



EDIFICI ESISTENTI IN MURATURA: ESPERIENZE DAI SISMI RECENTI E NUOVE NTC

Prof. Ing. Antonio Borri

*Ordinario di Scienza delle Costruzioni nell'Università degli Studi di Perugia
Presidente Centro Studi Mastrodicasa
Fondatore e Coordinatore del Master di II livello in "Restauro e consolidamento
del costruito storico e monumentale"*

Email: antonio.borri@unipg.it

ESPERIENZE DAI SISMI RECENTI:

CONFERME DI QUANTO SAPPIAMO DA TEMPO SUL COMPORTAMENTO MECCANICO DELLE MURATURE

Due sono gli elementi fondamentali ai fini del comportamento meccanico di una costruzione in muratura:

- la qualità muraria
- i collegamenti

CONFERMA DEL COMPORTAMENTO "SUI GENERIS" DELLE COSTRUZIONI IN MURATURA

Comportamento murature \neq comportamento costruzioni in c.a. o acciaio

Comportamento murature storiche \neq comportamento murature moderne

Motivi:

- 1) Non resistenza a trazione (NRT)
- 2) Vincoli monolateri (resistono solo in una direzione, solitamente quella verticale)

(Slide del 2004)

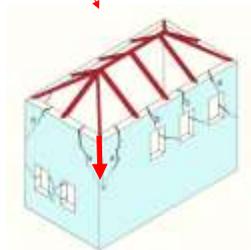
Conseguenze di:

- 1) NRT
 - 2) Vincoli monolateri

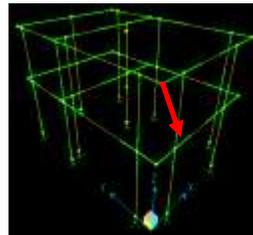
Distinzione tra "costruzione" e "struttura resistente"
per gli edifici in muratura



Meccanismi locali e non comportamento globale
(almeno per gli edifici storici "non manomessi")



In una costruzione in muratura una azione localizzata produce effetti localizzati
struttura resistente = f (azione)



In una costruzione realizzata con materiali "moderni" una forza applicata in un punto produce effetti in tutta la struttura.
struttura resistente = tutta, sempre

Prima di qualsiasi analisi occorre chiedersi se la qualità muraria è tale da poter garantire un comportamento meccanico (meccanismi locali o globali) oppure si ha **disgregazione** della fabbrica muraria.



Nella normativa si suppone che tale qualità sia sufficiente:

CASO 2

- muratura di qualità sufficiente/buona
- assenza di sistemi di collegamento diffusi sull'intero edificio

→ comportamento "locale"
(**meccanismi locali**)

CASO 3

- muratura di buona qualità
- efficaci collegamenti fra elementi strutturali

→ **comportamento "globale"**
(pareti impegnate "nel piano"
e che rispondono insieme)

CASO 1

- muratura di qualità insufficiente



Qualità muraria insufficiente ... → **DISGREGAZIONE MURARIA**



Tino, fraz. Accumoli (foto Ing. Andrea Barocci)



Comportamento locale

CASO 2

- muratura di qualità sufficiente/buona
- solai e copertura deformabili nel loro piano

→ comportamento per
"sottosistemi locali"
(meccanismi locali)



Centro Storico dell'Aquila

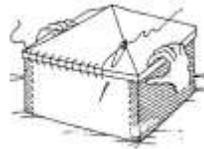
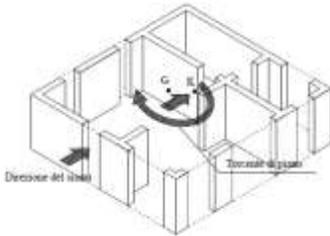


Comportamento globale

CASO 3

- muratura di buona qualità
- efficaci collegamenti fra elementi strutturali
- solai e copertura rigidi nel loro piano

→ comportamento globale (d'insieme)



→ risposta sismica principalmente tramite meccanismi nel piano delle murature ed evitando significativi impegni per azioni ortogonali,
→ impegno dell'intera struttura e non singoli elementi: se crolla una parete le altre pareti si fanno carico della diminuzione di resistenza

STEP	Situazione strutturale		Comportamento sismico	Analisi più adatta	Intervento prioritario
0	Muratura di qualità meccanica insufficiente		Disgregazione muratura	Valutazione qualità muraria	Migliorare la qualità della muratura e la sua coesione interna
1	Muratura di sufficiente qualità Assenza di collegamenti efficaci		Locale (formazione di cinematismi)	Analisi cinematica dei meccanismi di collasso Analisi per carichi verticali (solai, copertura) Riconoscimento delle vulnerabilità locali	Inserire vincoli (catene, collegamenti, etc...) Rinforzo di solai e coperture (se necessario) Eliminare vulnerabilità
2	Muratura di sufficiente qualità e presenza di collegamenti efficaci e diffusi sull'intera costruzione	Impalcati deformabili	Complessivo (risposta d'insieme e carichi per zone d'influenza) Assenza di effetti torcenti globali	Analisi non lineare su modello 3D Analisi non lineare per allineamenti	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti
		Impalcati rigidi	Globale (risposta d'insieme e carichi proporzionali alle rigidità) Presenza di effetti torcenti globali	Analisi non lineare su modello 3D	Migliorare resistenza e capacità deformativa degli elementi resistenti

“Gerarchia delle resistenze” per gli edifici esistenti in muratura

La qualità muraria:

fondamentale per l'analisi
e prerequisito per qualsiasi
ipotesi di intervento

Importanza della
qualità muraria



Qualità muraria insufficiente ... → DISGREGAZIONE MURARIA

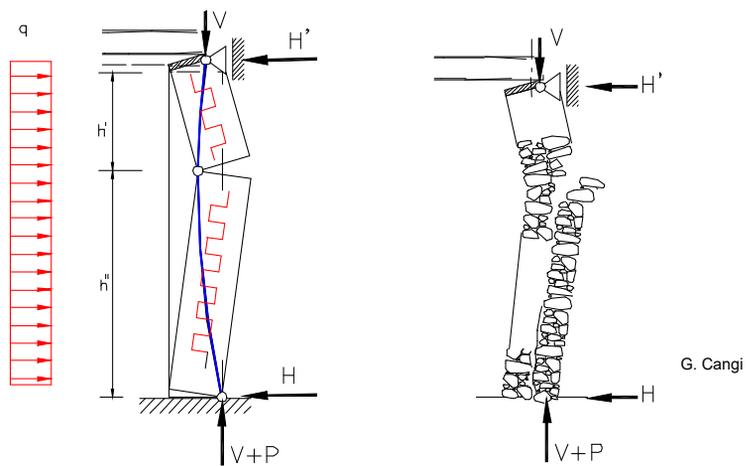


Qualità muraria insufficiente ... → DISGREGAZIONE MURARIA

DISGREGAZIONE MURARIA



Senza qualità non si hanno cinematismi



.. e senza cinematismi non possiamo nemmeno iniziare a ragionare.



Inutile inserire collegamenti e catene se la qualità muraria è scadente.
La qualità muraria rimane il primo requisito per la sicurezza

I disastri connessi con la disgregazione muraria si ripetono ad ogni sisma ..



Messina, 1908

Courtesy of Ing. Manlio Marino



Friuli 1976

Irpinia 1980

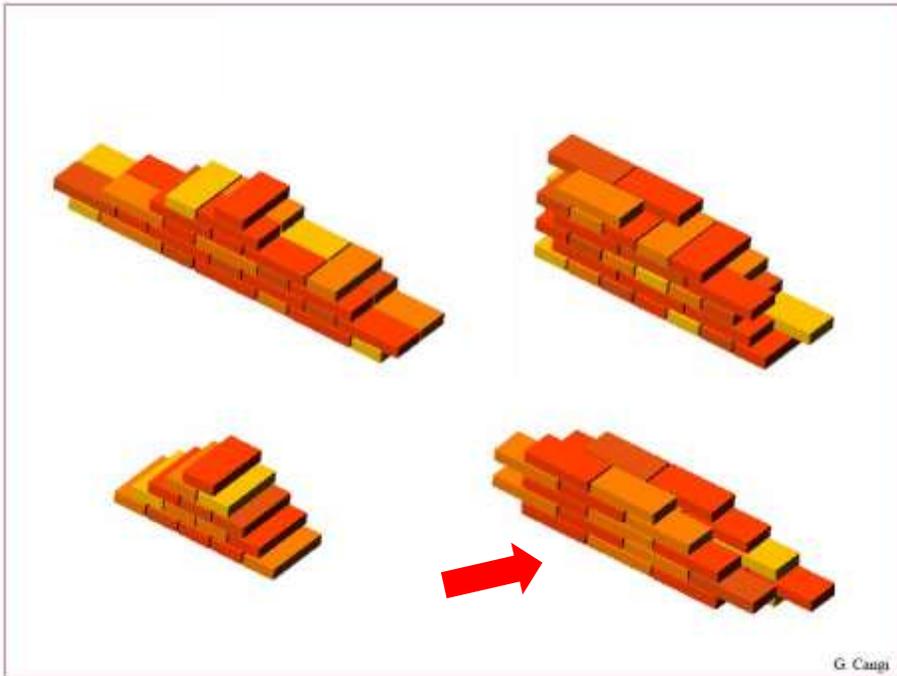


Umbria 1997



ABRUZZO 6 Aprile 2009

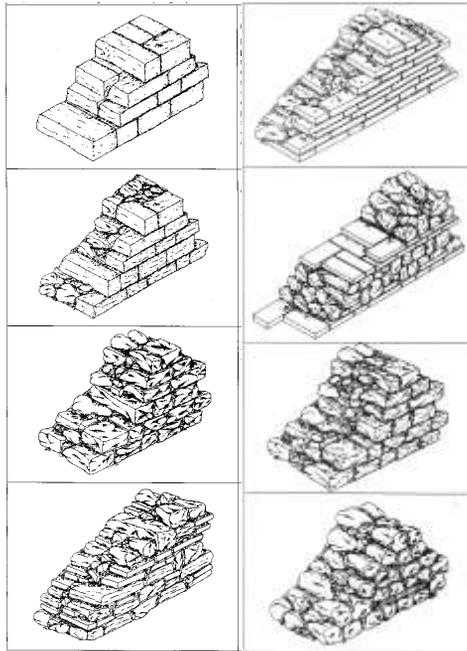
Orologio della chiesa di Sant'Eusanio a Sant'Eusanio
Forconese, fermo alle ore 3.32 del 6 aprile 2009
(Foto Prof. V. Ceradini)





METODI PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ MURARIA

Parametri della regola dell'arte
Classificazione con il METODO IQM



Dal Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici – DEI



Norcia 2016

Le tipologie murarie influenzano il comportamento meccanico della stessa muratura

Esistono moltissime varietà di muratura, alcune presenti solo in determinati contesti geografici o sociali (es. muri di fango)



Pescara sul Tronto 2016



IQM
Indice di Qualità Muraria
(A. Borri – A. De Maria)

Publicazioni sul metodo IQM (reperibili sul sito Mastrodicasa)

- A. BORRI, A. DE MARIA, (2009) **“L’indice di Qualità Muraria (IQM): evoluzione ed applicazione nell’ambito delle norme tecniche per le costruzioni del 2008”** – XIII Convegno ANIDIS “L’ingegneria Sismica in Italia”, Bologna, Palazzo “Re Enzo” 28 giugno - 2 luglio 2009
- A. BORRI, A. DE MARIA, G. PACI, (2011) **“Resistenza a taglio delle murature: prove diagonali e correlazione con l’Indice di Qualità Muraria IQM”** – XIV Convegno di Ingegneria Sismica, organizzato da ANIDIS “Associazione Nazionale di Ingegneria Sismica” e dal Politecnico di Bari, 18- 22 settembre 2011, Bari
- A. BORRI, A. DE MARIA, M. MARINO, F. NERI, (2014) **“Experimental data of friction coefficient for some types of masonry and its correlation with an index of quality masonry (IQM)”** – Second European Conference of Earthquake Engineering and Seismology, Istanbul 25-29 August, 2014
- A. BORRI, A. DE MARIA, (2015) **“Indice di Qualità Muraria (IQM): Correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza”** – 16° convegno Associazione Nazionale Italiana di Ingegneria Sismica, L’Aquila 13-17 settembre 2015
- A. BORRI, G. CASTORI, M. CORRADI, A. DE MARIA, (2015) **“A method for the analysis and classification of historic masonry”** – Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 13 (2015), pp. 2647–2665
- A. BORRI, A. DE MARIA, (2015) **“Indice di Qualità Muraria (IQM): correlazione con le caratteristiche meccaniche e livelli di conoscenza”** - Progettazione Sismica – Vol. 6, N. 2.

