

Studio Togninelli ingegneria

restauro e consolidamento . ingegneria sismica . calcoli strutturali . progettazione . sicurezza

via Aldo Moro, 2/a
42035 Castelnovo ne' Monti (RE)
tel. 0522 1170328
info@studiotogninelli.it

ing. Gianluca Togninelli
ing. Marco Iattici Romei



progetto

restauro conservativo, riparazione sismica e consolidamento del complesso ecclesiale di Pieve San Lorenzo

località

Pieve San Lorenzo, Minucciano (LU)

cod. protocollo pratica
2024/012

committenza

Parrocchia di San Lorenzo in Pieve San Lorenzo
Arcidiocesi di Lucca

don Marcello Franceschi, parroco pro-tempore

elaborato

progettazione architettonica e DL
arch. Stefano Calabretta

relazione tecnica-illustrativa del progetto esecutivo strutturale

progettazione strutturale e DLS
ing. Gianluca Togninelli

B1

rev

00

data

dic/2024

RELAZIONE TECNICA-ILLUSTRATIVA DEL PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE

Descrizione generale della struttura e del contesto edilizio

Pieve San Lorenzo è un piccolo borgo del Comune di Minucciano, Provincia di Lucca, territorio racchiuso fra le Alpi Apuane e il Monte Pisanino; l'abitato si sviluppa lungo le due sponde del Torrente Tassonaro, dove in sinistra idrografica si trova il complesso ecclesiastico della Pieve, ad una altitudine s.l.m. di circa 365 metri.

L'intervento ha per oggetto il complesso parrocchiale dedicato a San Lorenzo Martire, censito catastalmente alla Sezione urbana B, Foglio 1, Particella D del Comune di Minucciano, Provincia di Lucca.



Ortofoto Regione Toscana 2023 (1:5000) dell'area con indicazione del complesso ecclesiale

La prima citazione della pieve è contenuta nel Privilegio Solenne Maggiore rilasciato l'11 novembre 1148 a Pisa dal pontefice Eugenio III a Gottifredo Vescovo di Luni; dall'analisi dell'edificio giunto a noi, dobbiamo supporre che certamente questo non è da ricondursi a quel primo edificio, mostrando le attuali caratteristiche architettoniche che ne rimandano la costruzione a periodo successivo. Troviamo oggi un edificio a tre navate con colonnato interno sostenente le arcature longitudinali, interamente costruito in blocchi lapidei squadrati (presumibilmente di arenaria locale), avente strutture lignee di copertura composte (capriate, arcarecci e travetti) in massello nella tipica forma a capanna delle falde. L'edificio è dotato di un'abside semicircolare e di un corpo annesso sul fianco destro (adibito a sacrestia). L'imponente campanile posto a nord-est è inglobato, con basamento quadrangolare e fusto ottagonale soprastante a più ordini di monofore; le murature di questo corpo, classificabili a conci sbozzati, sono differenti e probabilmente più antiche rispetto alla chiesa.

committenza

Parrocchia di San Lorenzo in Pieve San Lorenzo
Arcidiocesi di Lucca

progetto

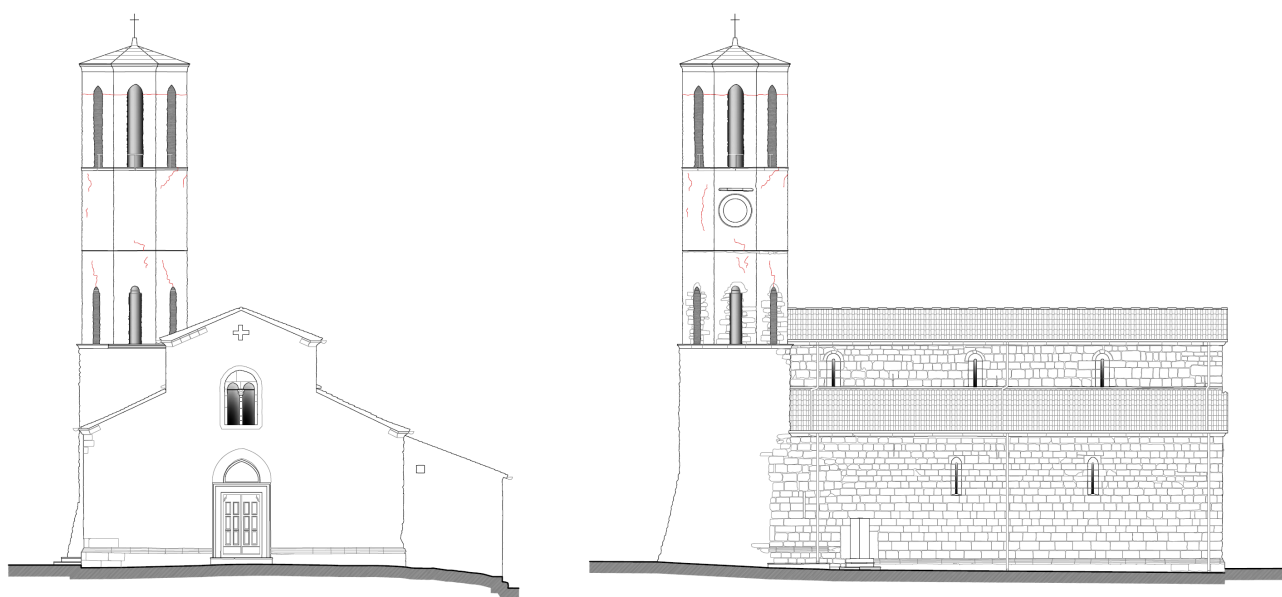
**restauro conservativo, riparazione sismica e consolidamento
del complesso ecclesiale di Pieve San Lorenzo**

pagina 1

Descrizione dello stato attuale e del quadro fessurativo

L'edificio ha subito nelle varie epoche importanti e anche invasivi interventi strutturali. È poi stato nuovamente danneggiato dagli eventi sismici del giugno 2013 e ad oggi non ancora riparato. In particolare, le scosse telluriche di quell'evento hanno messo in evidenza le criticità strutturali della torre campanaria, imputabili soprattutto agli elementi incongrui presenti (coronamento e copertura in calcestruzzo, strutture del castello campanario) oltre che alle scarse condizioni manutentive richieste da un edificio antico in muratura come quello in questione.

I paramenti del campanile si presentano esternamente dilavati, con importanti e preoccupanti carenze degli spessori di malta; vi è assenza di elementi di ritegno nelle posizioni di spinta delle volte che costituiscono gli impalcati della torre; le fasce metalliche di contenimento esistenti sono lasche e affette da corrosione; sono presenti cavità e nicchie che indeboliscono i maschi portanti, con condizioni in parte aggravate dallo stillicidio interno dovuto alle acque meteoriche entranti delle molte aperture senza alcuna gestione; i pilastri della cella, quelli sommitali, presentano lesioni ai due estremi, sintomo di attivazione di meccanismi di danno dovuti al sisma, alle scarse o assenti connessioni e al comportamento ben poco compatibile fra questi elementi murari e il coronamento rigido in calcestruzzo già presente da quota capitello; la situazione dei pilastri sommitali è aggravata dalle manomissioni effettuate per l'inserimento delle travi orizzontali del castello campanario e dalle spinte che queste esercitano nella posizione più vulnerabile dei pilastri, sia in caso di sisma che a concerto in funzione; anche l'interazione con la chiesa, dovuta alla natura inglobata delle strutture e alla compenetrazione muraria ha causato alcuni danneggiamenti, il più visibile dei quali è localizzato nell'apertura di accesso alla torre (si rilevano lesioni, disgregamento dell'architrave, dell'appoggio interno e della muratura soprastante; in ultimo vi è la fatiscenza di un impalcato ligneo interno che è da ritenersi attualmente inagibile.



Rilievo e quadro fessurativo: prospetti ovest (a sinistra) e nord (a destra).

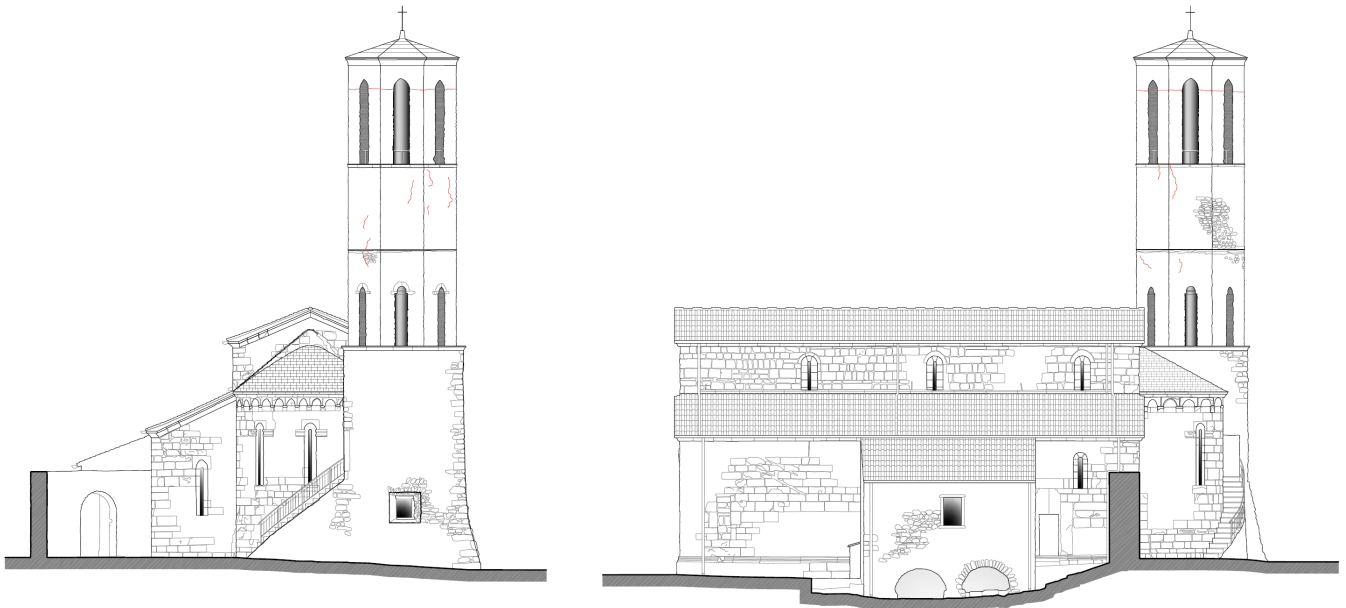
committenza

Parrocchia di San Lorenzo in Pieve San Lorenzo
Arcidiocesi di Lucca

progetto

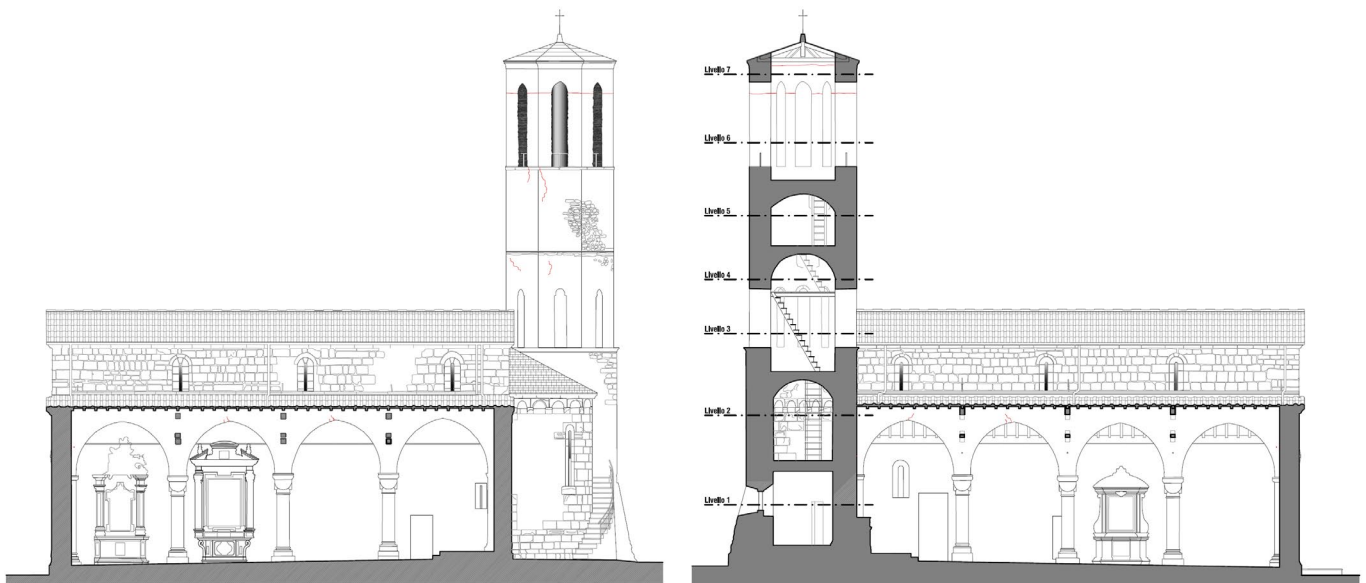
restauro conservativo, riparazione sismica e consolidamento
del complesso ecclesiale di Pieve San Lorenzo

pagina 2



Rilievo e quadro fessurativo: prospetti est (a sinistra) e sud (a destra).

Lungo tutto lo sviluppo del fusto a sezione ottagonale della torre campanaria sono presenti lesioni diffuse e passanti dovute ad una combinazione di dissesto statico (carico verticale) e di azioni torsionale dovute agli eventi sismici subiti; queste condizioni, assieme al deterioramento delle caratteristiche meccaniche per dilavamento delle murature, pongono questa strutture in una situazione di elevata vulnerabilità, soprattutto in riferimento a potenziali futuri sismi che potrebbero comprometterne definitivamente la stabilità.



Rilievo e quadro fessurativo: sezioni longitudinali.

committenza

Parrocchia di San Lorenzo in Pieve San Lorenzo
Arcidiocesi di Lucca

progetto

restauro conservativo, riparazione sismica e consolidamento
del complesso ecclesiale di Pieve San Lorenzo

pagina 3

Guardando più all'intero complesso, si rilevano alcune lesioni anche sul corpo della chiesa e in particolare nell'aula, in chiave ad alcuni degli archi che suddividono la navata centrale da quelle laterali e che sostengono la parte alta centrale della copertura. Altre piccole lesioni agli appoggi di alcuni elementi lignei e in altre posizioni degli archi, danno evidenza di una risposta longitudinale dell'aula, attivatasi in condizioni sismiche e maggiormente possibile per l'assenza di elementi di contrasto in facciata alle spinte degli archi: non sono infatti presenti contrafforti, o strutture di contrasto, o presidi antisismici oltre che statici quali ad esempio tiranti metallici longitudinali. Questa configurazione appena descritta, rende in aggiunta possibile l'attivazione di meccanismi di ribaltamento della facciata, finora rimasti contenuti dalla geometria tozza della facciata e dalle capacità dissipative degli elementi strutturali interni.

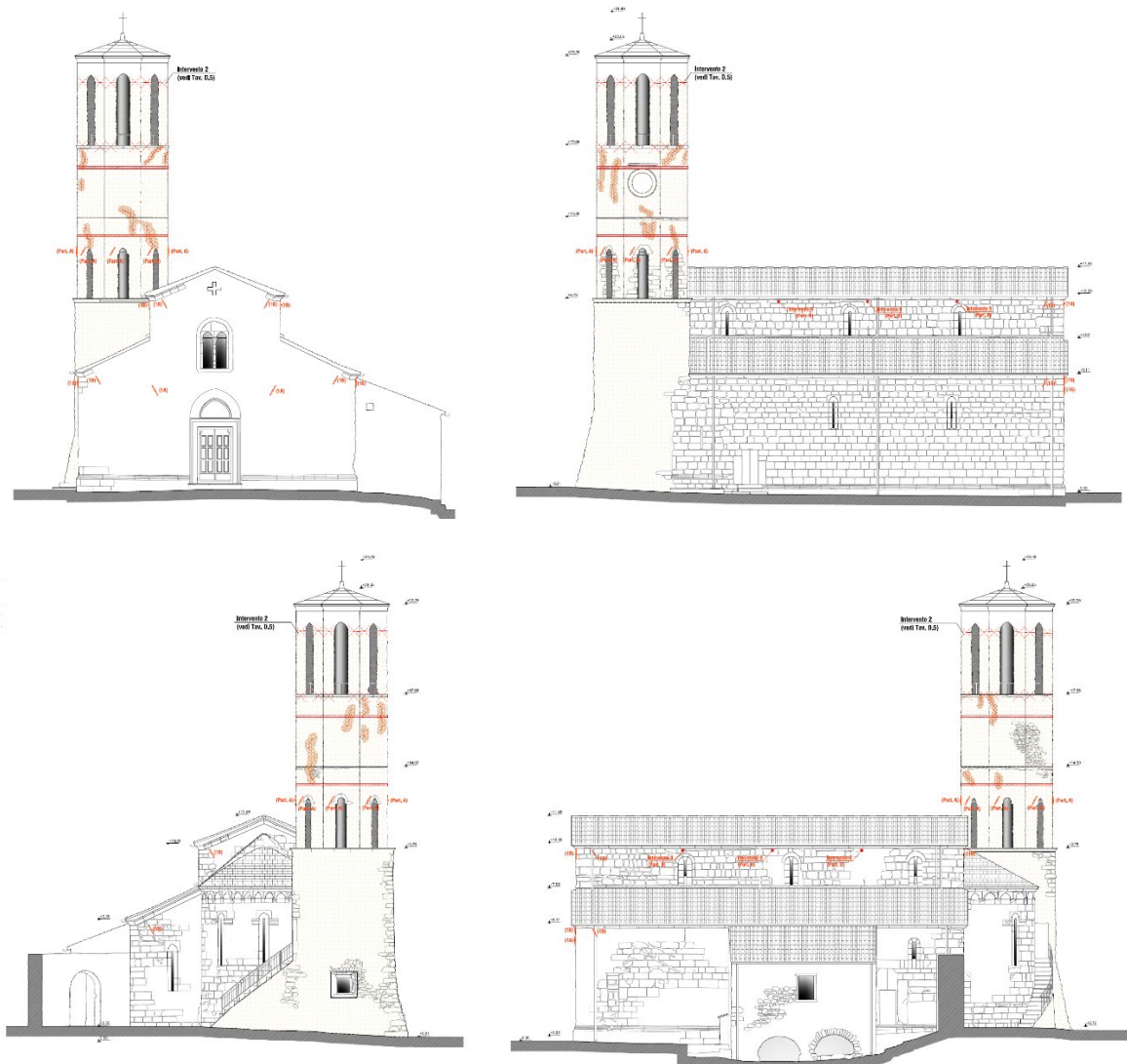
Descrizione degli interventi strutturali in progetto

Il progetto prevede un insieme di opere di riparazione e rinforzo locale anche atte a diminuire il rischio sismico attuale dell'edificio, riducendo o eliminando molte delle vulnerabilità oggi riscontrabili; la maggior parte degli interventi sarà concentrata sulla torre campanaria in quanto maggiormente lesionata e vulnerabile, ma nell'ottica di una valutazione complessiva in termini di prestazioni sismiche e della gestione dell'interazione strutturale fra chiesa e campanile, si interverrà con l'inserimento di nuovi presidi anche sul corpo chiesa, oltre a ripararne le lesioni rilevate.

Uno dei principali interventi, da attuarsi interamente su tutti i paramenti della torre campanaria, consiste nel ripristino dell'integrità muraria e miglioramento delle caratteristiche meccaniche del materiale esistente mediante la rimozione dell'intonaco esistente ove presente, la scarnitura profonda dei giunti di malta mediante scalpelli manuali o meccanici di idonea dimensione, la pulitura con idrolavaggio a bassa pressione e la successiva ristilatura con malta strutturale certificata a base di pura calce; durante la precedente operazione verrà anche realizzato a tratti, ove possibile, un rinforzo a taglio della muratura mediante l'inserimento di barre longitudinali lungo i letti di malta. La ristilatura verrà mantenuta sottosquadro per permettere la stesura di una malta di finitura idonea all'intervento di restauro.

Sempre sulla torre, oltre alle riparazioni con tecnica scuci-cuci più in seguito descritte, si provvederà allo smontaggio dell'impalcato ligneo fatiscente posto al quarto livello e alla successiva realizzazione di un nuovo impalcato in legno massello con doppio tavolato incrociato che, assieme al profilato metallico perimetrale interno di sostegno dello stesso, costituirà un elemento di connessione, irrigidimento e cerchiatura molto utile per la specifica posizione rispetto alle aperture e alla volta soprastante; apparecchi capochiave esterni collegheranno tale cerchiatura all'esterno del paramento, coinvolgendone tutto lo spessore murario. Sempre con lo stesso obiettivo saranno mantenute le fasce metalliche esterne esistenti, poi opportunamente spessorate al fine di renderle efficaci; saranno inserite altre due fasce integrative in prossimità di quelle esistenti, di aspetto estetico-dimensionale affine, per aumentare il confinamento delle murature in zona lesionata e riparata e contenere le spinte degli impalcati a volta. Al livello della cella sarà rimosso il castello campanario esistente, così da permettere la creazione di un endoscheletro metallico consolidante ancorato a tutti gli elementi strutturali della cella stessa

e la successiva posa di un nuovo castello opportunamente dimensionato, con distribuzione dei carichi alla base (in posizione efficace) per mezzo di elementi di disconnessione (isolatori sismico-dinamici) in grado di tagliare le frequenze negative dovute al moto delle campane e limitare alle massimo le azioni orizzontali sui paramenti murari. Verrà anche quanto più possibile ripristinata la continuità fra i pilastri della cella, la base e la sommità, mediante perforazioni diagonali e inserimento di cuciture (barre in acciaio inox) adeguatamente resistenti a taglio, così da evitare future dislocazioni in caso di azioni sismiche. Rimosse le strutture provvisorie in legno ora presenti, verrà operato un consolidamento dell'architrave dell'accesso alla torre, mediante integrazione con elementi metallici e successivo ripristino delle murature disgregate poste nell'intorno. Data la natura priva di valenza storica delle scale interne della torre, ora fatiscenti, si provvederà a sostituirle con nuove scale metalliche su misura, di tipo leggero e facilmente rimovibili per qualsiasi futura modifica che dovesse rendersi necessaria.



