

**LO STUDIO SECONDO LA PROCEDURA
“PERCORSO DELLA CONOSCENZA”
FINALIZZATO ALL’ANALISI DELLA
VULNERABILITA’ SISMICA**

Il caso del Museo Diego Aragona Pignatelli Cortes a Napoli



Politecnico di Milano
Scuola di architettura e società

Master Degree in Architecture

Relatore: Giuliana Cardani

Correlatori: Maria Adelaide Vittoria Parisi

Lorenzo Cantini

Studente: Enrico Curini, matricola 781624

Anno Accademico: 2014/2015

Indice

Abstract	6
-----------------------	---

Introduzione	8
---------------------------	---

Capitolo 1:

L'architettura italiana e i terremoti: la situazione attuale delle tecniche di conservazione degli edifici storici.

Il progetto ministeriale per “La verifica della sicurezza sismica dei musei statali”

1.1 La storia sismica italiana: il meridione e le Leggi Borboniche	17
1.2 Rassegna dei più recenti standards introdotti per la protezione dei beni culturali	26
1.3 Codici e linee guida	30
1.4 Il progetto “La verifica della sicurezza sismica dei Musei Statali”	44

Capitolo 2:

Descrizione del caso studio: il Museo Diego Aragona Pignatelli Cortes

2.1 Descrizione dell'edificio e del parco	49
2.2 Organizzazione funzionale del museo	56
2.3 L'evoluzione del complesso architettonico dal diciannovesimo secolo a oggi	75

Capitolo 3:

Stato di conservazione di Villa Pignatelli

3.1 Il rilievo geometrico dei differenti livelli del complesso	127
3.2 Rilievo materico e del degrado	145
3.3 Definizione delle principali strutture portanti: le condizioni delle volte e degli archi	180
3.4 Rilievo e analisi del quadro fessurativo	204
3.5 Mappa degli impianti	253

Capitolo 4:

L'uso delle prove diagnostiche per una conoscenza approfondita delle proprietà degli edifici storici

4.1 Descrizione del progetto diagnostico	263
4.2 Rassegna dei metodi di prova proposti per lo studio della Villa	276
4.3 Risultati ottenuti al piano seminterrato	283
4.4 Risultati ottenuti al piano rialzato	339

Capitolo 5:

Valutazione della vulnerabilità delle strutture oggetto di studio

5.1 Analisi strutturale dell'edificio	367
5.2 Interpretazione dell'edificio	370
5.3 Parametrizzazione delle informazioni utili all'analisi strutturale LV1	389
5.4 Parametrizzazione delle informazioni utili all'analisi strutturale LV2	395
5.5 Parametrizzazione delle informazioni utili all'analisi strutturale LV3	398

Conclusioni	403
--------------------------	-----

Bibliografia/ Sitografia	407
---------------------------------------	-----

Abstract

(it)

La tesi affronta un tema molto attuale nel panorama delle strategie per la conservazione dei beni architettonici: quello della valutazione sismica di un edificio storico. Partendo dalle ricerche scientifiche e dalle evoluzioni legislative degli ultimi anni, l'obiettivo è quello di illustrare i metodi applicativi delle Linee guida del 2010, sviluppate a partire dalle Norme Tecniche del 2008 e dalla Circolare 617 del 2009; quest'ultime costituiscono il modello di indagine e verifica sismica di riferimento al tempo della redazione di questo documento per quanto riguarda le costruzioni esistenti di valore artistico e storico. In particolare ci si concentrerà sul cosiddetto "Percorso della conoscenza", che nella suddetta normativa rappresenta l'insieme di quegli studi e approfondimenti necessari per pervenire ad una conoscenza del manufatto sufficiente alla successiva fase di valutazione.

Il punto di partenza di questa esposizione è il progetto di verifica sismica, svolto dal Politecnico di Milano e commissionato dal MiBACT, avente come oggetto il museo Diego Aragona Pignatelli Cortes a Napoli. Concentrandosi soprattutto sulla fase investigativa e diagnostica, alle quali l'autore ha preso personalmente parte, la tesi ripercorre tutti i passi di questo studio riportando documenti storici, fotografie, elaborati grafici e schede riassuntive relative alle prove in situ, prodotti nel corso di un anno di collaborazione tra i diversi attori del progetto.

Illustrando anche l'effettivo apporto alla parte finale di analisi strutturale, questo documento vuole infine offrire un giudizio sul valore e l'efficacia di una metodologia di lavoro per certi aspetti ancora in fase di calibrazione, sperando di suscitare nuovi spunti di riflessione utili ad un suo eventuale sviluppo.