Documentazione sul metodo IQM anche sul sito di ReLUIIS:

The screenshot shows the ReLUIIS website interface. At the top, there is a search bar and a navigation menu with items: Home, Cosa è ReLUIIS, Ricerca, Eventi, Progettazioni, Divulgazioni, Archivio news, Contatti, and Amministrazione. The main content area displays a 'Report' section with the following details:

- Report**
- Venerdì 27 Ottobre 2017 18:48
- WPI_1-1_2015UNIPG**
- A. Borri, A. De Maria: indice di Qualità Muraria (IQM) e correlazione con le caratteristiche meccaniche
- Allegato 1 - Linee guida per la compilazione della scheda IQM
- Ultimo aggiornamento: Venerdì 27 Ottobre 2017 18:48

The footer of the page contains the text: © 2009 ReLUIIS (rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica) and a link to credits.

Link:

http://www.reluis.it/index.php?option=com_content&view=article&id=558&Itemid=199&lang=it

IQM : INDICE DI QUALITA' MURARIA

OBIETTIVI:

- a) valutazione della qualità muraria espressa mediante un indice;
- b) stima dei parametri meccanici della muratura necessari per effettuare le verifiche di sicurezza richieste dalle NTC 2008 per gli edifici esistenti.

Parametri della regola dell'arte

MA. = qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe;

P.D. = ingranamento trasversale / presenza dei diatoni;

F.EL. = forma degli elementi resistenti;

D.EL. = dimensione degli elementi resistenti;

S.G. = sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano della parete;

OR. = orizzontalità dei filari;

RE.EL. = resistenza degli elementi.

Giudizio sul rispetto dei parametri della regola dell'arte:

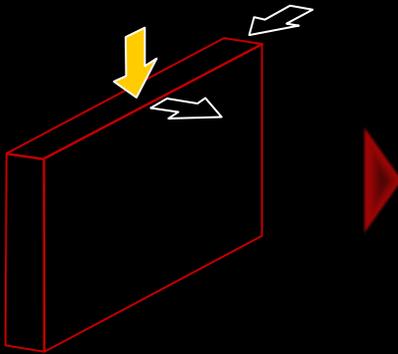
R. = parametro rispettato;

P.R. = parametro parzialmente rispettato;

N.R. = parametro non rispettato.

Valutazione di IQM → tramite i giudizi sul grado di rispetto della regola dell'arte si valuta l'IQM per azioni verticali, orizzontali ortogonali al piano e orizzontali nel piano

QUALITA' MURARIA DISTINTA PER TIPO DI AZIONE

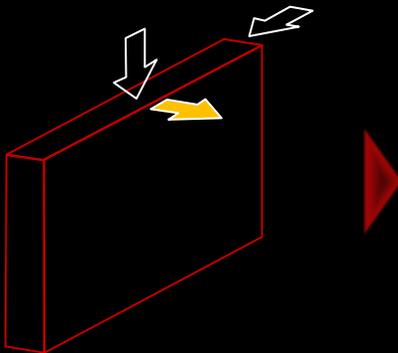


attenzione: IQM va distinto in base alla direzione dell'azione sollecitante (tre indici di qualità muraria):

- 1) *IQM per azioni verticali;*
- 2) *IQM per azioni ortogonali al piano;*
- 3) *IQM per azioni nel piano.*

Tipologie murarie che possono essere considerate buone o accettabili per un tipo di azioni possono non esserlo per un tipo di carico diverso

QUALITA' MURARIA DISTINTA PER TIPO DI AZIONE

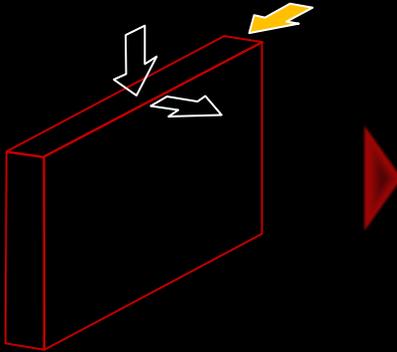


attenzione: IQM va distinto in base alla direzione dell'azione sollecitante (tre indici di qualità muraria):

- 1) *IQM per azioni verticali;*
- 2) *IQM per azioni ortogonali al piano;*
- 3) *IQM per azioni nel piano.*

Tipologie murarie che possono essere considerate buone o accettabili per un tipo di azioni possono non esserlo per un tipo di carico diverso

QUALITA' MURARIA DISTINTA PER TIPO DI AZIONE



attenzione: IQM va distinto in base alla direzione dell'azione sollecitante (tre indici di qualità muraria):

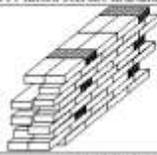
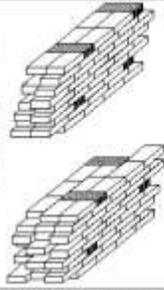
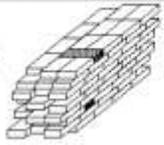
- 1) IQM per azioni verticali;
- 2) IQM per azioni ortogonali al piano;
- 3) IQM per azioni nel piano.

Tipologie murarie che possono essere considerate buone o accettabili per un tipo di azioni possono non esserlo per un tipo di carico diverso

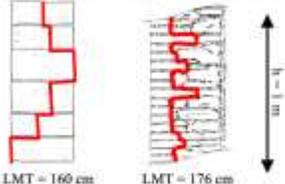
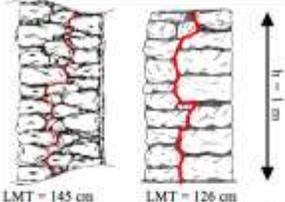
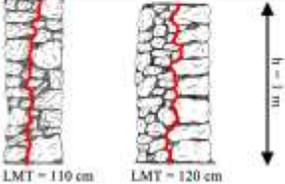
Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe ² (MA.)	
<p>RISPETTATA</p> <p>a) Malta in buono stato e ben conservata, con giunti di dimensione non eccessiva rispetto alle pietre o ai mattoni oppure con giunti ampi ma di malta di ottima qualità (es. murature romane o bizantine); b) Muratura con grandi elementi squadrati e priva di malta o con strato di malta sottilissimo. In tal caso si intende "rispettato" il requisito di un efficace contatto fra le pietre.</p>	 
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>a) Malta di qualità intermedia, con giunti non eccessivamente erosi. b) Murature con elementi irregolari e malta degradata ma con zeppe efficacemente inserite negli spazi fra gli elementi.</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>a) Malta scadente o degradata e polverulenta e del tutto priva di coesione. b) Malta assente (escluso il caso di murature di grossi elementi squadrati). c) Giunti di malta di dimensioni eccessive, paragonabili a quelle degli elementi se la malta non è di ottima qualità. d) Muratura di elementi porosi (es. tufo) con scarsa aderenza fra la malta e gli stessi elementi.</p>	



Fonte: Circa, 2002, "Le Murature Antiche".

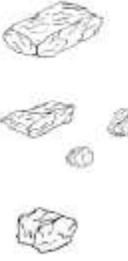
Presenza di diaconi / ingranamento trasversale (P.D.) (Valutazione "convenzionale" svolta senza osservare l'intera sezione muraria)	
<p>RISPETTATA</p> <p>Paramento ben tessuto; blocchi o pietre di dimensione paragonabile a quella dello spessore della parete; presenza sistematica di pietre disposte di testa.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Situazione intermedia fra il rispetto ed il non rispetto di tale parametro.</p> <p>Paramento ben tessuto ed ordinato almeno su una faccia; alcune pietre sono disposte di testa; spessore del muro non eccessivo rispetto alle dimensioni delle pietre (orientativamente: pietre di lunghezza massima almeno pari a 2/3 dello spessore della parete).</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>Pietre piccole rispetto allo spessore del muro; assenza di pietre palesemente disposte in senso trasversale alla parete (di testa).</p>	



Presenza di diaconi / ingranamento trasversale (P.D.) (valutazione tramite la LMT ¹ trasversale - Sezione interamente osservabile)	
<p>RISPETTATA</p> <p>LMT maggiore di 155 cm</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>LMT compresa fra 155 cm e 125 cm</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>LMT inferiori a 125 cm</p> <p>Pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT (es. parete con sacco interno)</p>	



Ingranoamento dei paramenti, metodo di valutazione quantitativo: "Linea di Minimo Tracciato" (Doglioni, Mirabella, IUAV Venezia)

Forma degli elementi resistenti (F.EL.)		
<p>RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi di forma squadrata o sbazzata oppure mattoni o laterizi di forma <u>parallelepipedica</u> su entrambe le facce della parete.</p>	 <p>Blocchi squadrati</p> <p>Blocchi sbazzati</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Compresenza di elementi irregolari o ciottoli e blocchi di forma squadrata o mattoni.</p> <p>Pareti con una faccia di blocchi di forma regolare o mattoni e l'altra faccia di ciottoli od elementi di forma irregolare.</p> <p>Elementi arrotondati o irregolari ma con interstizi riempiti di zeppe ben inserite.</p>	 <p>Blocchi di forma irregolare, arrotondata o ciottoli.</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi di forma irregolare o arrotondata oppure ciottoli su entrambe le facce della parete.</p>	<p>Blocchi di forma irregolare, arrotondata o ciottoli.</p>	



Dimensione degli elementi resistenti (D.EL.)	
<p>RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sopra i 40 cm.</p> <p>In tali pareti i blocchi solitamente sono così grossi da interessare gran parte dello spessore della parete e quindi essi possono svolgere anche la funzione di <u>distanziatori</u>.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore fra 20 e 40 cm.</p> <p>Compresenza di elementi di dimensione variabile.</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>Prevalenza di elementi con la loro dimensione maggiore sotto i 20 cm.</p> <p>Parete di soli <u>distanziatori</u> in mattoni pieni.</p>	



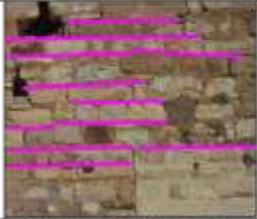
Sfalsamento fra i giunti verticali / Ingranamento nel piano (S.G.) (Valutazione qualitativa)	
<p>RISPETTATO</p> <p>Prevalenza di giunti verticali in corrispondenza della zona centrale dell'elemento inferiore o comunque tali da garantire un sufficiente grado di incastro tra gli elementi.</p> <p>Va escluso il caso di parete in mattoni pieni disposti solo a <u>diatoni</u>.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATO</p> <p>Giunto verticale in posizione intermedia tra zona centrale dell'elemento inferiore e il suo bordo.</p> <p>Compresenza di giunti verticali adeguatamente sfalsati e giunti verticali allineati.</p>	
<p>NON RISPETTATO</p> <p>Giunti verticali allineati.</p> <p>Giunti allineati verticalmente su due o più elementi in ampie porzioni della parete.</p> <p>Parete di soli <u>diatoni</u> di mattoni pieni, anche con giunti verticali sfalsati*.</p> <p>Evidente assenza di ingranamento nel piano della parete.</p>	



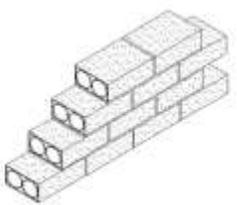
Sfalsamento fra i giunti verticali (S.G.) (valutazione quantitativa tramite la LMT* nelle facce della parete)	
<p>RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: $LMT > 160$</p> <p>Parete a doppio paramento: $LMT > 160$ su entrambe le facce.</p>	<p>$LMT = 166$ - h muro = 1 m. Paramento unico.</p>
<p>PARZIALMENTE RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: LMT fra 140 e 160.</p> <p>Parete a doppio paramento:</p> <p>a) entrambi i paramenti con LMT fra 140 e 160.</p> <p>b) LMT rispettato su una faccia e non rispettato sull'altra faccia.</p> <p>c) LMT rispettato su una faccia e parzialmente rispettato sull'altra faccia.</p>	<p>$LMT = 158$ su entrambe le facce h muro = 1 m.</p>
<p>NON RISPETTATO</p> <p>Parete a paramento unico: $LMT < 140$</p> <p>Parete a doppio paramento: $LMT < 140$ su una faccia e $LMT < 160$ sull'altra faccia.</p> <p>Parete di soli diatoni di mattoni pieni, qualunque sia il valore di LMT.</p> <p>Parete con pietre di piccole dimensioni qualunque sia il valore di LMT.</p> <p>Evidente assenza d'ingranamento su una o più linee verticali della parete qualunque sia il valore di LMT.</p>	<p>LMT faccia esterna = 146; LMT faccia interna < 140 → SG non è rispettato. h muro = 1 m</p> <p>$LMT = 113$ - h muro = 1 m.</p>



Ingranamento nel piano, metodo di valutazione quantitativo:
"Linea di Minimo Tracciato" (Dogliani, Mirabella, IUAV Venezia)

Presenza di filari orizzontali (OR.)	
<p>ORIZZONTALITÀ RISPETTATA</p> <p>Filari orizzontali su gran parte della parete, senza presentare interruzioni di continuità per tratti lunghi circa 100 cm e su entrambe le facce della parete.</p> <p>Murature listate con listature a interasse inferiore a 100 cm.</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Situazioni intermedie fra il rispetto e il non rispetto, compreso il caso di filari orizzontali solo su una faccia della parete.</p> <p>Pietre di forma non squadrata ma disposte con regolarità in riferimento all'orizzontalità.</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>I tratti orizzontali sono interrotti con frequenza decimetrica o presentano evidenti sfalsamenti sull'intera facciata muraria.</p>	



Qualità degli elementi resistenti (R.E.E.)	
<p>RISPETTATA</p> <p>Pietre non degradate o poco degradate</p> <p>Muratura con pochi elementi degradati (orientativamente meno del 10%)</p> <p>Mattoni pieni cotti</p> <p>Elementi di tufo duro vulcanico</p> <p>Elementi laterizi con foratura < 55%</p> <p>Blocchi in calcestruzzo (anche forati)</p>	
<p>PARZIALMENTE RISPETTATA</p> <p>Alcuni elementi della muratura sono degradati (orientativamente fra il 10% ed il 50%)</p> <p>Elementi laterizi con foratura fra 70% e 55%</p> <p>Elementi in tufo tenero (calcarente)</p>	
<p>NON RISPETTATA</p> <p>Elementi degradati in misura superiore al 50%.</p> <p>Elementi laterizi con percentuale di foratura > 70%</p> <p>Mattoni in fango o argilla non cotta</p>	



CALCOLO DELL' I.Q.M.

