

Chiese del Mantovano, sisma 2012 - Analisi dei danni e dei costi di riparazione e miglioramento

WP5 Task 5.3 – Interventi su edifici vincolati e/o di culto

UR04 Politecnico di Milano: L. Cantini, C. Chesi, M.A. Parisi, M. Acito, S. Barbò

Obiettivi della ricerca

La ricerca ha preso in esame il caso delle chiese in muratura del territorio mantovano. Dopo il sisma del 2012, sono stati analizzati 159 edifici religiosi per i quali era disponibile la scheda per la valutazione dell'indice di danno. I dati sono stati impiegati per evidenziare i meccanismi e mettere in relazione indici di danno e costi degli interventi di riparazione e di miglioramento.

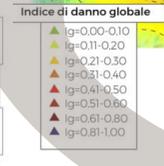
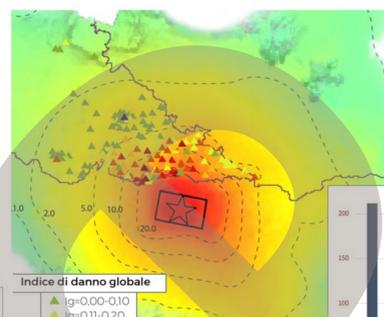


Chiesa di San Giovanni Battista a Moglia



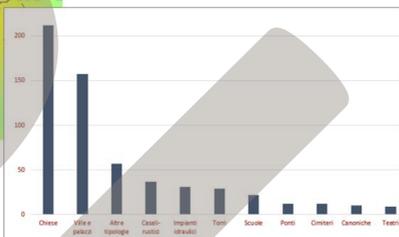
chiese del Mantovano, sisma 2012

LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI



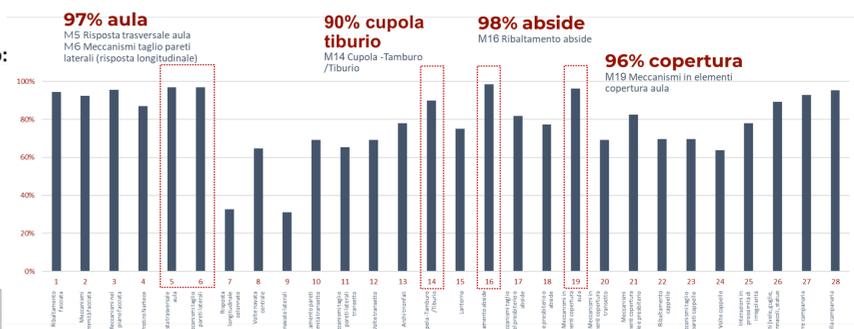
Archivio Sismico SABAP Brescia e Bergamo:

653 beni totali segnalati in Regione Lombardia
212 Chiese
188 della provincia di Mantova
470 Schede di Rilievo del Danno compilate, di cui 159 Chiese



attivazione dei meccanismi

percentuale di attivazione dei meccanismi calibrata in base agli elementi architettonici presenti



Percentuale di attivazione dei diversi meccanismi di danno



Analisi dei costi

L'analisi dei costi è stata effettuata su un campione di 14 chiese con indice di danno superiore a 0,35 allo scopo di considerare le situazioni di maggiore significatività. I costi sono intesi come computi metrici estimativi di progetto. Si sono tenuti distinti i costi di miglioramento sismico e di ripristino strutturale relativo alla riparazione del danno.

totale dei costi sostenuti

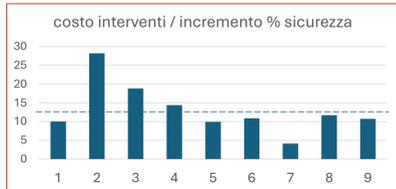


Chiesa	diagramma di falda	consolidamento strutture lignee di copertura	incatenamenti di facciata e abside	rinforzo estradosale delle volte	Altro	Indice danno	Costo interventi (€/m²)
San Prospero Vescovo, Suzzara	x	x	x	x	-	0,44	451,17
San Giovanni Battista, San Giovanni del Dosso	x	x	x	x	-	0,42	830,36
San Tommaso Apostolo, Bondeno, Gonzaga	x	x	x	x	consolidamento murature facciate	0,60	947,31
Santissimo Nome di Maria, Poggio Rusco	x	x	x	x	-	0,40	617,16
San Fiorentino Martire, Nuvolato, Quistello	x	x	x	x	-	0,38	450,30
San Paolo Primo Eremita, Portiolo, San Benedetto Po	x	x	x	x	-	0,35	288,58
Pieve di San Lorenzo, Pegognaga	x	x	x	x	-	0,35	199,49
San Giovanni Battista, Moglia	x	x	x	x	Diagramma di piano	0,7	622,15
San Floriano Martire, Zovo, San Benedetto Po	x	x	x	x	-	0,37	503,62

La tabella indica per ognuna delle chiese il tipo di interventi eseguiti, l'indice di danno e il costo degli interventi di miglioramento.

