

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

- 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 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.
- 2. 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, olim,conv= 945 MPa (laterizio) - 917 MPa (tufo) - 871 MPa (pietra). Modulo elastico del tessuto Ef = 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 tf (0°-90°) = 0,032 mm, carico a trazione per unità di larghezza Ff ≈ 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

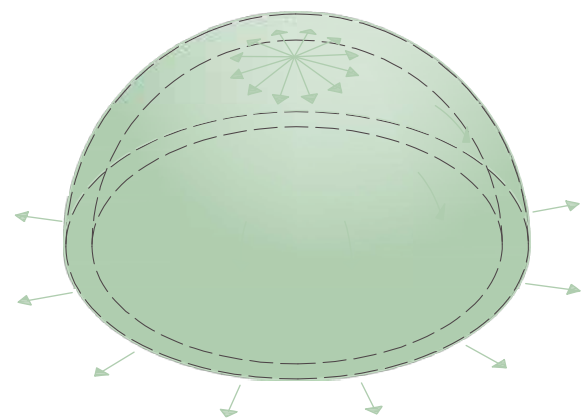
Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



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

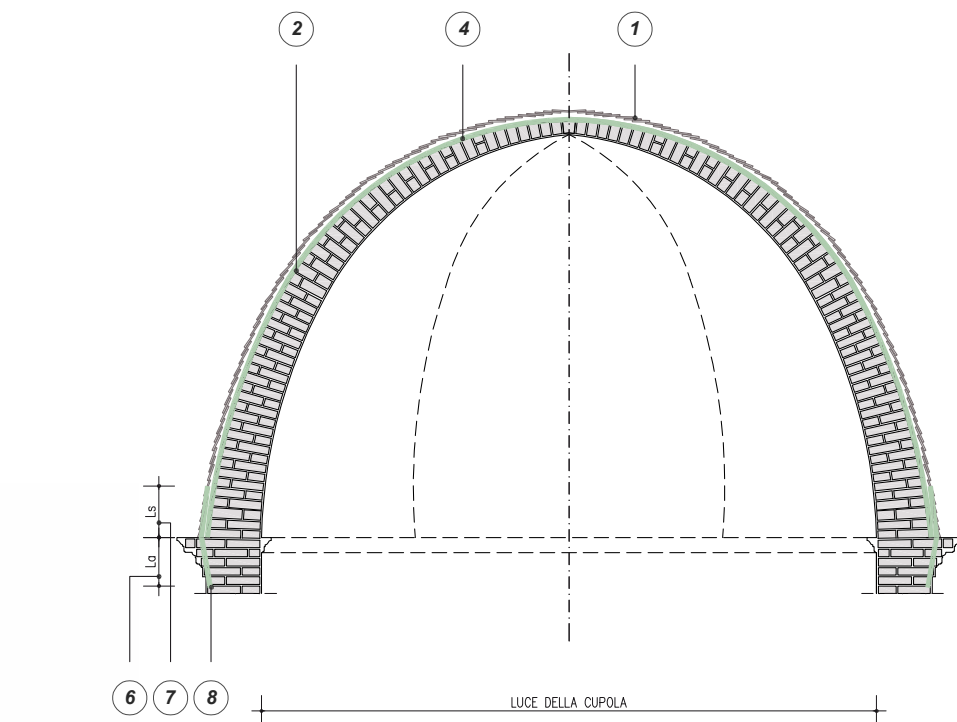
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