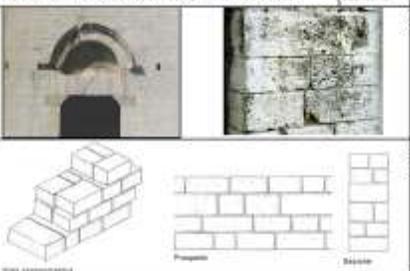
	Azioni verticali			Azioni fuori piano			Azioni nel piano		
	NR	PR	R	NR	PR	R	NR	PR	R
OR. Orizzontalità dei filari	0	1	2	0	1	2	0	0.5	1
P.D. Presenza dei diatoni / ingranamento trasversale	0	1	1	0	1.5	3	0	1	2
F.EL. Forma degli elementi resistenti	0	1.5	3	0	1	2	0	1	2
S.G. Sfalsamento dei giunti verticali / ingranamento nel piano	0	0.5	1	0	0.5	1	0	1	2
D.EL. Dimensione degli elementi resistenti	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
MA. Qualità della malta / efficace contatto fra elementi / zeppe	0	0.5	2	0	0.5	1	0	1	2
RE.EL. Resistenza degli elementi	0.3	0.7	1	0.5	0.7	1	0.3	0.7	1

Tabella 1. Punteggi da attribuire ai parametri della regola dell'arte.

$$IQM = RE.EL. \times (OR. + P.D. + F.EL. + S.G. + D.EL. + MA.)$$

Determinazione categoria meccanica della muratura			
Categoria Azioni	A	B	C
azioni verticali	$5 \leq IQ \leq 10$	$2,5 \leq IQ < 5$	$0 \leq IQ < 2,5$
azioni orizzontali ortogonali	$7 \leq IQ \leq 10$	$4 < IQ < 7$	$0 \leq IQ \leq 4$
azioni orizzontali complanari	$5 < IQ \leq 10$	$3 < IQ \leq 5$	$0 \leq IQ \leq 3$

SCHEDE DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' MURARIA NUM. 01



DESCRIZIONE
 Muratura di blocchi di pietra perfettamente squadrata.
 I paramenti sono costituiti da corsi teorici di pietra calcarea bianca e rosa e travertino antracite. La tessitura muraria regolare presenta corsi orizzontali di altezza diversa ed un buon sfalsamento dei giunti verticali.
 Vi è presenza di elementi decorativi ortogonamente al piano della muratura (colonnelli).

REQUISITI
 Colori bianchi e rosati di Giallo; compatto a frattura conchoidale.
 Calcoli compatte di Parigi; bianchi e rosati da bianco al grigio nero, al rosso al rosso.
 Calcoli del Subasio (Assisi); calcari bianchi e rossi, duri e compatti.
 Margine di Scheggia e Gubbio; grigio, simile alla pietra senza fosfora.
 Pietra senza del Trapanese e dell'Alghero; colore grigio-rosa, con travertino infossato giallo-marroncino.
 Malfa di calcio e sabbia spesso involontaria ma sufficiente ad assicurare un contatto uniforme tra i blocchi.

Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi:
 a = 13 + 30 cm
 h = 13 + 20 cm
 l = 18 + 38 cm

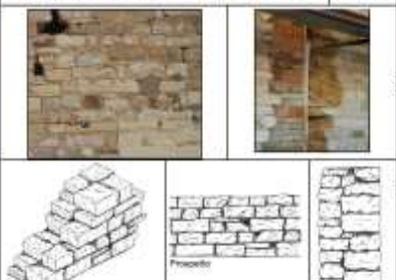
P.D.	MA.	F.EL.	S.EL.	R.EL.	OR.	D.EL.	Categoria	Verticali	Piatti piano	Net piano	
R	PR	R	R	R	R	R	Mattino Pasteggi	A	A	A	
								LMT	180	160	
								QM	8,5	9,5	
								Parametri meccanici: valori MIN-MAX	f _c (N/cm ²) 675-678	f _t (N/cm ²) 2554	ε (N/mm ²) 13,7-18,8

22 schede esemplificative sviluppate e commentate

- P.D. = Presenza dei Diatoni / ingranamento trasversale
- MA. = qualità della MALta / efficace contatto fra elementi / zeppa
- F.EL. = Forma degli ELEMENTI resistenti
- S.G. = Sfalsamento dei Giunti verticali / ingranamento nel piano
- R.EL. = Resistenza degli ELEMENTI
- OR. = ORizzontalità dei filari
- D.EL. = Dimensione degli ELEMENTI resistenti

Per ogni parametro è riportato il "rispetto" (R), il "parziale rispetto" (PR) oppure il "non rispetto" (NR) della regola dell'arte.

SCHEDE DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' MURARIA NUM. 96



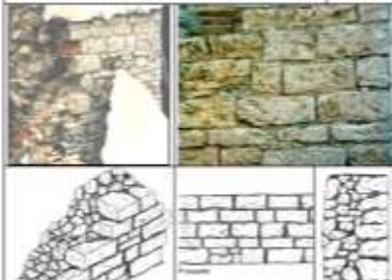
DESCRIZIONE
 Muratura di blocchi di pietra squadrata a doppio paramento.
 Muratura interna ed esterna realizzata con blocchi di pietra squadrata con buona tessitura muraria, rispetto dei filari orizzontali e sfalsamento dei giunti verticali approssimativo, presenza di sbalzi nei corrispondenti paramenti e in particolare sbalzo rispetto alla superficie muraria.

REQUISITI
 Pietra calcarea di tipo spe; calcare bianco e rosato.
 Margine di Scheggia e Gubbio; grigio, simile alla pietra senza fosfora, risulta poco compatto.
 Pietra senza del Trapanese; colore grigio-rosa con infossature marroncine.
 Malfa di calcio e sabbia scadente. Presenza di zeppa.

Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi:
 a = 12 + 25 cm
 h = 8 + 10 cm
 l = 15 + 30 cm

P.D.	MA.	F.EL.	S.EL.	R.EL.	OR.	D.EL.	Categoria	Verticali	Piatti piano	Net piano	
PR	PR	R	NR	R	R	R	Mattino pasteggi	A	B	A	
								LMT (parziale)	126	138	
								QM	7	8,5	
								Parametri meccanici: valori MIN-MAX	f _c (N/cm ²) 478-710	f _t (N/cm ²) 2790	ε (N/mm ²) 8,4-9,3

SCHEDE DI VALUTAZIONE DELLA QUALITA' MURARIA NUM. 07



DESCRIZIONE
 Muratura di blocchi di pietra squadrata e irregolare a doppio paramento.
 Muratura costituita da paramento esterno di blocchi di pietra squadrata con buona tessitura muraria, rispetto dei filari orizzontali e sfalsamento dei giunti verticali.
 Paramento interno di calcari a scaglie di pietra calcarea e mossa calcarea con irregolari sbalzi di piccole dimensioni. Espone il numero di materiali dimensionati e 70-80 cm.
 Tessuto compatto; maggior massa dell'opera e scorie calcaree.
 Malfa di calcio e sabbia involontaria.

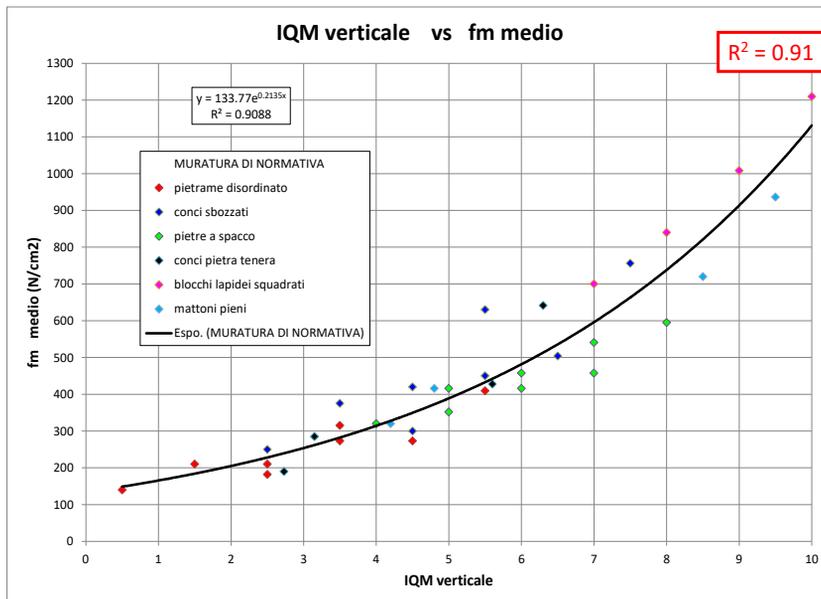
Dimensioni e forme ricorrenti dei blocchi (paramento esterno):
 a = 18 + 20 cm
 h = 8 + 17 cm
 l = 15 + 30 cm

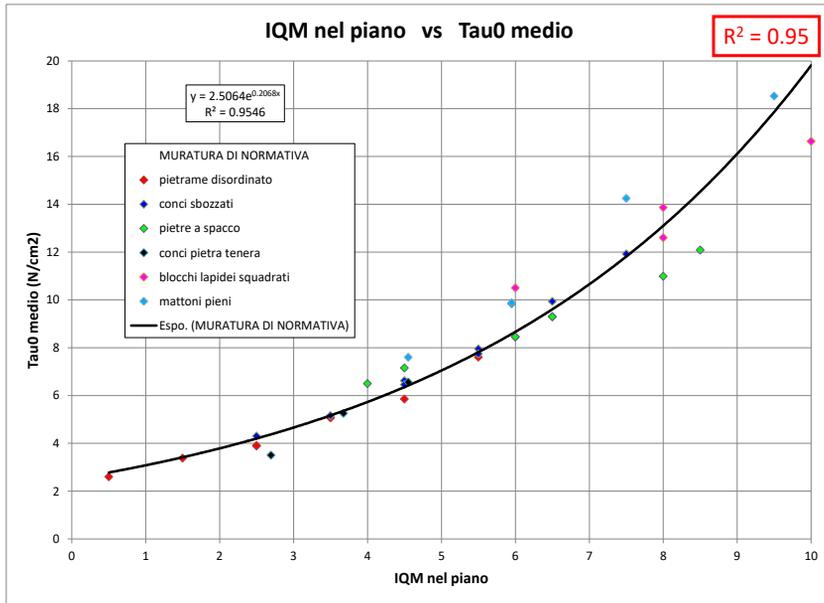
P.D.	MA.	F.EL.	S.EL.	R.EL.	OR.	D.EL.	Categoria	Verticali	Piatti piano	Net piano	
NR	NR	NR	NR	R	PR	PR	Mattino pasteggi	A	B	A	
								LMT (parziale)	120	140 e 148	
								QM	1,5	1,5	
								Parametri meccanici: valori MIN-MAX	f _c (N/cm ²) 134-224	f _t (N/cm ²) 753-1907	ε (N/mm ²) 2,4-3,3

CORRELAZIONE TRA IQM E CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLA MURATURA

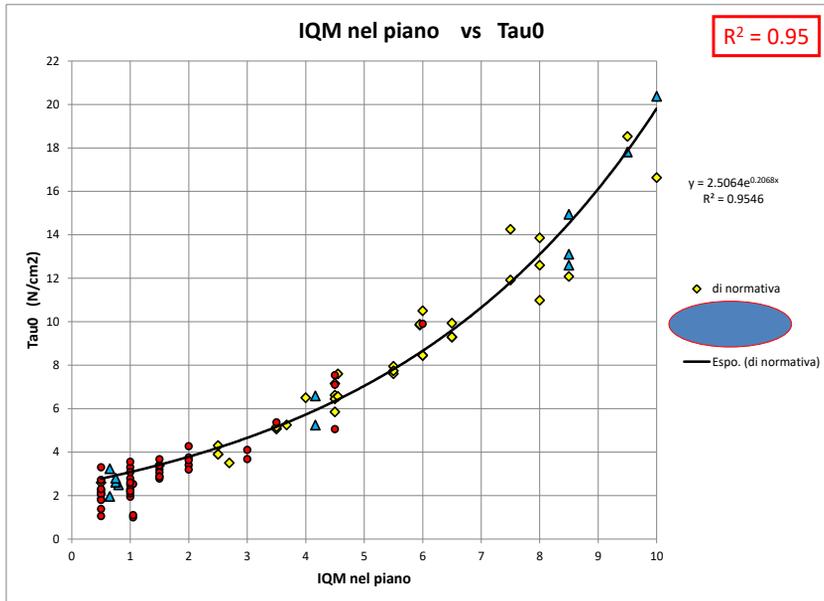
Combinando le tipologie della tabella C.8.B.1. (circolare esplicativa NCT) con i possibili coefficienti correttivi della tabella C.8.B.2: → 36 diverse tipologie murarie “ufficiali”.

Per ciascuna tipologia si può valutare l'IQM e quindi esaminare le correlazioni tra gli IQM trovati e i valori delle caratteristiche meccaniche forniti dalle tabelle delle NCT.





Considerando anche le prove sperimentali:



ESPERIENZE DAI SISMI DEL 2016: CONFERME E NUOVE CONOSCENZE



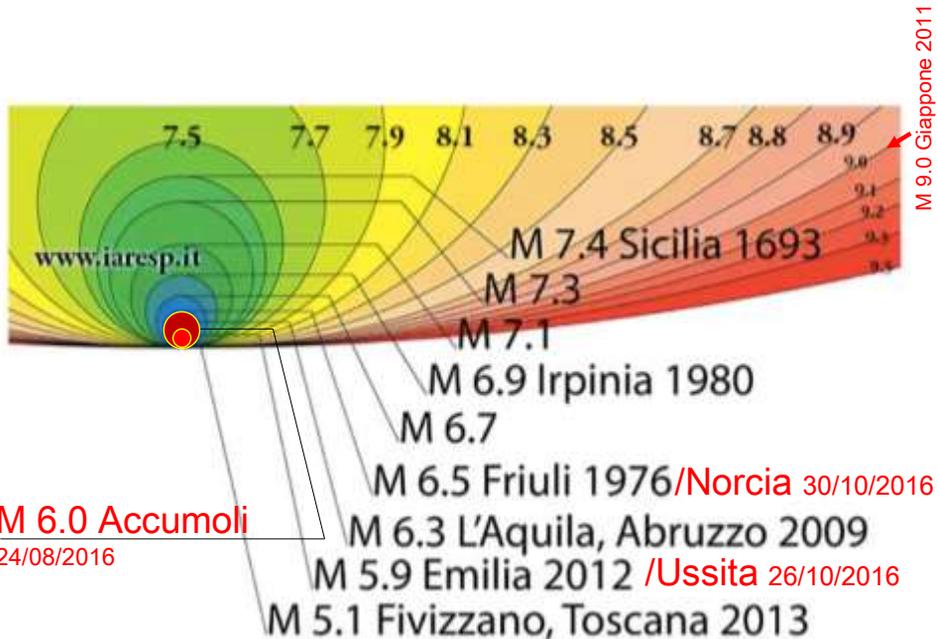
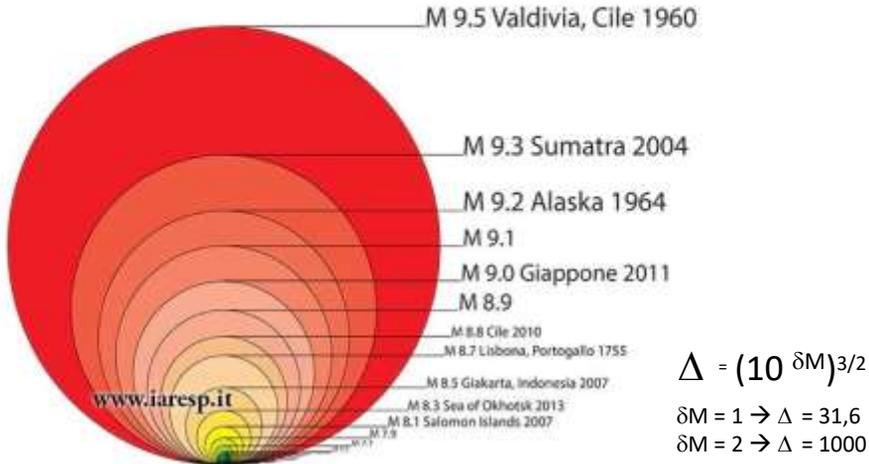
1 – PERCHE’?

2 – COSA NON SI DOVEVA FARE

3 – COSA SI DOVEVA (E SI DEVE) FARE

QUALI SISMI INTERESSANO L'ITALIA E PERCHE' HANNO CONSEGUENZE COSI' GRAVI?

Comparazione fra Magnitudo ed energia sprigionata





Sisma 2016
nel Centro Italia



Amatrice



Pescara del Tronto



Norcia



Perché queste differenze?



Amatrice dopo il sisma del 24 agosto 2016

Edifici vulnerabili, inadatti a
sopportare azioni sismiche



Se si fa prevenzione (cioè se si interviene in modo adeguato) i danni sono limitati ...



Norcia dopo gli eventi del 2016: sono crollate solo le chiese e i pochi edifici mai rinforzati

1 – PERCHE’?

2 – COSA NON SI DOVEVA FARE

3 – COSA SI DOVEVA (E SI DEVE) FARE

Non si doveva costruire in questo modo



Pescara sul Tronto



Accumoli, Foto Ing. Andrea Barocci



Foto Ing. Andrea Barocci



Foto Ing. Andrea Barocci



Foto Ing. Andrea Barocci



Foto Ing. Andrea Barocci



Foto Ing. Andrea Barocci



Accumoli, Foto Ing. Andrea Barocci

CON QUESTA POVERTA' MURARIA NON POSSONO FUNZIONARE I COLLEGAMENTI



Accumoli, Foto Ing. Andrea Barocci

CON QUESTA POVERTA' MURARIA NON POSSONO FUNZIONARE I COLLEGAMENTI



Inutile inserire collegamenti se la qualità muraria è così scadente.

Accumoli. Foto Ing. Andrea Barocci

CON QUESTA POVERTA' MURARIA NON POSSONO FUNZIONARE I COLLEGAMENTI



Accumoli, Foto Ing. Andrea Barocci

CON QUESTA POVERTA' MURARIA NON POSSONO FUNZIONARE I COLLEGAMENTI



Accumoli, Foto Ing. Andrea Barocci

SENSIBILITA' PER LE PROBLEMATICHE SISMICHE? ZERO





1 – PERCHE’?

2 – COSA NON SI DOVEVA FARE

3 – COSA SI DOVEVA (E SI DEVE) FARE

Edifici recenti (in laterizio)



Edificio recente, in laterizio, a poca distanza dall'epicentro del 30 ottobre 2016





COSTRUZIONI RECENTI NEL CENTRO DI NORCIA

	Esito agibilità	Danni strutture verticali
Caso 4	A	L
Caso 12	B	I
Caso 28	B	H



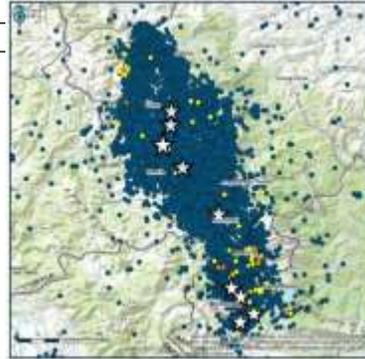
Se si costruisce in modo corretto
i danni sono limitati o nulli ...

Se si costruisce in modo corretto
i danni sono limitati o nulli ...

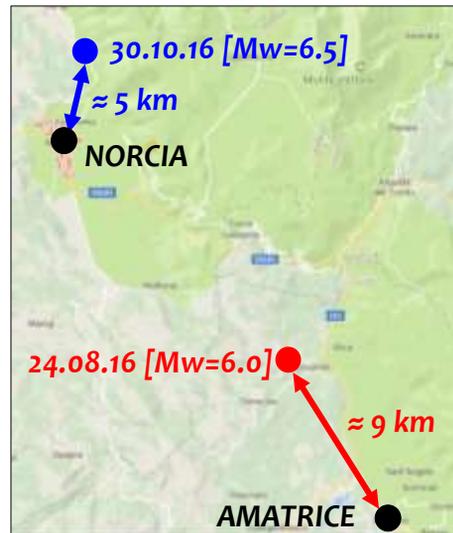
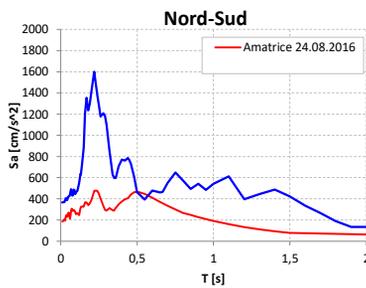
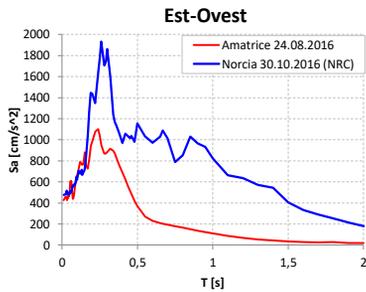


DOPO UNA SEQUENZA DI OTTO EVENTI CON MAGNITUDO > 5

Date & time (Italy)	Mw	Region name
2017-01-18 11:25:23	5.4	Capitignano (AQ)
2017-01-18 11:14:09	5.5	Capitignano (AQ)
2017-01-18 10:25:40	5.1	Capitignano (AQ)
2016-10-30 07:40:17	6.5	Norcia (PG)
2016-10-26 21:18:05	5.9	Castelsantangelo sul Nera (MC)
2016-10-26 19:10:36	5.4	Castelsantangelo sul Nera (MC)
2016-08-24 04:33:28	5.3	Norcia (PG)
2016-08-24 03:36:32	6.0	Accumoli (RI)



CON ACCELERAZIONI REGISTRATE A NORCIA SUPERIORI A QUELLE DI AMATRICE





Norcia dopo gli eventi del 2016



Norcia dopo gli eventi del 2016



Norcia dopo gli eventi del 2016



Norcia dopo gli eventi del 2016



Norcia dopo gli eventi del 2016



Norcia dopo gli eventi del 2016











Confronto tra il comportamento degli edifici «non tutelati» e quelli «tutelati»



Norcia: edificio senza danni (al centro) tra la chiesa della Misericordia (a dx), crollata, e la chiesa di San Francesco (a sx), crollata nonostante i 3 Mln Euro spesi in un intervento del 1998-2000.

ANALISI DEL COMPORTAMENTO DEGLI EDIFICI DEL CENTRO STORICO DI NORCIA

Sono stati valutati i dati contenuti in
714 schede AeDES
compilate dopo il 30.10.2016

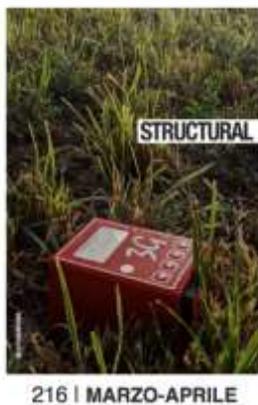


Le analisi sono state effettuate su
670 unità strutturali
con struttura in muratura
(94% delle schede valutate)
che costituiscono un campione
tipologicamente omogeneo.

Finalità dello studio:

Correlare gli esiti di agibilità e i danni riportati
con le caratteristiche strutturali e gli interventi di consolidamento
eseguiti nel passato.

