

Miglioramento sismico di un fabbricato vetusto in muratura

a cura di Giuseppe Albano

Tratto da

Costruzioni in muratura

PROGETTO - VERIFICA - RECUPERO



Prontuario tecnico

Miglioramento sismico di un fabbricato vetusto in muratura

a cura di Giuseppe Albano

5.1 CASO N. 1: MIGLIORAMENTO SISMICO DI UN FABBRICATO VETUSTO

5.1.1 Descrizione dell'intervento strutturale

Miglioramento sismico di un fabbricato vetusto in muratura portante sito in provincia di Macerata.



Figura 5.1 - Stato di fatto

Interventi di progetto previsti:

- ripristino continuità strutturale del maschio murario mediante la tecnica scuci-cuci;
- iniezioni di malta al fine di migliorare la resistenza meccanica della struttura portante;
- rinforzo a taglio e pressoflessione dei maschi murari con rete e matrice inorganica;
- realizzazione cordolo sommitale tralicciato in acciaio;
- rifacimento della copertura in legno con nuova copertura non spingente in legno lamellare;
- realizzazione nuovi architravi e ripristino degli esistenti.

5.1.2 Dati generali

Posizione geografica

Provincia	Macerata
Zona sismica	2

Parametri di pericolosità sismica

Terreno di fondazione	Categoria B
Classe d'uso	2
Vita nominale della struttura	50 anni
Coefficiente d'uso	1
Periodo di riferimento azione sismica	50 anni

Tabella 5.1 - Spettri di progetto (SLU-SLD)

Stati limite	T_R	a_g / g	F_0	T^*_C	C_C
Stato limite operatività	30	0.0656	2.444	0.274	1.42
Stato limite di danno	50	0.0821	2.444	0.290	1.41
Stato limite salvaguardia vita	475	0.1960	2.535	0.333	1.37
Stato limite prevenzione collasso	975	0.2513	2.566	0.344	1.36

Stati limite	T_R	T_B	T_C	T_D	S_S
Stato limite operatività	30	0.130	0.391	1.863	1.20
Stato limite di danno	50	0.136	0.409	1.929	1.20
Stato limite salvaguardia vita	475	0.152	0.456	2.384	1.20
Stato limite prevenzione collasso	975	0.156	0.469	2.605	1.14

Coefficiente di amplificazione stratigrafica	S_S	1
Coefficiente di amplificazione topografica	T_1	1

Legenda:

- T_R Periodo di ritorno dell'azione sismica
- a_g/g Accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*_C Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale
- C_C Coefficiente in funzione della categoria di suolo
- T_B Periodo di inizio del tratto ad accelerazione costante dello spettro di progetto
- T_C Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di progetto
- T_D Periodo di inizio del tratto a spostamento costante dello spettro di progetto

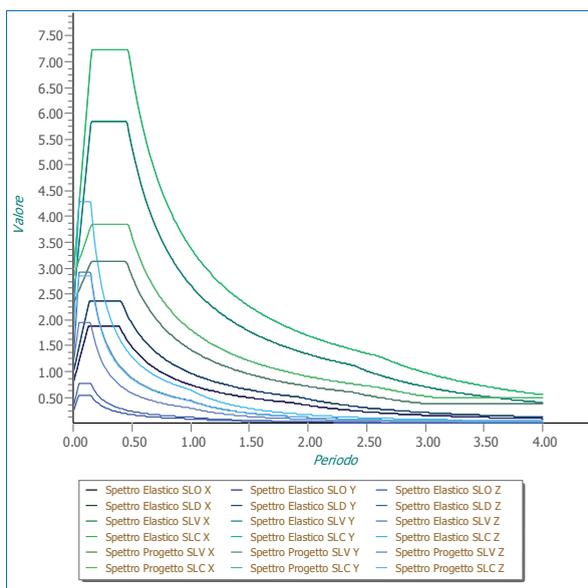


Figura 5.2 - Spettri di risposta

Per la definizione degli spettri di risposta, oltre all'accelerazione (a_g) al suolo (dipendente dalla classificazione sismica del Comune), occorre determinare il fattore di struttura (q).

Fattore di struttura (q_x) per sisma orizzontale in direzione X	1.875
Fattore di struttura (q_y) per sisma orizzontale in direzione Y	1.875
Fattore di struttura (q_z) per sisma verticale	1.500

5.1.2.1 Regolarità strutturale

Sia per la scelta del metodo di calcolo, sia per la valutazione del fattore di struttura adottato, deve essere effettuato il controllo della regolarità della struttura.

