ARCIDIOCESI DI SANT'ANGELO DEI LOMBARDI
CONZA - NUSCO - BISACCIA

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR) – MISSIONE 1 – DIGITALIZZAZIONE, INNOVAZIONE, COMPETITIVITÀ E CULTURA, COMPONENTE 3 – CULTURA 4.0 (M1C3), MISURA 2 "RIGENERAZIONE DI PICCOLI SITI CULTURALI, PATRIMONIO CULTURALE, RELIGIOSO E RURALE, INVESTIMENTO 2.4: "SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, RESTAURO DEL PATRIMONIO CULTURALE DEL FEC E SITI DI RICOVERO PER LE OPERE D'ARTE (RECOVERY ART)" – LINEA D'AZIONE N. 1 SICUREZZA SISMICA NEI LUOGHI DI CULTO, TORRI E CAMPANILI.

Sicurezza Sismica della Cattedrale di Sant'Antonino di Sant'Angelo dei Lombardi (AV)

Servizio di Ingegneria e Architettura:

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

ai sensi del D.lgs n.36 del 31/03/2023 - Allegato 1.7 - Sezione II

Sezione:

ELABORATI GENERALI

Elaborato:

Relazione Generale

Data	*Scala*	Sigla Elaborato:
Ottobre 2024	*1:100*	R.00

visti:

RTP di progettazione
Via Circunvallazione 76 - 83100 Avellino

Ing. Michele Candela
Capogruppo Mandatario - Progettazione Strutture

Mandanti
Geom Gerardo Antoniello
CSP
Aspetti contabili e contrattuali
Direttore Operativo
Arch. Gerardo Policano
Progetto Architettonico
Restauro
Direttore Operativo
Arch. Antonella Guerriero
Progetto Architettonico
Restauro
Direzione Lavori
Ing. Alfredo Galasso
Progetto Strutturale
Impianti
Arch. Cristiana Tarantino
giovane professionista
Progetto Architettonico
Restauro
Direttore Operativo

Responsabile Unico del Procedimento
geom. Luigi D'Angelis

Elaborati Generali	
Indagini	
Progetto	
Architettura e Restauro	
Impianti	
Cantiere	

Sommario

PREMESSA 2
1. INQUADRAMENTO GENERALE 4
1.1 LOCALIZZAZIONE DELL'IMMOBILE 4
1.2 INQUADRAMENTO CATASTALE 5
1.3 DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE 6
1.4 REGIME VINCOLISTICO 6
1.4.1 VINCOLI URBANISTICI 7
1.4.2 VINCOLO CULTURALE E PAESAGGISTICO 7
1.4.3VINCOLO IDROGEOLOGICO 7
2. DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE 7
2.1 ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE 7
3. STUDI ED APPROFONDIMENTI PER LA CONOSCENZA DELL'EDIFICIO 8
3.1 ANALISI STORICO-CRITICA 8
3.2 ANALISI TECNOLOGICA 10
3.3 RILIEVO DEL DEGRADO E DEI DISSESTI 11
3.4 PIANO DELLE INDAGINI DIAGNOSTICHE 12
3.5 ANALISI DELLA VULNERABILITÀ 13
4. PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO 14
4.1 CRITERIO INFORMATORE 14
4.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI 16
4.2.1 RINFORZO DELLE MURATURE 17
4.2.2 CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE VOLTATE 17
4.2.3 INSERIMENTO DI TIRANTI 18
4.2.4 CONSOLIDAMENTO DELLE CAPRIATE 18
4.2.5 CROCE DI SANT'ANDREA 19
4.2.6 RINFORZO CAMPANILE 19
4.3 ESITI DELLE VERIFICHE ALLO STATO DI PROGETTO 20
5. CONCLUSIONI 21

PREMESSA

Da moltissimi secoli la Cattedrale di S. Angelo dei Lombardi svolge un ruolo primario per la comunità di quel paese e non solo di quello. Infatti, la valenza di Chiesa Cattedrale ne rappresenta, non solo l'assoluta importanza ecclesiastica propria di quel bene architettonico, ma anche quello di guida di un territorio che si può considerare ben più ampio di quello di S. Angelo dei Lombardi e che pressappoco coincide con quello dell'Alta Irpinia. È per questo che l'Arcidiocesi di S. Angelo dei Lombardi, che accorpa in se pure le ex sedi vescovili di Conza-Nusco e Bisaccia, risulta essere stata sempre centrale nel divenire temporale di quei territori.

Tutto quant'innanzi, ha un importantissimo riverbero ai fini della presente progettazione, in quanto è sicuro indice della valenza ecclesiastico-culturale della nostra "fabbrica". Ancora, tale "importanza" costituisce anche concreto indice rivelatore della sua qualità costruttiva. La quale, di conseguenza, difficilmente risulterà dotata di un incerto o inadeguato apparecchio strutturale, in tutto o almeno in buona parte dei suoi componenti.

Questo è quindi uno dei presupposti significativi per poter adempiere al mandato professionale ricevuto dal presente RTP, il quale, in data 4 aprile 2024, ha ricevuto incarico dall'Arcidiocesi di Sant'Angelo dei lombardi (AV) Conza Nusco Bisaccia per lo svolgimento del servizio di Progettazione di Fattibilità Tecnica economica coordinamento della Sicurezza in fase di progettazione, Direzione Lavori, assistenza al collaudo, prove di accettazione, liquidazione, rendicontazione e liquidazione tecnico contabile, contabilità dei lavori a misura, coordinamento della Sicurezza in esecuzione, relative all'intervento denominato Sicurezza Sismica della Cattedrale di Sant'Antonino- Sant'Angelo dei Lombardi. A questo punto risulta indispensabile delineare alcuni ulteriori riferimenti, che ai nostri scopi sono di non poco momento, come ben lo si comprenderà nel seguito della presente relazione.

Il primo lo si attinge da una seppur rapida disamina della relazione storica, dalla quale emerge, in tutta la sua drammaticità, l'ininterrotta sequenza di eventi tellurici, di notevole caratura, che nei millenni hanno letteralmente flagellato l'Alta Irpinia e, in particolare, S. Angelo dei Lombardi, tranciando di netto centinaia di vite, di speranze, abbattendo il senso di comunità e sconvolgendo tutto, dalle infrastrutture all' edilizia civile, a quella emergente, compresa ovviamente quella ecclesiastica. Purtroppo proprio questa ultima "tipologia" è generalmente la più labile sotto cimenti tellurici, sia per le dimensioni delle ampie pannellature murarie, sprovviste di regolari sistemi di ritegno, sia per l'endemica snellezza delle singole membrature resistenti. Nei secoli quindi si registrano una costellazione di crolli e rifacimenti, dissesti e rimedii, sempre imputabili ad eventi sismici, caratterizzati alternativamente o simultaneamente da moti sussultori e ondulatori, come è stato il più recente, e particolarmente drammatico, evento del 23 novembre 1980. Questo infierì con drammatica virulenza anche sulla Cattedrale in argomento, danneggiandola in più punti, con macro aree di dissesto per lo più concentrate nelle facciate e sulla navata laterale destra. La

forza di quel sisma fu tale da innescare anche macro-cinematismi di imponenti pannellature murarie. Pertanto, chiunque sia chiamato a confrontarsi, come nel nostro caso, con i temi del consolidamento e miglioramento sismico di siffatto bene monumentale, deve necessariamente tenere in buon conto la lezione della Storia, innanzi appena tratteggiata.