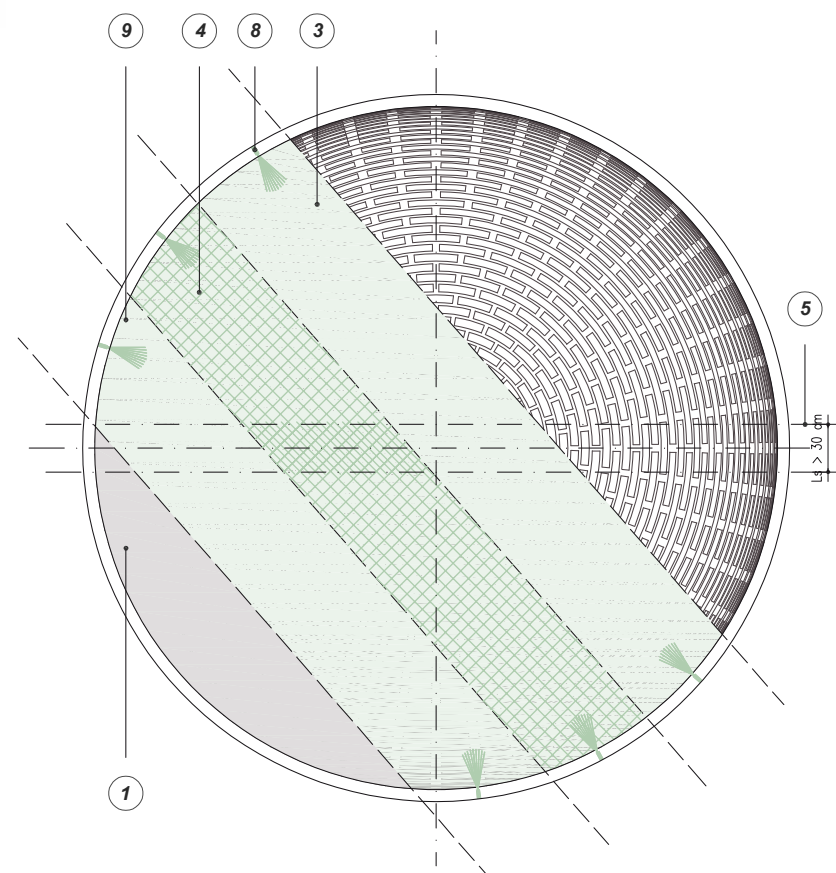
ENGINEERED BY

ASDEA



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

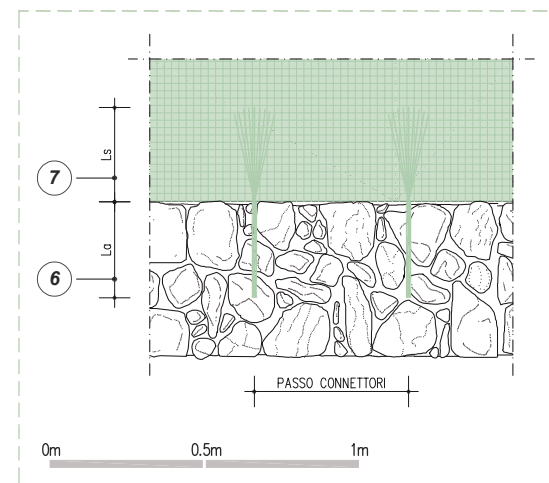
0m 0.5m 1m 2m



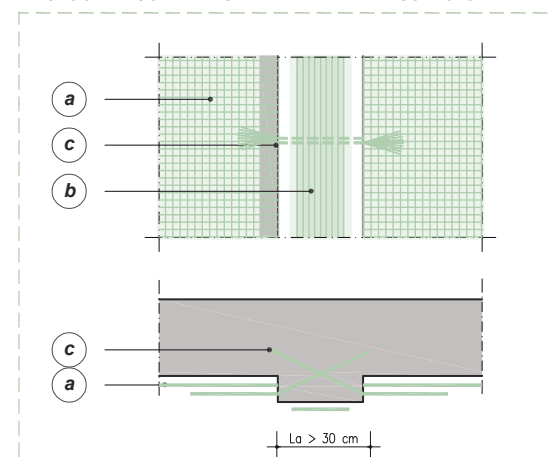
PIANTA
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON
RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

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 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

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

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

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'ESTADOSSO DELLA CUPOLA

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.

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.

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

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

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

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