



MADlab

Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

Direttore

Federica Ottoni
Università di Parma

Comitato scientifico

Gianni Bartoli
Università di Firenze

Patrizia Bernardi
Università di Parma

Michele Betti
Università di Firenze

Carlo Blasi
Università di Parma

Oronzo Brunetti
Università degli Studi di Napoli Federico II

Jean-François Cabestan
Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne

Rosario Ceravolo
Politecnico di Torino

Eva Cotsson
Università di Parma

Adalgisa Donatelli
Sapienza - Università di Roma

Daniela Ferretti
Università di Parma

Gianfranco Forlani
Università di Parma

Francesco Freddi
Università di Parma

Barbara Gherrì
Università di Parma

Paolo Giandebiaggi
Università di Parma

Felice Giuliani
Università di Parma

Carlo Mambriani
Università di Parma

Maria Evelina Melley

Università di Parma
Elena Michelini
Università di Parma

Andrea Pane
Università degli Studi di Napoli Federico II

Marco Pretelli
Alma Mater studiorum - Università di Bologna

Mario Santana-Quintero
Carleton University

Andrea Segalini
Università di Parma

Emanuela Sorbo
Università Ca' Foscari Venezia

Andrea Spagnoli
Università di Parma

Cecilia Surace
Politecnico di Torino

Grazia Tucci
Università degli Studi di Firenze

Chiara Vernizzi
Università di Parma

Andrea Zerbi
Università di Parma

Comitato di redazione

Sofia Celli
Politecnico di Milano

Lia Ferrari
Università di Parma

Sandra Mikołajewska
Università di Parma

Maria Parente
Università di Parma - Sapienza Università di Roma

Elena Zanazzi
Università di Parma



MADlab

Monitoraggio Analisi e Diagnosi del costruito

La collana raccoglie e diffonde i risultati di ricerche ottenuti attraverso metodi d'indagine empirico-sperimentali; metodi che, combinati a un corretto percorso di conoscenza e controllo degli edifici, garantiscono la conservazione del vasto patrimonio storico presente in Italia, in linea con la normativa per i beni culturali (DPCM 2011), allargandosi più in generale al costruito su scala architettonica.

L'approccio empirico-sperimentale per la conoscenza, il controllo e il consolidamento delle strutture storiche è basato sul contatto diretto e approfondito con la realtà fisica dell'oggetto di studio; esso, unito all'esperienza derivante dalla secolare osservazione di edifici storici simili per tecniche costruttive e manifestazioni di danno e dissesto e al moderno monitoraggio strutturale, permette di definire in modo esaustivo l'attuale livello di sicurezza del monumento e di individuare interventi di consolidamento adeguati. A fronte di un vastissimo e ricchissimo patrimonio storico-architettonico, quale è quello italiano, per lo più in precario stato di conservazione, recentemente è stata approvata la normativa sismica che chiarisce l'importanza di una "conservazione consapevole" che trova la sua massima espressione nei "limiti degli interventi di stabilizzati sui monumenti, in rapporto ai problemi di tutela".

Vulnerabilità sismica e patrimonio archeologico

Una proposta di valutazione speditiva per la conservazione e la gestione dell'architettura allo stato ruderale

Elisabetta Montenegro

Prefazione di

Donatella Fiorani e Adalgisa Donatelli

ISBN: 978-88-5491-484-1

Roma 2024

Edizioni Quasar di S. Tognon srl

via Ajaccio 41-43, I-00198 Roma

www.edizioniquasar.it

Il volume raccoglie gli esiti di una ricerca dottorale, svolta nell'ambito del Dottorato di Ricerca in Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura - XXXIII Ciclo - sezione Restauro dell'Architettura - A.A. 2020-2021, Supervisore: Donatella Fiorani, Co-supervisori: Adalgisa Donatelli, Fabrizio De Cesaris.

Revisori del volume: Carla Bartolomucci e Federica Ottoni

Progetto grafico: Maria Parente

In copertina: In alto a sinistra, Area Archeologica di Villa Adriana: Grandi Terme. In alto a destra, Parco Archeologico del Colosseo, Foro Romano: Tempio di Saturno. In basso a sinistra, Parco Archeologico del Colosseo, Foro Romano: resti della Basilica Aemilia. In basso a destra, Parco Archeologico di Ostia Antica, resti del Caseggiato dell'Ercole.

