

MANUALE TECNICO STRUTTURALE - EDIZIONE 2024

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

Prescrizioni, voci di capitolato e tavole esecutive

kerakoll

Manuale del consolidamento

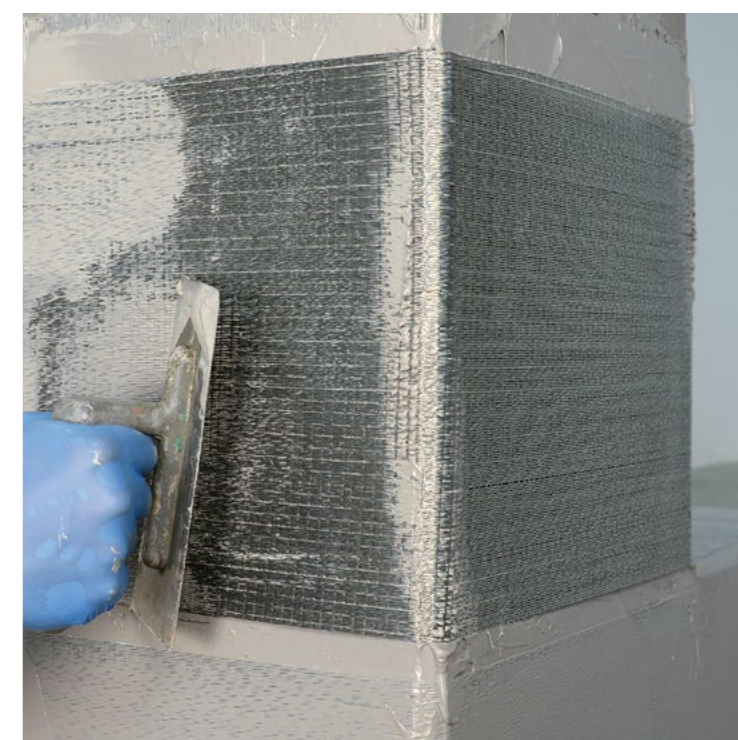
In Italia e nel resto del mondo, si contano ogni anno numerosi eventi sismici che colpiscono il patrimonio edilizio, in tutte le sue forme: dall'edilizia storica in muratura di varia natura fino alle più recenti strutture in c.a. Questi episodi hanno evidenziato problematiche legate alla presenza di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

