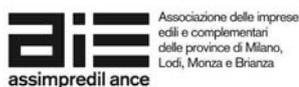


I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



Con il patrocinio di



Restauro e consolidamento strutturale della Chiesa Parrocchiale Assunzione Beata Vergine Maria a Santo Stefano Lodigiano

Relazione Tecnica

PREMESSA

In data 23.12.2008 alle ore 16:20 si è verificata una scossa sismica con epicentro nella bassa parmense, località Traversetolo in provincia di Reggio Emilia.

Il sisma è stato classificato di magnitudo 5.2 gradi della scala Richter. Durante la scossa sono crollati alcuni calcinacci dal cornicione interno. Effettuati i primi sopralluoghi in loco da parte di tecnici e dei Vigili del Fuoco, verificati i crolli e la rottura dei vetri spia posti in corrispondenza della fessura longitudinale in facciata, la Chiesa di Santo Stefano è stata chiusa con ordinanza del Sindaco.

IDENTIFICAZIONE DELLA COSTRUZIONE

CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DELL'EDIFICIO

L'inquadramento strutturale dell'edificio può essere sismicamente ricondotto alle seguenti caratteristiche: ubicazione sismica: zona 4; costruzione di tipo 2: opera infrastrutturale di importanza normale con vita nominale > 50 anni; classe d'uso II: costruzione con normali affollamenti senza funzioni pubbliche sociali essenziali

Per tale costruzione è ammesso il metodo di verifica alle tensioni ammissibili e le azioni sismiche devono essere valutate assumendo il grado di sismicità S pari a 5, quale definito al paragrafo B.4 del D.M. LL.P.P. 16/01/1996. Si è anche tenuto in considerazione della "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 12.10.2007".

- *Caratteristiche costruttive dell'edificio desunte dalla ricerca storica, dai sopralluoghi in loco e dai rilievi geometrici eseguiti*

www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

T 02.8812951

info@milaneicantieridellarte.it

I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



Le fondazioni sono presumibilmente in “calcestruzzo” megalitico realizzate con l’impiego di calce piacentina e sassi di provenienza della zona del lago Maggiore nonché opere di palificazione delle stesse con “code di rovere”; l’opera fondazionale è realizzata sul ciglio del terrazzo alluvionale del fiume Po, costituito da sabbie a granulometria e compattezza variabili.

Le murature in elevazione sono realizzate in mattoni pieni a calibratura approssimativa per la lavorazione a mano degli stessi; lo spessore delle murature è variabile con minimo di circa 1 metro. La facciata si caratterizza in pianta per uno sviluppo geometrico curvilineo

La copertura dell’aula e delle cappelle è realizzata con volte murarie rese solidali ad archi circolari intradossati a spinta eliminata e a fascioni estradossati e costituite da mattoni pieni posti di coltello, dello spessore variabile 13-15 cm ed interconnessi con lavorazione a spina di pesce. Le volte sono cilindriche a botte per i bracci a croce dell’aula, a pianta ellittica per la zona centrale dell’aula e per il presbiterio, a cupola sferica con pianta semicircolare per l’abside. Le volte sottili cilindriche sono impostate su archi intradossati ed estradossati senza tirante, le volte ellittiche e quelle della cupola sono imposte su archi circolari, tirantati quelli disposti ortogonalmente all’asse longitudinale della chiesa e sono rinforzate con archi estradossati e posti in diagonale per le volte ellittiche e a raggiera per la cupola dell’abside.

La copertura a tetto è realizzata tutta in legno con grossa orditura alla “lombarda” costituita da capriate, terzere, travi di colmo; detta orditura è praticamente in appoggio discreto sulla struttura muraria sottostante (archi e fascioni estradossati alle volte).

Il manto di copertura è in coppi a canale appoggiato in continuo su cantinelle ordite su serie abbastanza fitta di travetti.

ANALISI DEL DEGRADO

● *Il degrado dei materiali*

L’edificio presenta diverse patologie di degrado, legate a cause differenti. Si possono riassumere in elementi di degrado legati a cause intrinseche congenite alla struttura ed elementi legati a cause estrinseche di diverso tipo. Le cause intrinseche possono essere ricondotte alle modalità costruttive delle murature in elevazione avvenute per gradi, in maniera differita nel tempo; la disuniformità dei carichi in fondazione sulla facciata, imputabile alla mancata costruzione della seconda torre (lato destro); la

Con il patrocinio di



www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

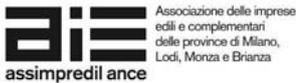
T 02.8812951

info@milaneicantieridellarte.it



Milano nei cantieri dell'arte

I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



Con il patrocinio di



costruzione del campanile in lato sinistro, che impegna in modo difforme dal progetto originario le murature in elevazione e che è avvenuta in tempi successivi alla ultimazione delle strutture murarie della chiesa. Si tratta quindi di cause legate alla progettazione e alla realizzazione dell'opera. Le cause estrinseche sono invece legate alla presenza di acqua, ai fattori meteorologici, climatici e naturali ed infine ma non meno importante le cause legate all'azione antropica diretta. In ottemperanza a quanto previsto dalle direttive della UNI – NorMal 11182 : 2006, è di seguito riportato un abaco degli elementi di degrado riscontrati nella costruzione:

- Inefficienza del sistema di raccolta e smaltimento delle acque: il sistema delle canalizzazioni in rame presentava elementi ammalorati ed in cattivo stato di conservazione, soprattutto in corrispondenza dei locali inutilizzati.
- Cedimenti di parti strutturali : durante i primi sopralluoghi sono stati verificati cedimenti della muratura in corrispondenza dell'appoggio delle capriate della copertura sui piloni portanti dell'edificio
- Dissesti: sono riconducibili a questa patologia di degrado le disconnessioni degli elementi strutturali della copertura e delle volte.
- Crolli localizzati: si è riscontrata in loco la presenza di crolli localizzati al cornicione in corrispondenza dell'ingresso e agli appoggi delle capriate della copertura sui piloni portanti dell'edificio.
- Degrado antropico: presente in diverse forme ed abbastanza diffuso. Le opere di manutenzione eseguite nel tempo hanno previsto l'utilizzo di materiali e forme architettoniche incompatibili con la struttura originaria della chiesa.
- Depositi superficiali: nello specifico trattasi del guano di piccione, presente in notevole quantità nel sottotetto della chiesa. Prima dell'avvio delle rilevazioni geometriche e delle opere di restauro è stata necessario l'intervento della protezione civile per la rimozione dei depositi presenti.
- Frantumazione di materiale: presente in diversi punti della muratura dei piloni portanti dell'edificio, sempre in corrispondenza dell'appoggio delle capriate della copertura.
- Lesioni: il quadro delle lesioni è stato l'aspetto di studio e di progetto maggiormente rilevante. Presenti in diversi punti della struttura, con andamenti diversi e spessori differenti. In ogni caso, tutte le lesioni avevano uno spessore variabile compreso fra 1 cm e 5 cm, spessore che le riconduce ad un entità di dissesto grave

www.milanoneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

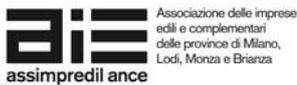
Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

T 02.8812951

info@milanoneicantieridellarte.it

I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



- Erosione e polverizzazione di materiale : degrado presente per gli elementi in laterizio. In facciata e nella muratura del sottotetto. Degrado causato dall'inserimento improprio di malte di cemento e dall'azione erosiva dell'acqua di percolazione dalla copertura.

● *Il quadro delle lesioni*

L'edificio presentava una serie di lesioni verticali che interessavano le murature a tutta altezza, in corrispondenza delle zone murarie a ridotta resistenza al taglio per la presenza di grosse aperture e precisamente: due nel presbiterio in corrispondenza dei vani finestra posti sui lati est-ovest, due in corrispondenza delle cappelle laterali della navata, due sulla facciata in corrispondenza dell'innesto del cornicione del timpano: una localizzata presso l'attacco della torre campanaria, l'altra a tutta altezza localizzata in asse alla facciata in corrispondenza del finestrone. Presenti anche lesioni degli archi a spinta eliminata sia in chiave che alle imposte e tali fessurazioni interessavano marginalmente anche le volte e le cupole. Nel vano sottotetto le murature d'appoggio delle capriate di maggior dimensione presentano lesioni verticali al di sotto della sede d'imposta delle capriate stesse.

Lesioni diffuse di archi e volte a crociera sono presenti nella costruzione a sinistra della torre campanaria, la Cappella di San Giuseppe.

