

Novità della circolare NTC2018 circa le caratteristiche dei materiali di murature esistenti

Gianni Bizzotto – Concrete Srl

Nelle costruzioni esistenti è ovviamente di primaria importanza la conoscenza delle caratteristiche meccaniche dei materiali costituenti gli elementi strutturali. Nel caso della muratura, data la particolare tipologia (unione di blocchi naturali o artificiali e malte) e la grande varietà di materiali e tecniche costruttive, il raggiungimento di uno dei livelli di conoscenza delle caratteristiche dei materiali previsti dalla norma risulta in genere più difficoltoso rispetto al caso di edifici realizzati con diversa tecnologia. Non è da sottovalutare inoltre, il maggiore onere economico rispetto ad altre tecnologie costruttive delle prove sui materiali; prove che possono essere eseguite, a seconda dei casi, in situ o in laboratorio e che sono tra l'altro non sempre di facile interpretazione.

Per questi motivi ha rivestito grande importanza nella applicazione delle NTC2008 ad edifici esistenti in muratura il paragrafo C8A.2 TIPOLOGIE E RELATIVI PARAMETRI MECCANICI DELLE MURATURE allegato alla circolare 2 febbraio 2009 n°617/C.S.LL.PP. In particolare le tabelle C8A.2.1 e C8A.2.2 e relativi commenti si sono rivelati strumenti indispensabili per la valutazione dei livelli di conoscenza previsti dalla norma.

Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura

Vista la notevole importanza dell'argomento esso è ripreso anche dalla Circolare interpretativa delle NTC2018 al paragrafo C8.5.3.1. In particolare la tabella C8.5.1 riporta, per il comportamento delle tipologie murarie più ricorrenti, indicazioni, non vincolanti, sui possibili valori dei parametri meccanici identificati attraverso il rilievo degli aspetti costruttivi (§C8.5.2.1) e relativi (...) a precise condizioni.

Tabella C8.5.I - Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, 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 = 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 (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 sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	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	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadriati	5,8-8,2	0,9-0,12	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	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

Nella muratura a conci sbozzati 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 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.

Rispetto alla normativa precedente sono presenti significative differenze.

Innanzitutto è stato ridotto il numero di tipologie di muratura da undici, presenti nella tabella C8A.2.1 (NTC08), a otto, presenti nella tabella C8.5.I (NTC18). Sono state eliminate le indicazioni relative a tipologie di murature con blocchi artificiali di tecnologia moderna, per le quali i parametri da utilizzare per le verifiche possono essere derivati dalle indicazioni per la progettazione di nuove costruzioni in muratura (§11.10 delle NTC18).

Rispetto alla tabella C8A.2.1 (NTC08) nella quale erano presenti le proprietà:

- f_m resistenza media a compressione della muratura
- τ_0 resistenza media a taglio della muratura
- E valore medio del modulo di elasticità normale
- G valore medio del modulo di elasticità tangenziale
- w peso specifico medio della muratura

Nella tabella C8.5.I (NTC18) è stata aggiunta la nuova proprietà 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). Inoltre è stata modificata la descrizione della proprietà 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).

Le due proprietà presentano la medesima descrizione; le differenze nella loro applicazione sono indicate in §C8.7.1.3 con riferimento ai meccanismi di rottura a taglio.

Per quanto riguarda i maschi murari sono previsti due meccanismi di rottura a taglio: *taglio-scorrimento* e *taglio con fessurazione diagonale*. Nelle fasce di piano di materiale esistente, invece, è previsto il solo meccanismo di taglio con fessurazione diagonale. **Tale indicazione non era presente nelle precedenti norme (NTC08).**

Il criterio di resistenza per la verifica a taglio-scorrimento, riservato quindi ai soli maschi murari, è quello indicato al §7.8.2.2.2 delle NTC18 ($V_t = l't f_{vd}$). Nel caso di materiali esistenti vengono impiegati i valori di f_{v0} indicati in tabella C8.5.I, con la indicazione della limitazione $f_{v,lim}$ relativa alla rottura dei blocchi data dalla relazione [C8.7.1.14]

$$f_{v,lim} = \frac{0.065 f_b}{0.7}$$

dove f_b è la resistenza a compressione del blocco normalizzata.

Si segnala la **difficoltà per il progettista di reperire il dato f_b** . Essendo impossibile rifarsi ai dati del produttore dei blocchi il metodo più attendibile per reperire il dato sono le prove di laboratorio su blocchi prelevati in situ. I progettisti avrebbero certamente gradito nella norma qualche indicazione a proposito.

