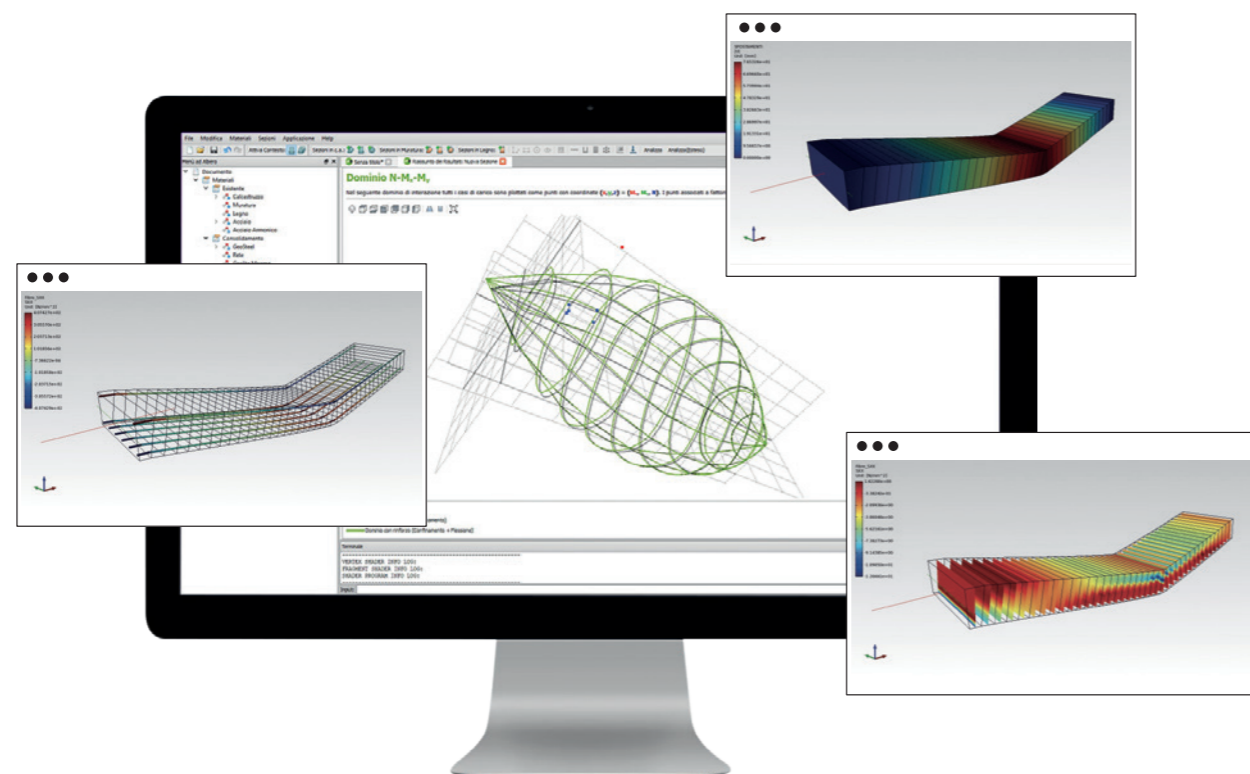
Questo Manuale Tecnico è un'utile guida pratica per i Progettisti e la Direzione Lavori, per pianificare e dirigere il cantiere in modo più semplice ed efficace.



Kerakoll è socio sostenitore di



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



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.

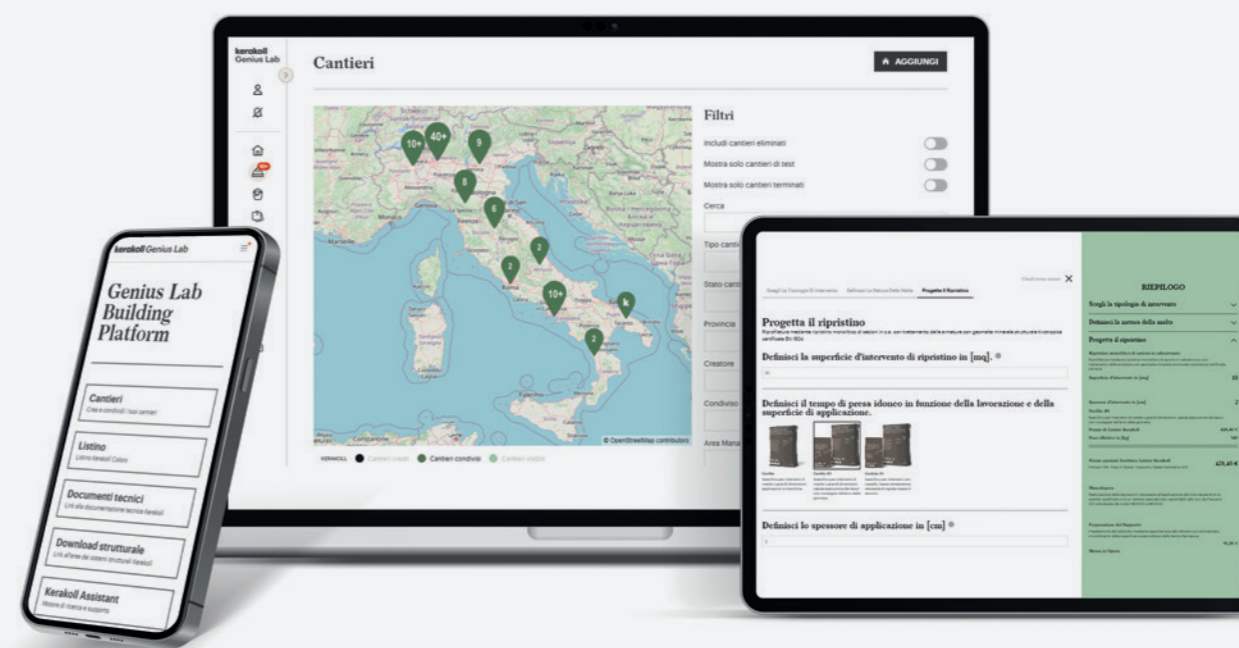
ENGINEERED BY

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.

GENIUS LAB LA PIATTAFORMA DIGITALE COLLABORATIVA PER ELABORARE E GESTIRE I TUOI PROGETTI

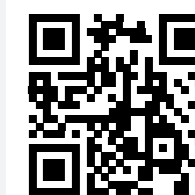
kerakoll Genius Lab



Scopri le funzionalità:

- Creare un cantiere e collaborare con Kerakoll e i professionisti della zona
- Effettuare una configurazione guidata di un intervento di rinforzo strutturale, identificando i costi di fornitura e posa
- Esportare le analisi prezzi in file .xpwe per la redazione di capitolati
- Ottenere la documentazione tecnica delle soluzioni progettate (Tavole tecniche, disegni dwg, Schede di Sicurezza, CAM, EPD, VOC, DOP...)
- Verificare i sistemi di rinforzo e scaricare le relazioni di calcolo

Registrati:



Indice generale

SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN C.A., C.A.P. E PREFABBRICATE	8
• RICOSTRUZIONE E RIPARAZIONE	10
• PILASTRI E NODI	14
• SOLAI E TRAVI	42
SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO, IL RINFORZO E LA RIPARAZIONE DI PARETI DI TAMPONAMENTO IN STRUTTURE INTELAIATE IN C.A.	73
• RIPARAZIONE, RIPRISTINO LESIONI LOCALI	74
• PRESIDIO E MIGLIORAMENTO DIFFUSO	78
SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA PORTANTE DI LATERIZIO, TUFO E PIETRA NATURALE	88
• MASCHI MURARI E PILASTRI	90
• ARCHI	130
• VOLTE	138
• CUPOLE	162
APPENDICI	171

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



PRESCRIZIONE

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

AVVERTENZE

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

1 _____

Realizzazione dei fori pilota.



2 _____

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



3 _____

Installazione del **Diatono Geosteel**.



4 _____

Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



5 _____

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



6 _____

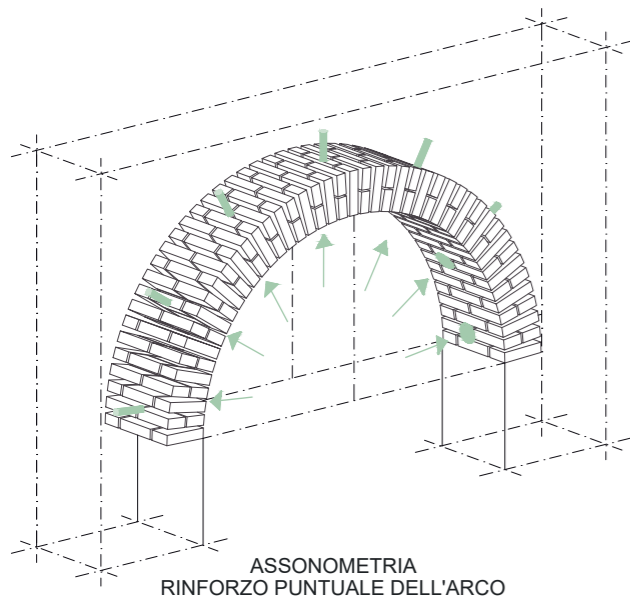
Chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.34

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

Geoforce one
Software



NOTE

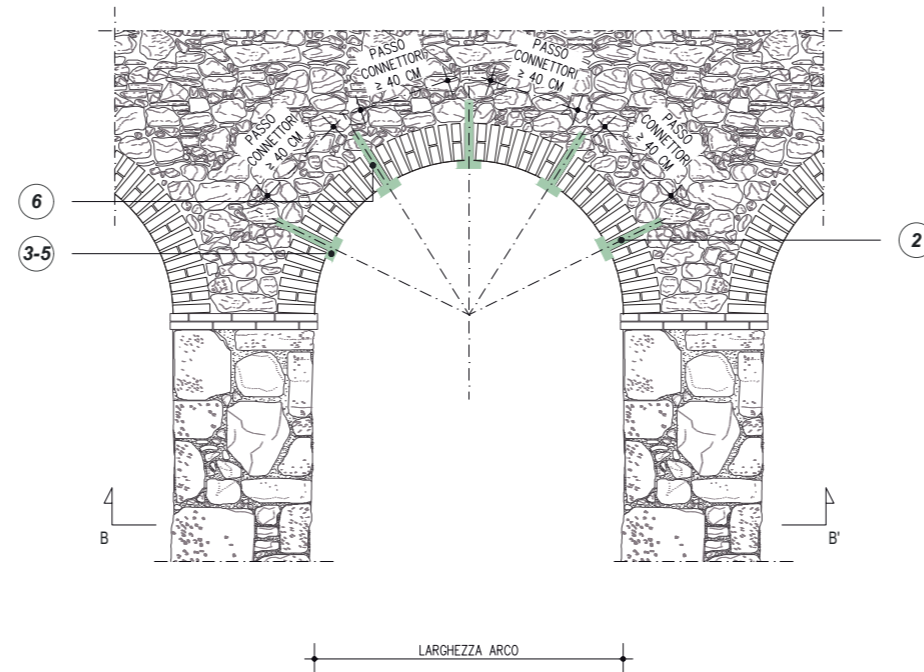
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con arco in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni di malta (TAV 1.24). Per informazioni aggiuntive sui connettori in fibra di acciaio galvanizzata Geosteel G600/G1200 consultare l'APPENDICE 1.B. Nel caso l'arco in questione poggi su piedritti e risulti necessario consolidare anche questi ultimi, consultare da TAV 1.31 a TAV 1.33.

POWERED BY

kerakoll

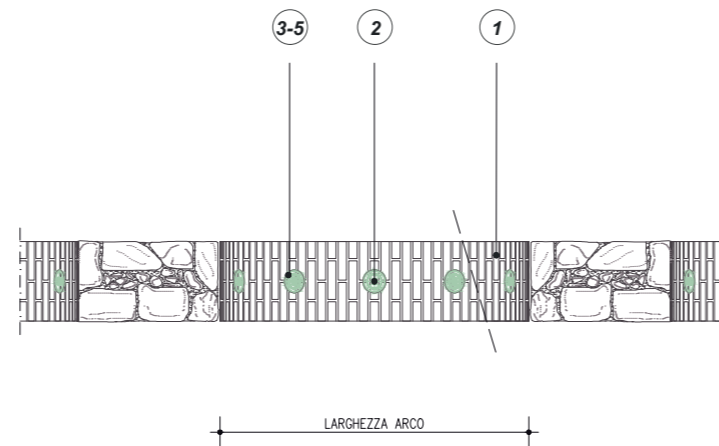
ENGINEERED BY

ASDEA



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

0m 0.5m 1m 2m



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

0m 0.5m 1m 2m

QUADRO NORMATIVO

Contenimento delle spinte e 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)

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

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

2 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO GEOSTEEL G600/G1200

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

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

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

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

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

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

5 INIEZIONI DI GEOCALCE FL ANTISISMICO PER INGHISARE I CONNETTORI

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

1.35

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

PRESCRIZIONE

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

AVVERTENZE

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

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

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

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di barre elicoidali per rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura a secco intradossale, certificate EN 845-1 in acciaio Inox AISI 316, provviste di marcatura CE, di lunghezza pari a 300 mm nel numero di 4 elementi al mq, installate in apposito foro pilota e poste in opera mediante apposito mandrino - tipo **Steel Dryfast 10** di Kerakoll. Caratteristiche tecniche certificate della barra: carico di rottura a trazione $\geq 15,4$ kN; carico di rottura a taglio $\geq 11,7$ kN; modulo elastico ≥ 125 GPa; deformazione ultima a rottura $\geq 5,7\%$; area nominale $12,9$ mm². È compresa la stuccatura del foro mediante malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg $> 1,0$ N/mm² - FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale trattamento di ripristino delle superfici ammalorate (da contabilizzare a parte); realizzazione del foro pilota di opportuno diametro in funzione della barra e del tipo di materiale componente l'elemento da rinforzare; installazione della barra all'interno del foro mediante apposito mandrino in funzione della lunghezza della barra; stuccatura del foro mediante opportuno materiale in funzione del tipo di supporto.

La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo.

1

Realizzazione del foro pilota.



2

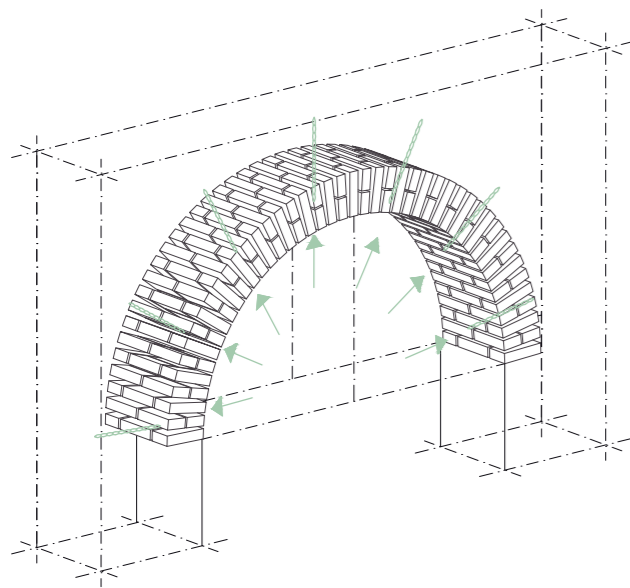
Installazione della barra **Steel Dryfast** all'interno del foro mediante apposito **Mandrino Steel Dryfast**.



1.35

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

Geoforce one
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO PUNTUALE DELL'ARCO

NOTE

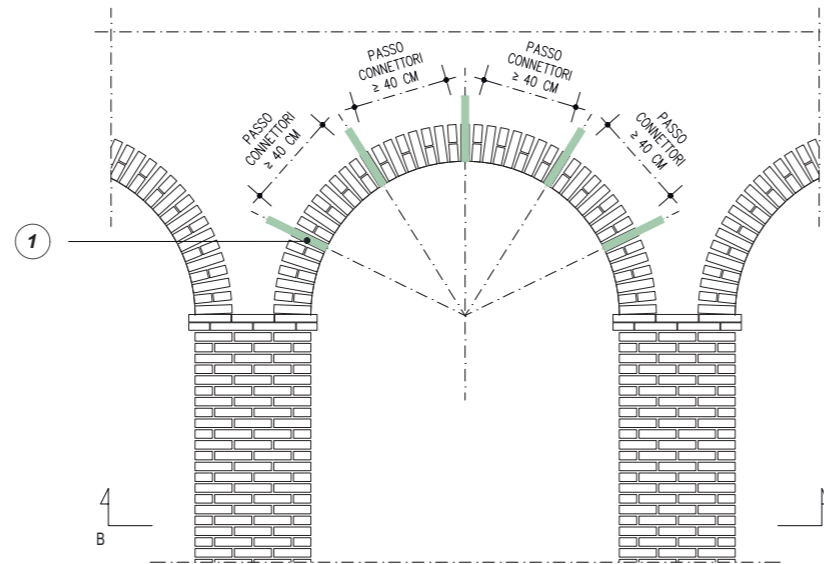
Le barre Steel Dryfast, fatta eccezione la possibilità di verificarne l'installazione in cantiere, generalmente non possono essere progettate per interventi di cucitura su murature in pietrame di elevata consistenza meccanica.

POWERED BY

kerakoll

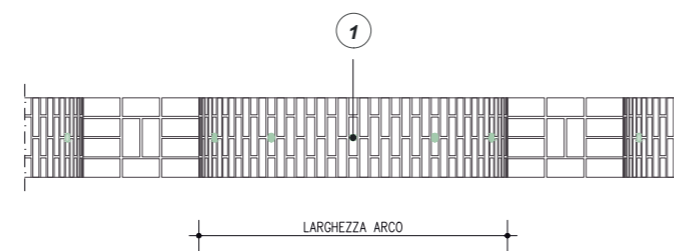
ENGINEERED BY

ASDEA



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

0m 0.5m 1m 2m



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

0m 0.5m 1m 2m

ESTRATTORE CERTIFICATO



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



ESTRATTORE CERTIFICATO DI KERAKOLL SPA IN OPERA

1

INSTALLAZIONE A SECCO DI BARRE ELICOIDALI STEEL DRYFAST

Le barre sono disponibili in differenti diametri e lunghezze: è cura del progettista dimensionare l'intervento, l'eventuale profondità di ancoraggio, l'interasse, sia orizzontale che verticale, tra le singole barre e lo sviluppo all'interno della muratura da decidere in funzione della natura del supporto e delle necessità statiche da ottenere. Si consiglia comunque un passo tra i connettori non inferiore a 40 cm. Per maggiori informazioni sulle barre elicoidali Steel Dryfast consultare l'APPENDICE 1.B.