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

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

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

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

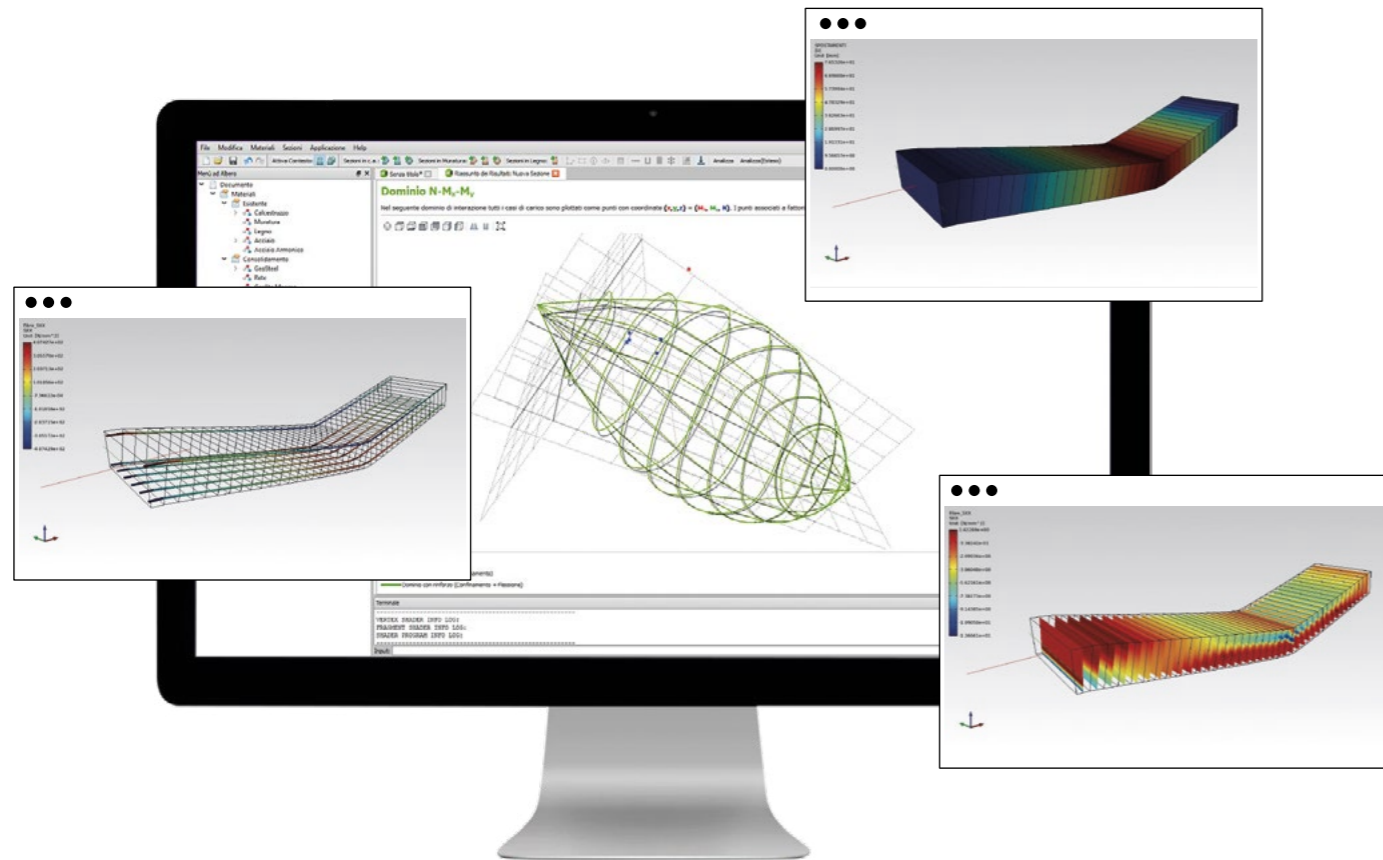


Kerakoll è socio sostenitore di



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

Geoforce one
Software



ENGINEERED BY

ASDEA

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

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

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

1. DEFINIZIONE DELLA SEZIONE

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

2. ANALISI DELLA SEZIONE

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

3. VISUALIZZAZIONE ED ESPORTAZIONE DEI RISULTATI

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

DEFINIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE

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

ANALISI FEM STATICA NON LINEARE

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

VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI























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

Indice generale

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





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




MURATURA E PILASTRI

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





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

VOLTE

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

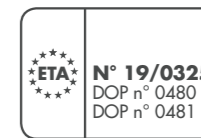
- | | | | |
|-------------|---|--|-----|
| 1.47 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante placcaggio intradossale con fasce in fibra di acciaio galvanizzato e geomalta a base di pura calce idraulica naturale | 132 |
| 1.48 |  | Rinforzo e consolidamento di volte a padiglione mediante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

CUPOLE

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

1.50

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 fissativo consolidante corticale tipo **Rasobuild Eco Consolidante**.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di 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

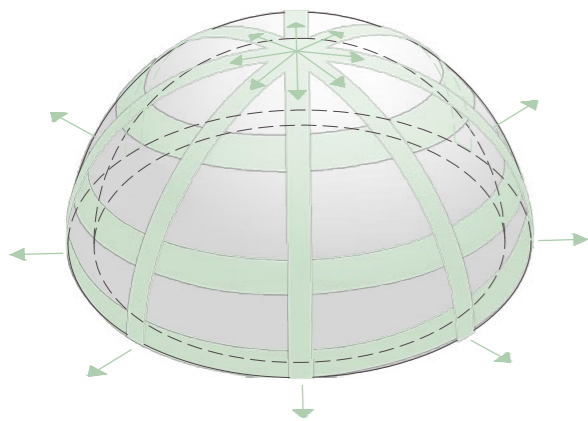
Applicazione seconda mano di **Geocalce F Antisismico**.



