

**MANUALE TECNICO - EDIZIONE 2023**

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

Prescrizioni, capitolati e tavole esecutive

**kerakoll**



# Manuale del consolidamento

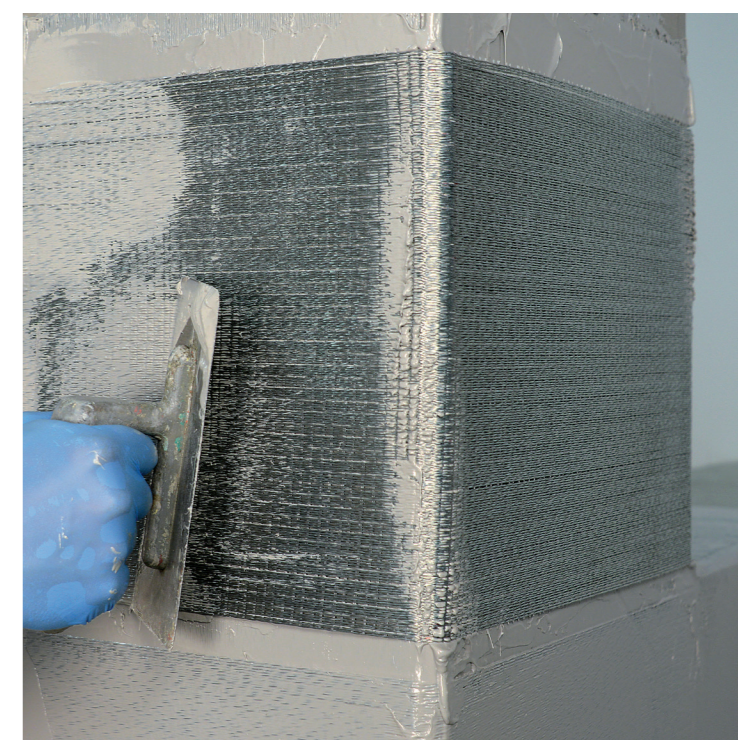
In Italia e nel resto del mondo, si contano ogni anno numerosi eventi sismici che colpiscono il patrimonio edilizio, in tutte le sue forme: dall'edilizia storica in muratura di varia natura fino alle più recenti strutture in c.a. Questi episodi hanno evidenziato problematiche legate alla presenza di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

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

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

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

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



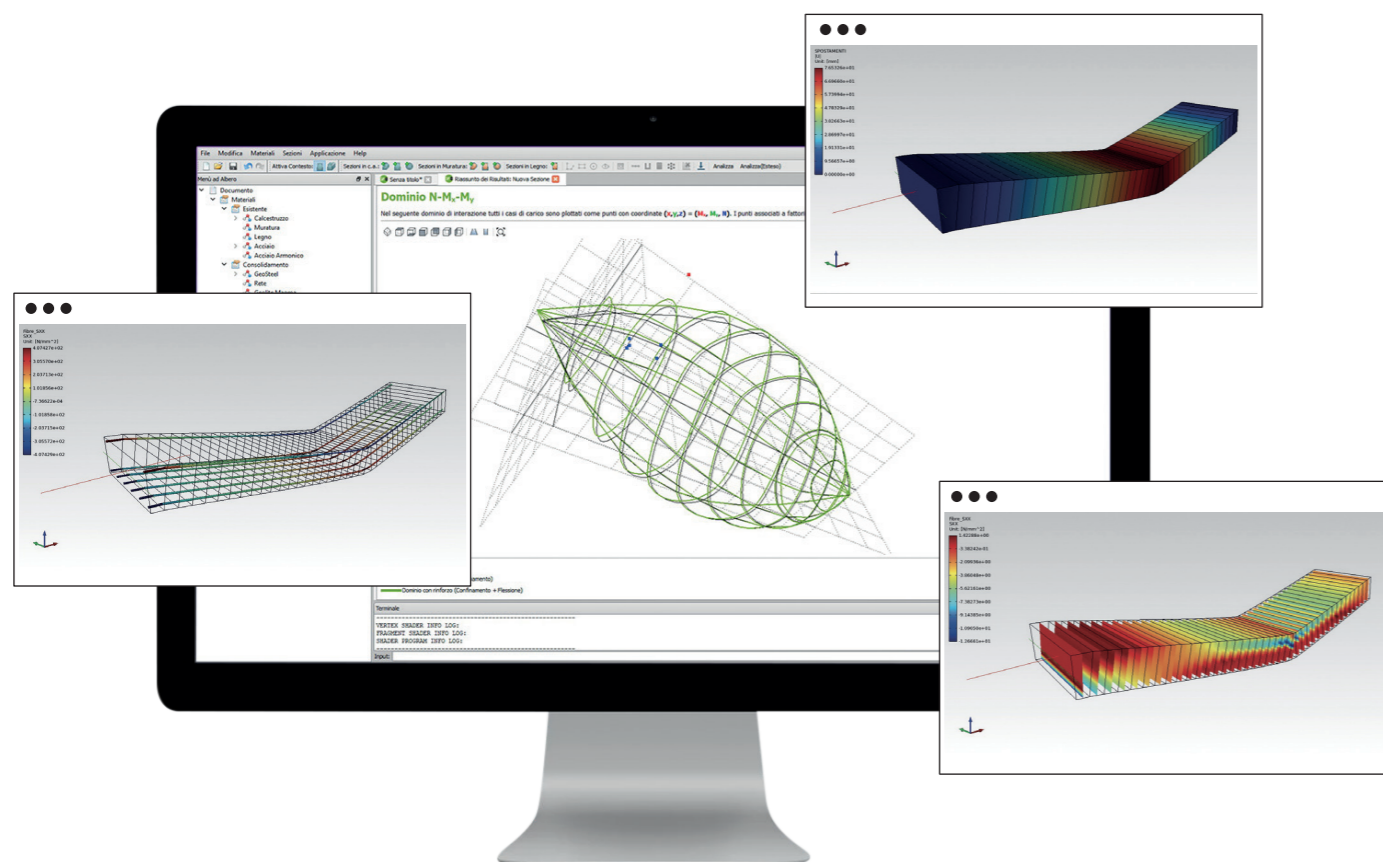
Kerakoll è socio sostenitore di





## GEORFORCE ONE, IL SOFTWARE PER PROGETTARE CON NUOVE TECNOLOGIE GREEN IL CONSOLIDAMENTO E IL RINFORZO STRUTTURALE

Geoforce one  
Software



ENGINEERED BY

# ASDEA

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

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

L'innovativo software Geoforce One, sviluppato e concepito da Asdea per Kerakoll, permette di progettare e verificare sezioni di forma standard o generica in c.a., c.a.p., legno e muratura. Con soli tre semplici passaggi è possibile progettare e verificare il sistema di rinforzo nell'elemento strutturale.

Geoforce One permette inoltre la modellazione e l'analisi di elementi strutturali quali travi/pilastri in c.a., setti, architravi, fasce di piano, archi e volte in muratura e nodi trave-pilastro.