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 estradosali 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 estradosali basate sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati.

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

Collegamenti nello spessore della parete in presenza di paramenti multipli

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

(Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 3)

Consolidamento con diatoni artificiali o tirantini antiespulsivi

Nel caso dell'inserimento di diatoni artificiali dotati di una significativa rigidità a taglio e sufficientemente diffusi, si può applicare a tutti i parametri di resistenza il coefficiente indicato per le murature originariamente dotate di una buona connessione trasversale; gli elementi di connessione a trazione (tirantini) hanno un effetto significativo solo per la resistenza a compressione (f).

(Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.5.3.1)

1.36

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



PRESCRIZIONE

1. Preparazione dei supporti. Provvedere alla rimozione e allo svuotamento degli eventuali strati sovrastanti l'arco oggetto dell'intervento. Dove si presentino lesioni o lacune della muratura è consigliabile intervenire mediante la ricucitura della tessitura muraria. Rimuovere la polvere dai supporti mediante aspirazione. Realizzare eventuali regolarizzazioni delle superfici, precedentemente consolidate, con **Geocalce F Antisismico** geomalta a base di pura calce naturale NHL 3.5 e geolegante. Inumidire le superfici, in caso di intradosso affrescato applicare in alternativa consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di realizzare una fascia estradossale lungo la curva direttrice dell'arco di larghezza da stabilire a cura di tecnico abilitato, con l'applicazione di una prima mano di **Geocalce F Antisismico**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato **Geosteel G600**, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli per garantire un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, provvedere sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio nelle zone di rinfianco generalmente poste subito sopra il piano di imposta dell'arco, avendo cura di sfioccare la parte terminale della fascia in fibra di acciaio **Geosteel G**, realizzando un numero di "code" cilindriche e garantendo così un ancoraggio continuo, cercando di rimanere il più possibile tangente alla direttrice dell'arco. Si suggerisce di effettuare tali "code" inghisando porzioni di fascia con una larghezza non superiore a 10 cm, previa realizzazione del foro. Infine procedere con la colatura della geomalta iperfluida **Geocalce FL Antisismico**, previa bagnatura del foro, al fine di creare perfetta collaborazione tra il tessuto di rinforzo e il supporto in muratura. È possibile prolungare la lunghezza d'ancoraggio per tutto lo spessore del rinfianco e della muratura perimetrale, collegando il rinforzo dell'arco con le eventuali fasce di piano.

AVVERTENZE

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

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

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

1

Preparazione e pulizia delle superfici.



2

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



3

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



4

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



5

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



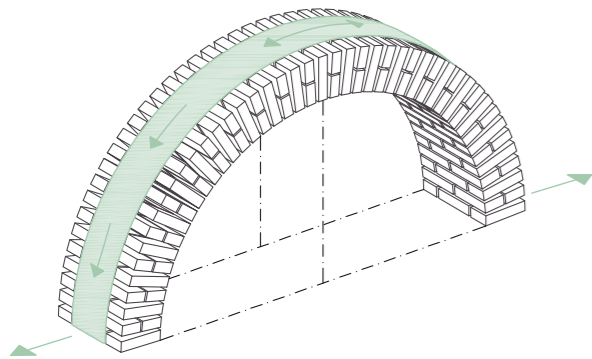
1.36

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

Geoforceone
Software



Geoforceone
Software

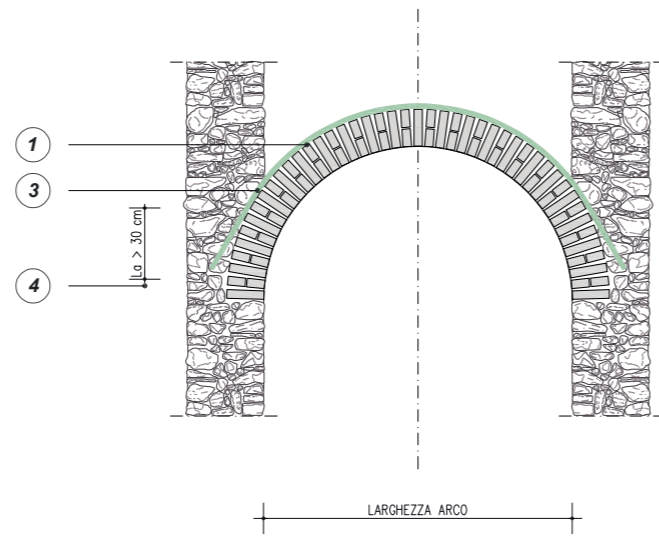


ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELL'ARCO

NOTE

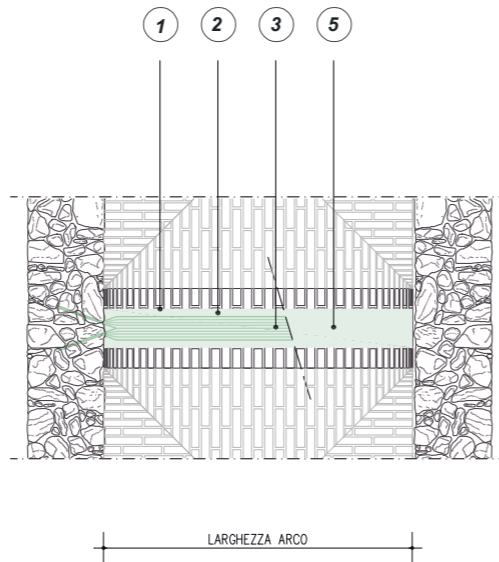
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con arco in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

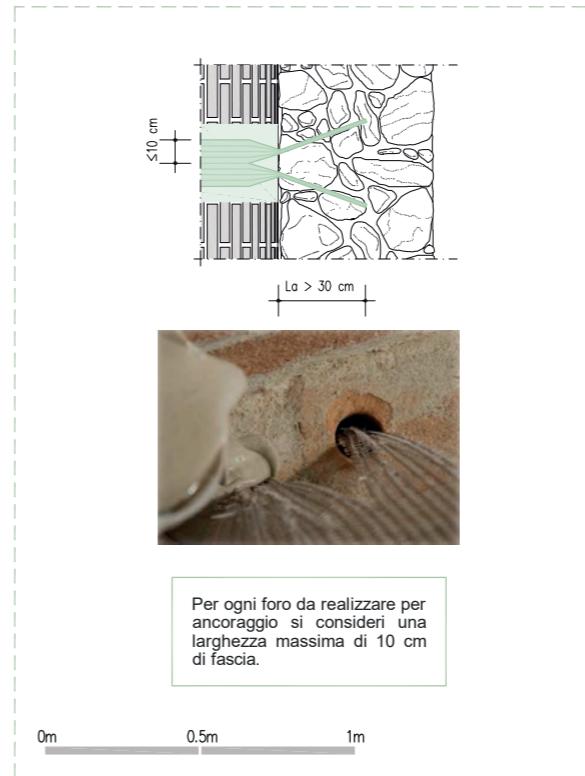
0m 0.5m 1m 2m



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

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



QUADRO NORMATIVO

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

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

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

1 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELL'ARCO. EVENTUALE APPLICAZIONE CONSOLIDANTE **PRIMER UNI** DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOMALTA

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

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

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

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

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

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

1.37 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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere alla demolizione e alla rimozione dell'intonaco esistente (qualora l'operazione sia consentita, non essendo questo vincolato ad alcun limite di salvaguardia), limitatamente all'intradosso dell'arco oggetto dell'intervento, e di tutte le parti inconsistenti o incoerenti. Dove si presentino lesioni o lacune della muratura è consigliabile intervenire mediante la ricucitura della tessitura muraria. Rimuovere la polvere dai supporti e inumidire le superfici interessate. Realizzare eventuali regolarizzazioni delle superfici precedentemente consolidate con **Geocalce F Antisismico**, geomalta a base di pura calce naturale NHL 3.5 e geolegante. Effettuare eventuale applicazione di consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di realizzare una fascia intradossale lungo la curva direttrice dell'arco, di larghezza da stabilire a cura di tecnico abilitato, con l'applicazione di una prima mano di **Geocalce F Antisismico**, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 – 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare, sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato **Geosteel G600**, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli per garantire un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Disporre il tessuto in fasce parallele alla direttrice dell'arco. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 – 5 mm), sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.
Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

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

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

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

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

1 _____

Esecuzione dei fori pilota.



2 _____

Bagnatura del supporto.



3 _____

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



4 _____

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



5 _____

Installazione del **Diatono Geosteel**.



6 _____

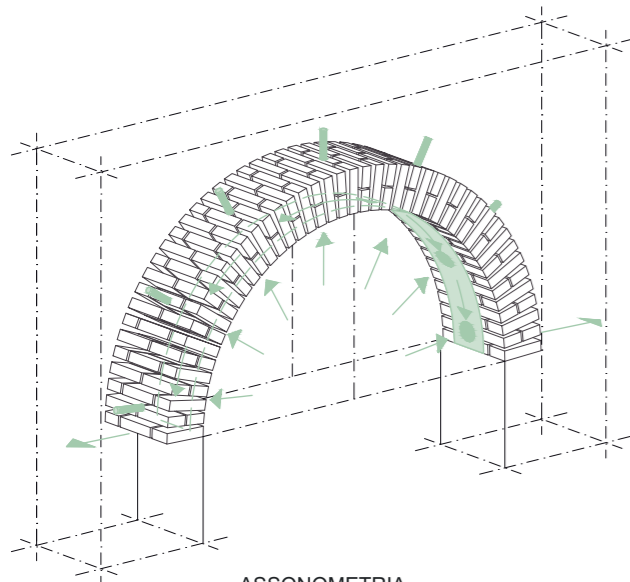
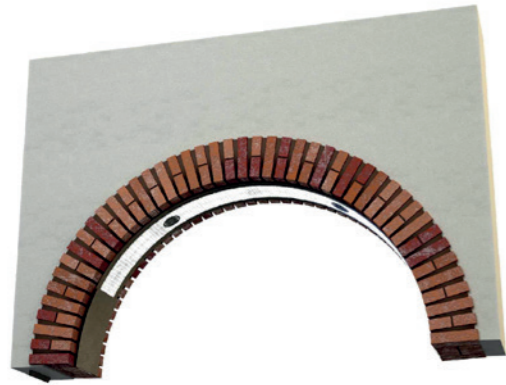
Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con **Geocalce FL Antisismico** e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.37

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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA RINFORZO INTRADOSSALE DELL'ARCO

NOTE

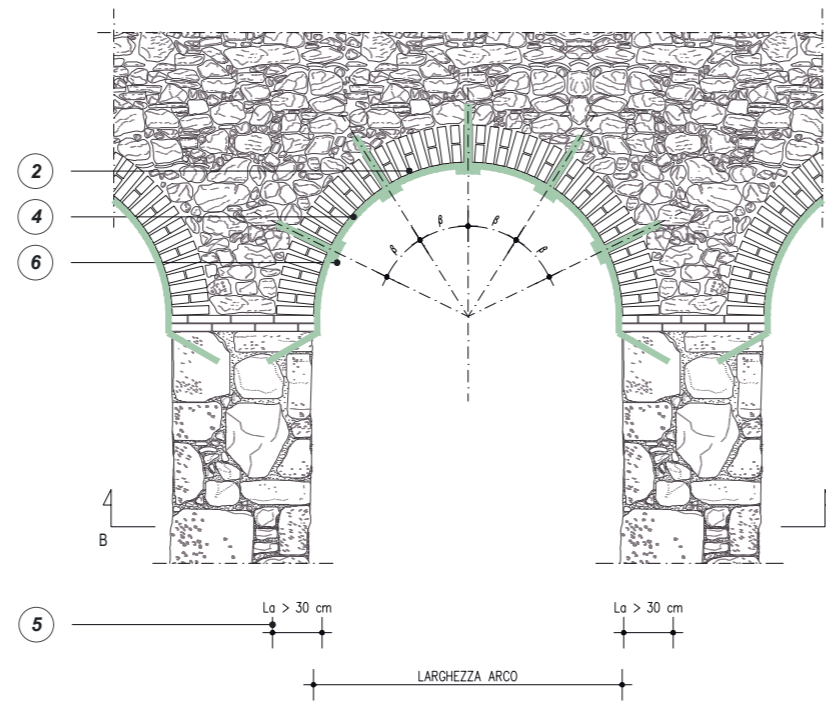
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con arco in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

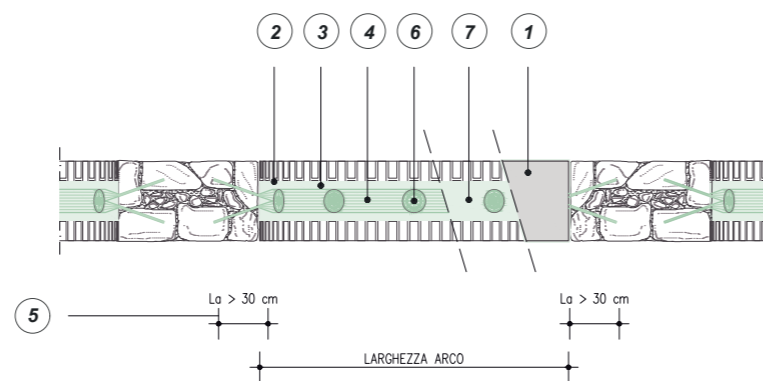
ENGINEERED BY

ASDEA



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

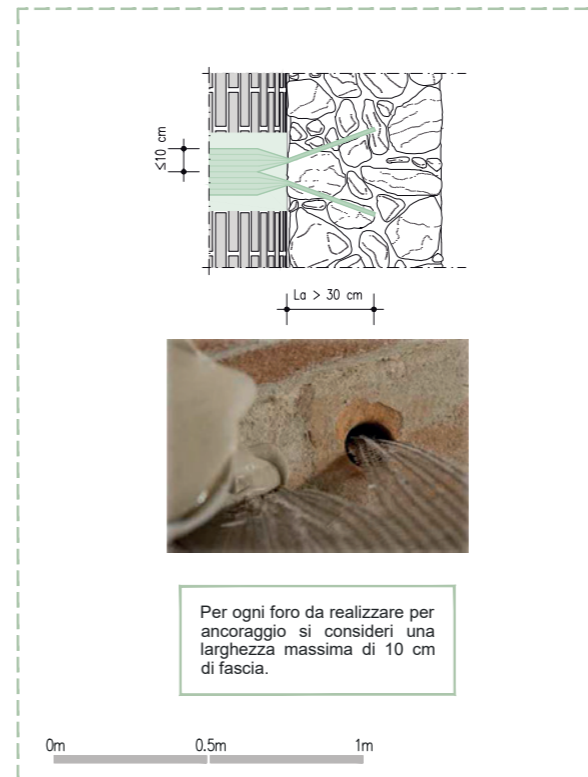
0m 0.5m 1m 2m



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

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



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

QUADRO NORMATIVO

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

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

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

1.38

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

1. 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, provvedere sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio nelle zone di rinfianco generalmente poste subito sopra il piano di imposta della volta avendo cura di sfioccare la parte terminale della fascia in fibra di acciaio **Geosteel G**, 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**.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincoccate con scaglie di materiale idoneo allettate con la malta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, 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 precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto (da contabilizzare a parte), procedendo alla preventiva foratura dei supporti, arrotolamento delle estremità del tessuto in acciaio al fine di inserire tali code all'interno dei fori precedentemente realizzati con colatura finale di malta fluida. La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

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 G**.



5

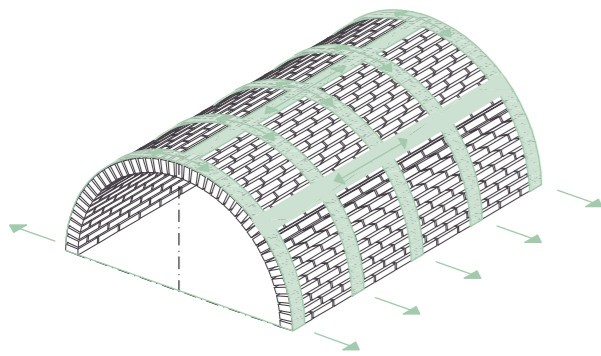
Applicazione seconda mano di **Geocalce F Antisismico**.



1.38

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

Geoforceone
Software

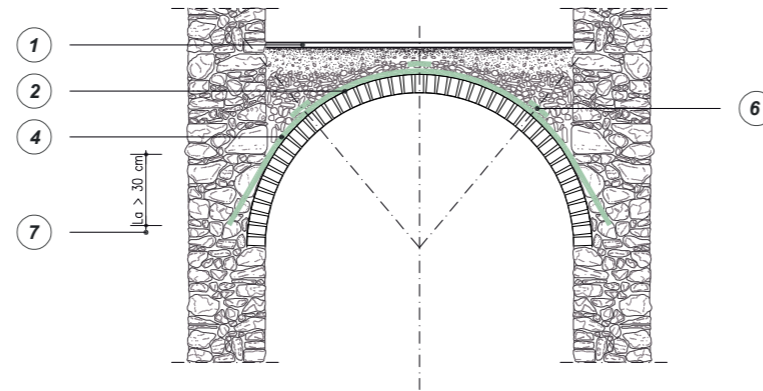


ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

NOTE

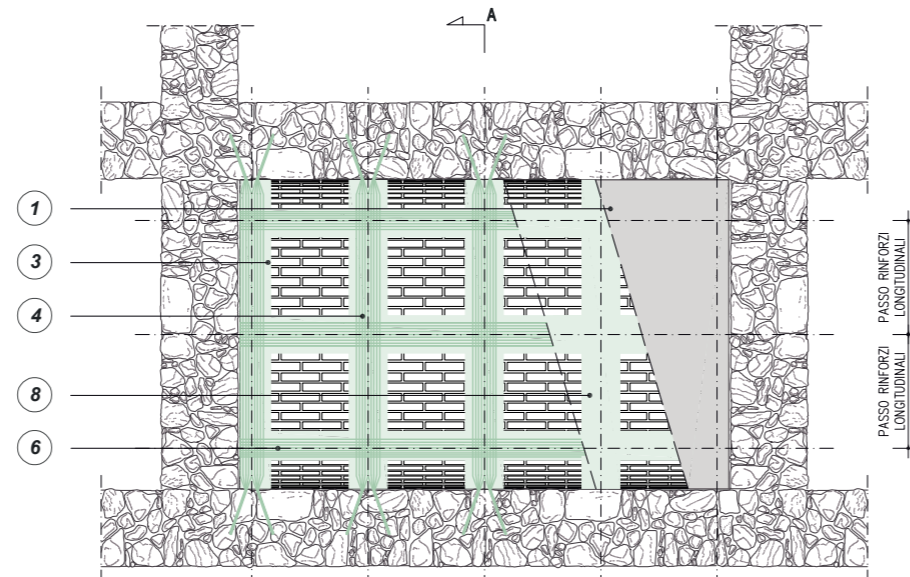
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

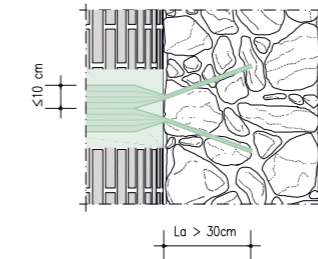
0m 0.5m 1m 2m



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 CONSOLIDANTE **PRIMER UNI** DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 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:
- $t \leq 3t + b_f$ dove:
 - t è lo spessore della volta
 - b_f 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 sovrappongono i due tessuti per una lunghezza pari a 30 cm.
- Si consulti l'APPENDICE 1.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
 - 8 Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE 1.A.
- 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 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 sopprimere 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

1.39

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. 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.
Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

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

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

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

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

1

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 G**.