Studio pubblicato su:

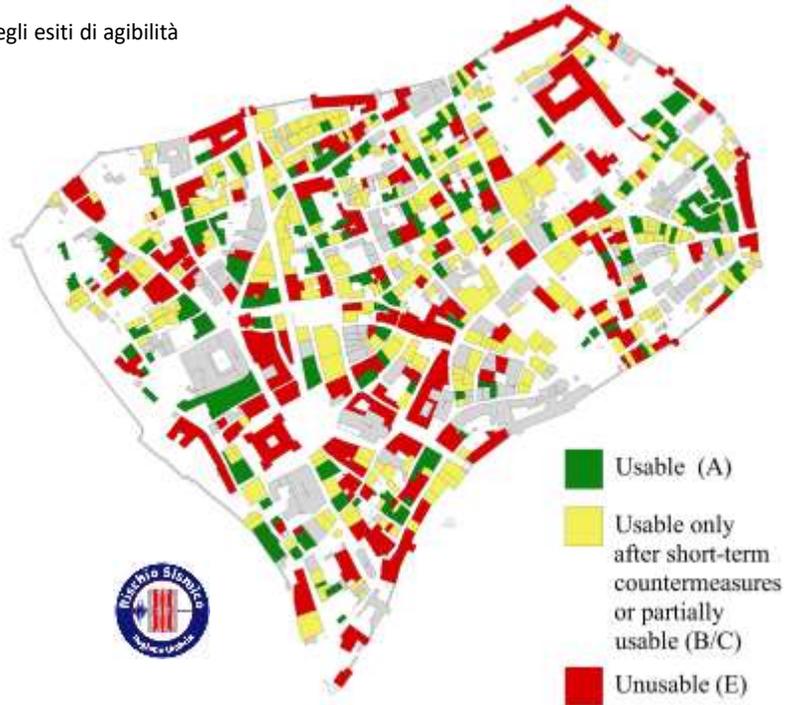


LA RISPOSTA STRUTTURALE DEGLI EDIFICI ORDINARI DEL CENTRO STORICO DI NORCIA ALLA SEQUENZA SISMICA DEL 2016

di Antonio Borri, Romina Sisti, Andrea Prota,
Marco Di Ludovico, Sandro Costantini, Marco Barluzzi,
Alessandro De Mana, Elisabetta Aisa, Alessio Bragetti,
Francesco Savi, Gianluca Fagotti, Luciano Baldi

Structural 216 - marzo/aprile 2018 - paper 07 - ISSN 2282-3794 | © DELETTERA
WP 1 DOI 10.12917/STRU216.07 - <https://doi.org/10.12917/STRU216.07>

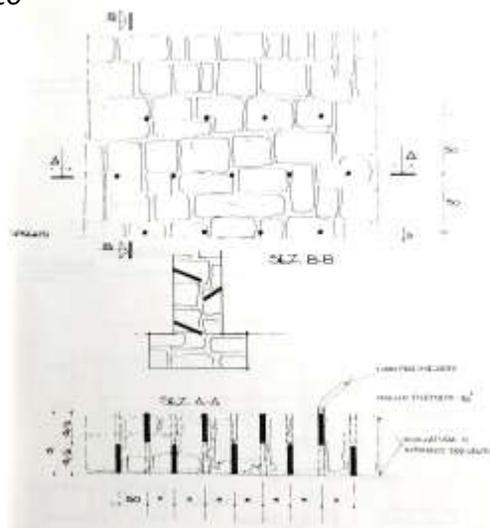
Mappa degli esiti di agibilità



TIPOLOGIE DI INTERVENTO POST SISMA 1979
(REGOLAMENTO REGIONE UMBRIA 1981)

Iniezioni di boiaccia di cemento

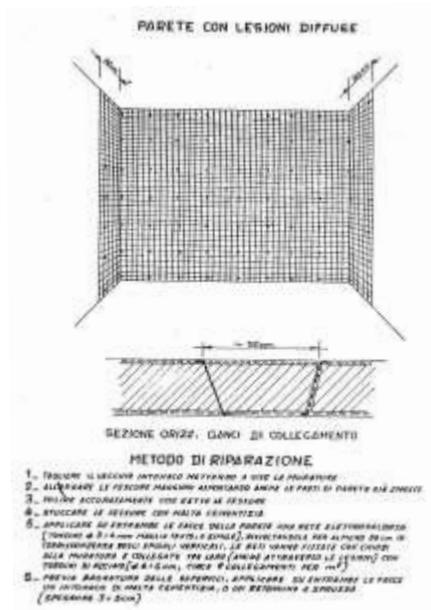
«L'efficacia di questo intervento è commisurata alla possibilità di riempimento dei vuoti e di diffusione della boiaccia»



TIPOLOGIE DI INTERVENTO POST SISMA 1979
(REGOLAMENTO REGIONE UMBRIA 1981)

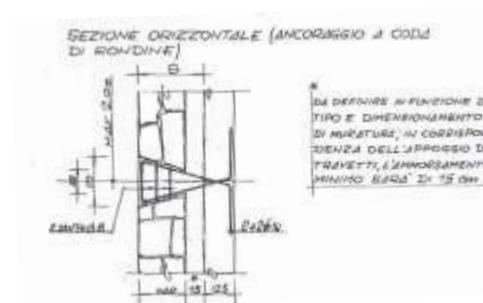
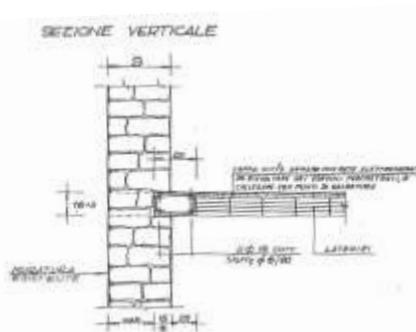
Applicazione di
rete elettrosaldata e betoncino

«Questo intervento può essere utilizzato per il rafforzamento sia di murature in pietra sia di murature in mattoni. Per murature in pietra di qualità scadente è opportuno associare l'intervento citato alla iniezione della muratura con boiacca di cemento.»



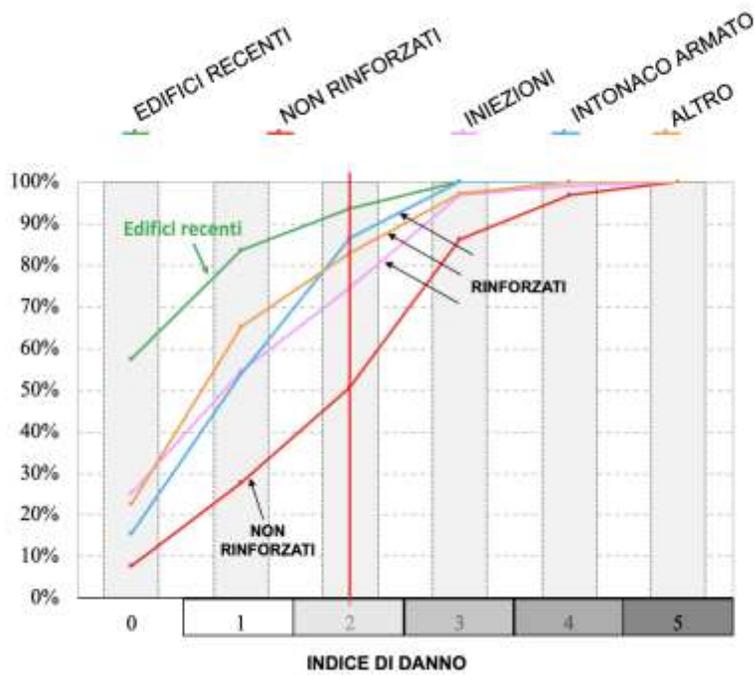
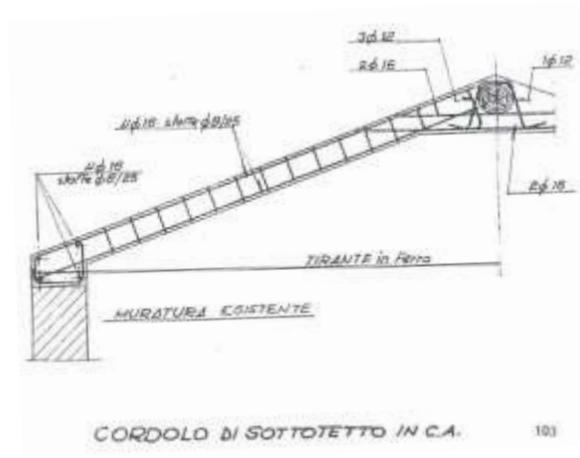
TIPOLOGIE DI INTERVENTO POST SISMA 1979
(REGOLAMENTO REGIONE UMBRIA 1981)

Solaio in laterocemento di nuova costruzione
su murature esistenti

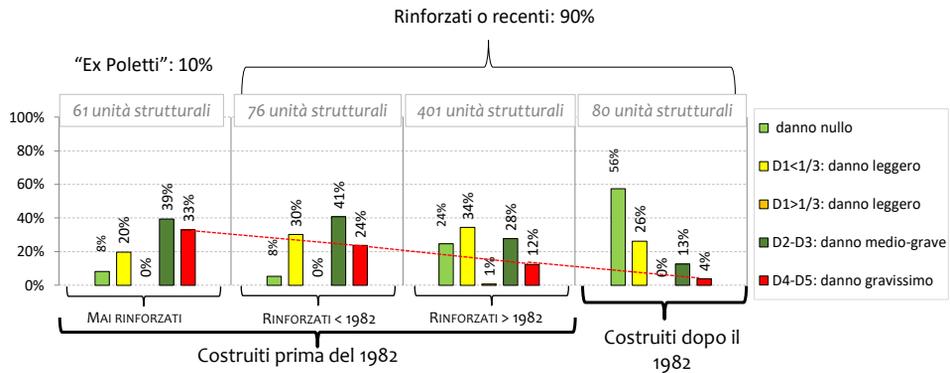


TIPOLOGIE DI INTERVENTO POST SISMA 1979
(REGOLAMENTO REGIONE UMBRIA 1981)

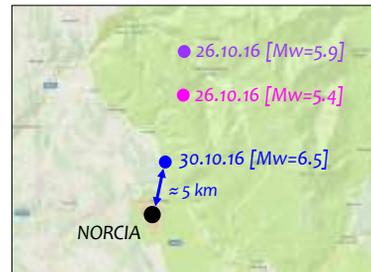
Cordolo di sottotetto in c.a.



LIVELLO DI DANNO DELLE STRUTTURE VERTICALI
IN FUNZIONE DELL'EPOCA DI COSTRUZIONE



È la prima volta che un centro storico, colpito da un violento sciame sismico, dimostra risposte positive a ripetuti eventi di notevole intensità.



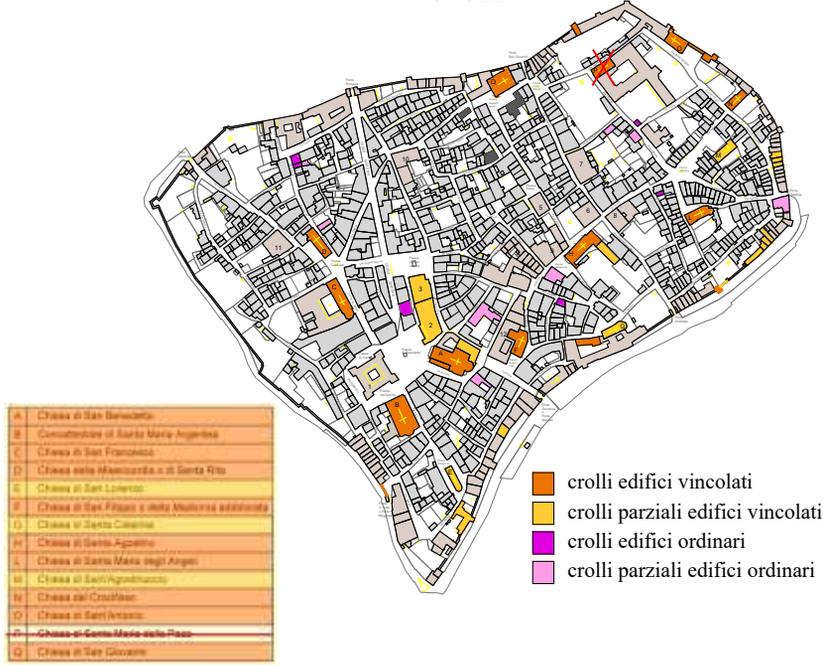
72% degli edifici in muratura
progettati o consolidati
con criteri antisismici

basse percentuali
di inagibilità
e di danni gravi

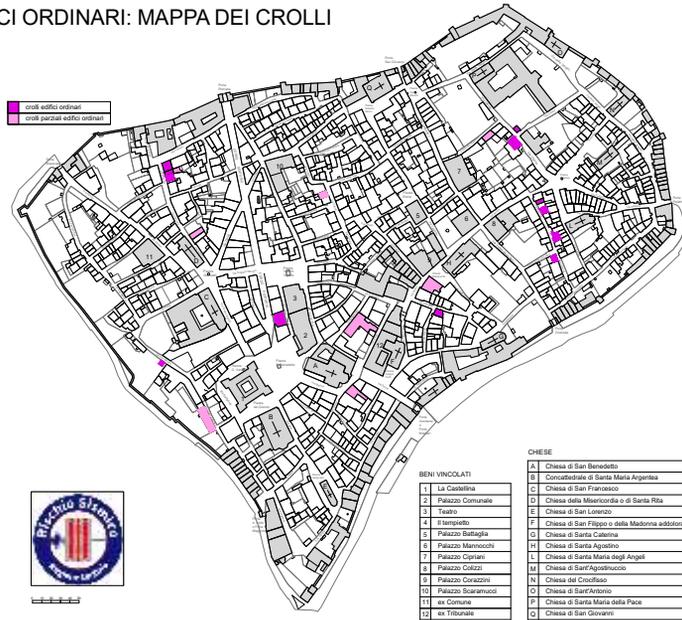
In particolare:

- importanza della qualità muraria, di catene e/o cordoli;
- buono / ottimo comportamento delle strutture rinforzate con iniezioni o con intonaco armato;
- ottimo comportamento delle strutture nuove in muratura.