### 1. DEFINIZIONE DELLA SEZIONE

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

### 2. ANALISI DELLA SEZIONE

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

### 3. VISUALIZZAZIONE ED ESPORTAZIONE DEI RISULTATI

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

### DEFINIZIONE DELL'ELEMENTO STRUTTURALE

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

### ANALISI FEM STATICA NON LINEARE

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

### VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI

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



# Indice generale





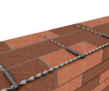
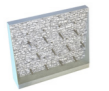
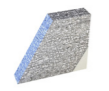



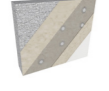

<b>SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN C.A., C.A.P. E PREFABBRICATE</b>	9
• RICOSTRUZIONE, RIPARAZIONE E RINGROSSO	10
• PILASTRI E NODI	18
• TRAVI E SOLAI	32
<b>SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO, IL RINFORZO E LA RIPARAZIONE DI PARETI DI TAMPONAMENTO IN STRUTTURE INTELAIATE IN C.A.</b>	53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






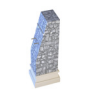








## SOLUZIONI PER IL CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE IN MURATURA PORTANTE DI LATERIZIO, TUFO E PIETRA NATURALE

### MURATURA E PILASTRI

<b>21A</b>		Riparazione di lesioni di murature mediante opera di scuci e cucì con malta a base di pura calce idraulica naturale	70
<b>21B</b>		Riparazione di lesioni in murature mediante opera di scuci e cucì con malta a base di pura calce idraulica naturale e inserimento diffuso di connessioni trasversali	72
<b>22</b>		Ristilatura dei giunti in muratura con malta certificata a base di pura calce idraulica naturale	74
<b>23A</b>		Ristilatura armata dei giunti facciavista mediante malta a base di pura calce idraulica naturale e barre elicoidali in acciaio Inox	76
<b>23B</b>		Ristilatura armata dei giunti in muratura facciavista e connessioni trasversali mediante malta, a base di pura calce idraulica naturale, connettori e barre elicoidali in acciaio Inox	78
<b>24</b>		Consolidamento e rinforzo di maschi murari mediante iniezioni di malta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale	80
<b>25A</b>		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
<b>25B</b>		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
<b>25c</b>		Connessioni trasversali e ammorsamenti di maschi murari mediante cucitura a secco con barre elicoidali in acciaio Inox	86
<b>26</b>		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
<b>27A</b>		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
<b>27B</b>		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










<b>28</b>		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
<b>29</b>		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
<b>30</b>		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
<b>31</b>		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
<b>32</b>		Rinforzo di pilastri in muratura facciavista mediante confinamento puntuale con barre elicoidali in acciaio Inox inserite a secco	102
<b>33</b>		Rinforzo di pilastri in muratura facciavista mediante confinamento puntuale con connettori in fibra di acciaio galvanizzato iniettati con geomalta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale	104




### ARCHI

<b>34</b>		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
<b>35</b>		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
<b>36</b>		Rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura a secco intradossale con barre elicoidali in acciaio Inox	110
<b>37</b>		Rinforzo e consolidamento di archi mediante cucitura intradossale con connettori in fibra di acciaio galvanizzato iniettati con geomalta iperfluida a base di pura calce idraulica naturale	112





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

### VOLTE

<b>38</b>		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
<b>39</b>		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
<b>40</b>		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
<b>41</b>		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
<b>42</b>		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
<b>43</b>		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
<b>44</b>		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
<b>45</b>		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
<b>46</b>		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

<b>47</b>		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
<b>48</b>		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
<b>49</b>		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

<b>50</b>		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
<b>51</b>		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
<b>52</b>		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
<b>53</b>		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

# 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 rincocciatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare in alternativa fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere una prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato GEOSTEEL G600, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con GEOCALCE F ANTISISMICO, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.

Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, provvedere sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio nelle zone di rinfianco generalmente poste subito sopra il piano di imposta della cupola, avendo cura di "sfilacciare" la parte terminale della fascia in fibra di acciaio GEOSTEEL G600, realizzando un numero di "code" cilindriche in continuità e garantendo così un ancoraggio continuo, cercando di rimanere il più possibile tangente alla direttrice della 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.

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

## VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di cupole mediante placcaggio estradossale con fasce di fibra in acciaio galvanizzato, con sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m<sup>2</sup> - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate del nastro: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm<sup>2</sup> - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la cupola, sigillatura e rincocciatura di eventuali lesioni estradossali e intradossali con scaglie di materiale idoneo allettate con la geomalta; messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio all'interno del supporto, procedendo alla preventiva foratura dei supporti, arrotolamento delle estremità del tessuto in acciaio al fine di inserire tali code all'interno dei fori precedentemente realizzati con colatura finale di una geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

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

1

Preparazione, pulizia e umidificazione delle superfici.



2

Inghisaggio degli ancoraggi con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



3

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



4

Installazione del tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL.



5

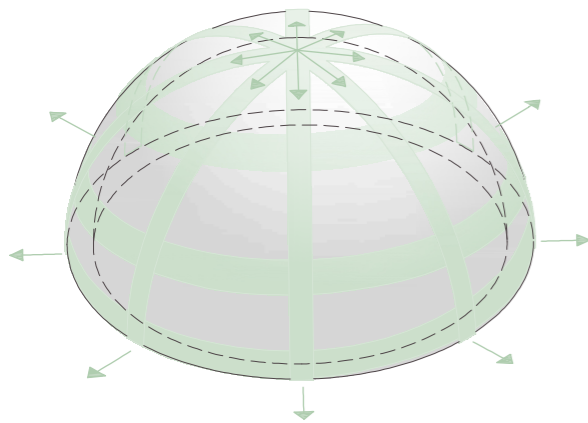
Applicazione seconda mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