In questo quadro di assoluta problematicità, si passa ora ad esaminare il secondo dei "riferimenti" innanzi accennati, che riguarda cosa è accaduto a questo edificio, proprio nella fase di restauro post-sisma del 1980. Chi scrive, negli anni 1982-1987, per conto della Soprintendenza di SA e AV, istruì tre progetti di consolidamento della Cattedrale, sviluppati dagli uffici tecnici della Curia di S. Angelo e dal Provveditorato alle OO.PP. della Campania. Le prime due stesure progettuali vennero respinte perché ritenute inadeguate. Nel terzo caso, la Curia di S. Angelo dei Lombardi individuò come progettisti il prof A. Giuffrè e il prof. P. Marconi, dell'Università di Roma, i quali misero a punto degli elaborati per quei tempi antesignani circa l'approccio al Restauro, ed in maniera specifica al Restauro Strutturale (a cura di A. Giuffrè). Con quest'ultimo docente, collaborò, per la parte contabile afferente al II lotto, anche un altro componente di questo RTP: il Geom. Gerardo Antoniello. La portata culturale - tecnica e di innovazione scientifica apportata da Giuffrè fu di tale importanza da rivoluzionare, anche a livello internazionale, la metodologia di approccio tecnico ai nostri temi. Con un processo temporale divulgativo, durato alcuni lustri, si è comunque segnata una traccia culturale così importante da renderla indelebile. Ritenendo utile per i nostri scopi riportare la sintesi di quanto affermato da Giuffrè nella sua filosofia progettuale, di seguito si accenna ai criteri alla base della sua metodologia di Restauro Strutturale, che anche noi abbiamo adottato nella presente progettazione.

A tal proposito, è bene ricordare che il tema di una qualsivoglia analisi strutturale relativa a problematiche di stabilità statiche o dinamiche riferite ad un edificio storico è sempre questione non di poco momento. Le ragioni sono molteplici e spaziano tra l'incerta decifrazione delle regole costruttive originarie, sottese all'edificazione dell'oggetto in analisi, nonché alle problematiche relative al livello di accertamento del degrado raggiunto dai vari componenti edilizi. Ed ancora, vi è da tenere in debito conto le aggiunte, le trasformazioni, gli innesti che il divenire dei secoli ha spesso imposto al "nostro" componente edilizio.

Nel caso poi delle problematiche connesse alla vulnerabilità sismica della Cattedrale di Sant'Antonino, a Sant'Angelo dei lombardi, ognuna delle precedenti e principali tematiche, appena tratteggiate, conosce livelli di complessità non comuni, per l'importante sismicità del territorio e la complessa evoluzione costruttiva che essa ha determinato sulla fabbrica.

È necessario quindi procedere, in via prioritaria analizzando quanto rinvenibile dalle fonti storiche e documentarie, al fine di poter compiere una sorta di anamnesi stratigrafico-compositiva del manufatto, del quale oggi si è chiamati a studiare la vulnerabilità sismica e a progettarne un intervento di miglioramento del comportamento strutturale. Nel presente lavoro quindi, partendo dai dati geometrici, da quelli storico-

critici, da quelli interpretativi delle campagne di PnD, si è provveduto ad individuarne i risultati di maggiore valenza interpretativa, giungendo ad una sintesi che ha determina la costruzione di modelli strutturali, che, pur evitando la pericolosa deriva da "tumulto dei dettagli", contengono le informazioni veramente significative per i nostri scopi.

1. INQUADRAMENTO GENERALE

1.1 LOCALIZZAZIONE DELL'IMMOBILE

Il manufatto oggetto di studio è la Cattedrale monumentale di Sant'Angelo dei Lombardi, un edificio di epoca normanna, oggetto di importanti interventi di restauro e consolidamento nel corso dei secoli per i danni provocati dai frequenti fenomeni sismici che interessano da sempre l'area geografica. L'edificio è situato nel centro storico di Sant'Angelo dei Lombardi e con il suo imponente prospetto principale definisce una delle quinte di chiusura di Piazza Domenico Fischetti e fa da sfondo al Corso Vittorio Emanuele.

Geograficamente l'edificio si colloca su una collinetta, alla quota di 870 m s.l.m., con declivio diretto ad Ovest, alle seguenti coordinate geografiche, espresse in WGS84:

Latitudine: 40.92651458284291

Longitudine: 15.176518281764006

Da un punto di vista cartografico ricade all'interno del foglio n. …….. della Cartografia Tecnica Regionale della Campania alla scala 1:5.000

1.2 INQUADRAMENTO CATASTALE

La Cattedrale di Sant'Antonino è individuabile al Catasto Fabbricati al foglio n. 30, particella D, del Comune di Sant'Angelo dei Lombardi (AV) ed appartiene alla categoria catastale edilizia definita …….

1.3 DESCRIZIONE DELL'IMMOBILE

La chiesa di Sant'Antonino Martire (inquadrata dall'aerofotogrammetria riportata in Figura 3) è il duomo di Sant'Angelo dei Lombardi e cattedrale dell'arcidiocesi di Sant'Angelo dei Lombardi-Conza-Nusco-Bisaccia. La costruzione costituente il suo primo nucleo fu edificata in epoca normanna tra il 1073 ed il 1085. Nel corso dei secoli subì diversi rifacimenti e restauri causati soprattutto da frequenti terremoti, fino alla sua profonda trasformazione nel Cinquecento. Dopo il terremoto del 1980, la chiesa ha subito un ultimo restauro.

La Trabeazione che sovrasta il Portale è decorata al centro dalle statue di Cristo Risorto del XVI secolo; a destra e a sinistra invece rispettivamente da San Michele e Sant'Antonino del XII-XIII secolo. Presenta inoltre sulla sinistra una torre-campanile, parzialmente distrutta dal sisma dell'80 e successivamente ricostruita. I caratteri architettonici dell'attuale Cattedrale appartengono, nella loro varia collocazione tipologica e nello schema delle distribuzioni volumetriche, alla fine del XVI secolo. Il nuovo impianto planimetrico conserva la sua impostazione cinquecentesca, la pianta è a croce latina con tre navate delimitate con volte a botte e cappelle laterali. Numerose sono le opere che ancora oggi sono conservate all'interno: nell'abside si trova un Crocifisso ligneo di epoca rinascimentale proveniente dal Goleto; statue di santi risalenti al '700 (tra le quali quelle di Sant'Antonino e Sant'Antonio da Padova) nelle navate laterali; un monumento funebre si trova incassato nel muro, varcando l'ingresso in corrispondenza della navata di destra, eretto nel XVI secolo in memoria di Nicola Cecere. Ai piedi del sarcofago si apprezza una pietra tombale recante il nome di Michele Cecere, vescovo del XV secolo. Nella cripta, sorretta da archi a ogiva, sono conservati una statua lignea della Madonna delle Grazie e l'altare maggiore del Goleto. Altre statue del Settecento impreziosiscono le navate laterali dell'edificio: tra queste le statue dedicate a sant'Antonino, san Francesco di Paola, a Maria Immacolata (del 1762) e a santa Lucia. Tra le tele, le più significative sono quelle di Angelo Michele Ricciardi raffigurante la Madonna di Montevergine (del 1744), e di Domenico Antonio Vaccaro con la figura di Cristo redentore. Nella cripta vi sono le sepolture di alcuni vescovi dell'arcidiocesi.

Il sisma del 1980 provocò gravi danni alla struttura dell'edificio, tanto da mutilare la torre campanaria: originariamente a quattro piani, manca oggi l'ultimo, che esibiva un orologio inserito in una costruzione a mattoni. Dopo i lavori di ristrutturazione e consolidamento, la Cattedrale recuperata e restituita nel 1999 alla sua Sant'Angelo, richiede oggi interventi puntuali di consolidamento statico e interventi diffusi di risanamento conservativo.

1.4 REGIME VINCOLISTICO

1.4.1 VINCOLI URBANISTICI

Lo strumento urbanistico vigente sul territorio comunale di Sant'Angelo dei Lombardi è il Piano Regolatore Generale, all'interno di detto piano l'edificio rientra nell'Ambito Restauro.

1.4.2 VINCOLO CULTURALE E PAESAGGISTICO

Il fabbricato è vincolato ai sensi dell'art. 10, comma 1 del D. Lgs. 42/2004.

1.4.3VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Piano di Bacino ha valenza conoscitiva e di pianificazione programmatica, produce efficacia giuridica rispetto alla pianificazione di settore, ivi compresa quella urbanistica, ed ha carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni ed Enti Pubblici, nonché per i soggetti privati ai sensi dell'art. 17 della L. n. 183/89.
L'analisi della cartografia del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Campania, mostra chela Cattedrale di Sant'Angelo dei Lombardi è inclusa in aree a rischio e/o pericolosità idrogeologica …….

2. DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

2.1 ANALISI DELLA DOCUMENTAZIONE ESISTENTE

La conoscenza dell'edificio ha preso le mosse dallo studio di tutta la documentazione già esistente, sviluppata negli ultimi anni nel corso di studi, ricerche e distinti servizi di architettura e ingegneria, gentilmente resa disponibile dall'Arcidiocesi di Sant'Angelo dei Lombardi – Conza – Nusco - Bisaccia.
Per la conoscenza geometrica e materica dell'edificio vi erano, in parte, già a disposizione degli elaborati di rilievo che sono stati adottati per le valutazioni preliminari in fase di definizione del piano di indagini diagnostiche e successivamente confrontati con i rilievi realizzati con tecnologie avanzate, eseguiti nell'ambito del presente servizio.
L'individuazione delle tecnologie costruttive si è basata sulle informazioni presenti nei Report delle campagne di indagini diagnostiche svolte nel passato e sulla conoscenza delle tecniche costruttive locali.
Di seguito si riporta la tabella dei documenti consultati.

3. STUDI ED APPROFONDIMENTI PER LA CONOSCENZA DELL'EDIFICIO

3.1 ANALISI STORICO-CRITICA

L'evoluzione costruttiva della chiesa è scandita dagli eventi tellurici che ne hanno determinato danneggiamenti nel corso dei secoli. I terremoti, seppur non distruttivi, segnano comunque ogni volta una fase di rinnovamento della fabbrica. Ciò è dimostrato dalle discontinuità murarie, la sovrapposizione degli schemi, l'articolazione stessa delle strutture, nelle quali si riconosce una stratificazione che non sarebbe stata possibile se fossero mai avvenuti crolli totali.

Il periodo di prima fondazione di quello che doveva essere il nucleo originario della chiesa può essere circoscritto sulla base delle notizie relative alla storia geo-politica ed ecclesiastica del sito. Gli storici riconoscono concordemente l'esistenza di una vera e propria struttura ecclesiastica in epoca Normanna, tra il 1073 ed il 1085, quando la città risulta accreditata del titolo vescovile. Non sono state ritrovate fonti attraverso le quali ricostruire la geometria e la tipologia edilizia del primo impianto. La prima descrizione della "Cathedralis S.Antonino Martyri" la si rintraccia nella memoria dell'Italia Sacra dell'Ughelli e risale al 1646. Qui è riportato un resoconto sulla Diocesi di Sant'Angelo che inizia con una descrizione della cattedrale, probabilmente riferita ad un'epoca antecedente, in cui si parla di una struttura angusta.

La cattedrale che appare oggi è certamente un organismo diverso da quello descritto nella memoria: il primo nucleo subì certamente importanti danneggiamenti e trasformazioni, come dimostrano i vari scritti successivi agli eventi sismici che citano le condizioni della chiesa e testimoniano l'esistenza di vari cantieri di costruzione ed ammodernamento.

È del 1584 il documento che registra lo stato di indigenza sofferto dal vescovato per gli importanti lavori di costruzione presso la cattedrale, sicuramente resisi necessari a seguito del sisma del 1550.

I successivi eventi sismici citati nelle memorie e nei documenti del vescovato e rilevanti nella storia della cattedrale sono quelli del 1601, 1664, 1689, 1694, 1805, 1910 e del 1980.

In occasione del terremoto del 1910 si aprirono lesioni nelle prime due cappelle a destra, determinando propbabilmente quell'indebolimento che causerà il crollo a seguito del terremoto del 1980.

In assenza di documenti espliciti o grafici in grado di illustrare nel dettaglio l'evoluzione costruttiva della cattedrale, sulla base delle notizie che accompagnano i resoconti sugli eventi calamitosi citati è possibile solo individuare una probabile datazione delle varie parti della fabbrica che stiamo studiando.

La prima importante trasformazione della cattedrale si ha tra la fine del XV e l'inizio del XVI secolo, quando per porre rimedio ai danni causati dai numerosi eventi tellurici di questo secolo vengono apportate anche tutte quelle trasformazioni necessarie ad adattare le forme della chiesa ai dettami tridentini. In questa fase l'impianto di Sant'Antonino fu accresciuto ed in parte riqualificato, come dimostrano i caratteri

architettonici della facciata, che verrà ulteriormente ammodernata con l'inserimento di due nuove finestre ellittiche nei primi anni dell''800.

La Cattedrale di Sant'Angelo dei Lombardi è una delle testimonianze storico-artistiche più significative dell'Irpinia, è dedicata a Sant'Antonino Martire, fu edificata in epoca normanna tra il 1073 ed il 1085 ha subito numerosi rifacimenti e modifiche a causa dei tanti eventi sismici che si sono susseguiti sul territorio. Dopo il terremoto del 1550 si registra la ristrutturazione monumentale ed architettonica della facciata. L'impianto generale della facciata rimane quello cinquecentesco: la sua monumentale facciata "verticalizzata" è resa più imponente dalla pietra a faccia a vista opera di maestranze meridionali. Linee tipicamente cinquecentesche sono chiaramente visibili nella parte inferiore della facciata con il suo solenne portale. Rendono gradevole e mirabile le tre statue collocate nelle nicchie tutte in pietra locale:

1- Il Redentore coeva al rifacimento della facciata;

2- Il S. Michele Arcangelo, unica testimonianza normanno-svevo;

3- Il bel S. Antonino Martire, titolare della cattedrale.

Il campanile ingloba l'antica porta della città, dello stesso periodo del cinquecento è il portale esterno del campanile. Il portale di ingresso della cattedrale, in pietra, a tutto sesto, con due angeli scolpiti in alto è sormontato dall'architrave. L'architrave e il frontone concludono la facciata che è certamente di ispirazione tardo-barocca sec. XVIII.