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

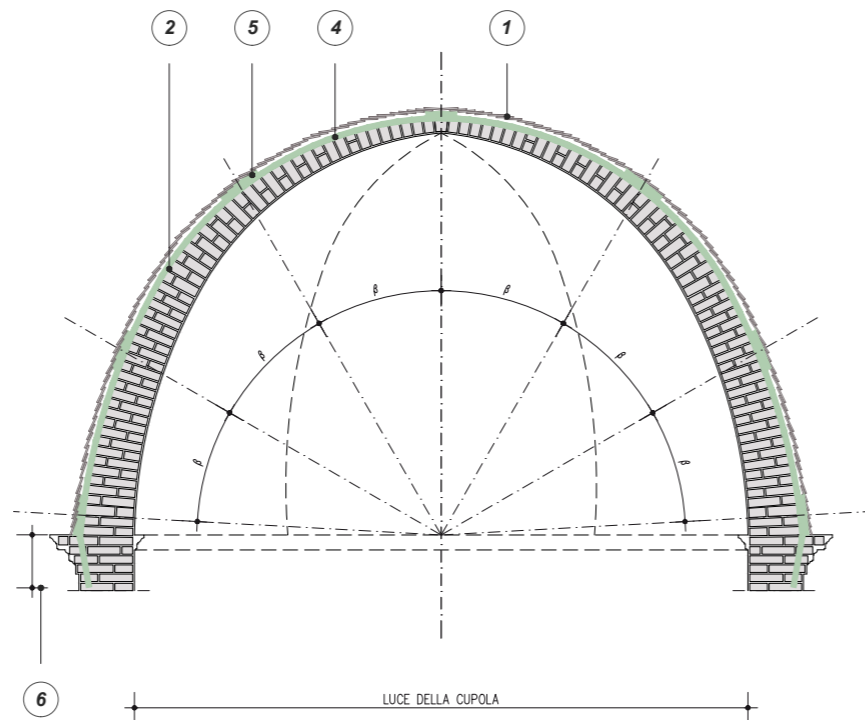


ASSONOMETRIA RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

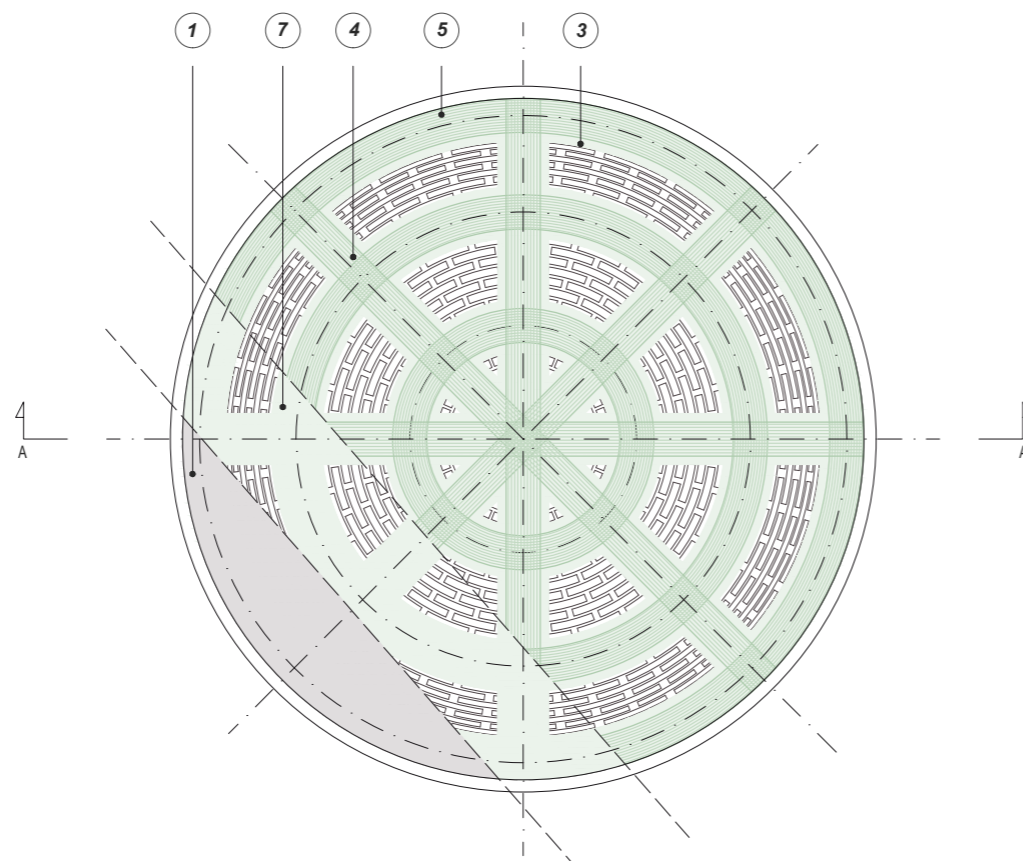
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

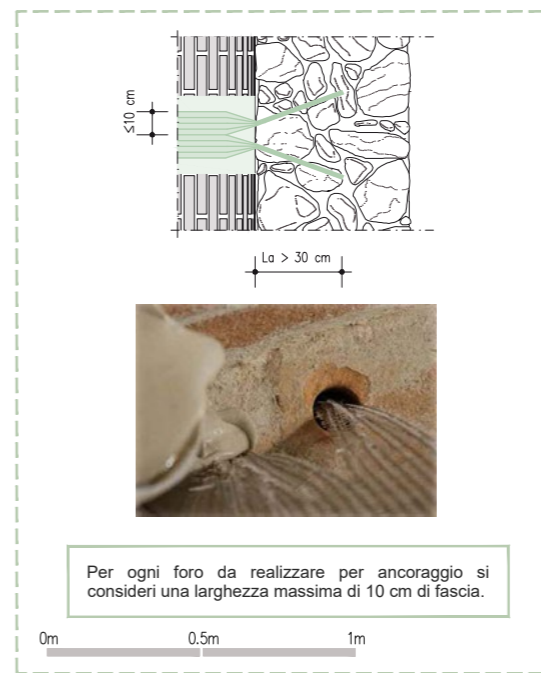
0m 0.5m 1m 2m



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

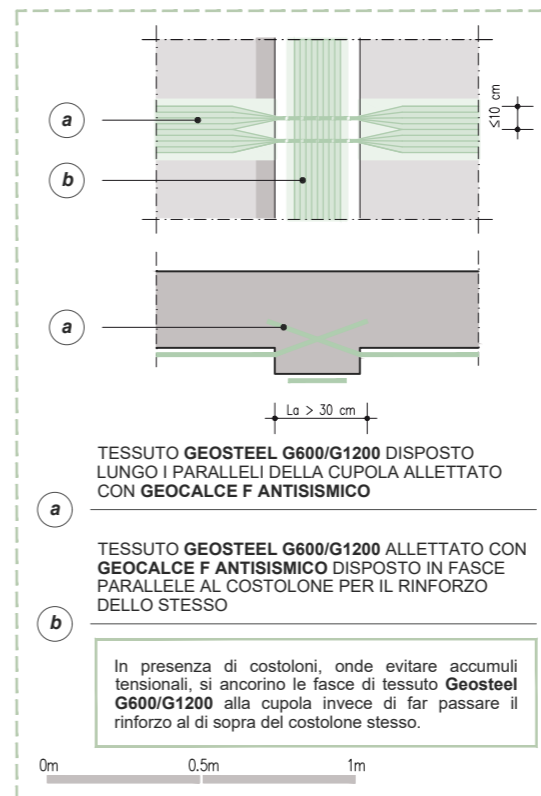
0m 0.5m 1m 2m

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 ANTISISMICO

TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 ALLETTATO CON GEOCALCE F ANTISISMICO 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 FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO **RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE F ANTISISMICO**