Nel caso specifico si ha:

Regolarità in pianta

La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento	Sì
Il rapporto tra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta inscritta è inferiore a 4	Sì
Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione	NO

Regolarità in elevazione

Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio	Sì
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base	NO
Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dall'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti [non significativo per le strutture in muratura]	-
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, né il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento	Sì

Pertanto la struttura risulta:

Regolarità della struttura

In pianta	In altezza
NON REGOLARE	NON REGOLARE

5.1.3 Rilievo fotografico



Figura 5.3 - Rilievi fotografici

5.1.4 Risultati (spostamenti)

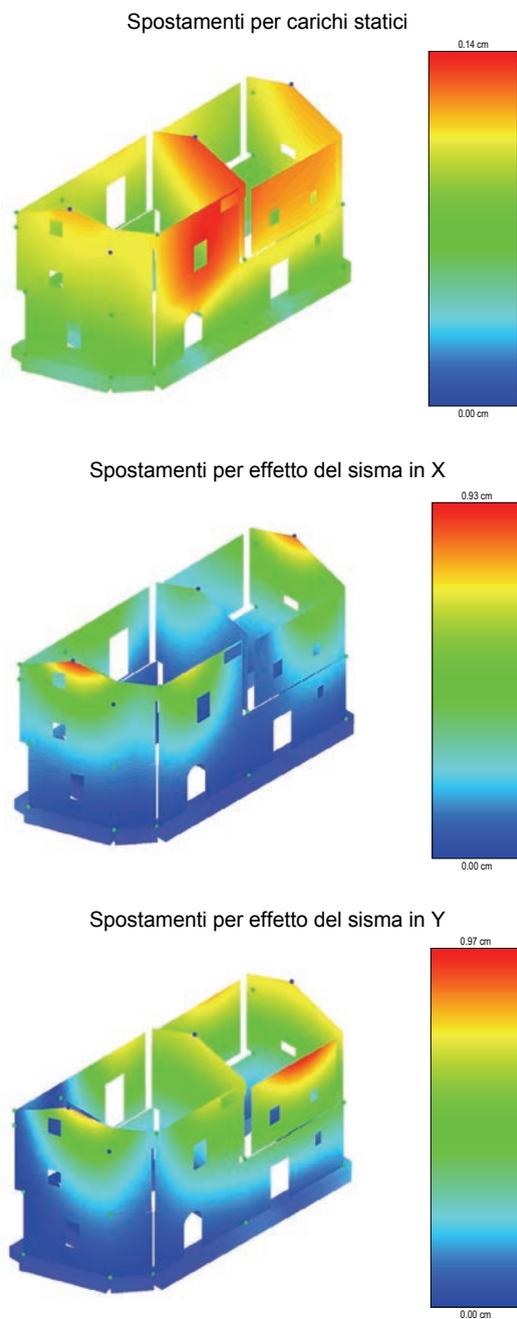
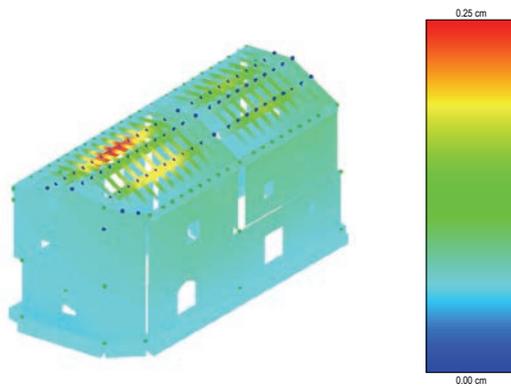
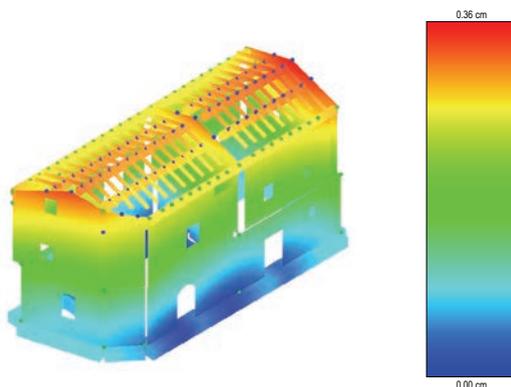