La cattedrale santangiolese rimonta al sec. XI, epoca in cui la città fu elevata a sede vescovile sotto il pontificato di Gregorio VII (1073-1085).

Tra il 1560 e il 1630, la Cattedrale è oggetto di alcuni interventi che cambiano l'aspetto di "angustae structurae", l'impianto acquisisce un carattere affine alle architetture cinquecentesche campane le cui navate laterali fanno posto alla serie di cappelle dove sono trasferiti gli altari dedicati ai Santi che prima trovavano posto nelle cappelle laterali al coro. La luce veniva filtrata dalle finestrature laterali, successivamente occultate nell'impianto successivo per dar posto a nuove aperture. Nella zona del coro è già formata, accanto al cappellone, la vecchia sacrestia, mentre la torre rimane ancora isolata all'esterno. Le strutture parietali della navata centrale si configurano in forma semplificata, senza cioè l'ausilio dei contrafforti resi superflui dalla presenza dei muri continui delle cappelle laterali coperte da un tetto ligneo. La copertura dell'invaso centrale doveva effettuarsi con un semplice piano ligneo che occultava la vista delle capriate.

Dopo il terremoto del 26.7.1664, si presenta in barocco moderato così come da ricostruzione del vescovo Tommaso de Rosa. L' interno è a croce latina, con una navata centrale e due laterali: Grossi pilastri sormontati da archi dividono le navate. Nelle navate. Una sola cappella è collocata sulla sinistra. Nelle navate laterali 5 cupolette dividono 5 spazi in cui trovano posto gli altari. Il presbiterio è sopraelevato mediante gradini rispetto al pavimento. L' abside è coperta da volta: Decorazioni di stucco ornano tutto

l'interno. Sul lato sinistro è collocata la cattedra, mentre dietro l'altare maggiore vi era il coro ligneo settecentesco.

La serie di terremoti avvenuti tra il 1694 furono accorpate buona parte delle murature elevate nella zona centrale, con la cupola che si ipotizza realizzata nel XVI secolo, e la zona sud del transetto. Dopo il 1732 L'esigenza di dotare l'edificio di strutture murarie più sicure portò all'abolizione di finestrature nelle parti esterne, destinandole alla sola fascia del cleristorio. La costruzione delle murature della navata appaiono scollegate e indipendenti dai contrafforti corrispondenti ai muri che ripartiscono le otto cappelle.

Il sisma del 1980 provocò gravi danni alla struttura dell'edificio, tanto da mutilare la torre campanaria: originariamente a quattro piani che esibiva un orologio inserito in una costruzione a mattoni. Dopo i lavori di ristrutturazione e consolidamento, la Cattedrale recuperata e restituita nel 1999 alla sua Sant'Angelo, richiede oggi interventi puntuali di consolidamento statico e interventi diffusi di risanamento conservativo.

3.2 ANALISI TECNOLOGICA

La Cattedrale è un edificio in muratura portante, facciavista, caratterizzata da una certa complessità stratigrafica dovuta ai numerosi interventi e rimaneggiamenti seguiti agli eventi sismici.

Le strutture di fondazione sono costituite da muri continui, realizzati in pietrame e malta di calce, di spessore pari a circa 1,2 m ed approfondimento nel suolo fino a circa 2,8 m.

Le strutture murarie in elevato sono di diverso tipo e riflettono le tecniche e le capacità delle maestranze della fase costruttiva cui appartengono. Dai rilievi e dagli esiti delle indagini diagnostiche discende una possibile classificazione dei tipi individuati nelle 5 categorie che di seguito vengono descritte.

Muratura in pietra concia: si tratta di una muratura di pietra da taglio e ciottoli legati con malta. Il paramento esterno è di pietra squadrata, disposta a corsi regolari di differente altezza. Il paramento interno è costituito da ciottoli di diametro di circa 20 cm e più, spaccati e disposti con la sezione tagliata sulla fronte del muro, con i letti regolarizzati con elementi laterizi.

Muratura listata: si tratta di una muratura mista, in ciottoli, pietra da taglio e mattoni. Il paramento esterno è costituito da pietre squadrate frammiste a ciottoloni spezzati a metà e disposti con la faccia piana verso il fronte del muro. Le commessure sono rinzeppate da tegolozzo. A interassi di circa 80 cm la muratura è listata da 4 ricorsi di mattoni.

Muratura di ciottoli in malta: si tratta di una muratura realizzata esclusivamente dagli elementi dichiarati, ciottoli e malta. Entrambi i paramenti sono costituiti da ciottoloni di circa 20 cm di diametro, spaccati in due e disposti con la superficie piana sulla parte a vista del muro. I letti di posa sono regolarizzati a luoghi con pezzi di laterizio (tegolozzo), mentre i cantonali sono irrobustiti con pietra da taglio.

Muratura in mattoni: realizzata semplicemente in mattoni e letti di malta, è il tipo con cui sono stati realizzati i pilastri della navata centrale, le lesene addossate alle pareti laterali, gli archi che collegano i pilastri ed i contrafforti esterni. I mattoni usati sono del tipo che il Donghi definisce "mattoni di Salerno",

con dimensioni pari a 13x26x4 cm. Sono anche presenti mattoni di dimensione multipla: 26z39x4 cm, frequentemente posizionati negli archi e nei peducci delle volte.

Gli orizzontamenti sono costituiti quasi esclusivamente da strutture voltate di varia geometria e dimensione. Le volte lunettate poste a copertura della navata centrale sono del tipo …. e realizzate in mattoni ad una sola testa, secondo la tecnica denominata "in folio".

Lungo le navate laterali vi è una sequenza di cupole realizzate …..

Le strutture di copertura ….

Provvedimenti sismici, catene contrafforti in laterizio

3.3 RILIEVO DEL DEGRADO E DEI DISSESTI

Come ben sa chi pratica i tortuosi sentieri del Restauro, e in particolare quelli del Restauro Strutturale, vi sono almeno tre problematiche che, in maniera ineluttabile, devono essere fronteggiate da parte di chi è chiamato a misurarsi con questa attività. Queste, con pari importanza, sono le seguenti:

- il manifestarsi dei fenomeni di degrado;
- l'avanzamento delle conoscenze scientifiche;
- l'adeguamento normativo.

La Cattedrale di Sant'Angelo dei Lombardi, come in precedenza già indicato, è stata oggetto di un forte danneggiamento a seguito del sisma del 1980, con perdite di pilastrate, di ampie porzioni di volte e copertura, innesco di ribaltamento di intere pannellature murarie e quant'altro. Gli importanti lavori di consolidamento e restauro effettuati risalgono ad oltre trent'anni orsono e riflettono lo stato della conoscenza di quel finire del millennio scorso.

All'attualità, sicuramente la lenta azione degradante del tempo ha avuto maggiore incidenza nelle travate della copertura che, non patologicamente, ma diremmo "fisiologicamente", vedono corrompersi le iniziali capacità portanti.

Ma non c'è solo questo aspetto significativo, in quanto, l'ingiuria del tempo si accanisce, in via prioritaria, sulle altre parti meno durabili della costruzione muraria, essenzialmente edificata in pietrame lapideo.

Ci si riferisce alle malte che, in questo caso ed inevitabilmente, sono abbondantemente presenti a causa della forma arrotondata degli elementi lapidei.

Ancor di più, si può evidenziare la vetustà delle conoscenze disponibili nella fase di progettazione del Restauro Giuffrè degli anni '80 del secolo scorso, quando si registrava la totale assenza che dalla seconda metà degli scorsi anni 90, delle prove non distruttive.

Queste costituiscono notevole e quasi imprescindibile ausilio durante le operazioni di ottimizzazione progettuale. Ad esempio, nella progettazione in corso, i dati forniti dalla campagna prove, sono risultati

dirimenti per le scelte di consolidamento e miglioramento sismico, con particolare riferimento ai dati avuti dalle prove con martinetti piatti doppi, che hanno svelato una non prevedibile debolezza strutturale delle pannellature investigate.

Valore, questo, che ci ha sorpreso, ma che non poteva essere intuibile neanche da personalità di valore come quella di Antonino Giuffrè, condizionandone così le scelte progettuali.

Concludendo la presente disamina, comunque effettuata per sommi capi, risulta utile affrontare il tema degli aggiornamenti normativi, in tema di miglioramento sismico. Ciò nei confronti sia delle disposizioni generali contenute nelle vigenti normative del MIT, editate nel 2018, che di quelle promulgate dal MIBAC nel 2011, di concerto con il MIT.

Entrambi questi dispositivi legislativi riflettono un'impostazione antisismica totalmente diversa da quella vigente negli scorsi anni '80. In quanto, sia le metodologie di analisi delle sollecitazioni che l'approccio alla valutazione delle resistenze sono totalmente diverse, con notevoli aggravi delle azioni da contemplare in fase progettuale. Pertanto v'è necessità ed obbligo di porre riparo all' attuale stato di cose.

3.4 PIANO DELLE INDAGINI DIAGNOSTICHE

Da alcuni decenni, lo sviluppo delle tecnologie connesse con le attrezzature utili per rilevare alcuni importanti parametri di resistenza che caratterizzano gli antichi manufatti edilizi, costituisce un sicuro avanzamento nel sempre auspicato progresso della "conoscenza" del singolo manufatto. Sia che esso afferisca al sistema fondale che a quello murario. E ancor di più si riesce ad investigare per gli orizzontamenti, siano essi voltati o rettilinei. Così come, anche per le coperture, si può arrivare a decifrarne i degradi, le essenze costitutive e morfologiche.

Di tutta questa strumentazione chi ha eseguito la progettazione negli anni '80 del secolo scorso, non ne aveva disponibilità, ed ha operato secondo le tecnologie investigative dell'epoca.

Noi invece, in questa sede, siamo nella possibilità di usufruire dei supporti tecnologici innanzi tratteggiati e lo abbiamo fatto in maniera ponderata, in funzione delle necessità di investigazione dei vari comparti edilizi che, una volta assemblati tra loro, costituiscono la fabbrica in argomento.

In tal modo, la progettazione della campagna d'indagine, è partita dalla necessità di investigare la morfologia e le caratteristiche di resistenza, che definiremo "standard", degli elementi murari. Da qui le prove endoscopiche e quelle dei martinetti piatti, di tipo singolo e doppio, che opportunamente localizzate in pianta, ci hanno consentito di disvelare le regole costitutive dell'apparecchio murario. Questo, all'esito delle prove, è risultato a due paramenti, poco efficacemente interconnessi tra loro, mentre le risultanze dei martinetti piatti hanno indicato che la capacità portante non è in linea con quella media indicata dalla normativa vigente per murature similari. Infatti, le resistenze ottenute risultano marcatamente inferiori a quelle indicate in sede legislativa.

Ed ancora, la possibilità di accedere, in sicurezza, al sottotetto ha consentito di progettare una campagna resistografica rivolta a valutare il degrado dei legni, che nella loro totalità costituiscono la copertura, sia come armatura principale che secondaria. Ebbene, in questo caso si è registrata una riduzione molto contenuta delle sezioni resistente, il che rappresenta un dato rilevante per il successivo orientamento progettuale.

Le fondazioni pure sono state investigate con l'ausilio delle tecnologie che possiamo definire del microcarotaggio, fornendo utili dati conoscitivi. Sebbene la geometria del sistema investigato non ha consentito complete acquisizioni, ma comunque idonee per i nostri scopi.

Infine sebbene non si siano fatte prove dirette sule volte di sottotetto, queste, sotto il profilo geometrico e di apparecchio, ad una testa, sono ben note, in quanto oggetto di apposite sperimentazioni, al vero in scala reale.

Le cui risultanza sono consegnate nell'ambito della letteratura tecnica di settore.

In definitiva le risultanze della campagna di prove non distruttive, condotta dal laboratorio di prove ISTEMI- con sede in Mercato San Severino (SA), hanno fornito preziose indicazioni e orientamenti per lo sviluppo della progettazione strutturale di cui trattasi

Aspetti geologici.

Mentre nel campo delle PnD, innanzi illustrate, v'è possibilità di poterle dispiegare secondo un ampio "range" operativo che consente di poterne ottimizzare gli impieghi ed i risultati, nell'ambito delle problematiche afferente la geologia del sito lo spettro attuativo è molto più limitato.

Ciò deriva dalle condizioni normative, che in maniera molto più ristretta e cogente indicano i valori indispensabili da acquisire, sia sotto il fronte delle informazioni puramente geologico-geotecniche, che sotto quello afferenti la valutazione delle velocità delle onde sismiche.

Ed è in questa ottica che si sono svlluppate le attività indicate e che sono rassegnate in appositi elaborati

3.5 ANALISI DELLA VULNERABILITÀ

Livello di valutazione della sicurezza sismica (§5.3 Circ. 02.12.2010 MIBACT).

Come meglio specificato nell'apposito paragrafo ,è' stato eseguito quindi un livello della valutazione della sicurezza sismica LV3, come definitio dal punto 5.3.3 della Circolare annessa alle NTC 2018, questo livello di valutazione considera la sicurezza sismica della costruzione nel suo complesso, ovvero l'accelerazione del suolo che porta allo stato limite ultimo la costruzione, considerando le singole sue parti significative (macroelementi) soggette a meccanismi di collasso,a partire da quelli previsti ed indicati nell'allegato C delle già citata Circolare.

La verifica complessiva della risposta sismica del manufatto si è determinato mediante la scomposizione della struttura in parti (macroelementi) ed eseguita con gli stessi metodi utilizzati al livello LV2, operando sistematicamente su ciascun elemento della costruzione.

4. PROGETTO DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

4.1 CRITERIO INFORMATORE

L'approccio ad una problematica onerosa, come quella della verifica di vulnerabilità sismica e progettazione strutturale esecutiva sismica di un edificio murario avente una grossa valenza architettonica, come è quello in esame, nel panorama dell'attuale stato dell'arte ha due possibili soluzioni.

La prima, che persegue vie allineate con la teoria dell'elasticità, messa a punto nella seconda metà del XIX secolo, ragionevolmente utilizzata per l'analisi dei manufatti in ferro ed in cemento armato, poi negli ultimi decenni forzatamente adottata anche per le strutture murarie.

Tali modelli di calcolo presuppongono l'esistenza e la conseguente individuazione per dette strutture, di moduli elastici tangenziali e assiali, presenza o realizzazione d'impalcati rigidi e di quant'altro necessario per utilizzare i codici di calcolo modellati secondo la teoria del De Saint Venant.