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

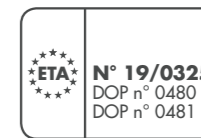
6 Per garantire il corretto funzionamento del rinforzo all'imposta della cupola, quest'ultimo deve essere opportunamente esteso ed ancorato alla struttura sottostante, ricorrendo eventualmente a dispositivi meccanici.

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 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

1.51

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



PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. 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. Preparare, pulire e umidificare le superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo **Rasobuild Eco Consolidante**.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale Steel Reinforced Grout **Geosteel SRG** (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di 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 Dryfix** e **Tassello Steel Dryfix**.

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

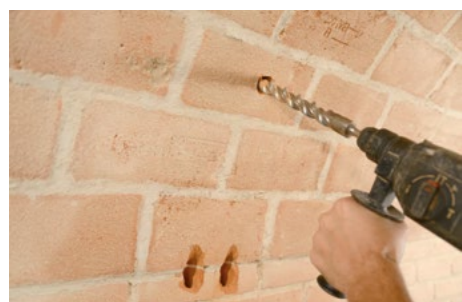
VOCE DI CAPITOLATO

Fornitura e posa in opera di sistema SRG (Steel Reinforced Grout) per rinforzo e consolidamento di cupole 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 _____

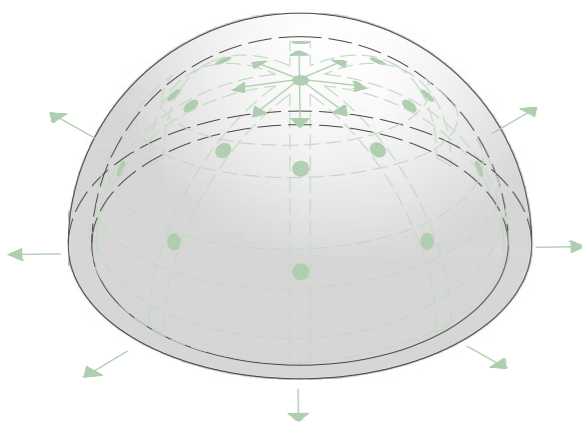
Inghisaggio degli ancoraggi e dei connettori con **Geocalce FL Antisismico** e chiusura del foro di iniezione con apposito tappo di chiusura.