Figura 5.4 - Spostamenti stato di fatto

Spostamenti per carichi statici



Spostamenti per effetto del sisma in X



Spostamenti per effetto del sisma in Y

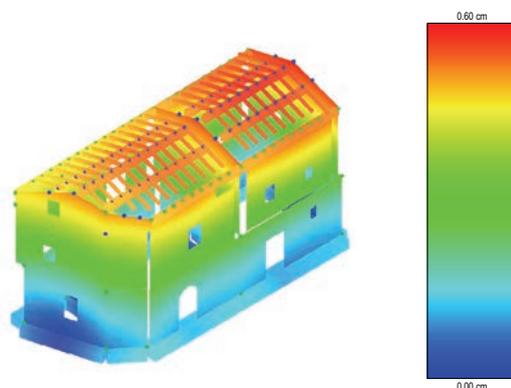


Figura 5.5 - Spostamenti stato di progetto

5.1.5 Interventi strutturali

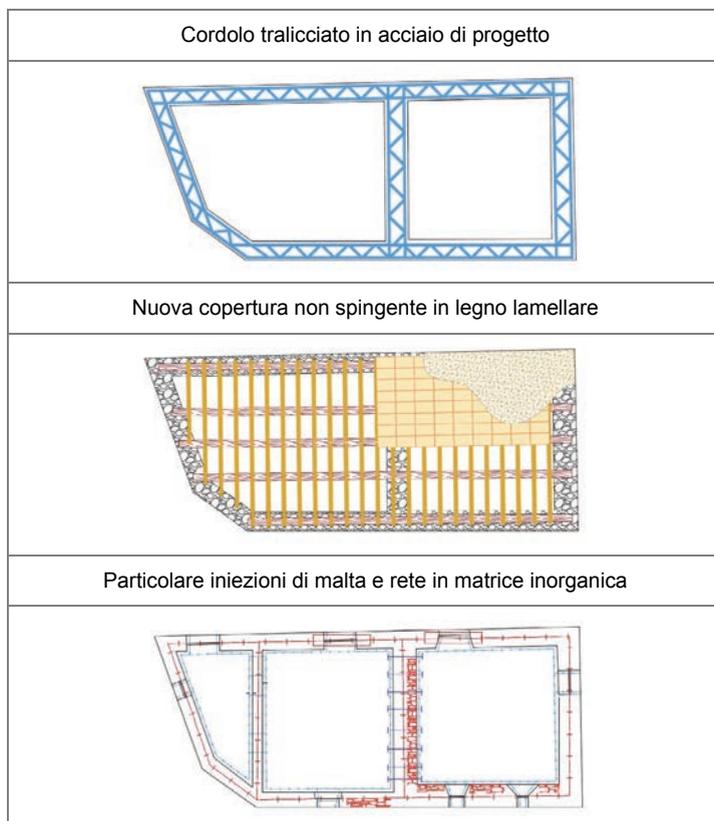


Figura 5.6 - Disegni degli interventi strutturali

5.1.6 Valutazione della vulnerabilità sismica (stato di fatto - stato di progetto)

Livello di conoscenza	Fattore di confidenza
LC1	1.35

Legenda:

LC1 = conoscenza limitata; LC2 = conoscenza adeguata; LC3 = conoscenza accurata.

Fattore di confidenza applicato alle proprietà dei materiali.

Metodo di analisi	Fattore di struttura q nella direzione del sisma	
	Sisma orizzontale in direzione X	Sisma orizzontale in direzione Y
Dinamica modale	1.875	1.875

5.1.6.1 Stato di fatto

Domanda-entità dell'azione sismica attesa

Stati limite	PGA _D [g]	T _{RD} [anni]
SLO	0.0788	30
SLD	0.0986	50
SLV	0.2352	475
SLC	0.2870	975

Legenda:

PGA_D Domanda in termini di accelerazione al sito ($S_S \cdot S_T \cdot a_g/g$).

T_{RD} Domanda in termini di periodo di ritorno.

Periodi fondamentali e masse partecipanti

Direzione	Periodo [s]	Modo di vibrare	Masse partecipanti [%]	Coefficiente di partecipazione
X	0.143	3	37.60	286.69
Y	0.164	1	52.28	338.07

Legenda:

Periodo

Periodo di vibrazione nella direzione considerata.

Modo di vibrare

Modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata.

Masse partecipanti

Percentuale di masse partecipanti relative al modo di vibrare che presenta il massimo coefficiente di partecipazione in valore assoluto nella direzione considerata.

Coefficiente di partecipazione

Coefficiente di partecipazione massimo, in valore assoluto, nella direzione considerata.

Capacità-entità dell'azione sismica sostenibile

SL	Tipo di rottura	Materiale	PGA _C [a _g /g]	T _{RC} [anni]
SLD	Spostamento interpiano	-	0.4715	>2475
SLV	Carico limite terreno	TER	0.9181	>2475
SLV	Deformazione ultima maschio	MU	0.6814	>2475
SLV	Pressoflessione fuori piano del maschio	MU	0.1294	97
SLV	Rottura nel piano del maschio	MU	0.1011	54

Legenda:

SL Stato limite raggiunto per il tipo di rottura considerato.

Materiale Tipologia di materiale per il tipo di rottura considerato: CA = Cemento armato; AC = Acciaio; MU = Muratura; TER = Terreno; - = parametro non significativo per il tipo di rottura.

Rottura Tipo di rottura per differenti elementi o meccanismi.

PGA_C Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di accelerazione al suolo. Se PGA_C = 0 → l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica. Se PGA_C = NS → Non significativo per valori di PGA_C ≥ 1.000.

T_{RC} Capacità, per il tipo di rottura considerato, in termini di periodo di ritorno [= T_{RD} · (PGA_C/PGA_D)^η con η = 1/0,41].