Ciò, ha come coerente conseguenza la necessità di effettuare interventi di consolidamento che attuino le già indicate ipotesi che sono alla base della meccanica del continuo e che hanno determinato, nel settore del consolidamento negli ultimi cinquant'anni, infinite applicazioni di cementazioni armate, apposizione di rete elettrosaldata, micropalificazioni etc.. Tutto nel segno dell'irreversibilità dei lavori, dell'estraneità delle tecniche d'intervento con l'originaria matrice costitutiva dei fabbricati e quant'altro è agli antipodi con i principi di restauro, anche strutturale, così come indicato dalla carta di Atene e successive.

La seconda possibilità d'intervento, nell'approccio con le strutture murarie, scaturisce invece dalle esperienze condotte soprattutto in Irpinia nei lavori del post-terremoto del 1980, ulteriormente verificate durante gli eventi che hanno interessato le regioni Umbria-Marche nel 1997 e che hanno introdotto nell'ambito del consolidamento gli interventi oramai noti in letteratura, come "soft" a confronto dei precedenti conosciuti come "hard".

In particolare, ci si riferisce agli studi condotti in primis dal prof. A. Giuffrè dell'Università di Roma, proprio per il consolidamento della Cattedrale di S. Angelo dei Lombardi (AV).

Tale opera è stata la capostipite di numerose altre elaborazioni teoriche e realizzative, di una teoria del restauro ed adeguamento antisismico degli edifici in muratura che affronta l'analisi strutturale prescindendo dalla teoria dell'elasticità, dalla ripartizione dei carichi inerziali, in funzione della rigidità flesso-taglianti dei setti resistenti etc.

Infatti il principale criterio informatore, alla base di tale elaborazione teorica, deriva dall'esigenza di conservazione del patrimonio edilizio storico, considerato come "unicum", non conosce gerarchia di valori e che impone l'attuazione di interventi diretti a garantire la sicurezza sismica degli edifici esistenti nei centri urbani, finalizzati a mantenerne, per quanto possibile, la "natura originale" della fabbrica.

Che tale esigenza possa essere ragionevolmente soddisfatta è stato ampiamente discusso e dimostrato nella più recente ed autorevole bibliografia di settore.

Essa deriva anche dalla constatazione, invariabilmente riportata da tutti i tecnici che hanno effettuato visite nei luoghi colpiti da eventi sismici o da dissesti di altra natura, che negli edifici murari, soggetti a sisma o quant'altro, si evidenziavano soprattutto inidoneità e/o difetti costruttivi, a volte ben celati.

Mentre spesso risultavano affetti da danni minori, quelli ben costruiti nei confronti dell'intensità sismica dei luoghi.

Infatti, mentre le moderne costruzioni vengono erette con criteri di proporzionamento fondate su accreditate teorie meccaniche, la costruzione muraria storica ha formulato le sue regole per mezzo di un'attività "sperimentale" per condotta, in scala e tempo reale, per svariati secoli, con un progressivo affinamento delle tecniche costruttive.

La cultura costruttiva storica, quindi, quando ben applicata, non solo aveva regolamentato i dettagli costruttivi di ogni elemento dell'edificio, ma la sua stessa forma complessiva, la sua configurazione strutturale.

Dai muri ai tetti, dalla casa alla basilica, dai chiostri ai campanili, tutto era codificato sui risultati di osservazioni, che se ben declinate, non mancavano di cogliere e risolvere ogni problema particolare. Ne segue che qualsiasi analisi dei problemi statici delle opere di architettura non può prescindere dalla completa consapevolezza della loro materia; e questa non può essere conseguita che attraverso l'esame puntuale della realtà costruita.

Pertanto, se si sa riconoscere l'edificio ben costruito, si è in grado di distinguere ciò che è sicuro da ciò che non lo è. Poi l'analisi degli elementi strutturali e delle reciproche connessioni porta direttamente alla valutazione del comportamento d'assieme.

Sulla scorta di tali assunti teorici s'è operato nel caso in esame che si riferisce alla Cattedrale di Sant'Angelo dei Lombardi (AV). Nello specifico, le murature oggetto d'indagine visiva sono risultate pressoché totalmente in pietrame erratico, con spigoli arrotondati, con la sola esclusione di parte di una pannellatura, della navata laterale destra, contraffortata, realizzata in laterizio, a seguito della sua ricomposizione, avvenuta nell'ambito dei lavori di consolidamento post sisma del 1980.

Gli orizzontamenti vedono la prevalente presenza di eleganti sistemi di volte e di archi, mentre la copertura è tutta lignea, con dorsali in eleganti capriate palladiane.

La "fabbrica", pur con tutte le alterazioni subite, conserva quindi le caratteristiche e le prerogative proprie dell'edilizia storica monumentale. Pertanto, è con questa sua peculiarità che i nostri provvedimenti,

tesi al consolidamento ed al miglioramento sismico dell'edificio di culto, si sono misurati.

È nell'ambito di questo suo lessico costruttivo che si sono trovai i rimedi ai difetti, nonché le risorse indispensabili per aumentare il livello di fruizione sicura, della "fabbrica".

Ne segue che, per i meccanismi di collasso di secondo modo, (nel senso di seguito indicato), si può ipotizzare un "coefficiente di struttura" a volte anche superiore a quello messo in conto per le strutture di cemento armato. Naturalmente i meccanismi di "secondo modo" presentano resistenze diverse a seconda che le pannellature murarie parallele all'azione sismica siano più o meno numerose e che ciascuno di esse sia più o meno indebolita dalla presenza di eventuali aperture.

Tali meccanismi saranno quindi innescati da intensità sismiche diverse, ma tutti, con la suddetta condizione sulla qualità del muro, così come migliorato - presentano un livello di duttilità che tende ad evitare il collasso.

In ogni caso, nelle calcolazioni rassegnate negli appositi elaborati, la teoria numerica applicata è quella dell'analisi limite.

Di seguito, con apposita tabellazione, vengono illustrati i risultati conseguiti con le elaborazioni strutturali, sviluppate con l'ausilio di programma di calcolo …regolarmente licenziato e ciò sia per le condizioni di sollecitazione statiche, che dinamiche…

A questo punto appare utile segnalare che planimetricamente la nostra Cattedrale, ha forma a croce latina, a cui sono annesse delle cappelle laterali sulla sinistra, mentre sulla destra vi sono uffici parrocchiali. Ciò che però, in maniera significativa, "turba" la regolarità morfologica della nostra fabbrica è il campanile che, sempre destra, e nella parte terminale, vi è addossato e intrinsecamente connesso.

Inoltre i provvedimenti di Restauro Architettonico, resesi necessari a causa dell'attuazione di quelli strutturali, saranno opportunamente descritti e relazionati

4.2 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

All'esito di tutte le attività innanzi descritte e propedeutiche ad una progettazione di un restauro strutturale pienamente consapevole delle esigenze sia della Sicurezza sia della Conservazione, di seguito verranno descritti i principali provvedimenti tecnici che consentiranno il pieno rispetto di tali prerogative. Ciò, nel pieno convincimento che Sicurezza è Conservazione, ma parimenti una corretta conservazione è parametro imprescindibile nel campo dei Beni Culturali.

