

REGIONE TOSCANA
DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI
SETTORE – SERVIZIO SISMICO REGIONALE

EDIFICI IN MURATURA IN ZONA SISMICA RILEVAMENTO DELLE CARENZE STRUTTURALI

MANUALE PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA DELLE CARENZE



Direzione Generale delle Politiche Territoriale e Ambientali

Settore - Servizio Sismico Regionale

EDIFICI IN MURATURA IN ZONA SISMICA RILEVAMENTO DELLE CARENZE STRUTTURALI

Manuale per la compilazione della
scheda delle carenze

A cura di: M. Ferrini ⁽¹⁾, L. Decanini⁽²⁾, A. Pagliuzzi ⁽¹⁾, S. Scarparolo ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Regione Toscana – Dir. Gen. delle Politiche Territoriali e Ambientali. Settore – Servizio Sismico Regionale

⁽²⁾ Università degli Studi "La Sapienza" di Roma - Dipart. Ingegneria Strutturale e Geotecnica

1^a Edizione Febbraio 2004

INDICE

	pag. 1
1. Note generali per la compilazione della scheda	pag. 3
2. Definizione delle carenze strutturali gravi degli edifici in muratura	pag. 4
3. Classificazione delle tipologie murarie	pag. 5
4. Analisi delle carenze strutturali gravi	pag. 9
4.1. Carenza di resistenza della muratura dovuta alle varie tipologie di muratura	pag. 9
4.1.a. Cattiva qualità dei materiali costituenti	pag. 9
4.1.b. Cattiva qualità della tessitura muraria	pag. 9
4.1.c. Insufficiente densità dei muri resistenti nel piano di verifica	pag. 9
4.2. Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili	pag. 15
4.2.a. Mancanza completa o inefficacia dei collegamenti fra pareti e pareti	pag. 15
4.2.b. Mancanza completa o inefficacia dei collegamenti fra pareti ed orizzontamenti	pag. 15
4.2.c. Presenza di solai o coperture eccessivamente deformabili con insufficiente resistenza nel loro piano	pag. 16
4.2.d. Coperture o solai orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano	pag. 16
4.3. Presenza di irregolarità	pag. 17
4.3.a. Irregolarità planimetrica in termini di differenze significative tra aree resistenti delle murature secondo le due direzioni principali dell'edificio	pag. 17
4.3.b. Irregolarità planimetrica dovuta ad elevata distanza tra il baricentro delle aree delle sezioni orizzontali di muratura resistente ed il centro geometrico della pianta dell'edificio al piano di verifica	pag. 18
4.3.c. Irregolarità della maglia muraria in elevazione	pag. 20
4.3.d. Presenza di murature portanti insistenti in falso su solai	pag. 21
4.3.e. Presenza di murature portanti in forati con elevata percentuale di vuoti	pag. 23
4.3.f. Aumento significativo del peso di piano	pag. 23
4.3.g. Sopraelevazioni con materiali diversi che costituiscono un'apprezzabile discontinuità strutturale	pag. 26
4.3.h. Presenza di piani sfalsati	pag. 26
4.3.i. Presenza di solai con caratteristiche tipologiche significativamente diverse in termini di rigidzze nel piano di verifica	pag. 28
4.3.j. Aperture non disposte secondo allineamenti verticali	pag. 28
4.3.k. Presenza di solai e/o coperture rigidi e pesanti in edifici con muratura di cattiva qualità	pag. 29
4.4. Presenza di spinte non contrastate o eliminate	pag. 29
4.4.a. Nelle volte e negli archi	pag. 29
4.4.b. Negli elementi della copertura	pag. 30
4.5. Gravi carenze nelle fondazioni	pag. 31
4.5.a. Evidenze di cedimenti differenziali	pag. 31
4.5.b. Evidenze di cedimento e rotazione delle pareti fuori del piano	pag. 31

5. Calcolo degli indici e analisi delle carenze dell'edificio	pag. 32
6. Classi di carenze di edifici in muratura	pag. 32
Allegato A Valori di riferimento a_0 (%) per edifici con numero di piani superiori a 3	pag. 33
Allegato B Abaco delle tipologie murarie	pag. 35
Allegato C Scheda delle carenze	pag. 47

1. – Note generali per la compilazione della scheda

Aggregato strutturale = insieme di elementi strutturali non omogenei (edifici) che possono interagire sotto un'azione sismica.

Edificio = unità strutturale omogenea da cielo a terra distinguibile dagli altri adiacenti per differente comportamento dinamico sotto sisma, per almeno una delle seguenti caratteristiche:

- tipologia costruttiva;
- differenza di altezza (superiore al 20% dell'altezza di gronda più alta);
- irregolarità planimetrica (superfrazioni di superficie minore del 10% della superficie totale di piano non si considerano);
- età di costruzione;
- sfalsamento dei piani;
- porzioni ristrutturare da cielo a terra.

La scheda delle carenze va compilata per singolo edificio, anche se all'interno dello stesso vi sono più unità immobiliari, inserendo prima di tutto i dati relativi al numero di **Aggregato strutturale** e di **Edificio** in esame e alla **Localizzazione** dell'edificio stesso:

- *provincia*;
- *comune*;
- *località*;
- *indirizzo e n. civico*;
- *denominazione dell'edificio* (nel caso di edificio pubblico si indica il nome, ad esempio "Scuola Elementare G. Pascoli", nel caso di edificio privato il nome del proprietario, ad esempio "Mario Rossi").

La scheda è divisa in 6 colonne:

- *descrizione carenza*: descrizione delle varie carenze;
- *classe e punteggio di carenza "c"*: classificazione delle carenze da esaminare in quattro possibili classi: A, B, C, D secondo i criteri e le modalità riportate nei capitoli seguenti e punteggio associato a ciascuna singola classe di carenza;
- *peso carenza "p₁"*: peso associato a ciascuna singola carenza;
- *peso classe "p₂"*: peso associato a ciascuna categoria di carenze, essendo cinque le categorie di carenze, così come definite nei capitoli seguenti;
- *indice parziale delle carenze*: prodotto tra il punteggio "c" e i pesi "p₁" e "p₂", relativo a ciascuna carenza.
- *schemi e note*: spazio riservato al compilatore per l'inserimento di appunti e schemi grafici presi durante il sopralluogo sull'edificio, utili per la compilazione delle schede.

La somma di tutti gli indici parziali delle carenze fornisce come risultato l'*indice globale delle carenze*.

La scheda deve essere compilata facendo riferimento alle note, agli schemi e ai criteri di classificazione delle varie carenze riportati nei capitoli seguenti. Il controllo delle singole carenze deve essere eseguito per ogni livello dell'edificio, salvo dove diversamente specificato. Sulla scheda deve essere riportato il risultato relativo al livello più carente dell'edificio.

Si evidenzia come i metodi di seguito riportati siano procedure semplificate di calcolo e di verifica. Gli indici associati a ciascuna carenza, inoltre, non godono di rigore scientifico o

significato meccanico; la loro utilità consiste nell'essere indici sintetici tramite i quali confrontare situazioni differenti (stato di fatto iniziale e stato di progetto a seguito di interventi di miglioramento), al fine di raggruppare edifici di caratteristiche analoghe in funzione delle carenze presunte nei riguardi dell'azione sismica.

Le carenze possono essere individuate attraverso l'interpretazione del quadro fessurativo prodotto da cause esterne (in particolare modo dal sisma); ne consegue che dalla tipologia delle lesioni e dalla loro estensione è possibile assegnare la classe di appartenenza della carenza. In assenza di quadri fessurativi l'individuazione di tale classe è condotta attraverso l'analisi della tipologia costruttiva e dei singoli elementi strutturali dell'edificio.

2. - Definizione delle carenze strutturali gravi degli edifici in muratura

Si definiscono **carenze strutturali gravi** quelle carenze che possono essere causa di notevole vulnerabilità per l'edificio. Sono associate a:

- 1) assenza o inefficacia di elementi e/o sistemi che garantiscono un buon comportamento "scatolare" della struttura;
- 2) scarsa resistenza offerta dai muri soggetti ad azioni perpendicolari al loro piano (di conseguenza alla possibilità di instaurare meccanismi di ribaltamento fuori del piano e distacchi totali o parziali di pareti ortogonali tra loro);
- 3) bassa resistenza dei singoli elementi strutturali (capacità di resistere ad azioni sismiche contenute nel piano del muro);
- 4) cattiva risposta sismica globale dell'edificio.

Si riportano di seguito le carenze strutturali gravi per edifici in muratura:

1. **Carenza di resistenza della muratura dovuta alle varie tipologie di muratura:**
 - a. cattiva qualità dei materiali costituenti (es. murature in pietra arrotondata, o in tufo con elevata porosità, malta in cattivo stato di conservazione, presenza di murature portanti in forati con eccessiva percentuale di vuoti);
 - b. cattiva qualità della tessitura muraria (es. murature a sacco in generale o con scarso collegamento tra i paramenti, murature con apparecchiatura disorganizzata, ecc);
 - c. insufficiente densità dei muri resistenti nel piano di verifica.
2. **Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili** (comportamento scatolare – resistenza delle pareti alle azioni fuori del piano):
 - a. mancanza completa o inefficacia di collegamenti fra pareti e pareti, compresi i cantonali;
 - b. mancanza completa o inefficacia di collegamenti tra le pareti e gli orizzontamenti di piano o di copertura;
 - c. presenza di solai o coperture eccessivamente deformabili con insufficiente resistenza nel loro piano;
 - d. copertura o solai orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano (es. coperture realizzate con travetti in c.a. o putrelle con tavelloni, o travi in legno, senza caldana o senza doppio tavolato).
3. **Presenza di irregolarità:**
 - a. irregolarità planimetrica in termini di differenze significative tra aree resistenti delle murature secondo le due direzioni principali dell'edificio;

- b. irregolarità planimetrica dovuta ad elevata distanza tra il baricentro delle aree delle sezioni orizzontali di muratura resistente ed il centro geometrico della pianta dell'edificio al piano di verifica;
- c. irregolarità della maglia muraria in elevazione (aumento significativo della resistenza passando da un livello a quello soprastante);
- d. presenza di murature portanti insistenti in falso su solai, in percentuale superiore al 10 % del totale anche ad un solo livello;
- e. presenza di murature portanti in forati, con elevata percentuale di vuoti, estesa in misura consistente delle superfici resistenti ad uno stesso livello;
- f. aumento significativo del peso di piano, passando da un livello a quello superiore;
- g. sopraelevazioni con materiali diversi che costituiscono una apprezzabile discontinuità strutturale;
- h. presenza di piani sfalsati, con disposizione tale da innescare fenomeni di martellamento locale accentuato dalla differenza di quota e dalle rigidità e caratteristiche tipologiche significativamente diverse;
- i. presenza di solai con caratteristiche tipologiche significativamente diverse in termini di rigidità nel piano di verifica;
- j. aperture non disposte secondo allineamenti verticali con riduzione di efficienza dei maschi murari;
- k. presenza di solai e/o coperture rigidi e pesanti (es. latero-cemento con soletta e cordoli di consistenti dimensioni, ecc.) in edifici con muratura di cattiva qualità di cui al punto 1).

4. Presenza di spinte non contrastate o eliminate:

- a. nelle volte, negli archi (es. assenza di catene o altri dispositivi efficaci di contrasto);
- b. negli elementi della copertura (es. significative reazioni orizzontali dovute a configurazioni di vincoli non adeguati).

5. Gravi carenze nelle fondazioni:

- a. evidenze di cedimenti differenziali;
- b. evidenze di cedimento e rotazione delle pareti fuori del piano.

3. – Classificazione delle tipologie murarie

Si procede alla individuazione delle varie tipologie di paramenti murari. Queste sono state raggruppate in quattro classi di vulnerabilità (A, B, C, D) in ordine decrescente di qualità del sistema resistente.

La classificazione tiene conto di due fattori principali:

- 1) la qualità e lo stato di conservazione dei blocchi resistenti e della malta;
- 2) la tessitura o apparecchiatura muraria.

Il primo si riferisce alla qualità dei materiali utilizzati come blocchi (naturali o artificiali) e come malta nei giunti. Una malta di caratteristiche meccaniche elevate, infatti, può conferire ad una muratura anche con inerti piccoli e mal disposti un sufficiente grado di monoliticità. Una malta cementizia però, pur di ottima resistenza, non è sufficiente in presenza di muratura in laterizio eccessivamente forato.

Il secondo riguarda l'omogeneità di pezzatura e la regolarità nella disposizione dei blocchi,

in modo tale che questi risultino il più possibile squadrati, ben ingranati l'uno con l'altro e disposti alternati in strati regolari. Deve essere verificata l'orizzontalità dei filari, che deve interessare il più possibile l'intera lunghezza e altezza del paramento murario e lo sfalsamento dei giunti verticali (il generico giunto verticale deve trovarsi in corrispondenza della zona centrale dell'elemento sottostante). Non sempre, infine, un paramento a vista ben organizzato e con elementi ben squadrati è indice di un muro ben fatto: potrebbe essere soltanto il paramento esterno di una muratura a sacco o a doppio paramento, che all'interno nasconde una muratura di pessima fattura. Occorre indagare con saggi dall'interno.

