

7.3 Interventi complessi

- Scheda C1 – Poggio Picenze (AQ). Chiesa di San Felice Martire.
- Scheda C2 – L'Aquila. Forte Spagnolo.
- Scheda C3 – L'Aquila. Chiesa di Santa Maria del Suffragio o delle Anime Sante.

SCHEMA INTERVENTO

C1



Chiesa di San Felice Martire

Poggio Picenze (AQ)

Supervisione: Grimaz.
 DTS: Maiolo.
 Squadre: VVF Toscana.

1. INQUADRAMENTO

La chiesa di San Felice Martire è situata nel paese di Poggio Picenze (AQ), in Piazza Giovanni XXIII, a soli 14 km dal centro dell'Aquila.

Si tratta di un edificio rimaneggiato nei secoli in cui spiccano il grande tamburo, posto all'incrocio tra navata centrale e transetto, e la torre campanaria, realizzata con materiale lapideo in conci e posta in aderenza al lato sinistro della chiesa.

Nell'area retrostante la chiesa, lungo il declivio del promontorio su cui è eretta, trova collocazione il cimitero.

L'ubicazione della chiesa, di notevole effetto per la posizione fortemente panoramica che sovrasta il centro storico del paese - da cui dista poche centinaia di metri - permette di osservare distintamente la conca aquilana.

“La chiesa parrocchiale dedicata al Padrone del Poggio S. Felice M. è un vanto e un simbolo che ha caratterizzato la storia del paese. Il suo primo nucleo sorse intorno alla metà del XV secolo; subì gravi danni in seguito al terremoto del 1762 ma fu subito ricostruita e ampliata. La sua facciata in pietra del tardo 500 è stata restaurata definitivamente nel 1870 con pietra locale. L'interno è a tre navate divise da colonne, il suo stile barocco-classico, gli altari, le statue e le pitture di vario pregio, rendono interessante la visita al sacro edificio. L'altare di maggior richiamo del secolo XVI è dedicato a S. Giovanni; un bel lavoro rinascimentale dovuto al maestro Rocco Di Tommaso da Vicenza”.

(fonte: www.comunepoggiopicenze.it)

2. SCENARIO DI DANNO

I danni principali riscontrati sulla chiesa di San Felice Martire provocati dal sisma sono consistiti in:

- disgregazione parziale di due piedritti della cella campanaria con conci in fase di espulsione;
- crollo parziale della cupola sul lato est del tiburio;
- ribaltamento della facciata, particolarmente accentuato sul lato destro;
- crolli nelle volte del transetto della navata centrale e delle navate laterali.

Cella campanaria

Sulla cella della torre campanaria erano ben evidenti segni di disgregazione dei due piedritti di destra (anteriore e posteriore) con l'espulsione dei conci lapidei del paramento esterno portante. Il movimento generato da tale dissesto ha altresì determinato l'abbassamento della struttura di copertura della torre campanaria in corrispondenza dei piedritti.

Facciata principale

La facciata principale presentava da una deformazione fuori piano con collasso di porzione del rivestimento lapideo della parte sommitale destra e l'espulsione dell'architrave e dei relativi stipiti in corrispondenza del portale di destra. Erano altresì evidenti piccoli movimenti d'espulsione di vari conci di rivestimento in pietra, accentuati sul lato destro della facciata.

Tiburio

Si registravano evidenti lesioni di taglio sulla struttura del tamburo della cupola con crollo della stessa in corrispondenza del lato est del tiburio. Crolli interni erano inoltre evidenti in corrispondenza delle volte del transetto, sia della navata centrale che di quelle laterali. Altri crolli sono stati segnalati in corrispondenza della tamponatura d'ambito sottostante il primo arco perimetrale di destra ove, all'interno, è situato un altare laterale.

Lesioni da taglio e distacchi dei rivestimenti risultavano presenti lungo tutta la struttura, mentre si rilevavano, nelle colonne, segni di schiacciamento con espulsione al piede.

Casa Canonica

Sul lato destro della chiesa, arretrata rispetto al fronte principale, è ubicata l'abitazione del sacerdote. In tale zona era presente un importante il quadro fessurativo e notevoli danni interni, con crolli parziali delle murature e serio danneggiamento delle scale.

Repertorio dei danni



Dissesto alla cella campanaria

Disgregazione dei piedritti di destra della cella campanaria.



Dissesto alla cella campanaria

Disgregazione del piedritto anteriore destro della cella campanaria con conci in fase di espulsione.

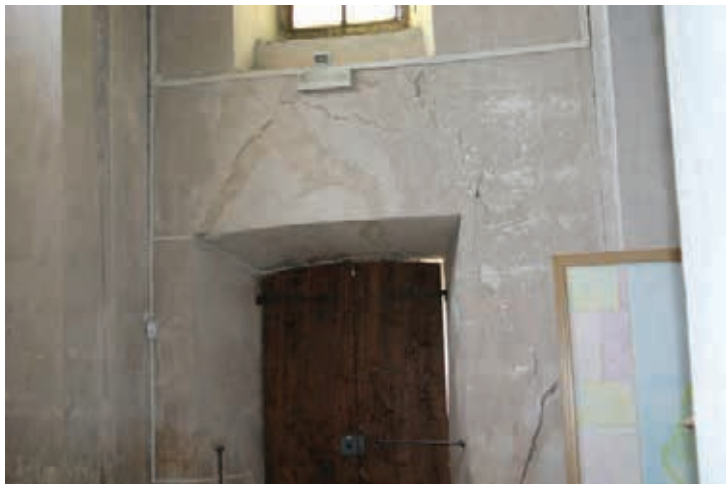


Dissesto alla cella campanaria

L'immagine, scattata in quota, mette in evidenza il forte fuori piombo dovuto all'espulsione dei conci in pietra costituenti gli elementi strutturali dei piedritti.

Repertorio dei danni	
	Facciata principale Deformazione fuori piano con collasso di porzione del rivestimento lapideo della parte sommitale destra ed espulsione dell'architrave e dei relativi stipiti del portale di destra.
	Facciata laterale destra Crollo in corrispondenza della tamponatura d'ambito sottostante il primo arco perimetrale di destra. Dall'immagine risulta altresì evidente il distacco per rotazione della facciata principale rispetto a quella laterale destra.
	Tiburio Crollo parziale della cupola sul lato est del tiburio.

Repertorio dei danni	
	Dissesti interni Crolli interni in corrispondenza della cupola del transetto.
	Dissesti interni Crollo interno in corrispondenza delle volte del transetto di destra.
	Dissesti interni Lesioni da taglio e distacchi dei rivestimenti risultano presenti lungo tutta la struttura.

Repertorio dei danni	
	Dissesti interni Evidenza di lesioni in corrispondenza del braccio sinistro del transetto.
	Dissesti interni Evidenza di lesioni all'interno della facciata principale, in corrispondenza del portale di destra.
	Canonica Evidente quadro fessurativo da taglio in corrispondenza della canonica.

3. STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MESSA IN SICUREZZA

Il progetto di massima per la messa in sicurezza della chiesa di San Felice Martire, è stato elaborato dai tecnici del MiBAC di concerto con i tecnici NCP. Il progetto prevedeva due fasi distinte:

1. messa in sicurezza della torre campanaria;
2. puntellamento del lato destro della facciata principale.

Nella presente scheda si descrive solo la messa in sicurezza della torre campanaria.

L'intervento di messa in sicurezza era stato inizialmente impostato secondo le seguenti fasi operative:

1. applicazione, nelle zone crollate, di poliuretano a spruzzo o malta idraulica per arrestare la disgregazione e il dilavamento della muratura;
2. cerchiaggio dei piedritti con elementi verticali lignei da 10 cm e fasce in poliestere;
3. realizzazione di centine nelle 4 aperture della cella campanaria con elementi lignei da 10 cm distanziati tra loro di 20-30 cm e adattati alla sezione del piedritto;
4. in corrispondenza dei due piedritti maggiormente danneggiati, applicazione sull'esterno di un doppio tavolato dallo spessore di 5 cm e cerchiatura della cella con tre fasce di poliestere;
5. applicazione di cunei in legno nelle zone della cella campanaria dove i conci risultavano fuori dalla propria sede e pericolanti;
6. numerazione dei conci degli angoli sud;
7. smontaggio della copertura della cella campanaria e dei due piedritti danneggiati in modo grave nonché delle campane.

L'intervento inizialmente ipotizzato è stato però oggetto di sostanziali modifiche in corso d'opera a causa dell'aggravamento delle condizioni di danno provocato dalle continue scosse sismiche. In una sola notte è stato infatti registrato un abbassamento della parte sommitale della cella di circa un centimetro, con un peggioramento delle condizioni di instabilità del piedritto per la spinta orizzontale generata da un carico verticale squilibrato. Sulla base di valutazioni sul campo da parte dei tecnici NCP e MiBAC, si è optato per procedere come segue:

1. applicazione, nelle zone crollate, di poliuretano a spruzzo per arrestare la disgregazione e il dilavamento della muratura;
2. cerchiaggio dei due piedritti sinistri con listelli in legno e fasce in poliestere;
3. confinamento della porzione del piedritto anteriore di destra con fasce in fibra di carbonio e resina epossidica, applicate nella porzione di muratura a vista;
4. realizzazione delle centine in tutte le aperture della cella campanaria con elementi metallici telescopici verticali e centina piena lignea;
5. consolidamento della muratura disgregata dei due piedritti maggiormente danneggiati con malta fibrorinforzata posta in opera a distanza;
6. applicazione di un doppio tavolato dello spessore di 5 cm sui due piedritti maggiormente danneggiati e cerchiatura della cella campanaria con tre fasce di poliestere;
7. cerchiaggio dei due piedritti della cella campanaria maggiormente danneggiati da realizzarsi con struttura in giunto-tubo anziché con doppio tavolato e cerchiatura della cella campanaria con 4 fasce di poliestere così come inizialmente previsto.