Le figure n. 9, 10, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54 e 55 del capitolo 4 sono pubblicate su gentile concessione dell'Archivio Storico di Palazzo Altemps. Le figure n. 34, 35 e 36 del capitolo 4 sono pubblicate su gentile concessione dell'Archivio del Parco Archeologico del Colosseo.

È fatto divieto di ulteriore riproduzione o duplicazione con qualsiasi mezzo delle suddette immagini.

Tutte le altre immagini, fotografie e disegni sono dell'autrice.

*"Contemplare rovine non equivale a fare un viaggio nella storia,
ma a fare esperienza del tempo, del tempo puro"*

Marc Augé, Rovine e macerie. Il senso del tempo, 2004

Ai miei cari

INDICE

Prefazione Donatella Fiorani, Adalgisa Donatelli	13
Introduzione	19
1. Vulnerabilità e prevenzione del rischio sismico: lo status questionis per il patrimonio archeologico	25
1.1 Patrimonio archeologico e rischio sismico: definizione del problema	25
1.2. Evoluzione della normativa antisismica in riferimento alle preesistenze archeologiche	32
1.3 La Direttiva per la Valutazione e Riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e i livelli di valutazione del rischio	38
1.4. Applicazioni ed esperienze in contesti archeologici: la gestione della tutela a scala territoriale	41
1.4.1 <i>Prevenzione, manutenzione e ispezione fra Roma, Ostia Antica e Pompei</i>	42
1.4.2 <i>Le sperimentazioni nell'Area Archeologica Centrale di Roma: una proposta di Schema di Linee Guida</i>	52
1.4.3 <i>La gestione digitale per l'organizzazione dei dati in ambito archeologico</i>	57
1.5 La valutazione della vulnerabilità a scala territoriale: esperienze pregresse e strumenti in uso nel sistema Carta del Rischio	62
1.5.1 <i>L'applicazione della Scheda Monumento Archeologico del sistema Carta del Rischio</i>	64
1.5.2 <i>L'applicazione della Scheda Vulnerabilità Sismica del sistema Carta del Rischio: il tracciato 'Ville, Palazzi Case' e il tracciato 'Torri, Campanili'</i>	67
1.6 Primi bilanci	71
1.6.1 <i>Applicabilità dei modelli speditivi della Direttiva del 2011 in contesti archeologici: contenuti e limiti</i>	71
1.6.2 <i>L'approccio strategico e i 'domini limite' dello Schema di Linee Guida per la lettura della vulnerabilità sismica: metodo e margini di applicazione</i>	74
1.6.3 <i>Applicabilità della Scheda Monumento Archeologico del sistema Carta del Rischio per la vulnerabilità sismica del patrimonio archeologico: necessità e prospettive d'implementazione</i>	77
2. Le architetture d'interesse archeologico: verso la definizione di una metodologia per la lettura della vulnerabilità sismica	81
2.1 Archeologia e architettura storica: analogie e differenze nel comportamento strutturale	82
2.2. Le architetture d'interesse archeologico: fra 'vulnerabilità intrinseca e vulnerabilità aggiunta'	88
2.3 Verso un sistema di classificazione: il concetto di 'morfo-tipologia'	92
3. Monumenti antichi e terremoti: valutazione degli effetti e sistemi costruttivi in area romana	99
3.1 I terremoti nella storia sismica della città di Roma: gli effetti sui monumenti archeologici	99
3.2. L'archeosismologia come strumento e disciplina: indizi nell'Area Archeologica Centrale	112
3.3. Conoscenze empiriche e sistemi costruttivi antisismici 122 nell'architettura classica romana: esempi	122