CROLLI



EDIFICI ORDINARI: MAPPA DEI CROLLI





I crolli hanno riguardato edifici di qualità muraria povera, per i quali non è mai stato fatto alcun intervento ...

23/02/2017

Foto:
Servizio Sismico Regione Umbria



I crolli hanno riguardato edifici di qualità muraria povera, per i quali non è mai stato fatto alcun intervento ...



--- o erano stati fatti interventi non opportuni (appesantimento copertura senza rinforzare la muratura verticale)

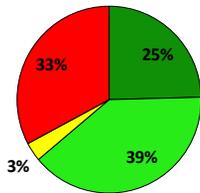


--- o erano stati fatti interventi non opportuni (appesantimento copertura senza rinforzare la muratura verticale)



EDIFICI ORDINARI DEL CENTRO DI NORCIA: CASI ANALIZZATI IN DETTAGLIO

Esaminati **35** progetti
(per un totale di **61** US)
reperiti nell'archivio del
Genio Civile

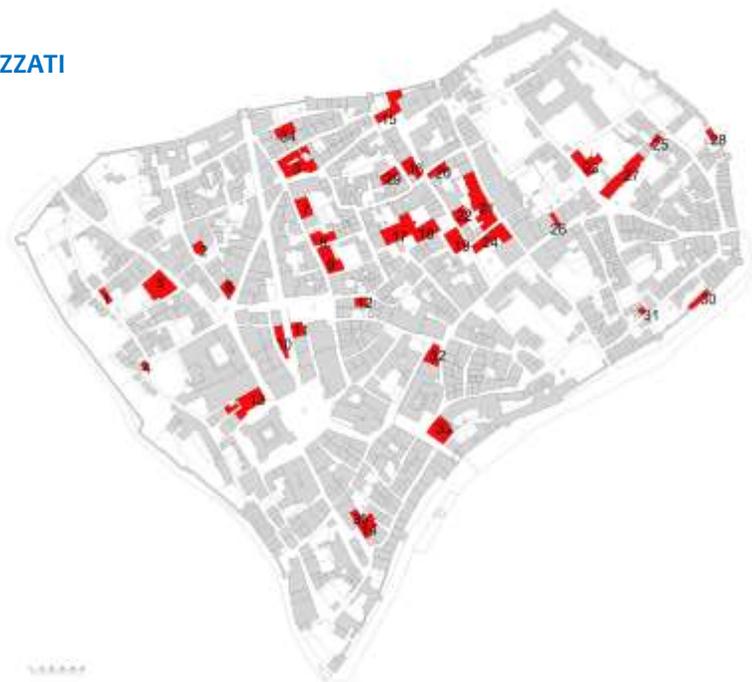


- agibile
- temporaneamente inagibile
- parzialmente inagibile
- inagibile



INAGIBILITA' ≠ CROLLI:
Solo per 3 US sono stati rilevati danni gravissimi.
NESSUN CROLLO.

CASI ANALIZZATI



In funzione degli interventi realizzati sulle strutture verticali i casi analizzati sono stati suddivisi nei seguenti gruppi:

1. Ricostruzione completa (3 casi)
2. Iniezioni (12 casi)
3. Iniezioni + intonaco armato (14 casi)
4. Interventi limitati a pochi elementi (5 casi)

RICOSTRUZIONE COMPLETA

	Esito agibilità	Danni strutture verticali
Caso 4	A	L
Caso 12	B	I
Caso 28	B	H



ESITO OTTIMALE

INIEZIONI + INTONACO ARMATO

	Ricostruzione	Esito agibilità	Danni strutture verticali
Caso 8		A	I
Caso 9	1P/r	B	F I
		B	I
Caso 17*	2P	A	L
Caso 18		A	L
		B	F I
Caso 19		C	C F I
Caso 20	1P/r; 2P/r	A	L
Caso 21		B	L
		A	L
		A	L
Caso 22		B	I
		B	L
Caso 24		E	E
		B	L
		B	F
Caso 25b		E	E
		A	L
Caso 26		B	I
Caso 32		E	F I
Caso 34		B	I
		C	F



Interazione con Chiesa adiacente

Danno localizzato (camino)

ESITO MOLTO POSITIVO

INIEZIONI

	Ricostruzione	Esito agibilità	Danni strutture verticali		
Caso 1		B	I		
Caso 2		E	E	I	
Caso 6		E	E	I	
Caso 7	1P/r -2P/r S-1P	A	I		
		B	I		
		B	F		
Caso 11	S-1P; S-2P	B	I		
Caso 13	S	B	I		
		E	E	I	
Caso 14	S	E	C	F	I
Caso 16	1P	A	L		
Caso 21v	S	E	F		
		E	F		
Caso 25a		A	L		
Caso 31	S-1P	B	L		
Caso 35		E	D		

ESITO ABBASTANZA POSITIVO

INTERVENTI LIMITATI A POCHI ELEMENTI

	Interventi su strutture verticali		Nuovi setti	Ricostruzione	Interventi su strutture orizzontali		Esito agibilità	Danni strutture verticali	
	tipo	estens.			tipo	estens.			
Caso 3	IN. P.A.	TOT			SOST. LC	TOT	B	I	
		LIM				TOT	B	F	
					A	I			
					E	I			
Caso 5	IN. MED	si	2P/r S-1P; S-TP	SOL. FER. VOLTE IN.	LIM	A	L		
						E	C	E	I
Caso 10	IN. I.A.	LIM	si		SOST. LC	TOT	B	F	I
		LIM				TOT	E	E	I
Caso 23	IN. I.A.	MED			SOST. LC	TOT	E	E	
		LIM				TOT			
	P.A.	LIM							
	T. TOT								
Caso 30	IN. IN.	LIM. LIM.				E	C	F	I

ESITO NON SEMPRE POSITIVO

LE NUOVE NTC



HABEMUS NTC!

e la circolare esplicativa ?

Per ora ...



Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici
Servizio Tecnico Centrale

PRIMA APPLICAZIONE DEL DM 17.01.2018, RIPORTANTE L'AGGIORNAMENTO DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI", ALLE PROCEDURE AUTORIZZATIVE E DI QUALIFICAZIONE DEL SERVIZIO TECNICO CENTRALE

"Nelle more dell'emanazione della nuova Circolare si potranno seguire le indicazioni riportate nella precedente Circolare, per quanto non in contrasto con quanto riportato nel nuovo Dm 17.01.2018".

Dove il testo non è cambiato, valgono anche le vecchie indicazioni.

(Circolare Cons. Sup. LLPP del 20.03.2018)

sta arrivando



CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI

ASSEMBLEA GENERALE

Adunanza del 27 luglio 2018

.....

9. Aff. n. 47/2018 - DM 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni.

10. Varie ed eventuali.

IL PRESIDENTE

ma sta arrivando

Versione proposta dal Gruppo di Lavoro	Versione proposta all'Assemblea Generale
<p>C8 COSTRUZIONI ESISTENTI</p> <p>L'importanza che le criticità locali assumono negli edifici esistenti, in termini di danni a persone e cose, ha portato gli ordinari della nuova NTC a considerare con maggiore attenzione gli interventi di rafforzamento locale e di miglioramento e ad aumentare l'importanza attribuita a tali forme d'intervento.</p> <p>Tale maggiore attenzione si è tradotta in un diverso ordine di presentazione (le varie forme d'intervento sono ora elencate dalla meno alla più importante), della riparazione e rafforzamento locale all'adeguamento e, soprattutto, nell'ampia considerazione dedicata alla valutazione e riduzione del rischio sismico e, in special modo, nella maggiore attenzione prestata agli interventi finalizzati a rendere antisismici anche gli elementi non strutturali e gli impianti, elementi che spesso contribuiscono in modo sostanziale ad incrementare il rischio sismico.</p> <p>A questo dato si è aggiunta la consapevolezza che, per l'Italia, il principale problema della protezione antisismica è oggi rappresentato dalle costruzioni esistenti e che il renderle sufficientemente antisismiche, senza però stravolgerle, è questione non facile da affrontare e risolvere, sostanzialmente legata a una approfondita conoscenza delle peculiarità dell'oggetto su cui si interviene.</p> <p>Alla conoscenza della costruzione esistente si è dedicata, dunque, particolare attenzione, riducendo l'importanza attribuita alla conoscenza dei materiali leganti per concentrarsi sui particolari costruttivi e sulle indicazioni progettuali dell'epoca di costruzione, maggiormente responsabili del reale comportamento della costruzione a fronte di azioni sismiche.</p> <p>C8.1 OGGETTO</p>	<p>C8 COSTRUZIONI ESISTENTI</p> <p>La costruzione esistente rappresenta oggettivamente particolare importanza in quanto, nel contesto dell'applicazione della NTC, rispetto al DM 14/09/2018 la sua valutazione e la sua protezione costituisce ancora una particolare sfida.</p> <p>L'importanza che le criticità locali assumono negli edifici esistenti, in termini di danni a persone e cose, ha portato, in Italia, a considerare con maggiore attenzione gli interventi locali di rafforzamento e gli interventi di miglioramento.</p> <p>Tale maggiore attenzione si è tradotta, in un diverso ordine di presentazione (le varie forme d'intervento sono ora elencate dalla meno alla più importante), della riparazione e rafforzamento locale all'adeguamento e, soprattutto, nell'ampia considerazione dedicata alla valutazione e riduzione del rischio sismico e, in special modo, nella maggiore attenzione prestata agli interventi finalizzati a ridurre la vulnerabilità delle costruzioni e degli elementi non strutturali e degli impianti, elementi che spesso contribuiscono in modo sostanziale ad incrementare il rischio sismico.</p> <p>C8.1 OGGETTO</p>

135

Rev. NTC

CAPITOLO 8 - COSTRUZIONI ESISTENTI

8.1. OGGETTO

8.2. CRITERI GENERALI

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

- 8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE
- 8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO
- 8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

- 8.5.1. ANALISI STORICO-CRITICA
- 8.5.2. RILIEVO
- 8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI
- 8.5.4. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA
- 8.5.5. AZIONI

8.6. MATERIALI

8.7. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

- 8.7.1. COSTRUZIONI IN MURATURA
- 8.7.2. COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO
- 8.7.3. COSTRUZIONI MISTE
- 8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO
- 8.7.5. ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO

La circolare, al punto C8.1, amplia le possibilità di applicazione delle LLGG per i BBCC:

Rev. Circ.

«Per gli interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità sismica dei beni del patrimonio culturale vincolato, il riferimento normativo, nelle more dell'emanazione di ulteriori disposizioni, è costituito dalla **DPCM 9 febbraio 2011** "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

Tale direttiva, in considerazione della specificità e articolazione del contenuto nonché delle caratteristiche del patrimonio storico edilizio italiano, **è adottabile come riferimento per le costruzioni che comunemente abbiano una valenza storica, artistica o urbanistico-ambientale, anche se non esplicitamente vincolate**, fatto salvo quanto previsto al punto 8.4.3 delle NTC».



Chi decide se una costruzione non vincolata ha valenza storica, artistica o urbanistico-ambientale?

