

1.50

Rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio estradosale 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 intradosale sia estradosale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta **Geocalce F Antisismico** compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare in alternativa 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 rinfiango 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 rinfiango e muratura perimetrale e collegare il rinforzo dell'arco con le eventuali fasce di piano.

VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRG (Steel Reinforced Grout) per rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio estradosale, 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 estradosale sia in quella intradosale 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.

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 rinfiango 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.

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

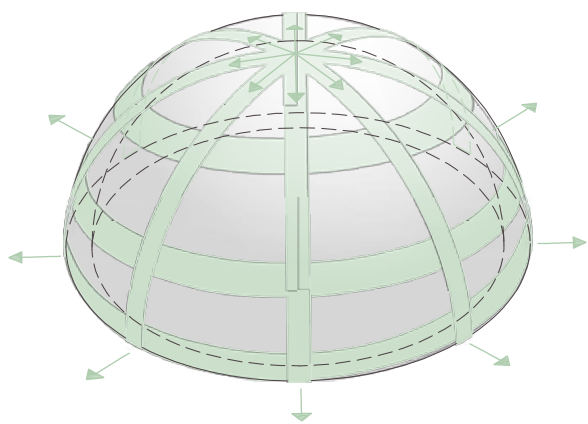
Applicazione seconda mano di **Geocalce F Antisismico**.



1.50

RINFORZO E CONSOLIDAMENTO DI CUPOLE
MEDIANTE PLACCCAGGIO 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

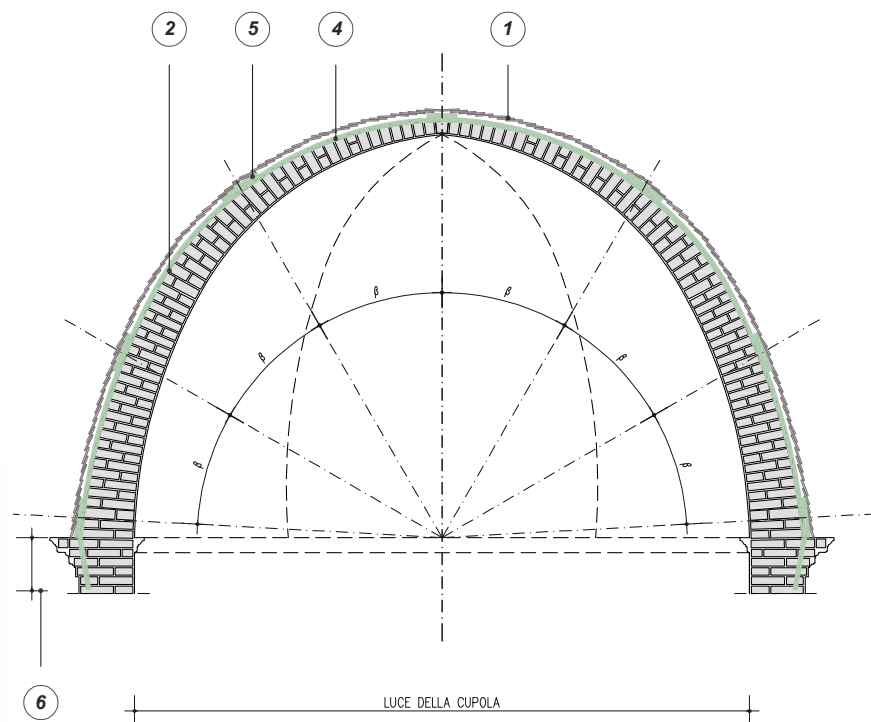
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