Indicatori di rischio sismico

Stato limite	ζ_E / α_{PGA}	α_{TR}
SLD	4.783	5.245
SLV	0.430	0.410

Legenda:

ζ_E / α_{PGA} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di accelerazione: PGA_C/PGA_D . NS = non significativo, per valori superiori o uguali a 100. 0 → la minima capacità, fra tutti i meccanismi di verifica considerati, è nulla.

α_{TR} Indicatore di rischio (rapporto tra capacità e domanda) in termini di periodo di ritorno: $(T_{RC}/T_{RD})^{0.41}$. NS = non significativo, per valori superiori o uguali a 100.

5.1.6.2 Stato di progetto
Domanda-entità dell'azione sismica attesa

Stato limite	PGA_D [g]	T_{RD} [anni]
SLO	0.0788	30
SLD	0.0986	50
SLV	0.2352	475
SLC	0.2870	975

Legenda: come par. 5.1.6.1 "Stato di fatto".

Periodi fondamentali e masse partecipanti

Direzione	Periodo [s]	Modo di vibrare	Masse partecipanti [%]	Coefficiente di partecipazione
X	0.085	2	83.76	446.35
Y	0.119	1	87.81	457.02

Legenda: come par. 5.1.6.1 "Stato di fatto".

Capacità-entità dell'azione sismica sostenibile

SL	Tipo di rottura	Materiale	PGA_C [a _g /g]	T_{RC} [anni]
SLD	Spostamento interpiano	-	1.1464	>2475
SLV	Carico limite terreno	TER	0.9973	>2475
SLV	Deformazione ultima maschio	MU	1.4229	>2475
SLV	Presso flessione fuori piano del maschio	MU	0.1764	215
SLV	Rottura nel piano del maschio	MU	0.4704	>2475

Legenda: come par. 5.1.6.1 "Stato di fatto".

Indicatori di rischio sismico

Stato limite	ζ_E / α_{PGA}	α_{TR}
SLD	11.630	7.549
SLV	0.750	0.723

Legenda: come par. 5.1.6.1 "Stato di fatto".

Dal confronto tra lo stato di fatto e di progetto, considerando il minore tra l'indicatore di rischio in termini di PGA e di periodo di ritorno, a seguito degli interventi strutturali previsti, si ha un incremento da 0.410 a 0.723.

5.1.6.3 Accelerazioni sismiche di collasso

Di seguito si riportano, per ciascun maschio murario, le accelerazioni sismiche di collasso e i rapporti tra capacità e domanda in termini di PGA relativi alle verifiche di:

- pressoflessione nel piano;
- pressoflessione fuori piano;
- taglio nel piano;
- deformazione ultima del maschio.

Inoltre si evidenziano, sia per lo stato di fatto che per lo stato di progetto, i valori da cui derivano gli indicatori di rischio sismico in termini di PGA (ζ_E/α_{PGA}) relativi allo stato limite di salvaguardia della vita, definiti come il minor rapporto tra la PGA di capacità e di domanda (PGA_C/PGA_D).

Tabella 5.2 - Stato di fatto

Id _{Mu}	PGA _{NP}	PGA _C	PGA _{FP}	PGA _C	PGA _{TNP}	PGA _C	PGA _{DF}	PGA _C	
		PGA _D		PGA _D		PGA _D		PGA _D	
		[%]			[%]	[%]			[%]
Primo impalcato									
Maschio 21	0,470	200	0,470	200	0,416	177	0,796	200	
Maschio 22	0,470	200	0,470	200	0,101	43	0,796	200	
Maschio 25	0,407	173	0,383	163	0,470	200	0,796	200	
Maschio 24	0,470	200	0,470	200	0,470	200	0,796	200	
Maschio 23	0,470	200	0,449	191	0,470	200	0,796	200	
Maschio 27	0,426	181	0,414	176	0,181	77	0,796	200	
Maschio 29	0,470	200	0,412	175	0,162	69	0,796	200	
Maschio 28	0,470	200	0,470	200	0,470	200	0,796	200	
Maschio 30	0,470	200	0,470	200	0,214	91	0,796	200	
Maschio 32	0,470	200	0,466	198	0,207	88	0,796	200	
Maschio 31	0,470	200	0,376	160	0,148	63	0,796	200	
Maschio 33	0,470	200	0,470	200	0,120	51	0,796	200	
Maschio 34	0,470	200	0,449	191	0,303	129	0,796	200	
Secondo impalcato									
Maschio 7	0,433	184	0,129	55	0,176	75	0,681	200	
Maschio 9	0,470	200	0,233	99	0,470	200	0,681	200	
Maschio 8	0,470	200	0,430	183	0,129	55	0,681	200	
Maschio 11	0,470	200	0,355	151	0,470	200	0,681	200	
Maschio 10	0,430	183	0,433	184	0,310	132	0,681	200	
Maschio 12	0,470	200	0,426	181	0,212	90	0,681	200	
Maschio 14	0,452	192	0,353	150	0,127	54	0,681	200	
Maschio 13	0,470	200	0,367	156	0,143	61	0,681	200	
Maschio 17	0,428	182	0,369	157	0,470	200	0,681	200	
Maschio 16	0,313	133	0,414	176	0,174	74	0,681	200	
Maschio 15	0,470	200	0,332	141	0,470	200	0,681	200	
Maschio 18	0,470	200	0,470	200	0,146	62	0,681	200	
Maschio 20	0,470	200	0,398	169	0,233	99	0,681	200	
Maschio 19	0,470	200	0,470	200	0,174	74	0,681	200	
Maschio 35	0,470	200	0,282	120	0,103	44	0,681	200	
Sottotetto									
Maschio 1	0,470	200	0,470	200	0,388	165	NS	200	
Maschio 2	0,421	179	0,470	200	0,329	140	NS	200	
Maschio 3	0,470	200	0,470	200	0,329	140	NS	200	
Maschio 4	0,470	200	0,470	200	0,402	171	NS	200	
Maschio 6	0,301	128	0,318	135	0,209	89	NS	200	
Maschio 5	0,470	200	0,470	200	0,355	151	NS	200	