Abstract

(en)

The thesis faces a very living matter in the wide range of the strategies for the architectural heritage's preservation: that of the seismic evaluation of a historical building. Starting from the scientific researches and the legislative developments of recent years, the aim is to illustrate the application methods of the Guidelines, published in 2010 and developed since NTC of 2008 and Circular 617 of 2009; these Guidelines constitute the investigation and seismic verification model of reference at the time of this document drafting, regarding existing buildings of a certain artistic and historical value. In particular, we will focus on the so-called "Path of Knowledge" procedure, which represents, in this regulation, the body of those studies necessary to achieve a knowledge of the building sufficient to the next phase of evaluation.

The starting point of this exposition is the seismic evaluation project, carried out by Politecnico di Milano and commissioned by MiBACT, having as its object the Diego Aragona Pignatelli Cortes Museum in Naples. Focusing mainly on investigation and diagnostic phase, to which the author has been personally involved, the thesis retraces all the steps of this study reporting historical documents, photos, drawings and summaries about the diagnostic tests, produced over a year of collaboration between the different players of the project.

Illustrating also the actual contribution to the final part, the one of structural analysis, in closing this document wants to offer a judgment about the value and the effectiveness of a working methodology still in calibration phase, hoping to arouse new causes for reflection useful to its potential development.

Introduzione

Questa tesi prende spunto da un periodo di collaborazione tra l'autore e il Dipartimento di architettura, ingegneria delle costruzioni e ambiente costruito, o Dipartimento ABC, volta allo svolgimento di un progetto affidato dal Ministero dei Beni Culturali e del Turismo (MiBACT) sulla valutazione sismica di alcuni edifici storici ad uso museale localizzati in Campania.

Il suddetto progetto, denominato “Verifica della sicurezza sismica dei Musei Statali” si inserisce all'interno di un contesto in fortissima evoluzione e oggetto di continui dibattiti. La ricerca di una risposta adatta nel campo dell'architettura agli eventi sismici è un tema molto attuale che affonda però le radici nell'antichità, soprattutto in Italia: l'alta pericolosità sismica della penisola italiana, tra le più alte in Europa, ha portato alla nascita proprio in questi luoghi di alcuni dei primi presidi antisismici al mondo, oltre che dei primi tentativi di regolamentazione normativa in merito. Partendo dalle prime riflessioni in seguito ai grandi terremoti degli anni '70, per cui ci si rese conto come fosse necessario riconsiderare il modo di vedere e trattare l'edificio storico in muratura, la tesi cerca di utilizzare il caso studio per verificare e fare il punto sui progressi normativi e teorici sull'argomento.

Tra i musei affrontati nel progetto, si è scelto di approfondire gli studi relativi a Villa Diego Aragona Pignatelli Cortes a Napoli, sia per l'alto valore storico e artistico, sia perchè trattasi di quella dotata delle maggiori complessità strutturali. In particolare, ci si occuperà in maniera dettagliata della fase di indagine, strutturata secondo il metodo “Percorso della conoscenza” sviluppato negli ultimi anni attraverso le Linee Guida per la valutazione del rischio sismico del patrimonio culturale. Esso

prevede uno studio particolareggiato dell'edificio esistente, attraverso ricostruzioni storiche basate sulla letteratura a disposizione e ricostruzioni della struttura costituite da osservazioni dirette e prove diagnostiche in situ, eseguite nel continuo rispetto del valore storico-artistico della costruzione. I documenti e i risultati che verranno esposti sono frutto di una continua interazione tra l'autore ed alcune delle figure coinvolte nel progetto, iniziata con le prime visite in situ e proseguita con un intenso lavoro di rielaborazione e studio dei dati durato quasi dieci mesi. Il tutto è stato organizzato in cinque capitoli che ripercorrono, anche con la stessa sequenza cronologica, i diversi passi di questo lavoro, dallo studio delle normative alle valutazioni finali di vulnerabilità.

Nel **primo capitolo** viene restituito un quadro della storia sismica in Italia e delle conseguenze che i relativi eventi sismici hanno avuto sullo sviluppo delle normative e le tecniche edilizie. Il punto di partenza scelto nel primo paragrafo è quello determinato dai grandi terremoti di Calabria e Sicilia del 1783; questi spinsero per la prima volta un governo della penisola italiana (in quel caso il Regno Borbonico) a promulgare una serie di regolamenti edilizi volti a ridurre l'impatto di un evento sismico sulla città e sul singolo edificio. Dopo una rassegna dei principali eventi legislativi che si sono susseguiti da quel momento, viene ricostruito quel processo che, iniziato con i Regi decreti del 1909, ha portato alla promulgazione delle moderne norme dei primi anni 2000, tra cui l'OPCM del 2003, base di partenza dei regolamenti vigenti.