# 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

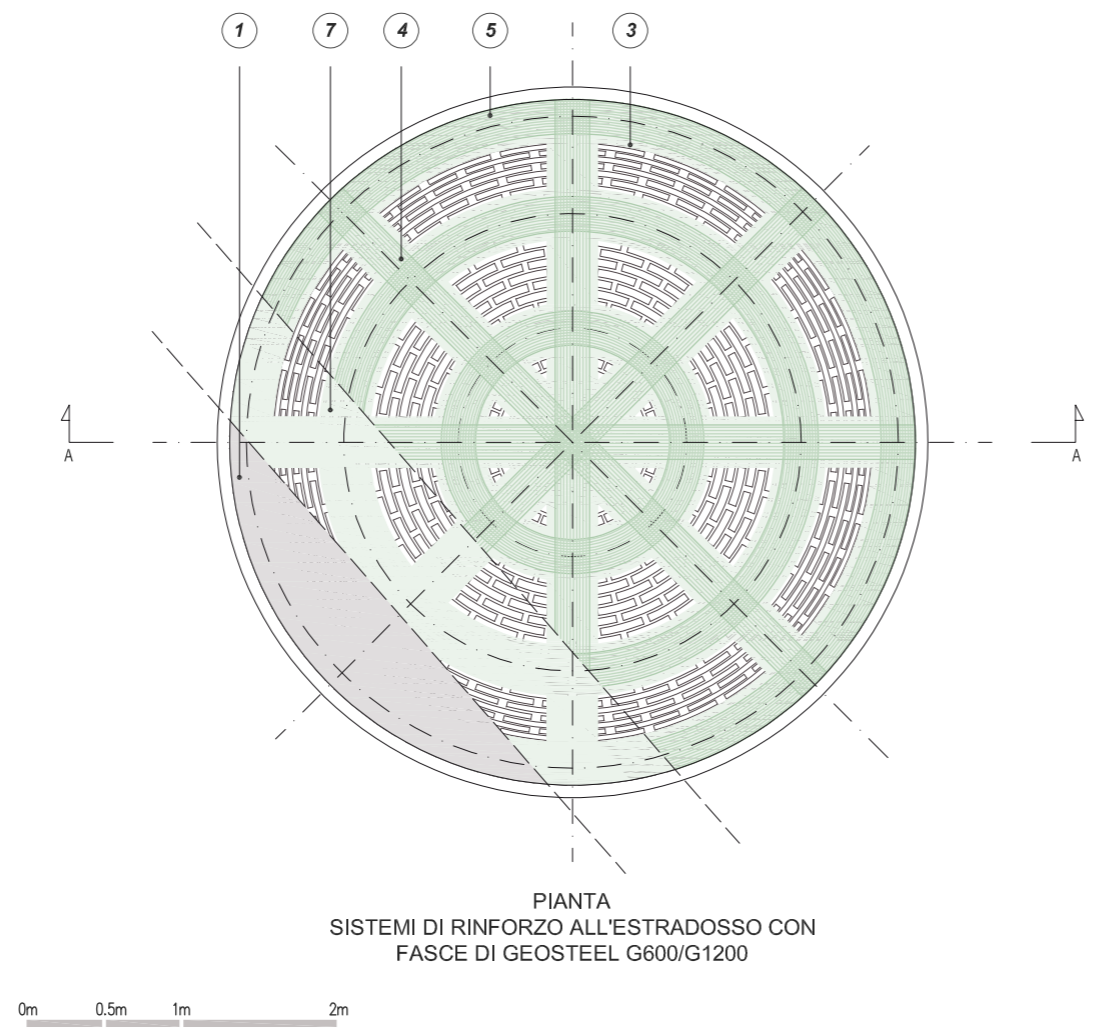
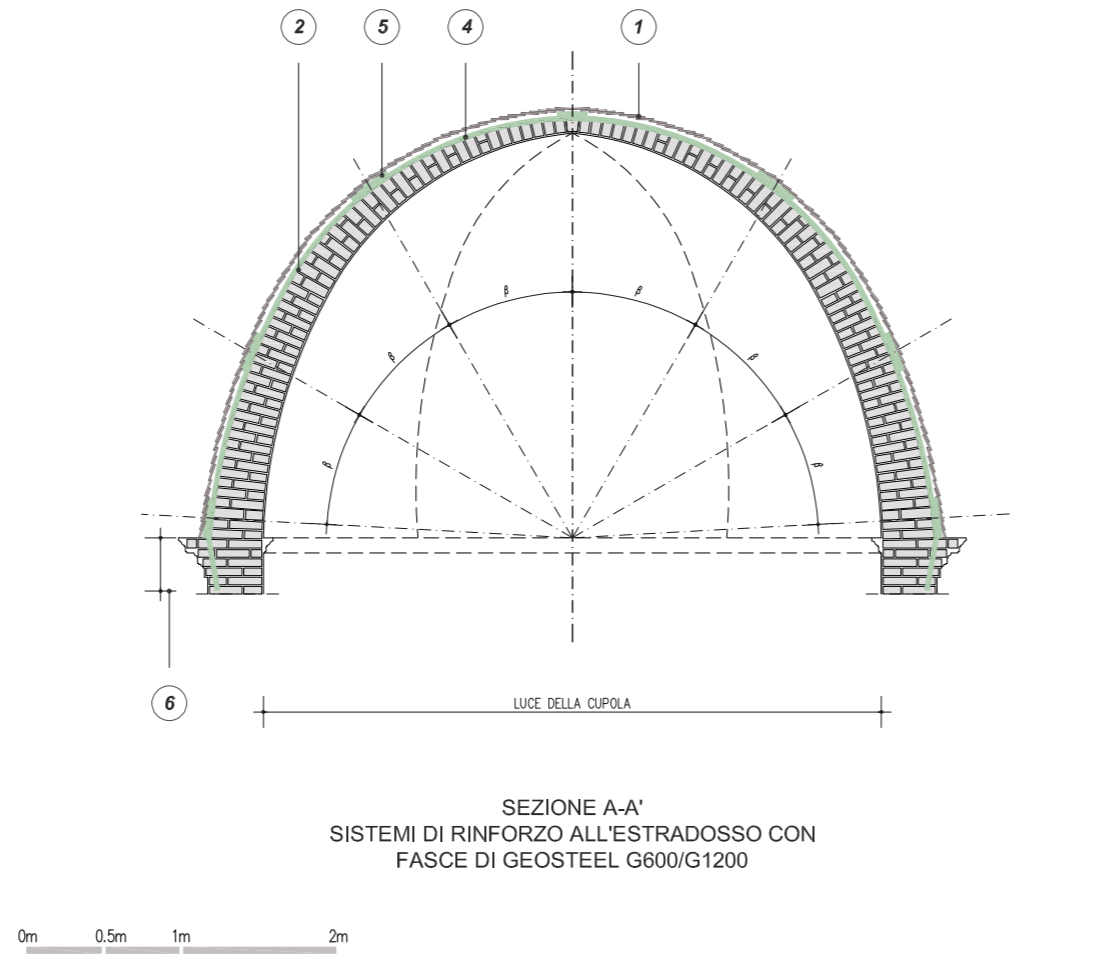
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

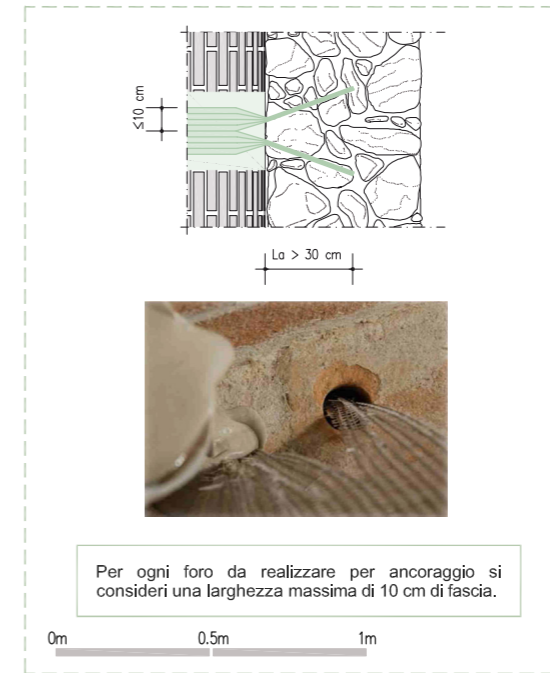
kerakoll

ENGINEERED BY

ASDEA



TIPOLOGIA DI CONNESSIONE CONSIGLIATA



TIPOLOGIA DI CONNESSIONE IN PRESENZA DI COSTOLONI



QUADRO NORMATIVO

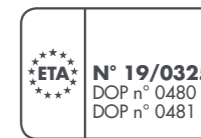
Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte  
L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti* e *cerchiature*. La posizione ottimale dei tiranti è al di sopra delle imposte degli archi, ma spesso tale soluzione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

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

- 1 EVENTUALE RIMOZIONE DELLA COPERTURA E RICOLLOCAZIONE DOPO L'INTERVENTO DI RINFORZO
- 2 PULIZIA DELLA SUPERFICIE DI ESTRADOSSO DELLA CUPOLA, EVENTUALE APPLICAZIONE DI FISSATIVO CONSOLIDANTE CORTICALE TIPO BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE O RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON GEOCALCE® F ANTISISMICO
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI GEOCALCE® F ANTISISMICO PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO GEOSTEEL G600/G1200 DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI 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
- 7 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 A.  
  