Tabella 5.3 - Stato di progetto

Id _{Mu}	PGA _{NP}	$\frac{PGA_C}{PGA_D}$	PGA _{FP}	$\frac{PGA_C}{PGA_D}$	PGA _{TNP}	$\frac{PGA_C}{PGA_D}$	PGA _{DF}	$\frac{PGA_C}{PGA_D}$
		[%]		[%]		[%]		[%]
Primo impalcato								
Maschio 20	0,470	200	0,468	199	0,470	200	1,439	200
Maschio 21	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,439	200
Maschio 24	0,470	200	0,263	112	0,470	200	1,439	200
Maschio 23	0,470	200	0,369	157	0,470	200	1,439	200
Maschio 22	0,470	200	0,423	180	0,470	200	1,439	200
Maschio 25	0,470	200	0,343	146	0,470	200	1,439	200
Maschio 26	0,470	200	0,400	170	0,470	200	1,439	200
Maschio 28	0,470	200	0,315	134	0,470	200	1,439	200
Maschio 27	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,439	200
Maschio 29	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,439	200
Maschio 31	0,470	200	0,419	178	0,470	200	1,439	200
Maschio 30	0,470	200	0,388	165	0,470	200	1,439	200
Maschio 32	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,439	200
Maschio 33	0,470	200	0,393	167	0,470	200	1,439	200
Secondo impalcato								
Maschio 6	0,470	200	0,181	77	0,470	200	1,423	200
Maschio 10	0,470	200	0,268	114	0,470	200	1,423	200
Maschio 9	0,470	200	0,386	164	0,470	200	1,423	200
Maschio 11	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,423	200
Maschio 12	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,423	200
Maschio 15	0,470	200	0,242	103	0,470	200	1,423	200
Maschio 14	0,470	200	0,176	75	0,470	200	1,423	200
Maschio 13	0,470	200	0,226	96	0,470	200	1,423	200
Maschio 16	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,423	200
Maschio 18	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,423	200
Maschio 17	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,423	200
Maschio 19	0,470	200	0,470	200	0,470	200	1,423	200
Sottotetto								
Maschio 1	0,470	200	0,454	193	0,470	200	NS	200
Maschio 2	0,470	200	0,470	200	0,470	200	NS	200
Maschio 3	0,470	200	0,470	200	0,470	200	NS	200
Maschio 5	0,470	200	0,301	128	0,470	200	NS	200
Maschio 4	0,470	200	0,306	130	0,470	200	NS	200

Legenda:

Id _{Mu}	Identificativo del maschio murario.
PGA _{NP}	Accelerazione sismica di collasso minima per <i>pressoflessione nel piano</i> . 0 = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica. NS = Non significativo per valori di PGA _{NP} ≥ 1.000.
PGA _{FP}	Accelerazione sismica di collasso minima per <i>pressoflessione fuori piano</i> . 0 = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica. NS = Non significativo per valori di PGA _{FP} ≥ 1.000.
PGA _{TNP}	Accelerazione sismica di collasso minima per <i>taglio nel piano</i> . 0 = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica. NS = Non significativo per valori di PGA _{TNP} ≥ 1.000.
PGA _{DF}	Accelerazione sismica di collasso minima per <i>deformazione ultima del maschio</i> . 0 = l'elemento risulta non verificato già per i carichi verticali presenti nella combinazione sismica. NS = Non significativo per valori di PGA _{DF} ≥ 1.000.
PGA _C /PGA _D	Rapporto tra la PGA di "capacità" (PGA _C) dell'elemento e quella di "domanda" (PGA _D = S _S · S _T · a _g /g). 200 = PGA _C > 2 · PGA _D .

