LE NUOVE NTC 2018

Principali innovazioni rispetto alle NTC2008



ORDINE DEGLI INGEGNERI
PROVINCIA DI PERUGIA

Commissione Strutture e Geotecnica
Ing. Ilaria Rogari

CAPITOLO 7:
Progettazione per azioni sismiche

7.8 COSTRUZIONI DI MURATURA

NTC2018

7.8 COSTRUZIONI IN MURATURA
7.8.1 REGOLE GENERALI
7.8.1.1 PREMESSA
7.8.1.2 MATERIALI
7.8.1.3 MODALITA' COSTRUTTIVE E FATTOTRI DI COMPORTAMENTO
7.8.1.4 CRITERI DI PROGETTO E REQUISITI GEOMETRICI
7.8.1.5 METODI DI ANALISI
7.8.1.5.1 Generalità
7.8.1.5.2 Analisi lineare statica
7.8.1.5.3 Analisi dinamica modale
7.8.1.5.4 Analisi statica non lineare
7.8.1.6 VERIFICHE DI SICUREZZA
7.8.1.7 PRINCIPI DI PROGETTAZIONE IN CAPACITA'
7.8.1.8 FONDAZIONI
7.8.1.9 COSTRUZIONI SEMPLICI
7.8.2 COSTRUZIONI DI MURATURA ORDINARIA
7.8.2.1 CRITERI DI PROGETTO
7.8.2.2 VERIFICHE DI SICUREZZA
7.8.2.2.1 Pressoflessione nel piano
7.8.2.2.2 Taglio
7.8.2.2.3 Pressoflessione fuori piano
7.8.2.2.4 Travi in muratura

NTC2008

7.8 COSTRUZIONI IN MURATURA
7.8.1 REGOLE GENERALI
7.8.1.1 PREMESSA
7.8.1.2 MATERIALI
7.8.1.3 MODALITA' COSTRUTTIVE E FATTOTRI DI STRUTTURA
7.8.1.4 CRITERI DI PROGETTO E REQUISITI GEOMETRICI
7.8.1.5 METODI DI ANALISI
7.8.1.5.1 Generalità
7.8.1.5.2 Analisi lineare statica
7.8.1.5.3 Analisi dinamica modale
7.8.1.5.4 Analisi statica non lineare
7.8.1.6 VERIFICHE DI SICUREZZA
7.8.1.7 PRINCIPI DI GERARCHIA DELLE RESISTENZE
7.8.1.8 FONDAZIONI
7.8.1.9 COSTRUZIONI SEMPLICI
7.8.2 COSTRUZIONI DI MURATURA ORDINARIA
7.8.2.1 CRITERI DI PROGETTO
7.8.2.2 VERIFICHE DI SICUREZZA
7.8.2.2.1 Pressoflessione nel piano
7.8.2.2.2 Taglio
7.8.2.2.3 Pressoflessione fuori piano
7.8.2.2.4 Travi in muratura

NTC2018 ≈ NTC2008

NTC2018

7.8.3 COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA
7.8.3.1 CRITERI DI PROGETTO
7.8.3.2 VERIFICHE DI SICUREZZA
7.8.3.2.1 Pressoflessione nel piano
7.8.3.2.2 Taglio
7.8.3.2.3 Pressoflessione fuori piano
7.8.4 COSTRUZIONI DI MURATURA CONFINATA
7.8.5 STRUTTURE MISTE

7.8.6 REGOLE DI DETTAGLIO
7.8.6.1 COSTRUZIONI IN MURATURA ORDINARIA
7.8.6.2 COSTRUZIONI IN MURATURA ARMATA
7.8.6.3 COSTRUZIONI IN MURATURA CONFINATA

NTC2008

7.8.3 COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA
7.8.3.1 CRITERI DI PROGETTO
7.8.3.2 VERIFICHE DI SICUREZZA
7.8.3.2.1 Pressoflessione nel piano
7.8.3.2.2 Taglio
7.8.3.2.3 Pressoflessione fuori piano
7.8.4 STRUTTURE MISTE CON PARETI IN MURATURA ORDINARIA O ARMATA
7.8.5 REGOLE DI DETTAGLIO
7.8.5.1 REGOLE DI DETTAGLIO
7.8.5.1 COSTRUZIONI IN MURATURA ORDINARIA
7.8.5.2 COSTRUZIONI IN MURATURA ARMATA

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.1 REGOLE GENERALI

7.8.1.1. PREMESSA

Le costruzioni di muratura devono essere realizzate nel rispetto di quanto contenuto nelle presenti Norme Tecniche ai §§ 4.5 e 11.10. Il rispetto di tali requisiti consente di classificare le costruzioni in muratura come moderatamente dissipative e quindi appartenenti alla classe di duttilità CD"B".