4.2.1 RINFORZO DELLE MURATURE

La prima considerazione da farsi riguarda l'analisi delle murature. Queste, con esclusione della pannellatura di perimetro della navata laterale destra, realizzata in parte in laterizio leggermente contraffortata, sono prevalentemente del tipo a faccia vista, in pietrame, con elementi dagli spigoli arrotondati, posti essenzialmente su due paramenti con connessioni reciproche di tipo variabile.

Anche in funzione degli elaborati di calcolo appositamente sviluppati nell'ambito delle vigenti normative di settore, NTC2018 e Linee Guide per la Salvaguardia del Patrimonio (11/02/2009), si giunge alla conclusione che è necessario provvedere ad un consolidamento e miglioramento sismico di tali parti strutturali. In considerazione delle peculiarità architettoniche che esistono negli interni della Cattedrale, gli interventi si limiteranno all'apposizione del sistema di rinforzo, a totale scomparsa, denominato Reticulatus. L'intervento verrà realizzato operando solo lungo il paramento esterno delle murature, con le necessarie connessioni in parte della sezione muraria. Sostanzialmente non vi sarà alcuna alterazione dei paramenti esterni, con la sola esclusione di ancoraggi di tipo puntuale (1 ogni 1,50mt), che si effettueranno all'altezza delle cornici, per effettuare un particolare rinforzo murario proprio alla quota immediatamente sottostante le finestrature. Esse, infatti, determinano, con le loro bucature, un vulnus strutturale che in tal modo viene mitigato.

Come già indicato, la tecnologia Reticolatus è a totale scomparsa in quanto la inderogabile e necessaria stilatura dei giunti murari la coprirà interamente.

4.2.2 CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE VOLTATE

Per quanto concerne le strutture voltate, con specifico riferimento a quelle di copertura degli ambienti della Cattedrale, dalle verifiche effettuate, e considerando che si tratta per lo più di membrature realizzate solo ad una testa di mattoni, esse risultano caratterizzate da certo grado di vulnerabilità. Gli attuali input sismici, infatti, sono molto più alti di quelli vigenti all'epoca del progetto Giuffré e rendono necessario un intervento di miglioramento. Ciò avverrà impiegando una tecnica completamente in linea con quelle già in sito, che consiste nell'apportare un altro strato di laterizio, agevolmente posto in opera all'estradosso delle strutture esistenti, incrementando lo spessore in sezione dell'elemento strutturale.

La tecnica qui proposta rappresenta un'evoluzione di una tecnica muraria tradizionale di origine catalana denominata "TABICADA". Tale tecnica di rinforzo è stata riattualizzata dal prof. A. Borri dell'Università di Perugia, che ha svolto una accurata ed estesa campagna di indagini sperimentali, adattandola alla tipologia costruttiva delle volte in folio diffuse in maniera estesa nel costruito aquilano.

La tecnica proposta consiste nella sovrapposizione dall'estradosso di ulteriori strati (uno o due) di mattoni delle stesse caratteristiche reologiche e dimensionali di quelli in sito, con GIUNTI SFALSATI NELLE DUE DIREZIONI ed interponendo fra gli strati una rete in GFRP immersa in una matrice di malta idraulica.

Le prove sperimentali, presentate in occasione del congegno ANIDIS 2013, hanno evidenziato ottime prestazioni derivanti dalla collaborazione fra esistente e rinforzo.
L'obiettivo dell'intervento proposto, è quello di inserire elementi di rinforzo efficaci in condizioni di carico eccezionali quali un evento sismico, senza alterare l'assetto statico originario, anche preservando la struttura esistente all'intradosso, caratteristica fondamentale in presenza di apparati decorativi come puo' facilmente accadere in un edificio storico monumentale come quello in esame.

Un diverso intervento è previsto per le strutture che coprono le navate laterali, elementi sui quali si concentrano i quadri fessurativi conseguenti agli eventi simici che da sempre si sono abbattuti sugli edifici ecclesiastici con tipologie a tre navate, come quella in esame. Nel nostro caso, le cupole, realizzate in pietrame, sono risultate spesso tranciate diagonalmente rispetto all'asse mediano della superficie voltata. Esiste quindi la necessità di prevenire adeguatamente tale meccanismo di danno, apponendo, sempre all'estradosso, un cerchiaggio, collocato all'imposta di dette cupolette, che ne prevenga la dilatazione. Ciò avverrà anche grazie all'inserimento di una bietta che, diagonalmente, sempre all'estradosso, si opporrà al verificarsi della manifestazione di danno già indicato. Il tutto si effettuerà al di sopra delle superfici rifinite, senza la necessità di lavorare all'interno della Cattedrale

4.2.3 INSERIMENTO DI TIRANTI

Il tema dell'inserimento di incatenamenti all'interno delle strutture murarie storiche è argomento che da svariati secoli interessa la comunità scientifica e operativa di settore. In estrema sintesi si può affermare che trattasi di un provvedimento sicuramente efficace, già largamente applicato dal prof. Giuffré nel 1986 nella sua elaborazione del progetto originario di consolidamento della Cattedrale. Tuttavia sia in funzione delle sollecitazioni di calcolo, sia in ragione della morfologia costruttiva delle murature, in questa sede è risultato utile procedere a piccole e locali aggiunte di tiranti antiribaltamento. Questi sono rivolti quindi ad opporsi ai meccanismi di danneggiamento di "secondo modo", così come definiti sia delle normative che nella letteratura tecnica antisismica. Dai grafici si potranno evincere facilmente le localizzazioni in argomento, relative alle pannellature abside-facciata, a totale scomparsa visiva.

Stesso scopo avranno dei rafforzamenti similari e sempre a scomparsa che incrementeranno da connessione dei barbacani con la pannellatura a loro ortogonale.

4.2.4 CONSOLIDAMENTO DELLE CAPRIATE

In precedenza s'è avuto modo accennare che l'attuale quadro normativo prevede azioni sismiche molto maggiori di quelle contemplate negli anni 80. Ciò ha un riverbero anche sulle capriate di copertura, che risultano deficitarie, nei puntoni, per condizioni statiche.

In ragione della seppur minima riduzione di sezione, registrata dalle prove condotte. Pertanto per ovviare a tale stato di cose si sono progettate dei semplici cerchiaggi di tipo puntuale, da apporsi sui puntoni, al fine di aumentarne la "tenuta" a compressione.

4.2.5 CROCi DI SANT'ANDREA

Che si debba e si possa rinunciare a rendere "rigido nel proprio piano" la sommità di un impalcato delle aule liturgiche che compongono una Chiesa o una Cattedrale (come nel nostro caso). è argomento che ha trovato legittimità nella comunità scientifica internazionale, proprio a partire dal più volte citato progetto Giuffrè. Tant'è che sui "nostri" luoghi non si ritrova nessuna protesi teconologica, completa o iniziale, che tende a irrigidire alcunchè.

Tuttavia questa scelta era del tutto condivisibile nell'ottica di oltre 40 anni fa, quando le informazioni circa le accelerazioni indotte dal terremoto di progetto (dell'epoca), non conoscevano le declinazioni e le articolazioni di oggi, non solo disponibili, ma anche rigorosamente previste dalle normative.

Pertanto, nella nostra progettazione si è comunque seguito l'indirizzo alla Giuffrè, che è poi contenuto anche nella legislazione tecnica di settore, semplicemente adeguando al cogente parametro sollecitativo la "portanza "del tavolato di falda. Esso, infatti, pur rimanendo in sede, viene a luoghi affiancato da un semplice incrocio ligneo con correnti a forma di croce di S. Andrea, garantendo così la trasmissione degli sforzi sismici alle membrature murarie.

