

EVENTO SISMICO DEL 26.11.2001

COMUNI DI: ANGIARI, AREZZO, BADIA TEDALDA, BIBBIENA, CAPRESE MICHELANGELO, CASTEL FOCOGNANO, CHITIGNANO, CHIUSI DELLA Verna, MARCIANO DELLA CHIANA, MONTERCHI, PIEVE S. STEFANO, POPPI, SANSEPOLCRO, SESTINO, SUBBIANO, TALLA

Ordinanza Ministero dell'Interno Dip. Protezione Civile n° 3193 del 29 marzo 2002
*Interventi urgenti diretti a fronteggiare i danni conseguenti alla crisi sismica del 26.11.2001
nel territorio della provincia di Arezzo ed altre disposizioni di protezione civile*

D.2.7

ISTRUZIONI TECNICHE

PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI DI
INDAGINE, DOCUMENTAZIONE E PROGETTO DI
INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO ANTISISMICO

DIREZIONE GENERALE DELLE POLITICHE TERRITORIALI ED AMBIENTALI

LUGLIO 2004

A cura di: M. Ferrini⁽¹⁾

con il contributo di: A. Melozzi⁽¹⁾, A. Bernabini⁽¹⁾, M. Di Marco ⁽¹⁾, D. Cecconi ⁽¹⁾, C. Pieri⁽¹⁾.

⁽¹⁾ REGIONE TOSCANA – Direzione Generale delle Politiche Territoriali ed Ambientali

Ordinanza del Ministero dell'Interno - Dip.to della Protezione Civile - N. 3193 del 29.3.2002

1^ Edizione Luglio 2002
2^ Edizione Gennaio 2003
3^ Edizione Luglio 2004

INDICE

1. PARTE GENERALE	4
1.1 Oggetto delle istruzioni	4
1.2 Scelta dei provvedimenti tecnici di intervento	4
1.2.1 L'unitarietà dell'intervento	7
1.2.2 Le finalità, i limiti ed i parametri	8
1.2.3 La metodologia	9
1.2.3.1 Estensione dell'intervento	10
1.2.3.2 Valutazione delle caratteristiche degli elementi strutturali nello stato attuale	10
1.2.4 Definizione e valutazione e dei livelli di danno gravissimo, grave e significativo per edifici in muratura	10
1.2.4.1 Danno significativo	11
1.2.4.2 Danno grave	11
1.2.4.3 Danno gravissimo	12
1.2.4.4 Livelli di danno	12
1.2.5 Definizione delle carenze strutturali gravi e delle classi di vulnerabilità	12
1.2.5.1 Carenze strutturali gravi degli edifici in muratura	13
1.2.5.2 Classi di vulnerabilità di edifici in muratura	14
1.2.6 Definizione e valutazione e dei livelli di danno gravissimo, grave e significativo per edifici in cemento armato	15
1.2.6.1 Danno significativo	15
1.2.6.2 Danno grave	15
1.2.6.3 Danno gravissimo	15
1.3 Contenuti e requisiti del Progetto Esecutivo	17
1.3.1 La documentazione	18
1.4 Quaderno dei lavori	19
2. PROGETTO EDILIZIO UNITARIO (P.E.U.)	20
2.1 Definizione	21
3. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO DEGLI EDIFICI	23
3.1 Definizione	23
3.2 Elaborati e Contenuti del progetto di miglioramento	24
3.2.1 Direttive Tecniche per gli interventi	26
3.2.1.1 Interventi di riparazione dei danni con miglioramento sugli edifici in muratura	26
3.2.1.1.A Interventi minimi	27
3.2.1.1.B Interventi eccezionali	28
3.2.1.1.C Interventi non ammessi	29
3.2.1.2 Interventi di ripristino con miglioramento sugli edifici in cemento armato	29
3.2.1.2.A Interventi minimi	29
3.2.1.2.B Interventi eccezionali	30
3.2.1.2.C Interventi con adeguamento	30
3.2.1.3 Edifici con struttura mista (muratura e c.a.)	30
3.2.1.4 Interventi sugli immobili di interesse storico, artistico e monumentale	30
3.2.2 Elaborati del progetto di miglioramento	31
3.3 Relazione tecnica generale	32
3.3.1 Descrizione della tipologia strutturale dell'edificio e storico-costruttiva	32
3.3.2 Descrizione dello stato di fatto statico-strutturale	33
3.3.3 Diagnosi della vulnerabilità sismica	34
3.3.4 Descrizione tecnica dell'intervento progettuale	34
3.4 Elaborati dello stato di fatto	34