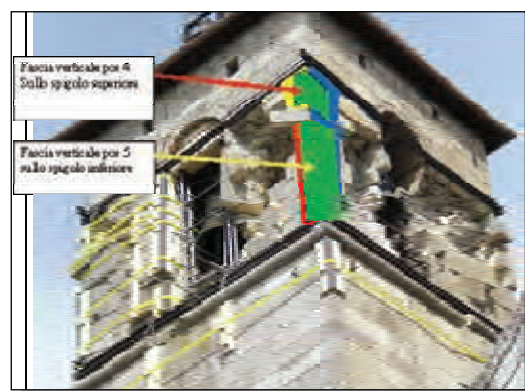
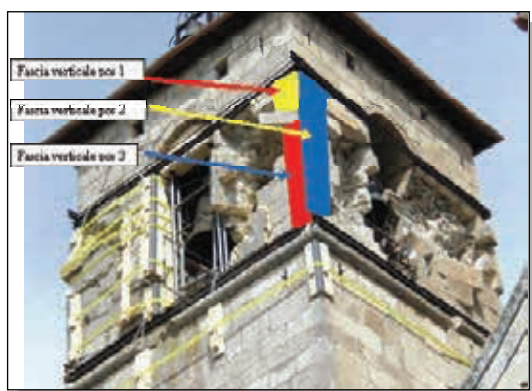
Estratto dello schema di intervento richiesto ai VVF dal MiBAC

Ipotesi d'intervento iniziale:



Cerchiaggio dei piedritti con elementi verticali lignei da 10 cm e fasce di poliestere (Archivio NCP).

Intervento modificato di concerto con i tecnici NCP:



Pos. 1 – Fascia verticale al di sopra del concio espulso, lato sinistro.

Pos. 2 – Fascia verticale sul lato destro.

Pos. 3 – Fascia verticale sul lato sinistro sotto il concio espulso.

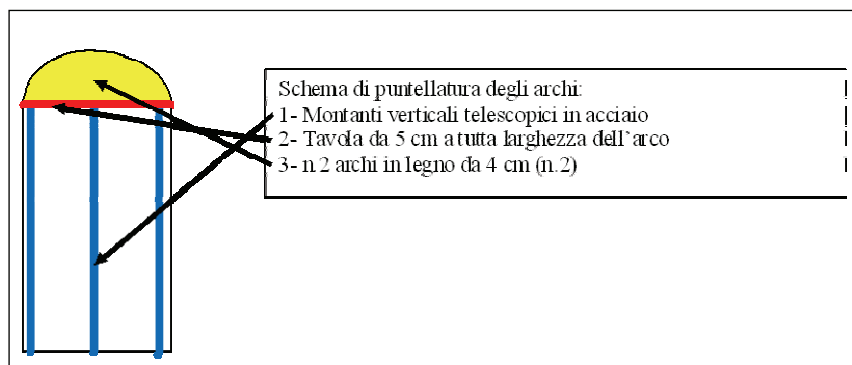
Pos. 4 – Fascia verticale sullo spigolo superiore.

Pos. 5 – Fascia verticale sullo spigolo inferiore.

Pos. 6 – Fasce verticali sul lato destro.

Pos. 7 – Fasce verticali sul lato sinistro.

Confinamento della porzione del piedritto anteriore destro con fasce in fibra di carbonio e resina epossidica applicate nella porzione di muratura a vista (Archivio NCP).



Realizzazione di centine nelle aperture sinistra e posteriore della cella campanaria con elementi metallici telescopici verticali (Archivio NCP).

4. ANALISI SCENARIO OPERATIVO E PIANIFICAZIONE INTERVENTO

Le condizioni di danneggiamento del fabbricato, e in particolare del campanile, hanno richiesto una delimitazione dell'area; tale operazione è risultata relativamente semplice tenuto conto della posizione isolata della chiesa. L'intera area è stata delimitata con transenne metalliche al fine di perimetrare la zona di lavoro e interdire l'accesso alle persone non autorizzate.

Gli interventi di messa in sicurezza richiesti dal MiBAC per la torre campanaria evidenziavano situazioni di criticità che si accentuavano progressivamente a seguito del continuo susseguirsi di scosse. Le operazioni da effettuarsi da parte dei SAF erano rese sempre più problematiche a causa dei continui abbassamenti della struttura di copertura dovuti ai movimenti indotti dagli *after-shocks*.

Per la medesima ragione, fin da subito, è stata esclusa la possibilità di poter operare all'interno della cella campanaria, e si è optato per l'esecuzione di tutte le operazioni dall'esterno, con autogru e autoscala e con le garanzie di sicurezza sopra richiamate.

Il raggiungimento di condizioni di equilibrio estremamente precario della cella campanaria, ha indotto a modificare la tipologia di intervento, in modo da garantire un'adeguata sicurezza degli operatori. Il collasso del piedritto maggiormente danneggiato avrebbe prodotto un crollo dell'intera cella campanaria con successivo impatto sulla copertura della chiesa. Il livello di precarietà raggiunto e la previsione del meccanismo di collasso non fornivano margini di sicurezza sufficienti per attuare alcun tipo di intervento dal lato chiesa.

Si è quindi proceduto con una ri-pianificazione delle operazioni in quota prevedendo l'utilizzo contemporaneo di due automezzi: una autoscala dei VVF toscani con sviluppo da 30 m, collocata longitudinalmente rispetto alla facciata laterale sinistra della chiesa e una autogru a noleggio da 70 tonnellate, con braccio di 37 m più ulteriori 10 m garantiti dal falcone di allungamento, collocata trasversalmente rispetto alla stessa facciata ma ubicata in posizione arretrata.

All'operatore in quota sull'autoscala è stato demandato il delicato compito di verificare, durante le operazioni di messa in sicurezza, la stabilità e i movimenti della struttura, non altrimenti valutabili, soprattutto da terra.

Ai tre operatori vincolati alla piattaforma collegata alla gru è stato invece demandato il compito dell'esecuzione dei lavori di messa in sicurezza. La piattaforma, realizzata direttamente sul posto con tubi metallici da ponteggio (sezione quadrata da 1.80m x 1.80m) e tavolato da cantiere, è stata anche dotata di una struttura (sempre in tubi metallici e tavolato) di irrigidimento e di protezione da eventuale caduta di materiale dall'alto.

Durante le delicate operazioni di posa della fibra di carbonio, operazioni per le quali risultava necessario un avvicinamento della piattaforma alla torre, con un abbassamento al limite di quella che poteva essere la zona di possibile collasso della struttura di copertura del campanile, sono state anche predisposte due funi di sicurezza (chiamate "venti"), direttamente vincolate alla piattaforma e azionate da altrettanti operatori, con l'intento di allontanare rapidamente, in caso di necessità, la piattaforma dal cono di ricaduta. Infatti, tutti i movimenti delle volate dell'autogru risultavano di per sé molto lenti e non in grado di garantire, vista la delicata situazione, la necessaria sicurezza operativa per il personale impegnato.

Le continue misurazioni effettuate con attrezzature da cantiere alla ripresa e chiusura dei lavori evidenziavano abbassamenti della struttura di copertura (il cui peso stimato era di circa 50 tonnellate) rispetto ai piedritti anteriori della cella campanaria variabili da qualche millimetro ad un centimetro al giorno.

5. REALIZZAZIONE INTERVENTO

Fasi operative della messa in sicurezza della torre campanaria.

L'intervento di messa in sicurezza della torre campanaria, così come modificato a seguito dell'aggravarsi del quadro di danneggiamento, si è articolato nelle seguenti fasi operative:

- a) applicazione di poliuretano espanso a spruzzo;
- b) cerchiaggio dei piedritti del lato sinistro;
- c) confinamento del piedritto anteriore destro con fasce in fibra di carbonio;
- d) consolidamento della muratura dei due piedritti con malta fibrorinforzata;
- e) centinatura delle aperture sinistra e posteriore della cella campanaria;
- f) cerchiaggio della cella campanaria.

Preliminarmente a tutte le operazioni si è proceduto all'allestimento dell'area operativa con la predisposizione di tutte le attrezzature e dei materiali necessari per l'effettuazione dei lavori.

a) Applicazione di poliuretano espanso a spruzzo.

Per impedire il dilavamento e l'ulteriore disgregazione del materiale lapideo scarsamente consistente e disaggregato si è proceduto applicando a spruzzo del poliuretano espanso nelle zone del crollo, agendo a distanza dalla piattaforma movimentata dall'autogru.

b) Cerchiaggio dei piedritti del lato sinistro.

Il cerchiaggio è stato realizzato con fasce in poliestere tirantate su supporti lignei realizzati a terra e collocati in corrispondenza della cella campanaria. In tutti i punti in cui, a causa della notevole irregolarità dei conci lapidei delimitanti la superficie, si è riscontrata una cattiva aderenza dei supporti lignei realizzati per il passaggio e la messa in trazione delle fasce, si è proceduto con un'apposita sagomatura del legname. Con l'ausilio della piattaforma vincolata all'autogru e dell'autoscala si è proceduto allo stendimento e al tensionamento delle fasce.

c) Confinamento del piedritto anteriore destro con fasce in fibra di carbonio.

L'operazione più delicata è sicuramente stata quella del posizionamento a vista delle fasce di fibre di carbonio intrise di resina epossidica secondo lo schema concordato con i tecnici MiBAC.

Proprio le condizioni operative (a ridosso dell'eventuale cono di caduta della cella campanaria) e le difficoltà oggettive di applicazione del prodotto (legate all'esigenza di mantenersi a distanza dalla cella campanaria), da combinare con i tempi ristretti a disposizione (45 minuti massimi per la polimerizzazione della resina), hanno richiesto un particolare coordinamento e un'elevata abilità da parte del personale. Al fine di consentire la realizzazione dell'intervento nei tempi programmati, si è proceduto ad effettuare preventivamente delle prove di preparazione del prodotto, dapprima a terra e poi sulla piattaforma. Anche in questo caso le operazioni sono state svolte operando dall'esterno con l'ausilio della piattaforma vincolata all'autogru e dell'autoscala.

d) Consolidamento della muratura dei due piedritti con malta fibrorinforzata.

L'operazione, compiuta sempre operando dalla piattaforma vincolata all'autogru, si è resa necessaria per consolidare il materiale lapideo fortemente disaggregato, localizzato in corrispondenza dei due piedritti di sinistra. La malta bicomponente fibrorinforzata ad elevata

duttilità è stata spruzzata in opera dopo un'operazione di rapida preparazione del supporto lapideo.

e) Centinatura delle aperture sinistra e posteriore della cella campanaria.

La centinatura di due delle quattro aperture (sinistra e posteriore) è avvenuta senza poter operare dall'interno della cella campanaria. La sagomatura degli archi in legno è avvenuta a terra e ha richiesto sostanziali modifiche proprio a causa delle notevoli irregolarità delle superfici delle aperture. Anche il posizionamento e lo spessoramento degli elementi metallici telescopici verticali sono avvenuti operando dall'esterno con l'ausilio della piattaforma vincolata all'autogru e dell'autoscala.

f) Cerchiaggio della cella campanaria.

L'ultima operazione compiuta sulla cella campanaria è stata il cerchiaggio della stessa preceduta dal posizionamento, in corrispondenza dei due piedritti maggiormente danneggiati, di un doppio tavolato dallo spessore di 5 cm.

Considerato che l'applicazione della malta bicomponente ha impedito il crollo del materiale lapideo, il cerchiaggio della cella campanaria, dapprima previsto con fasce in poliestere a contenimento della struttura lignea, è stato sostituito con una struttura in tubo-giunto.

Fasi realizzative	
	Cerchiaggio dei piedritti di sinistra Cerchiaggio realizzato sui due piedritti attraverso l'impiego di fasce in poliestere tirantate su supporti lignei resi aderenti ai conci lapidei delimitanti la superficie della cella campanaria.
	Confinamento del piedritto anteriore destro con fasce di fibra di carbonio Operazioni di posa della fascia di carbonio dalla piattaforma collegata all'autogru con 37+10 m (braccio più falcone) completamente sviluppato al fine di poter operare da zona sicura.
	Confinamento del piedritto anteriore destro con fasce di fibra di carbonio Operazioni di stendimento della resina epossidica sulle fasce di fibra di carbonio appoggiate sui conci lapidei della cella campanaria.

Fasi realizzative	
	Confinamento del piedritto anteriore destro con fasce di fibra di carbonio Si attuano le delicate operazioni di controllo della stabilità dei conci lapidei ad opera del personale dei Vigili del Fuoco direttamente vincolato al gancio dell'autogru da 70 tonnellate.
	Confinamento del piedritto anteriore destro con fasce di fibra di carbonio La foto evidenzia l'azione coordinata durante lo svolgimento delle operazioni attuata attraverso un controllo costante di eventuali movimenti della struttura da parte del personale operante sull'autoscala, nonché le sicurezze (2 "venti") di collegamento a terra per un'eventuale disimpegno d'emergenza della piattaforma.
	Confinamento del piedritto anteriore destro con fasce di fibra di carbonio Completamento delle operazioni di applicazione delle fasce di fibre di carbonio.

Fasi realizzative	
	Consolidamento della muratura dei due piedritti con malta fibrorinforzata Completamento delle operazioni di posa a spruzzo sui due piedritti di sinistra, nella zona crollata, di malta bicomponente fibrorinforzata ad elevata duttilità, necessaria per consolidare il materiale lapideo fortemente disaggregato.
	Cerchiaggio della cella campanaria L'ultima operazione compiuta sulla cella campanaria è stata il cerchiaggio della stessa con una struttura in tubo-giunto.
	Cerchiaggio della cella campanaria Nella foto un particolare dell'intervento di cerchiaggio completato.

6. TEMPI REALIZZAZIONE, MEZZI, MATERIALI E UOMINI IMPIEGATI

Gli interventi di messa in sicurezza della torre campanaria sono stati effettuati in circa tre settimane di lavoro (mese di maggio 2009), con una breve interruzione relativamente al solo cerchiaggio della cella campanaria. Infatti, grazie al coordinamento e alla presenza pressoché costante sul posto dei DTS dei VVF e dei tecnici MIBAC, si sono potute prendere decisioni coordinate in tempi rapidi, necessarie a consentire il completamento dell'intervento nonostante la continua evoluzione del dissesto.

Il personale avvicendatosi per l'esecuzione delle operazioni era principalmente composto da squadre SAF dei Vigili del Fuoco della Toscana e, per i lavori in quota, da due operatori dell'autoscala, anch'essi provenienti dalla Toscana. Il numero complessivo di personale presente non ha mai superato le 14 unità VVF.

I mezzi usati sono stati:

- autoscala con sviluppo di 30 metri;
- gru da cantiere noleggiata "a caldo" (ossia con conduzione diretta di un operatore della società di noleggio) con sbraccio da 37 metri (più altri 10 m di falcone).

Particolarmente complessa l'operazione di posa delle fibre di carbonio e della malta bicomponente fibrorinforzata che ha richiesto un adattamento della piattaforma al fine di poter collocare le attrezzature necessarie allo svolgimento dei lavori.

7. MIGLIORAMENTO E GENERALIZZAZIONE DELLE SOLUZIONI

L'intervento descritto non rientra tra quelli standard, sia per la particolare situazione contingente in cui si è dovuto operare che per la condizione di estrema precarietà legata all'evoluzione del dissesto. Per questo è stato necessario procedere con un'apposita e attenta riprogettazione in corso d'opera, in funzione dell'aggravarsi del danno.

Le criticità affrontate in fase esecutiva erano legate soprattutto alla tipologia dei materiali posti in opera per la prima volta da personale dei Vigili del Fuoco. Tali criticità sono state superate attraverso preventive di prove d'impiego dei materiali dapprima a terra e poi in quota.

L'intervento realizzato costituisce senza dubbio un utile precedente di applicazione di materiali e prodotti moderni (fibre di carbonio, malte fibrorinforzate) in interventi tecnico-urgenti da parte del CNVVF.

SCHEMA INTERVENTO**C2****Il Forte Spagnolo****L'Aquila – Viale Benedetto Croce***Coordinatore NCP: Cavriani.**DTS: Bellizzi, Bolognese, Caciolai, Caputo, Cimmino, De Vita, D'Odorico, Fortucci, Lucidi, Mattiacci, Monzoni, Panella, Ponticelli, Pozzi, Romolini, Saporito.**ROS: Bargagna, Briata, Corona, Gugliotta, Morandini, Ottaviani, Prantl.**Squadre: SAF provenienti da tutte le regioni.***1. INQUADRAMENTO**

Il Forte Spagnolo è una possente fortezza sita nel punto più alto della città dell'Aquila, ha pianta quadrata di lato 130 m e ha dei poderosi, ma snelli, bastioni angolari, a forma di punta di lancia, in direzione dei quattro punti cardinali.

Il Forte è immerso in un ampio parco, di cui la parte rivolta a Ovest, verso la Fontana Luminosa, è adibita a giardino all'italiana. Intorno al Forte c'è un ampio fossato di difesa (di oltre 10 m di profondità e oltre 20 m di larghezza).

L'accesso alla fortezza avviene attraverso la facciata principale – posta nel lato Sud-Est – mediante un ponte di pietra a quattro arcate elevato nel 1846. Il portale d'accesso, anch'esso in pietra, presenta in sommità lo stemma di Carlo V.

Il Forte fu eretto dal 1530 al 1567 – durante la dominazione spagnola – e fu pesantemente danneggiato durante la seconda guerra mondiale, per poi essere restaurato nel 1951.

Pur non essendo mai stato interessato da eventi particolari, il Forte è stato ideato e costruito per scopi militari, come risulta evidente dal suo aspetto austero e soprattutto dal particolare sistema di collegamento, con strutture dette a orecchioni, dei quattro bastioni angolari con le mura. Questo sistema, di avanzata architettura militare, consente il raddoppio delle bocche da fuoco, con una conseguente maggiore capacità offensiva e per una più efficace difesa. Oltre a ciò, ogni bastione è stato creato per sopportare e deviare eventuali cannonate e, soprattutto, per resistere autonomamente a eventuali assalti di invasori penetrati all'interno della fortezza.

Il fossato del Forte non è mai stato riempito d'acqua, a conferma del suo mancato utilizzo come fortezza militare.

Lo spessore della muratura principale va dai 10 m al piede fino ai 5 m della sommità.

All'interno del Forte ci sono diversi edifici già destinati a caserme, privi di interesse artistico.

(fonte: www.regione.abruzzo.it, www.tuttoabruzzo.it)

2. SCENARIO DI DANNO

I danni principali provocati dal sisma del 6 aprile sul Forte Spagnolo consistevano in:

1. rotazione della facciata interna (lato cortile) del fabbricato principale con perno sui pilastri del porticato, con spanciamento e taglio orizzontale del tamponamento superiore;
2. lesioni da taglio delle murature di spina dell'edificio principale (S-E) e di quello nella zona S-O, dove c'è stato lo sfaldamento della muratura esterna in corrispondenza di alcune chiavi;
3. caduta di parte della falda della copertura del fabbricato principale;
4. distacco e spostamento del parapetto esterno sul camminamento lato N-E;
5. lesioni della volta a botte in corrispondenza del loggiato del primo piano;
6. lesioni delle pareti di spina dell'edificio lato S-O e parziale crollo delle pareti del sottotetto;
7. danni diffusi agli altri edifici con crollo parziale dei divisori interni.

Fabbricato principale

I danni maggiori si sono riscontrati nel fabbricato principale. Sulla parte alta del fabbricato si è registrato il crollo parziale della copertura e il cedimento di gran parte delle sottostanti murature. Oltre a ciò, tutta la parete lato cortile ha subito una rotazione verso l'esterno con distacco dagli orizzontamenti nella parte alta. Anche la volta a botte del loggiato del piano primo ha subito una lesione per tutta la sua lunghezza, a causa della rotazione della facciata. I pilastri alla base di tale parete hanno svolto la funzione di cerniera per il movimento della stessa, con conseguente lesionamento nella sezione trasversale e longitudinale. Nei pilastri centrali, il lembo inferiore esterno della lesione è stato soggetto a schiacciamento.

Lo spigolo del fabbricato, in corrispondenza del bastione rivolto a Est, ha subito un parziale distacco del paramento esterno. La scala principale è stata interessata dal crollo della volta superiore. All'interno le murature di spina hanno subito gravi danni e lesioni oblique, accentuate in corrispondenza dei vani di attraversamento.

Fabbricato lato Sud-Ovest

Il fabbricato non è riuscito ad assorbire le forze orizzontali determinate dal sisma, principalmente a causa della debolezza delle pareti esterne portanti, del tipo "a sacco". Queste hanno subito un distacco dalle murature di spina, che ha determinato sfaldamento e martellamento nel punto di innesto con i muri di spina e il parziale crollo in corrispondenza di alcune chiavi esistenti.

Camminamenti

I parapetti dei camminamenti hanno riportato delle lesioni orizzontali alla base per gran parte del perimetro del Forte. Una porzione del parapetto esterno del lato N-E si era staccata dalla linea perimetrale determinando condizioni precarie di equilibrio con pericolo di caduta fuori dalle mura.

Locali interni

Quasi tutti i locali interni che compongono la fortezza sono stati danneggiati, in particolare quelli oggetto di una recente riorganizzazione distributiva, soprattutto nelle zone di contatto tra elementi edilizi disomogenei. Le pareti di spina dei fabbricati hanno generalmente subito un danneggiamento dovuto a sforzi di taglio e hanno a loro volta determinato il danneggiamento al contatto delle murature portanti esterne per rottura degli ammorsamenti.

Repertorio dei danni	
	Dissesto del fabbricato principale Crollo parziale della copertura e corrispondente cedimento di gran parte delle sottostanti murature.
	Dissesto del fabbricato principale La parete lato cortile ha subito una rotazione verso l'esterno con distacco dal cordolo superiore.
	Dissesto del fabbricato principale La volta a botte del loggiato del primo piano ha subito una lesione per tutta la sua lunghezza.

Repertorio dei danni	
	Dissesto del fabbricato principale I pilastri posti alla base della facciata interna hanno svolto funzione di cerniera per la rotazione e lo scorrimento della stessa, con conseguente lesione obliqua sulle facce laterali e orizzontale sulla faccia interna.
	Dissesto del fabbricato principale Nei pilastri centrali, il lembo inferiore esterno della lesione (in basso a sinistra) ha subito uno schiacciamento.
	Dissesto del fabbricato principale La scala principale è stata interessata dal crollo della volta superiore.

Repertorio dei danni	
	Dissesto del fabbricato principale Le murature interne di spina hanno subito gravi danni e sono ben evidenti le lesioni oblique, accentuate in corrispondenza delle aperture di passaggio.
	Dissesto del fabbricato principale Dissesto in corrispondenza dell'angolo del corpo di fabbrica soprastante il bastione di Levante.
	Dissesto del fabbricato interno sul lato Sud-Ovest Le pareti esterne portanti, del tipo "a sacco", hanno subito una forte disgregazione in corrispondenza delle zone di congiunzione con le murature di spina e il parziale crollo in corrispondenza di alcune chiavi esistenti.

Repertorio dei danni	
	Dissesto dei camminamenti I parapetti dei camminamenti hanno ruotato fuori piano, riportando una lesione longitudinale per gran parte del perimetro del Forte. Una porzione del parapetto esterno del lato Nord-Est si è staccata dalla linea perimetrale minacciando il crollo verso il lato esterno delle mura .
	Dissesto dei locali interni Quasi tutti i locali interni dei fabbricati che compongono la fortezza sono stati danneggiati dal sisma.
	Dissesto dei locali interni Un particolare danneggiamento l'hanno subito le pareti corrispondenti alla più recente riconfigurazione interna degli edifici, con particolare riferimento alle zone di congiunzione tra elementi edilizi di diversa tipologia.

3. STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MESSA IN SICUREZZA

Le strategie di intervento per la messa in sicurezza della Fortezza Spagnola sono riconducibili a due fasi:

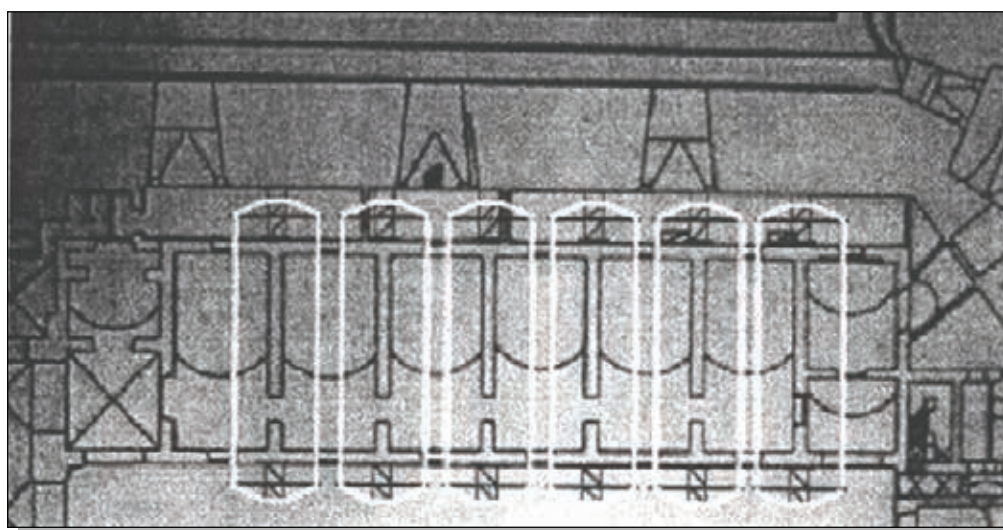
- realizzazione di prime opere provvisorie necessarie per il recupero di beni storici-artistici presenti all'interno della fortezza;
- opere provvisorie per la messa in sicurezza delle parti pericolanti dell'edificio.

I primi interventi sulla fortezza prevedevano quindi la rimozione delle parti pericolanti e la realizzazione delle prime opere provvisorie necessarie per il recupero dei beni storici e artistici da parte dei nuclei SAF.

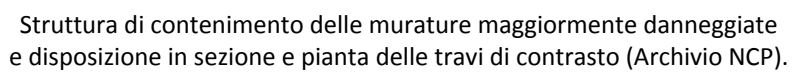
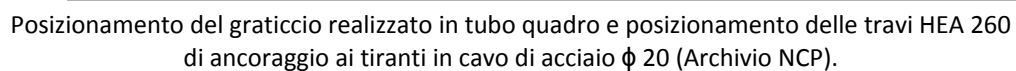
Sulla base di valutazioni del quadro di danneggiamento presente nelle varie parti del fabbricato, i tecnici MiBAC in collaborazione con quelli del NCP hanno concordato una strategia di intervento basata sulla sequenza di operazioni di seguito riportata:

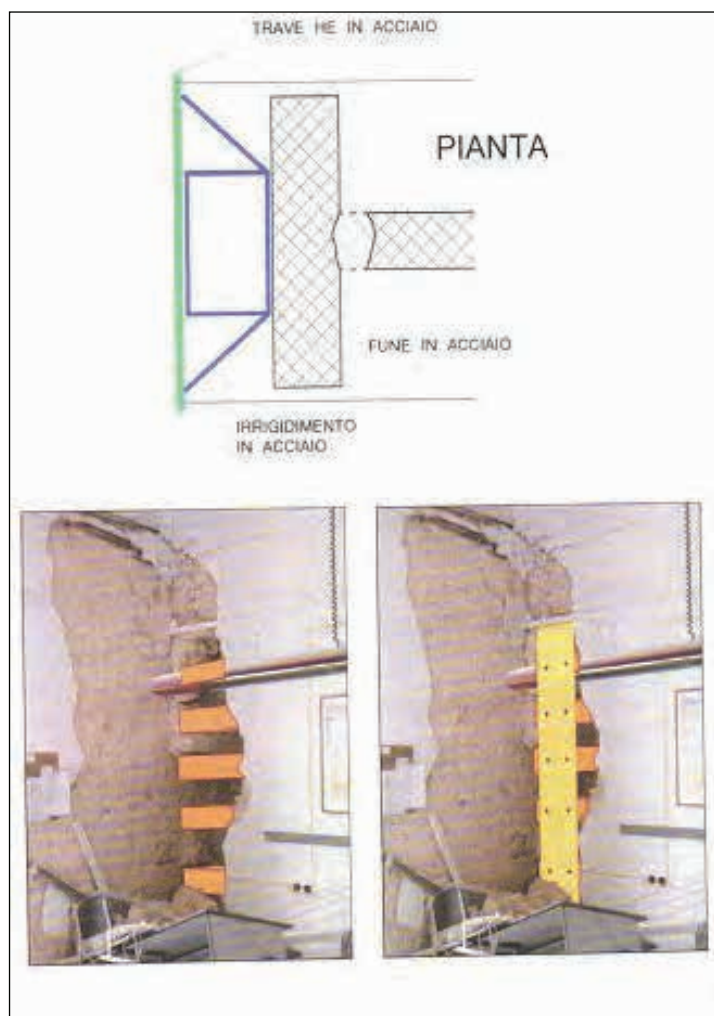
1. ancoraggio reciproco fra la facciata interna (lato cortile) e quella esterna dell'edificio principale;
2. opere di sostegno in corrispondenza delle aperture interne;
3. rimozione di parti pericolanti lungo i camminamenti e nei bastioni, con corrispondenti opere provvisorie di sostegno, protezione e fissaggio;
4. rimozione delle macerie e messa in sicurezza della scala principale mediante opere di sostegno;
5. impacchettamento della parte alta della facciata interna del corpo principale;
6. fasciatura dei pilastri dell'edificio principale verso cortile;
7. puntellamento della volta del loggiato principale del primo piano;
8. rimozione del materiale di risulta della porzione di copertura crollata dell'edificio principale e realizzazione di una copertura provvisoria con relativa struttura metallica di sostegno;
9. impacchettamento, mediante tirantature e contrasti, dell'edificio interno già adibito a uffici del MiBAC.

Estratto dello schema intervento richiesto ai VVF dal MiBAC

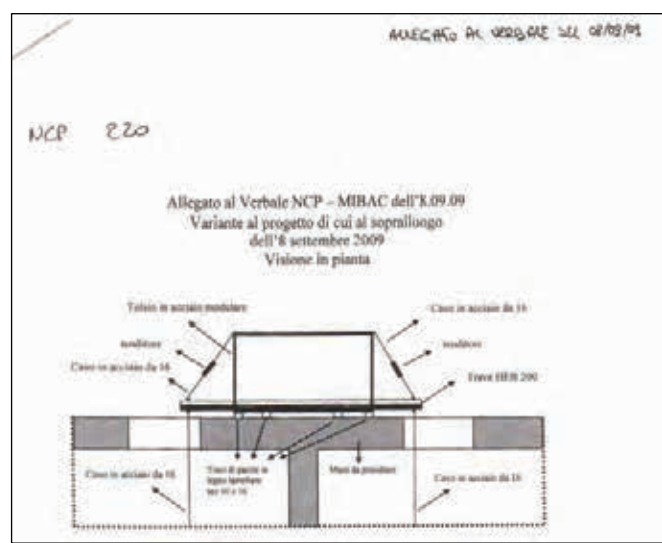


Messa in sicurezza fabbricato interno, parallelo al muro Sud-Ovest, mediante impacchettamento con tirantature e contrasti (Archivio NCP).





Puntoni di riduzione dello sbalzo delle travi e inzeppatura con cuneo di legno con successiva apposizione delle tavole lignee (Archivio NCP).



Estratto del verbale NCP con variante al progetto per la realizzazione del sistema di trattenuta esterno (Archivio NCP).

4. ANALISI SCENARIO OPERATIVO E PIANIFICAZIONE INTERVENTO

Tenuto conto delle condizioni di dissesto, l'area di intervento è stata interdetta all'accesso di tutti i non addetti ai lavori, con sorveglianza da parte dell'Esercito.

Le prime azioni condotte dal personale dei Vigili del Fuoco sono state finalizzate alla bonifica delle parti pericolanti, alla protezione degli operatori mediante opere provvisorie di copertura del passaggio attraverso l'ingresso al Forte e all'esecuzione di opere interne di contrasto per consentire al personale di effettuare lo smassamento della gran quantità di materiale caduto sulla scala principale.

Parallelamente si è resa necessaria la realizzazione delle opere di messa in sicurezza dei locali nei quali era previsto il passaggio dei tiranti per ancorare la facciata interna a quella esterna del fabbricato principale.

La messa in sicurezza del fabbricato posizionato all'interno del cortile, lungo il muro perimetrale di S-O è stata subordinata alla messa in sicurezza del fabbricato principale.

A causa delle condizioni di lavoro estreme dal punto di vista della sicurezza, per poter intervenire all'interno del fabbricato è stata prevista la realizzazione di una via di fuga verso il cortile, in prossimità della scala resa inagibile dal crollo della volta, sfruttando in parte un ponteggio provvisorio esistente. Dette operazioni, come pure quelle da effettuarsi sulla facciata principale del Forte, necessitavano dell'intervento di squadre SAF.

La permanenza del personale all'interno del fabbricato è stata limitata al minor tempo indispensabile per l'effettuazione delle opere di collegamento e di messa in sicurezza. Sempre a favore di sicurezza, si è deciso di assemblare le varie opere provvisorie in zona sicura, esternamente al fossato che circonda il Forte, dove è stata allestita l'area di lavoro e di deposito del materiale e delle attrezzature.

Per le operazioni in quota, il sollevamento e la messa in opera delle strutture provvisorie realizzate, è stato necessario ricorrere all'uso di due gru semoventi con braccio da 80 e 60 m. Si è optato per utilizzare una delle gru anche per sollevare le strutture metalliche per l'impacchettamento del fabbricato lato S-O, in modo da calarle dall'alto nel cavedio tra questo e la muratura perimetrale del Forte, oltre che nel cortile. Tale soluzione è stata scelta per evitare che il personale dovesse permanere in detto cavedio, relativamente profondo e di esigua larghezza con la presenza di una parete in precarie condizioni di stabilità. A causa delle gravi lesioni subite e dei crolli parziali delle pareti portanti, si è preferito limitare la presenza di personale all'interno al solo tempo necessario per fare passare da una parete esterna all'altra le funi d'acciaio.

5. REALIZZAZIONE INTERVENTO

La realizzazione degli interventi ha mirato a mettere in sicurezza i fabbricati per evitare ulteriori gravi danneggiamenti a seguito delle successive scosse, per preservare dalle intemperie le parti scoperte e per consentire il successivo ingresso negli spazi interni alle ditte specializzate incaricate del ripristino strutturale. Le operazioni hanno seguito le strategie di intervento concordate tra tecnici MiBAC e NCP.

Messa in sicurezza del fabbricato principale (lato Sud-Est)

L'intervento è stato realizzato in maniera progressiva, in modo da consentire al personale di accedere in sicurezza a una porzione via via più ampia di fabbricato. Le opere realizzate sono state le seguenti:

- rimozione delle parti pericolanti e delle macerie, con installazione di opere provvisorie di protezione in corrispondenza dell'ingresso, per consentire il passaggio del personale e il posizionamento delle opere provvisorie all'interno del Forte;
- realizzazione di opere di sostegno in corrispondenza delle aperture interne;
- ancoraggio della facciata interna (lato cortile) a quella esterna, realizzato con una serie di tiranti ancorati a strutture metalliche in profilati HE, poste in opera a ridosso delle murature esterne contrapposte. Per far passare le funi metalliche attraverso le aperture di collegamento tra i locali principali e il loggiato evitando di forare la muratura, le funi metalliche sono state posizionate in modo incrociato. Contro la muratura lato cortile è stata realizzata una struttura di ripartizione delle forze, realizzata con legno lamellare e acciaio;
- rimozione di parti pericolanti in corrispondenza dei bastioni, con realizzazione di opere provvisorie di sostegno e di impacchettamento, realizzate in gran parte in tubo-giunto;
- messa in sicurezza della scala principale con strutture provvisorie di contrasto sulle pareti laterali, rimozione dei materiali dalle rampe, aumento della sicurezza per i fruitori della scala mediante integrazione delle strutture di contrasto e realizzazione di opere di protezione e di sostegno dell'arco principale in legno;
- impacchettamento della parte alta della facciata verso il cortile in tubo-giunto;
- fasciatura di alcuni pilastri verso il cortile mediante reticolo in profilato metallico assemblato in opera;
- puntellamento della volta del loggiato principale del primo piano;
- impacchettamento della parete interna di delimitazione del loggiato;
- rimozione del materiale di risulta della porzione di copertura crollata dell'edificio principale e realizzazione di una copertura provvisoria con relativa struttura metallica di sostegno.

Rimozione parti pericolanti e messa in sicurezza del parapetto dei camminamenti

L'intervento è consistito nella rimozione delle parti pericolanti, con spostamento in posizione di sicurezza della porzione di parapetto pericolante.

Messa in sicurezza del fabbricato interno (lato Sud-Ovest)

È stato realizzato l'impacchettamento dell'intero fabbricato mediante tirantature e strutture di contrasto in corrispondenza delle murature di spina fortemente lesionate e compromesse. Questa operazione è stata condotta con la massima attenzione riducendo al minor tempo possibile la permanenza del personale all'interno del fabbricato.

Fasi realizzative	
	Fabbricato principale (Sud-Est) Rimozione delle parti pericolanti e di parte delle macerie, con realizzazione di opere provvisorie di protezione dell'ingresso, per consentire il passaggio del personale e il posizionamento delle opere provvisorie all'interno del Forte.
	Fabbricato principale (Sud-Est) Opere di sostegno in corrispondenza delle aperture interne.
	Fabbricato principale (Sud-Est) Ancoraggio della facciata interna (lato cortile) con quella esterna (nella foto), realizzato con una serie di tiranti ancorati a strutture metalliche realizzate su misura e poste in opera in appoggio alle murature esterne contrapposte.

Fasi realizzative	
	Fabbricato principale (Sud-Est) Le funi metalliche sono state disposte con andamento incrociato per farle passare nelle aperture presenti nella parete longitudinale intermedia (in primo piano nella foto) per evitare di doverla forare, visto il suo considerevole spessore.
	Fabbricato principale (Sud-Est) Contro la muratura sul lato cortile è stata posta una struttura di distribuzione delle forze, realizzata in legno lamellare, profilati metallici e funi.
	Fabbricato principale (Sud-Est) Consolidamento della muratura fortemente dissestata, in corrispondenza dell'angolo, mediante la realizzazione di opere provvisorie di sostegno e impacchettamento realizzate con sistema misto tubogiunto e legno.

Fasi realizzative	
	Fabbricato principale (Sud-Est) Messa in sicurezza della scala principale con strutture provvisorie di contrasto sulle pareti laterali, rimozione dei materiali dalle rampe, aumento della sicurezza per i fruitori della scala mediante integrazione delle strutture di contrasto. Realizzazione di tavolato a protezione e sostegno dell'arco di ingresso in legno.
	Fabbricato principale (Sud-Est) Impacchettamento della parte alta della facciata verso il cortile mediante il sistema tubo-giunto.
	Fabbricato principale (Sud-Est) Cerchiatura di alcuni pilastri verso il cortile mediante reticolo in profilato metallico assemblato in opera.

Fasi realizzative	
	Fabbricato principale (Sud-Est) Puntellamento della volta del loggiato principale del primo piano.
	Fabbricato principale (Sud-Est) Impacchettamento della parete interna di delimitazione del loggiato (nella foto in fase di allestimento).
	Fabbricato principale (Sud-Est) Rimozione del materiale di risulta della porzione di copertura crollata dell'edificio principale e realizzazione di un impalcato in tubi-giunti per il sostegno di una nuova copertura provvisoria.

Fasi realizzative	
	Fabbricato principale (Sud-Est) Realizzazione di una copertura provvisoria di tipo leggero.
	Camminamento lato Nord-Est Spostamento in posizione di sicurezza della porzione di parapetto pericolante e installazione di un parapetto di protezione in legno.
	Fabbricato interno (Sud-Ovest) Realizzazione, da parte di una ditta privata su incarico del MiBAC, di strutture metalliche all'esterno del Forte; sollevamento con gru di tipo edile e posizionamento nel cavedio tra il fabbricato e la parete interna del camminamento di Sud-Ovest. Il personale ha operato nel cavedio per il tempo strettamente necessario al posizionamento delle strutture in acciaio.

Fasi realizzative	
	Fabbricato interno (Sud-Ovest) Sollevamento con gru di tipo edile e posizionamento con mezzo semovente, contro la parete lato cortile, delle strutture metalliche realizzate all'esterno da una ditta privata su incarico del MiBAC e adattate da parte del personale VVF.
	Fabbricato interno (Sud-Ovest) Impacchettamento dell'intero fabbricato mediante tirantature e strutture di distribuzione e di contrasto in corrispondenza delle murature di spina fortemente lesionate e compromesse. Questa operazione è stata condotta con la massima celerità per ridurre al minor tempo possibile la permanenza del personale all'interno del fabbricato.

6. TEMPI REALIZZAZIONE, MEZZI, MATERIALI E UOMINI IMPIEGATI

Gli interventi sono stati effettuati in poco più di sei mesi senza alcuna interruzione. Più volte sono state concordate tra tecnici NCP e MiBAC varianti in corso d'opera rispetto al progetto iniziale, al fine di tener conto delle problematiche di fattibilità degli interventi.

Il personale impiegato per l'esecuzione delle opere apparteneva alle squadre di Vigili del Fuoco, principalmente SAF, provenienti dalla Liguria e dalla Toscana, con una presenza media di 15 unità (compreso il ROS) per tutta la durata dei lavori.

I mezzi usati, sono stati:

- gru di tipo edile;
- mezzo semovente di sollevamento tipo Merlo;
- piattaforma aerea;
- benna autoscaricante per trasporto detriti con gru;
- 2 gru semoventi noleggiate "a caldo" (con operatore) con sbraccio da 80 e 60 metri.

Nonostante i mezzi impiegati, gran parte del lavoro è stato effettuato manualmente a causa delle difficoltà di accesso, legate anche alla presenza del fossato.

Per alcuni lavori si è reso necessario calare la gru più piccola nel fossato, per consentire il necessario supporto al personale che operava in sospensione.



Gru calata nel fossato (Archivio NCP).



Personale operante in sospensione (Archivio NCP).

7. MIGLIORAMENTO E GENERALIZZAZIONE DELLE SOLUZIONI

Gli innumerevoli interventi effettuati nel Forte, fin dalle prime fasi dell'emergenza, hanno fornito numerosi spunti per la messa a punto delle schede STOP, ispirandone alcune soluzioni standardizzate e consentendo di sperimentarne la realizzazione.

Il notevole spessore dei muri ha indotto ad adottare soluzioni che per quanto possibile non implicassero la loro foratura; si sono di conseguenza sfruttate tutte le aperture esistenti per il passaggio dei tiranti, adottando soluzioni di ancoraggio anche indirette, come per l'edificio lato S-O.

L'elevata altezza di posizionamento degli elementi di distribuzione e ancoraggio sulle facciate ha richiesto la realizzazione di strutture di sostegno e ripartizione in tubo-giunto o legno lamellare.



Sostegno dei traversi di ancoraggio con sistema tubo-giunto (Archivio NCP).



Elementi di distribuzione verticale sulle facciate in legno lamellare (Archivio NCP).

SCHEMA INTERVENTO

C3

**Chiesa di Santa Maria del Suffragio**

o delle Anime Sante

L'Aquila – Piazza Duomo

Coordinatore NCP: Mannino

ROS: Benedetti (squadre in quota), Miconi (squadre SAF)

Squadre: SAF Abruzzo, Lazio e Veneto

1. INQUADRAMENTO

La Chiesa di Santa Maria del Suffragio, meglio conosciuta come Chiesa “del Purgatorio” o “delle Anime Sante”, è situata lungo il lato maggiore sinistro di Piazza Duomo o del Mercato.

Durante il terremoto del 1703 la sede della Confraternita del Suffragio fu distrutta e al suo posto fu costruita la chiesa di Santa Maria del Suffragio. La costruzione fu iniziata il 10 Ottobre 1713, a dieci anni di distanza dal terremoto del 1703.

“[...] la chiesa delle Anime Sante è sempre stata e rimane, anche dopo il compimento della Cattedrale nel 1928, la dominatrice prestigiosa della Piazza Maggiore per la sua massa ‘articolata’, alta fronte borrominiana a nicchiane, ma anche per l’elegante snellezza delle sue masse orizzontali a piani sfalzati.

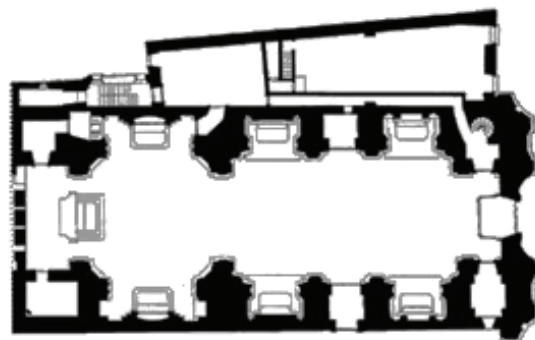
Sebbene l’iniziativa sia frutto non di grandi enti ecclesiastici ma di una Confraternita laica e neppure tra le più antiche ed importanti della città, essa poté avvalersi di rilevanti offerte, probabilmente grazie anche al culto dei morti da parte degli aquilani, intensificato drammaticamente per i lutti del terremoto del 1703.”

La struttura fu affidata all’Architetto romano Carlo Buratti e fu completata per apporti successivi: nel 1770 iniziò, da parte del maestro Bucci di Pescocostanzo, la realizzazione della facciata progettata dal Leomporri, mentre la cupola cilindrica del Valadier venne aggiunta nel 1805.

“L’organismo spaziale concepito dal Buratti consiste nel consueto impianto gesuitico a croce latina cupolata, con due sole cappelle per lato innestate all’aula, il tutto montato nell’ordinanza architettonica classicistica, paraste, trabeazioni e volta, ed inscritto in perfettamente rettangolare contenitore murario.

L’aula longitudinale, sotto volta a botte, si enuncia dopo una campata brevissima, quella del palco dell’organo e dell’ornatissima cantoria.”

(fonti: Ministero per i Beni Culturali; www.regione.abruzzo.it; “Le chiese dell’Aquila” di Mons. Antonini).



2. SCENARIO DI DANNO

La chiesa di Santa Maria del Suffragio a seguito del sisma ha riportato gravissimi danni, in particolare:

- crollo della copertura della cupola;
- crollo parziale delle murature o di parte dello spessore di queste, costituenti il tamburo portante della cupola, con gravi lesioni verticali in corrispondenza delle finestre laterali;
- lesioni di distacco tra la facciata ed il corpo principale;
- lesioni passanti nelle pareti perimetrali;
- danneggiamento della sacrestia, anche per la caduta di materiale dall'alto.

Copertura della cupola

La struttura della copertura, costituita da travi in legno appoggiate sulla muratura perimetrale del tamburo circolare e su sottostanti volte decorate con stucchi aurei, è rovinosamente crollata a seguito delle azioni provocate dal sisma; ciò si è determinato per la perdita di appoggio delle travi in conseguenza del crollo della parte superiore del tamburo.

Tamburo perimetrale della cupola

Le murature portanti del tamburo, originariamente irrigidite dalla presenza di travi in legno annegate all'interno dello spessore, hanno subito crolli diffusi, particolarmente nella parte sommitale e sopra le aperture laterali, con la creazione di due amplissimi squarci.

Importanti fessure verticali passanti hanno comportato la perdita della continuità muraria, creando un sistema di setti separati, con scarsa capacità portante residua e marcata propensione al ribaltamento verso l'esterno.

La disgregazione delle murature si è accentuata con le successive repliche sismiche ed ha determinato, in numerose posizioni, la perdita di gran parte dello spessore resistente.

I crolli verso l'interno della chiesa hanno colmato di macerie gran parte del transetto e della navata centrale sottostanti, mentre all'esterno hanno proiettato massi e frammenti sopra le falde della copertura della navata e del corpo affiancato.

Facciata

La facciata non ha subito danni di rilievo, ad eccezione del crollo dei pinnacoli decorativi di sommità ed ha conservato l'originale compattezza; alcune lesioni si sono prodotte tra la facciata ed il corpo longitudinale della chiesa.

Sacrestia

I locali interni, che comprendono la sacrestia, sono stati indirettamente danneggiati dal crollo di alcune parti della copertura, parzialmente sfondata dalla caduta di porzioni strutturali sovrastanti.

Repertorio dei danni



Crollo della copertura della cupola

È possibile notare il cedimento e la caduta di gran parte delle strutture portanti della copertura.



Crollo della copertura della cupola

Le parti ed i detriti sono caduti, oltre che all'interno della chiesa, sopra il tetto della navata e del corpo laterale della sacrestia.

Si notano le evidenti lesioni alle pareti perimetrali.



Collasso delle murature del tamburo

Vista dal lato destro.

In primo piano la facciata che si è staccata dalle pareti laterali.

Repertorio dei danni	
	Collasso delle murature del tamburo La foto mette in evidenza il sistema di appoggio dell'orditura della copertura alla cupola.
	Collasso delle murature del tamburo L'inquadratura consente di cogliere l'ampiezza della fessurazioni nelle murature del tamburo.
	Disgregazione della muratura della cupola Particolare che mette in evidenza la tessitura muraria.

Repertorio dei danni	
	Disgregazione della muratura della cupola È evidente una drastica riduzione dello spessore residuo in ampi tratti della muratura.
	Lesioni di distacco tra la facciata e le pareti laterali dell'aula Sono evidenti le sconnessioni dei conci in pietra.
	Dissesto dei locali interni I locali del corpo laterale e della sacrestia sono stati danneggiati dalla caduta di pietre dall'alto, che ne hanno sfondato la copertura.

3. STRATEGIE DI INTERVENTO PER LA MESSA IN SICUREZZA

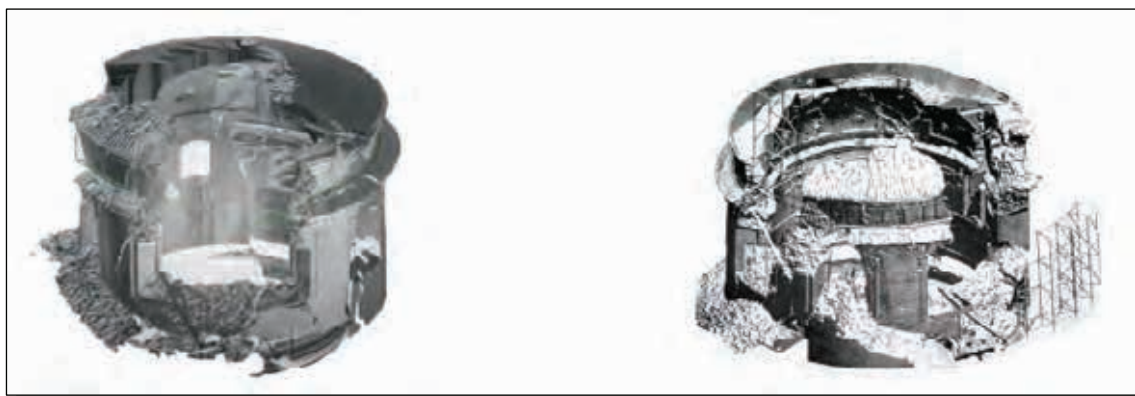
La condizione di grave precarietà determinatasi a seguito del sisma, unitamente alla rilevanza dell'edificio di culto hanno indotto a progettare una serie di interventi immediati per la stabilizzazione di alcune porzioni della chiesa. Tali interventi sono stati seguiti da ulteriori opere di stabilizzazione e protezione dell'edificio.

La minima capacità portante residua delle strutture e, soprattutto, l'elevato pericolo di ulteriori crolli che rendeva di fatto impraticabili per gli operatori gli spazi a terra ed all'interno della chiesa, hanno richiesto la definizione di soluzioni progettuali, in gran parte particolari ed innovative. In particolare, le scelte operate nella definizione delle strategie di intervento sono state condizionate primariamente dall'impossibilità di adottare sistemi e tecniche tradizionali più semplici quali ponteggi in elevazione e puntellamenti poggiati a terra e/o all'esterno del manufatto.

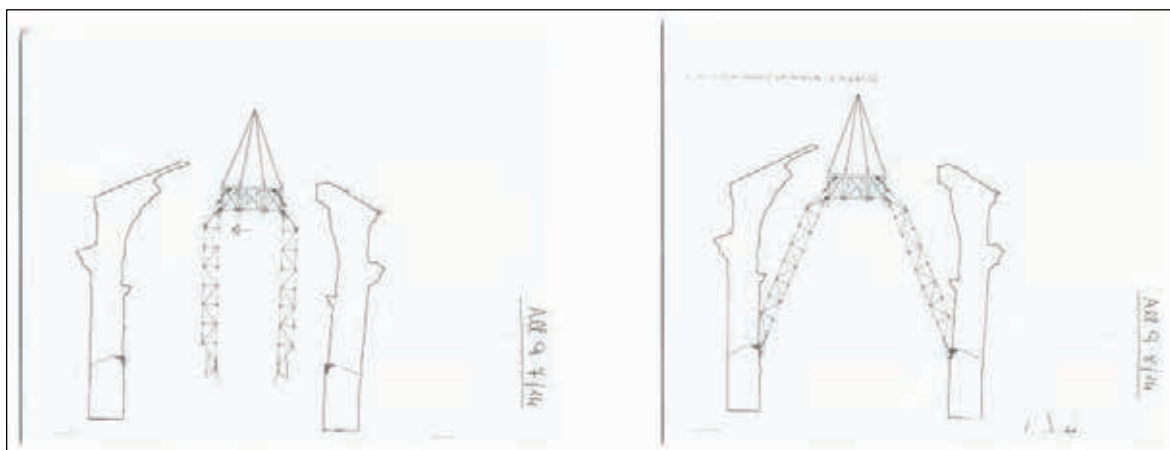
Dopo il recupero ed il trasferimento in aree sicure dei beni mobili, si è optato per la realizzazione delle seguenti opere:

- fasciatura dell'intera facciata;
- inserimento, in prossimità delle finestre e degli squarci prodotti dai crolli, di sbadacchiature in legno e di telai con elementi in acciaio, realizzati a pié d'opera e/o montati sul posto, per ripristinare la continuità delle murature;
- cerchiature a diversi livelli per il contenimento delle murature del tamburo della cupola;
- inserimento, all'interno della cupola, di un traliccio metallico spaziale denominato "polipo" con struttura composta da otto bracci ad azionamento manuale, collegato con le cerchiature esterne, a contrasto di possibili crolli o cadute verso l'interno;
- posizionamento, sopra il traliccio, di una cupola trasparente, in polycarbonato leggero, a protezione dagli agenti atmosferici;
- realizzazione, al piano di calpestio della chiesa, di un tunnel in legno di protezione, per consentire il recupero di porzioni o frammenti caduti o danneggiati.

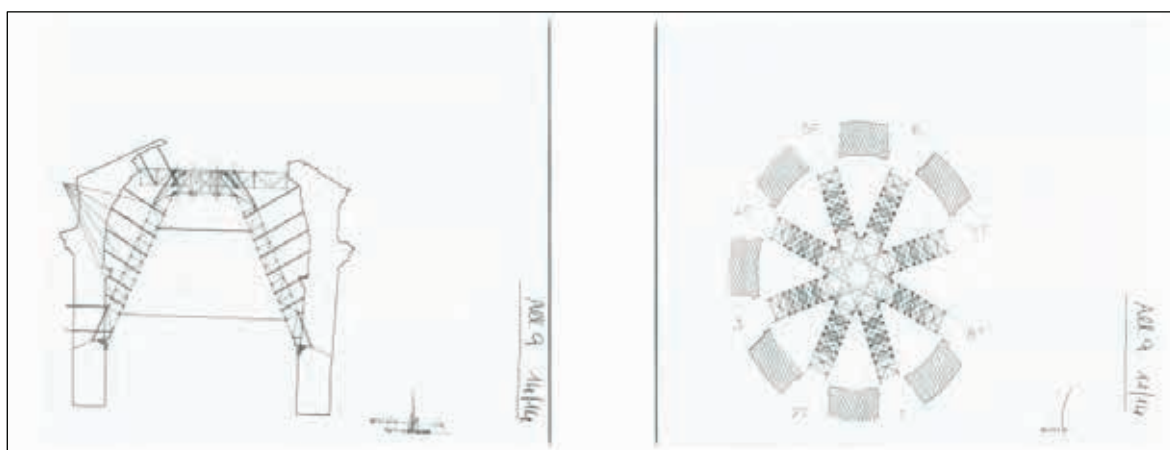
Estratto dello schema di intervento richiesto ai VVF dal MiBAC



Rilievo laser scan del tiburio e inserimento dei telai metallici per il ripristino della continuità dei setti crollati (Archivio NCP).



Schema di posizionamento del “polipo” all’interno della cupola (Archivio NCP).



Schema di ancoraggio definitivo della struttura (Archivio NCP).

4. ANALISI SCENARIO OPERATIVO E PIANIFICAZIONE INTERVENTO

La precarietà delle condizioni strutturali dell'edificio ha, fin da subito richiesto di operare dall'alto o in posizioni di sicurezza rispetto a possibili crolli, evitando, per quanto possibile, la presenza di personale nelle aree sottostanti.

Le rilevanti dimensioni dell'edificio richiedevano il ricorso a mezzi speciali, noleggiati da ditte private, con particolari requisiti di sbraccio e portata, in grado di trasferire a notevoli altezze gli elementi strutturali di consolidamento e gli operatori SAF incaricati del loro posizionamento.

Tenuto conto della delicatezza e della complessità dell'intervento, si sono accuratamente studiate le eventuali criticità che si sarebbero potute presentare durante le operazioni da compiere: a tal fine, nei giorni precedenti l'intervento, è stato elaborato uno specifico piano di sicurezza, con l'obiettivo di evitare, o comunque di minimizzare, ogni possibile rischio per tutti gli operatori coinvolti.

Sotto il profilo della pianificazione organizzativa dell'intervento, oltre l'adozione di tutte le tecniche e degli accorgimenti relativi alla sicurezza di base del personale SAF nonché l'uso degli appositi dispositivi di protezione individuale, si sono individuate specifiche figure di riferimento quali:

- il Responsabile delle Operazioni di Soccorso delle varie squadre (ROS1);
- il Coordinatore della sicurezza per le manovre in quota VVF (ROS2);
- un Dirigente preposto al coordinamento generale dell'intervento, per garantire l'efficacia delle azioni congiunte tra Vigili del Fuoco e ditte esterne.

Nella fase di pianificazione sono state analizzate in dettaglio tutte le operazioni propedeutiche al montaggio della struttura metallica e le relative modalità esecutive, quali ad esempio:

- applicazione di uno strato di calce additivata sulle sezioni lesionate degli speroni di muratura;
- rimozione di alcune funi di sicurezza già in opera nella cupola;
- posizionamento delle corde di controvento alle estremità dei bracci del "polipo", per il corretto posizionamento dei bracci stessi in quota dall'esterno della lanterna;
- posizionamento di 16 cavi di acciaio nelle cerniere, per il bloccaggio delle coppie di bracci contrapposti, evitando l'indesiderata apertura del "polipo" durante il montaggio;
- posizionamento di 3 gru, non interferenti tra loro, per il trasferimento del "polipo" ed il sollevamento di due piattaforme con a bordo altrettante squadre con 5 operatori VVF ciascuna, una per le manovre dei bracci del traliccio e l'altra per ausilio al loro posizionamento sopra i basamenti predisposti;
- effettuazione di prove di funzionamento del "polipo" a terra, con adeguata informazione e formazione degli operatori VVF.

Si è quindi definita la sequenza delle operazioni di seguito riportata:

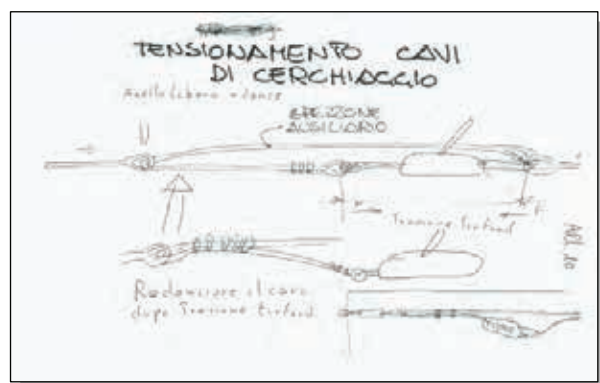
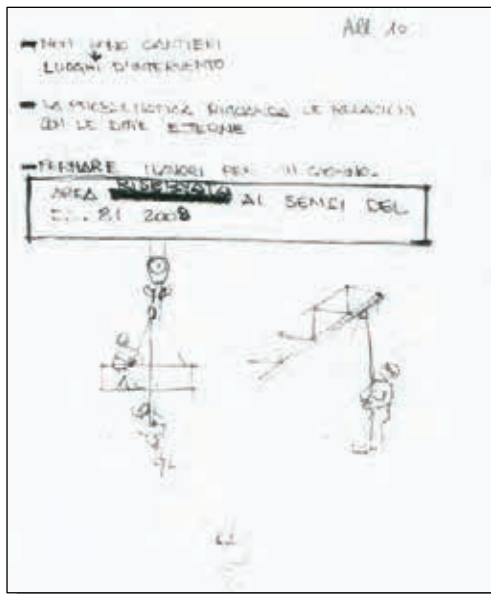
1. sollevamento e calata dentro la cupola del "polipo", da effettuare con gru privata;
2. apertura dei piedi, a cura di due unità di personale posizionate sul castello del "polipo" e mantenute in sicurezza da una seconda gru;
3. appoggio dei piatti delle cerniere nei davanzali predisposti, secondo una sequenza prestabilita;

4. lieve tensionamento dei cavi di acciaio ai piedi;
5. inserimento dei puntoni di bloccaggio del “polipo” operando dall’esterno delle finestrate, in condizioni di sicurezza;
6. montaggio delle travi reticolari in sommità per il contrasto dall’interno, del cordolo di copertura.

Il piano prevedeva l’immediata sospensione delle operazioni da parte del ROS ed il recupero a terra in sicurezza di tutti gli operatori, qualora si fossero manifestate criticità, quali:

- ripresa dell’attività sismica;
- condizioni meteorologiche avverse (vento, forte pioggia);
- malore di un operatore;
- crollo o distacco improvviso di materiale;
- mancato od inefficace ancoraggio degli appoggi del “polipo” ai davanzali delle finestrate;
- fallimento di una delle operazioni pianificate descritte in precedenza.

Sempre in fase di pianificazione dell’intervento, particolare attenzione è stata rivolta alla formazione ed informazione in situ di tutti gli operatori coinvolti, rilevando eventuali problematiche particolari circa l’intervento da eseguire. L’attività prevedeva riunioni tra i Vigili del Fuoco operanti e i manovratori delle gru esterne per l’esecuzione di prove “a freddo” e il confronto operativo, anche con il ricorso a schizzi e schemi operativi, al fine di ottenere la più ampia condivisione delle procedure e per il superamento di tutte le potenziali criticità.



Schizzi e schemi operativi utilizzati nelle fasi che hanno preceduto l’intervento (Archivio NCP).

Sul fronte delle comunicazioni si è programmato di agire dotando gli operatori di idonei apparati radio-telefonici in numero ridondante e a diverse frequenze, programmate per poter assicurare in ogni momento l’efficacia degli scambi informativi ai diversi livelli.

5. REALIZZAZIONE INTERVENTO

Seguendo la sequenza di operazioni stabilite nella fase di pianificazione dell'intervento, si è proceduto come di seguito descritto.

Predisposizione degli apprestamenti preliminari necessari.

Per dare consistenza alla muratura gravemente disgregata, evitando ulteriori crolli o cadute di pietre, è stata applicata calce additivata sulle parti lesionate.

Le funi già in opera per il contenimento delle murature dall'interno della cupola sono state rimosse.

Sono state collegate le estremità delle travi reticolari del "polipo", a funi di controvento e a cavi di acciaio, per consentire il posizionamento e l'ancoraggio dei bracci ed evitare l'apertura della struttura durante il montaggio.

Ulteriori apprestamenti e piccoli interventi di rifinitura a pié d'opera, si sono resi necessari per mettere a punto alcuni aspetti di dettaglio che non era stato possibile prevedere in fase progettuale.

Particolare attenzione è stata rivolta al posizionamento delle tre gru, in modo da evitare ogni possibile pericolosa interferenza durante le operazioni di sollevamento del traliccio e delle due piattaforme con le squadre dei Vigili del Fuoco.

Sollevamento e posizionamento del telaio.

Dopo aver sollevato il "polipo" ed averlo calato dentro la cupola con la gru principale, si è provveduto all'apertura dei bracci, da parte di 2 unità di personale posizionate sul castello del "polipo" e mantenute in sicurezza da un'altra gru.

Questa fase ha rappresentato la parte più delicata dell'intera operazione, anche perché era fortemente influenzata dalle condizioni atmosferiche, in particolare dal vento, oltre che dalla complessità del coordinamento tra i vari operatori e dalle intrinseche difficoltà di alcune manovre.

Fissaggio ed ancoraggio del telaio alla struttura.

Appoggiati i piatti delle cerniere nei davanzali predisposti secondo la sequenza prestabilita in fase di pianificazione dell'intervento, si sono tensionati debolmente i cavi di acciaio ai piedi.

Si è quindi provveduto al bloccaggio del "polipo", rendendolo solidale con le strutture di cerchiatura già realizzate, sia all'interno che all'esterno della cupola.

Si sono infine montate le travi reticolari in sommità, per il contrasto della parte superiore della muratura.

Condizioni operative.

Di seguito si riportano le principali informazioni che hanno caratterizzato le condizioni operative:

- portata massima della gru semovente: 2200 q;
- sviluppo braccio-falcone: 72 m (60+12 m);
- distanza massima dal centro ralla: 45 m;
- peso del "polipo": 60 q;
- velocità vento in quota: 13 nodi.

Fasi realizzative	
	Recupero dei beni mobili Subito dopo il sisma si è provveduto al recupero ed al trasferimento in aree sicure delle opere d'arte e degli oggetti di valore.
	Fasciatura della facciata e sbadacchiature di alcune aperture principali Immediatamente dopo al recupero dei beni mobili si è provveduto alla fasciatura della facciata. Si noti il posizionamento del cassettone in legno a protezione di eventuali spostamenti degli elementi della facciata.
	Ripristino della continuità muraria Il ripristino della continuità muraria in corrispondenza delle parti crollate è stato affidato a telai in acciaio assemblati a piè d'opera e successivamente posizionati in quota.

Fasi realizzative	
	Ripristino della continuità muraria Si notino la cerchiatura esterna a diversi livelli e le sbadacchiature lignee all'interno delle finestre.
	Posizionamento del “polipo” all'interno della cupola Il posizionamento della struttura tutore d'acciaio all'interno della cupola ha richiesto un'attenta analisi tecnica di tutte le criticità ipotizzabili che avrebbero potuto pregiudicare la sicurezza degli operatori. Particolare attenzione è stata dedicata alla corretta applicazione delle tecniche di derivazione speleo alpino fluviale e alla pianificazione della sicurezza.
	Posizionamento del “polipo” all'interno della cupola Sono state effettuate numerose prove a terra per testare la funzionalità del dispositivo ed anticipare eventuali difficoltà, mettendo a punto le sinergie tra i vari soggetti coinvolti.

Fasi realizzative	
	Posizionamento del “polipo” all’interno della cupola La messa a punto del sistema ha richiesto importanti lavori di preparazione e di adattamento.
	Posizionamento del “polipo” all’interno della cupola Uno degli elementi che ha richiesto grande attenzione è stata la valutazione delle possibili interferenze tra le gru, la cui gestione ha reso necessaria l’accurata pianificazione della sequenza delle operazioni da compiere.
	Posizionamento del “polipo” all’interno della cupola La struttura sta per essere calata all’interno del tamburo.

Fasi realizzative	
	Posizionamento del “polipo” all’interno della cupola Il “polipo” mentre viene calato, sotto il controllo delle squadre in quota.
	Posizionamento del “polipo” all’interno della cupola La calata del traliccio vista dall’interno della chiesa.
	Ancoraggio del “polipo” La struttura reticolare è stata vincolata alle cerchiature già in opera all’interno ed all’esterno della cupola. Le operazioni di ancoraggio del traliccio, una volta che questo è stato appoggiato ai basamenti predisposti, sono state possibili grazie alla professionalità del personale SAF. La sinergia tra le squadre VVF in quota e gli operatori privati delle gru ha giocato un ruolo fondamentale per la riuscita dell’operazione.

Fasi realizzative	
	Ancoraggio del “polipo” Vista dall’interno della chiesa, a bloccaggio completato.
	Installazione della copertura Fase del sollevamento della copertura in policarbonato.
	Installazione della copertura La foto mostra l’intervento concluso.

6. TEMPI REALIZZAZIONE, MEZZI, MATERIALI E UOMINI IMPIEGATI

Il personale SAF dei Vigili del Fuoco, d'intesa diretta con il Vice Commissario per i Beni Culturali, ha fornito un fondamentale supporto tecnico-operativo per la realizzazione di tutte le opere e per il posizionamento delle strutture di consolidamento, che hanno scongiurato la perdita totale del bene.

Il Nucleo Coordinamento Opere Provvisorie ha assicurato la pianificazione ed il coordinamento generale degli interventi più complessi, nel rispetto delle condizioni di sicurezza per gli operatori VVF.

Le diverse opere sono state realizzate complessivamente in circa quattro mesi, dai primi giorni dopo il sisma fino al 31 luglio 2009, data del posizionamento della copertura tronco-conica della cupola in polycarbonato trasparente, grazie al contributo delle squadre SAF provenienti da tutta Italia.

L'intervento di posizionamento ed ancoraggio del "polipo" all'interno della cupola, considerando anche le operazioni preliminari di pianificazione, ha impegnato per circa una settimana 18 unità Vigili del Fuoco che hanno operato in stretto coordinamento con il Vice Commissario delegato ai Beni Culturali, il personale del MiBAC e i dipendenti di ditte private (progettisti ed esecutori del traliccio, operatori gru, ecc.).

L'esigenza di coordinamento, legata alla complessità e criticità delle opere da realizzare, ha visto sul campo:

- un Dirigente, preposto al coordinamento generale dell'intervento e a garantire l'efficacia delle azioni congiunte tra i Vigili del Fuoco e le ditte esterne;
- un Funzionario, responsabile delle operazioni di soccorso delle squadre SAF;
- un Capo squadra, con il compito di sovrintendere alla sicurezza degli operatori, minimizzando i rischi in quota.

I mezzi impiegati sono stati:

- un'autoscala con sviluppo di 30 metri;
- tre gru da cantiere ad elevata portata e notevole sviluppo, noleggiate e condotte da personale di ditte esterne.

7. MIGLIORAMENTO E GENERALIZZAZIONE DELLE SOLUZIONI

L'estrema specificità e particolarità dell'intervento non hanno consentito il ricorso ad alcuna soluzione di tipo standardizzato. L'improbabilità del verificarsi di analoghi casi applicativi non ha nemmeno portato a considerazioni tecniche in termini di possibile standardizzazione della struttura progettata.

L'intervento risulta tuttavia di riferimento sotto il profilo organizzativo e logistico. Si evidenzia infatti l'estrema utilità del metodo utilizzato nella fattispecie per l'elaborazione delle procedure per la sicurezza degli operatori.

In presenza di interventi di tale complessità e delicatezza, anche per la rilevante altezza cui gli operatori hanno dovuto lavorare, è stato molto proficuo produrre, dopo aver condiviso le problematiche fondamentali attraverso il confronto sul campo tra i Vigili del Fuoco e gli operatori esterni, un programma operativo ed un piano di sicurezza per minimizzare i rischi ragionevolmente ipotizzabili anche attraverso un puntuale rispetto delle sequenze operative prestabilite.