In particolare, ai predetti paragrafi deve farsi riferimento per ciò che concerne le caratteristiche fisiche, meccaniche e geometriche degli elementi resistenti naturali e artificiali, nonché per i relativi controlli di produzione e di accettazione in cantiere.

Il presente paragrafo divide le costruzioni di muratura in: ordinaria, armata e confinata. Al riguardo si precisa che, per quanto attiene all'acciaio d'armatura, vale tutto quanto specificato dalle presenti Norme Tecniche relativamente alle costruzioni in calcestruzzo armato.

Ai fini delle verifiche di sicurezza, è in ogni caso obbligatorio l'utilizzo del "metodo semiprobabilistico agli stati limite", salvo quanto previsto al § 7.8.1.9.

I **coefficienti parziali di sicurezza** per la resistenza del materiale forniti nel Capitolo 4 possono essere ridotti del 20% e comunque fino ad un valore non inferiore a 2.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.1.2 MATERIALI

Gli elementi da utilizzare per costruzioni di muratura portante devono essere tali da evitare rotture fragili. A tal fine gli elementi devono possedere i requisiti indicati nel § 4.5.2 e, fatta eccezione per le costruzioni caratterizzate, allo SLV, da agS≤0,075g, rispettare le seguenti ulteriori indicazioni:

- percentuale volumetrica degli eventuali vuoti, non superiore al 45% del volume totale del blocco;
- eventuali setti, disposti parallelamente al piano del muro, continui e rettilinei; le uniche interruzioni ammesse sono quelle in corrispondenza dei fori di presa o per l'alloggiamento delle armature;
- resistenza caratteristica a rottura nella direzione portante (fbk), calcolata sull'area al lordo delle forature, non inferiore a 5 MPa o, in alternativa, resistenza media normalizzata nella direzione portante (fb) non inferiore a 6 Mpa;
- resistenza caratteristica a rottura nella direzione perpendicolare a quella portante ossia nel piano di sviluppo della parete (bkf), calcolata nello stesso modo, non inferiore a 1,5 MPa.

La malta di allettamento per la muratura ordinaria deve avere resistenza media non inferiore a 5 MPa.

Nel caso di utilizzo di elementi per muratura che fanno affidamento a tasche per riempimento di malta, i giunti verticali possono essere considerati riempiti se la malta è posta su tutta l'altezza del giunto su di un minimo del 40% della larghezza dell'elemento murario.

NTC2018 ≈ NTC2008

L'uso di **giunti sottili** (spessore compreso tra 0.5 mm e 3 mm) è consentito esclusivamente per edifici caratterizzati allo SLV, da **agS ≤ 0,15g**, con le seguenti limitazioni:

- **altezza massima**, misurata in asse allo spessore della muratura:

10,5 m se agS ≤ 0,075g

7,0 m se 0,075 g < agS ≤0,15g

- **numero dei piani in muratura da quota campagna**:

≤ 3 per agS ≤ 0,075g

≤ 2 per 0,075g < agS ≤ 0,15g

L'uso di **giunti verticali non riempiti** è consentito esclusivamente per edifici caratterizzati, allo SLV, da **agS ≤ 0,075g**, costituiti da un **numero di piani in muratura da quota campagna non maggiore di due e altezza massima, misurata in asse allo spessore della muratura di 7 m**.

Gli elementi per murature con **giunti sottili e/o giunti verticali a secco** debbono soddisfare le seguenti limitazioni:

- spessore minimo dei setti interni: 7 mm;
- spessore minimo dei setti esterni: 10 mm;
- percentuale massima di foratura: 55% ;

Sono ammesse murature realizzate con elementi artificiali o elementi in pietra squadrata.
È consentito utilizzare la **muratura di pietra non squadrata o la muratura listata** solo per costruzioni caratterizzate, allo SLV, da **agS ≤ 0,075g.**

NTC2018 ≠ NTC2008

7.8.1.3 MODALITA' COSTRUTTIVE E FATTORI DI COMPORTAMENTO

In funzione del tipo di tecnica costruttiva utilizzata, la costruzione può essere considerata di muratura ordinaria, di muratura armata o di muratura confinata.

I valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento con cui individuare lo spettro di progetto (vedi § 3.2.3.5) da utilizzare nelle analisi lineari, sono indicati in Tab. 7.3.II.

Nel caso della muratura armata, valori compresi tra 2,0 α_u/α_1 e 2,5 α_u/α_1 possono essere applicati in funzione del sistema costruttivo prescelto, senza verificare quale sia il meccanismo di collasso della costruzione.