3.4.1 Documentazione fotografica	34
3.4.2 Elaborati grafici di rilievo	35
3.4.3 Relazione di calcolo	37
3.4.4 Fondazioni	37
3.5 Elaborati dello stato di progetto	38
3.5.1 Documentazione fotografica	38
3.5.2 Elaborati grafici di progetto	38
3.5.3 Relazione di calcolo	40
3.5.4 Fondazioni	41
3.6 Elaborati economici.....	41

ELENCO ALLEGATI:

Allegato 1 - Tabelle per la definizione del danno significativo, grave e gravissimo

Allegato 2 - Legenda per la redazione degli elaborati grafici dell'edificio dello stato di fatto e di progetto

Allegato 3 - Istruzioni tecniche integrative per la valutazione delle carenze strutturali gravi e definizione dell'indice di carenza per edifici in muratura

Allegato 4 - Linee guida per le verifiche sismiche

Allegato 5 - Direttive del ministero per i beni culturali ed ambientali

Allegato 6 - Scheda di I e II livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici (G.N.D.T. - C.N.R.)

1 - Parte generale

1.1 - Oggetto delle istruzioni

I comuni della provincia di Arezzo, i cui territori sono stati interessati dalla crisi sismica del 26 novembre 2001 sono i seguenti: Arezzo, Badia Tedalda, Bibbiena, Caprese Michelangelo, Castel Focognano, Chitignano, Chiusi della Verna, Marciano della Chiana, Monterchi, Pieve S. Stefano, Poppi, Sansepolcro, Sestino, Subbiano, Talla (art. 1 dell'Ordinanza DPC 3193/02).

Le presenti istruzioni tecniche sono da intendersi finalizzate agli interventi di ripristino in condizioni di sicurezza e per la riduzione del rischio, sia delle infrastrutture, degli edifici pubblici nonché degli edifici di culto danneggiati dall'evento sismico del 26 novembre 2001 in modo grave e significativo, che dei contributi a favore di soggetti pubblici e privati di beni immobili e produttivi dei comuni di cui sopra (ai sensi degli art.2 e 3 dell'Ordinanza DPC 3193/02);

Si fa riferimento alle normative vigenti nei territori classificati in zona sismica ai sensi della legge n° 64 del 2 febbraio 1974 e successivi Decreti Ministeriali attuativi.

“In merito alle istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16.01.1996 si evidenzia che, per la progettazione ed esecuzione di interventi di demolizione e ricostruzione o di adeguamento sismico, si dovrà tener conto, in particolare, dei contenuti tecnici indicati nella successiva Circolare LL. PP. N. 65 del 10.04.1997. Per gli altri tipi di interventi la progettazione dovrà comunque riferirsi al D. M. 16.01.1996 e, per quanto possibile, alla successiva Circolare LL. PP. N. 65 del 10.04.1997.”

1.2- Scelta dei provvedimenti tecnici di intervento

La progettazione e l'esecuzione degli interventi deve essere effettuata con criterio di unitarietà. Gli interventi di miglioramento si definiscono secondo i disposti del punto C.9.1.2 del D.M. 16.01.96

I provvedimenti tecnici vanno scelti nel rispetto delle particolari esigenze architettoniche, ambientali ed estetiche richiamate ai punti C.9.8.2, C.9.8.3 e C.9.8.4 del D.M. 16.01.96.

Tali esigenze sono determinate da disposizioni nazionali e regionali e da vincoli di conservazione o di restauro dell'edificio stabiliti dagli strumenti urbanistici generali o attuativi. Si richiama in particolare all'osservanza delle “Raccomandazioni: interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche” (1987), integrate con le “Direttive per la redazione ed esecuzione dei progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento antisismico e manutenzione, nei complessi architettonici di valori storico-artistico in zone sismiche” del 14.07.92 (vedi allegato 5).

Tali normative sono state emanate dal Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali e predisposte dal Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico.

Il progetto deve essere redatto, ove richiesto, in conformità delle norme esistenti (e tale da consentire l'agibilità e l'abitabilità dell'edificio), ivi comprese le leggi ed i disposti normativi in materia di Abbattimento delle Barriere Architettoniche, e in materia di Impianti Elettrici e Meccanici.

L'Ordinanza 3193/02, come altre, prevede che gli interventi di riparazione o recupero dei danni agli edifici sia accompagnata da interventi per la "riduzione del rischio" sismico, che consentano di raggiungere un livello di protezione (sicurezza) superiore a quello esistente al momento del terremoto.