Questo fattore riguarda anche la presenza di elementi di connessione trasversali (diàtoni) tra due paramenti murari affiancati parallelamente. L'importanza della presenza di questi elementi risulta evidente se si confronta la notevole differenza di monoliticità trasversale di un muro realizzato correttamente con diàtoni e di uno composto da due paramenti semplicemente affiancati. In presenza della forza sismica orizzontale, la presenza di diàtoni impedisce lo scorrimento tra le superfici interne e il meccanismo di ribaltamento coinvolge tutto il muro nella rotazione attorno allo spigolo più esterno (fig. 1).

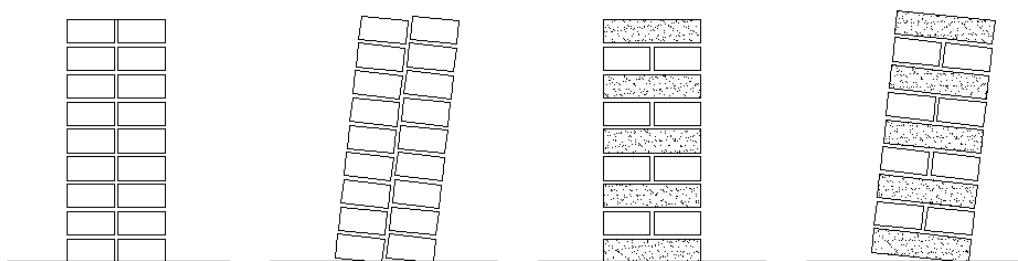


Fig. 1

Un'altra importante funzione svolta dai diàtoni riguarda la distribuzione omogenea su tutto lo spessore del muro dei carichi verticali provenienti dai solai che insistono soltanto sul paramento interno. In assenza di diàtoni il peso scaricato dai solai esclusivamente sul foglio interno può innescare fenomeni di instabilità a carico di punta, mentre il foglio esterno, non interrotto dagli orizzontamenti, diventa un elemento di elevata snellezza (fig. 2).

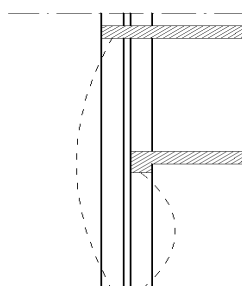


Fig. 2

La classificazione proposta raggruppa le varie tipologie murarie in base a valori omogenei di tensione tangenziale caratteristica τ_k . Tali valori sono in accordo con quelli indicati nelle tabelle ministeriali.

Le tipologie murarie si riferiscono ad edifici esistenti; in classe A sono presenti anche murature realizzate in accordo con la normativa sismica emanata dopo il 1986 le quali, per materiali e tecniche costruttive utilizzati, possiedono valori di τ_k superiori a tutte le altre.

Il procedimento di classificazione sopra esposto viene riassunto in appositi abachi

fotografici riportati in Allegato B, nei quali viene indicata la classe di appartenenza della muratura in esame (fig. 3). E' doveroso precisare che le classi assegnate in tali abachi costituiscono soltanto un'indicazione di riferimento per il rilevatore, che di volta in volta dovrà attribuire la più corretta classe di appartenenza in funzione delle caratteristiche della muratura indagata, secondo la sua sensibilità ed esperienza.

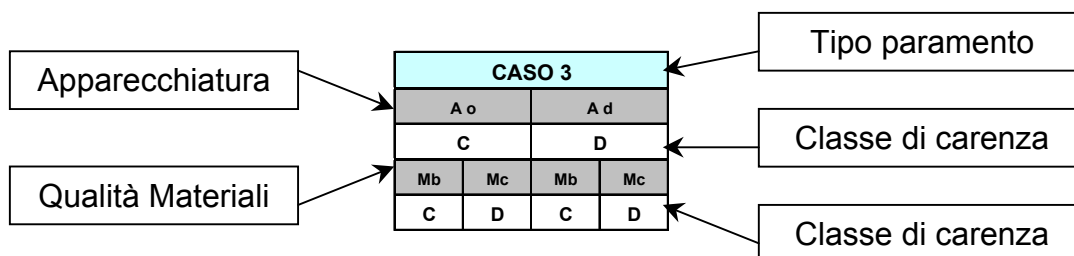


Fig. 3

Classe A

1. Murature in pietra da taglio costituita da elementi omogenei ben squadrate e lavorati. Buona apparecchiatura muraria. Malta di buona qualità.
2. Murature in tufo ben squadrate e di bassa porosità. Buona apparecchiatura muraria con letti di malta orizzontali e verticali. Malta cementizia di buona qualità.
3. Murature in blocchi semipieni (foratura compresa tra 15% e 45%) in laterizio o calcestruzzo, con buona apparecchiatura e con letti di malta orizzontali e verticali. Malta cementizia di buona qualità.
4. Murature in mattoni pieni. Buona apparecchiatura muraria ed accurata fattura dei giunti di malta orizzontali e verticali. Malta di buona qualità.
5. Murature consolidate secondo la normativa sismica vigente. (Nel caso di interventi non eseguiti a regola d'arte, si dovrà considerare la classe più affine per resistenza conseguita).
6. Murature armate secondo D. Min. LL. PP. 16/01/96.

Classe B

1. Murature in pietrame squadrate con elementi non omogenei ma ben ingranati in senso longitudinale e trasversale. Malta di buona qualità.
2. Murature in pietra sbazzata con ricorsi continui in mattoni pieni estesi a tutto lo spessore murario. Buona apparecchiatura muraria. Malta di buona qualità.
3. Murature in tufo ben squadrate e di bassa porosità. Buona apparecchiatura muraria con letti di malta orizzontali e verticali. Malta di discreta qualità.

4. Murature in blocchi semipieni (foratura compresa tra 15% e 45%) in laterizio o calcestruzzo, con buona apparecchiatura ma con letti di malta cementizia solo orizzontali.

Classe C

1. Murature in pietrame grossolanamente squadrato in presenza di irregolarità. Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità.
2. Murature in pietrame non squadrato o in pietra arrotondata, in presenza di ricorsi continui (in mattoni o in cls) estesi a tutto lo spessore murario. Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità.
3. Muratura mista a due fogli, con paramento interno in ciottoli o pietra grezza e paramento esterno in pietrame discretamente squadrato o in mattoni. Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità.
4. Murature a sacco in pietrame o tufo. Nucleo di buona consistenza. Abbondante presenza di idonei collegamenti tra i due paramenti (diatoni o ricorsi estesi a tutto lo spessore). Malta di discreta qualità.
5. Murature in tufo ben squadrato e di media porosità. Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità.
6. Murature in mattoni pieni. Difettosa apparecchiatura muraria (esempi: giunti di malta di eccessivo spessore, ecc.). Malta di scarsa qualità.

Classe D

1. Murature in pietrame non squadrato o tufo grossolanamente squadrato di media o alta porosità (esempi: pietra arrotondata, ciottoli di fiume, pietra grossolanamente sbazzata, elementi in tufo con forma irregolare, ecc.). Difettosa apparecchiatura muraria ed assenza di ricorsi estesi a tutto lo spessore murario. Malta di scarsa qualità dovuta anche al cattivo stato di conservazione.
2. Murature in pietra sbazzata con ricorsi continui in mattoni pieni estesi a tutto lo spessore murario. Difettosa apparecchiatura muraria. Malta di scarsa qualità.
3. Murature in laterizio di cattiva qualità con inclusione di ciottoli. Difettosa apparecchiatura muraria. Malta di scarsa qualità.
4. Murature a sacco in pietrame non squadrato o tufo molto poroso. Nucleo incoerente o parzialmente vuoto. Assenza o scarsa presenza di idonei collegamenti tra i due paramenti (diatoni). Malta di scarsa qualità dovuta anche al cattivo stato di conservazione.
5. Murature in blocchi forati ad alta percentuale di vuoti (> 45%) in laterizio o calcestruzzo.

4. – Analisi delle carenze strutturali gravi

Si analizzano di seguito tutte le carenze strutturali gravi descritte nel paragrafo 2, fornendo un'indicazione sui criteri di verifica per ciascuna di esse. Tali criteri, di carattere qualitativo e quantitativo, sono da considerarsi metodi semplificati che si adattano meglio a realtà con le seguenti caratteristiche:

- 1) edifici isolati con caratteristiche tipologiche correnti (un edificio compreso in un aggregato strutturale, infatti, presenta una risposta sismica sensibilmente diversa da un edificio isolato);
- 2) edifici sufficientemente regolari sia in pianta che in elevazione (un edificio che presenta simmetrie geometriche, di peso e di elementi resistenti, presenta un comportamento sotto sisma migliore rispetto ad uno con evidenti asimmetrie);
- 3) edifici che non rientrano nelle ipotesi di applicabilità di un metodo di verifica tipo P.O.R. (tale metodo ha fondamento se applicato a strutture murarie di nuova realizzazione, regolari e non superiori a tre piani, con muri di spessore non molto elevato, con solai rigidi ben collegati alle pareti murarie e ad edifici di non elevata estensione in pianta fondati su un'unica giacitura orizzontale. Gli edifici esistenti presentano generalmente solai lignei, privi di rigidità nel piano e inefficaci a costituire un vincolo per le pareti murarie, specialmente per quelle di grosso spessore);
- 4) edifici che si danneggiano anche per l'instaurarsi di meccanismi di danno di primo modo (azioni fuori del piano).

4.1. – Carenza di resistenza della muratura dovuta alle varie tipologie di muratura

4.1.a. – *Cattiva qualità dei materiali costituenti*

Si considera la muratura prevalente dell'edificio in esame e si classifica in una delle quattro classi descritte precedentemente nel paragrafo 3.

4.1.b. – *Cattiva qualità della tessitura muraria*

Si considera la muratura prevalente dell'edificio in esame e si classifica in una delle quattro classi descritte precedentemente nel paragrafo 3.

4.1.c. – *Insufficiente densità dei muri resistenti nel piano di verifica*

Si definisce densità dei muri resistenti in una direzione la percentuale di area della sezione orizzontale di muratura resistente alle azioni sismiche rispetto alla superficie totale coperta del piano esaminato.

$$a_x = \frac{A_x}{S_t} \cdot 100$$

$$a_y = \frac{A_y}{S_t} \cdot 100$$

dove:

A_x = Area degli elementi resistenti in direzione x (m^2);

A_y = Area degli elementi resistenti in direzione y (m^2);

$S_t = L_x \cdot L_y$ = superficie totale coperta di piano (m^2).

Si determina per ogni piano dell'edificio il minimo valore a tra le densità a_x e a_y di muri resistenti e lo si confronta con i valori di riferimento a_0 , contenuti nelle seguenti tabelle A1, A2, B, C, D. La tabella con i valori di riferimento viene scelta dopo aver classificato la muratura in una delle quattro classi descritte nel paragrafo 3. Per gli edifici con un numero di piani pari a 4 o 5 si faccia riferimento alle tabelle E1 e E2 dell'Allegato A ("Valori di riferimento a_0 (%) per edifici con numero di piani superiori a 3").

Tali valori sono stati ricavati con riferimento allo studio del comportamento di una singola parete muraria soggetta ad azioni orizzontali agenti nel suo piano (resistenza convenzionale trattata nella letteratura tecnico-scientifica corrente).

Valori di riferimento a_0 (%)

Tabella A1

MURATURA CLASSE A (edifici pre-1986)	Primo piano di verifica	Secondo piano di verifica	Terzo piano di verifica
Edifici a 1 piano	1.5	-	-
Edifici a 2 piani	2.5	2	-
Edifici a 3 piani	3.5	3	2.5

Tabella A2

MURATURA CLASSE A (edifici post-1986)	Primo piano di verifica	Secondo piano di verifica	Terzo piano di verifica
Edifici a 1 piano	1	-	-
Edifici a 2 piani	2	1.5	-
Edifici a 3 piani	2.5	2	1.5

Tabella B

MURATURA CLASSE B	Primo piano di verifica	Secondo piano di verifica	Terzo piano di verifica
Edifici a 1 piano	2	-	-
Edifici a 2 piani	3	2.5	-
Edifici a 3 piani	4	3.5	3

Tabella C

MURATURA CLASSE C	Primo piano di verifica	Secondo piano di verifica	Terzo piano di verifica
Edifici a 1 piano	2.5	-	-
Edifici a 2 piani	3.5	3	-
Edifici a 3 piani	5	4.5	3.5

Tabella D

MURATURA CLASSE D	Primo piano di verifica	Secondo piano di verifica	Terzo piano di verifica
Edifici a 1 piano	4	-	-
Edifici a 2 piani	6	5	-
Edifici a 3 piani *	8	7	6

*Gli edifici costruiti con murature di classe D sono altamente vulnerabili.

In base al confronto effettuato si possono ottenere tre differenti situazioni:

Carenza ALTA (D): Tutti i casi in cui si ha muratura di **classe D indipendentemente da a.**

Muratura di **classe C** con $a < \frac{2}{3}a_0$

Carenza MEDIA (C): Muratura di **classe C** con $\frac{2}{3}a_0 \leq a < \frac{3}{2}a_0$

Muratura di **classe B o A** con $\frac{2}{3}a_0 \leq a < a_0$

Carenza BASSA (B): Muratura di **classe C** con $a \geq \frac{3}{2}a_0$

Assenza di Carenze (A): Muratura di **classe B o A** con $a \geq a_0$

Nella scelta dei setti murari resistenti devono essere rispettati i seguenti criteri:

- a) si prendono in considerazione separatamente entrambe le direzioni principali della pianta dell'edificio (fig. 4);

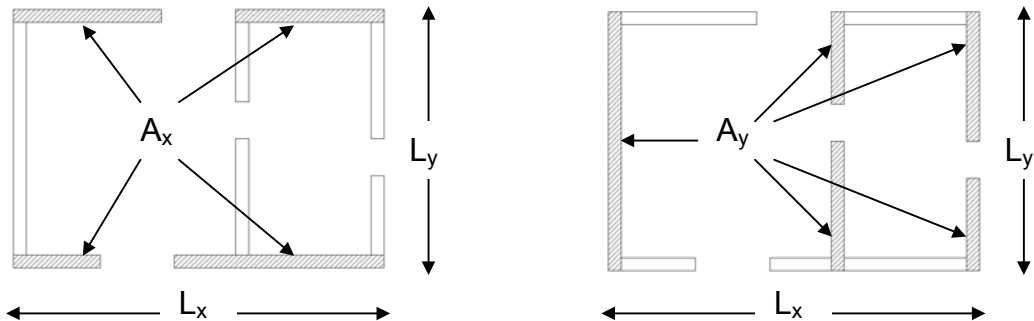


Fig. 4

- b) si prendono in considerazione solo i setti murari che presentano continuità verticale dal piano esaminato fino alle fondazioni, valutati al netto delle aperture (fig. 5). E' naturale che i muri in falso non devono essere conteggiati nel computo dei setti resistenti, non avendo continuità fino in fondazione.



Fig. 5

- c) si prendono in considerazione solo i setti murari aventi rapporto tra altezza e lunghezza inferiore o uguale a tre (fig. 6);

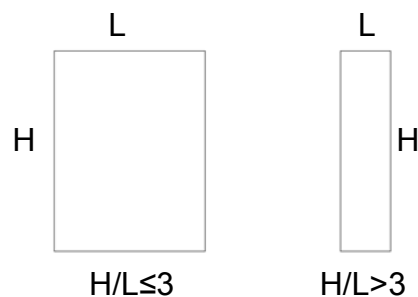


Fig. 6

- d) si prendono in considerazione solo i setti aventi spessore, valutato al netto dell'eventuale intonaco, non inferiore ai valori minimi indicati in Tabella F, ricavati in funzione dell'altezza d'interpiano h e del fattore laterale di vincolo ρ (Tabella G). Questo è definito in funzione del rapporto tra h ed a , interasse dei muri trasversali, rispetto a quello esaminato, capaci di costituire per quest'ultimo un vincolo efficace (fig. 7). Per vincolo efficace si intende un elevato ammorsamento tra la parete ed il muro di

controvento. L'efficacia del vincolo dipende anche dalla tessitura muraria e dall'eventuale presenza di aperture in prossimità dello spigolo di quest'ultimo. Infatti questi due fattori determinano l'angolo di distacco del cuneo diagonale nel meccanismo di ribaltamento.

Nel caso di setti isolati si assume $\rho = 1$.

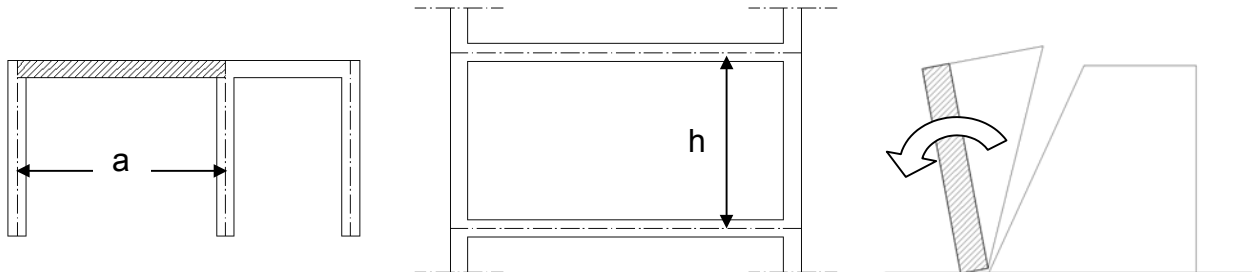


Fig. 7

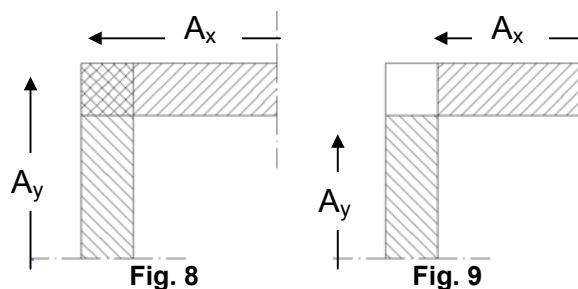
Tabella F.

Altezza interpiano (m)	Spessore (cm) Muratura in pietrame	Spessore (cm) Muratura in mattoni, tufo o blocchi semipieni	Spessore (cm) Muratura in mattoni o blocchi pieni
3.00	30	$\rho \cdot 25$	$\rho \cdot 22$
3.25	32	$\rho \cdot 27$	$\rho \cdot 23$
3.50	35	$\rho \cdot 29$	$\rho \cdot 25$
3.75	37	$\rho \cdot 31$	$\rho \cdot 27$
4.00	40	$\rho \cdot 33$	$\rho \cdot 29$
4.25	42	$\rho \cdot 35$	$\rho \cdot 30$

Tabella G.

h/a	ρ
≤ 0.5	1
0.6	0.9
0.7	0.8
≥ 0.8	0.7

- e) per quanto riguarda la valutazione delle zone d'incrocio tra muri ortogonali, si considerano due casi: quando gli incroci sono molto ben ammortati e dello stesso tipo murario, la zona d'angolo viene conteggiata nel calcolo dell'area resistente sia in direzione x, sia in direzione y (fig. 8); quando gli incroci sono male ammortati o costituiti da murature di differenti tipologie, la zona d'angolo non viene mai messa in conto (fig. 9).



- f) nel caso in cui in uno stesso piano siano presenti differenti tipologie murarie, occorre procedere, sempre nello spirito di una verifica semplificata, ad una operazione di omogeneizzazione rispetto alla muratura predominante.

Il coefficiente di omogeneizzazione è dato dal rapporto tra il valore di riferimento dell'area resistente a_0 , a quel piano, per la muratura predominante rispetto a quello per la muratura in difetto. I valori di riferimento di a_0 si ricavano dalle tabelle A1, A2, B, C, D riportate precedentemente ed E1 e E2 riportate nell'Allegato A.

Esempio: verifica al secondo livello di un edificio a tre piani con muratura prevalente di classe C ed altre porzioni di muratura di classe B (fig. 10):

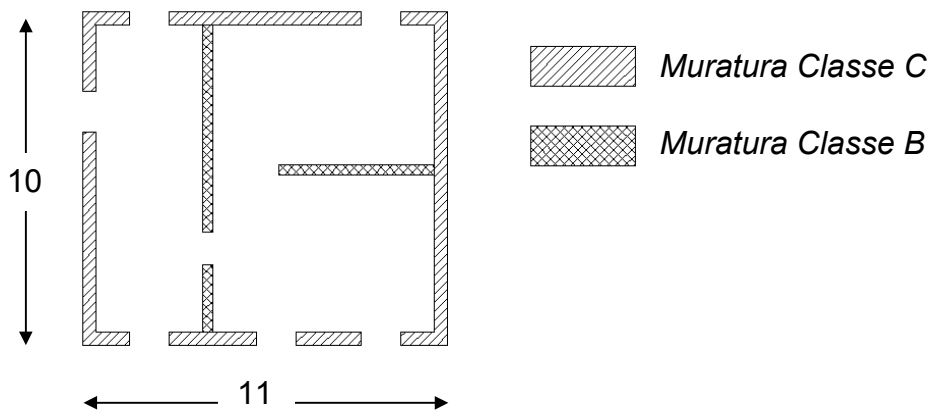


Fig. 10

Superficie coperta del piano: $S_t = 110 \text{ m}^2$
 Aree resistenti in direzione x: $A_x(C) = 6.4 \text{ m}^2$ $A_x(B) = 1.4 \text{ m}^2$
 Aree resistenti in direzione y: $A_y(C) = 7.5 \text{ m}^2$ $A_y(B) = 2.4 \text{ m}^2$
 Dalla tabella B di pag. 10 si ricava $a_0(B) = 3.5 \%$
 Dalla tabella C di pag. 11 si ricava $a_0(C) = 4.5 \%$

$$A_x^*(C) = A_x(C) + A_x(B) \cdot \frac{a_0(C)}{a_0(B)} = 6.4 + 1.4 \cdot \frac{4.5}{3.5} = 8.2 \text{ m}^2$$

$$A_y^*(C) = A_y(C) + A_y(B) \cdot \frac{a_0(C)}{a_0(B)} = 7.5 + 2.4 \cdot \frac{4.5}{3.5} = 10.6 \text{ m}^2$$

$$a_x = \frac{A_x^*(C)}{S_t} \cdot 100 = 7.4\%$$

$$a_y = \frac{A_y^*(C)}{S_t} \cdot 100 = 9.6\%$$

- g) nel caso in cui l'edificio in esame sia contiguo ad altri e presenti muri in comune con questi ultimi, l'area S_t deve essere calcolata in due modi distinti:

- 1) se i solai degli edifici contigui scaricano sui muri in comune e se gli incroci murari sono ben ammortati, allora S_t deve includere non meno della metà delle aree degli edifici adiacenti comprese tra le murature condivise e il primo elemento strutturale parallelo (fig. 11);

- 2) se i solai degli edifici contigui non scaricano sui muri in comune e se gli incroci murari non sono ammorsati, allora S_t coincide con la superficie coperta dell'edificio in esame.

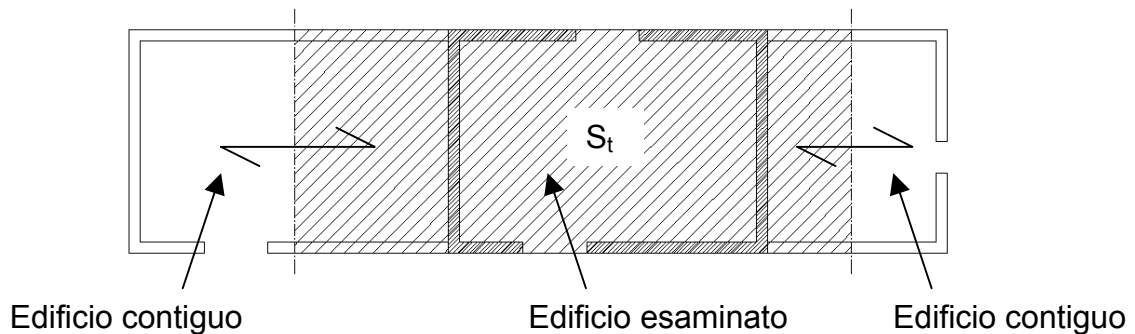


Fig. 11

4.2. – Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili

4.2.a. – **Mancanza completa o inefficacia dei collegamenti fra pareti e pareti.**

I collegamenti tra pareti e pareti risultano fondamentali per garantire un buon comportamento scatolare d'insieme dell'edificio, ossia per evitare il distacco delle pareti soggette ad azioni perpendicolari al loro piano.

La mancanza di connessioni tra parete e parete si può esplicitare in termini di:

- assenza di ammorsatura efficace tra muri ortogonali;
- marcata debolezza in senso verticale dovuta alla discontinuità prodotta dalla presenza di cantonali.

La classificazione viene effettuata in funzione della percentuale di collegamenti efficaci rispetto al totale dei collegamenti su tutti i livelli dell'edificio.

- D* $0\% \leq \text{presenza di collegamenti efficaci} \leq 20\%$
C $20\% < \text{presenza di collegamenti efficaci} < 60\%$
B $60\% \leq \text{presenza di collegamenti efficaci} < 100\%$
A *presenza a tutti i livelli – 100%*

Queste soglie potranno essere considerate soltanto nei casi in cui è possibile verificare i collegamenti parete-parete e inoltre non si presentano situazioni di pericolo di ribaltamento localizzato. Altrimenti si considererà assenza di collegamenti efficaci.

4.2.b. – **Mancanza completa o inefficacia dei collegamenti fra pareti ed orizzontamenti**

Questa carenza si riferisce alla mancanza completa o all'inefficacia dei collegamenti tra pareti ed orizzontamenti, indispensabili per trasferire le azioni sismiche dai solai ai setti murari resistenti, al fine di garantire un buon comportamento scatolare dell'edificio.

La mancanza di adeguati collegamenti tra pareti ed orizzontamenti si può esplicitare in termini di:

1. appoggio insufficiente dei solai in latero-cemento o in c.a. sulle pareti, senza cordoli o con cordoli inefficaci (non armati o debolmente armati, con conglomerato cementizio di scarsa qualità e cattiva posa in opera);
2. assenza di ancoraggi adeguati tra le travi in legno o in metallo dei solai alla muratura;
3. cordoli in breccia su pareti di muratura a sacco o di muratura di scarsa resistenza;
4. cordoli in c.a. non collegati alla sommità della parete;
5. travi o capriate di solai e coperture poggianti su mensole di ridotte dimensioni in pietra o in legno;
6. coperture in legno poggianti sulla muratura con sommità degradata o di scarsa qualità.