4. Tra analisi storica e lettura strutturale: il Foro Romano come caso studio	135
4.1 Una premessa metodologica per lo studio del Foro Romano	135
4.2 Genesi, abbandono e riscoperta del Foro di Roma: un inquadramento dalle origini alla seconda metà del Novecento	136
4.3 Scavi e trasformazioni nell'area del Foro Romano: ripercussioni sulla conservazione delle strutture archeologiche	151
4.3.1 Il rinvenimento del Clivo Capitolino fra vicende di scavo e problematiche strutturali	153
4.4 Il restauro degli scavi nel Foro Romano tra metà Ottocento e metà del Novecento	158
4.4.1 Operatività fra 'restauri diretti' e 'restauri di sostegno'	159
4.4.2 Studio, rilievo ed esegesi del restauro: il contributo di Torquato Ciacchi	165
4.5 Studio e monitoraggio strutturale delle architetture snelle: l'attività delle Soprintendenze nella seconda metà del Novecento	171
5. La lettura strutturale dei resti archeologici: un sistema di conoscenza per la valutazione speditiva della vulnerabilità sismica	179
5.1 La lettura strutturale per morfo-tipologie del Foro Romano: premessa di metodo e selezione dei casi studio	179
5.2 I casi studio	181
5.2.1 Le 'strutture verticali': le colonne della Basilica Emilia e dell'Ex Portico di Gaio e Lucio Caesari, la Colonna di Foca, le Colonne Onorarie e le due colonne del Tempio di Romolo	182
5.2.2 Le 'strutture lineari': il Tempio di Saturno, il Tempio di Vespasiano, il Portico degli Dei Consenti e il Tempio dei Castori	187
5.2.3 Le 'celle murarie' selezionate nel complesso della Casa delle Vestali	194
5.3 L'applicazione di strumenti speditivi per il rilievo della vulnerabilità di tipo 'LV1': aspetti geometrici, conservativi, stato di danno e interventi pregressi	199
5.3.1 La 'scheda colonne isolate'	201
5.3.2 La 'scheda strutture lineari'	205
5.3.3 La 'scheda 'laceri murari'	209
5.3.4 La 'scheda 'celle murarie'	212
6. Modelli di calcolo per la vulnerabilità sismica dei resti archeologici	227
6.1 La schedatura dei casi di studio: elementi di vulnerabilità delle morfo-tipologie	227
6.2 Morfo-tipologie e possibili meccanismi di danno	231
6.3 Una proposta di algoritmo per il calcolo dell'indice di vulnerabilità	241
6.4 Indice di vulnerabilità e comparabilità dei risultati	250
6.5 Per una valutazione a scala architettonica di tipo 'LV2': il contributo dell'approfondimento storico e di quello analitico	257
6.5.1 Il Tempio dei Castori	260
6.5.2 Il Tempio di Saturno	269
6.5.3 Considerazioni sulle celle murarie	274
6.6 Modelli di valutazione 'LV1' ed 'LV2' a confronto: bilancio conclusivo	275
7. Proposte operative	279
7.1 La gestione della vulnerabilità sismica nel sistema Carta del Rischio: una proposta d'integrazione schedografica	280
7.2 Verso l'aggiornamento della Direttiva del 2011	283
7.3 Ricadute applicative dell'analisi speditiva della vulnerabilità dei siti archeologici	285
Conclusioni	293
Bibliografia	301
Ringraziamenti	331



Pagina a fianco:
Aree Archeologiche di Villa Adriana:
Grandi Terme.

PREFAZIONE

Donatella Fiorani, Adalgisa Donatelli

13

Il tema della salvaguardia del costruito archeologico dal rischio sismico, pur vantando in Italia studi e approfondimenti scientifici da almeno tre decenni, non ha finora trovato, sul piano normativo, un livello di convergenza di metodi e criteri operativi confrontabile con quello adottato per gli edifici storici in uso o comunque ancora integri.

Ci si riferisce, in particolare, a quanto definito nelle *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale* (divenute Direttiva nel 2011), una norma che, com'è noto, indirizza e regola il consolidamento degli edifici storici delineando un approccio sinergico fra lettura storico-costruttiva dell'architettura e il calcolo numerico utilizzato per quantificare il comportamento statico e dinamico delle fabbriche e per dimensionarne gli eventuali rinforzi.