RASATURA FINALE PROTETTIVA CON GEOCALCE® F ANTISISMICO (SPESSORE MEDIO 2-5 mm), PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI. È NECESSARIO GARANTIRE LA CONTEMPORANEA MATURAZIONE DELLO STRATO INIZIALE E DI QUELLO FINALE CHE VA QUINDI APPLICATO QUANDO IL PRECEDENTE È ANCORA UMIDO

## 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

1. Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti. 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 rincoccatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Preparare, pulire e umidificare le superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
2. Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo strutturale in fibra di acciaio Steel Reinforced Grout (abbinamento di fibra di acciaio e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. La larghezza delle fasce e il passo sono a cura del tecnico abilitato. Per applicare le fasce stendere una prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra d'acciaio galvanizzato GEOSTEEL G600, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Disporre il tessuto in fasce lungo le direttrici dei paralleli e dei meridiani della cupola. Concludere l'applicazione con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con GEOCALCE F ANTISISMICO, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.

Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

### AVVERTENZE

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

### VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo di cupole con placcaggio intradossale di fasce di fibra in acciaio galvanizzato, con di sistema composito a matrice inorganica SRG (Steel Reinforced Grout), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da micro-trefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 fissati su una microrete in fibra di vetro, del peso netto di fibra di circa 670 g/m<sup>2</sup> - tipo GEOSTEEL G600 di Kerakoll Spa - avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm<sup>2</sup>; n° trefoli per cm = 1,57 con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832; spessore equivalente del nastro = 0,084 mm, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Ecode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm<sup>2</sup> - FP: B (EN 1015-12).

L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura; pulizia e umidificazione della superficie o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa del tessuto in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, avendo cura di garantire una completa impregnazione del tessuto ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti; eventuale ripetizione delle fasi di applicazione di tessuto e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, da installarsi ogni 30 - 40 cm lungo lo sviluppo di installazione della fascia, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 µm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Ecode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78).

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

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

1 \_\_\_\_\_

Esecuzione dei fori pilota.



2 \_\_\_\_\_

Bagnatura del supporto.



3 \_\_\_\_\_

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



4 \_\_\_\_\_

Installazione del tessuto in fibra d'acciaio GEOSTEEL.



5 \_\_\_\_\_

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



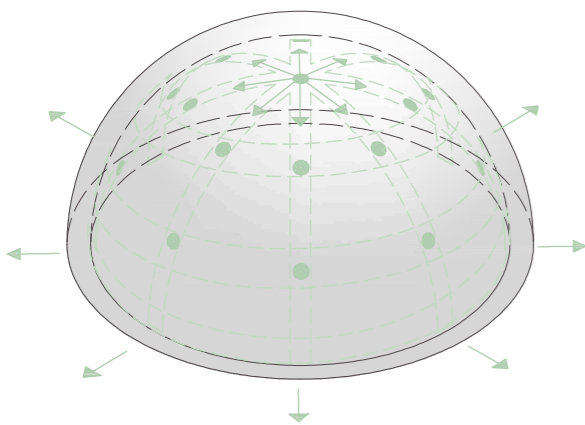
6 \_\_\_\_\_

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



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

Geoforceone  
Software

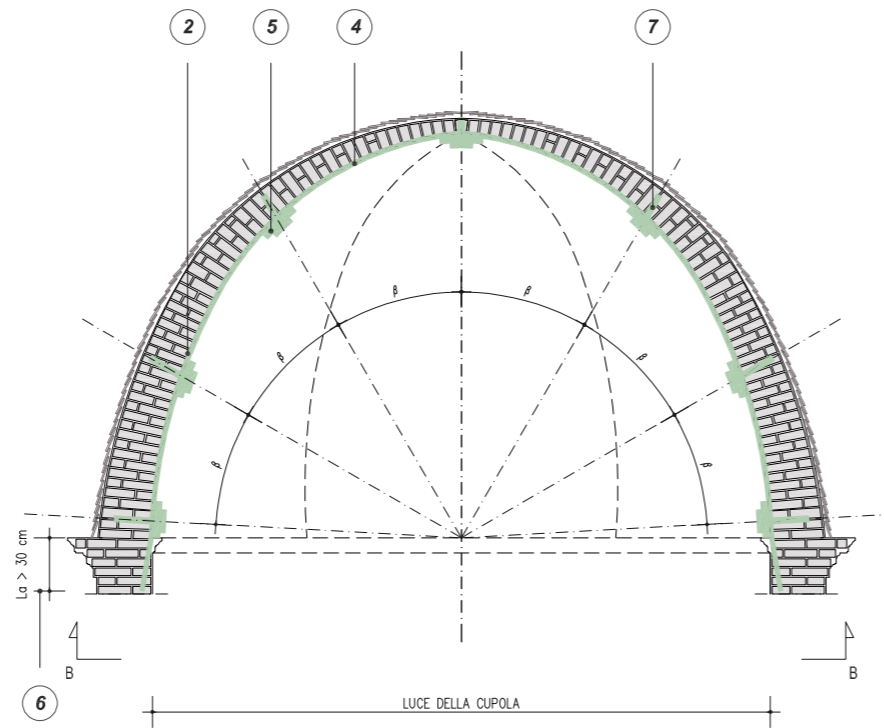


ASSONOMETRIA RINFORZO INTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

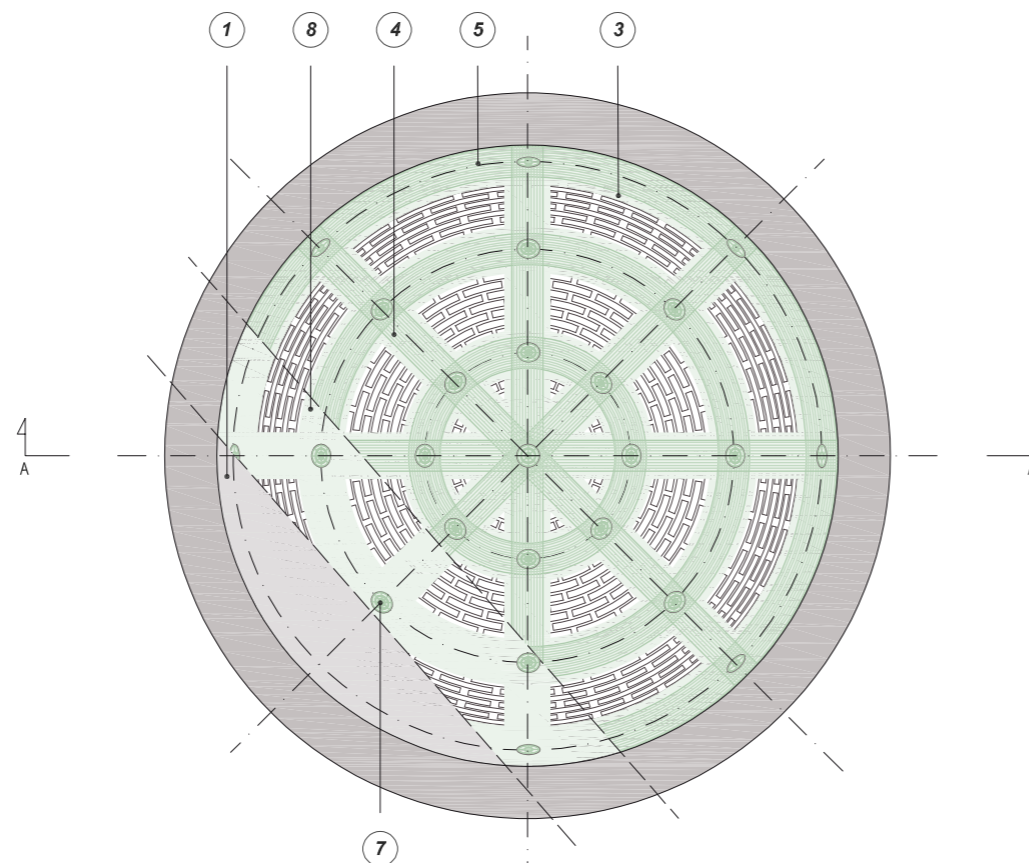
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