1.51

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

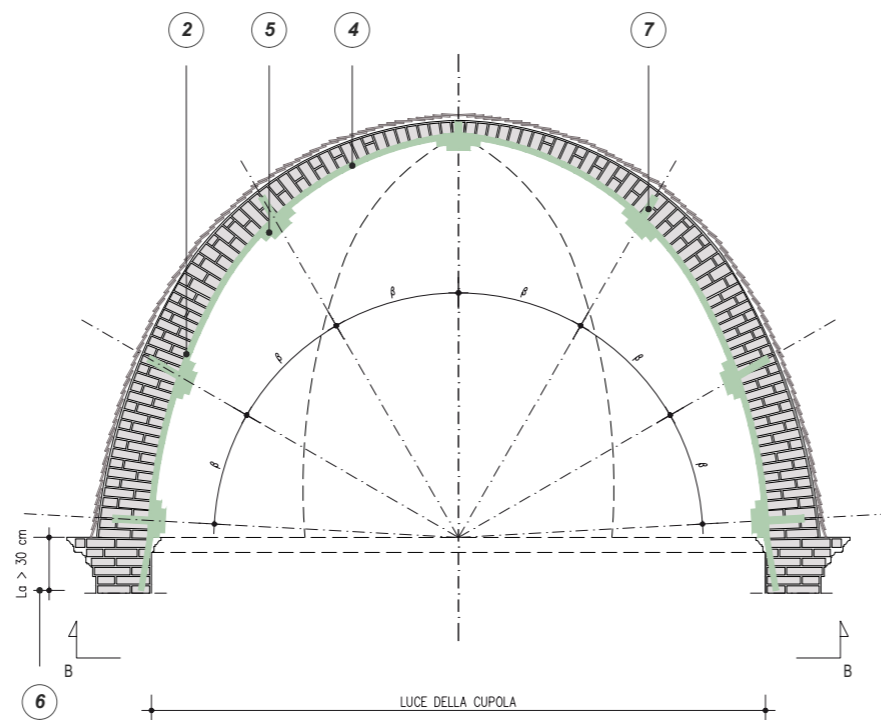


ASSONOMETRIA
RINFORZO INTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

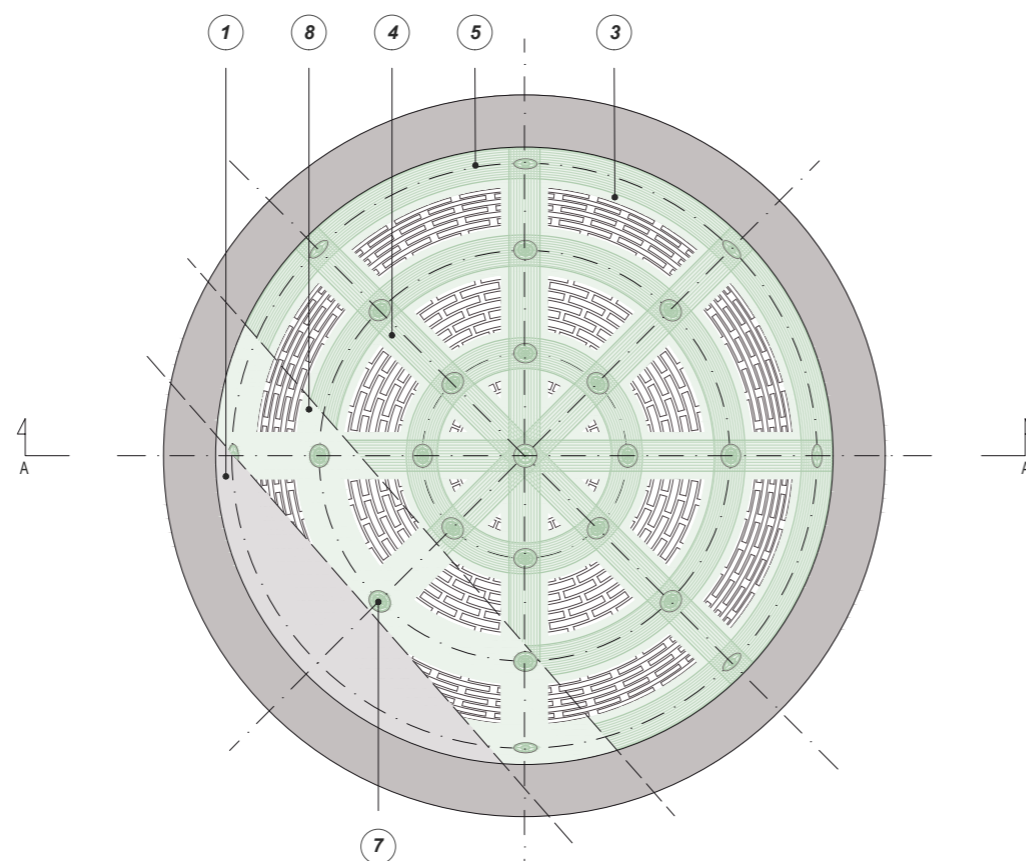
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

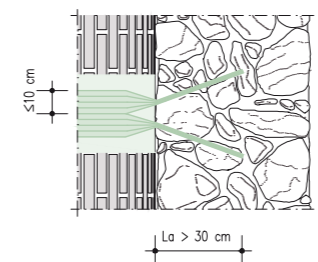
0m 0.5m 1m 2m



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 FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOCALCE F ANTISMICO

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

4 INSTALLAZIONE 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 ANTISMICO (SPESSORE MEDIO 2-5 mm), PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI. È NECESSARIO GARANTIRE LA CONTEMPORANEA MATURAZIONE DELLO STRATO INIZIALE E DI QUELLO FINALE CHE VA QUINDI APPLICATO QUANDO IL PRECEDENTE È ANCORA UMIDO

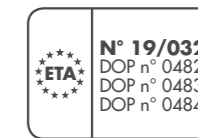
QUADRO NORMATIVO

Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte
L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti* e *cerchiature*. La posizione ottimale dei tiranti 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, §8.7.4 - 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)

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 fissativo consolidante corticale tipo **Rasobuild Eco Consolidante**.
- 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

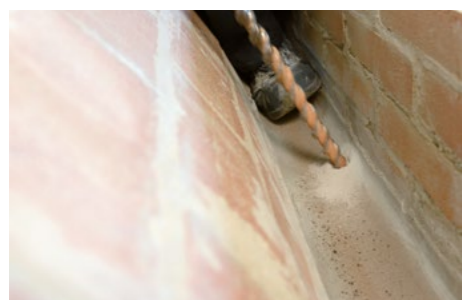
Fornitura e posa in opera di sistema FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) per il rinforzo e consolidamento di cupole mediante placcaggio estradossale provvisto di Marcatura CE tramite ETA realizzato con tessuto biassiale bilanciato in fibra di basalto e acciaio inox AISI 304 con trattamento protettivo 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 $E_f = 62$ 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