La classificazione viene effettuata in funzione della percentuale di collegamenti efficaci rispetto al totale dei collegamenti su tutti i livelli dell'edificio.

- D* $0\% \leq \text{presenza di collegamenti efficaci} \leq 10\%$
C $10\% < \text{presenza di collegamenti efficaci} < 50\%$
B $50\% \leq \text{presenza di collegamenti efficaci} < 100\%$
A *presenza a tutti i livelli – 100%*

4.2.c. – Presenza di solai o coperture eccessivamente deformabili con insufficiente resistenza nel loro piano

Questa carenza si associa prevalentemente all'impossibilità da parte degli orizzontamenti di trasmettere forze agenti nel proprio piano senza forti deformazioni.

Tipici orizzontamenti deformabili sono:

1. solai in legno a semplice o doppia orditura, con tavolato o mezzane;
2. solai in putrelle e tavelloni, o voltine, in assenza di caldana superiore in conglomerato cementizio armato con funzione di collegamento;
3. solai costituiti da travetti in laterizio armato o in cemento armato tipo "Varese" in assenza di caldana superiore in conglomerato cementizio armato con funzione di collegamento.

La classificazione viene effettuata in funzione della percentuale di solai deformabili rispetto al totale dei solai.

- D* $75\% < \text{solai deformabili} \leq 100\%$
C $50\% < \text{solai deformabili} \leq 75\%$
B $25\% < \text{solai deformabili} \leq 50\%$
A $0\% \leq \text{solai deformabili} \leq 25\%$

4.2.d. – Coperture o solai orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano

Questa carenza si associa prevalentemente all'assenza di collegamenti nel piano dell'orizzontamento tra gli elementi resistenti (ad esempio assenza di caldana armata o doppio tavolato) e all'assenza, nel caso di solai orditi in una sola direzione, di collegamento tra solaio e pareti parallele all'orditura.

La classificazione viene effettuata in funzione della percentuale di solai orditi in una sola direzione e privi di collegamento tra gli elementi nel loro piano rispetto al totale dei solai.

- D $75% < \text{solai in una direzione} \leq 100\%$
- C $50% < \text{solai in una direzione} \leq 75\%$
- B $25% < \text{solai in una direzione} \leq 50\%$
- A $0% \leq \text{solai in una direzione} \leq 25\%$

4.3. – Presenza di irregolarità

4.3.a. – **Irregolarità planimetrica in termini di differenze significative tra aree resistenti delle murature secondo le due direzioni principali dell'edificio**

In una struttura “regolare” si individuano due direzioni principali con resistenze, in termini di densità di aree di muratura a_x e a_y (paragrafo 4.1.c), che non differiscono significativamente tra di loro (dello stesso ordine di grandezza). Se le resistenze secondo le due direzioni principali risultano considerevolmente differenti (fig. 12), il comportamento sismico dell'edificio peggiora. Si considera allora il rapporto

$$r = \frac{a_{\max}}{a_{\min}}$$

e in funzione di esso si individuano le seguenti situazioni di **irregolarità**:

Carenza ALTA (D):

- 1) $\begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad r > 2.5;$
- 2) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad \begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad r > 1.7$
- 3) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad r > 1.5$

Carenza MEDIA (C):

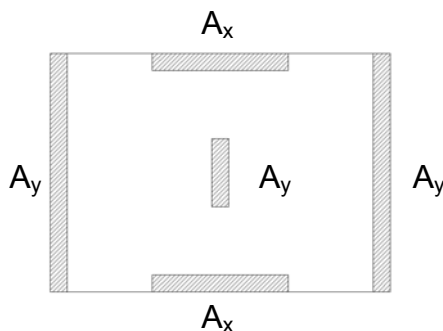
- 1) $\begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad 2 < r \leq 2.5;$
- 2) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad \begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad 1.5 < r \leq 1.7$
- 3) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad 1.3 < r \leq 1.5$

Carenza BASSA (B):

- 1) $\begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad 1.5 < r \leq 2;$
- 2) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad \begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad 1.3 < r \leq 1.5$
- 3) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad 1.1 < r \leq 1.3$

Assenza di Carenza (A):

- 1) $\begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad r \leq 1.5;$
- 2) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad \begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad r \leq 1.3$
- 3) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad r \leq 1.1$



Esempio:

$$A_y = 2 A_x$$

$$a_y = 2 a_x$$

supponendo che: $a_y > a_0$

$$a_x < a_0$$

$$r = a_{max} / a_{min} = a_y / a_x = 2 > 1.7 \quad \text{classe D}$$

Fig. 12

4.3.b. – Irregolarità planimetrica dovuta ad elevata distanza tra il baricentro delle aree delle sezioni orizzontali di muratura resistente ed il centro geometrico della pianta dell'edificio al piano di verifica

Questo punto è associato al controllo della torsione, provocata dall'eccentricità tra il baricentro delle aree resistenti ed il centro geometrico dell'edificio. Se in una o in entrambe le direzioni principali della pianta dell'edificio la distanza tra il baricentro delle aree delle sezioni orizzontali di muratura resistente (B_M) ed il centro geometrico della pianta (C_G) del piano esaminato risulta superiore al 20% della dimensione massima dell'edificio nella direzione corrispondente, allora sussiste la carenza grave (fig. 13). Si prende questo valore come riferimento perché per eccentricità superiori si innescano considerevoli fenomeni torsionali.

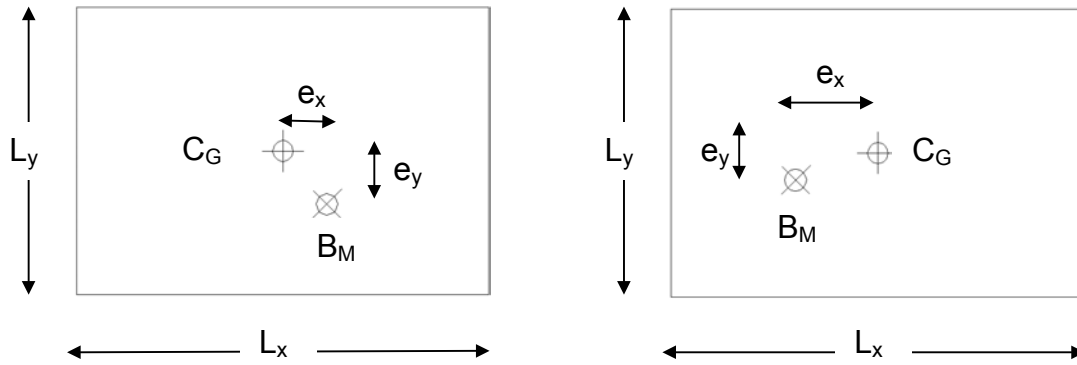


Fig. 13

Carenza ALTA (D):

$$\left\{ \begin{array}{l} e_y > 20\% \cdot L_y \\ e_x < 20\% \cdot L_x \end{array} \right. \quad \text{o} \quad \left\{ \begin{array}{l} e_y < 20\% \cdot L_y \\ e_x > 20\% \cdot L_x \end{array} \right.$$

Carenza MEDIA (C):

$$\left\{ \begin{array}{l} 10\% \cdot L_y < e_y \leq 20\% \cdot L_y \\ e_x \leq 10\% \cdot L_x \end{array} \right. \quad \text{o} \quad \left\{ \begin{array}{l} e_y \leq 10\% \cdot L_y \\ 10\% \cdot L_x < e_x \leq 20\% \cdot L_x \end{array} \right.$$

Carenza BASSA (B):

$$\left\{ \begin{array}{l} 5\% \cdot L_y < e_y \leq 10\% \cdot L_y \\ e_x \leq 5\% \cdot L_x \end{array} \right. \quad \text{o} \quad \left\{ \begin{array}{l} e_y \leq 5\% \cdot L_y \\ 5\% \cdot L_x < e_x \leq 10\% \cdot L_x \end{array} \right.$$

Assenza di Carenza (A):

$$\left\{ \begin{array}{l} e_y \leq 5\% \cdot L_y \\ e_x \leq 5\% \cdot L_x \end{array} \right.$$

Per quanto riguarda i criteri di determinazione dei setti murari resistenti da considerare nel calcolo dei baricentri, si fa riferimento al paragrafo 4.1.c, anche per quanto riguarda il caso dell'omogeneizzazione in presenza di setti di differente tipologia muraria ad uno stesso piano.

Non si conteggiano le aree resistenti dei porticati, realizzati con materiali differenti dalla muratura (es. in c.a.), anche se compresi all'interno della proiezione in pianta dell'edificio.

Nel caso di edifici con piante articolate, per il calcolo del baricentro della pianta (C_G) si suddivide l'area complessiva in aree elementari; si indichi con A_i ciascuna superficie così determinata e con x_{Gi} e y_{Gi} le coordinate geometriche del corrispondente baricentro, valutate rispetto ad un sistema di riferimento precedentemente fissato (fig. 14).

Il valore delle coordinate del baricentro C_G è dato dalla seguente formula:

$$x_{G_c} = \frac{\sum_i x_{G_i} \cdot A_i}{\sum_i A_i}$$

$$y_{G_c} = \frac{\sum_i y_{G_i} \cdot A_i}{\sum_i A_i}$$

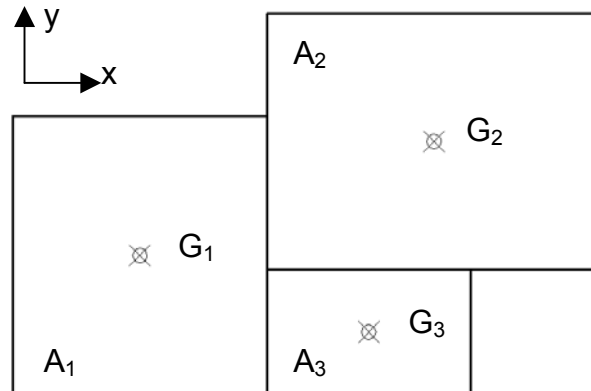


Fig. 14

Per quanto riguarda il calcolo del baricentro delle aree resistenti di muratura si indichi con $A_{res,i}$ l'area della sezione orizzontale del generico setto murario e con x_i e y_i le coordinate geometriche del corrispondente baricentro, valutate rispetto allo stesso sistema di riferimento precedentemente fissato.

Il valore delle coordinate del baricentro B_M è dato dalla seguente formula:

$$x_{B_M} = \frac{\sum_i x_i \cdot A_{res,i}}{\sum_i A_{res,i}}$$

$$y_{B_M} = \frac{\sum_i y_i \cdot A_{res,i}}{\sum_i A_{res,i}}$$

Si determinino adesso le differenze tra le coordinate corrispondenti di C_G e B_M e si valuti il valore delle eccentricità (e_x , e_y) nelle due direzioni principali della pianta dell'edificio.

4.3.c. – Irregolarità della maglia muraria in elevazione

Questa carenza è associata all'aumento significativo delle resistenze di piano passando da un livello a quello sovrastante. Le resistenze di piano possono essere valutate approssimativamente con il metodo proposto in merito alle densità dei muri resistenti. L'unica differenza riguarda la continuità dal piano esaminato alle fondazioni dei setti murari resistenti: nel calcolo di questa irregolarità, ciascun piano dell'edificio deve essere considerato indipendentemente da quelli sottostanti. L'incremento di resistenza può essere dovuto a:

- a) cambio del tipo di muratura. Occorre procedere ad un'operazione di omogeneizzazione della muratura del piano sovrastante rispetto alla muratura del piano sottostante;
- b) incremento degli spessori dei muri (senza variazione del tipo di muratura) o diminuzione delle aperture (con conseguente aumento della lunghezza dei setti).

Le densità di muri resistenti omogeneizzate, così come spiegato al punto a), si calcolano con le seguenti formule:

$$a_{x,i+1} \frac{a_{0,i}}{a_{0,i+1}}$$

$$a_{y,i+1} \frac{a_{0,i}}{a_{0,i+1}}$$

Le quattro classi di carenza sono così definite:

Carenza ALTA (D):

$$a_{x,i+1} > 1.15 \cdot a_{xi}$$

oppure al piano terra

$$a_{y,i+1} > 1.15 \cdot a_{yi}$$

$$a_{x,i+1} > 1.3 \cdot a_{xi}$$

oppure a tutti gli altri piani

$$a_{y,i+1} > 1.3 \cdot a_{yi}$$

Carenza MEDIA (C):

$$1.2 \cdot a_{xi} < a_{x,i+1} \leq 1.3 \cdot a_{xi}$$

oppure

$$1.2 \cdot a_{yi} < a_{y,i+1} \leq 1.3 \cdot a_{yi}$$

Carenza BASSA (B):

$$1.1 \cdot a_{xi} < a_{x,i+1} \leq 1.2 \cdot a_{xi}$$

oppure

$$1.1 \cdot a_{yi} < a_{y,i+1} \leq 1.2 \cdot a_{yi}$$

Assenza di Carenza (A):

$$a_{x,i+1} \leq 1.1 \cdot a_{xi}$$

oppure

$$a_{y,i+1} \leq 1.1 \cdot a_{yi}$$

dove:

a_{0i} = densità di riferimento relativa al livello i , dedotta dalle tabelle A1, A2, B, C, D, E1, E2.
 a_{xi+1} , a_{yi+1} , a_{0i+1} corrispondono al livello $i+1$ sovrastante.