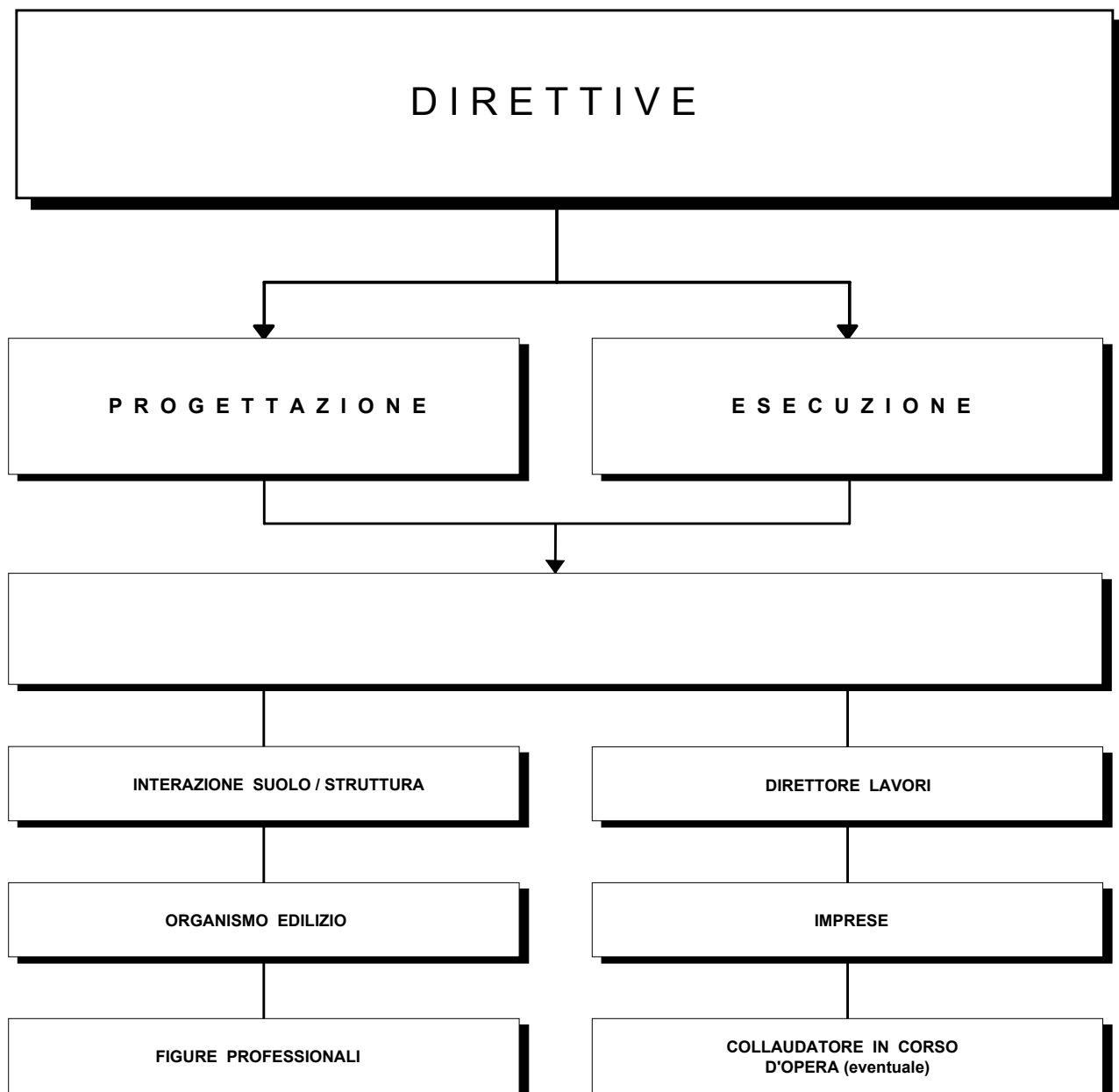
La normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica (L. 64/74 e decreti attuativi) prevede, quali strategie per la riduzione del rischio nel caso di interventi sugli edifici esistenti, oltre al miglioramento anche l'adeguamento sismico. Se con l'adeguamento il progettista deve dimostrare, anche attraverso una verifica numerica che, a livello globale dell'intero edificio, gli interventi progettati hanno raggiunto un livello di protezione (sicurezza) analogo a quello per le NUOVE costruzioni, molto diverso è il concetto di miglioramento. Nel miglioramento, infatti, la normativa tecnica prevede che il progettista attraverso la progettazione di interventi localizzati, migliori le condizioni di sicurezza attuali dell'edificio senza chiedere di aver raggiunto un determinato livello di protezione (sicurezza).

La Regione Toscana ha ritenuto pertanto di definire un insieme di interventi che consentano di aumentare il livello di protezione sismica delle costruzioni.

A tal fine si è fatto riferimento a quanto previsto dalla L. 74/96, a seguito dell'evento sismico della Lunigiana dell'Ottobre 1995 ed alle direttive regionali predisposte in attuazione di un documento tecnico concertato dalla Regione Toscana e predisposto dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti del CNR e dal Servizio Sismico Nazionale. Tale impostazione è stata successivamente riproposta per gli eventi della Puglia '95, Reggio Emilia '96, