

**CAMPANILE DELLA CHIESA CATTEDRALE
DI SANTO STEFANO MARTIRE E SANTA MARIA ASSUNTA
PIAZZA DUOMO N. 11 - 27100 PAVIA (PV)**



INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA NEXTGENERATIONEU -

CUP F16J22000440006 [Cod. Int. POP427] - PNRR21 POP 427 M1C3I2.4 - CIG 9751487DA1



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**MINISTERO
DELLA
CULTURA**

COMMITTENTE



Comune di Pavia
P. IVA: 00296180185
Piazza Municipio n.2 - 27100 Pavia (PV)
tel. 0382 3991 - fax 0382 399227
PEC: Protocollo@pec.comune.pavia.it

*Settore: 6 - LAVORI PUBBLICI,
MANUTENZIONI, ESPROPRI, MOBILITA'
Ufficio: U.O.I. - SUPPORTO GIURIDICO
DEL SETTORE 6*

*Responsabile del Procedimento:
Arch. Silvia Canevari*

PROGETTISTI

R.T.P. (Raggruppamento temporaneo di professionisti)

Ing. NICOLA VERDI
C.F. VRDNCL72H22G388Q - P.IVA 01806320188
Viale Ambrogio Necchi 4 - 27100 Pavia (PV)

Arch. STEFANO ZANNI
C.F. ZNNSFN83E28M102N - P.IVA 02326440183
Piazza Emanuele Filiberto, n. 4 - 27100 Pavia (PV)

Ing. GIORGIO RUBINI
RBNGRG98T09G388X - P.IVA 02907150185
Corso Carlo Alberto 38 - 27100 Pavia (PV)

FORMATO (ISO)

A4

OGGETTO

PROGETTO ESECUTIVO

SCALA

-

TITOLO

RELAZIONE GENERALE E TECNICA

NUMERO

R-GEN

DATA

novembre 2023

DOCUMENTO

R-GEN.doc

APPROVATO /
AUTORIZZATO

NV-SZ

RELAZIONE TECNICA GENERALE

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
3	CENNI STORICI.....	5
4	ANALISI DEL MANUFATTO	7
5	RILIEVO GEOMETRICO, ANALISI MATERICA E DELLE PATOLOGIE DI DEGRADO	9
5.1	IL LATERIZIO	11
5.2	L'INTONACO.....	13
5.3	I MATERIALI LAPIDEI	16
5.4	IL LEGNO.....	18
5.5	IL METALLO.....	20
6	IL PROGETTO	23
6.1	ALLESTIMENTO DEL CANTIERE ED APPRESTAMENTI DI SICUREZZA	23
6.2	OPERE DI DEMOLIZIONE E RIMOZIONE PROPEDEUTICHE ALL'ATTUAZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI.....	23
6.3	OPERE STRUTTURALI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA SISMICA.....	25
6.4	OPERE DI RIPRISTINO CONSEGUENTI ALL'ATTUAZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI	26
6.5	OPERE DI CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLE FINITURE AFFERENTI ALLE STRUTTURE.....	27

RELAZIONE TECNICA GENERALE

1 PREMESSA

La Cattedrale di Pavia è costituita da un corpo di fabbrica di notevoli dimensioni con pianta a croce greca, con tre navate affiancate da cappelle semicircolari. La cupola centrale, a pianta ottagonale, visibile anche dalla campagna circostante la città, ha un'altezza di 97 metri, una luce di 34 metri ed un peso nell'ordine delle 20 mila tonnellate, è la quarta in Italia per dimensioni, superata soltanto dalla basilica di San Pietro, dalla cupola del Pantheon di Roma e dalla cattedrale di Firenze.

Importante edificio rinascimentale, sintesi di pianta centrale e longitudinale, è anche la più imponente chiesa di Pavia.

Parte della Cattedrale è il Campanile di epoca settecentesca, ubicato sul lato nord est e parzialmente inglobato nel fabbricato di culto: le dimensioni in pianta sono circa 5 x 5 m e si sviluppa in altezza per circa 47 metri dal piano stradale.

L'utilizzo dell'impianto campanario, costituito da un concerto di 8 campane, è stato sospeso a seguito del crollo della Torre Civica del 1989 per motivi prudenziali al fine di non indurre vibrazioni sulla struttura data la condizione di precarietà delle rampe scala interne e le condizioni di scarsa manutenzione degli intonaci e degli elementi decorativi presenti sulle facciate prospicienti lo spazio pubblico circostante.

Ciò premesso lo scopo del presente progetto è quello realizzare un intervento organico di miglioramento della sicurezza sismica del manufatto attuando tutte opere strutturali necessarie per il miglioramento della sicurezza sismica del campanile e le connesse opere di carattere edile necessarie per la conservazione degli elementi costruttivi del campanile, oltre alle opere intrinseche di attuazione dei piani di sicurezza; il tutto secondo i disposti del bando PNRR – M1C3 – Investimento 2.4.

