

M.A. SEGRETO, A. GUGLIANDOLO

Unità Tecnica Efficienza Energetica
Laboratorio LAERTE
Centro Ricerche Bologna

B. CARPANI

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Laboratorio LAERTE
Centro Ricerche Brasimone

G. MARGHELLA, A. MARZO

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Laboratorio LAERTE
Centro Ricerche Bologna

MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA DELLA PARROCCHIA DELLA VISITAZIONE DI MARIA SANTISSIMA A RENO FINALESE (MO)

RT/2016/36/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

M.A. SEGRETO, A. GUGLIANDOLO

Unità Tecnica Efficienza Energetica
Laboratorio LAERTE
Centro Ricerche Bologna

G. MARGHELLA, A. MARZO

Dipartimento Sostenibilità dei sistemi Produttivi e Territoriali
Laboratorio LAERTE
Centro Ricerche Bologna

B. CARPANI

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali
Laboratorio LAERTE
Centro Ricerche Brasimone

MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA DELLA PARROCCHIA DELLA VISITAZIONE DI MARIA SANTISSIMA A RENO FINALESE (MO)

RT/2016/36/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

MESSA IN SICUREZZA POST-SISMA DELLA PARROCCHIA DELLA VISITAZIONE DI MARIA SANTISSIMA A RENO FINALESE (MO)

M.A. Segreto, A. Gugliandolo, B. Carpani, G. Marghella, A. Marzo

Riassunto

A seguito degli eventi sismici del 20 e 29 Maggio 2012, che hanno coinvolto una vasta parte del territorio dell'Emilia (la parte occidentale della Regione Emilia-Romagna), l'ENEA è stata coinvolta nelle operazioni di verifica di agibilità e di interventi per la messa in sicurezza post-sisma sulle varie tipologie costruttive esistenti sul territorio. Questo documento si focalizza sugli edifici di interesse artistico e culturale. Dopo l'evento sismico, molte Chiese e palazzi storici hanno subito danni significativi. Alcuni di questi hanno subito danni devastanti e permanenti, altri possono essere ripristinati grazie ad immediati interventi per la messa in sicurezza seguiti da interventi specifici. Gli interventi di messa in sicurezza rivestono un ruolo importante poiché preservano la costruzione storica da un peggioramento del danno. L'esempio presentato di seguito, riguarda la Chiesa della Visitazione di Maria Santissima a Reno Finalese (Modena). ENEA ha proposto un intervento di messa in sicurezza, che è stato approvato dalla Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici dell'Emilia-Romagna.

Parole chiave: edifici, sicurezza, sisma, beni culturali.

Abstract

Following the earthquakes of May 20th and 29th, 2012, which involved an extensive part of Emilia territory (the Western part of Emilia-Romagna), ENEA has been involved in the operations of usability testing and post-earthquake safety interventions on the various construction typologies existing on the territory. This paper is focused on cultural and artistic interest constructions, only. After the seismic event, many churches and historic buildings have suffered significant damage. Some of these have undergone devastating and permanent damage. Others can be restored if immediate safety interventions will be realized before carrying out the appropriate retrofitting interventions, in order to preserve the historical construction from worsening the damage. The example presented below, concerns the Visitazione di Maria Santissima Church in Reno Finalese (Modena). ENEA proposed a safety intervention, which has been approved by the Regional Directorate for Cultural Heritage and Landscape in Emilia-Romagna.

Keywords: buildings, safety intervention, earthquakes, Cultural Heritage

INDICE

Introduzione	7
1. Stato di fatto	8
2. Interventi di messa in sicurezza	15
2.1 Interventi sulla facciata principale	16
2.2 Intervento di cerchiatura dei prospetti	19
2.3 Intervento sulle coperture	19
2.4 Intervento sugli interni	19
2.5 Recupero e ricomposizione degli apparati decorativi	19
2.6 Intervento di cerchiatura del campanile antico	20
2.7 Intervento sul campanile nuovo	20
Indice delle figure	23
Bibliografia	24

INTRODUZIONE

In seguito agli eventi sismici che hanno interessato l'Emilia-Romagna nel Maggio 2012, la parrocchia della Visitazione di Maria di Reno Finalese (Finale Emilia) ha subito ingenti danni, sia per quanto riguarda le strutture che per quanto riguarda gli apparati decorativi interni.

La parrocchia di Reno Finalese ha una storia molto particolare poiché fu costruita a causa di un altro evento disastroso accaduto alla fine del 1400. In occasione di un'esonazione del fiume Reno, con conseguenti allagamenti, i fedeli si ritrovarono impossibilitati a raggiungere la città di Finale Emilia, fu così che decisero di edificare una nuova Chiesa.

L'antico campanile, che sorge sul lato Ovest, risale al 1506, ed è stato dotato di due campane e un orologio. Sul lato Est, nel 1933 fu costruito un moderno campanile di 38 metri dotato di 3 campane e completato nel 1948.



Fig. 1 - Inquadramento geografico della Parrocchia della Visitazione di Maria Santissima su base GIS

1. STATO DIFATTO

I danneggiamenti subiti dall'edificio, di grave entità e molto diffusi, sono riconducibili a dei meccanismi di danno tipici per questa tipologia di costruzione e sono stati riscontrati, in maniera più o meno significativa, anche in altre chiese del territorio colpito dal terremoto, come ad esempio quella di Buonacompra, quella di Mirabello, quella di San Felice sul Panaro.

L'effetto più evidente dell'azione sismica è stato sicuramente il crollo della porzione superiore della facciata della chiesa, priva di ogni collegamento con le pareti laterali: questo crollo è il risultato di un meccanismo di ribaltamento che ha interessato la porzione centrale superiore del prospetto principale, la cui parte non crollata si presenta attualmente distaccata dal corpo della chiesa e notevolmente inclinata verso il sagrato. I due corpi laterali della facciata, più bassi, non connessi con la porzione centrale ma legati alle pareti laterali, hanno risentito meno di questo meccanismo di ribaltamento, che ha interessato sostanzialmente la sola parte sommitale, più alta della retrostante copertura delle navate laterali (figg. 2-3).



Fig. 2 La facciata



Fig. 3 Meccanismo di ribaltamento

Il crollo ha interessato una limitata porzione della copertura, realizzata con capriate e puntoni in legno duro appoggiati alle pareti laterali della navata centrale, a cui sembrano essere collegati tramite dei capochiave ben visibili dall'esterno: si tratta di una struttura leggera, con un'inclinazione

che si aggira intorno ai 16-18° e non di tipo spingente. In tempi abbastanza recenti, le coperture sono state oggetto di un intervento di risanamento, che ha previsto la sostituzione degli elementi più degradati con dei tavelloni fissati alle travi, in particolare nella navata destra dove si osserva un diffuso degrado degli apparati decorativi dovuto all'umidità, verosimilmente dovuto all'infiltrazione di acque meteoriche prima dell'intervento.

La navata centrale presenta una controsoffittatura realizzata con un incannucciato dipinto che, pur essendo lesionato in più punti, presenta dei solidi ancoraggi alle capriate della copertura (fig. 4). Al contrario, le volte affrescate delle navate laterali, realizzate con mattoni disposti in foglio, risultano essere quasi completamente crollate, in particolar modo nella navata sinistra: le poche porzioni ancora in opera, localizzate nelle due arcate più vicine all'abside, presentano delle gravi lesioni che ne compromettono la stabilità, rendendo estremamente pericoloso l'accesso (fig. 5).



Fig. 4 La copertura della navata centrale



Fig. 5 Le volte crollate della navata sinistra

Il quadro fessurativo (figg. 6-8) evidenzia una situazione piuttosto critica: oltre alle lesioni presenti in facciata, dovute al meccanismo di ribaltamento, sono visibili numerose altre lesioni, alcune delle quali particolarmente importanti.

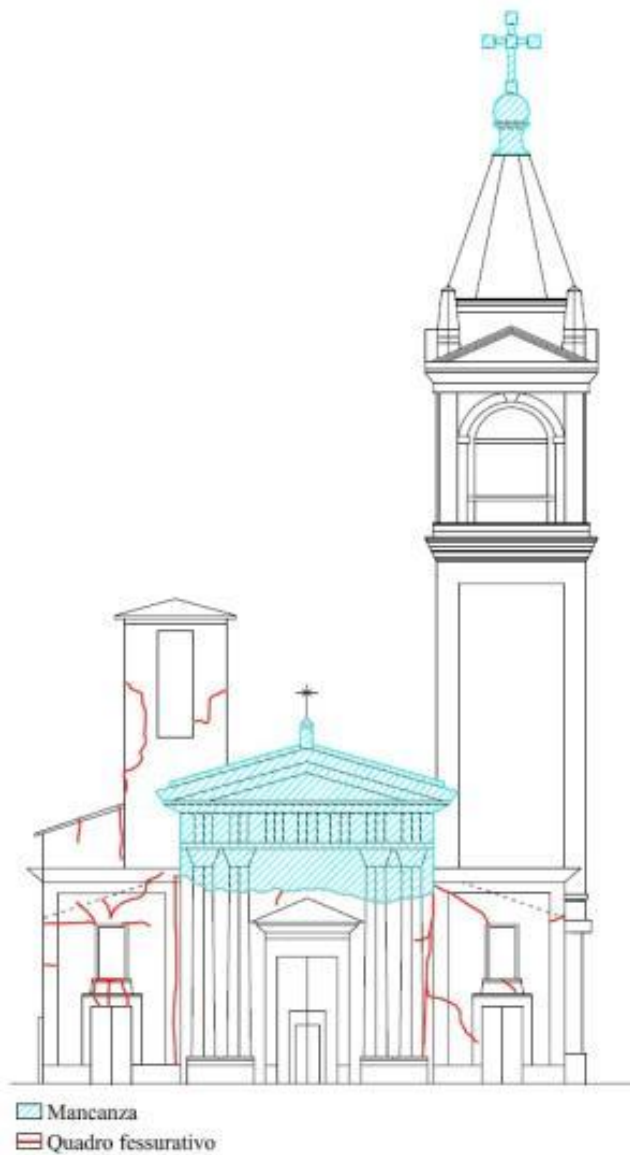


Fig. 6 Quadro fessurativo facciata

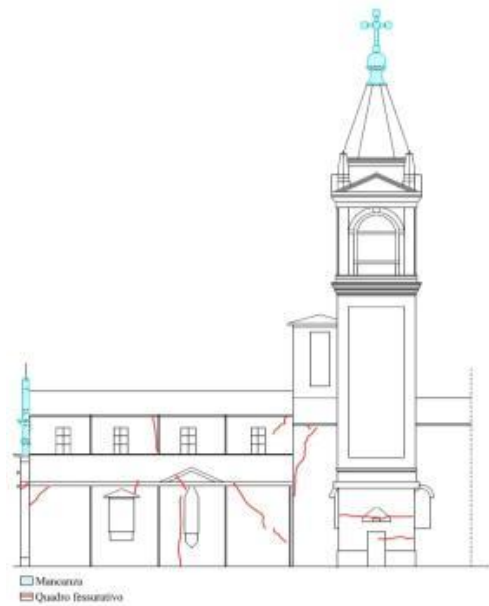


Fig. 7 Quadro fessurativo prospetto Est

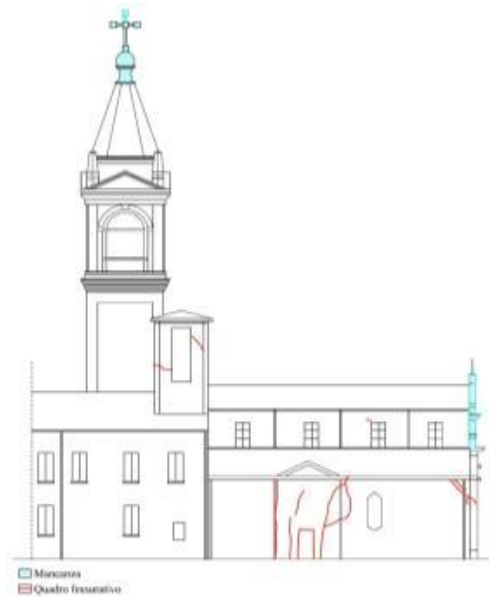


Fig. 8 Quadro fessurativo prospetto Ovest

In particolare occorre menzionare una serie di lesioni trasversali all'asse principale della chiesa, all'incirca a metà lunghezza delle navate (tra il secondo ed il terzo arco): queste lesioni, tutte passanti anche se all'esterno risultano difficilmente visibili e sono state evidenziate dall'esame termografico, si riscontrano senza soluzioni di continuità sulle pareti esterne delle navate laterali, sulle pareti della navata centrale al di sopra degli archi e sul suo controsoffitto, interessando quindi l'intero corpo della chiesa da parte a parte (figg. 9-10).



Fig. 9 Lesione sulla navata centrale (vis)



Fig. 10 Lesione sulla navata centrale (IR)

Altre lesioni evidenti sono quelle tra l'aula e l'abside, che costituiscono due differenti corpi di fabbrica le cui pareti non sembrano essere tra loro collegate: il pilastro destro dell'arco trionfale che separa i due corpi è tagliato ad un'altezza di circa 2 metri e leggermente ruotato, mentre la parete destra dell'abside presenta delle lesioni passanti per tutta la sua altezza, in corrispondenza dell'angolo che si forma con la parete di fondo della navata destra (fig. 10). Al contrario sul lato sinistro dell'abside la presenza del vecchio campanile ha tenuto insieme le due pareti, però la sua struttura più rigida ha provocato delle lesioni da martellamento sulla parete sinistra dell'abside e delle lesioni da taglio sulla parete della sacrestia (fig. 11). Delle lesioni sono presenti anche in corrispondenza della parete di fondo dell'abside.

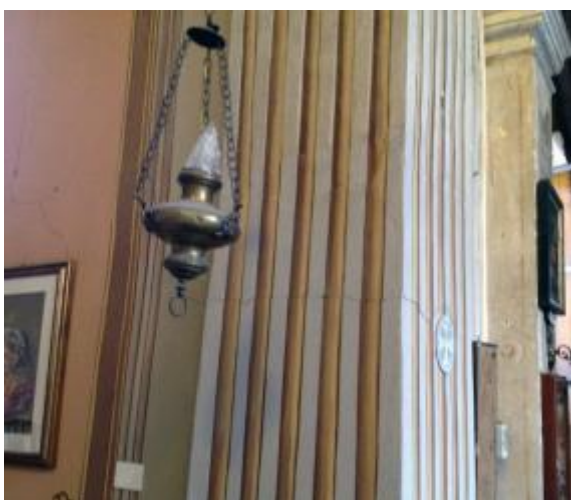


Fig. 11 Lesione sul pilastro dell'arco trionfale



Fig. 12 Lesioni sulla parete della sacrestia

Sono stati poi riscontrati un principio di ribaltamento verso l'esterno della parete perimetrale della navata destra, con lesione in chiave dei tre archi nonostante la presenza delle catene (di cui non si vede il capochiave all'esterno), ed un principio di ribaltamento anche della parete di fondo della stessa navata, evidenziata dalle classiche lesioni ad andamento diagonale visibili all'esterno. Un'altra grave lesione a taglio si riscontra sul primo pilastro della navata destra, è posta al di sopra dell'estremo superiore del capitello e ne ha comportato una traslazione verso destra (fig. 12).

La navata laterale sinistra non sembra evidenziare invece tali meccanismi, eccezion fatta per la parete laterale in corrispondenza dell'ultima arcata, posta in semplice appoggio rispetto all'arco ed in evidente ribaltamento verso l'esterno (fig. 13).



Fig. 13 Traslazione pilastro della navata destra



Fig. 14 Ribaltamento parete della navata sinistra

Danni molto gravi si sono registrati anche sui due campanili della chiesa: uno di più antica costruzione, interno alla struttura, e l'altro, posto a fianco della stessa, che costituisce un fabbricato strutturalmente indipendente.

La torre originaria, alta circa 16 m, realizzata in muratura e munita, nelle due direzioni, di catene poste immediatamente al di sotto dell'intradosso della copertura, presenta una situazione molto critica in corrispondenza delle aperture della cella campanaria e dell'estradosso della copertura. Il danno più evidente è l'espulsione dei cantonali, in particolare dei due prospicienti verso il prospetto

principale della chiesa, notevolmente dislocati, che comporta un elevato rischio di crollo dell'intero campanile con conseguente danneggiamento delle strutture sottostanti, mentre in copertura è osservabile lo scivolamento e la caduta dei coppi (figg. 14-15).

Il nuovo campanile, costruito in prossimità del fianco destro della chiesa, è invece molto più recente, realizzato in muratura e calcestruzzo ed alto oltre 35 metri. In seguito al sisma si è verificata una torsione dell'intera struttura, tagliata a circa 2 metri di altezza, in corrispondenza di una discontinuità del materiale nel basamento: la rotazione non è particolarmente accentuata ma comunque evidente, così come la lesione intorno a cui è avvenuto il movimento (figg. 17-18). Al di sopra del basamento non si notano, almeno dall'esterno, ulteriori danni, ad eccezione della guglia, anch'essa tagliata alla base e ruotata, e rimossa dai Vigili del Fuoco per poter garantire il passaggio sicuro sulla strada sottostante: tuttavia l'intera struttura, lesionata alla base, rappresenta un grave pericolo perché in caso di crollo potrebbe coinvolgere, data la sua altezza, non solo la chiesa ma anche la strada e le costruzioni circostanti.



Fig. 15 Espulsione dei cantonali della cella campanaria

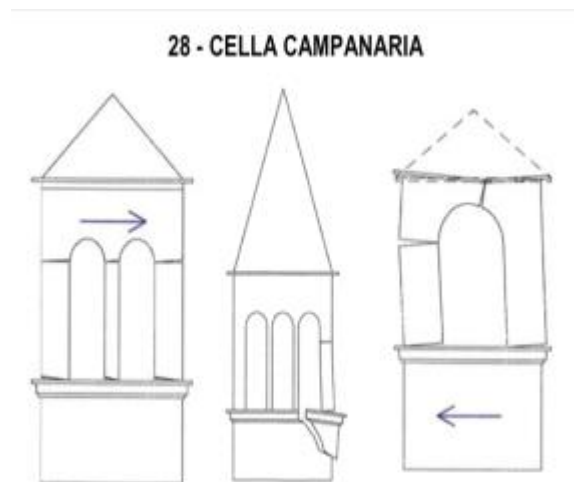


Fig. 16 Meccanismi di danno tipici delle celle campanarie



Fig. 17 Il nuovo campanile in fianco alla chiesa

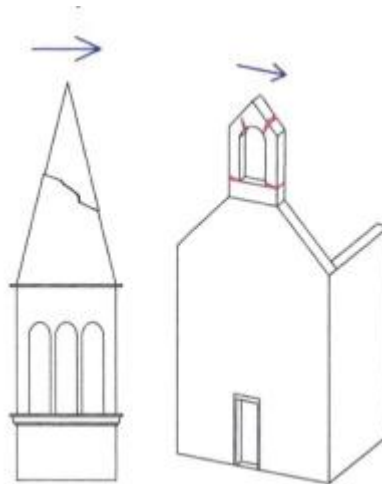


Fig. 18 Meccanismi di danno tipici degli aggetti

2. INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA

Sulla base del sopralluogo effettuato e della documentazione a nostra disposizione sono stati progettati, mediante un dimensionamento di massima, gli interventi necessari per la messa in sicurezza della chiesa. In considerazione del fatto che non si ha in formato digitale un rilievo dettagliato e che, dato lo stato di pericolosità in cui si trova la chiesa, non è stato possibile verificare le quote del rilievo cartaceo esistente, prima della fase di intervento sarà necessario procedere ad un ulteriore sopralluogo per la verifiche delle misure indicate e delle dimensioni degli elementi strutturali e non strutturali, al fine della definizione degli elaborati esecutivi. Tale sopralluogo dovrà avvenire con l'ausilio di personale qualificato e di attrezzature e mezzi idonei alla salvaguardia della sicurezza.

L'intervento dovrà essere realizzato in più fasi, per garantire la dovuta sicurezza agli operatori: inizialmente pertanto si dovrà procedere unicamente dall'esterno dell'edificio, con le operazioni sulla facciata principale, per bloccare il meccanismo di ribaltamento in atto, e con l'intervento di cerchiatura delle perimetrazioni, necessario per ridare all'edificio un comportamento scatolare. Successivamente, sempre dall'esterno, con l'ausilio di un cestello elevatore, si provvederà alla rimozione della copertura, valutando in situ le porzioni della stessa che possono essere lasciate in opera, ed alla cerchiatura del campanile originario.

In sostituzione dell'attuale copertura verrà realizzata una nuova struttura con la funzione di protezione dagli agenti atmosferici, realizzata in acciaio e interamente rimovibile nel momento in cui si procederà con l'intervento di recupero e ripristino. Questa struttura comprenderà anche un piano di lavoro in tavolati modulari al di sotto della controsoffittatura che consentirà sia l'accesso alla chiesa in sicurezza che la sua ispezionabilità.

L'ultima fase riguarderà il recupero degli apparati decorativi della chiesa al fine di procedere, in un secondo momento, alla loro ricomposizione.

