

## SCHEDA INTERVENTO

Chiesa di Sant' Agata del Carmine  
 Comune di Bergamo



Con l'obiettivo di restituire all'antico edificio le riserve di duttilità e di stabilità che i danni allora subiti le avevano fatto perdere in larga misura, si è quindi deciso di dare priorità agli interventi di consolidamento statico, insieme all'adeguamento dell'edificio alla normativa sul superamento delle barriere architettoniche e alla messa a norma dell'impianto elettrico, rinviando a prossime ed auspicate disponibilità economiche il restauro delle superfici murarie e di adeguamento di tutti gli impianti ormai obsoleti.

Il progetto di restauro prevede un intervento organico ed articolato sulla fabbrica il cui stato di conservazione è precario a causa della forte presenza di umidità di risalita e dell'umidità proveniente dalle coperture: la manutenzione straordinaria della copertura, la collocazione di nuovi serramenti esterni, l'eliminazione dell'umidità di risalita, il rifacimento del pavimento e dell'impianto di riscaldamento, il recupero degli intonaci.

Tutte le scelte progettuali sono state concordate e approvate dalla Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici di Milano nel giugno del 2009 e la Curia Vescovile di Bergamo ha dato il benestare per l'inizio del 1° lotto di lavori, che è stato realizzato anche grazie al contributo della Regione Lombardia.

La Chiesa di Sant' Agata del Carmine si trova sulla via principale di Bergamo Alta e, dopo il Duomo e Santa Maria Maggiore, è uno degli edifici religiosi più importanti della città antica.

A navata unica, l'edificio presenta una serie di cappelle laterali; tra queste la più importante e imponente è la Cappella Juvarra. Conseguentemente ad alcuni lavori di scavo a confine con la chiesa, eseguiti in passato, si sono verificati dei cedimenti strutturali con la formazione di lesioni lungo il lato sinistro della navata. È stato quindi, a suo tempo, progettato ed eseguito un intervento di consolidamento che, lavorando sulle fondazioni della chiesa, ha consentito di trasferire grossi carichi delle murature sovrastanti a quote profonde e stabili della roccia di substrato.

Il quadro fessurativo principale, caratterizzato da importanti lesioni e dissesti, interessava:

- l'intradosso dell'arco di trionfo fino all'altezza della volta;
- l'arco e il cornicione sopra la cappella Juvarra;
- l'altare e i gradini della cappella Juvarra;
- il lato nord della cappella Juvarra;
- parte di facciata tra la cappella Juvarra e la cappella di Sant'Agata;
- parti estese di cornicione tra la cappella Juvarra, la cappella di Sant'Agata e l'altare maggiore.

Il monitoraggio statico, eseguito nel 2008, aveva confermato la sostanziale conservazione delle ampiezze fessurative rilevate con precedente monitoraggio del 1999 e la piena stabilità ormai raggiunta dall'edificio, restavano comunque le lesioni sulle strutture in elevazione, la cui continuità doveva essere ripristinata.

Qualche anno fa un fulmine si abbatteva sul campanile producendo danni limitati alla zona delle catene e dei decori presso l'arco della cella campanaria sul lato est, con effetto che si estendeva localmente anche al risvolto sui due lati adiacenti.

Nel dicembre 2008 è ripresa l'attività del cantiere adiacente e, successivamente, il nuovo cantiere di restauro architettonico della Chiesa del Carmine.