Nell'ambito dell'intervento principale di carattere strutturale verranno pertanto attuati, "sfruttando" i ponteggi che necessariamente devono essere allestiti, anche gli interventi di consolidamento e messa in sicurezza degli elementi di finitura del campanile per evitare la caduta di materiali su spazio pubblico sottostante (nel corso dell'ultimo decennio si sono intensificati i fenomeni di distacco di porzioni di intonaco dalle facciate), tale consolidamento risulta essenziale soprattutto per evitare danni anche in caso di evento sismico di bassa intensità che potrebbe non arrecare danni agli elementi strutturali ma bensì agli elementi di finitura ad essi connessi, garantendo al tempo stesso la conservazione del bene immobile di valore storico-artistico, così come concordato con la Soprintendenza di competenza territoriale durante i sopralluoghi congiunti preliminarmente condotti per la stesura del presente progetto esecutivo.

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Il tutto così come specificato negli elaborati grafici allegati.

Si precisa che sono escluse dal presente progetto le opere necessarie alla riattivazione dell'impianto campanario per le seguenti motivazioni: è stata interpellata una ditta specializzata che a seguito di sopralluogo in situ ha potuto accertare che non risulta possibile ripristinare il funzionamento dell'impianto campanario a meno di attuare importanti interventi di manutenzione straordinaria il cui costo ammonta a circa 150.000,00 euro (oltre IVA) come risulta dalla relativa offerta economica.

Nel rispetto del bando PNRR in esame, con particolare riferimento al documento *"Disciplinare operativo per l'esecuzione degli interventi"*, si è ritenuto corretto impiegare il contributo economico a disposizione dando priorità all'attuazione degli interventi di carattere strutturale per il miglioramento della sicurezza sismica, oltre all'attuazione delle connesse opere edili e di quelle per l'attuazione dei piani di sicurezza; dalla quantificazione economica di tali interventi emerge l'esaurimento delle somme disponibili a quadro economico.

Pertanto le opere necessarie per il riuso dell'impianto campanario e di adeguamento sismico del castello campanario con posa di antivibranti saranno definite ed attuate a cura e spese della proprietà; resta inteso che fino ad allora l'impianto campanario dovrà restare inattivo.

RELAZIONE TECNICA GENERALE

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La chiesa di S. Stefano Martire e Santa Maria Assunta (Duomo di Pavia) è situata nel centro storico della città ed è posta lungo due lati dell'isolato di impianto romano, tra via Omodeo a nord e via Cardinal Riboldi a sud.

Nell'estremità nord-est dell'edificio, lungo via Omodeo, sorge il Campanile.



Fig. 1 – Planimetria di inquadramento generale.

L'area si caratterizza per la consueta elevata densità edilizia che si sviluppa all'interno dei tipici isolati urbani rettangolari impostati sul cardo e sul decumano, frutto della tradizione costruttiva delle città di fondazione romana.

Trattandosi di fabbricato collocato nel centro storico cittadino, solitamente non vi è la possibilità di reperire aree esterne da destinare al cantiere, tuttavia nel caso in esame sussiste la possibilità di allestire l'area principale di cantiere, ad uso carico/scarico dei materiali, su area di proprietà della Fabbriceria della Cattedrale posta sul lato nord del campanile verso Piazza della Vittoria.

RELAZIONE TECNICA GENERALE



Fig. 2 – Planimetria di inquadramento generale: il bollino rosso indica il campanile.

3 CENNI STORICI

Nel presente capitolo si riporta una descrizione sintetica delle vicende costruttive della Cattedrale, per una trattazione più dettagliata si rimanda alla relazione storica allegata ed all'ampia bibliografia disponibile in merito.

Frutto di una plurisecolare stratificazione, il Duomo nelle forme odierne fu iniziato nel 1488 e costruito sopra le due chiese romaniche gemelle di S. Stefano e S. Maria del Popolo, le cui strutture si possono ancora ammirare nelle cripte. Si tratta di costruzioni che, allocate su uno dei punti più alti della città sull'altura dominante il Ticino, rappresentavano anche il complesso episcopale. Se alla struttura generale della chiesa presero parte in maniera attiva le più abili maestranze locali, per l'imposta della crociera dell'imponente tamburo con cupola, ben visibile per chi si avvicina alla città dal campagna circostante, furono chiamati a dare contributi i più vivaci ingegni del Rinascimento (Bramante e Leonardo). Sebbene la presenza di Bramante sia

RELAZIONE TECNICA GENERALE

documentata nel cantiere per pochi mesi, l'urbinate fu determinante per l'impostazione della struttura della chiesa, cui conferì una precisa impronta, sostanzialmente rispettata nei secoli. La presenza di Bramante nel cantiere corrisponde anzitutto ai lavori di scavo delle fondamenta e di impostazione della struttura della cripta. Alla fine del '500 era stato completato solo il corpo centrale della fabbrica; i lavori al Duomo ripresero nel 1583, dopo il completamento della torre campanaria per opera di Pellegrino Tibaldi e l'ampliamento del Palazzo Vescovile; il tamburo fu eretto solo nel 1762-68, la cupola nel 1884, quando il ferro poteva dare ausilio alla statica di luci così imponenti: Maciachini si occupò del nuovo progetto, ideando una doppia calotta di travature metalliche. Lo stesso realizzò nel 1898 la facciata, caratterizzata da lesene bianche, che anticipa l'impianto interno tripartito e la diversa altezza delle navate, tramite i tre ingressi e da tre rosoni di dimensioni diverse. Nel 1933, l'opera fu completata con la realizzazione dei bracci del transetto. Nel 1989, il crollo della torre civica medioevale accanto al Duomo causò danni anche alle strutture del Duomo, che per motivi di sicurezza rimase per qualche tempo chiuso al culto.

Sotto il profilo della tutela archeologica, l'immobile, situato all'interno del centro storico e pertinente a edificio storico, ricade in area a rischio archeologico alto, come segnalato nel PTCP della Provincia e nel PGT del Comune di Pavia. In tutta la zona circostante il monumento si sono verificati numerosi rinvenimenti di interesse archeologico, consistenti in materiali, sepolture, iscrizioni, elementi architettonici, mosaici, tratti stradali e fognari e altre strutture di epoca romana, tardoantica, medievale e postmedievale.

Del campanile, nessun cenno nei documenti storici, tranne nel testo "Le Chiese di Pavia" a cura della Prof.ssa Luisa Erba, in cui la costruzione del campanile viene collocata intorno all'anno 1757. Impostato sopra l'angolo sud-ovest della sacrestia, a lato sinistro del transetto, il campanile risulta inglobato nel fabbricato di culto per circa un terzo dell'altezza.

Vi si accede unicamente da una scala interna posta a lato del campanile che si connette, sempre internamente, con quest'ultimo al livello in cui la torre campanaria emerge dalle coperture della cattedrale.

RELAZIONE TECNICA GENERALE

4 ANALISI DEL MANUFATTO

Sopra la zona sud-ovest della sacrestia si eleva il Campanile (m 47 circa di altezza da terra alla base della croce), parzialmente inglobato nella struttura della Cattedrale, caratterizzato da: fusto su basamento a corpo unico con base quadrata con muratura prevalentemente intonacata tranne la parte più bassa, fino alla prima cornice orizzontale, che risulta in mattoni a vista con alcune feritoie costituite dalle buche pontaie; sono presenti su tutti i lati alcune aperture finestrate, sia rettangolari che circolari, prive di serramenti salvo due porte che conducono all'esterno su camminamenti in pietra che collegano esternamente il campanile a relativi varchi di accesso ai sottotetti della Cattedrale.



Fig. 3 - Vista del fronte nord della Cattedrale da Piazza della Vittoria: si nota il campanile

RELAZIONE TECNICA GENERALE

I prospetti risultano sostanzialmente intonacati e caratterizzati da cornici orizzontali con modanature semplici sempre con finitura intonacata.

La cella campanaria è a pianta quadrata con quattro aperture di forma poligonale delimitate da pilastri in muratura di mattoni di laterizio intonacati con decori.

La sommità è formata da cuspide di copertura a bulbo (manto in lamiera metallica), con elemento apicale costituito da croce metallica.



Fig. 4 - Vista della cella campanaria.

Internamente la struttura del campanile è visibile a partire dalla quota della sacrestia fino all'intradosso del solaio della cella campanaria attraverso una botola presente nel primo orizzontamento ligneo posto a quota + 4,55 m, è presente un secondo orizzontamento ligneo a quota + 16,20 m.

Entrambi gli orizzontamenti versano in pessime condizioni d'uso.

Internamente il campanile risulta accessibile solo a partire dalla quota + 19 metri circa da cui parte una scala che conduce sino alla cella campanaria: le rampe sono costituite da pedate/pianerottoli in pietra ed alzate in tavole di laterizio intonacate; la struttura e le finiture versano in condizioni d'uso precarie tantè che tutte le rampe risultano puntellate all'intradosso con puntali metallici e le ultime rampe verso la cella sono puntellate anche con profili metallici.

Le murature interne risultano intonacate con semplice velatura di calce con finitura grossolana.

RELAZIONE TECNICA GENERALE

5 RILIEVO GEOMETRICO, ANALISI MATERICA E DELLE PATOLOGIE DI DEGRADO

La base degli elaborati grafici è costituita dal rilievo geometrico di tutto il manufatto eseguito con strumento Laser Scanner a cui è seguita la restituzione grafica 2D.

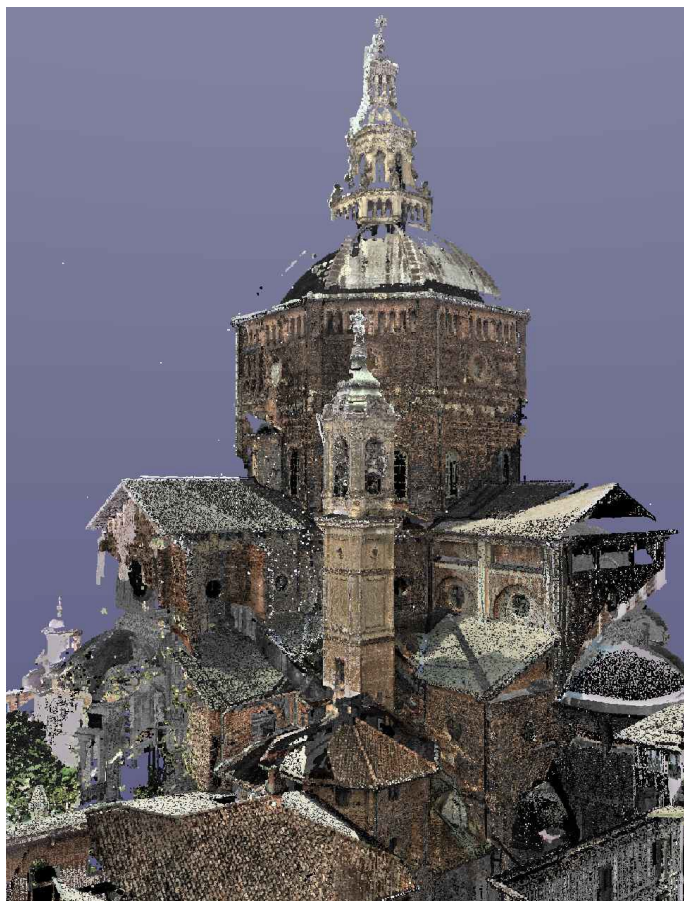


Fig. 5 - Immagine di rilievo della cattedrale restituita con nuvola di punti

Parallelamente al suddetto rilievo geometrico si è proceduto a redigere quello morfologico e materico che è stato condotto essenzialmente in modo visivo e ove necessario mediante indagini documentali sulla bibliografia esistente. Si sono così classificati tutti i materiali costruttivi presenti e si sono riportate tali indicazioni su apposite tavole di rilievo ottenendo in questo modo una mappatura completa, indispensabile per comprendere meglio i fenomeni di degrado che si sono successivamente rilevati.

I materiali impiegati sono riconducibili alle seguenti categorie principali:

- Laterizio;
- Intonaco;
- Materiale lapideo;
- Legno;
- Metallo;

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Riportiamo di seguito i dati emersi dalla campagna di rilievo differenziando l'analisi materica e del degrado per ogni singola categoria di materiale.

La campagna di rilievo condotta ha così evidenziato l'impiego dei seguenti materiali:

- il laterizio è sicuramente il materiale predominante, utilizzato sostanzialmente come elemento strutturale ed in minima parte come elemento decorativo per la formazione di cornici e rilievi;
- l'intonaco costituisce il secondo elemento predominante utilizzato come finitura degli elementi murari sia interni che esterni;
- i materiali lapidei sono presenti principalmente come elementi strutturali della scala interna ed in minima parte a livello della cella campanaria come elementi decorativi;
- il legno è il materiale impiegato all'interno per la realizzazione degli unici due orizzontamenti lignei presenti;
- il metallo è stato utilizzato per la realizzazione dei parapetti della scala e per la copertura del campanile.

RELAZIONE TECNICA GENERALE

5.1 IL LATERIZIO

In base alla circolare 26/2010 - Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale il fattore di confidenza viene calcolato con la seguente formula:

$$F_C = 1 + \sum_{k=1}^4 F_{Ck}$$

Nella quale i coefficienti parziali F_{Ck} sono definiti nella tabella “Tabella 4.1 – Definizione dei livelli di approfondimento delle indagini sui diversi aspetti della conoscenza e relativi fattori parziali di confidenza”:

Rilievo geometrico	rilievo geometrico completo	$F_{C1} = 0.05$
	rilievo geometrico completo, con restituzione grafica dei quadri fessurativi e deformativi	$F_{C1} = 0$
Identificazione delle specificità storiche e costruttive della fabbrica	restituzione ipotetica delle fasi costruttive basata su un limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.12$
	restituzione parziale delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su: a) limitato rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione e alla verifica delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, verifica diagnostica delle ipotesi storiografiche); b) esteso rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche)	$F_{C2} = 0.06$
	restituzione completa delle fasi costruttive e interpretazione del comportamento strutturale fondate su un esaustivo rilievo materico e degli elementi costruttivi associato alla comprensione delle vicende di trasformazione (indagini documentarie e tematiche, eventuali indagini diagnostiche)	$F_{C2} = 0$
Proprietà meccaniche dei materiali	parametri meccanici desunti da dati già disponibili	$F_{C3} = 0.12$
	limitate indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0.06$
	estese indagini sui parametri meccanici dei materiali	$F_{C3} = 0$
Terreno e fondazioni	limitate indagini sul terreno e le fondazioni, in assenza di dati geotecnici e disponibilità d'informazioni sulle fondazioni	$F_{C4} = 0.06$
	disponibilità di dati geotecnici e sulle strutture fondazionali; limitate indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0.03$
	estese o esaustive indagini sul terreno e le fondazioni	$F_{C4} = 0$

Nel caso in esame:

Fattore di confidenza:

$FC1 = 0,00$

$FC2 = 0,06$

$FC3 = 0,12$

$FC4 = 0,06$

RELAZIONE TECNICA GENERALE

FC = 1,24 (Livello di conoscenza 2).

Con riferimento alla tabella C8.5.1 della Circolare NTC2019 la tipologia di muratura corrisponde a quella individuata come "Muratura in mattoni pieni a malta di calce"

I parametri meccanici sono i seguenti:

- Resistenza caratteristica a compressione (valore medio dell'intervallo proposto x coeff. migliorativo):

$$f_{mk} = 3,45 \times 1,3 \text{ MPa} = 4,485 \text{ MPa}$$

- Valore di progetto per verifiche sismiche:

$$f_{md} = 4,485 / (1,24 \times 2) = 1,81 \text{ MPa}$$

- Valore di progetto per verifiche gravitazionali e rotture fragili

$$f_{md} = 4,485 / (1,24 \times 3) = 1,21 \text{ MPa}$$

- Resistenza caratteristica a taglio:

$$\tau_{0k} = 0,19 \times 1,3 \text{ MPa} = 0,247 \text{ MPa}$$

- Valore di progetto

$$\tau_{0d} = 0,247 / (1,24 \times 3) = 0,066 \text{ MPa}$$

-- Modulo di elasticità normale: $E = 1500 \text{ MPa}$

5.2 L'INTONACO

Il materiale da costruzione più rilevante per estensione superficiale nella composizione dei fronti del campanile è certamente l'intonaco.



Fig. 6 -Vista del prospetto sud del campanile, da cui emerge la dominante materica dell'intonaco.

L'intonaco presenta segni di degrado piuttosto diffusi, legati per lo più ad aggressioni dell'ambiente esterno riconducibili principalmente all'azione di dilavamento e ristagno dell'acqua piovana ed all'azione chimica dell'inquinamento urbano. Il ripetersi ciclico del fenomeno ha portato alla

RELAZIONE TECNICA GENERALE

decoesione delle malte ed alla formazione di distacchi dell'intonaco dall'arriccio e di quest'ultimo dalla muratura sottostante.



Fotografia n. 7 Fenomeni di distacco di porzioni significative di intonaco.



Fotografia n. 8 Dettaglio distacchi di intonaco livello cella campanaria

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Tutti gli intonaci sono affetti da alterazione cromatica per effetto della luce solare, da patinatura e scolatura, in particolare in prossimità degli elementi sporgenti ove si creano percorsi preferenziali delle acque piovane generati dalla geometria stessa della facciata e da depositi di particolato atmosferico. In molti punti ove manca completamente l'intonaco, il degrado ha intaccato anche il paramento murario sottostante in laterizio.



Fotografia n. 9 Dettaglio dell'intonaco privo ormai della finitura per dilavamento



Fotografia n. 10 Dettaglio dell'intonaco distaccato fino al vivo della muratura

RELAZIONE TECNICA GENERALE

5.3 I MATERIALI LAPIDEI

La presenza di materiale lapideo sui prospetti è estremamente contenuta quanto ad estensione superficiale. La maggioranza dei conci lapidei presenti è concentrata nella zona della cella campanaria alla base ed alla sommità della balaustra che perimetra la cella.



Fotografia n. 11 Dettaglio elementi in pietra interni alla balaustra cella campanaria



Fotografia n. 12 Dettaglio elementi in pietra esterni alla balaustra cella campanaria

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Le patologie di degrado evidenziano effetti di variazione cromatica del materiale per il deposito di polveri e fenomeni di scagliatura e micro fessurazioni del materiale legate agli eventi atmosferici.

La pietra rappresenta anche un importante elemento strutturale impiegato per la formazione delle pedate della scala interna costituite da singole mensole inserite ad incastro nella muratura interna del campanile.

Tali elementi lapidei presentano alcune patologie che vanno dal semplice degrado superficiale dovuto all'usura nel tempo a fenomeni di indebolimento localizzato per la realizzazione di fori e manomissioni varie per l'attuazione di passaggi impiantistici ed infine presentano punti con rotture/mancanze oltre a fenomeni fessurativi come si evince dalle immagini seguenti.