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



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

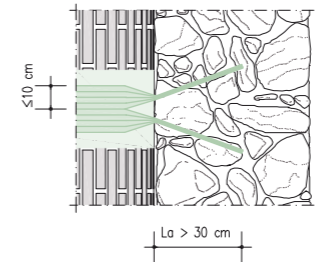
0m 0.5m 1m 2m



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 **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**
- 3 STESURA SUL SUPPORTO DI UNO SPESSORE MEDIO DI 3-5 mm DI **GEOCALCE® F ANTISISMICO** PER APPLICARE ED INGLOBARE IL TESSUTO DI RINFORZO
- 4 INSTALLAZIONE DEL TESSUTO **GEOSTEEL G600/G1200** DISPOSTO IN FASCE PARALLELE AI 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 A.
- 7 INSERIMENTO DI DIATONI A FIOCCO **GEOSTEEL G600/G1200**

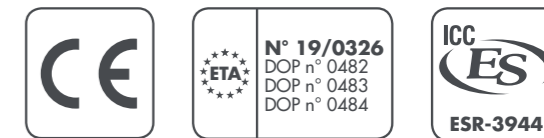
Per i sistemi di rinforzo posti all'intradosso è consigliabile prevedere connettori meccanici a fiocco **GEOSTEEL G600/G1200** per evitare fenomeni di peeling. Si consiglia un passo tra i connettori di 40 cm e comunque in corrispondenza degli incroci tra le fasce di rinforzo lungo i paralleli ed i meridiani.  
Consultare l'Appendice A per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.
- 8 RASATURA FINALE PROTETTIVA CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO** (SPESSORE MEDIO 2-5 mm), PER INGLOBARE IL RINFORZO E CHIUDERE EVENTUALI VUOTI. È NECESSARIO GARANTIRE LA CONTEMPORANEA MATURAZIONE DELLO STRATO INIZIALE E DI QUELLO FINALE CHE VA QUINDI APPLICATO QUANDO IL PRECEDENTE È ANCORA UMIDO

QUADRO NORMATIVO

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

# 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 calce idraulica naturale



## PRESCRIZIONE

- Preparazione dei supporti. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti, pulire la superficie di estradosso sino alla messa a nudo degli elementi strutturali ed eseguire sigillatura e rincoccatura delle eventuali lesioni presenti sia nella parte intradossale sia estradossale con scaglie di materiale idoneo e impiego della geomalta GEOCALCE F ANTISISMICO compatibile con la malta esistente, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Eseguire la soffiatura conclusiva delle volte mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. In caso di intradosso affrescato applicare in alternativa fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta estradossale con rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, Fabric Reinforced Cementitious Matrix (abbinamento di rete in fibra di basalto e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali e realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere una prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con GEOCALCE F ANTISISMICO, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. 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 impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200 pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interassi tra un connettore e quello subito adiacente.

## AVVERTENZE

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

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

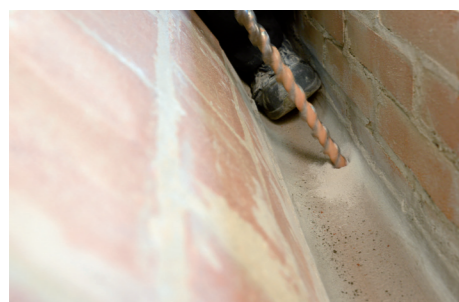
Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

## VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo estradossale diffuso di cupole con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, - tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico E > 200 GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione ≥ 3000 MPa, modulo elastico E ≥ 87 GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente t<sub>r</sub> (0°-90°) = 0,032 mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo ≈ 200 g/m<sup>2</sup>, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta naturale è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm<sup>2</sup> - FP: B (EN 1015-12). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la cupola, sigillatura e rincoccatura di eventuali lesioni estradossali e intradossali con scaglie di materiale idoneo allestite con la geomalta (da contabilizzare a parte); messa a nudo degli elementi strutturali, pulizia e umidificazione delle superfici o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, posa della rete, garantendo una completa impregnazione della rete ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente la rete di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; ancoraggio delle estremità della rete (da contabilizzare a parte) con inserimento di connettori realizzati con un tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microfili di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 - tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa - avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm<sup>2</sup>; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiochettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghissata ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti la cupola, la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; gli ancoraggi delle estremità della rete; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

1 \_\_\_\_\_

Esecuzione dei fori pilota.



2 \_\_\_\_\_

Preparazione, pulizia e umidificazione delle superfici.



3 \_\_\_\_\_

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



4 \_\_\_\_\_

Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.



5 \_\_\_\_\_

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



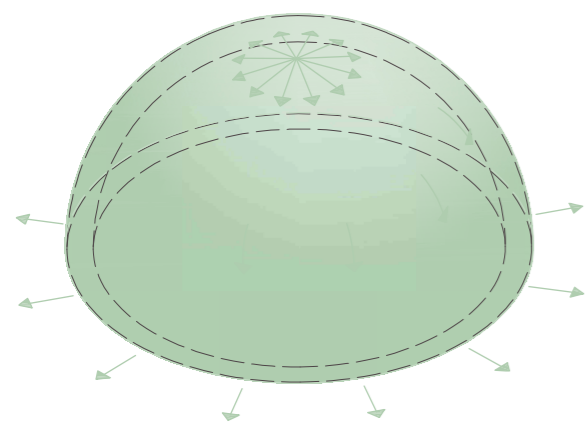
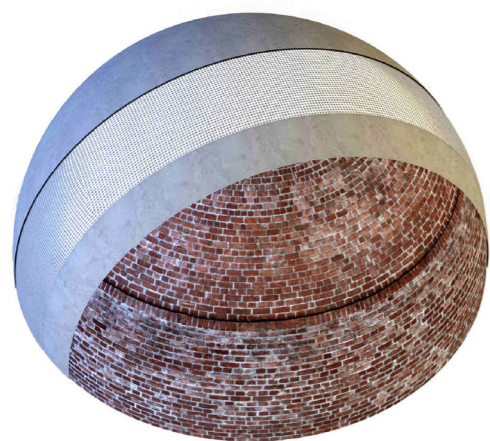
6 \_\_\_\_\_

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



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

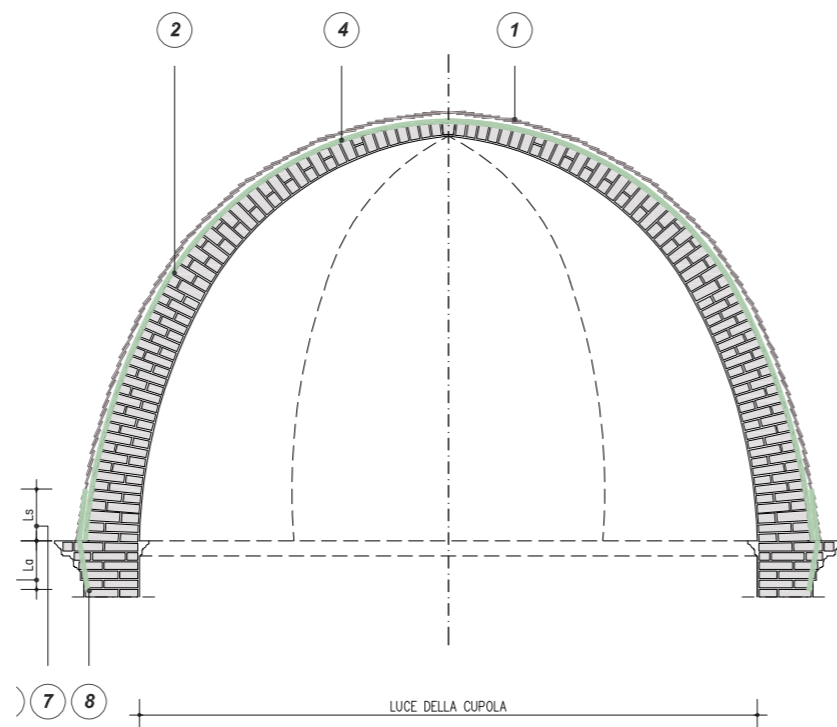
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

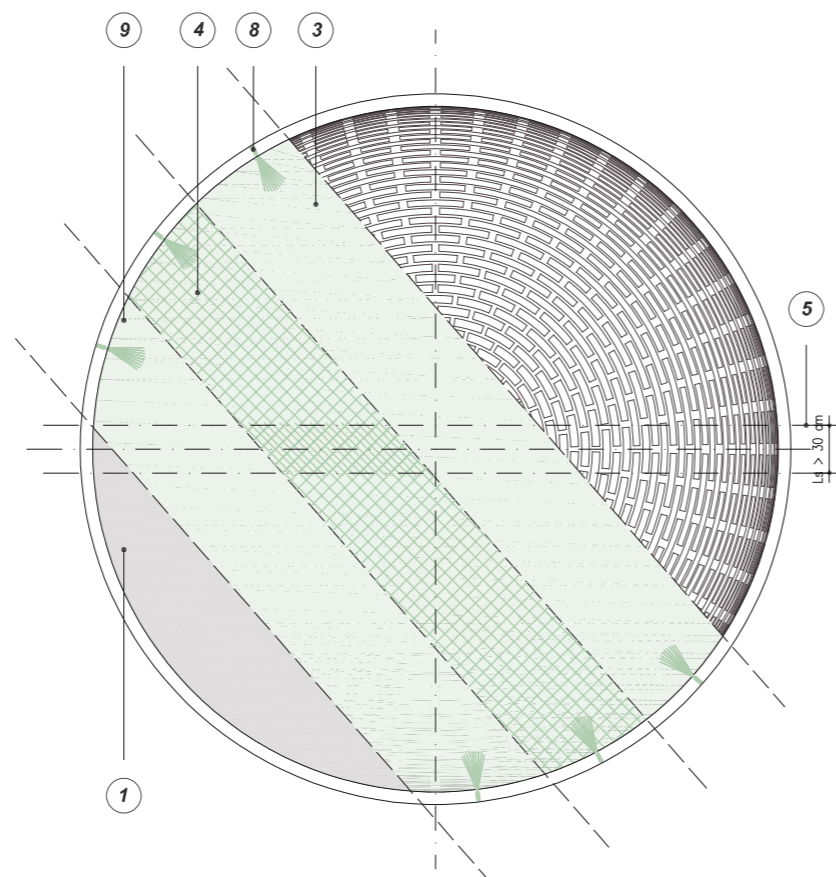
ENGINEERED BY

ASDEA



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

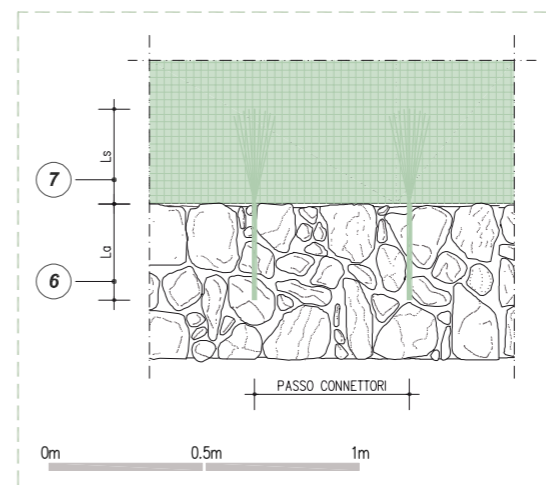
0m 0.5m 1m 2m



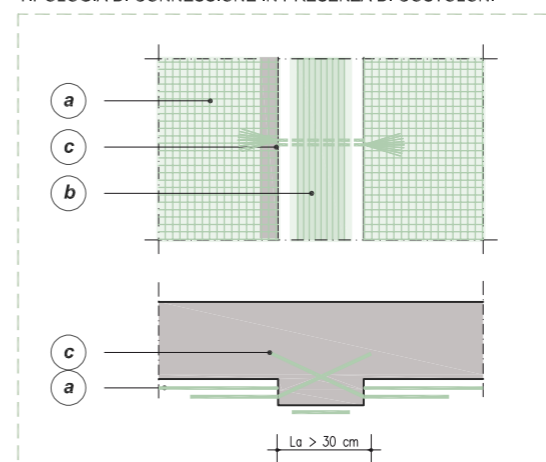
PIANTA  
SISTEMI DI RINFORZO ALL'ESTRADOSSO CON RETE DIFFUSA GEOSTEEL GRID 200/400 O RINFORZO ARV 100

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 ANTISMICO

a

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

b

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

c

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 estradosso possono essere realizzati con elementi dotati anche di rigidità flessionale (elementi di limitata sezione) e aggiungendo tiranti inclinati a questi connessi e ancorati a livello delle imposte (catene a braga).  
La realizzazione di contrafforti (o ringrossi murari) è utile nei confronti delle sollecitazioni non sismiche, ma il loro effetto in caso di azioni sismiche deve essere adeguatamente valutato, a causa dei potenziali effetti locali connessi al significativo irrigidimento.  
Per il consolidamento di archi e volte è possibile anche il ricorso a tecniche di rinforzo estradosso basate sull'utilizzo di compositi fibrorinforzati. (Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 - Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018, §C8.7.4 - 5)

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

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

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

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

4 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

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

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

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

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 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 B per ulteriori informazioni sui diatoni.

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



# 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. Provvedere all'eventuale svuotamento e alleggerimento degli strati sovrastanti. 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 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 soffiatura conclusiva della cupola mediante aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici. Realizzare eventuale applicazione di fissativo consolidante corticale tipo BIOCALCE SILICATO CONSOLIDANTE o RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE, nel caso di supporti in gesso isolare preventivamente con RASOBUILD ECO CONSOLIDANTE.
- Applicazione del sistema di rinforzo. Eseguire il sistema di rinforzo diffuso su tutta la calotta intradossale con rete in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, Fabric Reinforced Cementitious Matrix (abbinamento di rete in fibra di basalto e malta minerale a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante) avendo cura di disporre la rete in modo uniforme su tutta la superficie, secondo quanto indicato dal progettista abilitato e seguendo gli schemi grafici riportati in tavola allegata. Per garantire uniformità della superficie, evitare le sovrapposizioni longitudinali ed avere cura di realizzare una sovrapposizione laterale tale da garantire il corretto funzionamento del rinforzo. Per applicare le fasce stendere una prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore medio 3 - 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente applicare sulla matrice ancora fresca la rete biassiale in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi, GEOSTEEL GRID 200, garantendo il perfetto inglobamento della rete nello strato di matrice, esercitando un'energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dalla rete per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. Concludere l'applicazione con la rasatura finale protettiva (spessore medio 2 - 5 mm) sempre realizzata con GEOCALCE F ANTISISMICO, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca. Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, realizzare i sistemi di connessione impiegando il tessuto GEOSTEEL G600 o G1200, pretagliato al fine di ottenere una lunghezza d'ancoraggio pari a quella prevista e verificata dal progettista. È compito del progettista dimensionare gli eventuali interessi tra un connettore e quello subito adiacente.