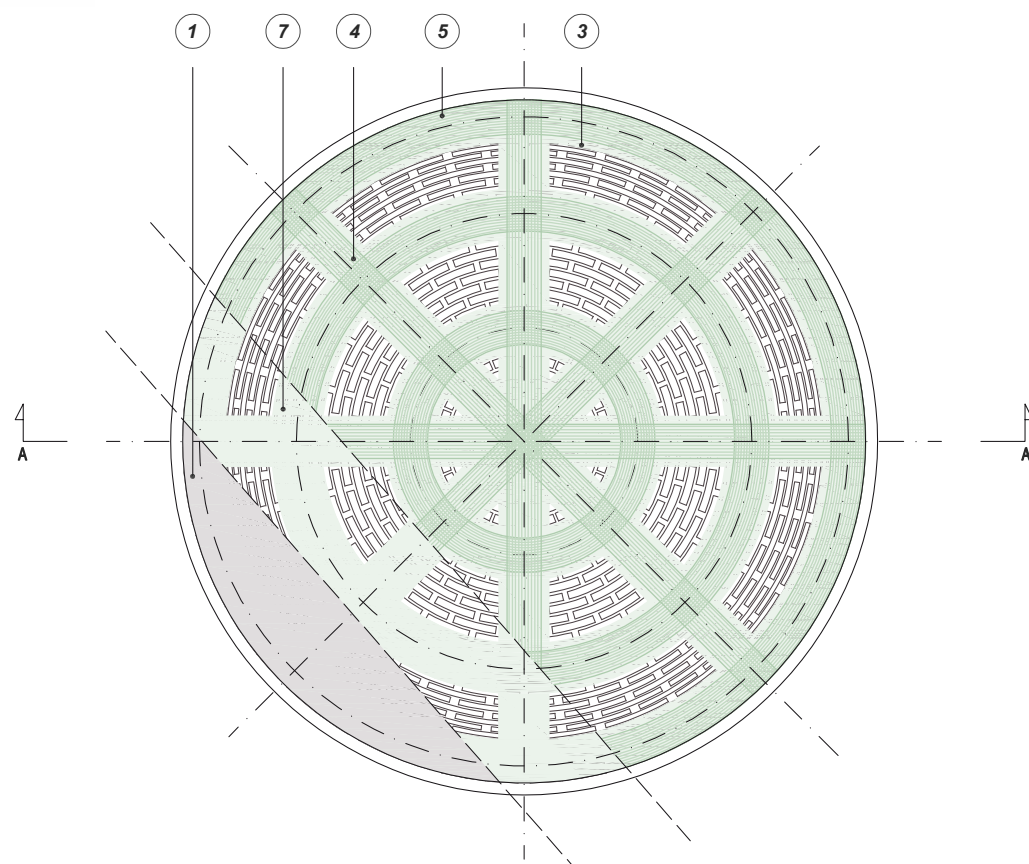
ENGINEERED BY

ASDEA



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

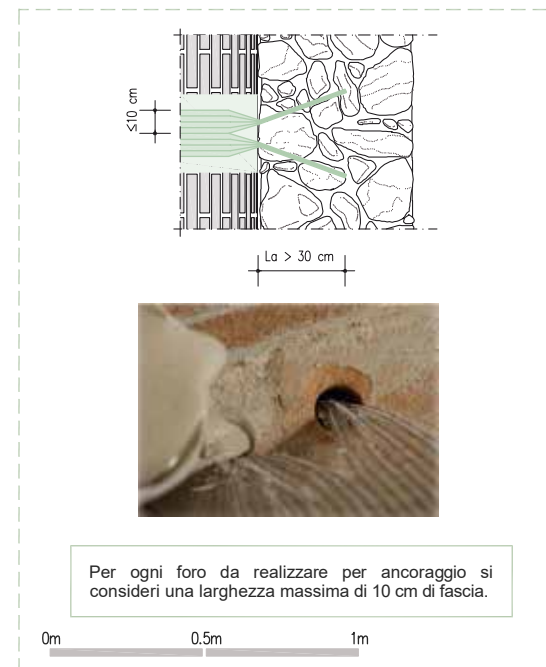
0m 0.5m 1m 2m



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

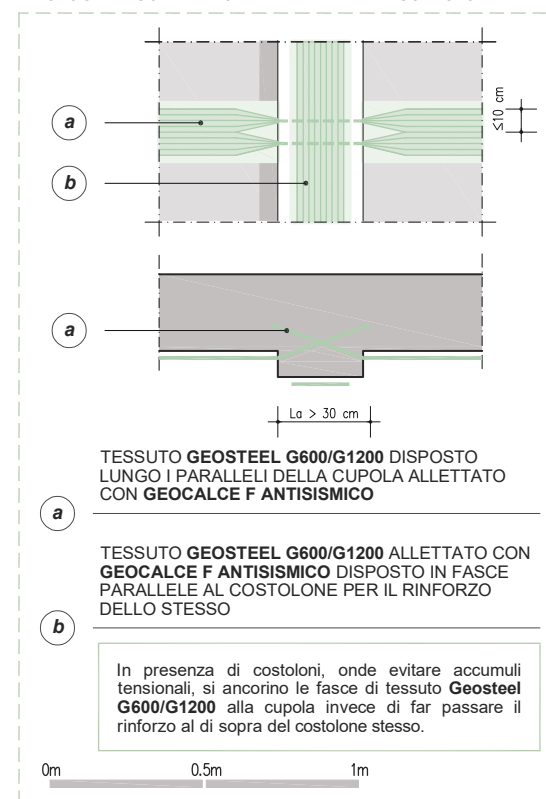
0m 0.5m 1m 2m

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 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)

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

1

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**

2

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

3

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

4

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

5

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

6

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