DESCRIZIONE DELLA LESIONE: lesioni di tipo passante con spessore da 1 cm 5 cm, con andamento verticale, fessurazioni in corrispondenza di appoggi, presenza di fenomeni di schiacciamento degli elementi portanti con espulsione di materiale, deformazioni sulla sommità dei muri, lesioni per effetti di rotazione e martellamenti – ENTITA' DEL DISSESTO : GRAVE

● *Gli effetti sismici nel tempo ed il giudizio di stima sullo stato di efficacia del livello di protezione sismica dell'edificio prima dell'intervento*

Il quadro delle lesioni sommariamente descritto è per buona parte imputabile ad eventi sismici che si sono succeduti nei due secoli di vita della chiesa e marginalmente a carichi eccezionali per neve in copertura. Da un'ispezione dell'impianto strutturale dell'edificio si nota l'assenza di concatenamenti dei setti murari che si sono naturalmente formati per l'introduzione di finestrate e nicchie sovrapposte; la grossa orditura del tetto non è ancorata alle murature portanti, ma è semplicemente appoggiata, così che eventi sismici ondulatori, anche di modesta entità, provocano la sconnessione dei giunti murari al di sotto dell'imposta lignea della grossa orditura.

Con il patrocinio di



www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

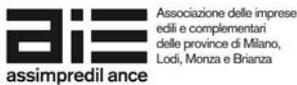
Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

T 02.8812951

info@milaneicantieridellarte.it

I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



L'appoggio discreto della grossa orditura del tetto su archi e fascioni estradossati alle volte e cupole, se da un lato ha l'effetto benefico di contrastare i classici meccanismi di collasso degli archi, dall'altro comporta incrementi di trazione nelle catene esistenti ed apprezzabili incrementi di compressione nelle sezioni critiche degli archi stessi e, nel caso di allentamento delle catene, aumenti delle spinte sulle murature di perimetro.

La componente ondulatoria del sisma è causa di martellamenti tra i setti murari liberi e di piccole rotazioni degli stessi per implementazione dei carichi orizzontali in fondazione.

A seguito delle verifiche tecniche eseguite sono state stilate le seguenti conclusioni :

- per le dimensioni planimetriche della muratura di elevazione, il quadro fessurativo non è imputabile a cedimenti differenziali delle fondazioni, ma essenzialmente a discontinuità della tessitura muraria dovuta in prima istanza alle diverse fasi storiche evolutive della costruzione.

In merito al livello di protezione sismica prima dell'intervento si ritiene che l'impianto strutturale esistente sia caratterizzato da mancanze significative in relazione soprattutto a :

- mancanza di elementi di controvento delle capriate che impediscano movimenti di rotazione nel piano
- assenza di elementi atti a garantire un comportamento scatolare dell'edificio in presenza di azione sismica
- mancanza di elementi atti a contenere o ridurre le spinte trasversali degli archi e/o delle volte

CRITERI DI INTERVENTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE DI CONSOLIDAMENTO E RINFORZO STRUTTURALE

Al fine di intervenire senza sovrapporsi all'esistente, l'idea di progetto è stata quella di realizzare, dove possibile, una struttura che rispettasse i CRITERI DI REVERSIBILITA', INTEGRITA' ARCHITETTONICA E DURABILITA' (art. 6.1 Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 12 Ottobre 2007_GU n. 24 del 29/01/2008).

REVERSIBILITA': intervento in grado di integrare gli elementi resistenti con o senza condizionare le sollecitazioni e **SENZA TRASFORMARE** in modo permanente la struttura.

Con il patrocinio di



www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

T 02.8812951

info@milaneicantieridellarte.it



I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



INTEGRITA' ARCHITETTONICA: intervento in grado di conservare non solo la qualità materico-costruttiva del manufatto, ma anche tipologia e aspetto.

DURABILITA': intervento durabile nel tempo, anche in rapporto alle caratteristiche chimico-fisiche della materia impiegata in rapporto alla materia storica.