Contemporaneamente a queste considerazioni in ambito di governo, dagli anni settanta si stava sviluppando tra gli studiosi del settore una nuova sensibilità verso le costruzioni storiche, rappresentata per esempio dalle pubblicazioni di Antonino Giuffrè e dei Manuali di recupero, di cui è possibile trovare una breve descrizione nella digressione nel secondo paragrafo. Per la prima volta si realizzò come i modelli di calcolo e di intervento adottati fino a quel momento nei confronti degli edifici esistenti, soprattutto in muratura, si rivelassero inadatti, costituendo più un danno che un beneficio per la costruzione; si cercò quindi di costituire, almeno ufficiosamente, dei nuovi approcci efficaci verso il costruito storico.

Questo bisogno di riforma divenne talmente importante e necessario (il sisma dell'Aquila ne è testimonianza) da materializzarsi ufficialmente nell'ottavo capitolo delle vigenti Norme Tecniche del

2008, descritte insieme alle Circolari esplicative del 2009 e del 2010 nel terzo paragrafo e base degli studi esposti nella tesi, nonché del progetto ministeriale esposto nel quarto paragrafo.

Nel **secondo capitolo** si entra nel vivo della tesi descrivendo il caso studio scelto, cioè il museo Diego Aragona Pignatelli Cortes a Napoli. L'edificio fa parte di un complesso edificato negli ultimi due secoli all'interno di un piccolo parco nella Riviera di Chiaia e descritto nel primo paragrafo, costituito da diverse costruzioni anche di un certo valore architettonico e storico; in questo studio queste costruzioni verranno trattate in maniera marginale, avendo solo legami funzionali e non strutturali con l'edificio principale.

Quest'ultimo è costituito da quattro livelli, ognuno con caratteristiche architettoniche e funzionali proprie. Nel secondo paragrafo ne vengono descritti gli ambienti interni e l'organizzazione, tra cui: le sale espositive temporanee al piano seminterrato, oggetto di massicci interventi di restauro e conversione che ne hanno profondamente modificato l'aspetto e la struttura; le sale espositive permanenti del piano rialzato, quelle che hanno maggiormente mantenuto l'aspetto originario; gli ambienti del piano primo, ad uso misto e con un'organizzazione e un aspetto che è un po' la fusione tra le due precedenti; gli ambienti del sottotetto, utilizzati come deposito.

Sebbene il piano seminterrato sia quello che ha subito le maggiori modifiche, tutto l'edificio che vediamo oggi è il risultato di un lungo processo costruttivo, iniziato con la sua edificazione nella prima metà dell'Ottocento e non ancora terminato, specchio dei molteplici cambi di proprietà e d'uso. Nel terzo paragrafo si cerca di ricostruire le fasi principali di questa storia, compiendo il primo passo di quel "Percorso della conoscenza" auspicato nella circolare di riferimento. Viene quindi identificato il progetto originale e si approfondiscono tutte le modifiche strutturali avvenute nel tempo; particolarmente rilevanti quelle relative al cambio d'uso a museo del 1960, conversione che ha richiesto un adattamento significativo per un edificio che fino a quel momento aveva svolto semplicemente la funzione di residenza.

Nel **terzo capitolo** viene affrontata la prima parte della fase investigativa, relativa allo stato di conservazione e alle caratteristiche architettoniche e strutturali principali dell'edificio. Questa fase non si è rivelata particolarmente semplice, a causa del poco tempo a disposizione da parte degli addetti sia

a causa della non completa agibilità di tutti gli ambienti.

In primo luogo viene descritto ed esposto nel dettaglio il rilievo geometrico, articolato in diverse fasi e realizzato sulla base di vecchie ricostruzioni e attraverso l'uso di apposite attrezzature per la rilevazione, come il disto laser o la stazione totale.

Le elaborazioni finali sono state la base per il rilievo materico e del degrado delle facciate e degli ambienti interni, contenuto nel secondo paragrafo. Le varie osservazioni sono visibili attraverso un report fotografico dettagliato e rielaborazioni grafiche, tra cui prospetti delle facciate e planimetrie generali.

Da questi ambiti più generali si passa nel terzo paragrafo ad un'analisi dettagliata, sempre attraverso fotografie e ricostruzioni grafiche, delle parti strutturali dell'edificio, in particolare di fondazioni, setti portanti e orizzontamenti. Nel nostro caso particolarmente interessanti si sono rivelati questi ultimi, vista la complessità delle volte nei primi due piani e delle capriate di copertura.