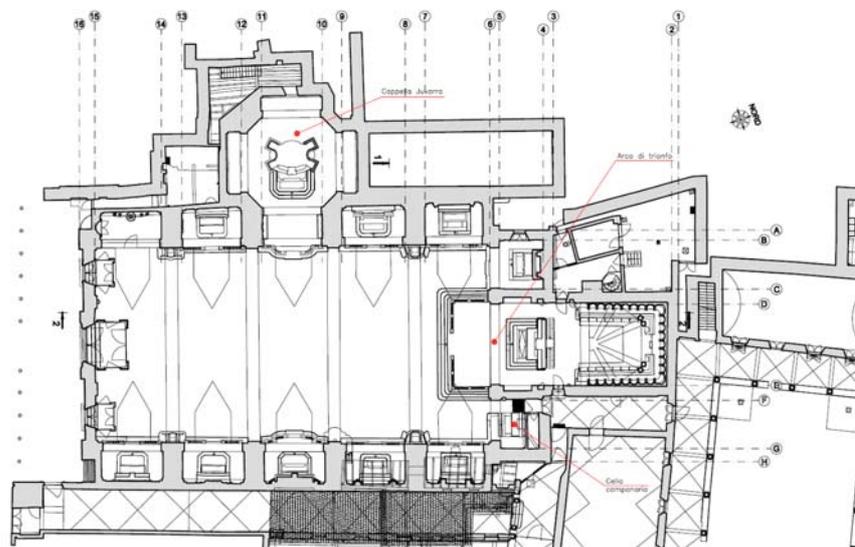


L'intervento di consolidamento di alcune delle strutture della Chiesa di Sant' Agata del Carmine a Bergamo, che rientra in un più ampio progetto di restauro del complesso dell'intera fabbrica, rappresenta un esempio particolarmente significativo per la trattazione delle problematiche che interessano il campo degli ancoraggi iniettati nelle murature storiche.

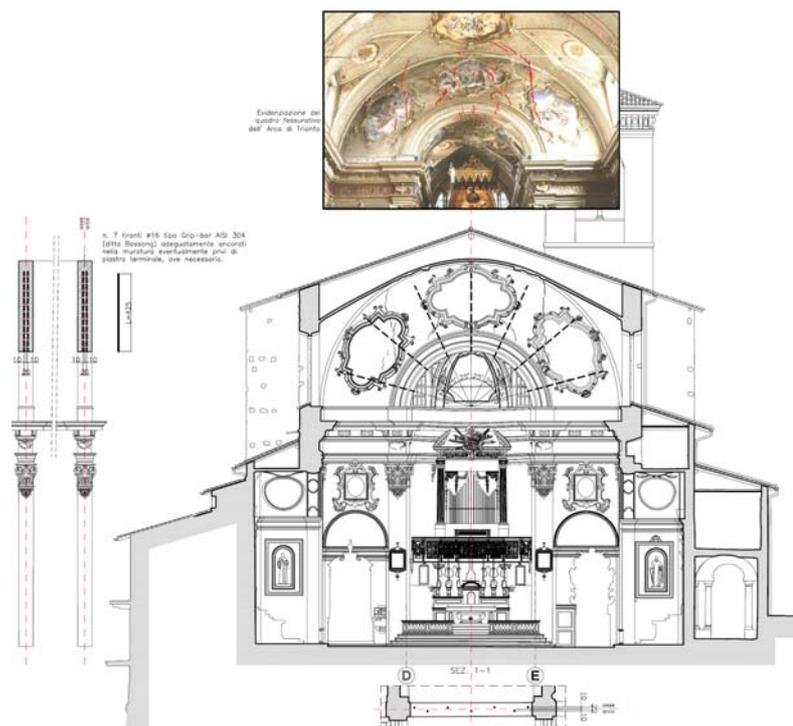
L'applicazione di specifiche tecniche di ancoraggio ha permesso di affrontare la soluzione di diverse problematiche, valutando, per ogni singolo intervento, la soluzione che meglio potesse garantire un giusto compromesso tra sicurezza e conservazione. In seguito vengono descritti, nello specifico, gli interventi di consolidamento effettuati con ancoraggi con calza sulle diverse strutture della Chiesa; a completamento di questi l'inserimento successivo di una lunga catena di circa 30,00 metri posizionata longitudinalmente nella muratura della navata (lato ovest), all'altezza del cornicione, allo scopo di legare la serie di archi delle cappelle laterali.

### Arco di trionfo

Il pesante quadro fessurativo è stato ripreso mediante cuciture in direzione radiale operate dal basso; la possibilità, verificata in fase esecutiva, di realizzare perfori passanti, raggiungendo la nervatura all'estradosso dell'arco, ha permesso di inserire, ad entrambe le estremità, intradosso ed estradosso dell'arco, piastre di ancoraggio; la soluzione iniziale di progetto prevedeva ancoraggi ciechi. Fondamentale per quest'applicazione la presenza della calza a contenimento del materiale iniettato coassialmente alle cuciture, sia per la salvaguardia degli elementi decorativi, stucchi e affreschi, sia per la possibilità di effettuare iniezioni dal basso verso l'alto senza colatura di materiale.



Indicazione delle strutture oggetto di intervento: arco di trionfo, cappella Juvarra e cella campanaria

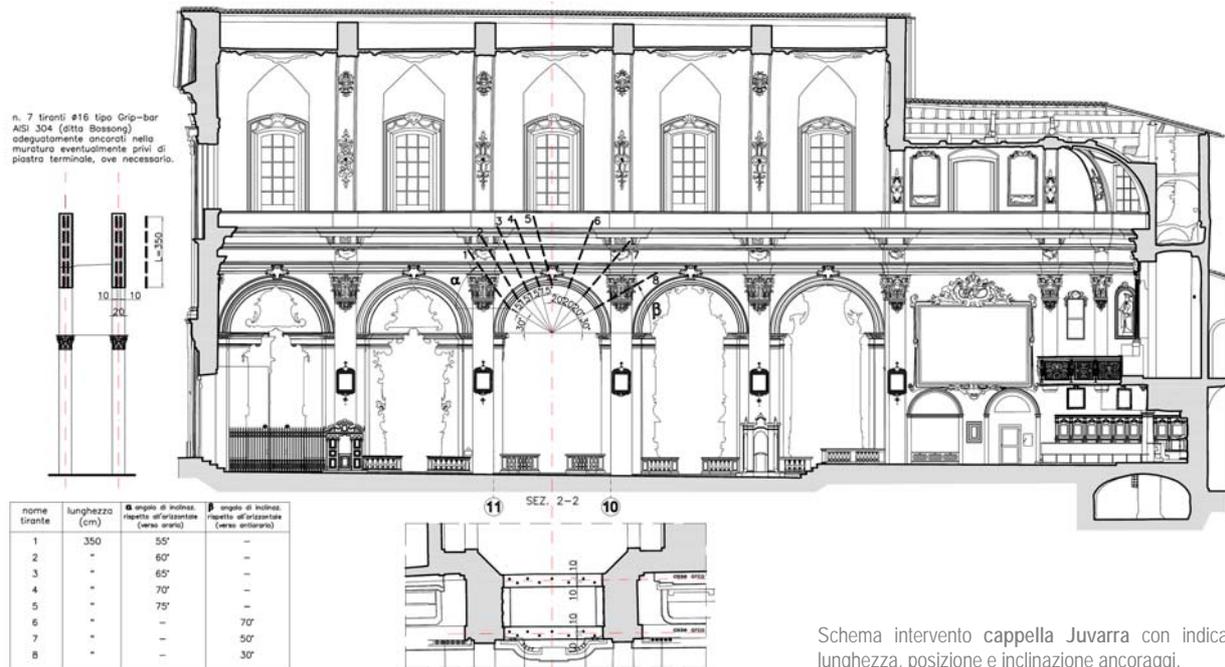


Schema intervento arco di trionfo con indicazione lunghezza, posizione e inclinazione ancoraggi.

## Case Histories – Scheda di Intervento

### Arco della Cappella Juvarra

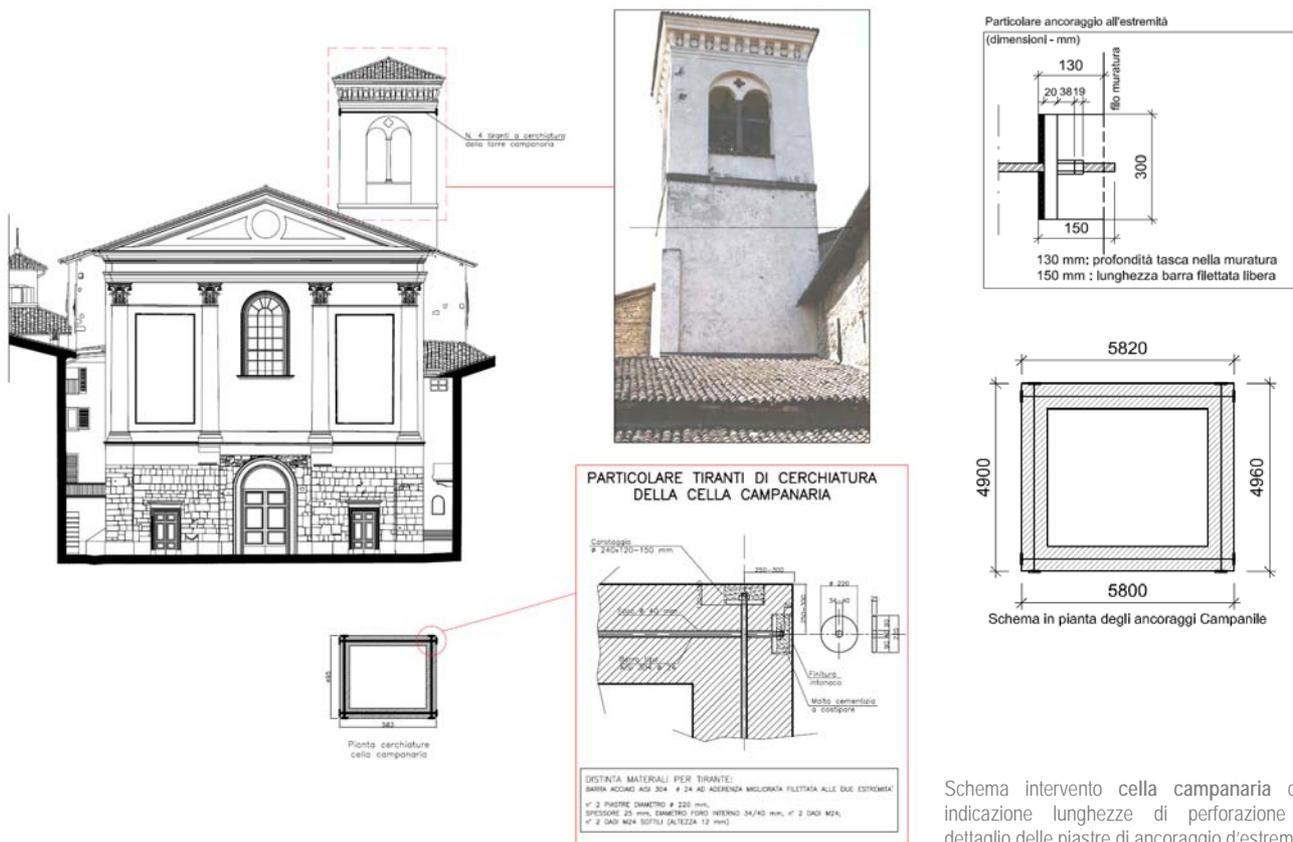
La situazione è simile a quella riscontrata in corrispondenza dell'arco di trionfo e di conseguenza anche i criteri adottati per il consolidamento. La cappella presenta un doppio arco a chiusura del tratto di accesso alla volta della cappella stessa ed entrambi gli archi, sia quello esterno che quello interno, sono stati oggetto di intervento. In questo caso solo alcune delle cuciture radiali sono state realizzate con piastre ad entrambe le estremità, intradosso ed estradosso degli archi, mentre nelle restanti la piastra è stata collocata solo all'intradosso.



Schema intervento cappella Juvarra con indicazione lunghezza, posizione e inclinazione ancoraggi.

### Cella campanaria

I principali dissesti riscontrati a seguito dell'abbattimento di un fulmine sulla struttura hanno interessato principalmente la zona delle catene degli archi della cella e gli elementi in aggetto. Da qui la necessità di realizzare una cerchiatura completa in sommità con l'inserimento di quattro ancoraggi inseriti, previa perforazione, nella mezzera dello spessore della muratura. Le piastre collocate alle estremità sono state inserite sottotraccia e mascherate con il ripristino delle superfici intonacate.



Schema intervento cella campanaria con indicazione lunghezze di perforazione e dettaglio delle piastre di ancoraggio d'estremità

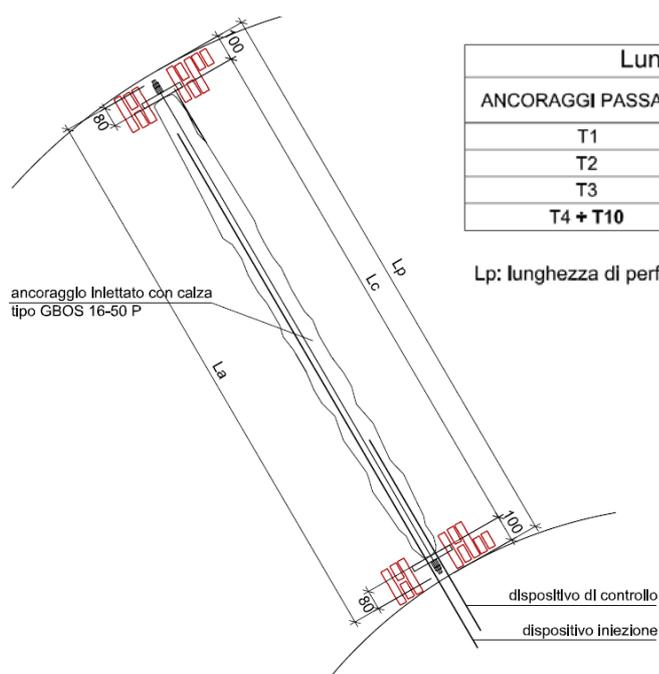
Informazioni progettuali e disegni estratti da: "Progetto di restauro della Chiesa di Sant' Agata del Carmine - Relazione sul consolidamento statico" Dr. Ing. Marco Verdina. Immagine iniziale tratta dal sito: [www.flickr.com](http://www.flickr.com)

## DESCRIZIONE INTERVENTO

### Chiesa di Sant' Agata del Carmine (Bg)

Descrizione	Diametro	Lunghezza totale
<b>INTERVENTI SULL'ARCO TRIONFALE</b>		
n. 10 ancoraggi iniettati con calza radiali inclinati passanti mod. GBOS 16-50 P costituiti da barre tipo GBOS 16/304 in acciaio inossidabile AISI 304 con filettatura continua su tutta la lunghezza, completi di calza per il controllo dell'iniezione della malta, appositi tubicini di iniezione, connessioni (manicotti di giunzione) in acciaio inossidabile AISI 316 (A4) e malta Presstec specifica per iniezioni con calza; piastre di chiusura all'estremità in acciaio inossidabile AISI304 (A2).	16 mm	2,06 – 7,98 m
perforazioni inclinate con sonda diamantata con funzionamento a sola rotazione	50 mm	2,10 – 8,00 m

#### Schema ancoraggio passante – arco di trionfo

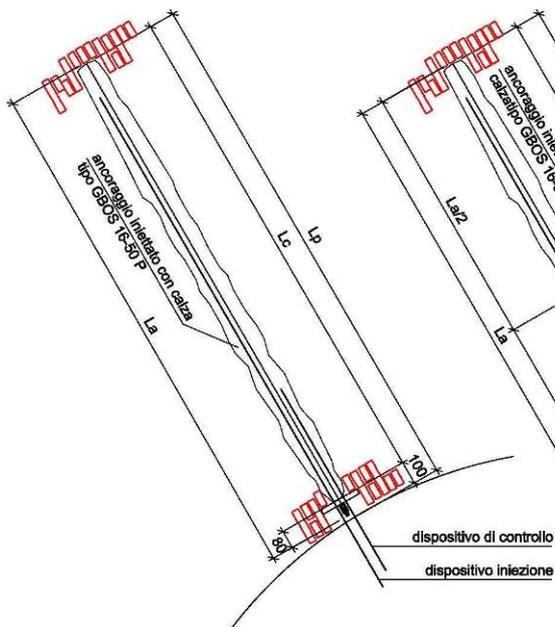


Lunghezze ancoraggi Arco di Trionfo (in mm)			
ANCORAGGI PASSANTI	Lp	Lc (Lp +200mm)	La (Lc + 160mm)
T1	1300	1100	1260
T2	2800	2600	2760
T3	5000	4800	4960
<b>T4 + T10</b>	<b>5500</b>	<b>5300</b>	<b>5460</b>

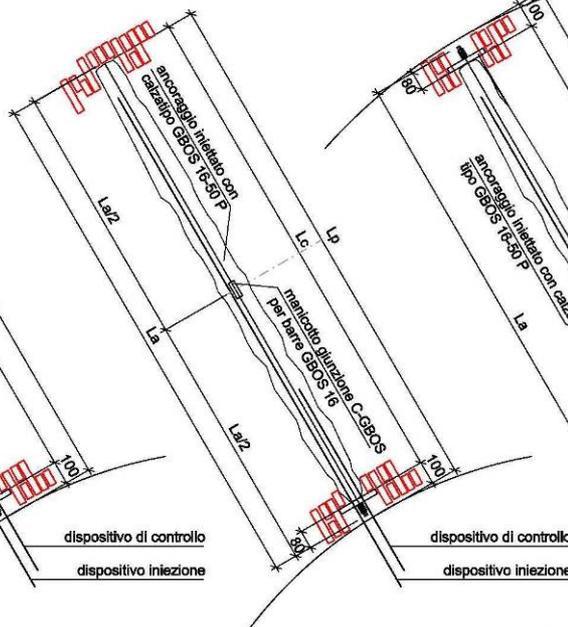
Lp: lunghezza di perforazione , Lc: lunghezza della calza, La: lunghezza totale ancoraggio

Descrizione	Diametro	Lunghezza totale
<b>INTERVENTI SUGLI ARCHI DELLA CAPPELLA JUVARRA</b>		
n. 16 ancoraggi iniettati con calza radiali inclinati (n.13 ciechi e n.3 passanti) mod. GBOS 16-50 P costituiti da barre tipo GBOS 16/304 in acciaio inossidabile AISI 304 con filettatura continua su tutta la lunghezza, complete di calza per il controllo dell'iniezione della malta, appositi tubicini di iniezione, connessioni (manicotti di giunzione) in acciaio inossidabile AISI 316 (A4) e malta Presstec specifica per iniezioni con calza; piastre di chiusura all'estremità in acciaio inossidabile AISI304 (A2).	16 mm	1,26 – 5.46 m
perforazioni inclinate con sonda diamantata con funzionamento a sola rotazione	50 mm	1,30 – 5,50 m

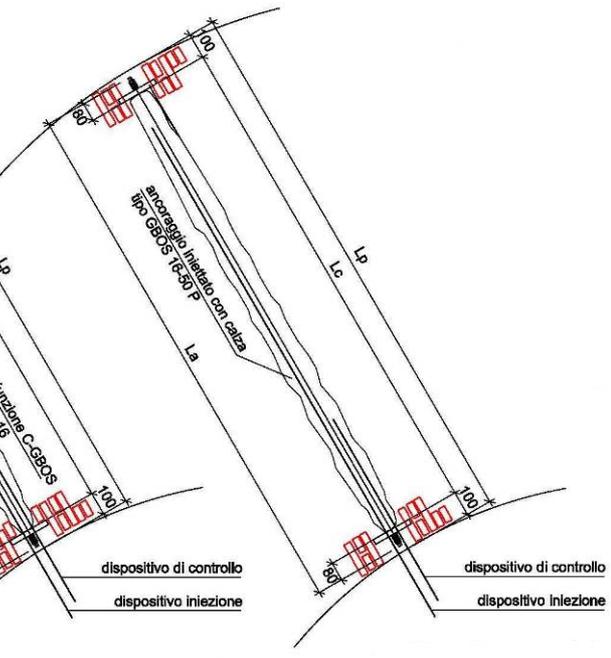
Schema ancoraggio cieco



Schema ancoraggio cieco con manicotto di giunzione



Schema ancoraggio passante



Lunghezze ancoraggi Arco Cappella Juvarra (in mm)

ANCORAGGI CIECHI	Lp	Lc (Lp -100mm)	La (Lc + 80mm)
S1	4900	4800	4880
S2 - S4 - D3 - D4	4000	3900	3980
S3	3750	3650	3730
D2	3900	3800	3880
ANCORAGGI PASSANTI	Lp	Lc (Lp -200mm)	La (Lc + 160mm)
D5	2100	1900	2060

Lunghezze ancoraggi Arco Cappella Juvarra (in mm)

ANCORAGGI CIECHI	Lp	Lc (Lp -100mm)	La (Lc + 80mm)
N. 3	4500	4400	4480
N. 1	4480	4380	4460
N. 1	3330	3230	3310
N. 1	8000	7900	7980
ANCORAGGI PASSANTI	Lp	Lc (Lp -200mm)	La (Lc + 160mm)
N. 1	3850	3650	3810
N. 1	3300	3100	3260

Lp: lunghezza di perforazione , Lc: lunghezza della calza, La: lunghezza totale ancoraggio

Documentazione fotografica



Arco Cappella Juvarra: inserimento ancoraggio radiale all'intradosso



Arco Cappella Juvarra: ancoraggio radiale posizionato all'intradosso



Arco Cappella Juvarra: particolare dei dispositivi di iniezione della malta



Arco Cappella Juvarra: sono visibili le sedi ricavate nell'intonaco per il posizionamento sottotraccia delle piastre



Arco Cappella Juvarra e arco di trionfo: l'intervento di consolidamento completato sugli archi, seguirà il restauro dell'apparato decorativo



Descrizione	Diametro	Lunghezza totale
-------------	----------	------------------

**INTERVENTI SULLA CELLA CAMPANARIA**

n. 4 ancoraggi iniettati con calza orizzontali passanti inseriti nello spessore della muratura perimetrale della torre campanaria mod. GBOS 24-70 P costituiti da barre tipo GBOS 24/304 in acciaio inossidabile AISI 304 con filettatura continua su tutta la lunghezza, complete di calza per il controllo dell'iniezione della malta, appositi tubicini di iniezione, malta Presstec specifica per iniezioni con calza e piastre di chiusura d'estremità in acciaio inossidabile AISI304 (A2).