4.3.d. – Presenza di murature portanti insistenti in falso su solai

Questa carenza è associata alla presenza di muri portanti poggianti su solai, senza la dovuta continuità verticale dal piano esaminato fino alle fondazioni (fig. 15). Il controllo deve essere esteso a tutti i livelli.

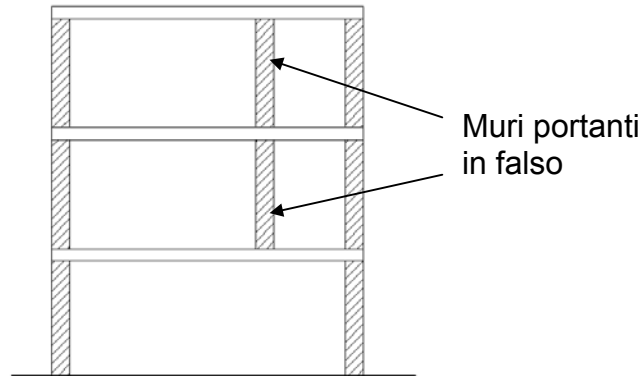


Fig. 15

La carenza di questo punto è individuata quando:

Carenza ALTA (D):

$$A_x(\text{in falso}) > 0.10 \cdot A_x(\text{continua})$$

oppure

$$A_y(\text{in falso}) > 0.10 \cdot A_y(\text{continua})$$

Carenza MEDIA (C):

$$0.07 \cdot A_x(\text{continua}) < A_x(\text{in falso}) \leq 0.10 \cdot A_x(\text{continua})$$

oppure

$$0.07 \cdot A_y(\text{continua}) < A_y(\text{in falso}) \leq 0.10 \cdot A_y(\text{continua})$$

Carenza BASSA (B):

$$0.04 \cdot A_x(\text{continua}) < A_x(\text{in falso}) \leq 0.07 \cdot A_x(\text{continua})$$

oppure

$$0.04 \cdot A_y(\text{continua}) < A_y(\text{in falso}) \leq 0.07 \cdot A_y(\text{continua})$$

Assenza di Carenza (A):

$$A_x(\text{in falso}) \leq 0.04 \cdot A_x(\text{continua})$$

oppure

$$A_y(\text{in falso}) \leq 0.04 \cdot A_y(\text{continua})$$

dove:

$A_x(\text{in falso})$ = area di muratura portante insistente in falso su solai in direzione x;

$A_y(\text{in falso})$ = area di muratura portante insistente in falso su solai in direzione y;

A_x (*continua*) = area di muratura portante non insistente in falso su solai in direzione x;
 A_y (*continua*) = area di muratura portante non insistente in falso su solai in direzione y.

4.3.e. – Presenza di murature portanti in forati con elevata percentuale di vuoti

Questa carenza è associata alla presenza di murature portanti in forati ad elevata percentuale di vuoti. Questa muratura se localizzata in punti critici può comportare gravi dissesti locali, ad esempio in corrispondenza di appoggi di travi o perdita dell'appoggio di solai rigidi di interpiano o di copertura. La carenza grave di questo punto è individuata quando ciascun singolo muro ha un'area di influenza per carichi verticali che ecceda il 10% dell'area del solaio soprastante e quando si trova in posizione critica tale da innescare collassi locali.

La carenza di questo punto è individuata quando:

Carenza ALTA (D):

$$A_x(\text{forati}) > 0.10 \cdot A_x(\text{solaio sovr.})$$

oppure

$$A_y(\text{forati}) > 0.10 \cdot A_y(\text{solaio sovr.})$$

Carenza MEDIA (C):

$$0.07 \cdot A_x(\text{solaio sovr.}) < A_x(\text{forati}) \leq 0.10 \cdot A_x(\text{solaio sovr.})$$

oppure

$$0.07 \cdot A_y(\text{solaio sovr.}) < A_y(\text{forati}) \leq 0.10 \cdot A_y(\text{solaio sovr.})$$

Carenza BASSA (B):

$$0.04 \cdot A_x(\text{solaio sovr.}) < A_x(\text{forati}) \leq 0.07 \cdot A_x(\text{solaio sovr.})$$

oppure

$$0.04 \cdot A_y(\text{solaio sovr.}) < A_y(\text{forati}) \leq 0.07 \cdot A_y(\text{solaio sovr.})$$

Assenza di Carenza (A):

$$A_x(\text{forati}) \leq 0.04 \cdot A_x(\text{solaio sovr.})$$

oppure

$$A_y(\text{forati}) \leq 0.04 \cdot A_y(\text{solaio sovr.})$$

dove:

A (*forati*) = area di influenza per carichi verticali per la muratura portante in forati, in direzione x o y;

A (*solaio sovr.*) = area del solaio soprastante portato dal muro, in direzione x o y.

4.3.f. – Aumento significativo del peso di piano

L'azione sismica agente ad un determinato livello di un edificio è proporzionale al peso complessivo e alla quota di tale livello. Conseguentemente un aumento di peso passando da un piano a quello superiore risulta aggravante ai fini sismici.

Si esamina un certo livello e si considera il solaio sovrastante e non quello di calpestio. Oltre al peso proprio di questo solaio devono essere compresi tutti i carichi permanenti da esso portati, come i tramezzi, ma devono essere esclusi i sovraccarichi variabili (questo per la ridotta probabilità che tutto il sovraccarico variabile agisca contemporaneamente su tutta la superficie. Questi carichi devono essere però inclusi nel caso di particolari ambienti come magazzini, librerie, ecc.). Poi deve essere considerato il peso di tutti i muri portanti perimetrali e di spina in corrispondenza del livello considerato.

I solai di sottotetto non praticabili (es. controsoffitti leggeri, solai in travetti e tavelloni senza soletta, ecc.) non devono essere conteggiati come livello ma soltanto come carichi permanenti aggiuntivi.

Si riportano in tabella H i valori proposti per i pesi propri e i carichi permanenti più usuali di alcune tipologie di solaio ed in tabella I i valori indicati in normativa per i sovraccarichi variabili.

La carenza di questo punto è individuata quando:

Carenza ALTA (D):

$$W_{i+1} > 1.3 \cdot W_i$$

Carenza MEDIA (C):

$$1.2 \cdot W_i < W_{i+1} \leq 1.3 \cdot W_i$$

Carenza BASSA (B):

$$1.1 \cdot W_i < W_{i+1} \leq 1.2 \cdot W_i$$

Assenza di Carenza (A):

$$W_{i+1} < 1.1 \cdot W_i$$

dove:

W_i = peso complessivo del livello sottostante;

W_{i+1} = peso complessivo del livello sovrastante.

Tabella H – Pesì propri e sovraccarichi permanenti

<i>Tipologia di solaio – pesi propri</i>	KN/m ²
- <i>Solai in legno</i>	
- Solaio in legno a semplice orditura con travicelli e tavolato	0.40
- Solaio in legno a semplice orditura con travi e tavolato	0.55
- Solaio in legno a doppia orditura con travi, travicelli e tavolato	0.75
- Solaio in legno a doppia orditura con travi, travicelli e mezzane	1.00
- <i>Solai in putrelle in ferro</i>	
- Solaio a travetti a doppio T con tavelloni in laterizio poggianti sull'ala inferiore del travetto e spianamento	1.80
- Solaio a travetti a doppio T con voltine di quarto in laterizio e rinfiaccio e spianamento	2.00
- Solaio a travetti a doppio T con volterrane e spianamento	1.45
- <i>Solaio in acciaio</i>	
- Solaio in lamiera grecata e getto in cls alleggerito	2.00
- <i>Solai in cemento armato</i>	
- Solaio in cemento armato a soletta semplice (16 cm)	4.00
- Solaio in cemento armato a soletta e nervature	2.50
- Solaio in latero-cemento con soletta in calcestruzzo	2.70
- Solaio con travetti prefabbricati armati tipo S.A.P.	1.30
- Solaio con travi tipo "Varese" e doppio ordine di tavelloni	1.80
<i>Carichi permanenti eventuali</i>	KN/m ²
- Intonaco (spessore 1,5 cm)	0.30
- Massetto (spessore 6 cm)	0.90
- Soletta in cls (spessore 4 cm)	1.00
- Sottofondo e pavimento in cotto, laterizio, ceramica, gres e graniglia	0.80
- Sottofondo e pavimento in legno	0.65

Tabella I – Sovraccarichi variabili

<i>Locale</i>	KN/m ²
- Ambienti non suscettibili di affollamento (Locali d'abitazione e relativi servizi, alberghi, uffici non aperti al pubblico) e relativi terrazzi a livello praticabili	2.00
- Ambienti suscettibili di affollamento (ristoranti, caffè, banche, ospedali, uffici aperti al pubblico, caserme) e relativi terrazzi a livello praticabili.	3.00
- Ambienti suscettibili di grande affollamento (sale convegni, cinema, teatri, chiese, negozi, tribune con posti fissi) e relativi terrazzi a livello praticabili.	4.00
- Sale da ballo, palestre, tribune libere, aree di vendita con esposizione diffusa (mercati, grandi magazzini, librerie, ecc.) e relativi terrazzi a livello praticabili, balconi e scale	5.00
- Balconi, ballatoi e scale comuni (esclusi quelli appartenenti alla categoria precedente):	4.00
- Sottotetti accessibili (per sola manutenzione)	1.00
- Rimesse e parcheggi:	
- per autovetture di peso a pieno carico fino a 30 KN	2.50
- Archivi, biblioteche, magazzini, depositi, laboratori, officine e simili (*)	(*)
(*) Variabile secondo i casi, comunque non minore di 6.00 KN/m ² (0.6 t/m ²)	

4.3.g. – Sopraelevazioni con materiali diversi che costituiscono un' apprezzabile discontinuità strutturale

Le sopraelevazioni di edifici dovrebbero essere progettate e realizzate seguendo il criterio dell'integrazione strutturale con l'edificio esistente: ogni scelta progettuale ed ogni particolare costruttivo deve rispondere ad una coerenza meccanica e di risposta sismica tra il nuovo e il preesistente. Occorre evitare di amplificare gli eventuali difetti intrinseci della costruzione su cui si opera, mirando ad un aumento della resistenza complessiva idonea a sopportare le forze orizzontali sismiche. Particolare attenzione deve essere posta nelle zone di contatto (onde evitare l'instaurarsi di sollecitazioni dannose per la parte più debole) e nella realizzazione dei collegamenti tra i due corpi, avendo cura di scaricare le azioni che così nascono fino al terreno, tramite opportuni prolungamenti dei collegamenti. Si è dunque in presenza di carenza ogniqualvolta le suddette indicazioni vengono disattese, ad esempio nel caso di sopraelevazioni di edifici esistenti in muratura con strutture in cemento armato (continue o discontinue).

La classificazione si effettua in funzione della differenza di tipologia muraria e in base all'efficacia del collegamento tra la struttura sopraelevata e quella sottostante (tutti gli altri casi, non contemplati nel seguente elenco, devono essere classificati per analogia):

- D* *passaggio da muratura di classe C a muratura di classe A o B senza collegamenti idonei a trasferire i carichi;*
passaggio da muratura di classe D a muratura di classe A, B o C senza collegamenti idonei a trasferire i carichi;
- C* *passaggio da muratura di classe B a muratura di classe A senza collegamenti idonei a trasferire i carichi;*
passaggio da muratura di classe C a muratura di classe A o B con collegamenti idonei a trasferire i carichi;
- B* *passaggio da muratura di classe B a muratura di classe A con collegamenti idonei a trasferire i carichi;*
- A* *assenza di sopraelevazioni.*

4.3.h. – Presenza di piani sfalsati

Questa carenza è associata alla presenza di solai (anche di copertura) sfalsati con disposizione tale da innescare comportamenti sismici negativi con fenomeni di martellamento locale, che possono causare gravi rotture. I solai sfalsati possono appartenere anche ad edifici costruiti in aderenza all'edificio in esame. Questa carenza può risultare ancora più pericolosa se i solai a differente quota presentano caratteristiche tipologiche e rigidzze significativamente diverse (fig. 16).

Si elenca qui di seguito una casistica relativa a questa carenza, ordinata dalla più grave alla meno grave:

1. presenza di solai in laterocemento orditi nella stessa direzione e poggianti sul muro in comune mediante cordolo in breccia;
2. presenza di solai in laterocemento orditi in direzioni differenti (quindi soltanto uno poggiante sul muro in comune mediante cordolo in breccia);

3. presenza di solai in laterocemento associati a solai di tipologia diversa con rigidità notevolmente inferiore;
4. presenza di solai in acciaio con soletta armata orditi nella stessa direzione e poggianti sul muro in comune;
5. presenza di solai in acciaio con soletta armata orditi in direzioni differenti (quindi soltanto uno poggiate sul muro in comune);
6. presenza di solai in legno a doppia orditura con le ambedue orditure principali poggianti sul muro in comune;
7. presenza di solai in legno a doppia orditura, aventi direzioni differenti (quindi soltanto uno poggiate con le travi principali sul muro in comune);
8. presenza di solai in legno a semplice orditura poggianti ambedue sul muro in comune;
9. presenza di solai in legno a semplice orditura di cui solo uno poggiate sul muro in comune.

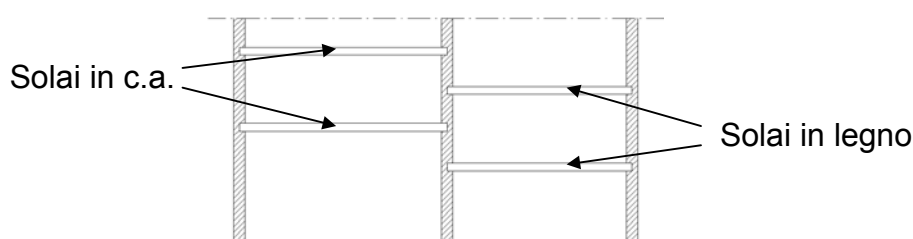


Fig. 16

Tutto ciò è ancor più aggravato se il muro in comune ha spessore ridotto, o snellezza elevata o se è costituito da muratura con basse caratteristiche di resistenza.

Importante è anche la differenza di quota di imposta tra i solai sfalsati: nel caso di notevole differenza divengono predominanti gli effetti flessionali sulla parete interessata, mentre nel caso di esigua differenza possono divenire predominanti gli effetti di tranciamento orizzontale.

La classificazione si effettua in funzione della tipologia dei solai, della loro rigidità e in base alle caratteristiche del muro in comune (tutti gli altri casi, non contemplati nel seguente elenco, devono essere classificati per analogia):

- D* presenza di solai di tipo 1), 2), 3);
muro in comune di classe D con spessore ridotto ed elevata snellezza;
- C* presenza di solai di tipo 4), 5), 6), 8);
muro in comune di classe C o D;
- B* presenza di solai di tipo 7), 9);
muro in comune di classe B o C con spessore consistente;
- A* assenza di piani sfalsati;
muro in comune di classe A con elevato spessore e bassa snellezza.

4.3.i. – Presenza di solai con caratteristiche tipologiche significativamente diverse in termini di rigidità nel piano di verifica

Questa carenza è associata alla presenza di solai a differente tipologia e rigidità nel proprio piano. E' un caso molto frequente che scaturisce da errati interventi di consolidamento su solai esistenti (es. porzione di solaio dell'intero piano, in legno, consolidato con getto di soletta in calcestruzzo) Questo può comportare un allontanamento del baricentro delle rigidità dal baricentro delle masse e conseguentemente un incremento degli effetti torcenti dovuti al sisma con un'amplificazione delle azioni taglianti sui singoli setti.

Sussiste la carenza quando allo stesso piano sono presenti almeno due tipologie di solaio, distinte in termini di rigidità.

La classificazione si effettua in funzione della percentuale di solai rigidi rispetto a quelli deformabili:

- D solai rigidi > 40% solai deformabili*
- C 20% solai deformabili < solai rigidi ≤ 40% solai deformabili*
- B 10% solai deformabili < solai rigidi ≤ 20% solai deformabili*
- A solai rigidi ≤ 10% solai deformabili*

4.3.j. – Aperture non disposte secondo allineamenti verticali

Questa carenza è associata alla presenza di aperture non allineate con conseguente riduzione di efficienza dei maschi murari. In una disposizione irregolare delle aperture i maschi murari che scaricano sui tratti vuoti provocano un percorso delle forze complesso ed inadeguato. Un indicatore della irregolarità causata dalla presenza di aperture non allineate in verticale è fornito dalle differenze di sezioni resistenti orizzontali (valutate nel modo indicato nel paragrafo 4.1.c) tra un piano e quello successivo (fig. 17). La carenza è individuata quando tali differenze risultano significative.

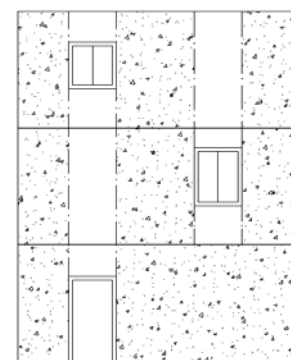


Fig. 17

La classificazione si effettua in funzione del numero di pareti che presentano aperture non allineate tali da ridurre in maniera consistente l'efficienza dei maschi murari:

- D aperture non allineate su tutti i lati dell'edificio;*
- C aperture non allineate su 3 lati;*
- B aperture non allineate su 2 lati;*
- A aperture allineate su tutti i lati dell'edificio o non allineate su di un solo lato dell'edificio*

4.3.k. – Presenza di solai e/o coperture rigidi e pesanti in edifici con muratura di cattiva qualità

Questa carenza è associata alla presenza di orizzontamenti e/o coperture rigidi e pesanti (ad esempio solai in latero-cemento con soletta o solette piene in c.a.) poggianti su murature di scarsa qualità.

Questa carenza riguarda soprattutto gli effetti locali sulle murature conseguenti alla presenza di solai rigidi e pesanti, come il martellamento dei travetti in c.a. oppure l'inserimento di collegamenti (es. code di rondine) praticando pesanti interventi di demolizione della muratura al livello dei solai.

Un altro caso particolarmente critico è quello delle murature a sacco, di per sé deboli, con solai mal vincolati ad esse per mezzo di un cordolo in breccia.

La classificazione prevede (tutti gli altri casi, non contemplati nel seguente elenco, devono essere classificati per analogia):

- D presenza di solai o coperture in cemento armato o in latero-cemento su murature di classe C o D;*
- C presenza di solai o coperture a travetti (legno, acciaio, travi "Varese") con soletta su murature di classe C o D;
presenza di solai o coperture a travetti (legno, acciaio, ecc.) su murature di classe C o D con collegamenti realizzati dopo aver praticato demolizioni di grosse porzioni di muratura;*
- B presenza di solai o coperture a travetti (legno, acciaio, travi "Varese") senza soletta su murature di classe C;
presenza di solai o coperture in latero-cemento su murature di buona qualità (A o B);*
- A assenza di solai o coperture rigide su murature di scarsa qualità;
presenza di solai o coperture in latero-cemento su murature nuove di classe A.*

4.4. – Presenza di spinte non contrastate o eliminate

4.4.a. – Nelle volte e negli archi

Gli archi e le volte in zona sismica, in quanto sistemi spingenti, costituiscono elementi di carenza strutturale per un edificio soggetto alle azioni del sisma. L'azione sismica incrementa la spinta orizzontale di detti sistemi e può portare alla formazione di meccanismi cinematici di collasso.

Questa carenza è associata all'assenza di catene o altri dispositivi efficaci di contrasto della spinta orizzontale, come contrafforti, lesene di adeguate dimensioni o piedritti di sufficiente larghezza.

- D Volte o archi di notevole spessore, in pietra o in mattoni, con riempimento pesante, elevata luce e senza elementi atti ad assorbire le spinte orizzontali;
Volte o archi portanti muri in falso;*

*Volte o archi insistenti su piedritti in muratura di scarsa qualità (classe C o D) o di spessore non adeguato a contrastare meccanismi di ribaltamento arco-piedritto;
Volte consolidate con cappa in cemento armato senza provvedimenti atti ad eliminare la spinta;*

- C** *Volte o archi insistenti su piedritti in muratura di buona qualità (classe A o B) o di spessore adeguato a contrastare meccanismi di ribaltamento arco-piedritto;
Volte o archi di notevole spessore, in pietra o in mattoni, con riempimento leggero e luci ridotte;*
- B** *Presenza di volte in mattoni disposti in foglio;
Volte o archi di spessore esiguo, in pietra o in mattoni con riempimento leggero e luci ridotte;*
- A** *Assenza di strutture spingenti (volte e/o archi);
Presenza di volte o archi a spinta eliminata (catene metalliche in tensione) o strutture spingenti dotate di contrafforti o piedritti di adeguato spessore.*

4.4.b. – Negli elementi della copertura

Le coperture a carattere spingente, ad esempio quelle con travi principali in legno, o travetti in c.a., disposti lungo la linea di massima pendenza del tetto senza cordolo di incatenamento, costituiscono elementi di carenza per un edificio in zona sismica.

Questa carenza è associata all'assenza di catene o cordoli in grado di assorbire la spinta orizzontale della copertura e in grado di ripristinare un buon comportamento scatolare dell'edificio.

La classificazione viene effettuata in funzione della percentuale di area di influenza gravante sugli elementi spingenti della copertura, rispetto all'area totale coperta.

Carenza ALTA (D):

$$A(\text{spingente}) > 20\% \cdot A(\text{copertura})$$

Carenza MEDIA (C):

$$10\% \cdot A(\text{copertura}) < A(\text{spingente}) \leq 20\% \cdot A(\text{copertura})$$

Carenza BASSA (B):

$$5\% \cdot A(\text{copertura}) < A(\text{spingente}) \leq 10\% \cdot A(\text{copertura})$$

Assenza di Carenza (A):

$$A(\text{spingente}) \leq 5\% \cdot A(\text{copertura})$$

4.5. – Gravi carenze nelle fondazioni

4.5.a. – **Evidenze di cedimenti differenziali**

Questa carenza è associata all'accertamento di cedimenti fondali non uniformi e di significativa entità (fig. 18).

La classificazione viene effettuata in funzione della percentuale di lunghezza "l" del tratto di edificio interessato dal cedimento rispetto al perimetro delle fondazioni:

- D $l > 20\%$
- C $10\% < l \leq 20\%$
- B $0\% < l \leq 10\%$
- A *assenza di cedimenti;*

4.5.b. – **Evidenze di cedimento e rotazione delle pareti fuori del piano**

Questa carenza è associata all'accertamento di significative inclinazioni delle pareti fuori dal proprio piano. In caso di azione sismica queste pareti risultano altamente vulnerabili poiché vengono amplificati i meccanismi di danno di I modo, già innescati dal fuori piombo.

La classificazione viene effettuata in funzione della percentuale di fuori piombo rispetto all'altezza della parete interessata dal fuori piombo stesso (v. fig. 19):

- D *fuori piombo > 2% di h*
- C $1\% \text{ di } h < \text{fuori piombo} \leq 2\% \text{ di } h;$
- B $0\% < \text{fuori piombo} \leq 1\% \text{ di } h;$
- A *fuori piombo = 0% di h;*

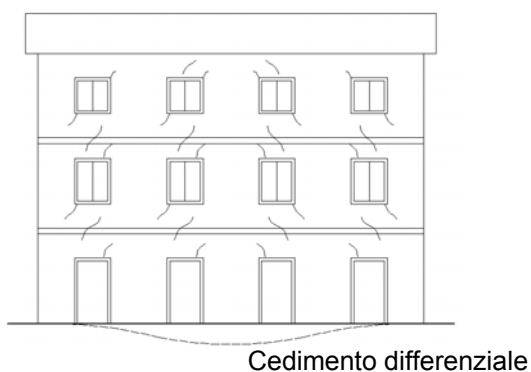


Fig. 18

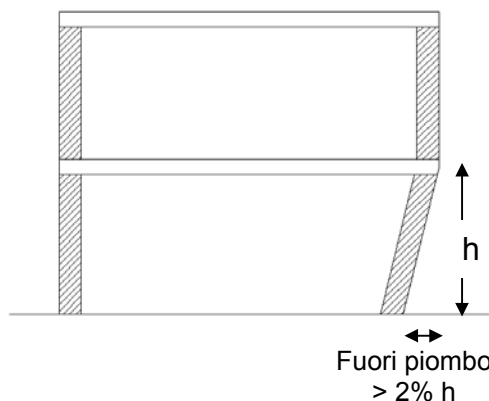


Fig. 19

5. – Calcolo degli indici e analisi delle carenze dell'edificio

Effettuata la diagnosi delle carenze dell'edificio oggetto di indagine e individuata per ciascuna carenza strutturale grave la relativa classe di appartenenza (da A, la classe migliore, a D, la classe peggiore), si procede al calcolo dell'*indice delle carenze*.

Al fine di costruire un indice numerico, ad ogni classe è stato attribuito un *punteggio di classe*, a volte diverso da carenza a carenza. Ad ogni carenza sono stati poi attribuiti due pesi:

- 1) *peso di carenza*, che mette in relazione la carenza all'interno di una stessa classe;
- 2) *peso di classe*, che mette in relazione le varie categorie di carenze tra di loro.

Nella scheda riportata in allegato C compaiono i punteggi e i pesi precedentemente descritti.

Si definisce *indice globale delle carenze* i_c il seguente numero:

$$i_c = \sum_{k=1}^{22} c_k \cdot p_{1k} \cdot p_{2j} \quad (1)$$

dove:

c_k è il punteggio di classe della carenza k-esima;

p_{1k} è il peso della carenza k-esima;

p_{2j} è il peso della categoria j-esima a cui appartiene la carenza k-esima, con $j=1,2,3,4,5$.

Questo indice risulta compreso tra 0 e 995 (dalla situazione di carenza migliore alla peggiore) ma viene normalizzato sull'intervallo 0 – 100, dividendo il valore ottenuto con la (1) per 995 e moltiplicandolo per 100. Si riporta in Allegato C una scheda-tipo vuota.

L'indice delle carenze può essere calcolato prima e dopo gli interventi di miglioramento, rispettivamente i_{c0} e i_{c1} : se gli interventi progettati risultano conformi alle indicazioni della normativa vigente il grado di miglioramento sarà comprovato da una diminuzione dell'indice delle carenze rispetto al valore riferito alla situazione antecedente agli interventi:

$$i_{c1} < i_{c0}.$$

6. - Classi di carenze di edifici in muratura

In base al valore dell'indice delle carenze è possibile definire le classi di carenza di edifici in muratura secondo quanto riportato nella tabella L seguente.