Fotografia n. 13 Vista interna: dettaglio pedate in pietra con fori o rotture



Fotografia n. 14 Vista interna: pedate in pietra fessurate

RELAZIONE TECNICA GENERALE

La precarietà della scala ne ha reso necessaria la puntellazione che è stata attuata in passato, subito dopo il crollo della torre civica, ed è stata completata nelle ultime rampe verso la cella, ove mancante, prima dell'attuazione dei rilievi necessari per la stesura del presente progetto.



Fotografia n. 15 Vista interna: scala messa in sicurezza con puntelli metallici

5.4 IL LEGNO

I due solai lignei esistenti in legno non sono puntellati all'intradosso ed essendo ricoperti all'estradosso da guano di piccione e rottami non sono calpestabili in sicurezza non potendo quindi accertarne lo stato di usura.

In particolare il primo solaio è visibile solo da una botola accessibile dalla sacrestia e l'intradosso non è visibile in quanto controsoffittato.

Tuttavia da un primo esame visivo, tenendo conto anche della vetustà e della mancata manutenzione negli anni, si presume che l'assito e l'orditura secondaria siano in larga parte compromessi, anche l'orditura lignea principale potrebbe avere problemi di resistenza meccanica in quanto anche solo visivamente i solai appaiono deformati; ci si riserva in fase di cantierizzazione, ad avvenuta puntellazione, di attuare ulteriori indagini per acquisire ulteriori dati progettuali

RELAZIONE TECNICA GENERALE

finalizzati alla valutazione, se possibile, di una eventuale conservazione, anche parziale, supportata da opportuni interventi di consolidamento ed irrigidimento.

In questa fase, in via prudenziale, si è deciso di prevederne la rimozione e la sostituzione con nuovi solai sempre in legno.



Fig. 16 - Vista interna del campanile: botola di accesso al solaio ligneo a quota 4,55 m



Fig. 17 - Vista interna del campanile: estradosso solaio ligneo a quota 4,55 m

RELAZIONE TECNICA GENERALE



Fig. 18 - Vista interna del campanile: estradosso solai ligneo a quota 16,20 m

5.5 IL METALLO

I parapetti della scala interna e dei ballatoi esterni sono in ferro di semplice fattura originariamente verniciato ma che ad oggi ha completamente perso la finitura risultando l'acciaio fortemente ossidato e in più punti deformato, mancano anche alcune borchie in ferro di fissaggio alle pedate della scala pertanto non risulta sufficientemente rigido.

Anche la copertura del campanile risulta in lastre metalliche apparentemente in buono stato di conservazione, lo di seume anche dal fatto che non si evidenziano infiltrazioni d'acqua sul soffitto della cella campanaria, tuttavia a seguito dell'installazione dei ponteggi sarà possibile effettuare una verifica ravvicinata e di dettaglio così come sulla croce anch'essa metallica.

Infine sono presenti alcuni profili metallici impiegati per la messa in sicurezza delle ultime due rampe di scala che conducono alla cella campanaria e per la realizzazione della soletta di chiusura del foro della cella, tale soletta risulta in putrelle e tevelle di laterizio intonacate.

Tutti i suddetti elementi metallici presenti risultano fortemente degradati quindi con ridotta resistenza meccanica, taluni anche rotti quindi ormai privi di funzione strutturale.

Il progetto prevede la sostituzione di tali profili strutturali con nuovi elementi correttamente dimensionati per reggere i carichi di progetto nel rispetto delle normative vigenti.

RELAZIONE TECNICA GENERALE



Fig. 19 - Vista dei profili metallici posti a consolidamento del solaio cella campanaria



Fig. 20 – Vista del parapetto metallico della scala interna



Fig. 21 - Vista della botola cella campanaria chiusa con soletta in putrelle e tevelle in laterizio

RELAZIONE TECNICA GENERALE

6 IL PROGETTO

Si riporta una breve sintesi degli interventi in progetto, che vengono poi descritti in dettaglio nel seguito e negli elaborati grafici allegati:

1. Opere di allestimento del cantiere ed apprestamenti per l'attuazione del piano di sicurezza;
2. Opere di rimozione e demolizione propedeutiche all'attuazione delle opere strutturali;
3. Opere strutturali per il miglioramento della sicurezza sismica;
4. Opere di ripristino conseguenti all'attuazione delle opere strutturali;
5. Opere di consolidamento e messa in sicurezza delle finiture afferenti alle strutture

6.1 ALLESTIMENTO DEL CANTIERE ED APPRESTAMENTI DI SICUREZZA

L'area di cantiere principale per il carico/scarico dei materiali verrà allestita in un area di proprietà della Fabbriceria della Cattedrale sita in via Omodeo ed antistante il lato nord del campanile.

Da tale area sarà possibile accedere al campanile attraverso un castello di salita costituito da ponteggio tubolare prefabbricato dotato di due ampi piani di appoggio per il deposito temporaneo dei materiali che poi verranno condotti all'interno del campanile attraverso una finestrella esistente presente sul prospetto nord.