24 mm

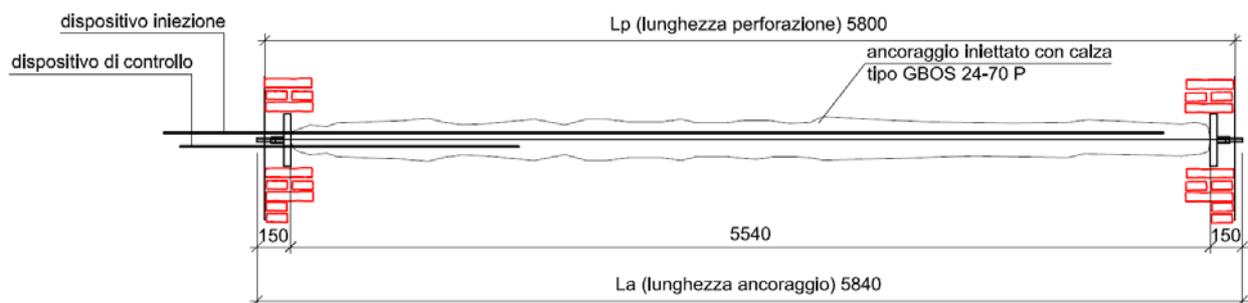
min 4,94 m – max. 5,84 m

perforazioni orizzontali con sonda diamantata con funzionamento a sola rotazione

70 mm

min 4,90 m – max. 5,80 m

**Schema ancoraggio passante – cella campanaria**



Documentazione fotografica



Cella campanaria: inserimento di uno degli ancoraggi orizzontali con calza nel tubo di protezione in plastica posizionato nel perforo (prima dell'iniezione della malta il tubo viene rimosso)



La preparazione della malta effettuata mediante miscelazione con trapano a frusta e serbatoio a pressione per iniezione

L'iniezione della malta



La testa dell'ancoraggio al termine della fase di iniezione

L'estremità opposta dell'ancoraggio passante al termine dell'iniezione

## FASI DI INTERVENTO

### 1. La progettazione, la produzione e la consegna degli ancoraggi e della malta in cantiere

Sulla base delle indicazioni progettuali e delle informazioni rilevate in cantiere sono state definite le caratteristiche degli ancoraggi Bossong necessari per la specifica applicazione; successivamente gli ancoraggi e la malta sono stati trasportati in cantiere, accuratamente imballati e protetti e adeguatamente stoccati in un luogo riparato ed asciutto.

### 2. La perforazione

L'installazione degli ancoraggi è stata effettuata all'interno di fori realizzati nella muratura per mezzo di carotatrici con sonda diamantata con funzionamento a sola rotazione in modo da evitare effetti di vibrazione e di percussione sulle strutture murarie.

Successivamente alla perforazione sono stati inseriti, all'interno dei fori, i tubi di protezione BOS TP, specifici per la posa degli ancoraggi iniettati con calza, in modo da evitare l'ostruzione dei fori e facilitare l'inserimento degli ancoraggi. L'inserimento degli ancoraggi con lunghezze superiori ai 6,00 m ha richiesto l'assemblaggio in cantiere delle diverse parti costituenti l'ancoraggio mediante appositi manicotti di giunzione.

### 3. L'assemblaggio e la posa

Gli ancoraggi Bossong dotati di specifica calza in tessuto e di specifici dispositivi di iniezione sono stati inseriti nei fori all'interno dei tubi di protezione, opportunamente rimossi prima dell'iniezione.

### 4. La preparazione della malta e l'iniezione.

La malta specifica, opportunamente miscelata con acqua ed inserita nell'apposita pompa a pressione è stata iniettata ad una pressione di circa 3-4 bar.



Il cantiere

Committente

Progettazione interventi strutturali

Progettazione architettonica

Impresa esecutrice delle opere

Perforazioni e Posa Ancoraggi Bossong

Fornitura e consulenza tecnologia Bossong

Chiesa di Sant' Agata del Carmine – Bergamo (Bg)

Parrocchia di S. Alessandro Martire in Cattedrale – Bergamo

Dott. Ing. Marco Verdina – Bergamo (Bg)

Arch. Marco Paolo Servalli & Arch. Adele Sironi – Bergamo (Bg)

Impresa Vitali Luigi Srl – Zogno (Bg)

Milano Tagli Srl – Besate (Mi)

Bossong spa – Grassobbio (Bg)