Il valore 3,0 α_u/α_1 può essere utilizzato solo applicando i principi della progettazione in capacità descritti al § 7.8.1.7.

Si assume sempre $q = q_0 \cdot K_R$, attribuendo a K_R i valori indicati nel § 7.3.1.

I coefficienti α_1 e α_u sono definiti come segue: α1 è il moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, il primo pannello murario raggiunge la sua resistenza ultima (a taglio o a pressoflessione); α_u è il 90% del moltiplicatore della forza sismica orizzontale per il quale, mantenendo costanti le altre azioni, la costruzione raggiunge la massima forza resistente.

Il valore di α_u/α_1 può essere calcolato per mezzo di un'analisi statica non lineare (§ 7.3.4.2) e non può in ogni caso essere assunto superiore a 2,5.

NTC2018 ≈ NTC2008

Qualora non si proceda a un'analisi non lineare, possono essere adottati i seguenti valori di α_u / α_1:

- **costruzioni di muratura ordinaria** — $\alpha_u / \alpha_1 = 1,7$
- **costruzioni di muratura armata** — $\alpha_u / \alpha_1 = 1,5$
- **costruzioni di muratura armata progettate con la progettazione in capacità** — $\alpha_u / \alpha_1 = 1,3$
- **costruzioni di muratura confinata** — $\alpha_u / \alpha_1 = 1,6$
- **costruzioni di muratura confinata progettate con la progettazione in capacità** — $\alpha_u / \alpha_1 = 1,3$

	NTC 2018		NTC 2008	
	q*	α_u/α_1	q*	α_u/α_1
Costruzioni di muratura ordinaria	1,75	1,7	2	1,4 ÷ 1,8
Costruzioni di muratura armata	2,5	1,5	2,5	1,3 ÷ 1,5
Costruzioni di muratura armata con progettazione in capacita'	3,0	1,3	3,0	1,3
Costruzioni di muratura confinata	2,0	1,6		
Costruzioni di muratura confinata con progettazione in capacita'	3,0	1,3		

NTC2018 ≠ NTC2008

7.8.1.4 CRITERI DI PROGETTO E REQUISITI GEOMETRICI

Le piante delle costruzioni devono essere quanto più possibile compatte e simmetriche rispetto ai due assi ortogonali. Le pareti strutturali, al lordo delle aperture, devono avere continuità in elevazione fino alla fondazione, evitando pareti in falso. Le strutture costituenti orizzontamenti e coperture non devono essere spingenti. Eventuali spinte orizzontali, valutate tenendo in conto l'azione sismica, devono essere assorbite per mezzo di idonei elementi strutturali.

I solai devono assolvere funzione di ripartizione delle azioni orizzontali tra le pareti strutturali e di vincolo nei confronti delle azioni fuori del piano delle pareti , pertanto devono essere ben collegati ai muri e garantire un adeguato funzionamento a diaframma. La distanza massima tra due solai successivi non deve essere superiore a 5 m.

La geometria delle pareti resistenti al sisma, deve rispettare i requisiti indicati nella Tab. 7.8.I, in cui t indica lo spessore della parete al netto dell'intonaco, ho l'altezza di libera inflessione della parete come definito al § 4.5.6.2, h' l'altezza massima delle aperture adiacenti alla parete, l la lunghezza della parete.

Tipologie costruttive	t_{min}	$(\lambda=ho/t)_{max}$	$(l/h')_{min}$
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata	300 mm	10	0,5
Muratura ordinaria, realizzata con elementi artificiali	240 mm	12	0,4
Muratura armata, realizzata con elementi artificiali	240 mm	15	Qualsiasi
Muratura confinata	240 mm	15	0,3
Muratura ordinaria, realizzata con elementi in pietra squadrata, in siti caratterizzati, allo *SLV*, da $a_g S \leq 0.15g$	240 mm	12	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali semipieni, in siti caratterizzati, allo *SLV*, da $a_g S \leq 0.075$ g	200 mm	20	0,3
Muratura realizzata con elementi artificiali pieni, in siti caratterizzati, allo *SLV*, da $a_g S \leq 0.075$ g	150 mm	20	0,3

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.1.5 METODI DI ANALISI

7.8.1.5.2 Analisi lineare statica

È applicabile nei casi previsti al § 7.3.3.2, anche per le costruzioni irregolari in altezza, purché si ponga λ = 1,0.

[.....]