5

Installazione del **Diatono Geosteel**.



6

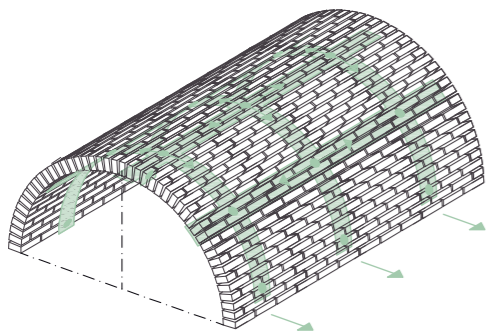
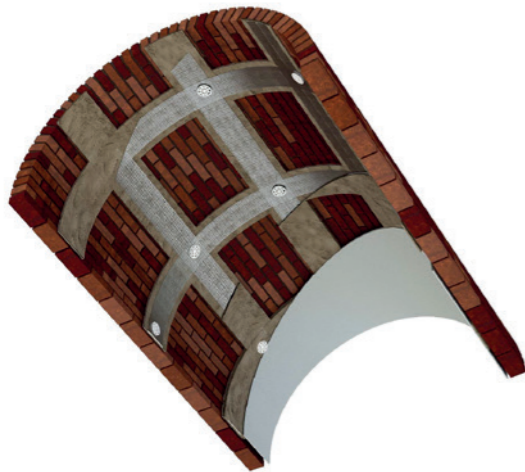
Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con **Geocalce FL Antisismico** e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.39

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

Geoforceone
Software

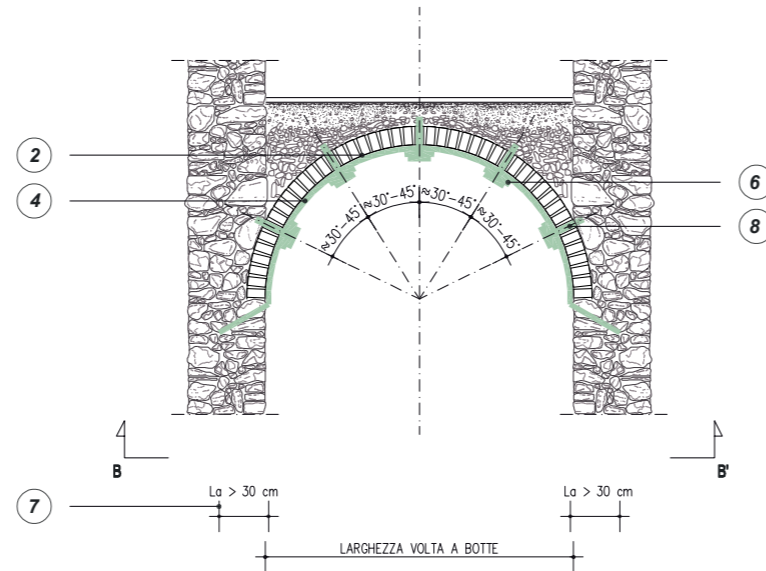


ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

NOTE

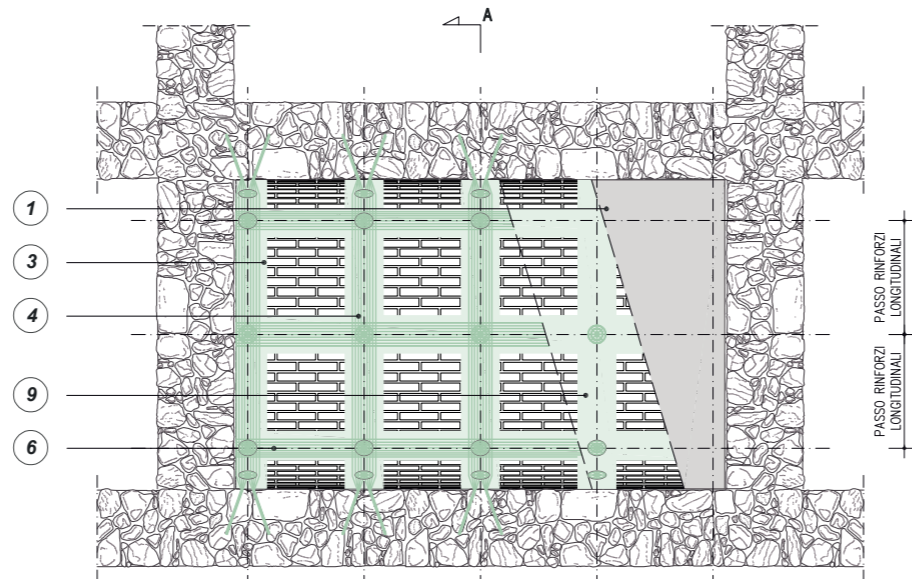
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

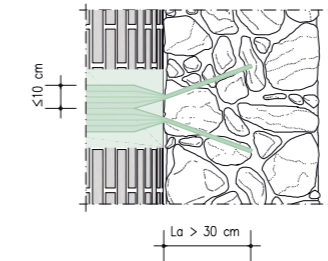
0m 0.5m 1m 2m



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 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 all'estradosso che all'intradosso. In entrambi i casi l'obiettivo è quello di sopprimere 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 CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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

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:
 $p_f \leq 3t + b_f$ dove:
- t è lo spessore della volta
- b_f 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 1.C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano.

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 1.A.

8 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 1.B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.

9 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

1.40

Rinforzo e consolidamento di volte a botte mediante placcaggio estradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale



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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm), sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. 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 **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

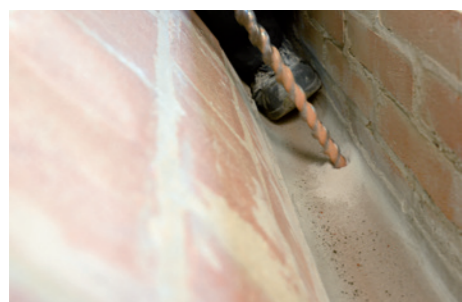
Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di volte a botte mediante placcaggio estradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, $\sigma_{lim,conv}$ = 945 MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto E_f = 62 GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente t_f ($0^\circ-90^\circ$) = 0,032 mm, carico a trazione per unità di larghezza F_f ≈ 40 kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincoccate con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione della rete 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 la rete di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida.

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

1

Realizzazione 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 **Diatono Geosteel** per ancorare il rinforzo della volta con eventuali fasce di piano.



6

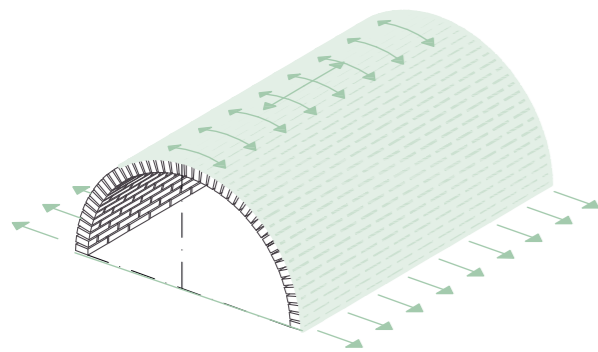
Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



1.40

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI VOLTE A BOTTE MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforceone
Software

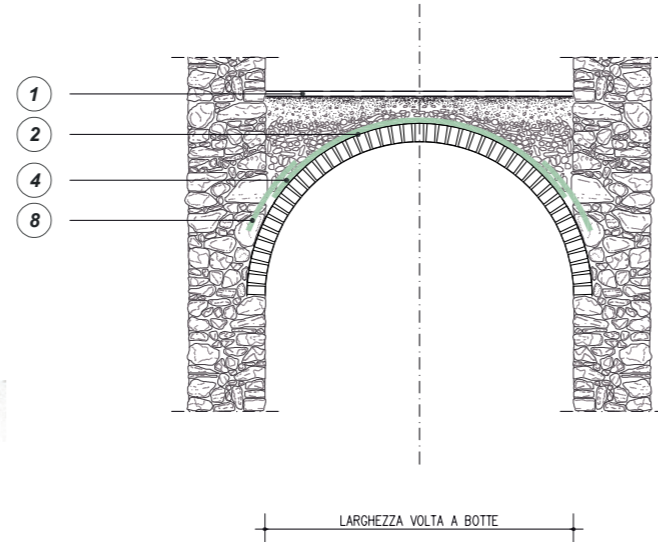


ASSONOMETRIA

RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

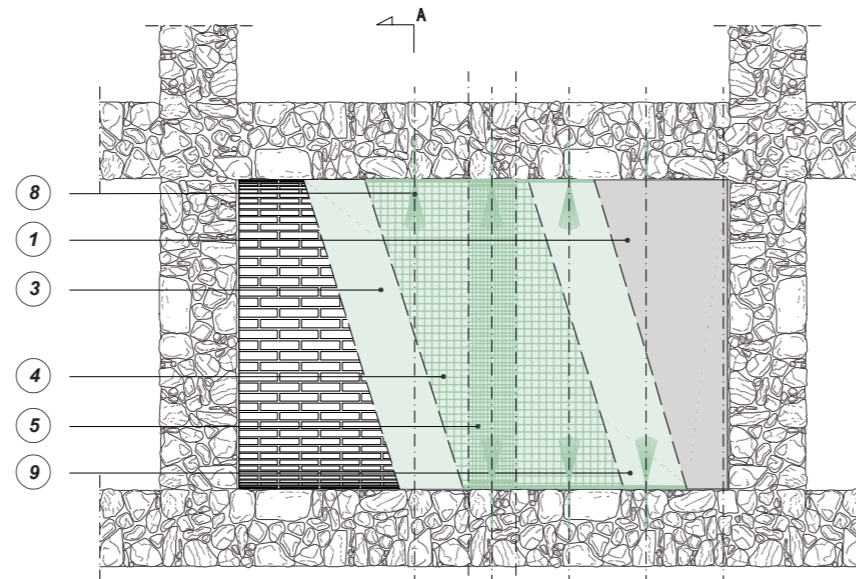
NOTE

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 1.24).



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

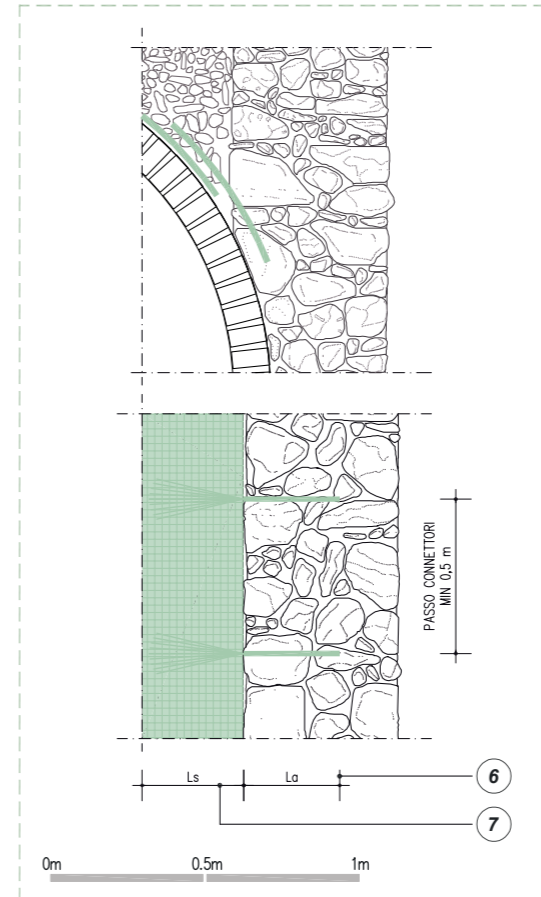
0m 0.5m 1m 2m



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 RIPIEPISTO CON MATERIALE ALLEGGERITO

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 e quella in fibra di vetro e aramide Rinforno ARV 100 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 1.A.

Si consulti l'APPENDICE 1.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 1.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 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 all'estradosso che all'intradosso. In entrambi i casi l'obiettivo è quello di sopprimere 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

1.41

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. 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta intradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G** pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di volte a botte mediante placcaggio intradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, olim,conv= 945 MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto $E_f = 62$ GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, carico a trazione per unità di larghezza $F_f \approx 40$ kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12). Le connessioni trasversali sono realizzate in numero di 4 elementi al mq tramite diatoni in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza di lunghezza pari a 30 cm, iniettati con malta fluida a base di pura calce naturale NHL 3.5 - tipo **Diatono Geosteel** realizzato con **Geosteel G600** in abbinamento a **Geocalce FL Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate della connessione: $\sigma_{pull-out} = 2555$ MPa (laterizio) - 2503 MPa (tufo). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie e umidificazione della stessa o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; inserimento di connettori realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida; esecuzione del secondo strato di malta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa per 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**.



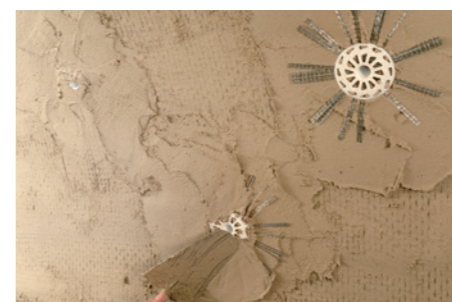
4

Taglio della rete **Geosteel Grid** a livello del foro di iniezione.



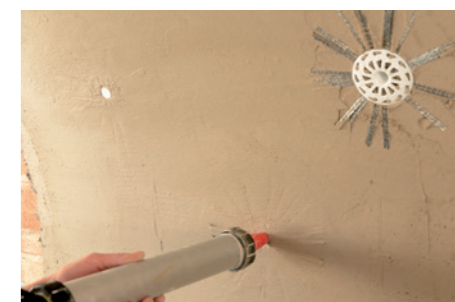
5

Installazione del **Diatono Geosteel** e **Iniettore&Connettore Geosteel**.



6

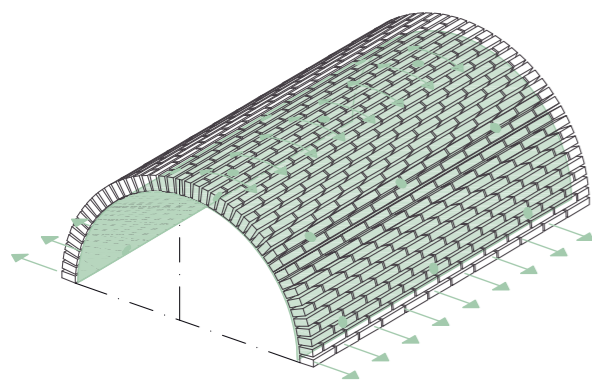
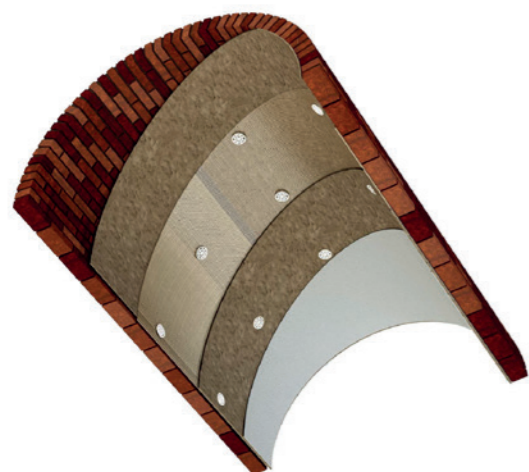
Inghisaggio dei sistemi di connessione con **Geocalce FL Antisismico**.



1.41

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI VOLTE A BOTTE MEDIANTE PLACCCAGGIO INTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforce one
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A BOTTE

NOTE

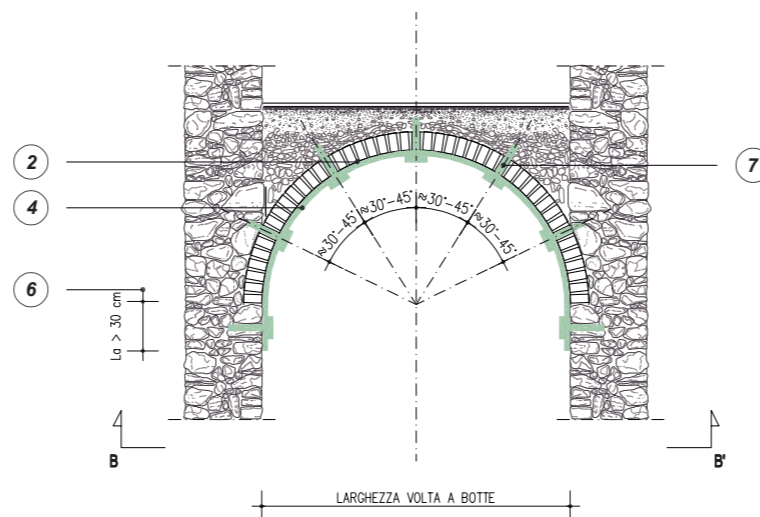
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

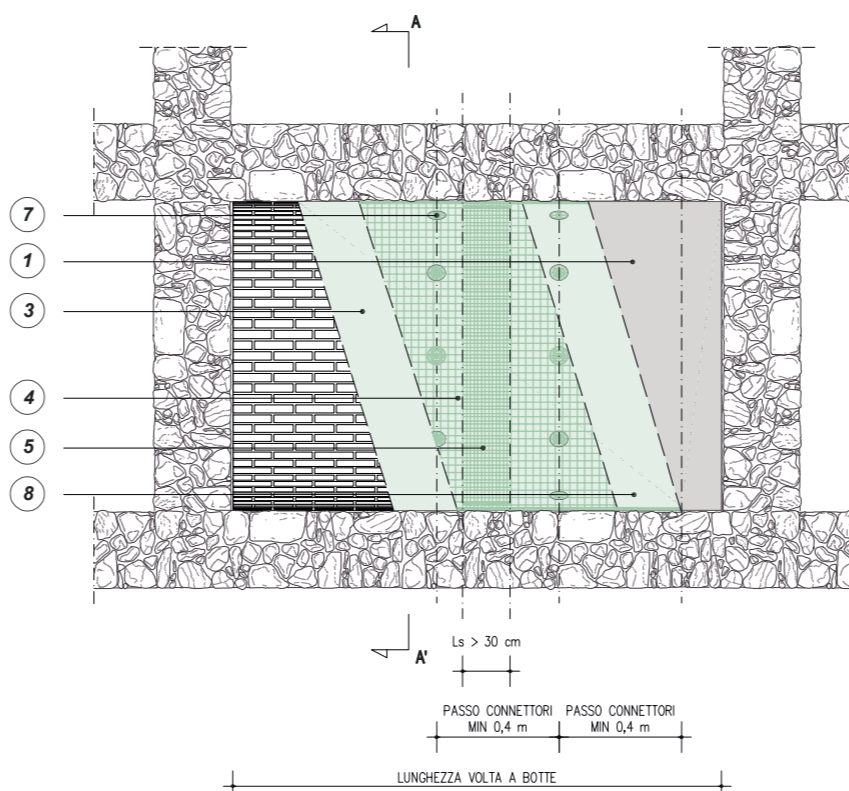
ENGINEERED BY

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

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

1 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO E ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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

5 La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox **Geosteel Grid 200/400** e quella in fibra di vetro e aramide **Rinforzo ARV 100** 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 1.A.