Le costruzioni archeologiche, spesso caratterizzate da altezze esigue e mancanza d'uso, in presenza di condizioni ritenute pericolose per l'incolumità dei visitatori vengono semplicemente soggette a limitazioni della fruizione. Queste peculiarità (apparente minor rischio strutturale e maggiore facilità di isolamento rispetto alla presenza umana) hanno favorito un atteggiamento di disattenzione che, per certi versi, sottovaluta la risposta sismica di questa tipologia di beni, favorendone così l'esposizione a rischi di perdita significativi. In qualche caso, in mancanza di norme dedicate, la questione sismica è stata presidiata applicando le prescrizioni delle *Linee Guida* ed effettuando di volta in volta gli aggiustamenti e le modifiche ritenuti più opportuni in base alla valutazione delle specifiche caratteristiche del sito.

L'inadeguatezza degli strumenti normativi e progettuali registrata in questo campo ha sollecitato qualche anno fa alcune iniziative importanti mirate ad approfondire le specificità del comportamento delle strutture a rudere in presenza di sollecitazioni sismiche. Fra queste, occorre ricordare l'elaborazione delle *Raccomandazioni per la redazione di progetti e l'esecuzione di interventi per la conservazione del costruito archeologico* (2009) redatte dall'allora Ministero per i Beni e le Attività Culturali e il Turismo. La proposta, ivi contenuta, di

elaborare un protocollo di controllo che valutasse in maniera interdisciplinare tutti i problemi posti dal restauro e dal consolidamento dei monumenti archeologici non è stata però accolta in una circolare ministeriale in grado di favorirne l'applicazione. Diverse sperimentazioni condotte nell'Area archeologica centrale di Roma, coordinate per lo stesso Ministero da Roberto Cecchi, hanno inoltre orientato la proposta di uno *Schema di Linee Guida per la conservazione delle architetture di interesse archeologico - Consenso prevenzione e manutenzione* (documento approvato nel 2008 dal Consiglio Superiore per i Beni Culturali e Paesaggistici), offrendo un'integrazione dei contenuti delle *Linee Guida* per una loro possibile applicazione in ambito archeologico.

Le esperienze citate hanno avuto il merito di evidenziare i problemi esistenti e di avviare una riflessione prima di allora latente, ovvero confinata sulla specifica e puntuale operatività sul terreno e non ancora sollevata su un piano più ampiamente culturale. La necessità di affrontare la questione del rischio sismico del patrimonio archeologico rimane però più che mai attuale, costituendo un settore peculiare e ben connotato di un più vasto ambito di riflessione, anch'esso non ancora del tutto risolto. Tale ambito generale mira, infatti, a coniugare appropriatamente l'approccio legato alla valutazione empirica del costruito storico, fondata su approfondite e ripetute osservazioni sapienti, con le modalità basate sulla definizione di strumenti analitici finalizzati alla verifica numerica. L'obiettivo d'integrare metodi di per sé consolidati – e per certi versi talvolta antagonisti – caratterizza un preciso filone di ricerca nell'ambito del restauro, orientato a garantire una salda e proficua fusione di prospettive disciplinari sia nella fase di analisi *ante operam* sia in quella di progetto.

Considerare solo gli aspetti strutturali di un bene storico e/o storico archeologico rischia di semplificare – a volte di banalizzare ma anche di infricare – la corretta interpretazione del comportamento statico e dinamico della preesistenza, orientando un progetto di natura esclusivamente tecnica, talvolta invasivo e comunque poco attento alle necessità conservative ma anche alla qualità percettiva finale dell'opera. D'altra parte, ragionare solo in termini storico-costruttivi, senza una chiara consapevolezza della meccanica delle murature e non considerando adeguatamente gli aspetti tecnici del restauro, può dar luogo a fallimenti significativi.

La questione della vulnerabilità sismica dei resti archeologici presenta inoltre un'altra componente di riflessione, che trascende la prospettiva dell'analisi e dell'intervento sulla singola preesistenza per estendersi sul più ampio scenario di un'attitudine conservativa effettivamente allargata a tutti i beni

di questa natura. L'Italia, in particolare, vanta la presenza di 293 aree e parchi archeologici (Dati ISTAT), per parlare dei soli contesti controllati e aperti al pubblico: alcuni di questi siti presentano estensioni enormi (basti pensare al parco di Selinunte in Sicilia, il più grande d'Europa) e in ognuno di essi insistono molteplici rovine di consistenza e natura diversa. La verifica del livello di vulnerabilità di tali resti deve pertanto tener conto della possibilità di procedere alla definizione di valutazioni speditive ed estensive, in grado di offrire informazioni il più possibili omogenee e comparabili sullo stato di salute di tutti i manufatti esistenti.