Parallelamente si procederà alla messa in sicurezza del campanile nuovo tramite un intervento a carattere definitivo eseguito con un tirantaggio mediante dispositivi a memoria di forma.

2.1 INTERVENTI SULLA FACCIATA PRINCIPALE

La facciata principale della Chiesa risulta parzialmente crollata e per gran parte in pericolo di ribaltamento verso l'esterno. Il crollo di parte della facciata in corrispondenza della navata centrale, dal timpano fino all'attacco con le facciate delle navate laterali, ha comportato la perdita dell'appoggio da parte del solaio. Inoltre sono state rilevate evidenti lesioni.

L'intervento progettato ha lo scopo di ripristinare il collegamento tra le pareti laterali della navata

centrale e l'appoggio del solaio mediante la ricostituzione della continuità della facciata. Sarà utilizzato per tale scopo una struttura reticolare molto leggera in legno di abete, semplice da realizzare e porre in opera. Detta struttura sarà ancorata alle murature perimetrali e costituirà un appoggio continuo per il solaio. E' prevista inoltre la sbadacchiatura di tutte le porte e finestre di facciata, facendo in modo che attraverso le porte possa essere agevole il passaggio di operai e attrezzature da utilizzare per le successive opere di restauro.

Infine, le facciate in ribaltamento delle navate laterali saranno ancorate alle murature retrostanti mediante tiranti in acciaio adeguatamente fissati ad una piastra per la ripartizione della sollecitazione.