Tabella L

CLASSE DI CARENZA	INDICE DELLE CARENZE (i_c)
BASSA	0÷35
MEDIA	36÷80
ALTA	81÷100

Allegato A

Valori di riferimento a_0 (%) per edifici con numero di piani superiori a 3

Tabella E1 – EDIFICI A QUATTRO PIANI

MURATURA	Primo piano di verifica	Secondo piano di verifica	Terzo piano di verifica	Quarto piano di verifica
CLASSE A (Edifici Post-1986)	4	3.5	3	2
CLASSE A (Edifici Pre-1986)	6	5.5	5	3.5
CLASSE B	7	6.5	6	4
CLASSE C	9	8	7	5

Tabella E2 – EDIFICI A CINQUE PIANI

MURATURA	Primo piano di verifica	Secondo piano di verifica	Terzo piano di verifica	Quarto piano di verifica	Quinto piano di verifica
CLASSE A (Edifici Post-1986)	5	4.5	4	3.5	2.5
CLASSE A (Edifici Pre-1986)	7	6.5	6	5.5	4
CLASSE B	8.5	7.5	7	6	4.5
CLASSE C	11	10	9.5	8	5.5

Allegato B

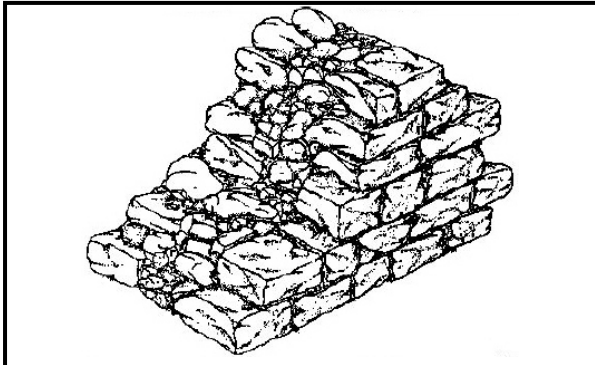
Abaco delle tipologie murarie

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

1

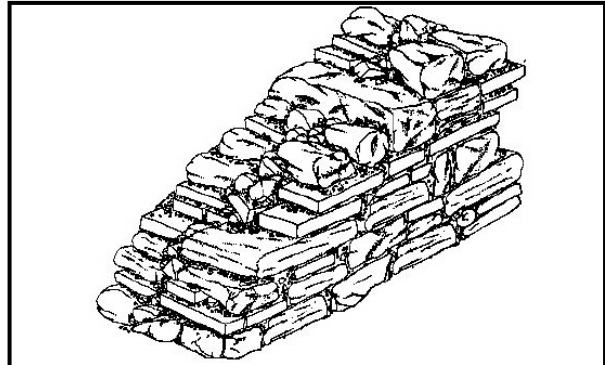
Muratura a sacco formata da pietre di pezzature molto varie, male intessuta e priva di collegamento tra i due fogli.

CLASSE D



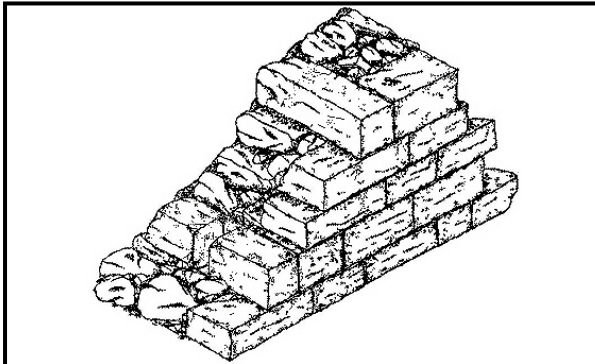
DESCRIZIONE:

Sezione muraria con nucleo incoerente priva di elementi di collegamento (diàtoni) tra i due paramenti.



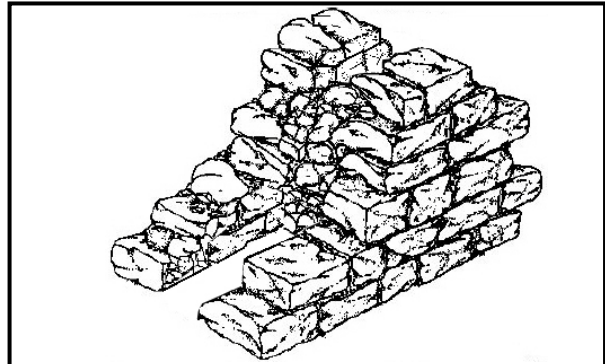
DESCRIZIONE:

Sezione muraria con ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni che non attraversano tutto lo spessore murario.



DESCRIZIONE:

Sezione muraria con nucleo non degradato con scarso numero di collegamenti (diàtoni) tra i due paramenti.



DESCRIZIONE:

Sezione muraria con nucleo parzialmente vuoto o fortemente degradato.



DESCRIZIONE:

Paramento di muratura a sacco in pietrame con elementi di pezzatura disomogenea, parzialmente sbazzati.



DESCRIZIONE:

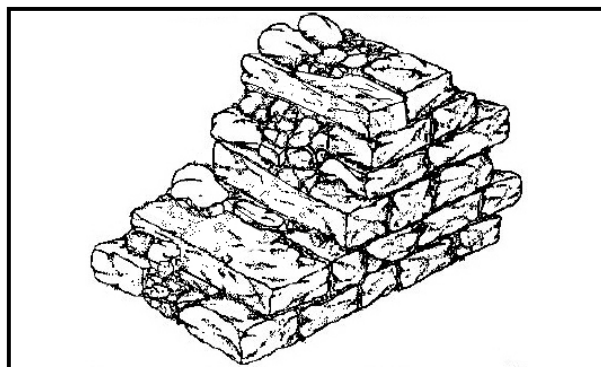
Paramento di muratura a sacco in pietrame non squadrato con apparecchiatura disorganizzata ed irregolare.

CASO 1			
A o		A d	
D		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
D	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

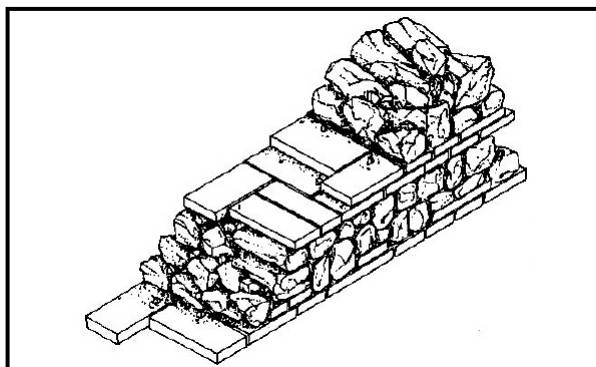
2

Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare, bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli oppure come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni. CLASSE C o D



DESCRIZIONE:

Sezione muraria con abbondante presenza di elementi di collegamento (diatoni) tra i due paramenti.



DESCRIZIONE:

Sezione muraria con ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni che attraversano tutto lo spessore murario.



DESCRIZIONE:

Paramento di muratura a sacco con elementi di pezzatura omogenea in presenza di diatoni.



DESCRIZIONE:

Paramento di muratura a sacco con apparecchiatura organizzata e ben intessuta anche trasversalmente.

CASO 2			
A o		A d	
C		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
C	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

3

Murature di pietra sbazzata in presenza di irregolarità.

CLASSE C o D



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in pietra non lavorata e di varie dimensioni ottenuti da spezzoni di pietra e scapoli di cava.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in pietra grezza di varie dimensioni disposte irregolarmente, con inserti in mattoni.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in pietra non squadrato e di varie dimensioni disposte in maniera caotica, in assenza di orizzontalità dei filari.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in tufo, molto poroso, di pezzatura ed apparecchiatura irregolari.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi semilavorati pressoché lastriformi, con apparecchiatura muraria caotica.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi semilavorati pressoché lastriformi, con apparecchiatura muraria con filari orizzontali piuttosto regolari.

CASO 3			
A o		A d	
C		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
C	D	C	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

4

Murature di pietra sbozzata con spigoli mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata.

CLASSE B o C



DESCRIZIONE:

Presenza di ricorsi continui o discontinui in mattoni pieni, in presenza di pietrame discretamente squadrato.



DESCRIZIONE:

Presenza di ricorsi in conglomerato cementizio.



DESCRIZIONE:

Presenza di ricorsi continui o discontinui in mattoni pieni, in presenza di pietrame non squadrato o grossolanamente squadrato.



DESCRIZIONE:

Presenza di ricorsi in conglomerato cementizio non degradato (fascioni).



DESCRIZIONE:

Paramento di muratura in pietra sbozzata con mazzette in mattoni pieni.



DESCRIZIONE:

Paramento di muratura in pietra sbozzata con spigoli in mattoni pieni.



DESCRIZIONE:

Paramento di muratura in tufo con cantonale ben eseguito.

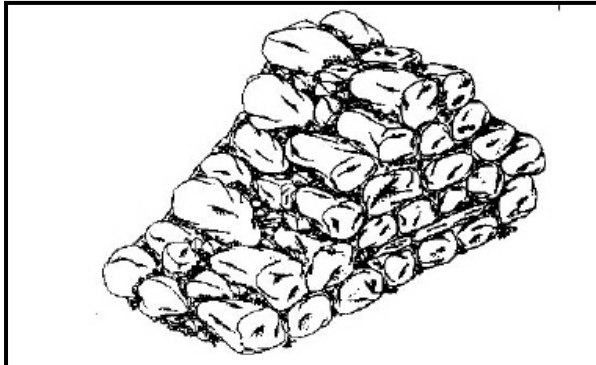
CASO 4			
A o		A d	
B		C	
Mb	Mc	Mb	Mc
B	B	B/C	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

5

Murature di pietra arrotondata o ciottoli di fiume di pezzatura varia senza mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata.

CLASSE D



DESCRIZIONE:

Costituita da ciottoli di fiume di piccole e medie dimensioni senza ricorsi.



DESCRIZIONE:

Costituita da ciottoli di fiume di medie dimensioni senza ricorsi, grossolanamente lavorata.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in pietra di forma arrotondata e superficie levigata senza ricorsi, con inserti in laterizio inseriti a cuneo nei giunti.



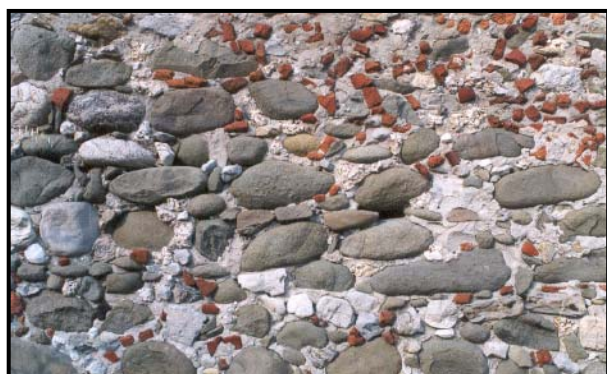
DESCRIZIONE:

Costituita da ciottoli di fiume di varie dimensioni senza ricorsi disposti in filari più regolari.



DESCRIZIONE:

Costituita da ciottoli di fiume di pezzatura disomogenea, senza ricorsi.



DESCRIZIONE:

Costituita da pietre arrotondate di pezzatura varia, con pietrame misto, disposto in maniera estremamente irregolare e caotica.

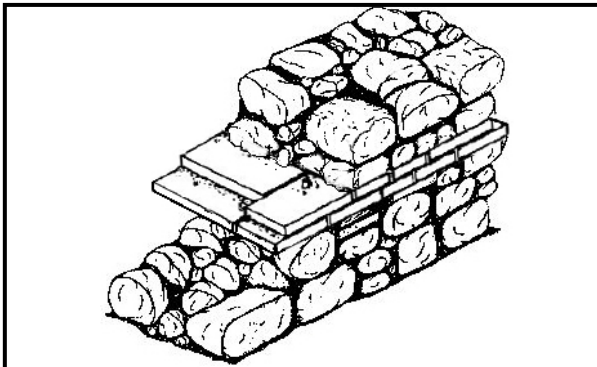
CASO 5			
A o		A d	
D		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
D	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

6

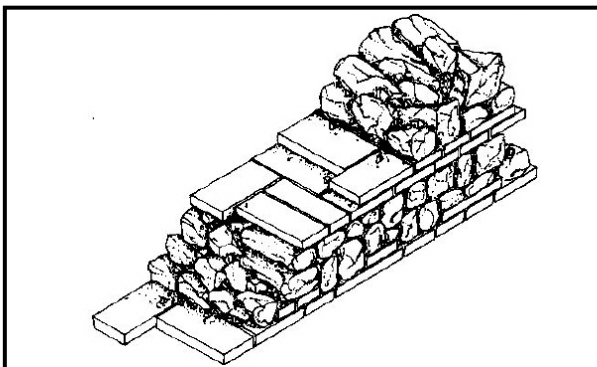
Come caso 5 con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata e/o mattoni pieni.

CLASSE C o D



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in pietra di forma arrotondata e superficie levigata con ricorsi in mattoni estesi a tutto lo spessore.



DESCRIZIONE:

Costituita da ciottoli di fiume di piccole e medie dimensioni con ricorsi in mattoni estesi a tutto lo spessore.