Grafica di alcuni interventi strutturali in progetto: prospetti

committenza

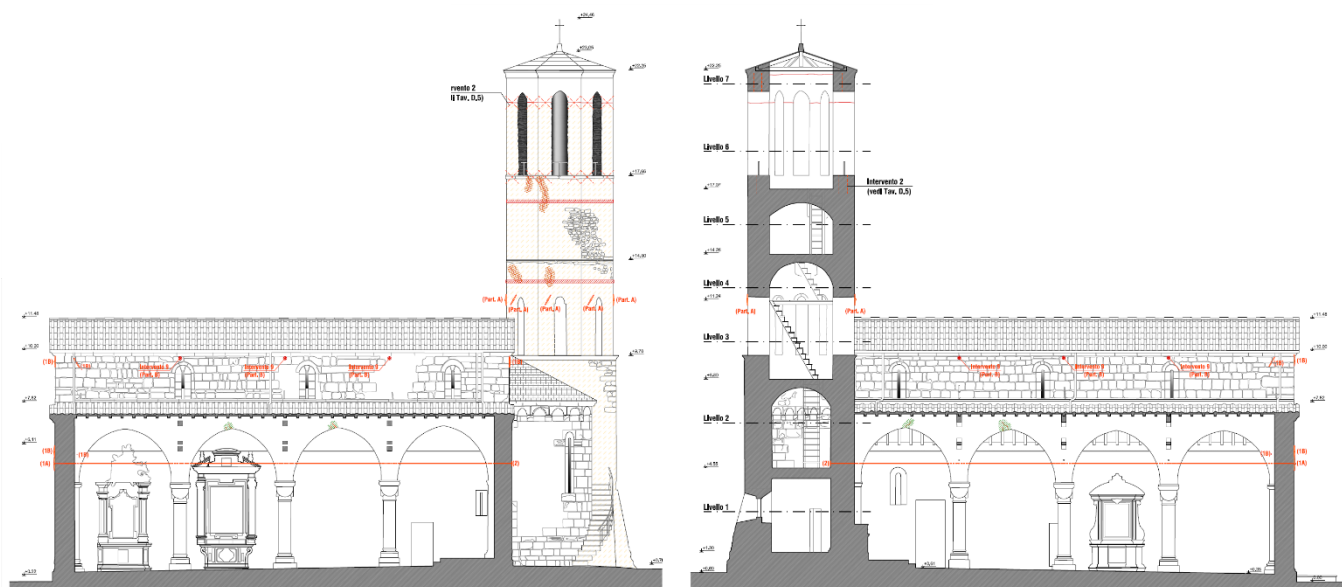
Parrocchia di San Lorenzo in Pieve San Lorenzo
Arcidiocesi di Lucca

progetto

restauro conservativo, riparazione sismica e consolidamento
del complesso ecclesiale di Pieve San Lorenzo

pagina 5

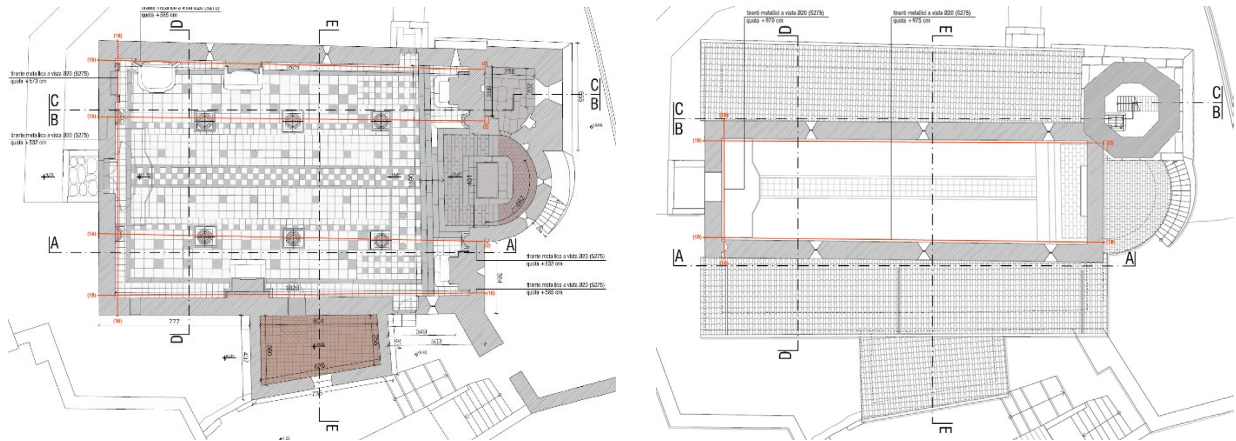
Altre tipologie caratterizzanti di intervento, localizzate sia sulla torre che all'interno della chiesa, sono la riparazione delle lesioni maggiori con l'inserimento di cunei (in teflon o in legno) o per i casi più gravi mediante la tecnica scuci-cuci; per quest'ultimo intervento verranno impiegate le medesime pietre di recupero provenienti dall'asportazione integrandole, secondo l'opportunità, con analoghe reperite in loco. In entrambe le tipologie di intervento viene impiegata per l'allettamento e la ristilatura una malta strutturale a base calce NHL 3.5 certificata, mentre per la finitura sarà utilizzata una malta a base di calce naturale e sabbia confezionata in cantiere con inerti analoghi a quelli esistenti, previa campionatura da sottoporre alla competente Soprintendenza. Per quanto riguarda la sola chiesa, le riparazioni di lesioni sono riferite agli archi dell'aula.