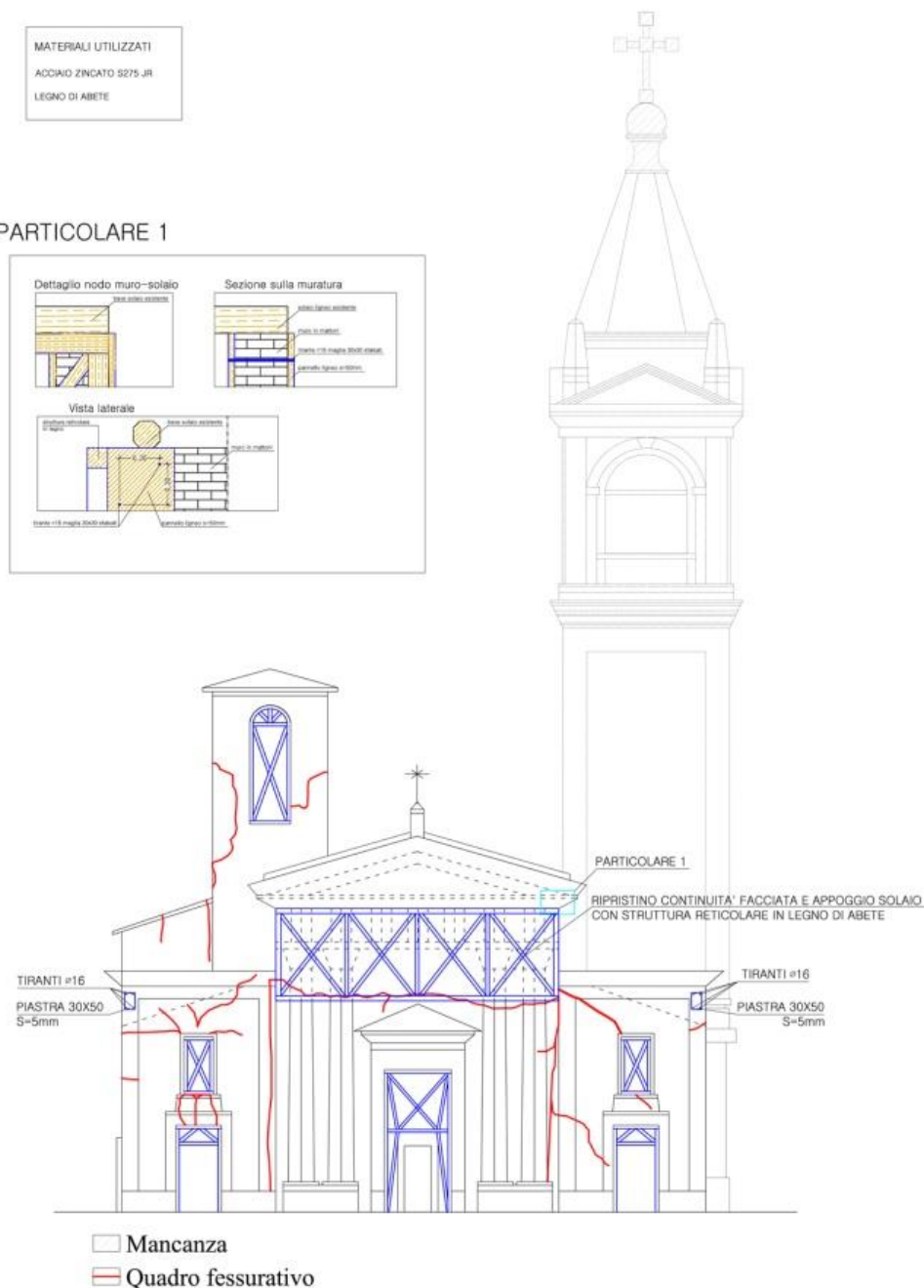


Fig. 19 Schema di intervento sul prospetto principale

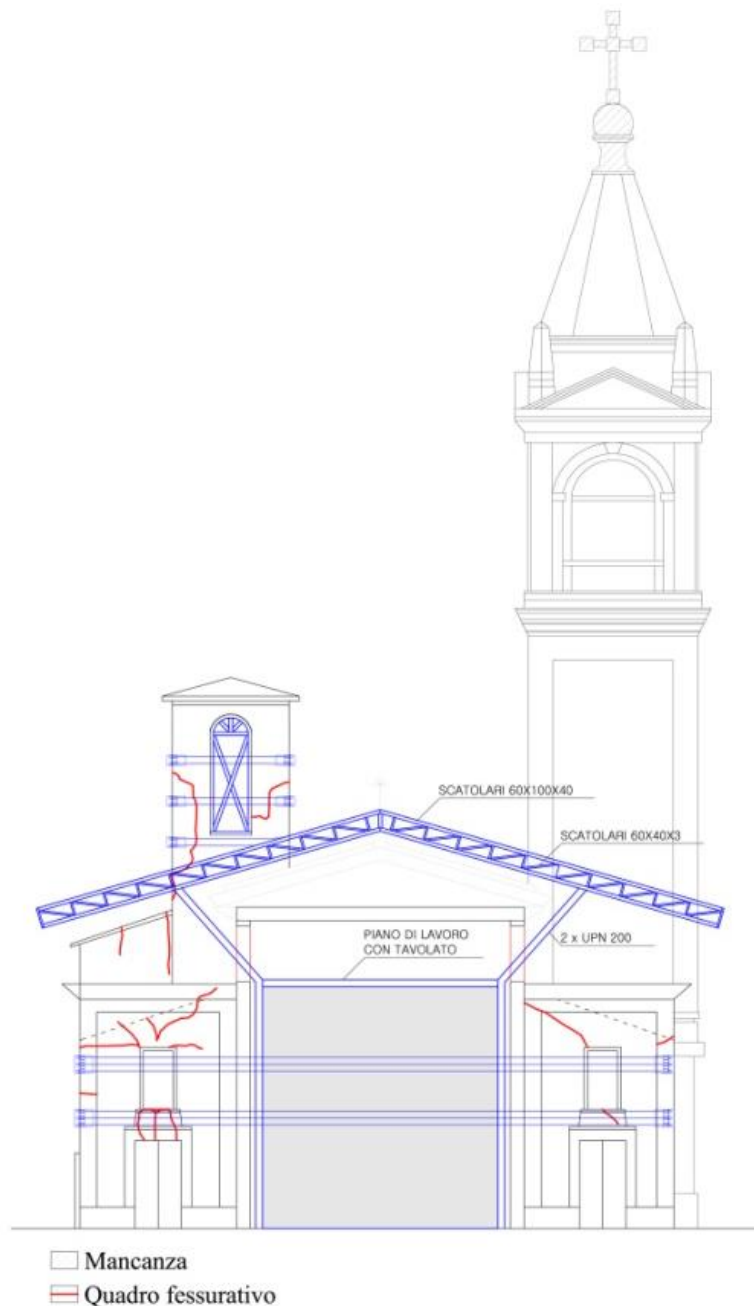


Fig. 20 Sezione schematica dell'intervento sul prospetto principale

2.2 INTERVENTO DI CERCHIATURA DEI PROSPETTI

L'intero perimetro del corpo di fabbrica ha subito un meccanismo di collasso che ha comportato il ribaltamento di tutti i prospetti, in particolare della facciata principale: questa deficienza della struttura è principalmente dovuta alla mancanza di connessioni tra le varie murature, alla non corretta continuità nei nodi d'angolo. Al fine di recuperare il corretto cinematico della struttura si interviene con la cerchiatura dell'intero perimetro con l'impiego di trefoli metallici ($\phi = 20$) ancorati in corrispondenza degli spigoli tramite piastre 50x40.

Nei punti in cui non sia possibile l'ancoraggio dei trefoli della cerchiatura dall'esterno, si suggerisce

l'ancoraggio mediante il sistema Bossong. Questo sistema consiste nel posizionamento di una barra di acciaio all'interno di un foro realizzato nella muratura, fissata con una iniezione a bassa pressione di materiale consolidante, coassialmente al tirante stesso, per mezzo di un apposito sistema di tubicini di iniezione o, più semplicemente, all'interno di apposite barre cave. Una speciale calza in tessuto poliestere, posizionata intorno alla barra e riempita gradualmente durante l'iniezione fino a completa saturazione, adattandosi alla forma della sede garantisce una efficace connessione alla muratura da consolidare, oltre a permettere la buona riuscita delle operazioni di iniezione, evitando imprevedibili e spesso dannose dispersioni in vuoti e cavità che possono essere sempre presenti nelle strutture murarie esistenti (fig. 22). La calza, assicurando l'aderenza del materiale iniettato al supporto per tutta la lunghezza, e quindi un'omogenea distribuzione degli sforzi nella muratura, dà la possibilità di non dover applicare piastre di ancoraggio.