### AVVERTENZE

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

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

Intervento compatibile con i sistemi deumidificanti Kerakoll.

### VOCE DI CAPITOLATO

Rinforzo intradossale diffuso di cupole con sistema composito a matrice inorganica FRCM (Fabric Reinforced Cementitious Matrix), provvisto di Marcatura CE tramite Valutazione Tecnica Europea (ETA) ai sensi dell'art. 26 del Regolamento UE n. 305/2011 o di certificazione internazionale di comprovata validità, realizzato con rete bilanciata in fibra di basalto e acciaio Inox AISI 304, - tipo GEOSTEEL GRID 200 di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: acciaio Inox AISI 304, con speciale trattamento protettivo alcali resistente con resina all'acqua priva di solventi; resistenza a trazione del filo > 750 MPa, modulo elastico E > 200 GPa; fibra di basalto: resistenza a trazione ≥ 3000 MPa, modulo elastico E ≥ 87 GPa; dimensione della maglia 17x17 mm, spessore equivalente t<sub>r</sub> (0°-90°) = 0,032 mm, massa totale comprensiva di termosaldatura e rivestimento protettivo ≈ 200 g/m<sup>2</sup>, impregnato con geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, inerti di sabbia silicea e calcare dolomitico in curva granulometrica 0-1,4 mm, GreenBuilding Rating 5 - tipo GEOCALCE F ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), classe di resistenza R1 PCC (EN 1504-3), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 12190), modulo elastico 9 GPa (EN 13412), adesione al supporto a 28 gg > 1,0 N/mm<sup>2</sup> - FP: B (EN 1015-12). L'intervento si svolge nelle seguenti fasi: eventuale preparazione delle superfici da rinforzare, mediante rimozione dell'intonaco esistente, ripristino di eventuali lesioni mediante cucitura (da contabilizzare a parte); pulizia e umidificazione della superficie o posa di fissativo consolidante corticale; stesura di un primo strato di geomalta, di spessore di circa 3 - 5 mm; con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete, garantendo una completa impregnazione del tessuto ed evitando la formazione di eventuali vuoti che possano compromettere l'adesione del tessuto alla matrice o al supporto; esecuzione del secondo strato di geomalta, di spessore di circa 2 - 5 mm al fine di inglobare totalmente il tessuto di rinforzo e chiudere i vuoti sottostanti; ripetizione delle fasi di applicazione di rete e geomalta per tutti gli strati successivi di rinforzo previsti da progetto; collaborazione con inserimento di connettori (da contabilizzare a parte) realizzati con tessuto unidirezionale in fibra di acciaio galvanizzato ad altissima resistenza, formato da microtrefoli di acciaio prodotti secondo norma ISO 16120-1/4 2017 - tipo GEOSTEEL di Kerakoll Spa - avente le seguenti caratteristiche tecniche certificate: resistenza a trazione valore caratteristico > 3000 MPa; modulo elastico > 190 GPa; deformazione ultima a rottura > 1,5%; area effettiva di un trefolo 3x2 (5 fili) = 0,538 mm<sup>2</sup>; con avvolgimento dei fili ad elevato angolo di torsione conforme alla norma ISO/DIS 17832, previa realizzazione del foro d'ingresso di idonee dimensioni, confezionamento del connettore metallico mediante taglio, "sfiocchettatura", e arrotolamento finale del tessuto in fibra d'acciaio, con bloccaggio dello stesso mediante fascetta plastica, inserimento del connettore preformato all'interno del foro con iniezione a bassa pressione finale di geomalta ad altissima igroscopicità e traspirabilità, iperfluida, ad elevata ritenzione d'acqua a base di pura calce naturale NHL 3.5 e Geolegante minerale, intervallo granulometrico 0-100 μm, GreenBuilding Rating 5, provvista di marcatura CE - tipo GEOCALCE FL ANTISISMICO di Kerakoll Spa - caratteristiche tecniche certificate: alta efficacia nel ridurre gli inquinanti interni, non permette lo sviluppo batterico (Classe B+) e fungino (Classe F+) misurazione con metodo CSTB, certificato a bassissime emissioni di VOC con conformità EC 1 Plus GEV-Emicode, emissione di CO<sub>2</sub> ≤ 250 g/kg, contenuto di materiali riciclati ≥ 30%. La geomalta è provvista di marcatura CE, classe della malta M15 (EN 998/2), reazione al fuoco classe A1 (EN 13501-1), permeabilità al vapore acqueo da 15 a 35 (EN 1745), resistenza a compressione a 28 gg ≥ 15 N/mm<sup>2</sup> (EN 1015-11), modulo elastico 9,5 GPa (EN 13412), tensione di aderenza della barra inghisata ≥ 3,5 MPa (RILEM-CEB-FIPRC6-78). È compresa la fornitura e posa in opera di tutti i materiali sopra descritti e quanto altro occorre per dare il lavoro finito. Sono esclusi: l'eventuale rimozione dell'intonaco esistente e la bonifica delle zone degradate e ripristino del substrato; i connettori e l'iniezione degli stessi e tutti gli oneri necessari per la loro realizzazione; le prove di accettazione del materiale; le indagini pre- e post-intervento; tutti i sussidi necessari per l'esecuzione dei lavori. Il prezzo è ad unità di superficie di rinforzo effettivamente posto in opera comprese le sovrapposizioni.

## 1

Realizzazione dei fori pilota.



## 2

Applicazione prima mano di GEOCALCE F ANTISISMICO.



## 3

Installazione della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID.



## 4

Taglio della rete biassiale in fibra di basalto GEOSTEEL GRID a livello dei fori di iniezione.



## 5

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



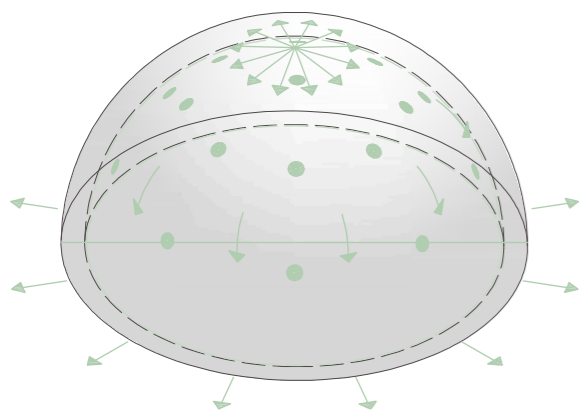
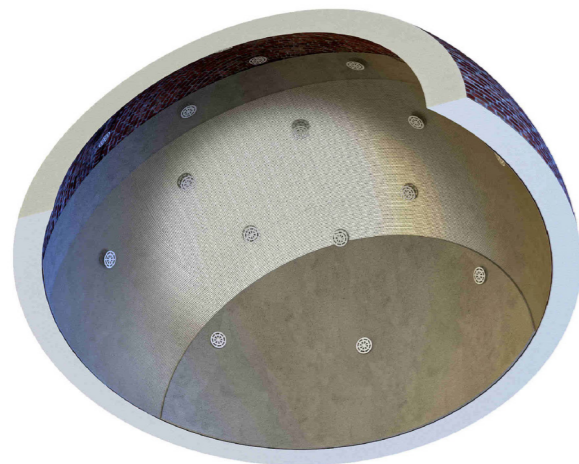
## 6

Inghisaggio dei sistemi di connessione con GEOCALCE FL ANTISISMICO.