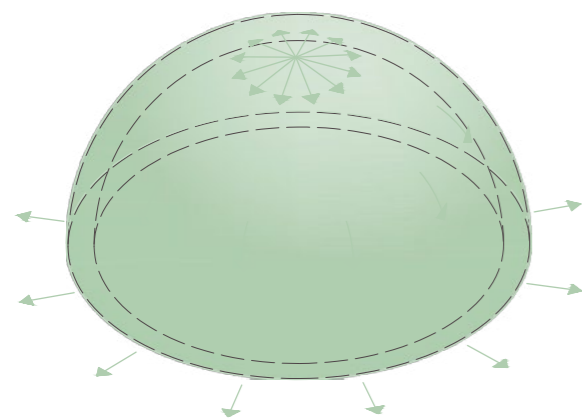
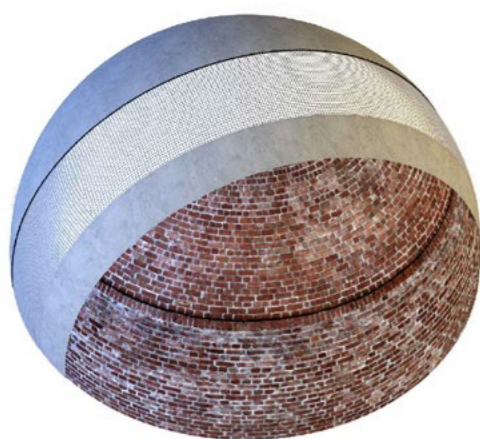
Installazione di **Iniettore&Connettore Geosteel**.



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

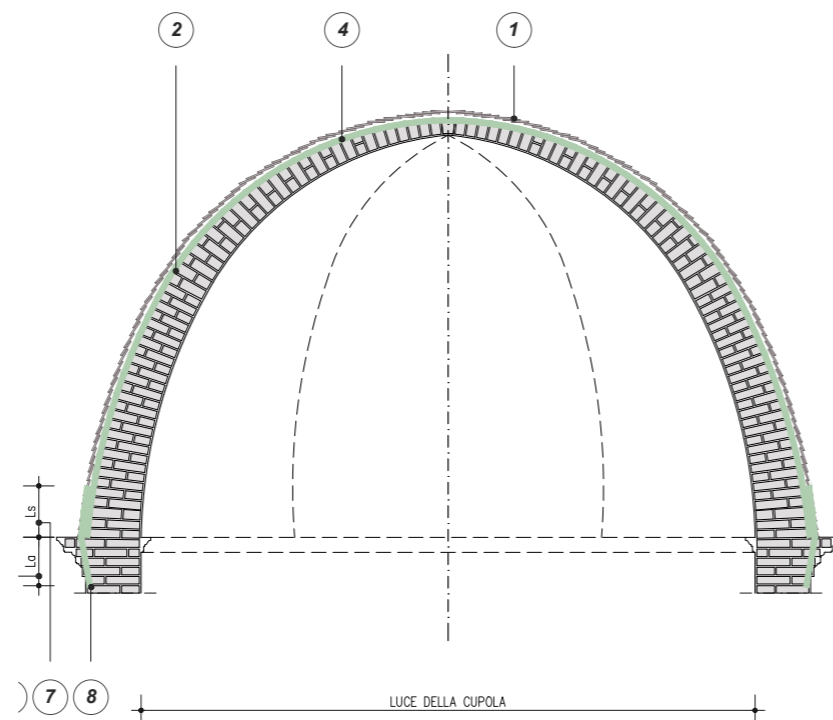


ASSONOMETRIA RINFORZO ESTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

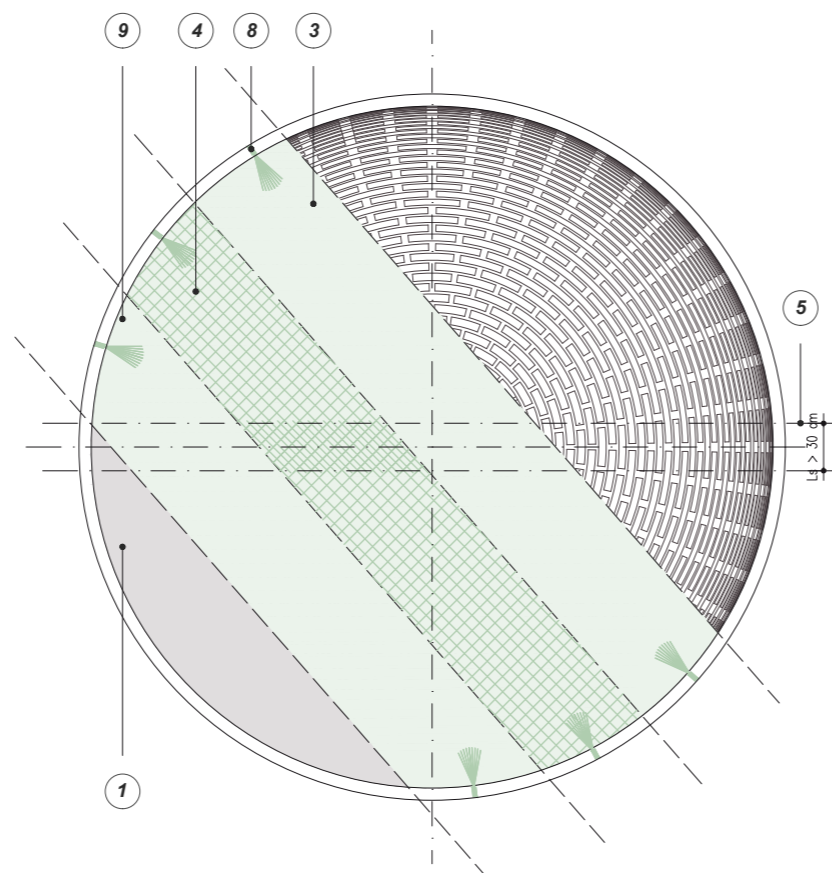
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