Per attuare le opere strutturali e di messa in sicurezza in progetto, oltre al castello di carico, si rende necessario installare dei ponteggi esterni sulle facciate del campanile, ponteggi particolari a "sbalzo" ovvero non poggianti sulle coperture lignee sottostanti, per motivi di sicurezza statica, ma fissati alle murature della torre campanaria, anche all'interno del campanile verrà installato un ponteggio a tutta altezza per poter eseguire le lavorazioni in sicurezza garantendo un'adeguata protezione contro la caduta verso il vuoto dato dall'anima della scala.

Il tutto come meglio indicato nel "*Documento contenente le prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza*" e nella tavola "*SIC.01 Layout cantiere*" allegati al presente progetto esecutivo.

6.2 OPERE DI DEMOLIZIONE E RIMOZIONE PROPEDEUTICHE ALL'ATTUAZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI

Si rende necessario attuare una serie di opere di rimozione e demolizione propedeutiche alla realizzazione delle opere strutturali che diversamente non potrebbero essere attuate.

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Si tratta dei seguenti interventi:

- Demolizione e rimozione dei due solai lignei esistenti che verranno ricostruiti sempre in legno ma con sistemi di ancoraggio alle murature perimetrali che permettano di costituire un diaframma rigido di piano;
- Demolizione e rimozione della soletta di chiusura della botola in cella campanaria, in quanto pericolante, che verrà rifatta sempre con profili metallici e tavelloni con finitura intonacata come l'esistente; verrà anche necessariamente demolita la cappa in calcestruzzo armato soprastante, che costituisce la pavimentazione della cella, anche per poter ripristinare l'impermeabilizzazione sottostante ormai compromessa creando così un massetto delle pendenze adeguato per il convogliamento delle acque meteoriche al di fuori della cella attraverso foro di scolo esistente sul lato est;
- Rimozione dei controsoffitti posti all'intradosso del primo solaio ligneo, sia per poter eseguire la relativa demolizione sia per poter installare i ponteggi interni, i controsoffitti verranno poi ripristinati a fine lavori essendo lo spazio sottostante utilizzato per la Cattedrale come disimpegno del servizio igienico e come accesso al locale impianti adiacente;
- Rimozione dei parapetti metallici della scala interna per il successivo rifacimento collegandoli ai profili strutturali sottorampa per una maggiore sicurezza;
- Rimozione di tutte le tubazioni, corpi illuminanti e cavidotti elettrici presenti all'interno del campanile di intralcio per la posa dei nuovi elementi strutturali; i cavidotti degli impianti ancora in uso, ad esempio il cavidotto verticale di alimentazione dell'illuminazione del Duomo, ed i cavi di alimentazione dei corpi illuminanti verranno temporaneamente rimossi spostandoli in posizioni favorevoli sempre all'interno del campanile per consentire l'esecuzione dei lavori e poi ricollocati

RELAZIONE TECNICA GENERALE

nella posizione originaria; i corpi illuminanti della scala verranno sostituiti poiché non più funzionanti e non a tenuta stagna, quindi non adeguati alle norme di sicurezza;

- Rimozione dei profili metallici di consolidamento delle rampe scale verso la cella campanaria, che verranno sostituiti con nuovi profili metallici strutturali adeguati;
- Rimozione delle inferriate e reti di protezione delle finestre per eseguire le opere di consolidamento necessarie;
- Carico, trasporto e smaltimento alle pubbliche discariche dei materiali di risulta

6.3 OPERE STRUTTURALI PER IL MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA SISMICA

Le opere in progetto sono finalizzate all'adeguamento statico della struttura (attualmente accessibile grazie alla presenza di puntellazioni delle scale esistenti) e al suo miglioramento sismico.

In particolare si prevede la sostituzione dei solai lignei esistenti che si trovano in stato di degrado e la sostituzione del solaio in profili metallici e laterizi della cella campanaria, anch'esso fortemente deteriorato. Si prevede l'inserimento di profili metallici all'intradosso delle rampe delle scale in pietra in grado di sopportare il peso proprio ed accidentale delle scale in caso di rottura fragile di uno o più gradini e l'inserimento di porzioni di sott'archi metallici per migliorare la diffusione del carico delle murature del campanile in corrispondenza dell'innesto con le strutture murarie delle volte della sacrestia sottostanti.

Inerenti al miglioramento strutturale in generale e, in particolar modo, al miglioramento del comportamento delle strutture del campanile nei confronti delle azioni orizzontali da vento e sismiche si prevedono interventi di cerchiatura che verranno realizzati a quattro livelli con catene ancorate negli angoli del campanile, irrigidimenti con doppio assito, bandelle metalliche e cordoli perimetrali metallici dei due solai lignei in sostituzione e affiancamento di elementi metallici sulla faccia interna dei piedritti della cella campanaria per contrastare il meccanismo locale di rottura della cella campanaria.