Tratto da

Costruzioni in muratura

PROGETTO - VERIFICA - RECUPERO



Segue l'indice del volume



INDICE

PREFAZIONE	5
CAPITOLO 1 - Carichi su costruzioni in muratura	13
1.1 Pesi per unità di volume	13
1.2 Classificazione delle azioni	23
1.3 Analisi dei carichi statici permanenti	25
1.4 Analisi dei carichi statici variabili	28
1.5 Azione sismica	36
1.5.1 Periodo di riferimento	36
1.5.2 Vita nominale di una struttura	36
1.5.3 Classi d'uso	39
1.5.4 Coefficiente d'uso	39
1.5.5 Valutazione del periodo di riferimento V_R	40
1.5.6 Calcolo dell'azione sismica	41
1.5.6.1 <i>Premessa</i>	41
1.5.6.2 <i>Stati limite ultimi</i>	43
1.5.6.3 <i>Stati limite di esercizio</i>	43
1.5.6.4 <i>Probabilità di superamento nel periodo di riferimento</i>	43
1.5.6.5 <i>Categorie di sottosuolo</i>	46
1.5.6.6 <i>Spettro di risposta elastico in accelerazione</i>	47
1.5.6.7 <i>Velocità e spostamento orizzontale del terreno</i>	50
1.5.6.8 <i>Spettri di risposta di progetto per SLD, SLV e SLC</i>	50
1.5.6.9 <i>Spettri di risposta di progetto per SLO</i>	51
1.6 Esempi di calcolo dell'azione sismica	51
1.6.1 Confronto spettri di progetto al variare della categoria di sottosuolo	51
1.6.1.1 <i>Caso 1: suolo di fondazione di categoria A</i>	53
1.6.1.2 <i>Caso 2: suolo di fondazione di categoria B</i>	54
1.6.1.3 <i>Caso 3: suolo di fondazione di categoria C</i>	55
1.6.2 Confronto spettri di progetto al variare del coefficiente di amplificazione topografica S_T	55
1.6.2.1 <i>Caso 4: coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,00$</i>	56
1.6.2.2 <i>Caso 5: coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,20$</i>	57
1.6.2.3 <i>Caso 6: coefficiente di amplificazione topografica $S_T = 1,40$</i>	58
1.6.3 Spettri di progetto per struttura non regolare in pianta e in altezza	59
1.6.3.1 <i>Caso 7: struttura non regolare in pianta e in altezza</i>	60
1.7 Bollettino sismico	61

CAPITOLO 2 - Analisi delle norme tecniche sulle murature	63
2.1 Definizioni (§ 4.5.1 NTC)	63
2.2 Materiali e caratteristiche tipologiche (§ 4.5.2 NTC)	63
2.2.1 Malte	63
2.2.1.1 <i>Malte a prestazione garantita (§ 11.10.2.1 NTC)</i>	63
2.2.1.2 <i>Malte a composizione prescritta (§ 11.10.2.2 NTC)</i>	64
2.2.1.3 <i>Malte secondo Eurocodice 6</i>	65
2.2.2 Elementi resistenti in muratura (§ 4.5.2.2 NTC)	65
2.2.2.1 <i>Elementi artificiali</i>	65
2.2.2.2 <i>Elementi naturali</i>	67
2.2.3 Murature (§ 4.5.2.3 NTC)	67
2.2.4 Eurocodice 6, coefficiente parziale γ_M	68
2.3 Caratteristiche meccaniche delle murature (§ 4.5.3 NTC)	69
2.3.1 Valutazione dei parametri meccanici delle murature (§ 11.10.3 NTC)	69
2.3.1.1 <i>Resistenza a compressione delle murature per via sperimentale</i> ...	69
2.3.1.2 <i>Stima della resistenza a compressione delle murature</i>	70
2.3.1.3 <i>Resistenza a compressione delle murature secondo EC6</i>	71
2.3.1.3.1 Letti di malta non interrotti	71
2.3.1.3.2 Letti di malta interrotti	73
2.3.1.4 <i>Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali per via sperimentale</i>	74
2.3.1.5 <i>Resistenza caratteristica a taglio</i>	74
2.3.1.6 <i>Resistenza caratteristica a taglio secondo EC6</i>	75
2.3.1.7 <i>Moduli di elasticità secanti</i>	77
2.3.1.8 <i>Proprietà di deformazione della muratura secondo EC6</i>	77
2.3.1.9 <i>Resistenza caratteristica a flessione secondo EC6</i>	78
2.4 Organizzazione strutturale (§ 4.5.4 NTC, § C4.5.4 Circolare)	79
2.4.1 Principi di progettazione per strutture in muratura	80
2.4.1.1 <i>Considerazioni generali</i>	80
2.4.1.2 <i>Scolarità</i>	82
2.4.1.3 <i>Concezione strutturale: generalità</i>	83
2.5 Analisi strutturale e verifiche (§§ 4.5.5 e 4.5.6 NTC, §§ C4.5.5 e C4.5.6 Circolare) ..	84
2.5.1 Resistenze di progetto	84
2.5.1.1 <i>Analisi strutturale secondo EC6</i>	85
2.5.2 Verifiche agli stati limite ultimi (§ 4.5.6.2 NTC)	87
2.5.2.1 <i>Osservazioni</i>	89
2.5.3 Verifiche: stati limite di esercizio e semplificate	90
CAPITOLO 3 - Prescrizioni per murature in zona sismica	93
3.1 Generalità	93
3.2 Progettazione per azioni sismiche (cap. 7 NTC)	93