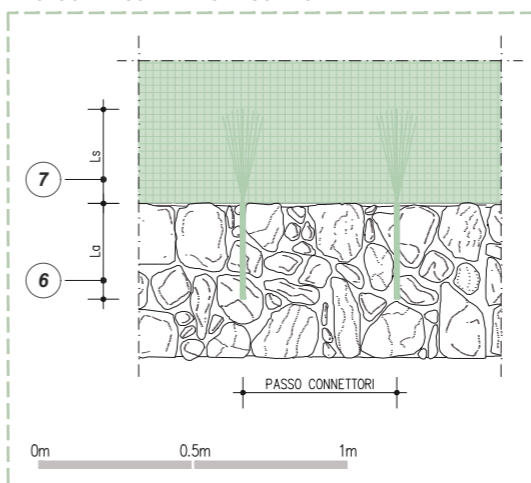
0m 0.5m 1m 2m



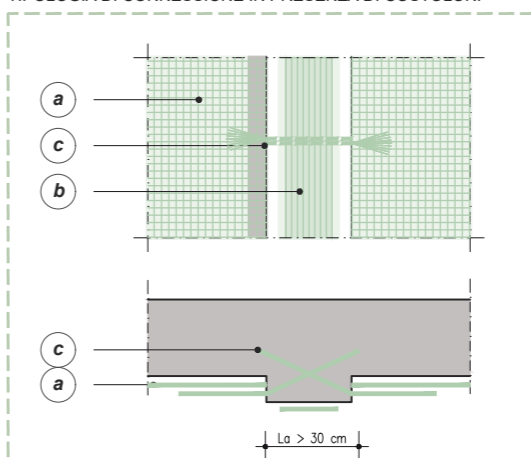
PIANTA SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

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.

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 agguagliando 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)

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

2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA CUPOLA, 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 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 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 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 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 APPLICAZIONE DELL'ANCORAGGIO CON UNA LUNGHEZZA DI SOVRAPPOSIZIONE Ls TALE DA GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DEL RINFORZO

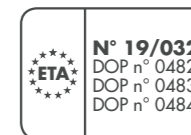
8 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO GEOSTEEL G600/G1200

Si consulti l'APPENDICE 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 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 fissativo consolidante corticale tipo **Rasobuild Eco Consolidante**.
- 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 Dryfix** e **Tassello Steel Dryfix**.

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 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.



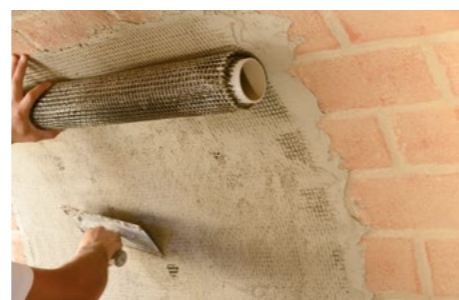
2 _____

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 dei fori di iniezione.



5 _____

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



6 _____

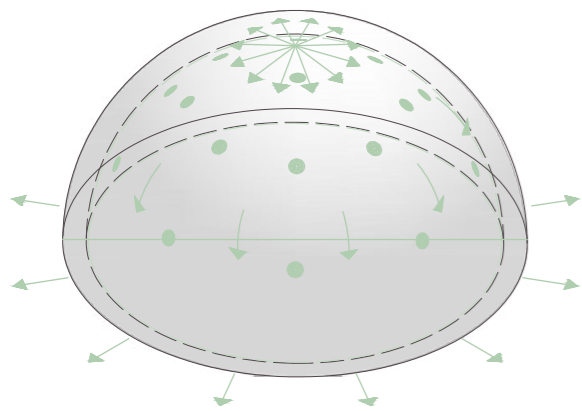
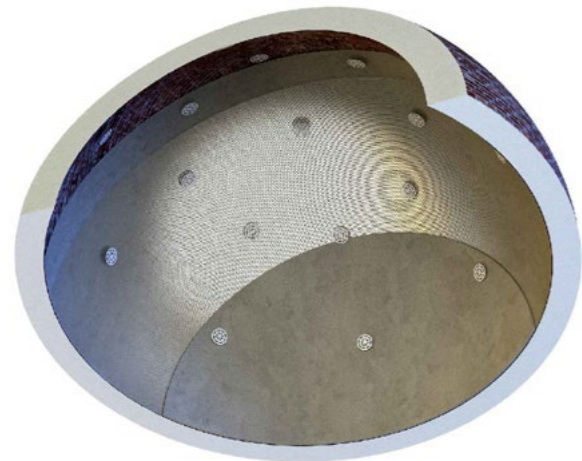
Inghisaggio dei sistemi di connessione con **Geocalce FL Antisismico**.