La stabilità globale dell'edificio è affidata ai setti murari paralleli all'asse longitudinale della chiesa, ai setti perpendicolari a detto asse ed individuabili in facciata, e nella forma semicircolare dell'abside. L'impianto strutturale di progetto è costituito da un insieme di travi reticolari in acciaio passanti nel sottotetto della chiesa. Detto impianto costituisce una maglia bidirezionale di catene di ancoraggio di tutti gli elementi murari di perimetro al nucleo centrale dell'aula; l'inerzia delle travi reticolari provvede inoltre a contrastare nel piano strutturale azioni taglianti e flettenti indotte da forze sismiche orizzontali nelle murature. Il progetto prevede inoltre conformemente a quanto possibile in considerazione alle altezze utili raggiungibili, l'utilizzo della struttura di consolidamento ad uso PASSERELLE per una migliore accessibilità del sottotetto ed una possibile futura fruizione da parte di utenze esterne.

MOTIVAZIONE DELLE SCELTE DEGLI INTERVENTI ADOTTATI

La tecnica fondamentale adottata per l'intervento è costituita dall'inserimento di CATENE E TIRANTI disposti nelle due direzioni principali del fabbricato (MAGLIA BIDIREZIONALE IN ACCIAIO). Tale tecnica è volta ad assicurare alla costruzione un soddisfacente comportamento d'assieme (COMPORTAMENTO SCATOLARE) in quanto conferisce un elevato grado di connessione fra le murature ortogonali e un migliore comportamento nel piano per pareti con ampie aperture, in quanto consente la formazione del meccanismo tirante-puntone nelle fasce murarie. L'intera struttura risponde al criterio di reversibilità, in quanto assemblata in loco, potrà essere interamente rimossa qualora nuove necessità ne richiedessero la rimozione.

Per quanto concerne invece archi e volte, la scelta è stata indirizzata al placcaggio con fasce di materiale composito (FRP). Tale tecnica non incorre in particolari problemi legati all'inserimento (presenza di affreschi, stucchi o dipinti), in quanto il progetto ne prevede l'utilizzo all'estradosso di archi, volte e solai.

Con il patrocinio di



www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

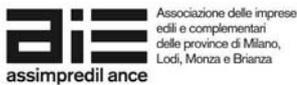
Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

T 02.8812951

info@milaneicantieridellarte.it

I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



SCHEMA RIASSUNTIVO DELGI INTERVENTI (REDATTO SECONDO QUANTO CONTENUTO NELLA DIRETTIVA DEL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI

12 OTTOBRE 2007, G.U. N.24 DEL 29 GENNAIO 2008)

CORPO A : COPERTURA DELL' AULA E DELLE CAPPELLE DELLA CHIESA

- INTERVENTO LOCALIZZATO NEL SOTTOTETTO -

CATEGORIA DI LAVORI A – CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE MURARIE NEL SOTTOTETTO(opere interne al sottotetto).

► A1:consolidamento delle murature dell'aula. Opere di progetto: maglia direzionale in acciaio-tratti C1/C2/A1/A2

► A2:stabilizzazione della parete della facciata. Opere di progetto:tiranti

► A3:stabilizzazione dei muri del transetto. Opere di progetto: maglia direzionale in acciaio tratti D1/D2-B1/B2

► A4:stabilizzazione dei muri del presbiterio/abside. Opere di progetto: maglia direzionale in acciaio tratti E1/E2/F1/F2/G

CATEGORIA DI LAVORI B : RINFORZO STRUTTURALE DELLE VOLTE E DEGLI ARCHI.

► B1:rinforzo delle volte

B1.1:rinforzo della volta a conchiglia retrostante la facciata. Opere di progetto:fasce in FRP poste in estradosso.

B1.2:rinforzo volta transetto ovest. Opera di progetto:fasce in FRP poste in estradosso.

► B2:rinforzo arco retrostante facciata. Opere di progetto: fasciatura dell'arco all'estradosso con FRP ed inserimento della catena a vista dall'aula identica alle esistenti.

CATEGORIA DI LAVORI C : RINFORZO STRUTTURALE DEGLI ANCORAGGI DEL TIMPANO(TERZERE) Opera di progetto: controventatura in legno delle capriate trasversali all'aula (capriata 1 e capriata 2).

CATEGORIA DI LAVORI D : RESTAURO DELLE FESSURE NELLE PARTI A VISTA E NON COME DA QUADRO FESSURATIVO RILEVATO.

Opera di progetto:inserimento di barre in FRP da collocarsi nei giunti orizzontali e successivo ripristino con malta di calce.

CATEGORIA DI LAVORI E : LAVORI DI RESTAURO DELLA COPERTURA.