3.2.1	Requisiti nei confronti degli stati limite (§ 7.1 NTC)	96
3.2.2	Criteri generali di progettazione	100
3.2.3	Ancora sui criteri	102
3.2.4	Regolarità in pianta degli edifici	103
3.2.5	Regolarità in elevazione degli edifici	104
3.2.6	Altre caratteristiche	106
3.2.6.1	<i>Rigidezza</i>	107
3.2.6.1.1	Elementi di grande rigidezza	108
3.2.6.2	<i>Iperstaticità</i>	108
3.2.7	Distanza tra costruzioni	108
3.2.8	Altezza massima dei nuovi edifici e limitazione in funzione della larghezza stradale	109
3.3	Sistemi strutturali (§ 7.2.2 NTC, § C7.2.2 Circolare)	110
3.3.1	Elementi secondari (§ 7.2.3 NTC)	112
3.3.2	Elementi non strutturali	113
3.3.3	Requisiti delle fondazioni (§ 7.2.5 NTC)	114
3.3.3.1	<i>Fondazioni superficiali</i>	114
3.3.3.2	<i>Fondazioni su pali</i>	115
3.3.3.2.1	Zone dissipative	115
3.3.3.2.2	Altre considerazioni	115
3.4	Modellazione strutturale (§ 7.2.6 NTC, § C7.2.6 Circolare)	116
3.5	Metodi di analisi (§ 7.3.1 NTC)	117
3.5.1	Fattore di comportamento	118
3.6	Metodi di analisi e di verifica	120
3.6.1	Analisi lineare dinamica	120
3.6.2	Analisi lineare statica	122
3.6.3	Criteri di verifica agli stati limite	123
3.7	Costruzioni di muratura (§ 7.8 NTC, § C7.8 Circolare)	124
3.7.1	Generalità	124
3.7.2	Materiali e fattori di struttura	125
3.7.3	Criteri di progetto e requisiti geometrici	127
3.7.4	Metodi di analisi	128
3.7.4.1	<i>Analisi lineare statica</i>	128
3.7.4.2	<i>Analisi dinamica modale</i>	129
3.7.4.3	<i>Analisi statica non lineare</i>	129
3.7.4.4	<i>Analisi dinamica non lineare</i>	130
3.7.5	Verifiche di sicurezza	130
3.7.6	Costruzioni in muratura ordinaria	132
3.7.6.1	<i>Generalità</i>	132
3.7.6.2	<i>Verifiche di sicurezza</i>	133
3.7.6.2.1	Pressoflessione nel piano	133

3.7.6.2.2	Taglio	133
3.7.6.2.3	Pressoflessione fuori piano	133
3.7.7	Costruzioni in muratura confinata	134
3.7.8	Strutture miste (§ 7.8.5 NTC, § C7.8.5 Circolare)	134
3.7.9	Regole di dettaglio (§ 7.8.6 NTC, § C7.8.6 Circolare)	135
3.7.9.1	<i>Murature ordinarie</i>	135
3.7.9.2	<i>Murature armate</i>	135
3.7.9.3	<i>Murature confinate</i>	136
3.8	Regole specifiche secondo EC8	136
3.8.1	Materiali	137
3.8.2	Tipologie	137
3.8.3	Analisi strutturali	138
3.8.4	Criteri di progettazione	138
3.8.5	Verifiche di sicurezza	140
CAPITOLO 4	- Costruzioni esistenti	141
4.1	Generalità	141
4.2	Valutazione della sicurezza	143
4.3	Classificazione degli interventi	145
4.3.1	Riparazioni o intervento locale	145
4.3.2	Intervento di miglioramento	146
4.3.3	Intervento di adeguamento	147
4.4	Modello di calcolo	148
4.4.1	Analisi storico-critica	149
4.4.2	Rilievo – Costruzioni in muratura	149
4.4.3	Caratterizzazione meccanica delle murature	150
4.4.4	Livelli di Conoscenza e Fattori di Confidenza	153
4.4.5	Azioni	156
4.5	Materiali	156
4.6	Progettazione degli interventi	157
4.6.1	Costruzioni in muratura	157
4.6.2	Criteri e tipi di intervento	159
4.6.3	Criteri per interventi su edifici in muratura	159
4.6.3.1	<i>Diaframmi di piano</i>	160
4.6.3.2	<i>Connessioni tra pareti e tra pareti e diaframmi</i>	160
4.6.3.3	<i>Connessioni dei paramenti</i>	161
4.6.3.4	<i>Consolidamento delle murature</i>	162
4.6.4	Elaborati del progetto dell'intervento (§ 8.7.5 NTC, § C8.7.5 Circolare)	162