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Il problema è significativo perché **seguendo le LLGG per i BBCC non c'è l'obbligo di raggiungere alcuna soglia di sicurezza.**

E, come abbiamo visto anche nell'ultimo sisma, con la «politica del NON intervento» non è che sia andata benissimo



Rev. NTC

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza di una struttura esistente **è un procedimento quantitativo**, volto a determinare l'entità delle azioni che la struttura è in grado di sostenere con il livello di sicurezza minimo richiesto dalla presente normativa. **L'incremento del livello di sicurezza si persegue, essenzialmente, operando sulla concezione strutturale globale con interventi, anche locali.**

La valutazione della sicurezza, **argomentata con apposita relazione**, deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato (declassamento, cambio di destinazione e/o imposizione di limitazioni e/o cautele nell'uso);
- sia necessario aumentare la sicurezza strutturale, mediante interventi.

(da notare l'enfasi sugli interventi locali)

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (segue)

Rev. NTC

- provati gravi errori di progetto o di costruzione;
- cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidità;
- **ogni qualvolta si eseguano gli interventi strutturali di cui al § 8.4 ;**
- opere realizzate in assenza o difformità dal titolo abitativo, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.



Foto tratta da Manuale del Recupero Strutturale e Antisismico di G. Cangi. Dei, Roma 2012



Foto per gentilezza dell'Ing. G. Scatolini (Spoleto)

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (segue)

Rev. NTC

Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche **il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_e tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione**; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso sui carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi sull'uso e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA (segue)

Rev. NTC

La restrizione sull'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'*i*-esima porzione, è quantificata attraverso il **rapporto $\zeta_{v,i}$ tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione**.

È necessario adottare provvedimenti restrittivi sull'uso della costruzione e/o procedere ad interventi di miglioramento o adeguamento nel caso in cui non siano soddisfatte le verifiche relative alle azioni controllate dall'uomo, ossia prevalentemente ai carichi permanenti e alle altre azioni di servizio.

Rev. NTC

CAPITOLO 8 - COSTRUZIONI ESISTENTI

8.1. OGGETTO

8.2. CRITERI GENERALI

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

8.5.1. ANALISI STORICO-CRITICA

8.5.2. RILIEVO

8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

8.5.4. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

8.5.5. AZIONI

8.6. MATERIALI

8.7. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

8.7.1. COSTRUZIONI IN MURATURA

8.7.2. COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO

8.7.3. COSTRUZIONI MISTE

8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

8.7.5. ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO

Rev. NTC

8.4 CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

Le NTC confermano le tre categorie di intervento previste dalle precedenti norme: riparazione o intervento locale, miglioramento, adeguamento.

Viene invertito l'ordine di elencazione: prima intervento locale, poi miglioramento poi adeguamento.

Inoltre, prosegue il «trattamento particolare» riservato ai BBCC:

«Per i beni di interesse culturale ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del DLgs 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento effettuando la relativa valutazione della sicurezza»

«è possibile» = dobbiamo limitarci al 'miglioramento', senza dover raggiungere alcuna soglia minima (non definita per il miglioramento)

D'altra parte, sappiamo bene che i cosiddetti «beni tutelati» non hanno (!) problemi di sicurezza strutturale (!) ...

Avezzano - Avanzi del Palazzo Torlonia





Oggi, giustamente,
tutti noi viviamo e lavoriamo avendo come riferimento la

CULTURA DELLA SICUREZZA

(vedi RSPP, DVR, CSP/CSE, PSC, POS, PIMUS, DUVRI, etc)

ma questo, evidentemente, non riguarda i BBCC !!!

Si sequestra una scuola come quella di Ribolla (GR), perché ha un indice di sicurezza di **0,985** invece di **1** (sentenza della Corte di Cassazione Penale n. 190/2018)

La storia non stava proprio così, comunque adesso,
dopo la perizia del CTU (coeff = 0,7 > 0,6 NTC!) è stata dissequestrata ...



Ma questa richiesta di sicurezza svanisce sulla soglia delle costruzioni "tutelate" che, evidentemente, vivono in un mondo tutto loro. Così, non si interviene in modo efficace e si lasciano tranquillamente aperte chiese ed altri edifici storici che hanno un indice di sicurezza a livelli infimi...



Dal maggio 2012 il duomo di Mirandola è chiuso a causa dei gravissimi danni causati dal [terremoto dell'Emilia del 2012^{\[7\]}](#), stimati in circa **5.875.000 euro**. In particolare, a seguito delle numero scosse telluriche la copertura lignea sorretta da capriate è crollata causando il collasso delle volte interne, la cui macerie hanno sepolto e distrutto in maniera gravissima gli interni della chiesa.

**Il sisma è avvenuto Domenica 20 maggio 2012
(GIORNATA DI COMUNIONI, MATRIMONI, ETC)
Per fortuna la chiesa era già chiusa per i danni
causati dalla scossa precedente**

Negli ultimi sismi non ci sono state vittime per i crolli delle chiese,

ma fino a quando saremo così «fortunati»?

**COSA DEVE SUCCEDERE
PERCHÉ CI SI PONGA IL PROBLEMA?**

Problema annoso:

SICUREZZA Vs CONSERVAZIONE ?



CHIESA DI SAN BENEDETTO - NORCIA



Lavori per il Giubileo del 2000:
2.944.364,70 Euro



EX CHIESA DI SAN FRANCESCO - NORCIA



Lavori dopo sisma '97 (PIANO ANNUALE 2002 E
INTERVENTI INTEGRATIVI - DGR 1751/2001):
308.534,31 Euro

CONSERVAZIONE DELLE MACERIE



CHIESA DI SANTA MARIA ARGENTEA - NORCIA

**MACERIE DI TIPO «A» (BENI TUTELATI) «da salvaguardare in situ»
(«Direttiva macerie» del MiBACT)**



MACERIE DELLA
CATTEDRALE DI SANTA
MARIA ARGENTEA

Norcia, agosto 2018

CONSERVAZIONE «BIOLOGICA» DELLE MACERIE ...?



Lavori dopo sisma '97 (PIANO DI INTERVENTI
INDIFFERIBILI ED URGENTI - DGR 5481/1998):

154.590,46 Euro

+

Lavori dopo sisma '97 (PIANO ANNUALE 2002 E
INTERVENTI INTEGRATIVI - DGR 1751/2001):

125.578,41 Euro



CONSERVAZIONE DELLE MACERIE

CHIESA DEL CROCEFISSE - NORCIA



Lavori dopo sisma '79:
?? Euro



CONSERVAZIONE DELLE MACERIE



CHIESA DI S. SALVATORE – CAMPI

Come si ricostruisce a Norcia Condividi 352

La soprintendente Mercalli e i tecnici spiegano come rinascerà San Salvatore in Campi distrutta dal terremoto



!!!

UN «BEL CANTIERE DI RESTAURO» O UNA PERDITA IMMENSA ?



ECCO COSA E' RIMASTO DI SAN SALVATORE E DEI SUOI AFFRESCHI

La rovina di alcune piccole, bellissime chiese era, oltre che prevedibile, evitabile, o, quanto meno, limitabile, con provvedimenti molto semplici

Studi pubblicati su:

Structural 210 – marzo/aprile 2017



**CROLLI DI CHIESE CAUSATI
DAI SISMI IN ITALIA**
Prime considerazioni su alcuni
recenti casi in Valnerina

Antonio Berti e Rosanna Stelli
Ingegneri degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria, Perugia
antonio.berti@unipg.it
rosanna.stelli@unipg.it

Structural 213 – settembre/ottobre 2017



**CROLLI CAUSATI DAGLI EVENTI
SISMICI IN ITALIA**
Analisi di due casi recenti in Valnerina

Antonio Berti, Rosanna Stelli, Giulio Costantini, Marco Cornadi
Università degli Studi di Perugia, Dipartimento di Ingegneria, Perugia
antonio.berti@unipg.it
rosanna.stelli@unipg.it
giulio.costantini@unipg.it
marco.cornadi@unipg.it

Alessandro De Maria
Regione Umbra – Servizio tecnico storico
ademaria@regione.umbria.it

BENI CULTURALI

Ricordiamoci che questo «trattamento particolare» riservato ai BBCC riguarda solo la limitazione negli interventi, non l'assunzione di **responsabilità, che rimane tutta in capo al professionista:**

*«Per i beni di interesse culturale ricadenti in zone dichiarate a rischio sismico, ai sensi del comma 4 dell'art. 29 del DLgs 22 gennaio 2004, n. 42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", è in ogni caso possibile limitarsi ad interventi di miglioramento **effettuando la relativa valutazione della sicurezza**»*

«è possibile» = dobbiamo limitarci al 'miglioramento', senza dover raggiungere alcuna soglia minima

«effettuando la relativa valutazione della sicurezza» = **dobbiamo comunque assumerci la responsabilità dell'utilizzo della costruzione**

COME LA PENSA LA MAGISTRATURA SUL TEMA «SICUREZZA» ...

Sentenza della **Cassazione**, relativa ad un tragico crollo a L'Aquila nel 2009:

“L'inesistenza di fondi sufficienti ed i vincoli di carattere culturale ed artistico non possono limitare gli obblighi di sicurezza ...”

“Fermo resta l'obbligo di garantire, nelle more dell'intervento richiesto, un equivalente livello di sicurezza e, nel caso in cui ciò non sia possibile, di interrompere l'attività”.

NON CONTA SE NON CI SONO RISORSE PER GLI INTERVENTI,
NON CONTA SE L'EDIFICIO È UN BENE CULTURALE,
CONTA, PRIMA DI TUTTO E SOPRA A TUTTO, LA SICUREZZA

NTC 2018 – COSA CAMBIA

Rev. NTC

segue: 8.4.2 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

..... per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6

Vengono indicati quali sono i livelli di sicurezza **minimi** richiesti con il miglioramento.

FILOSOFIA:

«Si ammette il rischio accanto alla sicurezza»

Rev. Circ

La circolare esplicativa ci ricorda la **differenza tra “riduzione del rischio” e “sicurezza”**:



Con riferimento all'azione sismica, **i valori minimi** del parametro ζ_E , indicato al § C.8.4.2 delle NTC, per le costruzioni di classe IV e classe III relativamente agli edifici scolastici, **non costituiscono, di per sé, fattori sufficienti per validare l'uso delle costruzioni predette, non descrivendo in modo esaustivo la reale situazione di rischio.**



(Ruolo ingrato delle circolari: in tribunale valgono solo in senso negativo...)

(nota: forse sarebbe opportuno che nella dichiarazione che dobbiamo rilasciare ai sensi del § 8.3, scrivessimo quale è la **massima accelerazione a_g per la quale è valida tale dichiarazione**. Ad esempio, se il parametro ζ_E valutato a valle dell'intervento è proprio il valore minimo previsto, diciamo esplicitamente che lo SLV è «**garantito**» fino al valore della accelerazione di picco che corrisponde a quello 0,6 assunto in accordo con la norma).

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. NTC

segue: 8.4.2 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

Per la combinazione sismica delle azioni, il valore di ζ_E può essere minore dell'unità. **A meno di specifiche situazioni relative ai beni culturali**, per le costruzioni di classe III ad uso scolastico e di classe IV il valore di ζ_E , a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere comunque non minore di 0,6

L'essere "bene culturale" prevale sulla sicurezza ...

Rev. NTC

segue: 8.4.2 INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

... mentre per le rimanenti costruzioni di classe III e per quelle di classe II il valore di ζ_E , sempre a seguito degli interventi di miglioramento, deve essere incrementato di un valore comunque non minore di 0,1.

FILOSOFIA DEL SISMABONUS:

«Meno rischi per tutti anziché più sicurezza per pochi»

«Si ammette il rischio accanto alla sicurezza».

Ok, però **dipende da dove si parte**, perché ricordiamoci che

RIMANE COMUNQUE L'OBBLIGO DELLA VERIFICA DI SICUREZZA (§ 8.3)

E oggi esiste un DM che dichiara quali sono gli indici ζ_E (= IS-V) che corrispondono agli edifici meno sicuri in Italia ...

SISMABONUS

incentivi e asseverazione della classe di rischio sismico
(DM 58 - 28 febbraio 2017 e ss.mm.ii.)

Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni

INDICE DI SICUREZZA (IS-V)	CR
IS-V > 100%	A ⁺ _{IS-V}
80% < IS-V ≤ 100%	A _{IS-V}
60% < IS-V ≤ 80%	B _{IS-V}
45% < IS-V ≤ 60%	C _{IS-V}
30% < IS-V ≤ 45%	D _{IS-V}
15% ≤ IS-V ≤ 30%	E _{IS-V}
IS-V ≤ 15%	F _{IS-V}

Come si potrebbe esprimere una valutazione di sicurezza positiva per un edificio che a valle di un intervento di miglioramento avesse un ζ_E (= IS-V) ≤ 0,30?
(ma anche per quelli in classe D_{IS-V} ...)