Allo stesso livello di interesse potremmo collocare il rilievo del quadro fessurativo, contenuto nel quarto capitolo: soprattutto dopo agli eventi sismici che hanno interessato Napoli, tra cui quello del Irpinia del 1980 o quello del Molise del 2002, l'edificio ha visto comparire fenomeni fessurativi rilevanti, oggetto di studi anche in passato. Attraverso planimetrie, ricostruzioni scolorari e immagini fotografiche, si è cercato di ricostruire quanto più fedelmente possibile la situazione attuale; vista la complessità dell'ala occidentale dell'edificio, si è deciso di realizzare un suo modello tridimensionale attraverso l'utilizzo del software Rhinoceros che mettesse in relazione le lesioni nei diversi ambienti e nei diversi piani.

Nell'ultimo paragrafo del capitolo, il quinto, si sono indagate le relazioni tra struttura e impianti presenti.

Nel **quarto capitolo** ci si dedica alla seconda fase investigativa, quella relativa alle indagini diagnostiche. Infatti durante i sopralluoghi sono state effettuate diverse prove di caratterizzazione, organizzate secondo un progetto diagnostico volto a determinare le caratteristiche necessarie alla successiva fase di valutazione strutturale. Il suddetto progetto è il risultato di diverse considerazioni, esposte nel primo paragrafo, che hanno provocato diverse modifiche dal progetto originale, come per esempio il minor tempo a disposizione o la necessità di preservare parti dell'edificio con alto valore

artistico e storico.

Tutti i metodi di prova utilizzati, esposti nel secondo paragrafo, sono comunque scelti tra quelli non invasivi o lievemente invasivi, e comprendono indagini termografiche, prove soniche dirette in trasparenza, prove con martinetto singolo e doppio, endoscopie. I risultati sono stati divisi secondo il piano dove sono stati ottenuti: troviamo perciò nel terzo paragrafo quelli relativi al piano seminterrato, mentre nel quarto quelli relativi al piano rialzato. A tutte le indagini, raccolte in un elenco dove è possibile verificare il loro posizionamento grazie ad un'apposita planimetria, è stato assegnato un numero e una sigla, in modo da rendere più fluida e semplice la consultazione delle relative schede riassuntive.

Il **quinto capitolo**, quello conclusivo, si occupa della fase di valutazione sismica vera e propria. Questa tesi non intende approfondire in maniera accurata questa fase dello studio, dato che non è stata trattata direttamente dall'autore e richiede in ogni caso conoscenze troppo specifiche appartenenti al campo dell'ingegneria sismica. Quindi, pur essendo stata inserita per ragioni di completezza dell'informazione, verrà esposta nel relativo capitolo senza i risultati ottenuti dalle varie verifiche oggetto di studio in altre tesi di laurea, ma illustrando comunque le procedure di calcolo e il modo in cui sono stati utilizzati i dati ricavati nella fase investigativa.

L'analisi strutturale, secondo precise indicazioni delle Linee guida del 2010, è stata impostata per rispondere a tre livelli di valutazione a precisione sempre maggiore e attuata con strumenti messi a disposizione dal Ministero o scelti dal Dipartimento. Il primo paragrafo riassume le caratteristiche di ogni livello e gli strumenti di calcolo utilizzati, con il livello LV1 verificato tramite l'utilizzo del software SIVARS, il livello LV2 tramite un'analisi cinematica per macroelementi, il livello LV3 tramite la creazione di un modello globale grazie al software TREMURI.

Nel secondo paragrafo viene fatta una sintesi di tutti i risultati ottenuti nei capitoli 3 e 4, messi in relazione tra loro per caratterizzare tutte le categorie strutturali e per far comprendere e giustificare le scelte adottate in fase di valutazione. Vengono quindi esposte le considerazioni finali a proposito delle fondazioni, delle murature portanti e degli orizzontamenti, mettendo in luce anche le caratteristiche meccaniche suggerite da quadro fessurativo e prove con martinetti.

Il terzo paragrafo illustra in linea generale la valutazione effettuata secondo il livello LV1, che prevede l'utilizzo di un modello di calcolo semplificato qui rappresentato da SIVARS. Strutturato secondo una successione di schede da compilare, il programma richiede l'inserimento dei dati relativi alle caratteristiche principali dell'edificio, oltre alla determinazione dei fattori di confidenza, utilizzati anche per il livello LV2.

Questo, esposto nel quarto paragrafo, consiste in un'analisi cinematica di una porzione autonoma della struttura, in questo caso quella che secondo il quadro fessurativo appariva maggiormente sofferente. L'ultimo livello, quello LV3 trattato nel quinto paragrafo, utilizza il programma TREMURI per convertire la struttura dell'edificio in un modello composto da telai equivalenti ai diversi elementi strutturali, in modo da esprimere una valutazione globale dell'edificio.

Per ciascuno dei livelli di verifica richiesti, verrà messo in luce il ruolo della conoscenza approfondita della fabbrica architettonica, raggiunto mediante l'uso complementare di tecniche di indagine di tipo non invasivo o leggermente invasivo.