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

Geoforce one
Software



ASSONOMETRIA RINFORZO INTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

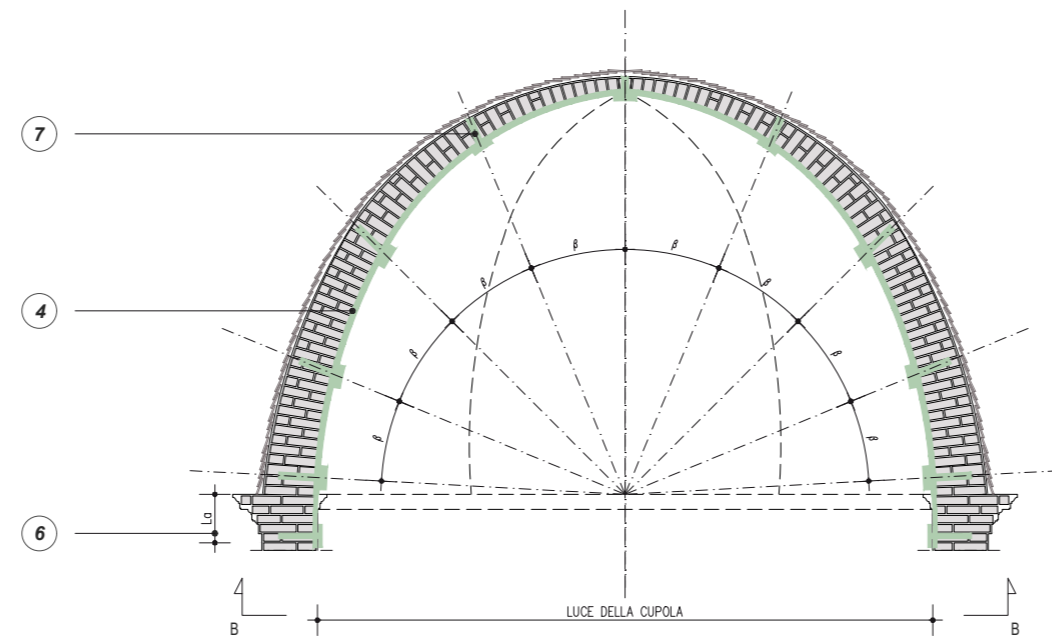
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

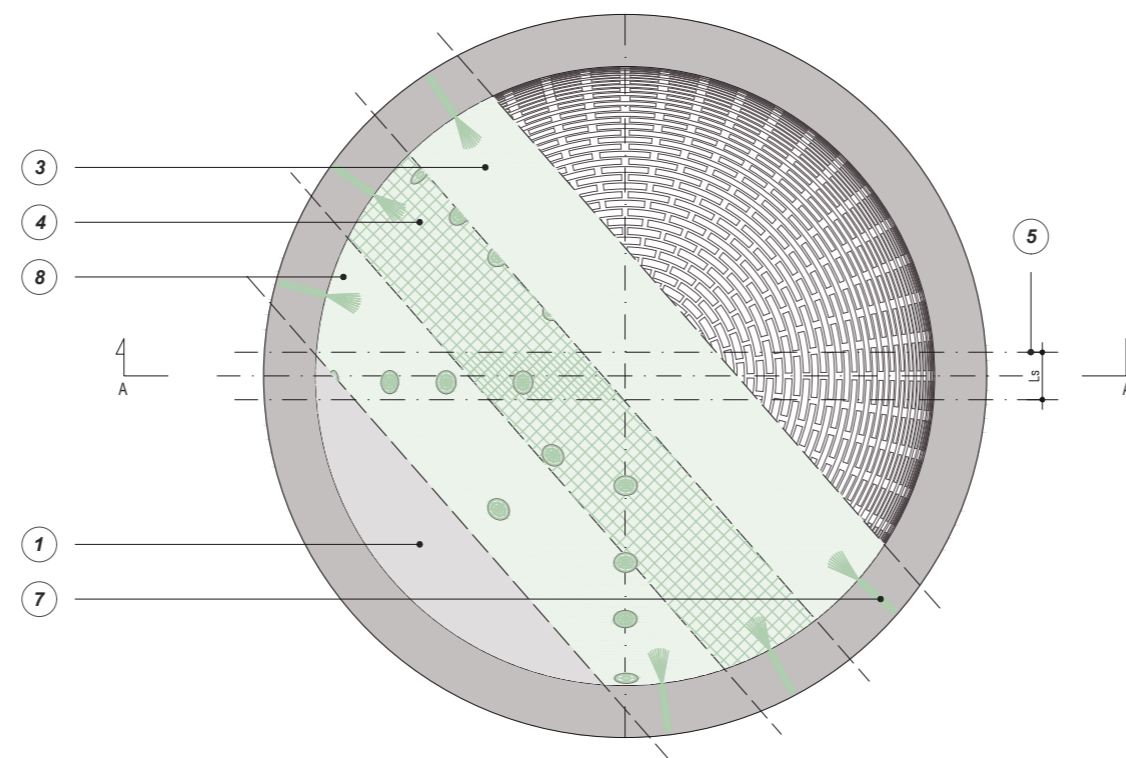
kerakoll

ENGINEERED BY

ASDEA



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



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 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)

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 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 UNO SPessore MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE F ANTISISMICO** 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 SOVRAPPPOSIZIONE 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 ANTISISMICO** IN SPESORE MEDIO DI CIRCA 2-5 mm FINO A COMPLETA COPERTURA DELLA RETE DI RINFORZO