4.2.6 RINFORZO CAMPANILE

La torre campanaria è elemento strutturale, interconnesso in maniera indissolubile con la macchina resistente della Cattedrale, tanto è il livello di appartenenza dell'uno all'altro e viceversa. Così che, quando, nel 2016, sono stati effettuati lavori di ricomposizione dell'ultimo livello del campanile, le calcolazioni effettuate da componenti del presente RTP vennero svolte contemperando le mutue interazioni.

Da qui discende che, anche nel presente caso, lo sviluppo calcolativo è avvenuto secondo un comune regime di geometrie, di masse, di inerzie.

I risultati di tali molteplici elaborazioni hanno mostrato, in ragione degli attuali input sismici, la necessità di dover rafforzare, in maniera puntuale, la muratura del solo piano terra. Ciò avverrà mediante la semplice apposizione, a totale scomparsa, del sistema reticolatus, che sarà sufficiente a ripristinare i regimi sollecitativi previsti dalla normativa.

4.3 ESITI DELLE VERIFICHE ALLO STATO DI PROGETTO

Metodi di Analisi (§5.2 Circ. 02.12.2010 MIBACT).

Attesa la variegata complessità delle componenti strutturali della "Cattedrale", per ognuna di queste s'è percorso , in maniera rigorosa , il ciclo di calcolo numerico , per giungere alla determinazione dell'efficacia degli interventi di progetto. Di seguito in maniera esemplificativa si riporta il criterio seguito per uno dei componenti innanzi citati.

Ove eseguite le verifiche per azioni controllate dall'uomo e considerate le caratteristiche del complesso monumentale in oggetto, ossia assenza di piani rigidi, si è proceduto ad una valutazione complessiva distinta per diversi meccanismi a partire da quelli di cui all'Allegato C delle Linee Guida e utilizzando l'analisi limite (analisi cinematica lineare) come da indicazioni cui al punto 5.2.2 della circolare, tale applicazione consiste nel calcolo del moltiplicatore orizzontale dei carichi che attiva il meccanismo di collasso e nella valutazione della corrispondente azione sismica. Per la verifica allo SLV, tale azione viene confrontata con quella di riferimento, ridotta attraverso un opportuno fattore di struttura.

La sussistenza dei proessupposti fisici per l'analisi limite per macroelementi che è posta alla base delle verifica dei meccansimi locali è confemata grazie alla verifica degli elementi murari rispetto alle sollecitazioni di pressoflessione ortogonale che è rassegnata in apposito elaborato di calcolo (RC.02a).

Inoltre si è eseguita una analisi statica non lineare con riferimento a sottostrutture presenti nell'ambito dello scheletrato strutturale, specificatamente si fa riferimento al sottosistema 1: facciata posteriore, elemento che dalle ricostruzioni storiche eseguite ha subito importanti danneggiamenti e quindi oggetto di riparazione.

Le eleborazioni eseguite sono restituite nei seguenti elaborati di calcolo:

RC.01	Relazione di calcolo – Stato di fatto – Analisi statica
RC.02	Relazione di calcolo – Stato di fatto – Analisi cinematica lineare – verifica meccanismi locali
RC.02a	Relazione di calcolo - Stato di fatto – Analisi dinamica modale – verifiche a pressoflessione ortogonale
RC.03	Relazione di calcolo - Stato di fatto - sottosistema strutturale 1 - analisi statica non lineare
RC.04	Relazione di calcolo - Stato di progetto - analisi statica
RC.05	Relazione di calcolo – Stato di progetto – Analisi cinematica lineare – verifica meccanismi locali
RC.06	Relazione di calcolo - Stato di progetto - sottosistema strutturale 1 - analisi statica non lineare
RC.07	Relazione di calcolo volta navata
RC.08	Relazione di calcolo sistema copertura

5. CONCLUSIONI

La complessa elaborazione dei dati, pervenuti delle ispezioni e delle analisi geometriche, storiche, architettoniche, strutturali e sismiche, ha portato alla definizione delle scelte di consolidamento statico e miglioramento sismico che vengono illustrate nel presente lavoro progettuale.

Ciò, in piena osservanza delle norme relative al vigente livello legislativo afferente al Piano di Fattibilità Tecnico Economica, così come definito dall'incarico professionale conferito allo scrivente RTP.

Come di solito accade in tali contesti lavorativi, le azioni che i responsabili della progettazione pongono in essere, non scaturiscono solo dalla semplice sommatoria delle informazioni che si riescono a rilevare sul monumento in analisi e dal contesto geomorfologico ove è inserto, bensì l'intrecciarsi dei vari dati produce un significativo ed utile effetto moltiplicatore del sapere sull'edificato storico oggetto di attenzione. E questo è quanto, sicuramente, s'è cercato di porre in essere.

A ciò deve aggiungersi una particolare specificità, propria della Cattedrale di Sant'Angelo dei Lombardi: ci si riferisce al fatto che essa, a metà degli anni '80 del secolo scorso, è stata oggetto di un Restauro Strutturale realizzato dal Prof. Ing. Antonino Giuffrè, che è risultato innovativo, più rispettoso del monumento e soprattutto è diventato celebre a livello internazionale, nell'ambito dei tecnici di settore.

È ben noto che nel Restauro Strutturale monumentale non esistono gerarchie di valori, quindi, nel nostro caso, oltre al monumento c'è di più. C'è il prototipo di una nuova procedura architettonico-ingegneristica, così come Villa Savoye lo è stata per il pensiero di Le Corbusier.

E quindi la Cattedrale di Sant' Angelo è anche portatrice di tale ultimo rilevantissimo valore, che, come gli altri, ha guidato gli scriventi nel porre in essere interventi progettuali che siano direttamente relazionabili con il Criterio Informatore che ha guidato l'intervento di Giuffrè, e che noi abbiamo cercato di reinterpretare. In maniera dovutamente rispettosa dei luoghi e delle non piccole "differenze intellettuali".

Pertanto, se si avuta occasione di ben valutare il portato culturale di quanto precedentemente indicato nel presente capitolo conclusivo, risulterà del tutto naturale rilevare che le opere di consolidamento strutturale e miglioramento sismico individuate discendono da tecniche o antiche o opportunamente tarate per le strutture murarie, per lo più storiche. E comunque sono sempre caratterizzate dalla reversibilità degli interventi.

Questi interesseranno, a piano terra, anche il campanile, con il "reticolatus", che ristilerà i giunti di malta presenti nelle pannellature murarie, in pietra sbozzata, tipica de quelle contrade.

Mentre, a luoghi, la mancanza di collegamenti trasversali tra i paramenti murari viene migliorata, inserendo dei diatonos, che determinano una migliore portanza sismica per i meccanismi di danno del II ordine.

Le coperture lignee sono state tutte analizzate e semplicemente rinforzate nei puntoni, con minimali collarini che hanno funzioni di cerchiaggio.

Poco altro è stato previsto, e poco altro è necessario realizzare sotto il profilo del restauro storico-architettonico, con attività sempre direttamente connesse alle operazioni di miglioramento sismico.

Per quanto riguarda gli aspetti economici, attesa la loro complessità si rimanda agli appositi elaborati di settore contenuti nella presente progettazione.