DESCRIZIONE:

Paramento costituito da elementi in pietra di fiume di forma arrotondata e superficie levigata con ricorsi in mattoni pieni

CASO 6			
A o		A d	
C		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
C	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

7

Muratura in blocchetti di tufo o pietra da taglio di dimensioni costanti.

CLASSE A o B



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi omogenei in pietra naturale ben squadrata e lavorata, di accurata fattura.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in tufo di dimensioni standard e apparecchiatura regolare.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in tufo squadrato con adeguata tessitura muraria.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in tufo grossolanamente squadrati con apparecchiatura irregolare.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi in tufo di antica posa in opera con apparecchiatura regolare.

CASO 7			
A o		A d	
A		B	
Mb	Mc	Mb	Mc
A	B	B	C

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

8

Muratura in blocchetti di calcestruzzo prefabbricati, con inerti ordinari o leggeri (argilla espansa), omogenei in tutta la sua estensione.

CLASSE A o B



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi artificiali in cls ordinario o alleggerito di dimensioni standard disposti regolarmente. In presenza di soli letti di malta orizzontali si assegni una classe inferiore.

CASO 8			
A o		A d	
A		A/B	
Mb	Mc	Mb	Mc
A	B	A/B	B

9

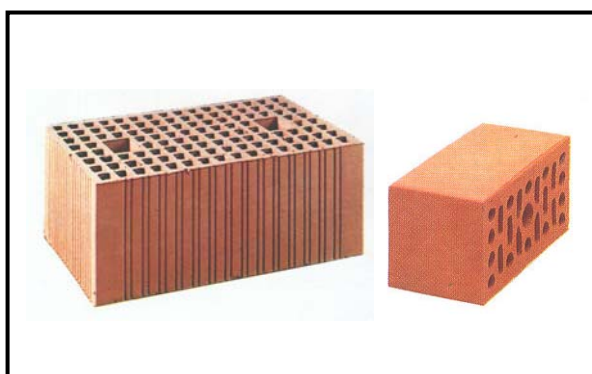
Muratura in laterizio, pieno e semipieno (% foratura ≤ 45%).

CLASSE A, B o C



DESCRIZIONE:

Costituita da mattoni pieni in laterizio di dimensioni costanti di antica o recente posa in opera.



DESCRIZIONE:

Blocco artificiale e mattone semipieno in laterizio di dimensioni standard.



DESCRIZIONE:

Costituita da blocchi semipieni in laterizio di dimensioni costanti. In presenza di soli letti di malta orizzontali si assegni una classe inferiore.

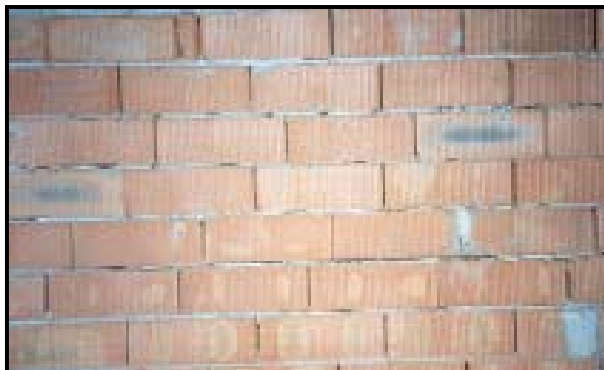
CASO 9			
A o		A d	
A		B	
Mb	Mc	Mb	Mc
A	B	B	C

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

10

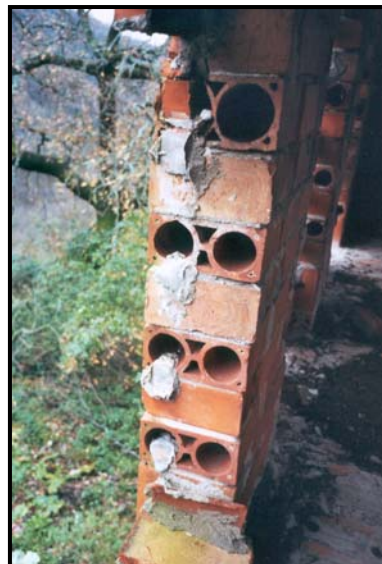
Muratura in blocchi di laterizio con foratura > 45%.

CLASSE D



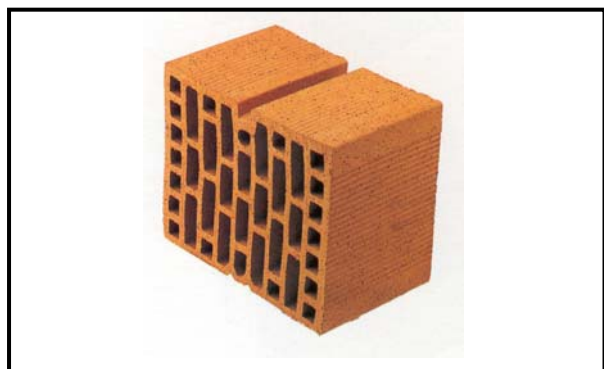
DESCRIZIONE:

Costituita da blocchi artificiali in laterizio di dimensioni standard.



DESCRIZIONE:

Costituita da elementi artificiali in laterizio di dimensioni costanti di vecchia produzione (occhialoni).



DESCRIZIONE:

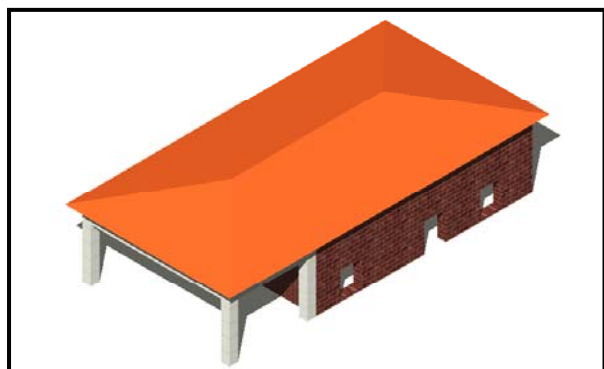
Blocco artificiale forato in laterizio di dimensioni standard.

CASO 10			
A o		A d	
D		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
D	D	D	D

11

Struttura mista, intendendo per ciò una combinazione (in uno stesso piano) di una (o più) delle tipologie murarie 1 + 10 con una tipologia a telaio in cemento armato.

CLASSE C o D



DESCRIZIONE:

Struttura portante in muratura accoppiata a strutture a telaio in cemento armato ad uno stesso piano.

CASO 11			
A o		A d	
C		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
C	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

12

Muratura intelaiata.

CLASSE A, B o C



DESCRIZIONE:

Presenza di elementi verticali ed orizzontali in calcestruzzo, a confinamento dei paramenti murari.



DESCRIZIONE:

Presenza di elementi verticali ed orizzontali in calcestruzzo, a confinamento dei paramenti murari.

CASO 12			
A o		A d	
A		B/C	
Mb	Mc	Mb	Mc
A	B	B	C

13

Muratura armata.

CLASSE A o B



DESCRIZIONE:

Costituita da blocchi in laterizio con barre di armatura e relativi getti di cls interposti al suo interno.

CASO 13			
A o		A d	
A		A	
Mb	Mc	Mb	Mc
A	B	A	B

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

14

Muratura consolidata a regola d'arte.
In caso di presenza di imperfezioni si declassa.

CLASSE A



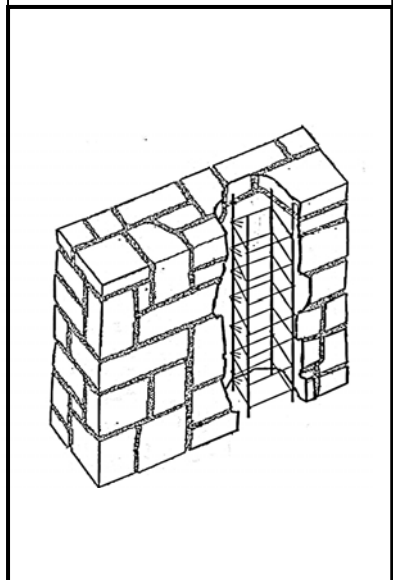
DESCRIZIONE:

Muratura rinforzata con iniezioni di miscele leganti.



DESCRIZIONE:

Applicazione di rete elettros. (maglia 15x15cm) con getto di cls di spessore minimo 5 cm su entrambi i lati collegata con barre passanti (circa 6/mq). Occorre curare le sovrapposizioni (almeno due maglie) e i risvolti nelle zone d'angolo.



DESCRIZIONE:

Muratura rinforzata mediante l'inserimento di pilastri in cemento armato o metallici in breccia nella muratura.



DESCRIZIONE:

Muratura rinforzata con tirantature orizzontali e/o verticali, realizzate mediante l'inserimento di barre in acciaio da precompressione. Le barre vengono poi nascoste dal betoncino armato.

Murature consolidate secondo la normativa sismica vigente.

Nel caso di interventi non eseguiti a regola d'arte, si dovrà considerare la classe di vulnerabilità più affine per resistenza conseguita.

Talvolta non è possibile indagare sulla riuscita dell'intervento realizzato, come nel caso delle iniezioni di miscele leganti. Occorrerà in questi casi reperire notizie sul progetto e sul tipo di intervento eseguito.

Nel caso del betoncino armato, è possibile con saggi stabilire in primo luogo la qualità delle connessioni tra le due pareti (le barre devono essere piegate per agganciare la rete) e in secondo luogo la qualità del cls utilizzato, assicurandosi che non sia un semplice intonaco.

L'intervento dei pilastri deve essere tale da non indebolire la muratura sulla quale viene realizzato. Deve essere curato il problema del collegamento tra i pilastri inseriti e le fasce orizzontali di muratura, in modo da creare un effetto di confinamento della parete muraria.

L'applicazione di tiranti metallici orizzontali e/o verticali conferisce alla parete uno stato di presollecitazione diffuso. Questo intervento si accompagna ad un rinforzo generalizzato della parete tramite l'applicazione di un betoncino armato.

Allegato C

Scheda delle carenze



REGIONE TOSCANA - SERVIZIO SISMICO REGIONALE- SCHEDA DELLE CARENZE PER EDIFICI IN MURATURA

LOCALIZZAZIONE EDIFICIO		SCHEDA N.
Provincia:		DATA
Comune:		
Località:		Aggregato Strutt. N.
Indirizzo:		N. Civico: Edificio N.
Denominazione Edificio o Proprietario:		

DESCRIZIONE CARENZA	Classe e punteggio di carenza "C"	Peso carenza p ₁	Peso classe p ₂	Indice di carenza C x p ₁ x p ₂	Schemi e note	
1. Carenza di resistenza della muratura dovuta alle varie tipologie di muratura						
a. Qualità dei materiali costituenti	A B C D 10 30 80 100	1	0,6			
b. Qualità della tessitura muraria	A B C D 10 30 80 100	1	0,6			
c. Densità dei muri resistenti	A B C D 10 30 80 100	1,5	0,6			
2. Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili						
a. Mancanza completa o inefficacia di collegamenti tra pareti e pareti	A B C D 10 40 80 100	1,5	1			
b. Mancanza completa o inefficacia di collegamenti tra pareti e orizzontamenti	A B C D 10 40 80 100	1	1			
c. Presenza di solai o coperture eccessivamente deformabili	A B C D 10 40 80 100	0,5	1			
d. Solai o coperture orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano	A B C D 10 40 80 100	0,5	1			
3. Presenza di irregolarità						
a. Irregolarità planimetrica delle aree resistenti nelle due direzioni principali x-y	A B C D 10 40 80 100	0,75	0,4			
b. Eccentricità tra baricentro geometrico e baricentro delle masse	A B C D 10 40 80 100	0,75	0,4			
c. Aumento significativo della resistenza da un piano a quello superiore	A B C D 10 40 80 100	1	0,4			
d. Presenza di murature portanti in falso su solai	A B C D 10 40 80 100	0,25	0,4			
e. Presenza di murature portanti in forati	A B C D 10 40 80 100	0,75	0,4			
f. Aumento significativo del peso di piano	A B C D 10 40 80 100	1	0,4			
g. Sopraelevazioni con materiale diverso che costituiscono discontinuità strutturale	A B C D 0 30 80 100	0,25	0,4			
h. Presenza di piani sfalsati	A B C D 10 40 80 100	0,5	0,4			
i. Presenza di solai con caratteristiche tipologiche diverse allo stesso livello	A B C D 10 40 80 100	0,25	0,4			
j. Aperture non allineate	A B C D 10 40 80 100	0,75	0,4			
k. Presenza di solai e/o coperture rigidi e pesanti in edifici con muratura di cattiva qualità	A B C D 10 40 80 100	1,5	0,4			
4. Presenza di spinte non contrastate o eliminate						
a. nelle volte e negli archi	A B C D 0 30 80 100	0,25	0,8			
b. nelle coperture	A B C D 10 40 80 100	0,75	0,8			
5. Gravi carenze nelle fondazioni						
a. presenza di cedimenti differenziali	A B C D 0 30 80 100	0,25	0,6			
b. presenza di fuori piombo	A B C D 0 30 80 100	0,5	0,6			

INDICE DI CARENZA GLOBALE "I"

INDICE DI CARENZA GLOBALE NORMALIZZATO $I_c = I / 995 \times 100$