La tabella C8.5.I espone entrambe i parametri τ_0 ed f_{v0} solo nel caso di murature a tessitura regolare. Analizzando i valori si nota che, in questi casi, si ha $f_{v0} \cong 2 \tau_0$. La precedente normativa non riportava in tabella il parametro f_{v0} ma nella formula [8.7.1.1] indicava come resistenza a taglio di riferimento della muratura $f_t = 1.5 \tau_0$. **Si ha quindi un aumento significativo del valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali.**

Per le valutazioni relative al taglio con verifica a fessurazione diagonale, sia nei maschi, sia nelle fasce, si distinguono due famiglie di murature:

- le murature a tessitura irregolare, con rottura per trazione diagonale governata dal parametro τ_0 ;
- le murature a tessitura regolare, per le quali la **fessurazione può essere “a scaletta”, ossia con andamento diagonale attraverso i giunti di malta** (governata dal parametro di resistenza f_{v0} , associato idealmente alla crisi dei giunti), oppure diagonale attraverso gli inerti della muratura (governata dal parametro di resistenza $f_{v,lim}$).

La tabella C8.5.I, fornendo valori di riferimento per τ_0 e f_{v0} , suggerisce quale criterio adottare in funzione della tipologia muraria. Se nella tabella sono presenti entrambe i valori è possibile utilizzare, sulla base delle caratteristiche specifiche rilevate dal progettista, alternativamente uno dei due metodi.

Muratura irregolare

Nel caso di muratura irregolare, per la quale la tabella C8.5.I fornisce il solo parametro τ_0 e non il parametro f_{v0} , la circolare suggerisce di valutare la resistenza a taglio di calcolo per azioni nel piano del pannello secondo la relazione [C8.7.1.16]:

$$V_t = lt \frac{1.5\tau_{0d}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1.5\tau_{0d}}} = lt \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

con:

- l lunghezza del pannello

- t spessore del pannello
- σ_0 tensione normale media riferita all'area totale della sezione
- τ_0 resistenza a trazione per fessurazione diagonale
- f_t resistenza a taglio di riferimento della muratura ($f_t = 1.5 \tau_0$)
- b coefficiente correttivo legato alla distribuzione degli sforzi nella sezione, dipendente dalla snellezza della parete.

La relazione [C8.7.1.16] è identica alla relazione prevista al punto C8.7.1.5 formula [8.7.1.1] della precedente norma (Circ. n°617, NTC08) nel caso di muratura irregolare o caratterizzata da blocchi non particolarmente resistenti. La novità consiste nel fatto che con la precedente normativa la valutazione della applicabilità della formula alla tipologia muraria, cioè **la valutazione della irregolarità della muratura, era lasciata al progettista e non suggerita dalla norma.**

Muratura regolare

Nel caso di muratura regolare, per la quale la tabella C8.5.I fornisce entrambe i parametri τ_0 e f_{v0} , la verifica a fessurazione diagonale è obbligatoria solo per le fasce di piano. Per i maschi murari, come visto sopra, è possibile anche la verifica a scorrimento. Per questi ultimi in caso di analisi elastica è lasciata al progettista la valutazione circa la applicabilità del metodo di verifica. In caso di analisi non lineare **la resistenza deve essere invece valutata come la minore tra i due diversi possibili meccanismi di rottura.** La verifica a fessurazione diagonale può essere svolta secondo la relazione semplificata [C8.7.1.16] che risulterà generalmente più cautelativa, oppure dalla relazione più completa [C8.7.1.17]:

$$V_t = \frac{lt}{b} (\tilde{f}_{v0d} + \tilde{\mu}\sigma_0) = \frac{lt}{b} \left(\frac{f_{v0d}}{1+\mu\phi} + \frac{\mu}{1+\mu\phi} \sigma_0 \right) \leq V_{t,lim}$$

con:

- f_{v0d} resistenza a taglio resistenza a taglio di calcolo in assenza di tensioni normali
- μ coefficiente di attrito
- ϕ rapporto tra altezza del blocco e la lunghezza di sovrapposizione minima dei blocchi di due corsi successivi (tangente dell'angolo medio di inclinazione della fessura diagonale "a scaletta")

La relazione [C8.7.1.17] è una novità rispetto alla precedente norma; per essere applicata richiede la definizione di due nuove proprietà della muratura μ e ϕ . La circolare fornisce indicazioni su come valutare le due proprietà.

Il valore limite $V_{t,lim}$ può essere stimato, in via approssimata, in funzione della rottura a trazione dei blocchi f_{bt} attraverso la [C8.7.1.18]:

$$V_{t,lim} = \frac{lt}{b} \frac{f_{btd}}{2.3} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{btd}}}$$

Si ripresenta la difficoltà di reperire il dato f_{bt} che **dovrebbe essere valutato attraverso prove di laboratorio** o a partire dalla resistenza a compressione del blocco f_b (comunque da valutarsi tramite prove di laboratorio) come $f_{bt}=0.1*f_b$.

Conclusioni

La Circolare NTC18 rispetto alla Circolare n°617 (NTC08) ha introdotto importanti innovazioni nell'ambito delle caratteristiche meccaniche dei materiali di murature esistenti. Le innovazioni hanno interessato anche

i criteri di verifica con **modifiche che potrebbero portare a risultati di verifica meno cautelativi rispetto ai risultati che si otterrebbero applicando la precedente normativa.**