In tutte le chiese esaminate sono stati adottati gli stessi tipi di intervento di miglioramento. In poche chiese sono stati eseguiti ulteriori interventi. Gli interventi tipici riguardano la copertura, con l'irrigidimento di falda e il consolidamento delle strutture lignee, il rinforzo delle volte e gli incatenamenti volti ad evitare il ribaltamento parziale o completo della facciata, meccanismo di danno occorso con grande frequenza nelle chiese della zona dalle delicate facciate barocche, o danni dell'abside. Essi rivelano quali siano i macroelementi con vulnerabilità ricorrenti e le modalità di danno più frequenti, considerate pericolose e in qualche modo mitigabili. L'omogeneità può essere messa in relazione al fatto che le chiese del mantovano presentano caratteristiche architettoniche e stilistiche molto simili fra loro.

Costo % ripristino (€/m²)	Costo % miglioramento (€/m²)	Costo incremento sicurezza unitario %
15,38	37,42	0,83
17,04	22,85	0,774
17,42	19,95	0,397
10,61	30,45	0,709
12,45	43,49	0,957
12,80	26,23	0,986
30,19	27,27	0,564
15,38	22,27	0,419
16,77	17,27	0,367



Relazione costi percentuali per metro quadro e incremento sicurezza

La tabella e il grafico indicano il rapporto tra costo degli interventi e incremento percentuale di sicurezza per alcuni casi esaminati. Il rapporto qui tende a stabilizzarsi su un valore corrispondente a 12,3 escludendo i due valori estremi; includendoli il rapporto risulta comunque poco diverso, pari a 13,2.

Le voci di costo sono numerose e non sempre omogenee fra i progetti. Costituiscono quindi una sorgente di incertezza; anche il raggruppamento di spese nelle voci scelte influenza i risultati dell'analisi pur essendo necessario.

Chiesa	Superficie (m²)	Indice danno	Costo interventi (€/m²)	Fattore di sicurezza pre- (%)	Fattore di sicurezza post- (%)	Incremento (%)
San Prospero Vescovo, Suzzara	210	0,44	451,17	29,3%	74,3%	45 %
San Giovanni Battista, San Giovanni del Dosso	600	0,42	830,36	11,7 %	41,2 %	29,5 %
San Tommaso Apostolo, Bondeno, Gonzaga	630	0,60	947,31	28,2 %	76,5 %	50,3 %
Santissimo Nome di Maria, Poggio Rusco	470	0,40	617,16	13,5 %	56,4 %	42,9 %
San Fiorentino Martire, Nuvolato, Quistello	450	0,38	450,30	14,9 %	60,3 %	45,4 %
San Paolo Primo Eremita, Portiolo, San Benedetto Po	410	0,35	288,58	21,7 %	48,3 %	26,6 %
Pieve di San Lorenzo, Pegognaga	490	0,35	199,49	21 %	69,3 %	48,3 %
San Giovanni Battista, Moglia	940	0,7	622,15	20,7 %	73,9 %	53,2 %
San Floriano Martire, Zovo, San Benedetto Po	110	0,37	503,62	23 %	70 %	47 %

La tabella associa i costi all'efficacia attesa degli interventi, espressa come variazione del fattore di sicurezza

dimensioni	ripristino		miglioramento	
	€/m²	€/m³	€/m²	€/m³
Piccole (110-410 m², media 220 m²) (930-3500 m³, media 2.095 m³)	140-820 500	15-90 40	290-1050 670	35-115 75
Medie (470-630 m², media 583 m²) (6.520-12.100m³, media 8.330 m³)	215-803 500	15-60 50	615-945 780	40-75 60
Grandi (110-410 m², media 790 m²) (11.500-13.600m³, media 12.700 m³)	370-545 500	20-40 30	540-775 660	30-60 45

Ogni casella fornisce il campo di variazione dei costi (min-max) ed una stima del costo medio

... e inoltre ...

Torri campanarie e interazione campanile-chiesa: analisi e modellazione del vincolo di contatto

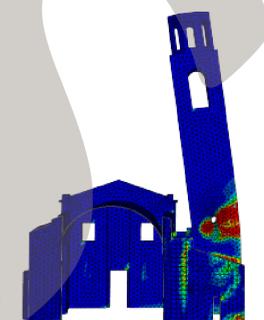
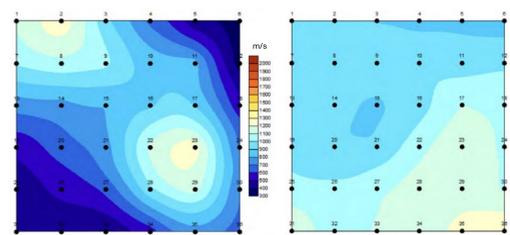


Caso di studio (in provincia di Lodi) scelto per:

- la tipologia frequente nel nord Italia,
- la presenza di campanile costruito in epoca successiva con un prevedibile grado ridotto di continuità;
- per l'accessibilità offerta, la disponibilità di documentazione e per la possibilità di attuare alcune prove.

Svolti alcuni sopralluoghi per completamento del rilievo disponibile; sulla base di documenti d'archivio, si è ricostruita la storia dell'edificio.

Svolte prove NDT (termografiche e soniche), per valutare la qualità e consistenza del materiale nelle diverse parti; le differenze evidenziate corrispondono a quanto riscontrato dall'analisi storica del bene. Le due figure confrontano i risultati di prove soniche nella facciata e nella torre.



Lo studio dell'interazione sismica chiesa-campanile è stato condotto con analisi dinamiche lineari e analisi non lineari di push-over, da cui:

- quantificazione dell'effetto di interazione,
- indicazioni per successive analisi non lineari nel tempo.