Con il patrocinio di



www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

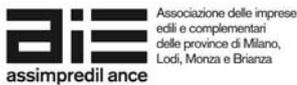
Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

T 02.8812951

info@milaneicantieridellarte.it

I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



►E1:revisione statica delle puntellazioni del tetto al fine di evitare scorrimenti al piede dell'appoggio del puntone. Opera di progetto:innesto di cunei in legno.

►E2:miglioramento appoggi di travi secondarie. Opera di progetto:inserimento di traversi lignei.

►E3:realizzazione di manto impermeabile.

E3.1:rimozione con recupero del manto esistente(coppi in laterizio)

E3.2:verifica della complanarità della piccola orditura e opere necessarie a conseguire la stessa.

E3.3:posa di assito in legno, spessore 2 cm.

E3.4:posa di ondulina catramata.

E3.5:ricollocaimento del manto di copertura esistente ed impiego dove occorrente di nuovi elementi simili a quelli esistenti.

CATEGORIA DI LAVORI F: IMPIANTO ELETTRICO NUOVO. Opere di progetto:messa a terra della struttura metallica e canalizzazioni a vista per posa di nuovi punti luci.

CORPO B

PIANO TERRA : CAPPELLA DI SAN GIUSEPPE

CATEGORIA DI LAVORI A: OPERE DI RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE VOLTE

Opere di progetto : rimozione dei sottofondi del solaio e rinforzo strutturale di archi e volte con l'inserimento di FRP all'estradosso delle volte e degli archi

PIANO PRIMO: LOCALI DISMESSI AD USO DEPOSITO

CATEGORIA DI LAVORI A: OPERE DI RESTAURO E RIUSO DEI LOCALI DESTINATI A DEPOSTI

Opere di progetto: realizzazione di spazi atti all'ospitalità.

CORPO C: LOCALI AD USO DEPOSITO SOPRA LA SACRESTIA

CATEGORIA DI LAVORI A: OPERE DI RESTAURO DELLA COPERTURA, DELLE PAVIMENTAZIONI E DEGLI INTONACI

►A1: Sostituzione delle travi ammalorate con ridotta capacità portante, ricorso del manto di copertura e revisione delle opere in lattoneria esistente.

►A2: Rimozione degli intonaci di cemento e realizzazione di intonaci a calce

►A3: Restauro della pavimentazione in cotto con pulitura della pavimentazione esistente

Con il patrocinio di



www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli

Associazione Amici dei Navigli

Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance

T 02.8812951

info@milaneicantieridellarte.it

I promotori



Main sponsor



Sponsor tecnici



CORPO D : TORRE CAMPANARIA

CATEGORIA DI LAVORI A: OPERE ATTE A GARANTIRE UNA MAGGIORE ACCESSIBILITA' ALLA TORRE CAMPANARIA E AL SOTTOTETTO

Opere di progetto:

- ▶ A1: restauro della scala esistente
- ▶ A2: realizzazione di nuova scala in legno per l'accesso al sottotetto
- ▶ A3: realizzazione di nuova pavimentazione in legno da posarsi su orditura lignea indipendente dalla volta (opera atta a garantire complanarità della pavimentazione alla quota di arrivo della prima rampa di scale) dotata di apertura a vista sulla volta originaria, corpo illuminante per l'illuminazione delle preesistenze.

CORPO E : EDIFICI COSTRUITI A RIDOSSO DELLA CHIESA

CATEGORIA DI LAVORI A: DEMOLIZIONE DELLE SUPERFETAZIONI ESISTENTI

CATEGORIA DI LAVORI B: RIPRISTINO OVE NECESSARIO DELLE FINITURE DELLE PARETI PERIMETRALI DELLA CHIESA:

- ▶ B1 : lavaggio delle superfici del paramento murario esterno.
- ▶ B2 : Rimozione dei residui di materiale costituito da malta di cemento e ristilatura dei giunti con malta di calce
- ▶ B3 : Rimozione degli elementi in laterizio non congrui al tessuto murario originario e messa in opera di elementi in laterizio simili ai preesistenti.

Testo a cura di Sara Comandù e Giuseppe Cantoni

Con il patrocinio di



www.milaneicantieridellarte.it

Segreteria Tecnica:

Istituto per i Navigli
Associazione Amici dei Navigli

Segreteria Organizzativa:

Assimpredil Ance
T 02.8812951
info@milaneicantieridellarte.it