Nel caso di solai rigidi, la distribuzione delle forze di taglio nei diversi pannelli ottenuta dall'analisi lineare può essere modificata con una ridistribuzione limitata, facendo sì che l'equilibrio globale di piano sia rispettato (il modulo e la posizione della forza risultante di piano restino invariati) e a condizione che la variazione del taglio in ciascun pannello, ΔV, soddisfi la relazione

$$|\Delta V| \leq \max\{0{,}25\,|V|,\ 0{,}1\,|V_{piano}|\}$$

dove V è il taglio nel pannello e Vpiano è il taglio totale al piano nella direzione parallela al pannello. Tale ridistribuzione non è ammessa nel caso in cui il rapporto α_u/α_1 necessario per il calcolo del fattore comportamento q sia stato ottenuto dal progettista direttamente da un'analisi non lineare. Viceversa, se nella determinazione di αu/α1 ci si è avvalsi dei valori prudenziali suggeriti al § 7.8.1.3, la ridistribuzione è ammessa.

Nel caso di solai deformabili la ridistribuzione può essere eseguita solamente tra pannelli complanari collegati da cordoli o incatenamenti ovvero appartenenti alla stessa parete. In tal caso, nel calcolo dei limiti per la ridistribuzione, Vpiano è da intendersi come la somma dei tagli nei pannelli complanari ovvero appartenenti alla stessa parete.

NTC2018 ≈ NTC2008

Le *verifiche fuori piano* possono essere eseguite separatamente, e possono essere adottate le forze equivalenti indicate al § 7.2.3 per gli elementi non strutturali, assumendo qa = 3. Più precisamente l'azione sismica ortogonale alla parete può essere rappresentata da una forza orizzontale distribuita, pari a Sa/qa volte il peso della parete nonché da forze orizzontali concentrate pari a Sa/qa volte il peso trasmesso dagli orizzontamenti che si appoggiano sulla parete, qualora queste forze non siano efficacemente trasmesse a muri trasversali disposti parallelamente alla direzione del sisma. Per le pareti resistenti al sisma, che rispettano i limiti di Tab. 7.8.II, si può assumere per Sa la seguente espressione:

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left[1.5 \cdot \left(1 + Z/H\right) - 0.5\right] \geq \alpha \cdot S$$

dove:

α è il rapporto tra accelerazione massima del terreno ag su sottosuolo tipo A per lo stato limite in esame (vedi § 3.2.1) e l'accelerazione di gravità g;

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche secondo quanto riportato nel § 3.2.3.2.1;

Z è la quota del baricentro dell'elemento non strutturale misurata a partire dal piano di fondazione (vedi § 3.2.2);

H è l'altezza della costruzione misurata a partire dal piano di fondazione;

Per le strutture con isolamento sismico si assume sempre Z=0.

Per le pareti non resistenti al sisma la verifica fuori piano va comunque condotta facendo ricorso a formulazioni di comprovata validità.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.1.5.3 Analisi dinamica modale

È applicabile in tutti i casi, con le limitazioni di cui al § 7.3.3.1. Quanto specificato per modellazione e possibilità di ridistribuzione nel caso di analisi statica lineare si applica anche in questo caso. Le verifiche fuori piano possono essere eseguite separatamente, adottando le forze equivalenti specificate al punto precedente per l'analisi statica lineare.

7.8.1.5.4 Analisi statica non lineare

L'analisi statica non lineare è applicabile agli edifici in muratura secondo le modalità descritte al § 7.3.4.2, con la possibilità di estendere quanto ivi indicato per le strutture in cui il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%, anche ai casi in cui la partecipazione di massa sia non inferiore al 60%. Il modello geometrico della struttura può essere conforme a quanto indicato nel caso di analisi statica lineare. In alternativa si possono utilizzare modelli più sofisticati purché idonei e adeguatamente documentati.
I pannelli murari possono essere caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza equivalente al limite elastico e spostamenti al limite elastico e ultimo corrispondenti alla risposta flessionale e a taglio di cui ai §§ 7.8.2.2 e 7.8.3.2. Gli elementi lineari in c.a. (cordoli, travi di accoppiamento) possono essere caratterizzati da un comportamento bilineare elastico perfettamente plastico, con resistenza equivalente al limite elastico e spostamenti al limite elastico e ultimo definiti per mezzo della risposta flessionale o a taglio.

7.8.1.5.5 Analisi dinamica non lineare

Si applica integralmente il § 7.3.4.1 facendo uso di modelli meccanici non lineari di comprovata e documentata efficacia nel riprodurre il comportamento dinamico e ciclico della muratura.

NTC2018 = NTC2008

7.8.1.6 VERIFICHE DI SICUREZZA

In caso di analisi lineare, al fine della verifica di sicurezza nei confronti dello stato limite ultimo, la capacità di ogni elemento strutturale resistente al sisma deve essere non inferiore alla domanda agente per ciascuna delle seguenti modalità di collasso: pressoflessione, taglio nel piano della parete, pressoflessione fuori piano. Devono essere comunque soggette a verifica a pressoflessione fuori del piano tutte le pareti aventi funzione strutturale, in particolare quelle portanti carichi verticali, anche quando considerate non resistenti al sisma in base ai requisiti di Tab. 7.8.II.

In caso di applicazione di principi della progettazione in capacità (muratura armata) l'azione da applicare per la verifica a taglio è derivata dalla resistenza a pressoflessione, secondo quanto indicato al § 7.8.1.7.

Le modalità di verifica sono descritte ai § 7.8.2.2, 7.8.3.2.

Nel caso di analisi statica non lineare, la verifica di sicurezza consiste nel confronto tra la capacità di spostamento ultimo della costruzione e la domanda di spostamento ottenute applicando il procedimento di cui al § 7.3.4.2, salvo quanto specificato di seguito.

La rigidezza elastica del sistema bilineare equivalente si individua tracciando la secante alla curva di capacità nel punto corrispondente ad un taglio alla base pari a 0,7 volte il valore massimo (taglio massimo alla base). Il tratto orizzontale della curva bilineare si individua tramite l'uguaglianza delle aree sottese dalle curve tracciate fino allo spostamento ultimo del sistema.

In ogni caso, sia per le costruzioni in muratura ordinaria sia per le costruzioni in muratura armata senza progettazione in capacità, la verifica di sicurezza non è soddisfatta qualora il rapporto tra taglio totale agente alla base del sistema equivalente a un grado di libertà, calcolato con lo spettro di risposta elastico, e taglio alla base resistente del sistema equivalente a un grado di libertà ottenuto dall'analisi non lineare, ecceda il valore **4,0** (**q***).

Nel caso di analisi dinamica non lineare, la verifica di sicurezza consiste nel confronto tra la capacità di spostamento e la domanda di spostamento.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.1.9 COSTRUZIONI SEMPLICI

Si definiscono “costruzioni semplici” quelle che rispettano le condizioni di cui al § 4.5.6.4 integrate con le caratteristiche descritte nel seguito, oltre a quelle di regolarità in pianta e in elevazione definite al § 7.2.1 e quelle definite ai successivi § 7.8.6.1, 7.8.6.2 e 7.8.6.3, rispettivamente per le costruzioni di muratura ordinaria, di muratura armata e di muratura confinata.

Per le costruzioni semplici aventi, allo SLV, **agS ≤ 0,35g** non è obbligatorio eseguire alcuna analisi e verifica di sicurezza, ma è richiesto il soddisfacimento delle seguenti condizioni integrative:

- in ciascuna delle due direzioni siano previsti almeno due sistemi di pareti di lunghezza complessiva, al netto delle aperture, ciascuno non inferiore al 50% della dimensione della costruzione nella medesima direzione. Nel conteggio della lunghezza complessiva possono essere inclusi solamente setti murari che rispettano i requisiti geometrici della Tab. 7.8.II. La distanza tra questi due sistemi di pareti in direzione ortogonale al loro sviluppo longitudinale in pianta sia non inferiore al 75% della dimensione della costruzione nella medesima direzione (ortogonale alle pareti). Almeno il 75% dei carichi verticali sia portato da pareti che facciano parte del sistema resistente alle azioni orizzontali;
- in ciascuna delle due direzioni siano presenti pareti resistenti alle azioni orizzontali con interasse non superiore a 7 m, elevabili a 9 m per costruzioni in muratura armata;

NTC2018 ≈ NTC2008

- per ciascun piano il rapporto tra area della sezione resistente delle pareti e superficie lorda del piano non sia inferiore ai valori indicati nella Tab. 7.8.II, in funzione del numero di piani della costruzione e della sismicità del sito, per ciascuna delle due direzioni ortogonali:

Tabella 7.8.II – *Area pareti resistenti in ciascuna direzione ortogonale per costruzioni semplici.*

Accelerazione di picco del terreno a_gS([1])		≤0,07g	≤0,10g	≤0,15g	≤0,20g	≤0,25g	≤0,30g	≤0,35g	≤0,40g	≤0,45g	≤0,50g
Tipo di struttura	Numero piani										
Muratura ordinaria	1	3,5%	3,5%	4,0%	4,5%	5,5%	6,0%	6,0%	6,0%	6,0%	6,5%
	2	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	6,0%	6,5%	6,5%	6,5%	6,5%	7,0%
	3	4,5%	4,5%	5,0%	6,0%	6,5%	7,0%	7,0%			
Muratura armata	1	2,5%	3,0%	3,0%	3,0%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	4,5%
	2	3,0%	3,5%	3,5%	3,5%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,0%	5,0%
	3	3,5%	4,0%	4,0%	4,0%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	6,0%	6,0%
	4	4,0%	4,5%	4,5%	5,0%	5,5%	5,5%	5,5%	6,0%	6,5%	6,5%

([1]) S_T si applica solo nel caso di strutture di Classe d'uso III e IV (v. § 2.4.2)

Per le costruzioni semplici il numero dei piani non puo' essere superiore a 3, per le costruzioni in muratura armata , e a 4, per costruzioni in muratura armata.

Deve inoltre risultare, per ogni piano:

$$\sigma = N/A \leq 0{,}25\ fk\ /\gamma M \qquad [7.8.1]$$

in cui N è il carico verticale totale alla base di ciascun piano dell'edificio corrispondente alla somma dei carichi permanenti e variabili (valutati ponendo γG=γQ=1), A e' l'area totale dei muri portanti allo stesso piano e fk e' la resistenza caratteristica a compressione in direzione verticale della muratura.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.2 COSTRUZIONI IN MURATURA ORDINARIA

7.8.2.2 VERIFICHE DI SICUREZZA

7.8.2.2.1 Pressoflessione nel piano

La verifica a pressoflessione di una sezione di un elemento strutturale si esegue confrontando il momento agente di progetto con il momento ultimo resistente calcolato assumendo la muratura non reagente a trazione e un'opportuna distribuzione non lineare delle compressioni. Nel caso di una sezione rettangolare e diagramma delle compressioni rettangolare con valore della resistenza pari a 0.85fd, tale momento ultimo può essere calcolato come:

$$M_u = \left(l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_0}{2}\right)\left(1 - \frac{\sigma_0}{0{,}85 f_d}\right)$$

dove:

Mu è il momento corrispondente al collasso per pressoflessione

l è la lunghezza complessiva della parete (comprensiva della zona tesa)

t è lo spessore della zona compressa della parete

σ_0 è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione (= N/(l·t), con N forza assiale agente positiva se di compressione); se N è di trazione, Mu = 0

In caso di analisi statica non lineare, la capacità a pressoflessione può essere calcolata ponendo fd pari al valore medio della capacità a compressione della muratura, e lo spostamento ultimo allo **SLC**, a meno di moti rigidi del pannello, può essere assunto pari all'1,0% dell'altezza del pannello.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.2.2.2 Taglio

La capacità a taglio di ciascun elemento strutturale è valutata per mezzo della relazione seguente:

$$V_t = l' \cdot t \cdot f_{vd}$$

dove:

l’ è la lunghezza della parte compressa della parete ottenuta sulla base di un diagramma lineare delle compressioni, e in assenza di resistenza a trazione

t è lo spessore della parete

fvd = fvk/yM è definito al § 4.5.6.1 e al § 11.3.3, calcolando la tensione normale media (indicata con σn nel paragrafi citati) sulla parte compressa della sezione (σn = N/(l’·t)).

In caso di analisi statica non lineare, la resistenza a taglio può essere calcolata ponendo fvd = fvm0 + 0,4σn ≤ fv,lim con fvm0 resistenza media a taglio della muratura (in assenza di determinazione diretta si può porre fvm0 = fvk0/0,7 e fv,lim = fvk,lim /0,7), e lo spostamento ultimo allo **SLC**, a meno di moti rigidi del pannello, può essere assunto pari allo 0,5% dell’altezza del pannello.

7.8.2.2.3 Pressoflessione fuori piano

Il valore del momento di collasso per azioni perpendicolari al piano della parete è calcolato assumendo un diagramma delle compressioni rettangolare, un valore della resistenza pari a 0,85 fd e trascurando la resistenza a trazione della muratura. Per la verifica si può fare utile riferimento al 7.8.2.2.1.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.3 COSTRUZIONI IN MURATURA ARMATA

7.8.3.1 CRITERI DI PROGETTO

L'insieme strutturale risultante deve essere in grado di reagire alle azioni esterne orizzontali con un comportamento di tipo globale, al quale contribuisce soltanto la resistenza delle pareti nel loro piano.

7.8.3.2 VERIFICHE DI SICUREZZA

7.8.3.2.1 Pressoflessione nel piano

Per la verifica di sezioni pressoinflesse può essere assunto un diagramma delle compressioni rettangolare, con profondità pari a 0,8 la profondità dell'asse neutro, e tensione pari a 0,85 fd. Le deformazioni massime da considerare sono pari a $\varepsilon m = 0{,}0035$ per la muratura compressa e $\varepsilon s = 0{,}01$ per l'acciaio teso.