Rev. NTC

CAPITOLO 8 - COSTRUZIONI ESISTENTI

8.1. OGGETTO

8.2. CRITERI GENERALI

8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

8.4.1. RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE

8.4.2. INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO

8.4.3. INTERVENTO DI ADEGUAMENTO

8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI

8.5.1. ANALISI STORICO-CRITICA

8.5.2. RILIEVO

8.5.3. CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI

8.5.4. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

8.5.5. AZIONI

8.6. MATERIALI

8.7. PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE

8.7.1. COSTRUZIONI IN MURATURA

8.7.2. COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO

8.7.3. COSTRUZIONI MISTE

8.7.4. CRITERI E TIPI D'INTERVENTO

8.7.5. ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO

Segue: CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA

Rev. Circ.

Tabella C8.5.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f_m = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f_m (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	-	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0-3,0	0,035-0,051	-	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	-	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,4-2,2	0,028-0,042	-	900-1260	300-420	13 + 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.) (**)	2,0-3,2	-	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	-	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	-	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbazzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_m può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. Circ.

La tabella prevede due parametri di resistenza a taglio:

- τ_0 riferito al criterio di Turnsek e Cacovic;
- f_{v0} riferito al criterio (rottura a scaletta) di cui al § C8.7.1.3

I parametri di resistenza a taglio sono definiti in funzione delle tipologie murarie: **per le murature irregolari è applicabile solo il criterio di Turnsek e Cacovic; per le murature regolari è applicabile (in alternativa) anche il criterio a scaletta.**

Ulteriori lievi modifiche riguardano i valori numerici dei parametri meccanici di alcune tipologie murarie.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rottura a scaletta

Rev. Circ.

il criterio è quello legato alla formazione di una **lesione a scaletta**. Tiene conto della tessitura muraria che influenza la lunghezza della proiezione orizzontale della lesione a scaletta e quindi in caso di tessiture di buona qualità genera lesioni più lunghe e massimizza la superficie di fratturazione lungo la quale si esplicano le azioni resistenti di attrito e coesione; viceversa in caso di tessiture non a regola d'arte la lesione a scaletta risulta poco inclinata sulla verticale e di conseguenza la superficie resistente si riduce.

Per tener conto di ciò si introduce un coefficiente d'attrito "equivalente" definito mediante il **"coefficiente di ingranamento murario ϕ "**, definito come rapporto tra l'altezza del blocco e la lunghezza di sovrapposizione minima dei blocchi di due corsi successivi":

$$V_t = \frac{lt}{b} (\tilde{f}_{t,ord} + \mu \sigma_0) = \frac{lt}{b} \left(\frac{f_{t,ord}}{1 + \mu \phi} + \frac{\mu}{1 + \mu \phi} \sigma_0 \right) \leq V_{t,lim}$$

$V_{t,lim}$ è un valore limite che può essere stimato, in via approssimata, in funzione della rottura a trazione dei blocchi f_{bt} , e tenendo conto della geometria del pannello, attraverso l'espressione, ricavata per blocchi di forma standard:

$$V_{t,lim} = \frac{lt}{b} \frac{f_{bt}}{2.3} \sqrt{1 + \frac{\sigma_v}{f_{bt}}} \quad [8.7.1.25]$$

dove f_{bt} può essere ricavata da dati di letteratura o attraverso prove di caratterizzazione diretta in laboratorio su campioni prelevati in sito, eventualmente stimandola a partire dalla resistenza a compressione del blocco f_b , come $f_{bt} = 0,1 f_b$.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. Circ.

COEFFICIENTI MIGLIORATIVI

Le caratteristiche meccaniche della muratura, in uno stato di fatto migliore di quello indicato nella Tabella C8.5.I, possono ottenersi applicando (indicativamente e salvo più dettagliate valutazioni) i **coefficienti migliorativi** di Tabella C8.5.II.

I coefficienti migliorativi sono funzione dei seguenti fattori:

- **malta di buone caratteristiche**: il coefficiente indicato in Tabella C8.5.II, diversificato per le varie tipologie, si può applicare sia ai parametri di resistenza (f , t_0 e f_{v0}), sia ai moduli elastici (E e G);
- **presenza di ricorsi** (o listature): il coefficiente di tabella si può applicare ai soli parametri di resistenza (f , t_0 e f_{v0}); tale coefficiente ha significato solo per alcune tipologie murarie, in cui si riscontra tale tecnica costruttiva;
- presenza sistematica di elementi di **collegamento trasversale tra i paramenti**: il coefficiente indicato in tabella si può applicare ai soli parametri di resistenza (f , t_0 e f_{v0}).

I suddetti coefficienti migliorativi possono essere applicati in combinazione tra loro, in forma moltiplicativa, **considerando la concomitanza al più dei due effetti** che hanno i coefficienti moltiplicativi **più alti**.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. Circ.

I coefficienti migliorativi relativi all'esecuzione di interventi sui paramenti murari sono riferiti ad iniezioni, intonaco armato (come nella vigente norma) e alla **ristilatura armata dei giunti** (novità).

Se si realizzano più interventi sulla stessa muratura **si possono moltiplicare i coefficienti** relativi a ciascun intervento, **ma senza superare la soglia massima di incremento** delle caratteristiche meccaniche riportata nell'ultima colonna della tabella.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Segue: CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DELLA MURATURA

Rev. Circ.

Tabella C8.5.II - Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche cessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessioni trasversali	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonaco armato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a corsi sbalzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a corsi regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrate con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a posteriori (risconti sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(**) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(***) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione f_k superiore a 2 N/mm². In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a $f_k^{0,2}$ (f_k in N/mm²).

(****) Nel caso di muratura di mattoni si intende come muratura trasversalmente connessa quella apparecchiata a regola d'arte.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. Circ.

Nella **caratterizzazione meccanica** dei materiali si possono distinguere, in relazione al loro grado di approfondimento, **tre livelli di prova**.

Prove limitate: Si tratta di indagini non dettagliate e non estese, basate principalmente su esami visivi delle superfici, che prevedono limitati controlli degli elementi costituenti la muratura.

Prove estese: Si tratta di indagini visive, diffuse e sistematiche, accompagnate da approfondimenti locali.....

Prove esaustive: In aggiunta alle richieste della categoria precedente, si prevedono prove dirette sui materiali per determinarne i parametri meccanici.

....

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Caratterizzazione meccanica dei materiali

Rev. Circ.

	Prove limitate	Prove estese	Prove esaustive
Finalità	individuazione tipologia muraria di riferimento	individuazione tipologia muraria di riferimento	determinazione parametri meccanici
Rilievi visivi	sì	sì	sì
Saggi interni	stima della sezione muraria	sì	sì
Prove	no	analisi malta; non distruttive (penetrometro, sclerometro, soniche, etc...)	prove di compressione (anche martinetti piatti doppi) prove di taglio (anche taglio diretto su giunto)
Prove distruttive	no	facoltative prove moderatamente distruttive (martinetti piatti doppi)	sì, in relazione al criterio di resistenza adottato per l'analisi
Estensione delle indagini	non estese	diffuse e sistematiche	decide il progettista

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. Circ.

Per quanto riguarda la determinazione dei **livelli di conoscenza** sono previste alcune importanti modifiche rispetto all'attuale impianto normativo. Si va, infatti, nella direzione di **facilitare l'accesso ai livelli di conoscenza LC2 ed LC3**.

Si accede al livello di conoscenza **LC2 eseguendo le analisi delle malte** mentre nella Circolare 2009 sono necessarie le analisi delle malte ed i martinetti piatti doppi.

Per andare in **LC3 sono necessarie le prove sulle murature, ma tali prove possono anche essere realizzate mediante martinetti piatti doppi**.

(Nella Circolare 2009 si accedeva al livello di conoscenza LC3 **solo con prove distruttive**: prove diagonali e prove di taglio e compressione).

<u>Livello conoscenza</u>	<u>Analisi storico critica</u>	<u>Rilievo geometrico</u>	<u>Dettagli costruttivi</u>	<u>Materiali</u>
LC 1 →	- Sommaria	- Completo	- Indagini limitate	- Prove limitate
LC 2 →	- Estesa	- Completo	- Indagini estese	- Prove estese
LC 3 →	- Completa	- Completo	- Indagini esaustive	- Prove esaustive

Rev. Circ.

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

Limitatamente al caso di verifiche in condizioni non sismiche di singoli componenti (ad esempio solai sui quali siano state condotte indagini particolarmente accurate) oppure di verifiche sismiche nei riguardi dei meccanismi locali, è possibile adottare **livelli di conoscenza differenziati** rispetto a quelli impiegati nelle verifiche sismiche globali.

Rev. Circ.

COSTRUZIONI DI MURATURA: LC3

Cambia in maniera rilevante la procedura di determinazione del valore dei parametri meccanici da utilizzare nei calcoli quando siano state effettuate **prove sperimentali sulle murature**, cioè nel livello di conoscenza LC3. Si tratta di partire dai valori considerati nelle tabelle dei parametri meccanici per le murature e modificarli tenendo conto dei risultati delle particolari prove sperimentali effettuate.

Eseguito un **numero n di prove dirette**, l'aggiornamento del valore medio discende dalla formula:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa}$$

dove:

\bar{X} è la media delle n prove dirette

μ' è la media dell'intervallo proposto in tabella:

$$\mu' = \frac{1}{2} (X_{\min} + X_{\max})$$

k è un coefficiente che tiene conto del particolare tipo di prova svolta e che è stato tabellato nella Circolare.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. Circ.

NOTA: Dalla formula emerge che, **al crescere del numero di prove, il peso attribuito alla misura sperimentale aumenta**, in quanto anche in presenza di una significativa dispersione del parametro nell'edificio la stima del suo valore medio risulta più attendibile.

Nella scelta del coefficiente κ è opportuno considerare che l'incertezza legata al metodo di misura sperimentale non si riduce aumentando il numero di prove. Inoltre, l'attendibilità dei diversi metodi di prova cambia in relazione alle diverse tipologie murarie.

In assenza di valutazioni specifiche da parte del progettista, **la Tabella C.8.5.III suggerisce valori del coefficiente κ per i più diffusi metodi di indagine diretta in sito.**

Particolare cautela dovrà essere utilizzata nel caso di prove in laboratorio su campioni di muratura estratti in situ, a causa delle difficoltà nell'estrarre, movimentare e trasportare i provini senza arrecare loro danni.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018

Rev. Circ.

Tabella C.8.5.III – Valori del coefficiente κ suggeriti per l'aggiornamento del valore medio dei parametri meccanici, secondo l'equazione [C8.5.4.3], con riferimento ai più diffusi metodi di indagine diretta sulle proprietà meccaniche della muratura.

Metodo di prova	Parametro	κ
Prova di compressione diretta (su una porzione di parete muraria)	E	1,5
	f	1
Martinetto piatto doppio	E	1,5
	f (*)	2 (*)
Prova di compressione e taglio (su un pannello isolato nella parete muraria) – prova tipo Sheppard	G	1,5
	$\tau_0 - f_{vt}$	1
Prova di compressione diagonale	G	1,5
	τ_0	1
Prova di taglio diretto sul giunto	f_{vs}	2
Prove in laboratorio sui costituenti (**)	f_b, f_m, f_s	2

(*) La prova con il martinetto piatto doppio consente di ottenere una misura del modulo elastico E della muratura, molto più raramente di misurare direttamente la resistenza a compressione. Il coefficiente in tabella è quello suggerito quando nella prova viene misurata direttamente la resistenza a compressione. Ricordando che esiste una correlazione empirica approssimata di proporzionalità tra modulo E e resistenza media a compressione della muratura (desumibile dagli intervalli di variazione dei due parametri nella tabella C.8.5.I) il modulo E ottenuto dalla prova con martinetto piatto può fornire una stima indiretta di f utilizzabile nell'equazione [C8.5.4.3] purché si adotti un valore di κ almeno pari a 3.

(**) Nel caso di muratura in blocchi di pietra squadrati o artificiali pieni o semipieni si ipotizza che, con prove a compressione diretta sugli elementi e sulla malta (i costituenti), si possa stimare la resistenza caratteristica a compressione della muratura f_m tramite i metodi descritti al § 11.10.3.1.2 delle Norme. Nota f, la resistenza a compressione media f della muratura potrà essere quindi stimata come $f = 1,25 f_m$.

Slide basata sulla bozza di circolare approvata il 27/07/2018