Fig. 21 Posizionamento dei tiranti sulla facciata ad Est



Realizzazione del foro

Posizionamento della barra in acciaio

Iniezione materiale consolidante

Fig. 22 Ancoraggio della cerchiatura tramite sistema Bossong

2.3 INTERVENTO SULLE COPERTURE

L'intervento prevede la preventiva rimozione degli elementi di copertura al fine di un loro successivo recupero e reimpiego. Verrà, quindi, realizzata una struttura provvisoria in tubolari (fig. 20) e scatolari di acciaio (facilmente rimovibile a seguito degli interventi di consolidamento) che avrà il compito di proteggere l'interno della chiesa dagli agenti atmosferici. La struttura verticale sarà realizzata con profilati a C accostati e costituirà anche la struttura di sostegno dell'impalcato di protezione e di lavoro nella navata principale della chiesa. I profilati a C verranno posizionati in corrispondenza delle aperture finestrate della navata principale dalle quali la struttura si protenderà verso l'esterno, onde evitare ulteriori interventi invasivi sulla controsoffittatura affrescata.

2.4 INTERVENTO SUGLI INTERNI

L'intervento all'interno della chiesa ha fundamentalmente lo scopo di permettere l'accesso in sicurezza agli ambienti, ma è stato progettato per essere propedeutico alla successiva fase di recupero e ripristino. Si realizzerà una struttura con ponteggio a tubo e giunto all'interno delle navate laterali con dei tavolati modulari opportunamente disposti per svolgere il doppio ruolo di protezione dalla caduta di oggetti nella fase di intervento nelle aree interne e di piano di lavoro per gli interventi sulle volte delle navate laterali. La stessa tipologia di tavolato con duplice funzione sarà realizzata sulla struttura di sostegno della copertura provvisoria per gli interventi sulla controsoffittatura della navata centrale. Le porzioni superstiti di quest'ultime saranno opportunamente puntellate per prevenire ulteriori crolli.

2.5 RECUPERO E RICOMPOSIZIONE DEGLI APPARATI DECORATIVI

Un aspetto molto importante dell'intervento per la messa in sicurezza della chiesa, sebbene non si tratti di un'operazione riguardante direttamente le strutture, è il recupero degli apparati decorativi, gravemente danneggiati dal sisma. Questa fase è chiaramente successiva al completamento degli

interventi precedentemente descritti, essendo subordinata alla possibilità di entrare nell'edificio in condizioni di sufficiente sicurezza per lavorare.

In particolare si dovrà inizialmente procedere al recupero di tutti i beni mobili presenti all'interno della chiesa, dunque degli arredi sacri (candelieri, portaceri, acquasantiere, croci, leggi, ostensori, tabernacolo ecc.), dei dipinti e delle statue, alcune delle quali rovinata al suolo. In seguito si dovrà procedere con il patrimonio immobile, costituito dagli stucchi che decorano gli altari, le nicchie ed i dipinti, provvedendo alla rimozione ed allo stoccaggio delle porzioni distaccate ed alla riadesione al supporto delle parti pericolanti tramite imperti azionati o iniezioni.

Un discorso a se stante riguarda il recupero degli elementi delle volte affrescate delle navate laterali, quasi completamente crollate. Essendo le volte realizzate con mattoni disposti in foglio, su cui è stato steso uno strato pittorico costituito da un intonaco di arriccio spesso circa 1-2 cm e da un intonaco di finitura leggermente più sottile, il crollo non ha comportato una eccessiva frammentazione dell'apparato pittorico, rimasto adeso alla superficie dei mattoni. E' dunque possibile ipotizzare una futura operazione di ricomposizione delle volte con l'impiego del materiale originario, che deve pertanto essere catalogato, raccolto e stoccato in un luogo idoneo alla sua conservazione in attesa dell'intervento di ricomposizione. Tale operazione deve essere eseguita da personale specializzato, tramite un'iniziale riquadratura dell'area del crollo con una maglia che consenta una facile localizzazione del materiale una volta raccolto ed una adeguata campagna fotografica. Successivamente i singoli elementi possono essere prelevati e stoccati in apposite cassette catalogatrici.

2.6 INTERVENTO DI CERCHIATURA DEL CAMPANILE ANTICO

La struttura del campanile originario della chiesa ha subito ingenti danni, il principale dei quali risulta essere l'espulsione dei cantonali al livello della cella campanaria. Sono presenti delle catene in corrispondenza dell'estremo superiore delle bucatore, che hanno salvaguardato la staticità del campanile nella parte superiore, mentre inferiormente si procede con la cerchiatura dell'intero perimetro con l'impiego di trefoli metallici ($\phi = 20$) ancorati in corrispondenza degli spigoli.

2.7 INTERVENTO SUL CAMPANILE NUOVO

Come evidenziato nello stato di fatto, il campanile che si trova in fianco alla chiesa, di costruzione abbastanza recente, in seguito all'azione sismica è andato incontro ad un movimento di roto-traslazione con il taglio netto della struttura nella parte del basamento, a circa 2 metri di altezza sul piano di calpestio; la guglia sommitale, anch'essa lesionata, è stata già rimossa dai Vigili del Fuoco. Sul corpo del campanile, oltre alla lesione sul basamento, non sono state rilevate (almeno con il

sopralluogo eseguito dall'esterno) ulteriori lesioni che possano inficiare la resistenza statica della struttura.

Quello che si propone è pertanto un intervento di tirantaggio del campanile, che può assumere i caratteri di un intervento definitivo, sulla scorta dell'intervento eseguito con la supervisione scientifica dell'ENEA sul campanile della Chiesa di San Giorgio in Trignano (Reggio Emilia), gravemente danneggiato dal terremoto del 15 ottobre 1996. Trattandosi in questo caso di un intervento a carattere definitivo non può essere computato un costo effettivo in questa fase, per la mancanza delle sufficienti informazioni. Si procederà pertanto ad una valutazione economica di questo intervento nella fase di progettazione esecutiva.

L'intervento innovativo, scelto come oggetto dell'applicazione pilota di Tecniche Innovative Antisismiche (TIA) nell'ambito del progetto comunitario ISTECH (Development of innovative techniques for the improvement of stability of cultural heritage) è consistito nell'inserimento in corrispondenza degli angoli interni del Campanile, senza perforazione della muratura, di quattro tiranti metallici post-tensionati formati da sei moduli componibili, in modo da facilitarne l'assemblaggio, al fine di aumentare la resistenza a flessione della struttura (fig. 20).

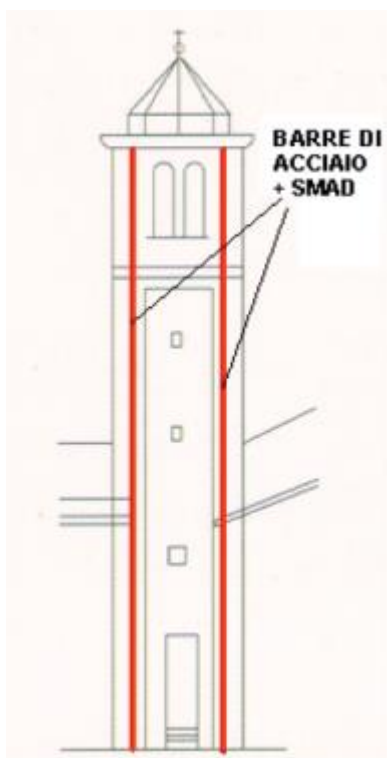


Fig. 23 Intervento sul campanile di Trignano

In corrispondenza del terzo livello dell'edificio sono stati inseriti, in serie con i tiranti, quattro dispositivi a memoria di forma (SMAD, Shape Memory Alloy Devices), tesati per garantire la costanza della compressione sulla muratura, mantenendo la forza applicata a ciascuno di essi al di sotto di 20 kN: ogni SMAD comprende 60 fili (ognuno di 1 mm di diametro e di 300 mm di

lunghezza) in lega superelastica Nichel-Titanio. Sono stati realizzati, inoltre, opportuni ancoraggi (alle fondazioni e alla sommità del campanile) al fine di supportare gli sforzi concentrati trasmessi dai tiranti. Per il controllo dell'intervento e la validazione del metodo sono state effettuate delle prove di caratterizzazione dinamica subito dopo l'evento sismico; successivamente è stata installata una rete accelerometrica, che ha consentito di registrare il comportamento della struttura sotto l'azione di 67 scosse di assestamento; infine, un'ultima campagna sperimentale è stata effettuata a lavori di consolidamento ultimati.

INDICE DELLE FIGURE

FIG. 1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELLA PARROCCHIA DELLA VISITAZIONE DI MARIA SANTISSIMA SU BASE GIS	7
FIG. 2 LA FACCIATA	8
FIG. 3 MECCANISMO DI RIBALTAMENTO	8
FIG. 4 LA COPERTURA DELLA NAVATA CENTRALE	9
FIG. 5 LE VOLTE CROLLATE DELLA NAVATA SINISTRA	9
FIG. 6 QUADRO FESSURATIVO FACCIATA	10
FIG. 7 QUADRO FESSURATIVO PROSPETTO EST.....	10
FIG. 8 QUADRO FESSURATIVO PROSPETTO OVEST	10
FIG. 9 LESIONE SULLA NAVATA CENTRALE (VIS).....	11
FIG. 10 LESIONE SULLA NAVATA CENTRALE (IR).....	11
FIG. 11 LESIONE SUL PILASTRO DELL'ARCO TRIONFALE.....	11
FIG. 12 LESIONI SULLA PARETE DELLA SACRESTIA.....	11
FIG. 13 TRASLAZIONE PILASTRO DELLA NAVATA DESTRA	12
FIG. 14 RIBALTAMENTO PARETE DELLA NAVATA SINISTRA	12
FIG. 15 ESPULSIONE DEI CANTONALI DELLA CELLA CAMPANARIA	13
FIG. 16 MECCANISMI DI DANNO TIPICI DELLE CELLE CAMPANARIE	13
FIG. 17 IL NUOVO CAMPANILE IN FIANCO ALLA CHIESA.....	14
FIG. 18 MECCANISMI DI DANNO TIPICI DEGLI AGGETTI.....	14
FIG. 19 SCHEMA DI INTERVENTO SUL PROSPETTO PRINCIPALE	16
FIG. 20 SEZIONE SCHEMATICA DELL'INTERVENTO SUL PROSPETTO PRINCIPALE.....	17
FIG. 21 POSIZIONAMENTO DEI TIRANTI SULLA FACCIATA AD EST.....	18
FIG. 22 ANCORAGGIO DELLA CERCHIATURA TRAMITE SISTEMA BOSSONG	19
FIG. 23 INTERVENTO SUL CAMPANILE DI TRIGNANO	21

BIBLIOGRAFIA

Indirli M., Castellano M.G., Clemente P., Martelli A. (2001), “Demo Application of Shape memory Alloy Devices: the Rehabilitation of S. Giorgio Church in Trignano”, *Proc., SPIE's 8th Annual International Symposium on Smart Structures and Materials* (Newport Beach, 4-8 March), 4330_30

ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione
www.enea.it

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati
novembre 2016