Ciò richiede, da una parte, di implementare i modelli per la valutazione dei meccanismi di dissesto guardando alla specificità della configurazione e della natura costruttiva della rovina, in analogia con quanto prodotto per chiese, torri e palazzi storici; così da aiutare alla lettura speditiva e al riconoscimento dei fenomeni di dissesto presenti, e dall'altra di elaborare modelli di schedatura in grado di descrivere le rovine e i fenomeni degenerativi analizzati in maniera coerente, strutturata e non ambigua.

Questo perché la digitalizzazione offre ormai la possibilità effettiva di lavorare alla gestione di dati ad ampia scala, consentendone la raccolta, l'elaborazione e il costante aggiornamento. Questa possibilità apre a scenari inediti, che possono fornire ausili importanti al controllo e al monitoraggio costante dello stato di salute potenzialmente estensibile alla totalità dei resti archeologici esistenti.

Nel raccogliere questa ulteriore sfida, Elisabetta Montenegro ha orientato il proprio lavoro anche in riferimento a quanto già avviato con il Sistema Informativo Territoriale Carta del Rischio del Ministero della Cultura, procedendo alla definizione di modelli strutturali di riferimento per valutare i cinematismi di dissesto, all'individuazione univoca dei parametri necessari alla descrizione dei beni e delle loro condizioni di equilibrio, alla definizione di algoritmi in grado di esprimere correttamente valori di vulnerabilità comparabili.

Come 'palestra' di esercizio è stata scelta l'area archeologica centrale di Roma, selezionando in particolare all'interno del Foro alcune rovine significative e differenti fra loro per morfologia e vicenda storico-costruttiva. All'interno di questo contesto, molto studiato dal punto di vista archeologico, ma anche in riferimento ai singoli restauri e alla progressiva modellazione dell'area da brano di città poco urbanizzato a sito archeologico vero e proprio, sono stati vagliati gli apporti di studi multidisciplinari e si è calibrata una strategia di lavoro multi-scalare.

Si è così messo a punto un sistema per l'analisi e la valutazione della vulnerabilità sismica dei beni archeologici a livelli diversi a partire dalla scala territoriale, laddove è necessario operare con criteri più semplici che devono comunque garantire un'adeguata attendibilità. A tal fine, si è seguito un processo iterativo, impostando secondo gli strumenti propri del restauro il metodo generale di lettura strutturale attraverso una prima modalità empirica e calibrando i parametri necessari a una stima predittiva della vulnerabilità. Solo successivamente si è proceduto alla selezione degli indicatori di fragilità ritenuti più significativi e al loro perfezionamento; quest'ultimo approfondimento ha richiesto un ulteriore approccio, di natura qualitativa, sviluppato alla scala della singola architettura in considerazione del cosiddetto livello di conoscenza (LV2).

La modalità multi-scalare, evidente nell'indagine analitiche, ha contraddistinto anche la ricerca storica: all'inquadramento dell'area del Foro Romano dal punto di vista delle problematiche sismiche e allo studio delle vicende significative che l'hanno interessata (Scavi, ritorni e tutti gli interventi ottocentesci che possono aver contribuito a interessare il comportamento strutturale del sito) si connette l'approfondimento storico-architettonico dei casi studio prescelti, opportunamente selezionati anche in considerazione delle relative ricadute analitiche.

In questa duplice chiave - multidisciplinare e multi-scalare - risiede l'originalità del lavoro svolto, che offre una nuova possibilità d'implementazione della Carta del Rischio, già pronta per una possibile ingegnerizzazione, ugualmente utile alla gestione conservativa delle aree archeologiche in 'tempo di pace' e in condizioni di emergenza post sismica. Non meno importante, a nostro avviso, è il contributo che la ricerca offre per riprendere il lavoro di aggiornamento e integrazione della Direttiva 2011, soprattutto in relazione all'atteso allineamento alle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

Pagina fianco
Aree Archeologica di Villa Adriana:
Edificio con pilastri dorici.