Grafica di alcuni interventi in progetto: sezioni longitudinali

Al fine di ridurre alcune vulnerabilità presenti sul corpo chiesa e favorire un comportamento dinamico quanto più unitario, si introdurranno nuovi presidi metallici. Partendo dalle strutture della copertura sommitale, saranno sfruttate le catene lignee delle capriate come elementi sommitali di connessione trasversale andando a connettere tali elementi con l'intero spessore murario mediante piastre metalliche esterne. Rimarrà per il futuro ancora possibilità di miglioramento, quando si vorrà creare un sistema di controvento di falda ad esempio realizzato mediante correnti perimetrali e doppio tavolato incrociato. Valutato mediante analisi il comportamento globale e cinematico dell'aula, si rileva l'assenza di un efficace contrasto longitudinale alla spinta degli archi sul lato frontale: mentre le strutture di campanile ed abside forniscono questo dovuto effetto, in fase sismica la spinta a vuoto sulla facciata non risulta accettabile per i sismi di progetto attesi secondo normativa. Si è quindi scelto di introdurre un sistema di tiranti metallici, a partire dai due principali, posti longitudinalmente in asse lungo gli archi in opportune forature; assieme ad altri due tiranti più esterni correnti lungo le pareti perimetrali saranno in grado, oltre che a contrastare le spinte statiche, di scongiurare l'attivazione del meccanismo di ribaltamento della facciata. Occorre però tenere conto che, in assenza di

ulteriori ritegni sommitali e/o del controvento di falda, il primo ordine di tiranti precedentemente descritto, complice anche la presenza della finestra in facciata, può rappresentare la linea di una cerniera cilindrica lungo la quale è possibile si attivi un meccanismo secondario di ribaltamento della sola sommità della facciata stessa: perciò viene introdotta una ulteriore coppia di tiranti metallici longitudinale interni a livello della gronda.



Grafica di alcuni interventi in progetto: pianta dell'aula e piante alla quota delle capiate

Infine, occorre considerare il meccanismo di risposta trasversale della facciata, ora non contrastato da alcun presidio e favorito dal portale e dalla soprastante finestra. A tale motivo si inseriranno in controfacciata due ordini di tiranti trasversali contrastanti le azioni di taglio per il sisma di progetto.

Dalle verifiche svolte e per la configurazione plano-altimetrica del complesso ecclesiale, ad oggi non si ritengono attivabili ulteriori cinematismi, con particolare riferimento alle strutture absidali; tali considerazioni saranno da rivalutare in caso di variazione delle azioni sismiche attese secondo normativa vigente.

Note conclusive sulla conservazione

Trattandosi di una progettazione avente per oggetto un bene culturale sottoposto a tutela, con particolare riferimento all'Alta Sorveglianza, si precisa che ogni intervento è concepito quanto più possibile nell'ottica di reversibilità, sia per tecniche di realizzazione e di posa che per tipologia dei materiali impiegati. In particolare, si è privilegiato l'uso del legno strutturale, dell'acciaio da costruzione, il riuso di materiali di recupero sia dal cantiere stesso che da altre provenienze qualora mancante, ma in ogni caso compatibile con quanto già presente e costitutivo del bene in oggetto. Con particolare riferimento ai leganti si è imposto l'uso di materiali a base di calce naturale NHL 3.5 i quali saranno oggetto di attento controllo da parte della Direzione Lavori durante l'approvvigionamento e l'esecuzione, anche in riguardo alle certificazioni dei materiali stessi.

committenza

Parrocchia di San Lorenzo in Pieve San Lorenzo
Arcidiocesi di Lucca

progetto

restauro conservativo, riparazione sismica e consolidamento
del complesso ecclesiale di Pieve San Lorenzo

pagina 7