In caso di analisi statica non lineare si adottano come valori di progetto le resistenze medie dei materiali, e lo spostamento ultimo può essere assunto pari all'1,6% dell'altezza del pannello.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.3.2.2 Taglio

La resistenza a taglio (Vt) è calcolata come somma dei contributi della muratura (Vt,M) e dell'armatura (Vt,S), secondo le relazioni seguenti:

$$V_t = V_{t,M} + V_{t,S}$$

$$V_{t,M} = d \cdot t \cdot f_{vd}$$

dove:

d è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa

t è lo spessore della parete

fvd=fvk/yM è definito al § 4.5.6.1 calcolando la tensione normale media (indicata con σn nel paragrafo citato) sulla sezione lorda di larghezza d (σn = P/dt).

$$V_{t,S} = \left(0,6 \cdot d \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}\right) / s$$

dove:

d è la distanza tra il lembo compresso e il baricentro dell'armatura tesa,

Asw è l'area dell'armatura a taglio disposta in direzione parallela alla forza di taglio, con passo s misurato ortogonalmente alla direzione della forza di taglio, fyd è la tensione di snervamento di progetto dell'acciaio,

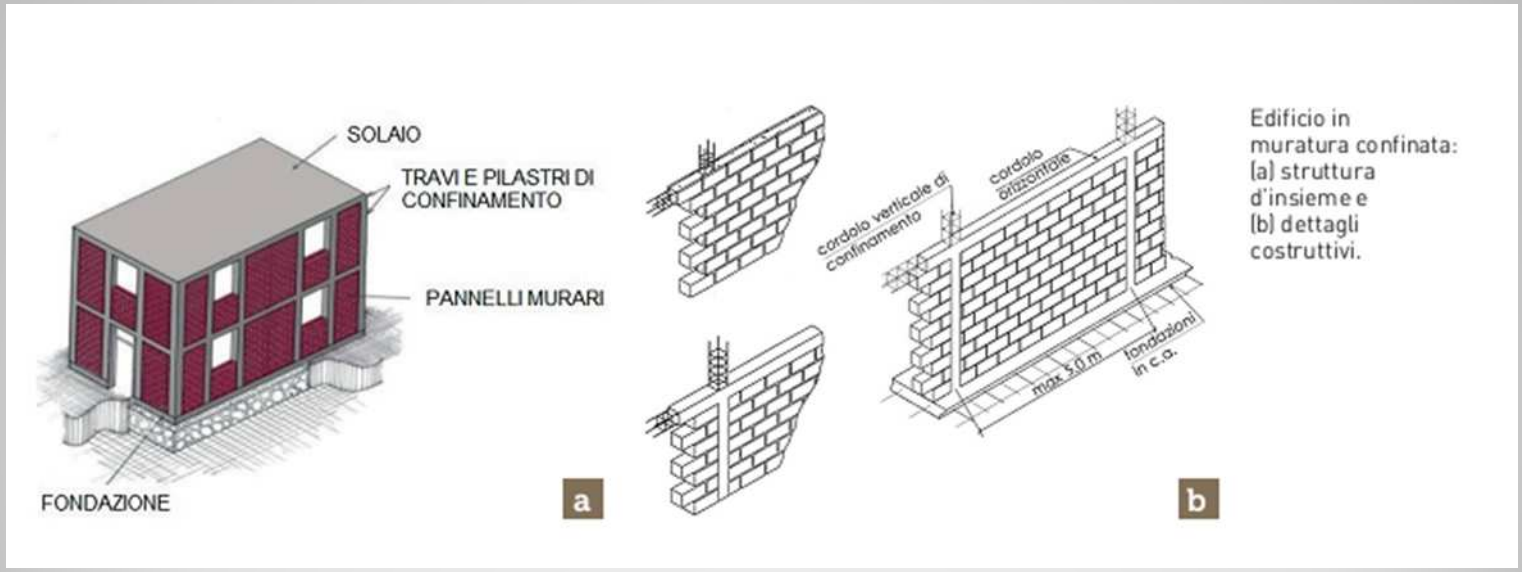
s è la distanza tra i livelli di armatura.

In caso di analisi statica non lineare si adottano come valori di progetto le resistenze medie dei materiali e lo spostamento ultimo può essere assunto pari allo 0,8% dell'altezza del pannello.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.4 COSTRUZIONI IN MURATURA CONFINATA

La progettazione e la realizzazione di costruzioni di muratura confinata (una muratura costituita da elementi resistenti artificiali pieni e semipieni, dotata di elementi di confinamento in calcestruzzo armato o muratura armata) deve essere eseguita in accordo con i criteri e le regole date nella UNI EN 1998-1, con le precisazioni riportate negli Annessi tecnici nazionali agli Eurocodici ed applicando le regole di dettaglio di cui al § 7.8.6.3.