CAPITOLO 5 - Progetti svolti su costruzioni esistenti e nuove	165
5.1 Caso n. 1: miglioramento sismico di un fabbricato vetusto	167
5.1.1 Descrizione dell'intervento strutturale	167
5.1.2 Dati generali	167
5.1.2.1 <i>Regolarità strutturale</i>	169
5.1.3 Rilievo fotografico	170
5.1.4 Risultati (spostamenti)	171
5.1.5 Interventi strutturali	173
5.1.6 Valutazione della vulnerabilità sismica (stato di fatto - stato di progetto)	173
5.1.6.1 <i>Stato di fatto</i>	174
5.1.6.2 <i>Stato di progetto</i>	175
5.1.6.3 <i>Accelerazioni sismiche di collasso</i>	176
5.2 Caso n. 2: miglioramento sismico di un fabbricato recente	179
5.2.1 Descrizione dell'intervento strutturale	179
5.2.2 Dati generali	179
5.2.2.1 <i>Regolarità strutturale</i>	181
5.2.3 Rilievo fotografico	182
5.2.4 Risultati (spostamenti)	183
5.2.5 Interventi strutturali	185
5.2.6 Valutazione della vulnerabilità sismica (stato di fatto - stato di progetto)	185
5.2.6.1 <i>Stato di fatto</i>	186
5.2.6.2 <i>Stato di progetto</i>	186
5.2.6.3 <i>Accelerazioni sismiche di collasso</i>	187
5.3 Caso n. 3: adeguamento sismico di un casello ferroviario	190
5.3.1 Descrizione dell'intervento strutturale	190
5.3.2 Dati generali	190
5.3.2.1 <i>Regolarità strutturale</i>	192
5.3.3 Rilievo fotografico	193
5.3.4 Risultati (spostamenti)	194
5.3.5 Interventi strutturali	196
5.3.6 Valutazione della vulnerabilità sismica (stato di fatto - stato di progetto)	199
5.3.6.1 <i>Stato di fatto</i>	199
5.3.6.2 <i>Stato di progetto</i>	200
5.3.6.3 <i>Accelerazioni sismiche di collasso</i>	200
5.4 Caso n. 4: miglioramento sismico di un fabbricato rurale	203
5.4.1 Descrizione dell'intervento strutturale	203
5.4.2 Dati generali	203
5.4.2.1 <i>Regolarità strutturale</i>	205
5.4.3 Rilievo fotografico	206
5.4.4 Risultati (spostamenti)	207

5.4.5	Interventi strutturali	209
5.4.6	Valutazione della vulnerabilità sismica (stato di fatto - stato di progetto)	212
5.4.6.1	<i>Stato di fatto</i>	212
5.4.6.2	<i>Stato di progetto</i>	213
5.4.6.3	<i>Accelerazioni sismiche di collasso</i>	214
5.5	Caso n. 5: nuova opera	215
5.5.1	Descrizione dell'intervento strutturale	215
5.5.2	Dati generali	216
5.5.2.1	<i>Regolarità strutturale</i>	217
5.5.3	Risultati (spostamenti)	219
5.5.4	Progettazione strutturale	221
5.5.5	Verifiche maschi murari	223
BIBLIOGRAFIA		229
INDICE DELLE FIGURE		230
INDICE DELLE TABELLE		232
INDICE ANALITICO		236

Miglioramento sismico di un fabbricato vetusto in muratura

a cura di

Giuseppe Albano

Ingegnere, fondatore di Calcolostrutture.com s.r.l., specialista in antisismica per professionisti, ha maturato elevata esperienza nell'ingegneria strutturale ed antisismica ed è considerato a livello nazionale un autorevole consulente in ingegneria strutturale applicata. È autore di numerosi libri tecnici e relatore in convegni e seminari sul tema della sicurezza antisismica.

Tratto da

Costruzioni in muratura

PROGETTO - VERIFICA - RECUPERO



*Carichi e azioni sulle costruzioni in muratura
Normativa tecnica sulle murature
Prescrizioni per le murature in zona sismica
Valutazione delle costruzioni esistenti e interventi
Progetti svolti su costruzioni esistenti e nuove*