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

Geoforceone  
Software



ASSONOMETRIA RINFORZO INTRADOSSALE DELLA CUPOLA

NOTE

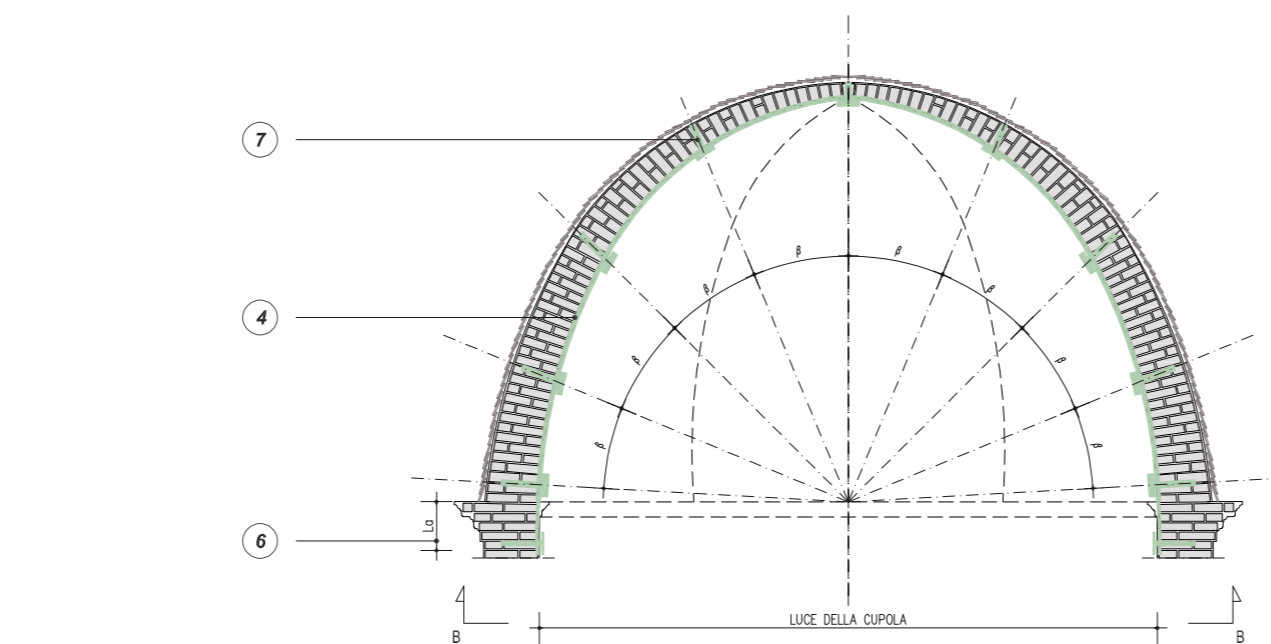
I disegni rappresentano a titolo esemplificativo un apparecchio murario in pietra con volta in laterizio, lo schema rimane invariato se ci si trova in presenza di muratura di pietra, laterizio o tufo. In presenza di muratura caotica è sempre consigliabile effettuare un intervento combinato mediante iniezioni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

POWERED BY

kerakoll

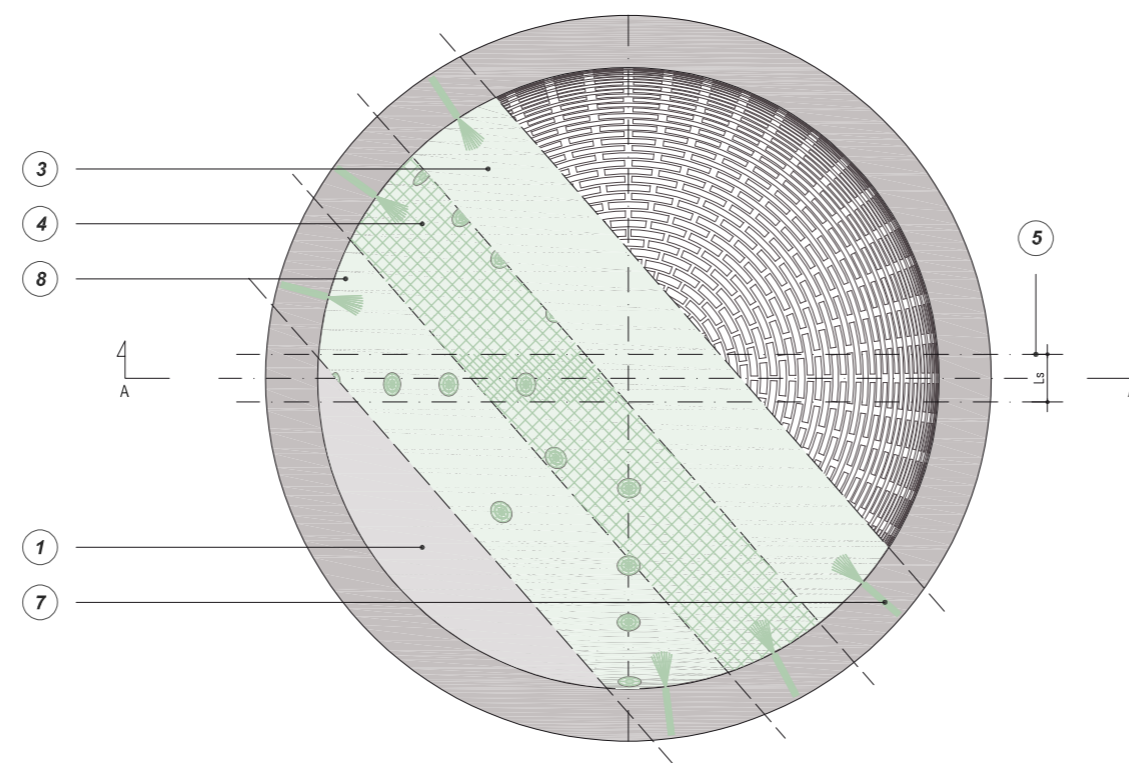
ENGINEERED BY

ASDEA



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

0m 0.5m 1m 2m



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

QUADRO NORMATIVO

Contenimento delle spinte e consolidamento di archi e volte  
L'assorbimento delle spinte di strutture voltate, particolarmente importante in caso di sisma, può essere ottenuto con *tiranti* e *cerchiature*. La posizione ottimale dei tiranti 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 **BIOCALCE® SILICATO CONSOLIDANTE** O **RASOBUILD® ECO CONSOLIDANTE**, EVENTUALE RICOSTRUZIONE DELLA CONTINUITÀ MATERICA ED EVENTUALE REGOLARIZZAZIONE DELLA SUPERFICIE CON **GEOCALCE® F ANTISISMICO**

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

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

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

La rete in fibra naturale di basalto ed acciaio inox **GEOSTEEL GRID 200/400** 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 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 B per dettagli più approfonditi sulle modalità di montaggio dei connettori.

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