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Si prevede inoltre la risarcitura con tecnica cuci-scuci a livello locale di alcune lesioni e l'inserimento di profili metallici per la realizzazione appoggi adeguati per la passerella di collegamento con il tamburo della cupola ottagonale in sostituzione / affiancamento alla mensola in pietra attualmente in opera.

Gli interventi locali in progetto comportano un miglioramento del livello di sicurezza sismica del campanile come indicato nella scheda sinottica allegata di cui si riporta di seguito uno stralcio relativo agli indicatori di sicurezza:

Indicatori di sicurezza -Rapporto fra le accelerazioni - analisi locale					
Elementi oggetto di intervento	Obiettivi dell'intervento sul singolo elemento*	Stato limite di salvaguardia della vita		Stato limite di collasso (alternativo allo SLV)	
		ante operam $\xi_{SLV,A}$	post operam $\xi_{SLV,P}$	ante operam $\xi_{SLC,A}$	post operam $\xi_{SLC,P}$
TORRE CAMPANARIA	R	1,1	1,13		
CELLA CAMPANARIA	L	0,35	0,66		

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di calcolo strutturale.

6.4 OPERE DI RIPRISTINO CONSEGUENTI ALL'ATTUAZIONE DELLE OPERE STRUTTURALI

Conseguentemente alla realizzazione degli interventi strutturali suindicati si rende necessario attuare le opere di ripristino di seguito riportate:

- Rifacimento del massetto di pavimentazione della cella campanaria e relativo manto di impermeabilizzazione sottostante;
- Ripristino dei due serramenti di uscita dal campanile e di accesso alla cella campanaria;
- Ripristino delle inferriate e reti di protezione delle finestre,
- Sostituzione dei parapetti scala;
- Ripristino del controsoffitto del disimpegno della sacrestia;

RELAZIONE TECNICA GENERALE

- Revisione del manto di copertura metallica del campanile;
- Sostituzione delle lampade di illuminazione della scala interna;

6.5 OPERE DI CONSOLIDAMENTO E MESSA IN SICUREZZA DELLE FINITURE AFFERENTI ALLE STRUTTURE

Si tratta di opere complementari all'intervento strutturale principale che riguardano gli elementi costruttivi e di finitura che assolvono alla necessità comune di garantire la durabilità delle strutture in quanto strettamente connessi a quest'ultime; ad esempio gli intonaci che costituiscono lo strato protettivo delle murature ed anche le stesse murature a vista la cui integrità superficiale deve essere preservata e protetta per garantirne la durabilità e quindi la funzione strutturale nel tempo.

Si riporta di seguito una sintesi degli interventi di consolidamento e conservazione degli elementi costruttivi, rimandando alla descrizione più dettagliata riportata negli elaborati grafici allegati:

PARAMENTI MURARI INTERNI

- Rimozione di depositi superficiali incoerenti da eseguire a secco con spazzole;
- Consolidamento dell'aderenza tra l'intonaco e la muratura, ove necessario, mediante iniezione di malta idraulica;
- Rifacimento superficiale a cuci-scuci di paramenti murari nei casi di elementi rotti o definitivamente compromessi per erosione, riprazione locale di spellette e voltini, integrazione di parti mancanti;

RELAZIONE TECNICA GENERALE

- Ricostruzione di lacune con applicazione di due o più strati di intonaco idoneo per granulometria e colorazione;
- Pitturazione protettiva e consolidante superficiale ai silicati;

PARAMENTI MURARI ESTERNI A VISTA

- Rimozione di depositi superficiali incoerenti da eseguire a secco con spazzole;
- Disinfestazione mediante applicazione di biocida e rimozione manuale della vegetazione;
- Ripresa saltuaria della stilatatura dei giunti;
- Rifacimento superficiale a cuci-scuci di paramenti murari nei casi di elementi rotti o definitivamente compromessi per erosione, riprazione locale di spелlette e voltini, integrazione di parti mancanti;
- Microstuccatura con malta nei casi di esfoliazione dei singoli elementi murari;
- Protezione superficiale di paramenti murari per rallentarne il degrado con resine acriliche;

PARAMENTI MURARI ESTERNI INTONACATI

- Rimozione di depositi superficiali incoerenti da eseguire a secco con spazzole;
- Verifica di stabilità degli intonaci con battitura e delimitazione con segno colorato della zona da rimuovere;

RELAZIONE TECNICA GENERALE

- Rimozione di parti di intonaco in fase di distacco e di vecchie stuccature;
- Ricostruzione di porzioni di intonaco precedentemente rimosse con applicazione di due o più strati di intonaco dicalce idoneo per granulometria e colorazione;
- Consolidamento degli intonaci in presenza di fenomeni diffusi di polverizzazione, mediante impregnazione fino al rifiuto con silicato di etile o resine acriliche;
- Consolidamento dell'aderenza tra l'intonaco e il supporto mediante iniezione di idonea malta idraulica;
- Velatura finale uniformante con intonaco minerale colorato con malta premiscelata a base di calce;