NTC2018

7.8.6 REGOLE DI DETTAGLIO

7.8.6.1 COSTRUZIONI DI MURATURA ORDINARIA

Ad ogni piano deve essere realizzato un cordolo continuo all'intersezione tra solai e pareti.

I cordoli devono avere altezza minima pari all'altezza del solaio e larghezza almeno pari a quella del muro; è consentito un arretramento massimo non superiore a 60 mm e a 0,25·t dal filo esterno per murature di spessore t fino a 300 mm. Per murature di spessore t superiore, l'arretramento può essere maggiore di 60 mm, ma non superiore a 0,2·t. L'armatura corrente non deve essere inferiore a 8 cm^2, le staffe devono avere diametro non inferiore a 6 mm ed interasse non superiore a 250 mm. Travi metalliche o prefabbricate costituenti i solai devono essere prolungate nel cordolo per almeno la metà della sua larghezza e comunque per non meno di 120 mm ed adeguatamente ancorate ad esso. A meno di idonei provvedimenti atti a garantire un efficace collegamento fra le pareti ed il comportamento scatolare della struttura, in corrispondenza di incroci d'angolo tra due pareti perimetrali sono prescritte, su entrambe le pareti, zone di parete muraria di lunghezza non inferiore ad un terzo dell'altezza, e comunque non inferiore ad a 1 m, compreso lo spessore del muro trasversale. Al di sopra di ogni apertura deve essere realizzato un architrave resistente a flessione efficacemente ammorsato alla muratura.

NTC2018 ≈ NTC2008

7.8.6.2 COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA

Quanto indicato al § 7.8.6.1 per la muratura ordinaria si applica anche alla muratura armata, con le seguenti eccezioni e le pertinenti prescrizioni di cui al § 4.5.7.

Gli architravi soprastanti le aperture possono essere realizzati in muratura armata.

Le barre di armatura devono essere esclusivamente del tipo ad aderenza migliorata e devono essere ancorate in modo adeguato alle estremità mediante piegature attorno alle barre verticali. In alternativa possono essere utilizzate, per le armature orizzontali, armature a traliccio o conformate in modo da garantire adeguata aderenza ed ancoraggio.

La percentuale di armatura orizzontale, calcolata rispetto all'area lorda della sezione verticale della parete, non può essere inferiore allo 0,04%, né superiore allo 0,5%.

Parapetti ed elementi di collegamento tra pareti diverse devono essere ben collegati alle pareti adiacenti, garantendo la continuità dell'armatura orizzontale e, ove possibile, di quella verticale.

Agli incroci delle pareti perimetrali è possibile derogare al requisito di avere su entrambe le pareti zone di parete muraria di lunghezza non inferiore a 1 m.

NTC2018 = NTC2008

7.8.6.3 COSTRUZIONI DI MURATURA CONFINATA

Le costruzioni di muratura confinata dovranno essere progettate rispettando i seguenti requisiti:

- gli elementi di confinamento orizzontale e verticali dovranno essere collegati fra loro e ancorati agli elementi del sistema strutturale principale;
- per garantire un collegamento efficace fra gli elementi di confinamento e la muratura, il calcestruzzo degli elementi di confinamento dovrà essere gettato dopo la realizzazione della muratura;
- la minima dimensione trasversale degli elementi di confinamento orizzontali e verticali non dovrà essere inferiore a 150 mm. Nelle pareti a doppio foglio lo spessore degli elementi di confinamento deve garantire la connessione dei due fogli ed il loro confinamento;
- gli elementi di confinamento verticali dovranno essere posizionati:
  a) lungo i bordi liberi di ogni parete strutturale,
  b) su entrambi i lati delle aperture aventi area maggiore di 1,5 mq,
  c) all'interno delle pareti con passo non maggiore di 5 m,
  d) alle intersezioni delle pareti strutturali, in tutti i casi in cui gli elementi di confinamento più vicini siano ad una distanza superiore a 1,5 m,
- gli elementi di confinamento orizzontali dovranno essere posizionati nel piano della parete ad ogni piano e, in ogni caso, ad un passo non maggiore di 4 m;
- l'armatura longitudinale degli elementi di confinamento deve avere un'area non inferiore a 300 mm^2 o all'1% della sezione dell'elemento di confinamento;
- le staffe dovranno avere diametro non inferiore a 5 mm e passo non maggiore di 15 cm;
- le lunghezze di sovrapposizione delle barre longitudinali non dovranno essere minori di 60 diametri.

NTC2018

Grazie per l'attenzione!