Si consulti l'APPENDICE 1.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 1.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

1.42

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



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 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.
Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo provvedere sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio nelle zone di rinfianco generalmente poste subito sopra il piano di imposta della volta, avendo cura di sfioccare la parte terminale della fascia in fibra di acciaio **Geosteel G**, 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**.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincoccate con scaglie di materiale idoneo allettate con la malta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, 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 precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto (da contabilizzare a parte), procedendo alla preventiva foratura dei supporti, arrotolamento delle estremità del tessuto in acciaio al fine di inserire tali code all'interno dei fori precedentemente realizzati con colatura finale di malta fluida. La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

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 G**.



5

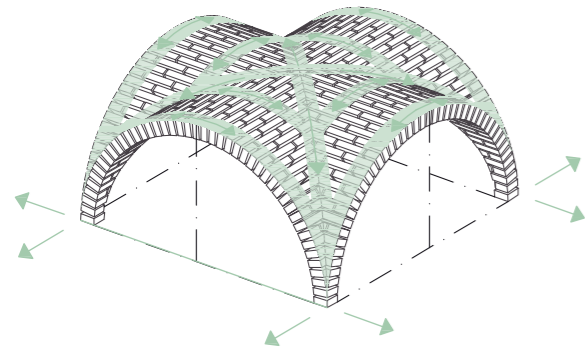
Applicazione seconda mano di **Geocalce F Antisismico**.



1.42

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

Geoforceone
Software

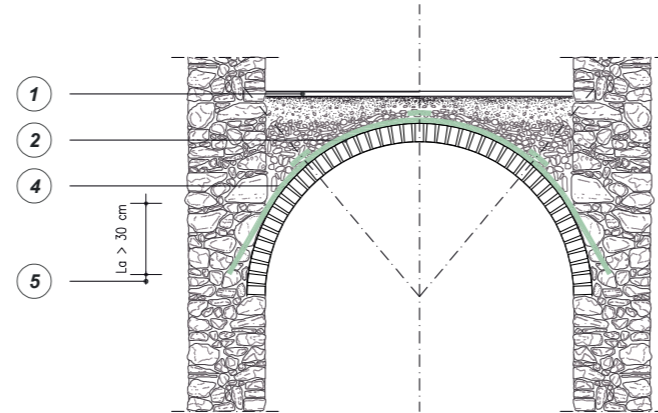


ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

NOTE

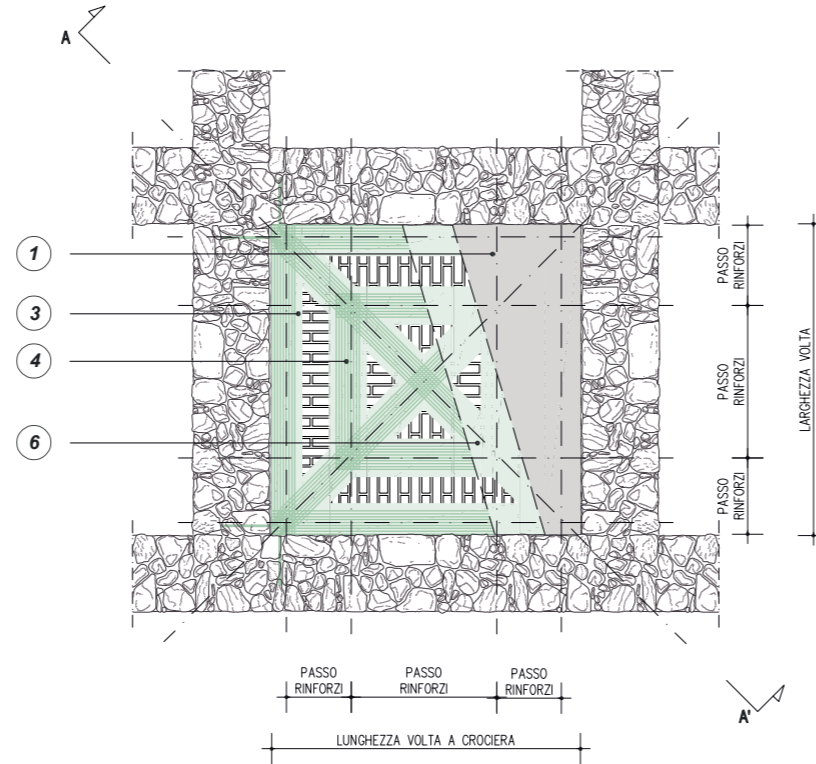
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

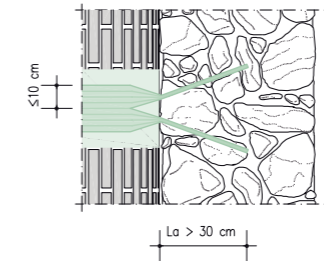
0m 0.5m 1m 2m



PASSO RINFORZI
LUNGHEZZA VOLTA A CROCIERA
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 CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 1.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 1.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 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 sopprimere 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

1.43

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. 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 – 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G** pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

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

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

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

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

1

Esecuzione dei fori pilota.



2

Bagnatura del supporto.



3

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



4

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



5

Installazione del **Diatono Geosteel**.



6

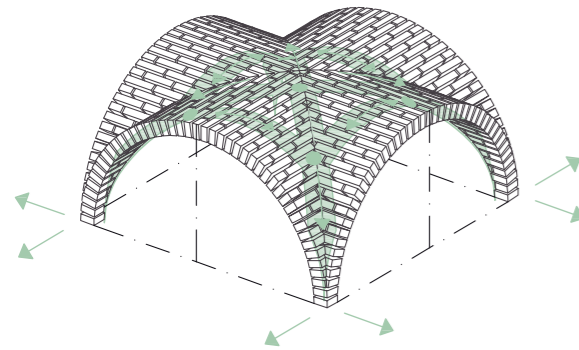
Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con **Geocalce FL Antisismico** e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.43

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

Geoforceone
Software

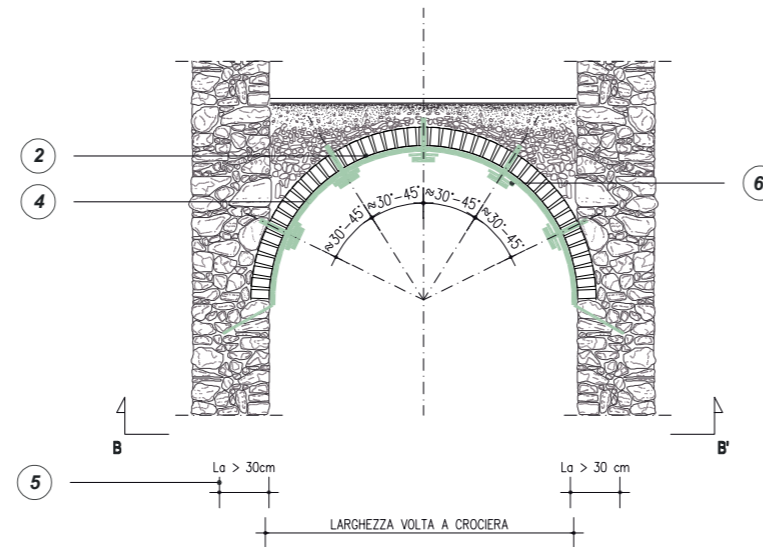


ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

NOTE

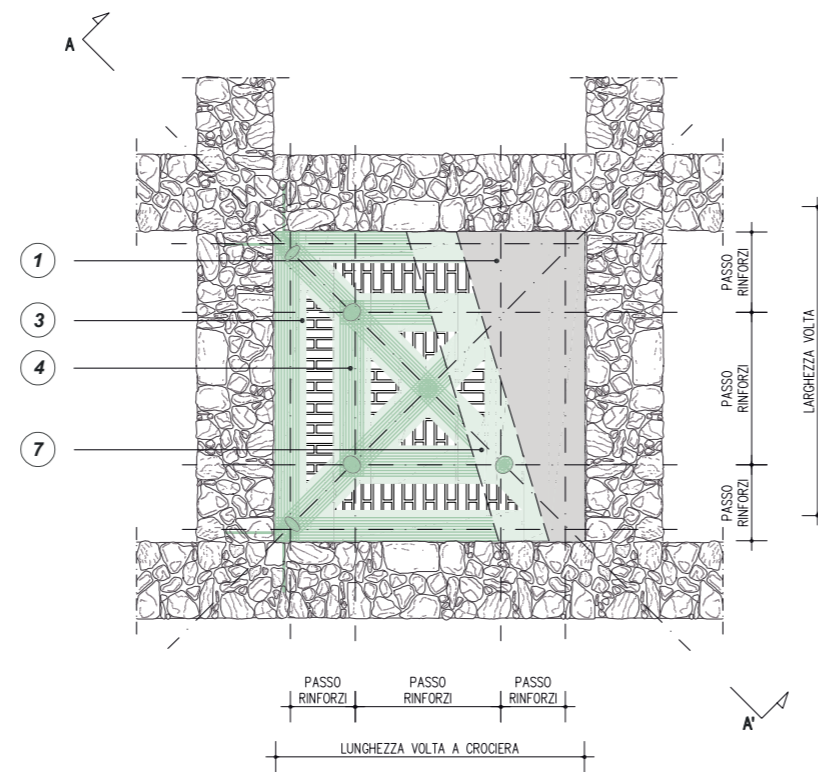
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

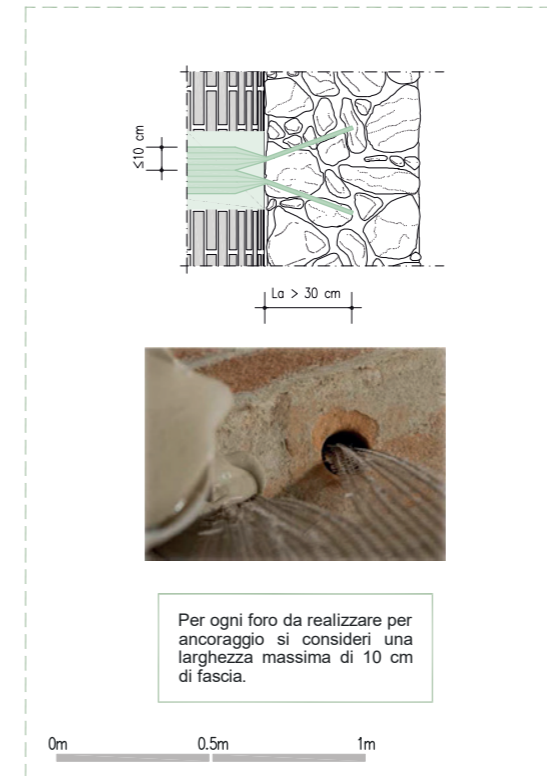
0m 0.5m 1m 2m



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 CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 1.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 1.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 1.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 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 sopprimere 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

1.44

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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. 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 **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G** pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

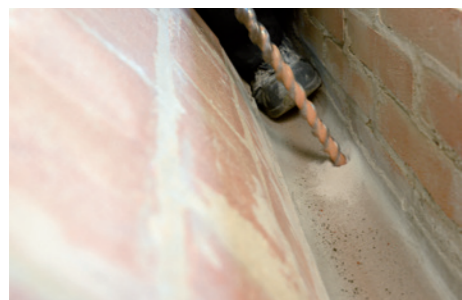
Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di volte a crociera mediante placcaggio estradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, $d_{lim,conv} = 945$ MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto $E_f = 62$ GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, carico a trazione per unità di larghezza $F_f \approx 40$ kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincoccate con scaglie di materiale idoneo allestite con la geomalta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione della rete 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 la rete di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida.

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

1

Esecuzione dei fori pilota.



2

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 **Diatono Geosteel** per ancorare il rinforzo della volta con eventuali fasce di piano.



6

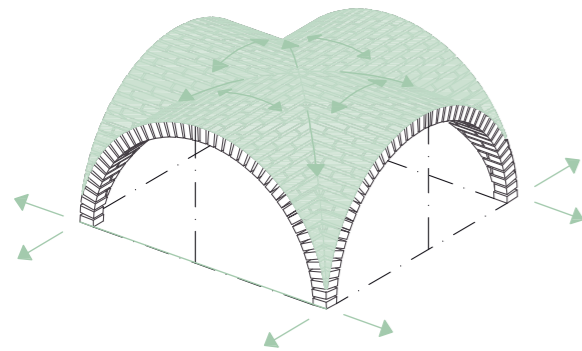
Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



1.44

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI VOLTE A CROCIERA MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforceone
Software

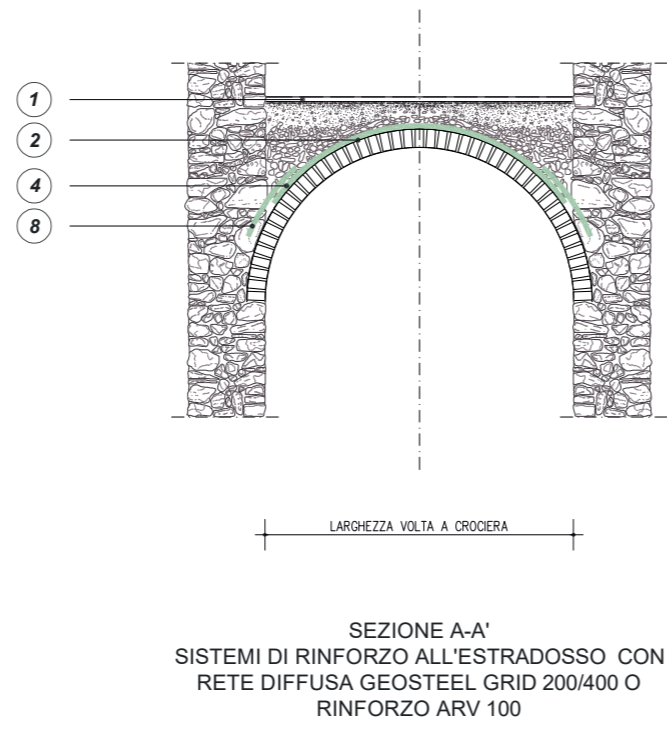


ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

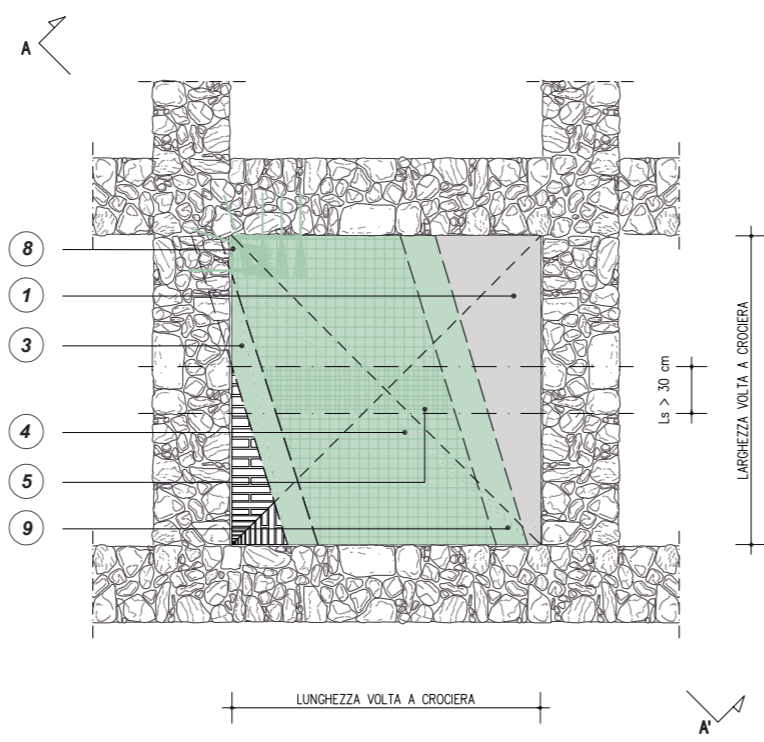
NOTE

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 1.24).

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

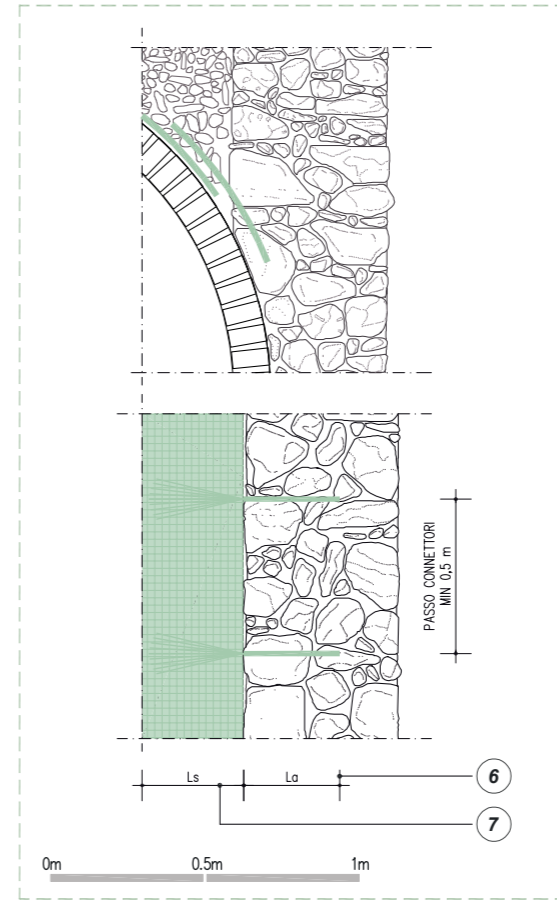


0m 0.5m 1m 2m



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 RIPIEPIIMENTO CON MATERIALE ALLEGGERITO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA VOLTA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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** e quella in fibra di vetro e aramide **Rinforzo ARV 100** 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 1.A.

Si consulti l'APPENDICE 1.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 1.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 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 sopprimere 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

1.45

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. 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta intradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G** pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di volte a crociera mediante placcaggio intradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, olim,conv= 945 MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto $E_f = 62$ GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, carico a trazione per unità di larghezza $F_f \approx 40$ kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12). Le connessioni trasversali sono realizzate in numero di 4 elementi al mq tramite diatoni in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza di lunghezza pari a 30 cm, iniettati con malta fluida a base di pura calce naturale NHL 3.5 - tipo **Diatono Geosteel** realizzato con **Geosteel G600** in abbinamento a **Geocalce FL Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate della connessione: $\sigma_{pull-out} = 2555$ MPa (laterizio) - 2503 MPa (tufo). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie e umidificazione della stessa o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; inserimento di connettori realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida; esecuzione del secondo strato di malta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa per 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 **Diatono Geosteel** con **Iniettore&Connettore Geosteel**.



6

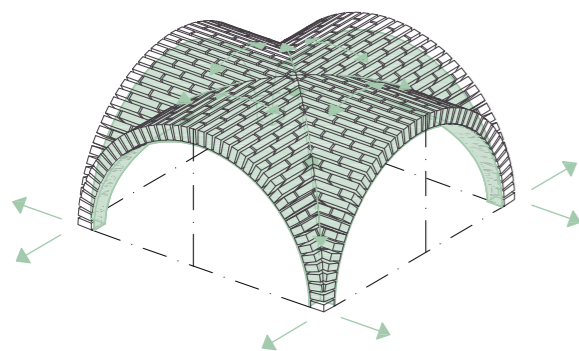
Inghisaggio dei sistemi di connessione con **Geocalce FL Antisismico**.



1.45

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI VOLTE A CROCIERA MEDIANTE PLACCAGGIO INTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA

RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A CROCIERA

NOTE

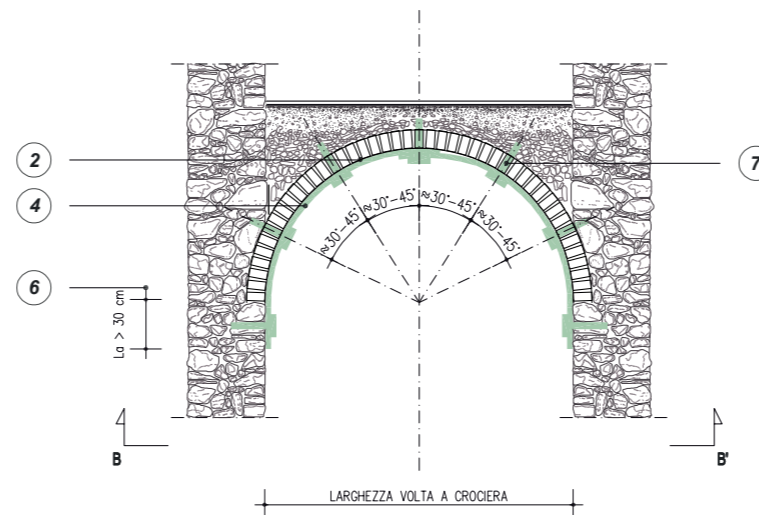
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

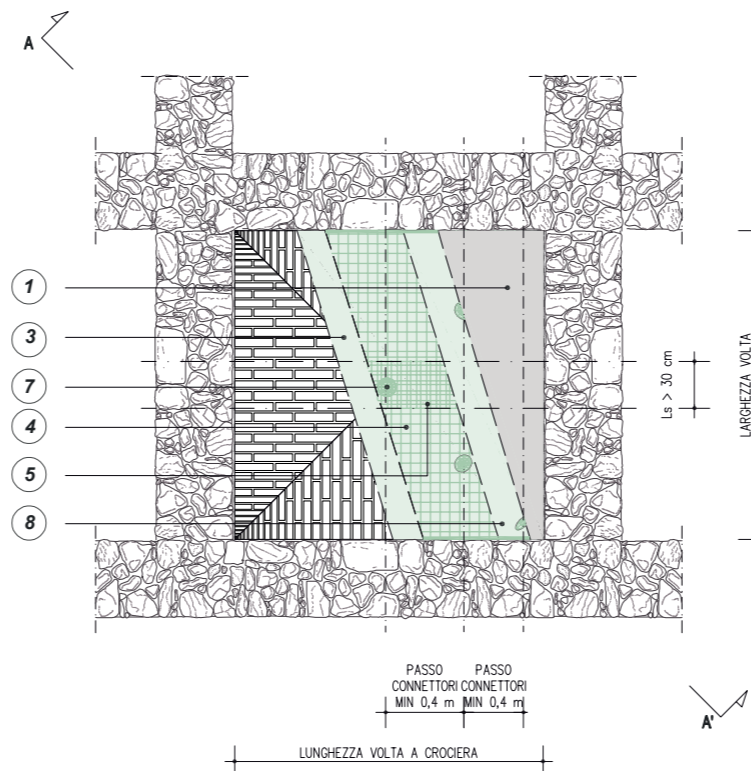
kerakoll

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 *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 CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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** e quella in fibra di vetro e aramide **Rinforzo ARV 100** 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 1.A.

Si consulti l'APPENDICE 1.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 1.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

1.46

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



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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 – 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.
Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, provvedere sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio nelle zone di rinfianco generalmente poste subito sopra il piano di imposta dell'arco, avendo cura di sfioccare la parte terminale della fascia in fibra di acciaio **Geosteel G**, 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**.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincocciate con scaglie di materiale idoneo allettate con la malta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 – 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, 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 precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto (da contabilizzare a parte), procedendo alla preventiva foratura dei supporti, arrotolamento delle estremità del tessuto in acciaio al fine di inserire tali code all'interno dei fori precedentemente realizzati con colatura finale di malta fluida. La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

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 G**.



5

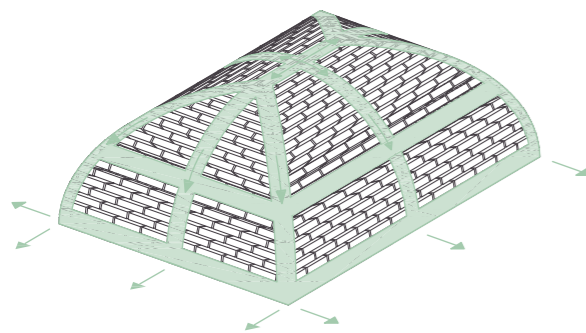
Applicazione seconda mano di **Geocalce F Antisismico**.



1.46

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

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A
PADIGLIONE

NOTE

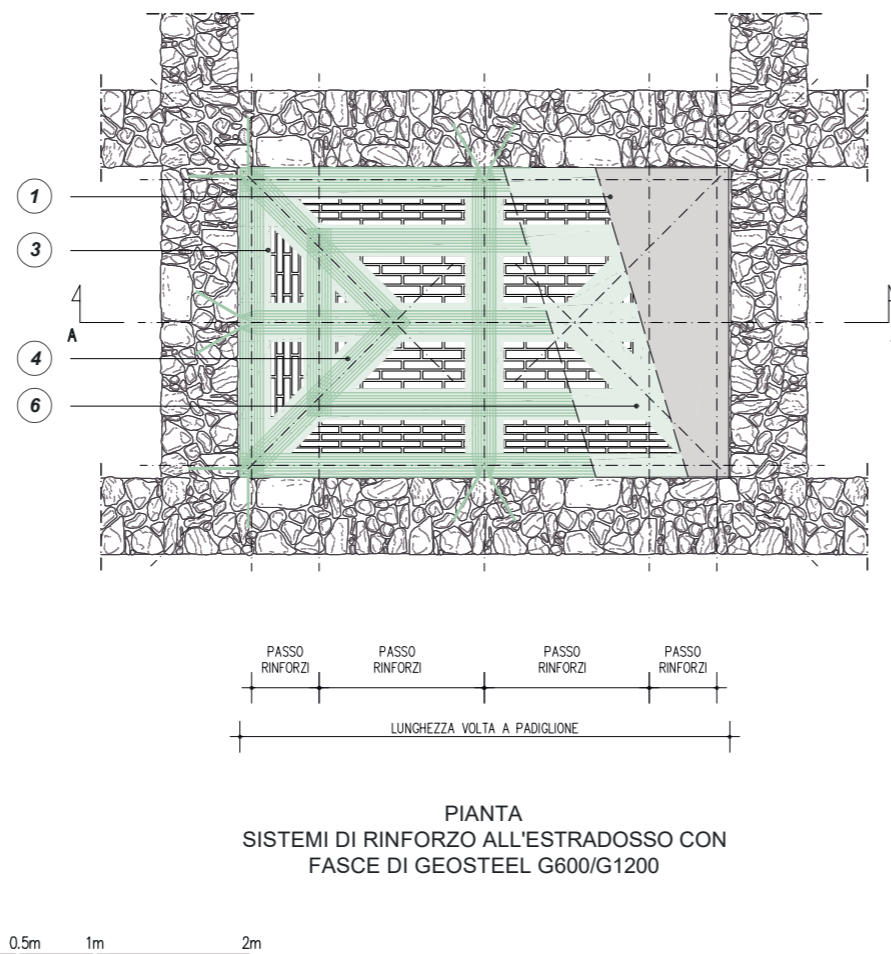
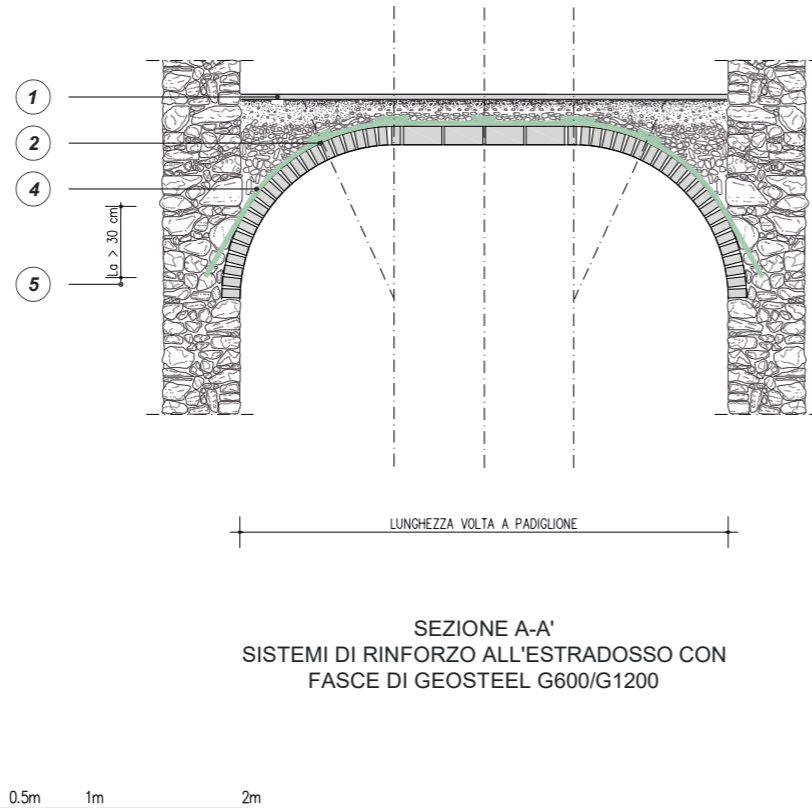
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

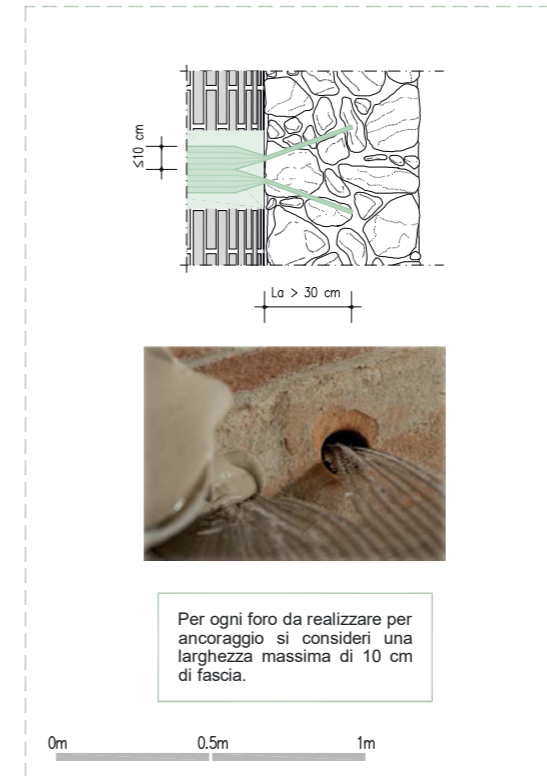
kerakoll

ENGINEERED BY

ASDEA



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 CONSOLIDANTE **PRIMER UNI** DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 DI TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI FUSI DELLA VOLTA A PADIGLIONE E LUNGO LE NERVATURE
Si consulti l'APPENDICE 1.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 1.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 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

1.47

Rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio intradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm), sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G** pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

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

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

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

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

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

1

Esecuzione dei fori pilota.



2

Bagnatura del supporto.



3

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



4

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



5

Installazione del **Diatono Geosteel**.



6

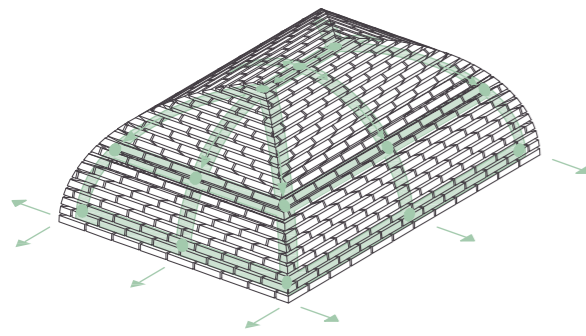
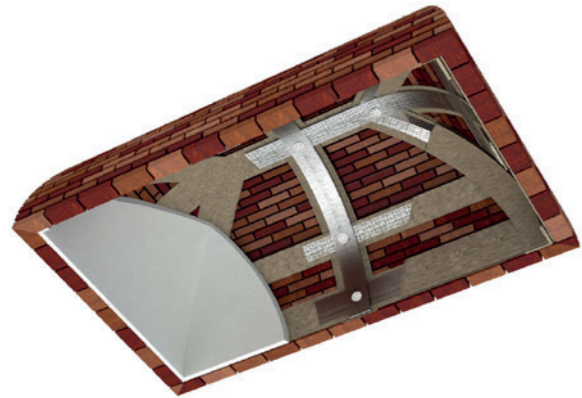
Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con **Geocalce FL Antisismico** e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.47

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI VOLTE A PADIGLIONE MEDIANTE PLACCCAGGIO 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

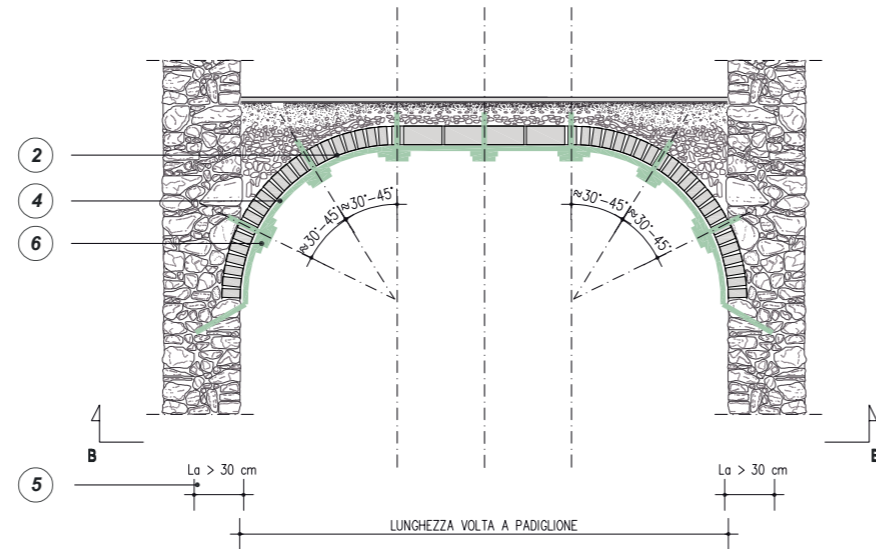
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

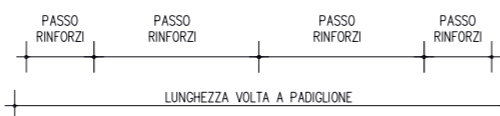
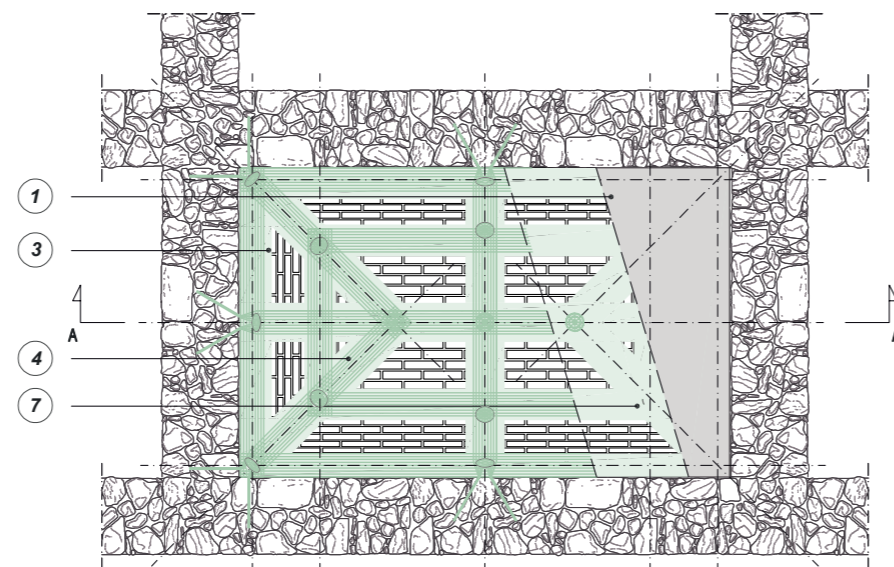
ENGINEERED BY

ASDEA



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

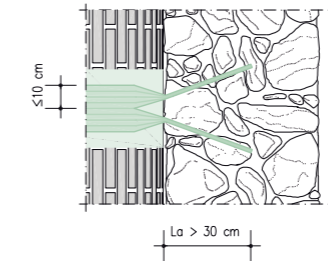
0m 0.5m 1m 2m



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 CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 1.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 1.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 1.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 e al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione non può essere adottata, per cui può essere necessario disporre i tiranti all'estradosso, purché ne sia dimostrata l'efficacia e la flessione risultante sia adeguatamente presidiata. Presidi estradosso possono essere realizzati con elementi dotati anche di rigidità flessionale (elementi di limitata sezione) e aggiungendo tiranti inclinati a questi connessi e ancorati a livello delle imposte (catene a braga).
La realizzazione di *contrafforti* (o *ringrossi murari*) è utile nei confronti delle sollecitazioni non sismiche, ma il loro effetto in caso di azioni sismiche deve essere adeguatamente valutato, a causa dei potenziali effetti locali connessi al significativo irrigidimento.
Per il consolidamento di archi e volte è possibile anche il ricorso a tecniche di rinforzo estradosso basate sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati. (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

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

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

1.48

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 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. 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 **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

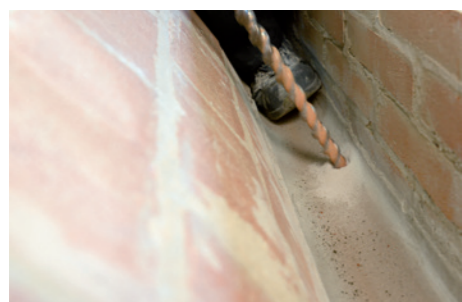
Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio estradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, olim,conv= 945 MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto $E_f = 62$ GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, carico a trazione per unità di larghezza $F_f \approx 40$ kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincoccate con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione della rete 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 la rete di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida.

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

1

Esecuzione dei fori pilota.



2

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 **Diatono Geosteel** per ancorare il rinforzo della volta con eventuali fasce di piano.



6

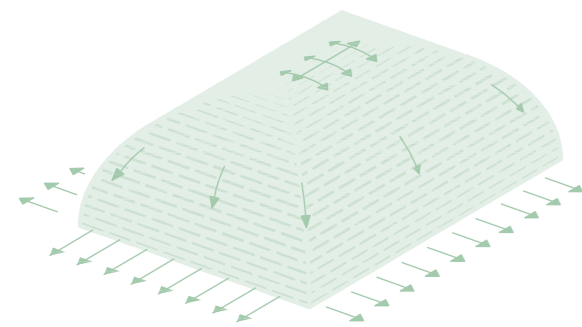
Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



1.48

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI VOLTE A PADIGLIONE MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforce one
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA VOLTA A
PADIGLIONE

NOTE

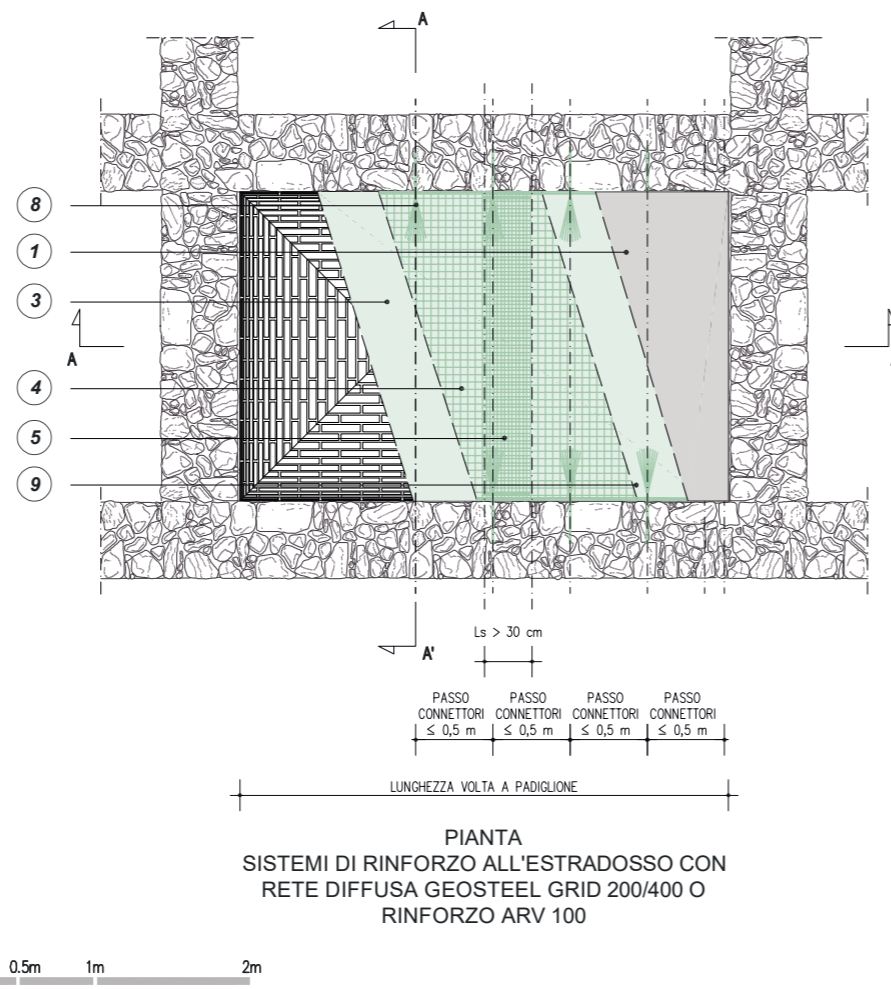
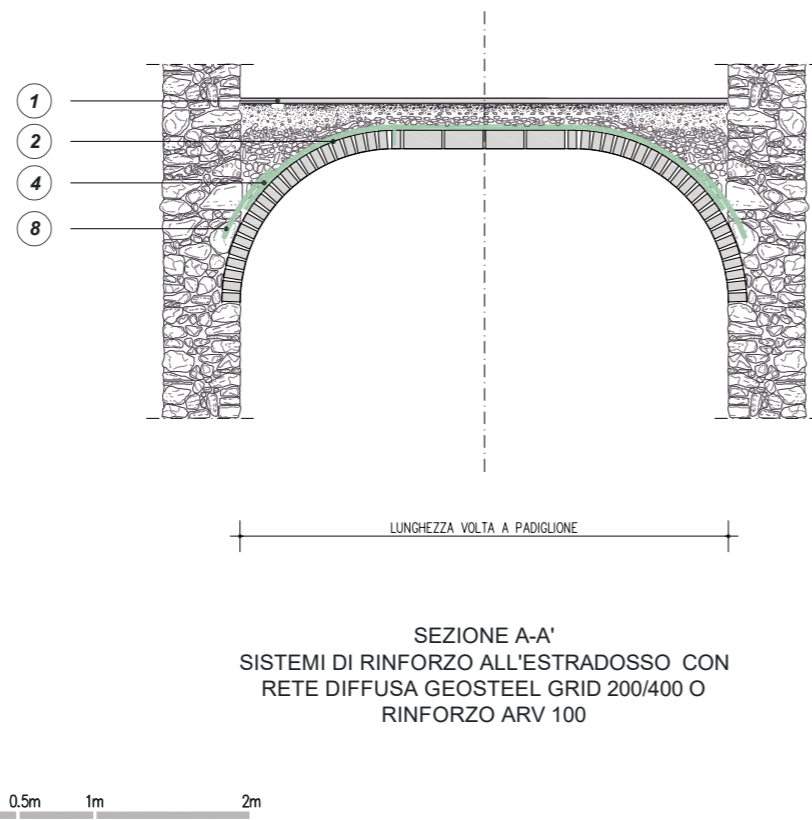
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

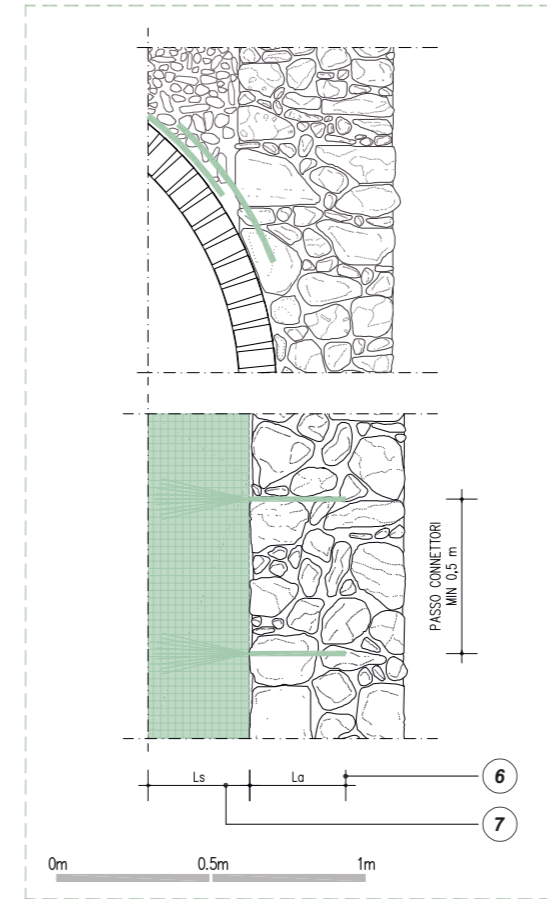
kerakoll

ENGINEERED BY

ASDEA



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 CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITA' 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 SOVRAPPORZIONE Ls TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox Geosteel Grid 200/400 e quella in fibra di vetro e aramide Rinfors ARV 100 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 1.A.

Si consulti l'APPENDICE 1.C per la connessione del rinforzo con le fasce di piano e i frenelli.
- 7 APPLICAZIONE DELL'ANCORAGGIO CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPORZIONE Ls TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO
- 8 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO GEOSTEEL G600/G1200

Si consulti l'APPENDICE 1.B per ulteriori informazioni sui diatoni.
- 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 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 sopprimere 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

1.49

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. 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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta intradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio intradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, olim,conv= 945 MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto $E_f = 62$ GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, carico a trazione per unità di larghezza $F_f \approx 40$ kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12). Le connessioni trasversali sono realizzate in numero di 4 elementi al mq tramite diatoni in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza di lunghezza pari a 30 cm, iniettati con malta fluida a base di pura calce naturale NHL 3.5 - tipo **Diatono Geosteel** realizzato con **Geosteel G600** in abbinamento a **Geocalce FL Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate della connessione: $\sigma_{pull-out} = 2555$ MPa (laterizio) - 2503 MPa (tufo). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie e umidificazione della stessa o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; inserimento di connettori realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotondamento 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 malta fluida; esecuzione del secondo strato di malta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa per 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**.



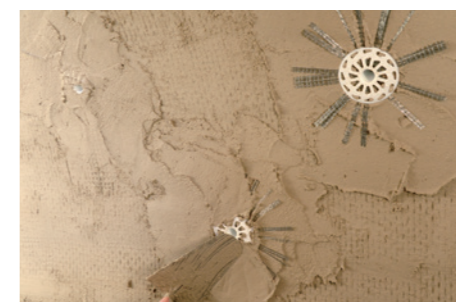
4

Taglio della rete biassiale in fibra di basalto **Geosteel Grid** a livello del foro di iniezione.



5

Installazione del **Diatono Geosteel** e **Iniettore&Connettore Geosteel**.



6

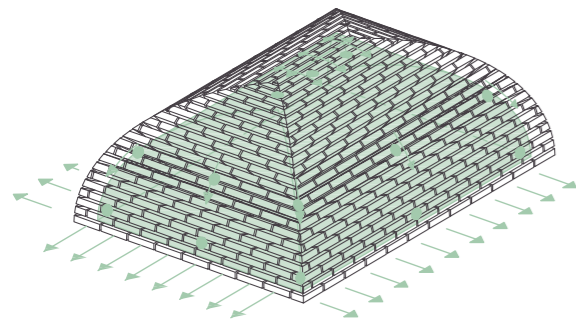
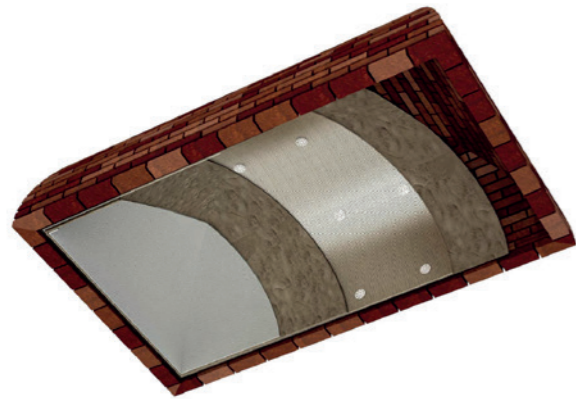
Inghisaggio dei sistemi di connessione con **Geocalce FL Antisismico**.



1.49

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI VOLTE A PADIGLIONE MEDIANTE PLACCAGGIO INTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA VOLTA A
PADIGLIONE

NOTE

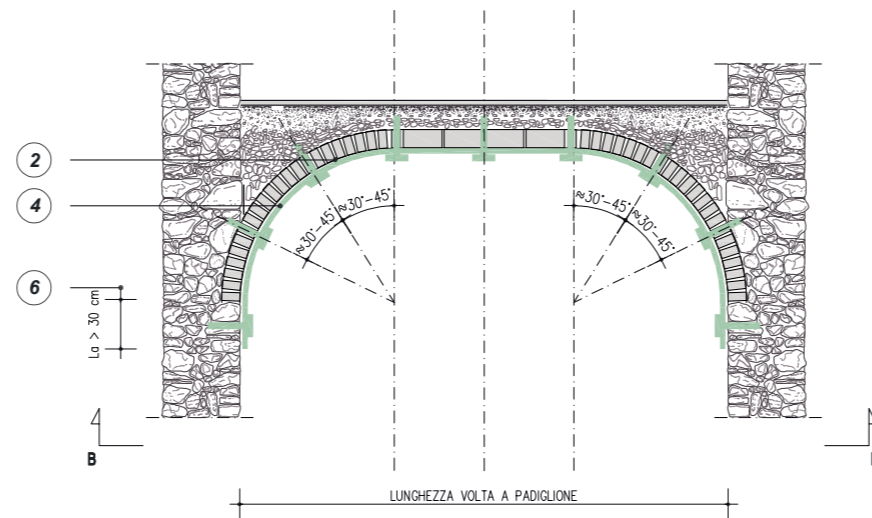
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

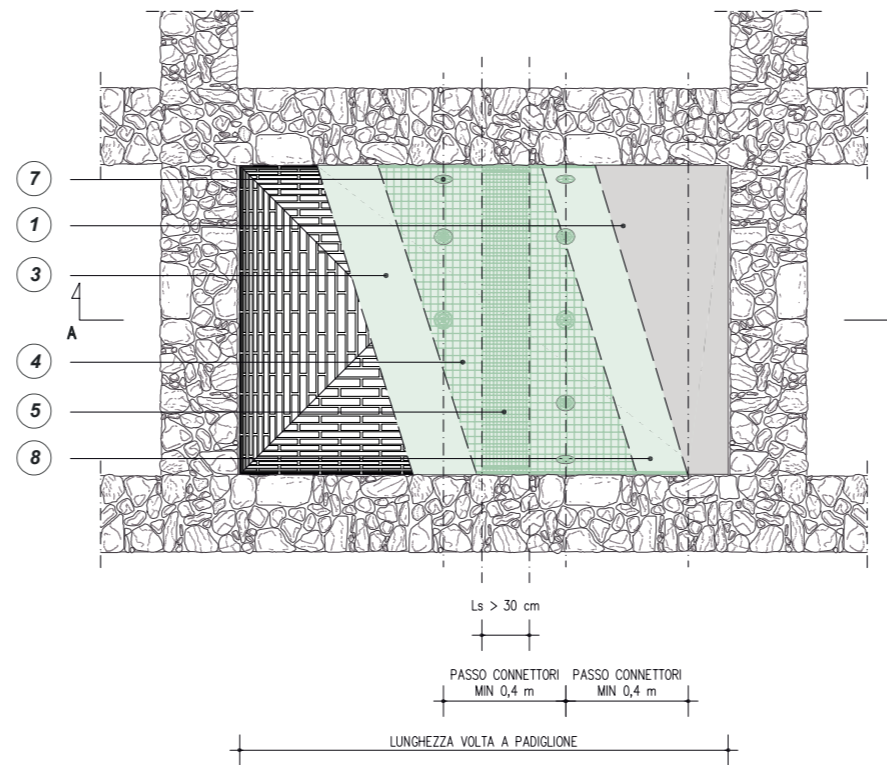
ENGINEERED BY

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 CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 e quella in fibra di vetro e aramide Rinforzo ARV 100 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 1.A.

Si consulti l'APPENDICE 1.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 1.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

1.50

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



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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, provvedere sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio nelle zone di rinfianco generalmente poste subito sopra il piano di imposta della cupola, avendo cura di sfioccare la parte terminale della fascia in fibra di acciaio **Geosteel G**, realizzando un numero di "code" cilindriche in continuità e garantendo così un ancoraggio continuo, cercando di rimanere il più possibile tangente alla direttrice della cupola. 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 muratura perimetrale e collegare il rinforzo dell'arco con le eventuali fasce di piano.

AVVERTENZE

In presenza di lesene, costoloni e arconi di rigidimento, onde evitare accumuli tensionali, si deve ancorare la fascia alla cupola, con la realizzazione di "code" uguali a quelle descritte per l'ancoraggio alle murature di rinfianco e perimetrali.

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincoccate con scaglie di materiale idoneo allettate con la malta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, 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 precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto (da contabilizzare a parte), procedendo alla preventiva foratura dei supporti, arrotolamento delle estremità del tessuto in acciaio al fine di inserire tali code all'interno dei fori precedentemente realizzati con colatura finale di malta fluida. La quantificazione è espressa per unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1

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 G**.



5

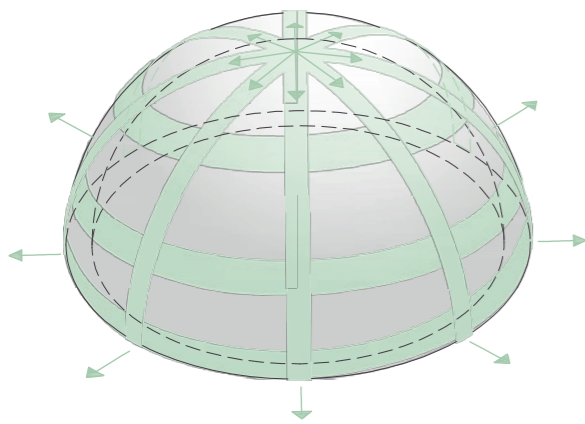
Applicazione seconda mano di **Geocalce F Antisismico**.



1.50

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

Geoforceone
Software

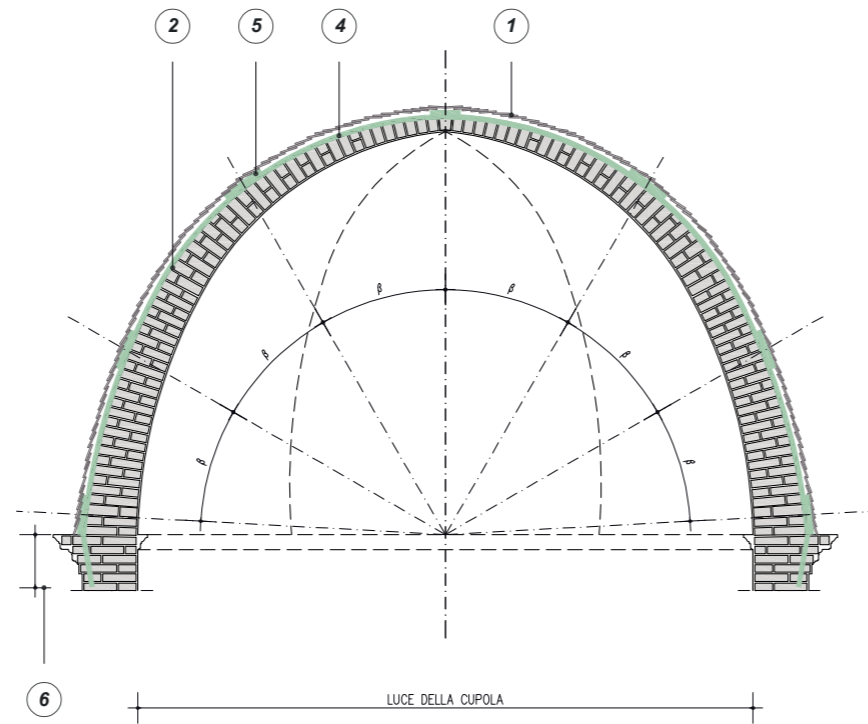


ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

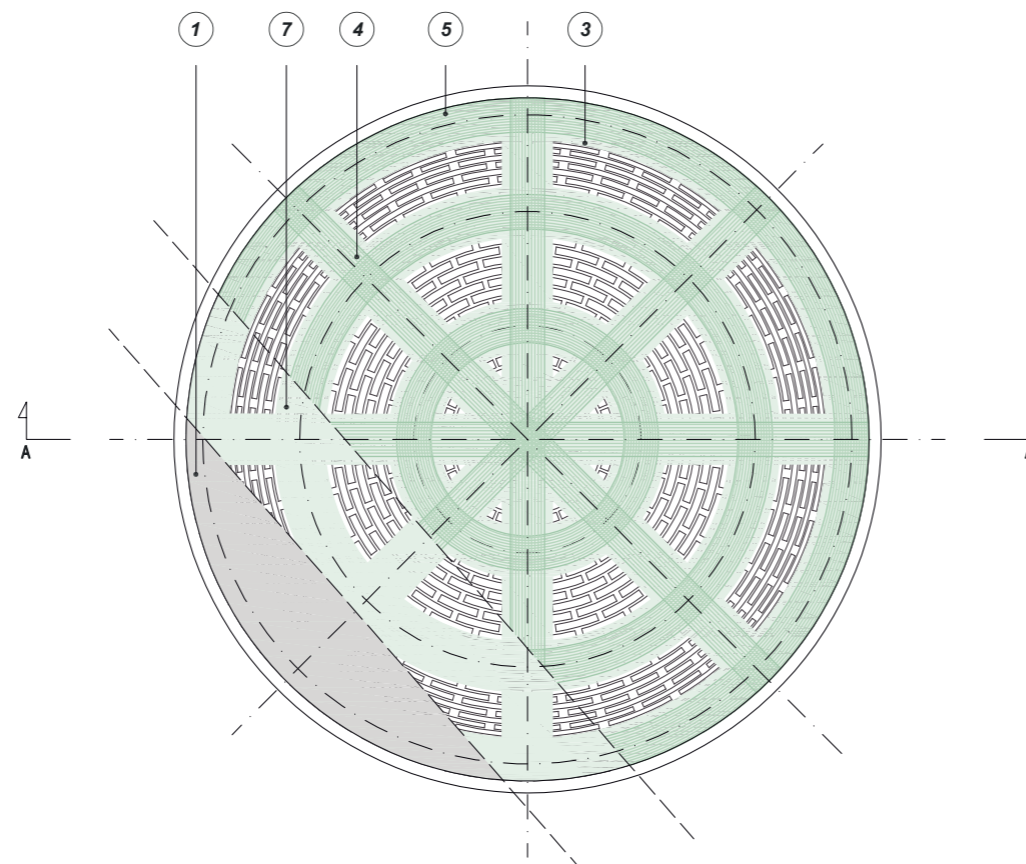
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

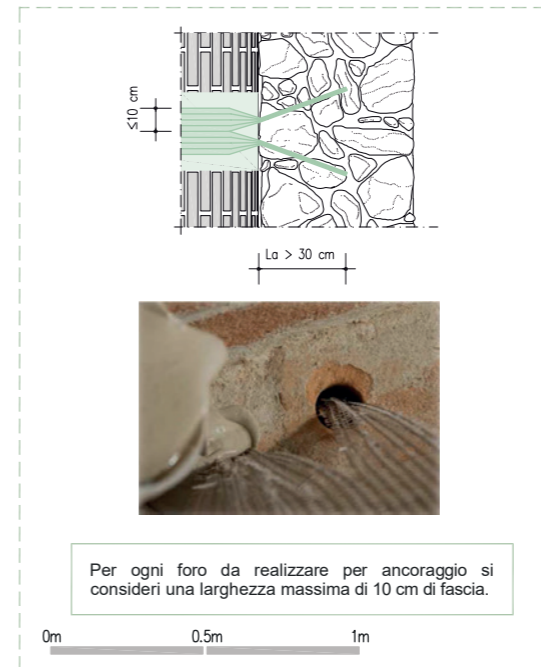
0m 0.5m 1m 2m



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

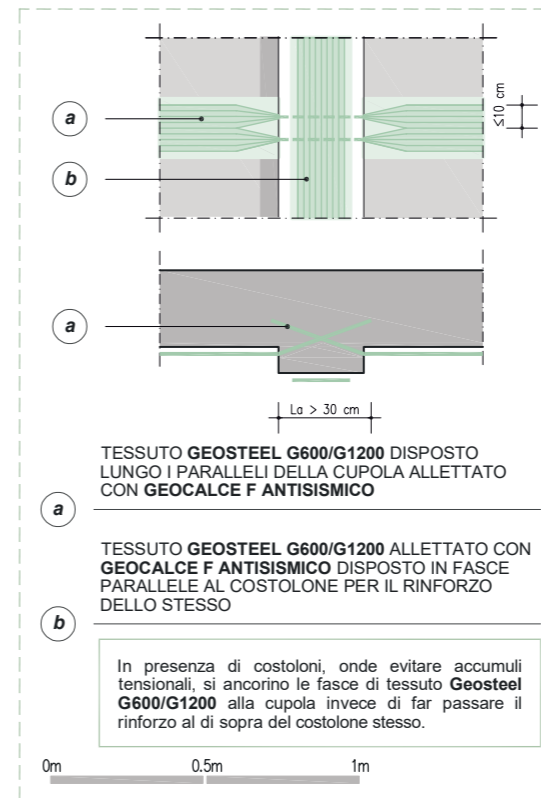
0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



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

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE IN PRESENZA DI COSTOLONI



TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO LUNGO I PARALLELI DELLA CUPOLA ALLETTATO CON GEOCALCE F ANTISMICO

TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 ALLETTATO CON GEOCALCE F ANTISMICO DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AL COSTOLONE PER IL RINFORZO DELLO STESSO

In presenza di costoloni, onde evitare accumuli tensionali, si ancorino le fasce di tessuto Geosteel G600/G1200 alla cupola invece di far passare il rinforzo al di sopra del costolone stesso.

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)

- 1 EVENTUALE RIMOZIONE DELLA COPERTURA E RICOLLOCAZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA CUPOLA. EVENTUALE APPLICAZIONE DI CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 DEL TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI MERIDIANI DELLA CUPOLA
- 5 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI PARALLELI DELLA CUPOLA
- 6 APPLICAZIONE DEL TESSUTO CON UNA LUNGHEZZA DI ANCORAGGIO LA TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Per garantire il corretto funzionamento del rinforzo all'imposta della cupola, quest'ultimo deve essere opportunamente esteso ed ancorato alla struttura sottostante, ricorrendo eventualmente a dispositivi meccanici.

Si consigliano lunghezze di ancoraggio pari ad almeno 30 cm. Per maggiori informazioni consultare l'APPENDICE 1.A.
- 7 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

1.51

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Sulla superficie intradosale della cupola 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 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. Preparare, pulire e umidificare le superfici. Realizzare eventuale applicazione di consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e geolegante) avendo cura di 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Disporre il tessuto in fasce lungo le direttrici dei paralleli e dei meridiani della cupola. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 – 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.
Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

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

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

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

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

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

1

Esecuzione dei fori pilota.



2

Bagnatura del supporto.



3

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



4

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



5

Installazione del **Diatono Geosteel**.



6

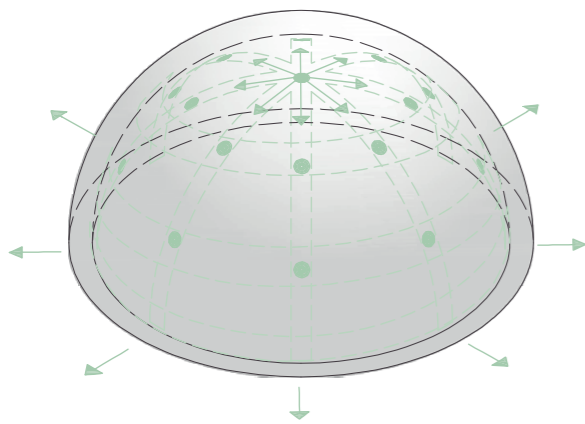
Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con **Geocalce FL Antisismico** e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.51

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

Geoforceone
Software

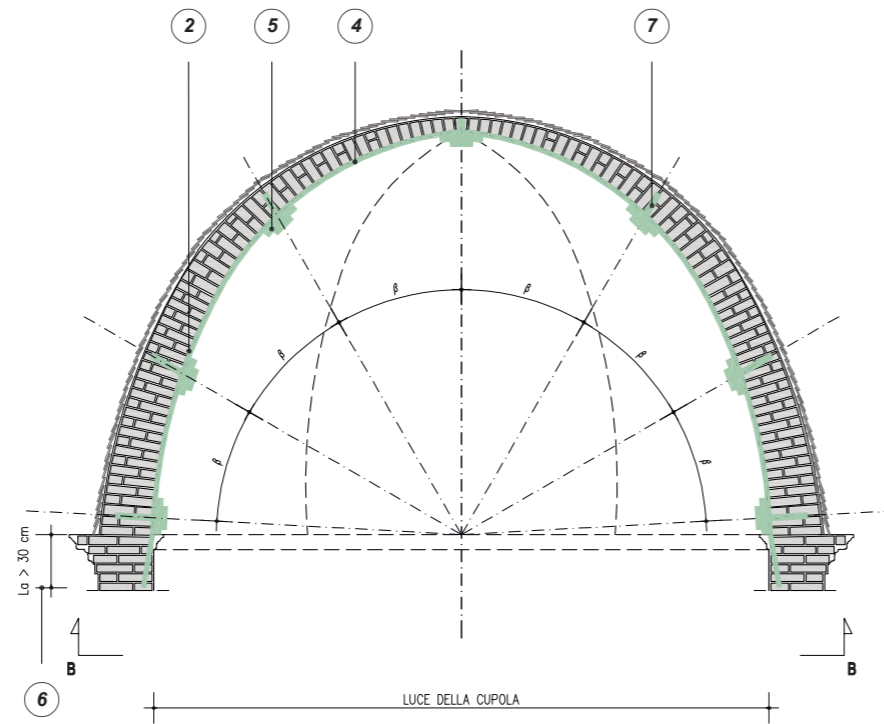


ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

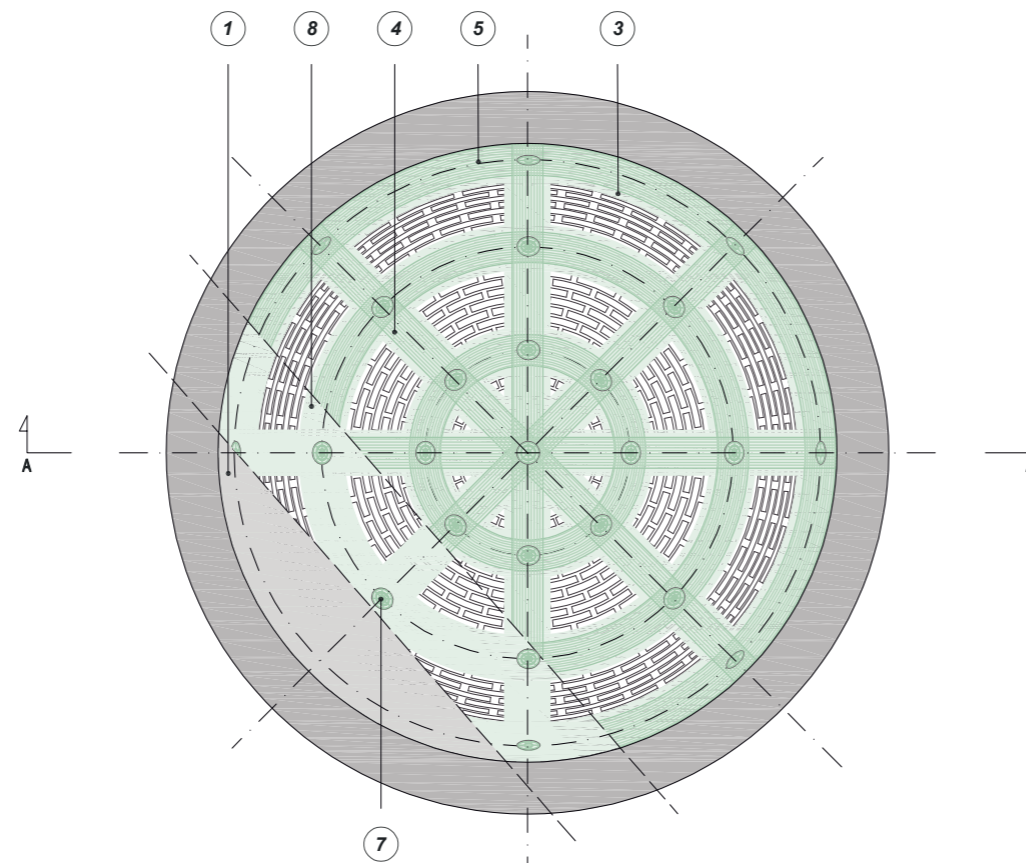
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

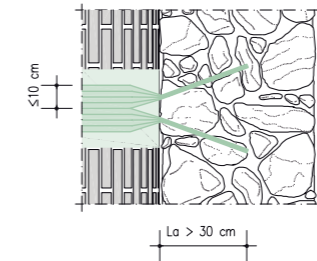
0m 0.5m 1m 2m



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 CUPOLA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 MERIDIANI DELLA CUPOLA

5 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI PARALLELI DELLA CUPOLA

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

Per garantire il corretto funzionamento del rinforzo all'imposta della cupola, quest'ultimo deve essere opportunamente esteso ed ancorato alla struttura sottostante, ricorrendo eventualmente a dispositivi meccanici.

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

7 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 e comunque in corrispondenza degli incroci tra le fasce di rinforzo lungo i paralleli ed i meridiani. Consultare l'APPENDICE 1.B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.

8 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)

1.52

Rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio estradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale



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 consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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. 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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Se è possibile, realizzare sistemi d'ancoraggio sui rinfianchi della cupola, 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 **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G** pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio estradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, $\sigma_{lim,conv} = 945$ MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto $E_f = 62$ GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, carico a trazione per unità di larghezza $F_f \approx 40$ kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la volta, eventuali lesioni presenti sia nella parte estradossale sia in quella intradossale verranno sigillate e rincoccate con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali e umidificazione delle superfici o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione della rete 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 la rete di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida.

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

1

Esecuzione dei fori pilota.



2

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 **Diatono Geosteel** per ancorare il rinforzo della volta con eventuali fasce di piano.



6

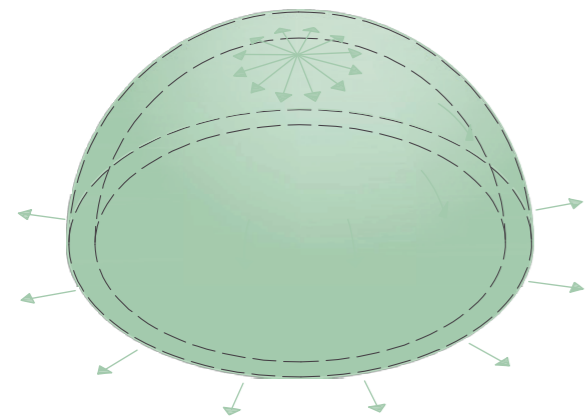
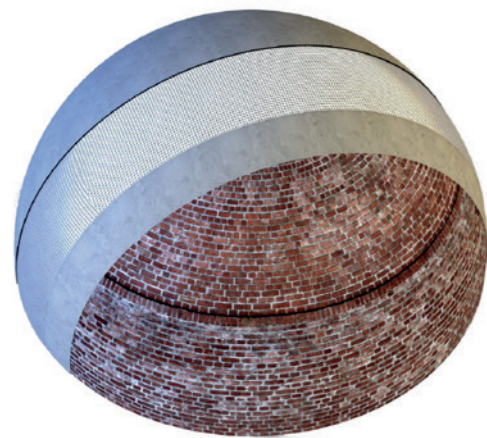
Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



1.52

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI CUPOLE MEDIANTE PLACCAGGIO ESTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforceone
Software

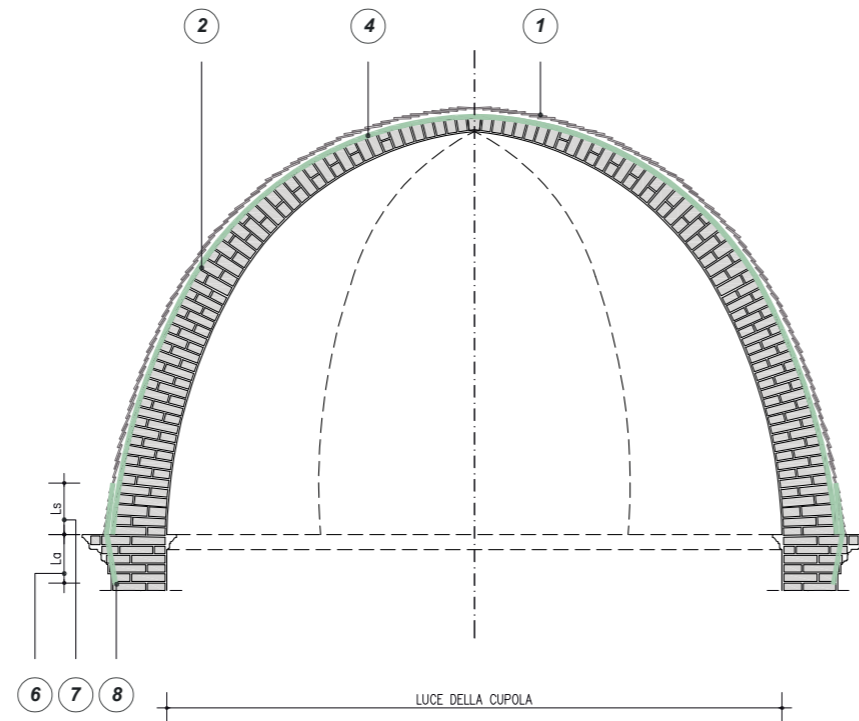


ASSONOMETRIA
RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

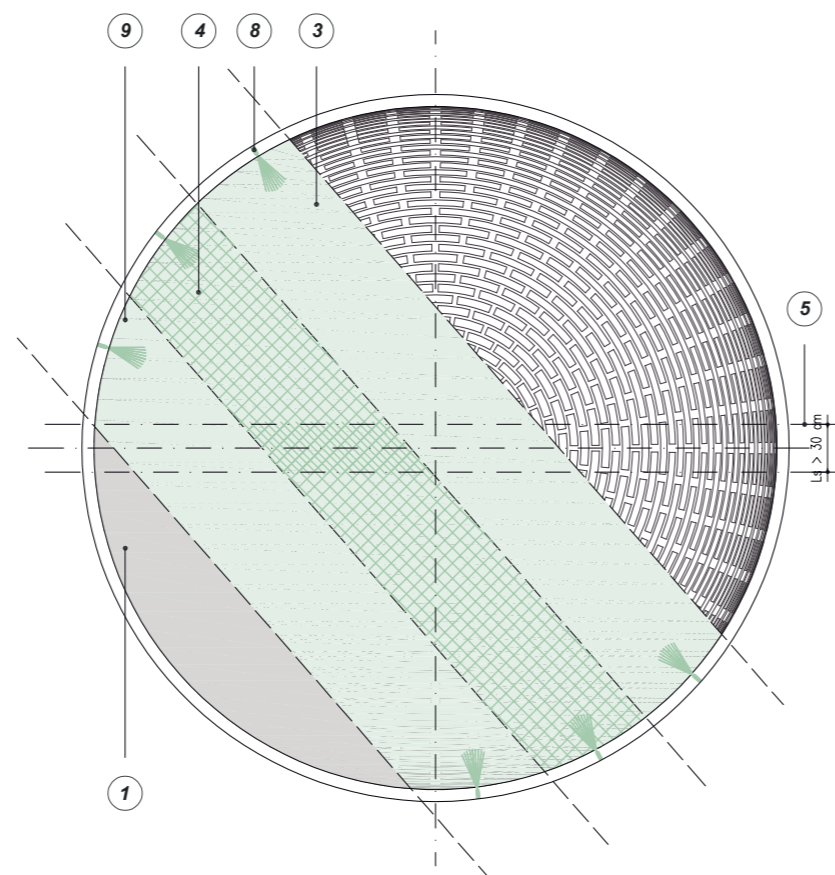
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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

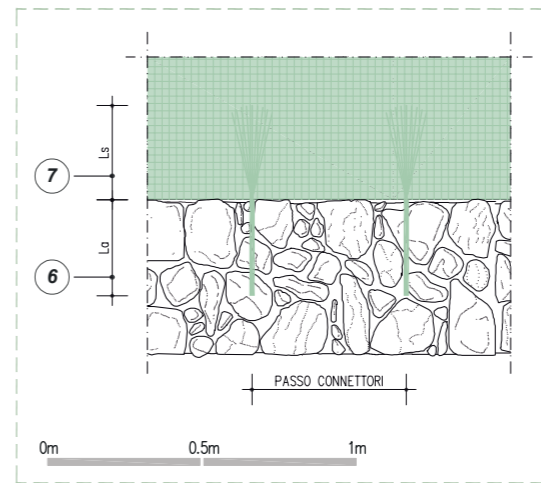
0m 0.5m 1m 2m



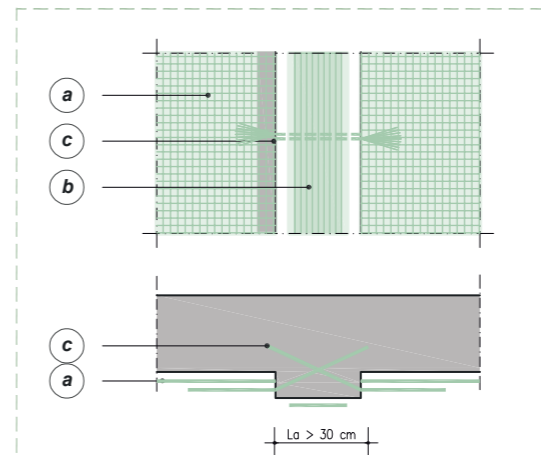
PIANTA
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

0m 0.5m 1m 2m

TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



TIPOLOGIA DI CONNESSIONE IN PRESENZA DI COSTOLONI



RETE GEOSTEEL GRID 200/400 ALLETTATA CON
GEOCALCE F ANTISISMICO

TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 ALLETTATO CON
GEOCALCE F ANTISISMICO DISPOSTO IN FASCE
PARALLELE AL COSTOLONE PER IL RINFORZO
DELLO STESSO

CONNETTORI MECCANICI A FIOCCO GEOSTEEL
G600/G1200 INGHISATI AL DI SOTTO DEL
COSTOLONE CON GEOCALCE FL ANTISISMICO

In presenza di costoloni, onde evitare accumuli
tensionali, si ancori la rete **Geosteel Grid 200/400**
alla cupola con connettori **Geosteel G600/G1200**
invece di far passare il rinforzo al di sopra del
costolone stesso.

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 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)

1 EVENTUALE RIMOZIONE DELLA COPERTURA E RICOLLOCAZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA CUPOLA. EVENTUALE APPLICAZIONE DI CONSOLIDANTE PRIMER UNI DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 APPLICAZIONE 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** APPLICATI SULL'ESTRADOSSO DELLA CUPOLA

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** e quella in fibra di vetro e aramide **Rinforzo ARV 100** 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 L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Per garantire il corretto funzionamento del rinforzo all'imposta della cupola, quest'ultimo deve essere opportunamente esteso ed ancorato alla struttura sottostante, ricorrendo eventualmente a dispositivi meccanici.

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

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 1.B per ulteriori informazioni sui diatoni.

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

1.53

Rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio intradossale con rete diffusa in fibra naturale di basalto e acciaio Inox e geomalta a base di pura calce idraulica naturale



PRESCRIZIONE

- Preparazione del supporto. Sulla superficie intradossale della cupola 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 soffiatura conclusiva della cupola mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. Realizzare eventuale applicazione di consolidante **Primer Uni** diluito in rapporto 1:4 con acqua pulita.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta intradossale Fabric Reinforced Cementitious Matrix **Geosteel FRM** (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 un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione, agendo fresco su fresco, con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con **Geocalce F Antisismico**, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione **Diatono Geosteel** impiegando il tessuto **Geosteel G**, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

AVVERTENZE

Il progettista può scegliere, in base alle 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 1.A per conoscere le modalità di realizzazione degli ancoraggi dei sistemi di rinforzo realizzati con la gamma di tessuti **Geosteel G**.

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio intradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi (massa totale 200 g/mq) impregnato con malta inorganica igroscopica e traspirabile a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 - tipo **Geosteel FRM** realizzato con **Geosteel Grid 200** abbinato a **Geocalce F Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate del sistema: resistenza a trazione (valore caratteristico) = 361 MPa, olim,conv= 945 MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto $E_f = 62$ GPa. Reazione al fuoco Classe A1. Caratteristiche della rete certificate: resistenza a trazione del filo > 750 MPa, dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente $t_f (0^\circ-90^\circ) = 0,032$ mm, carico a trazione per unità di larghezza $F_f \approx 40$ kN/m. Caratteristiche della malta certificate: classe della malta G/M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm² (EN 1015-11), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm² - FB: B (EN 1015-12). Le connessioni trasversali sono realizzate in numero di 4 elementi al mq tramite diatoni in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza di lunghezza pari a 30 cm, iniettati con malta fluida a base di pura calce naturale NHL 3.5 - tipo **Diatono Geosteel** realizzato con **Geosteel G600** in abbinamento a **Geocalce FL Antisismico** di Kerakoll - Caratteristiche tecniche certificate della connessione: $\sigma_{pull-out} = 2555$ MPa (laterizio) - 2503 MPa (tufo). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante demolizione e rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia della superficie e umidificazione della stessa o in alternativa posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; inserimento di connettori realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, previa: realizzazione del foro d'ingresso, avente dimensioni idonee alla natura del connettore, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di malta fluida; esecuzione del secondo strato di malta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi precedenti per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto.

La quantificazione è espressa per 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 dei fori di iniezione.



5 _____

Installazione del **Diatono Geosteel** e **Iniettore&Connettore Geosteel**.



6 _____

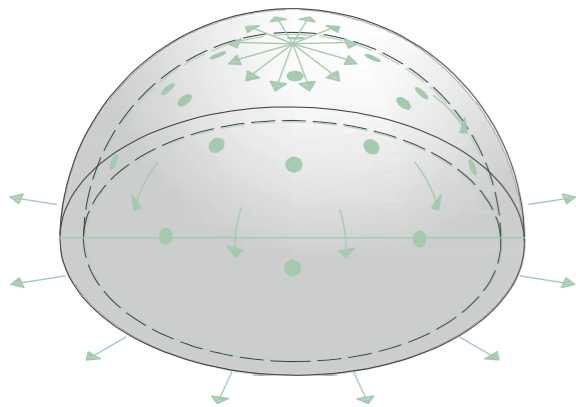
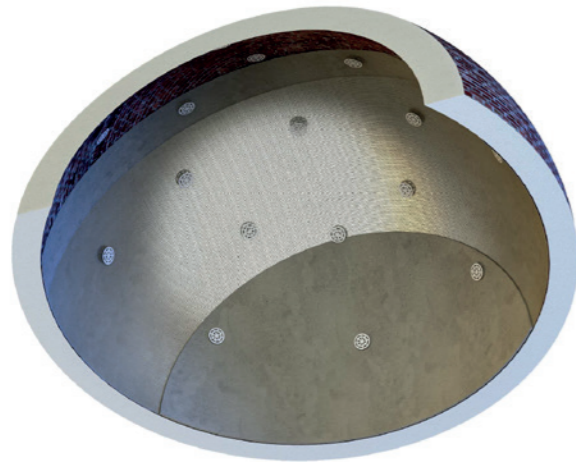
Inghisaggio dei sistemi di connessione con **Geocalce FL Antisismico**.



1.53

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI CUPOLE MEDIANTE PLACCAGGIO INTRADOSSALE CON RETE DIFFUSA IN FIBRA NATURALE DI BASALTO E ACCIAIO INOX E GEOMALTA A BASE DI PURA CALCE IDRAULICA NATURALE

Geoforceone
Software



ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

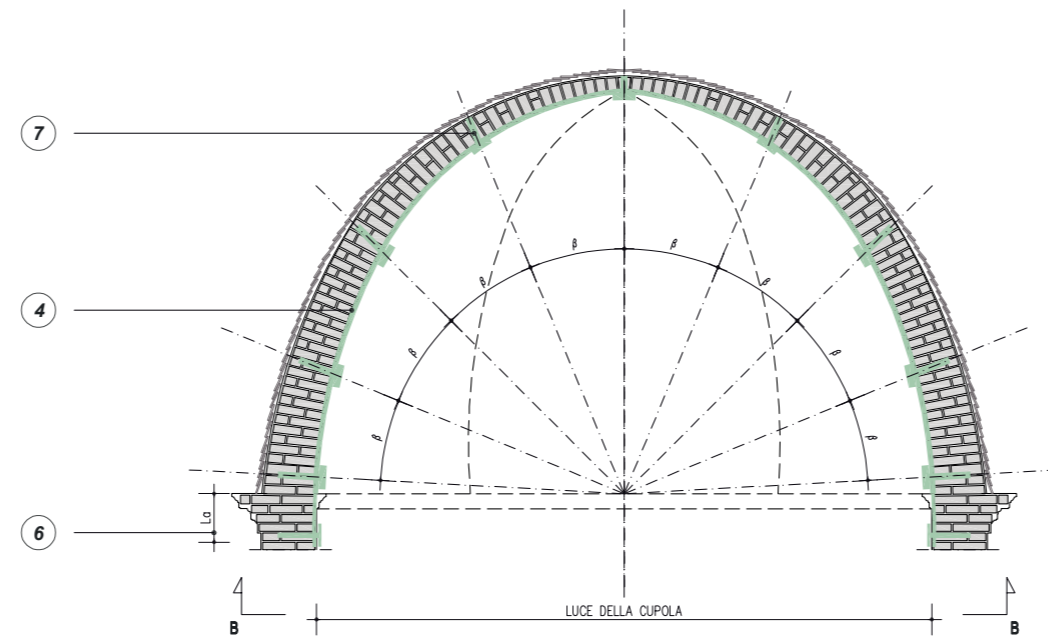
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

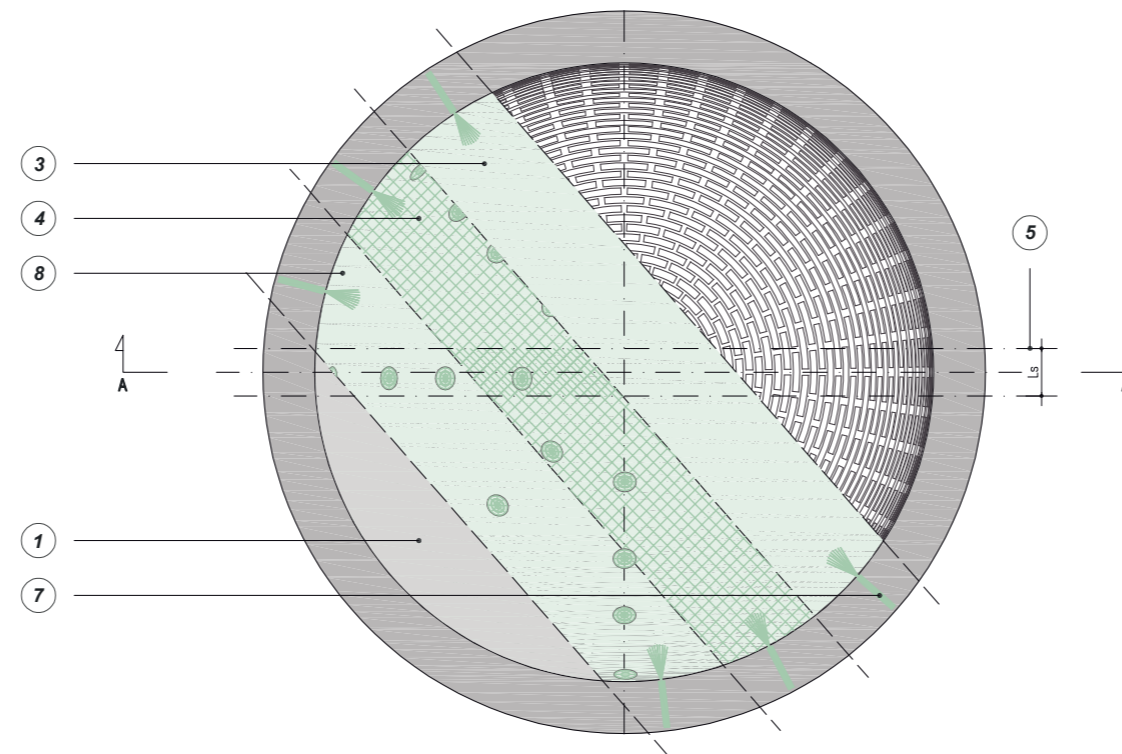
ENGINEERED BY

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

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)

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

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI INTRADOSSO E ESTRADOSSO DELLA CUPOLA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI CONSOLIDANTE **PRIMER UNI** DILUITO IN RAPPORTO 1:4 CON ACQUA PULITA, 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 ADAGIARE 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** APPLICATI SULL'INTRADOSSO DELLA CUPOLA

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** e quella in fibra di vetro e aramide **Rinforzo ARV 100** 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 L_a TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

Per garantire il corretto funzionamento del rinforzo all'imposta della cupola, quest'ultimo deve essere opportunamente esteso ed ancorato alla struttura sottostante, ricorrendo eventualmente a dispositivi meccanici.

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

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 interasse di 40 cm. Consultare l'APPENDICE 1.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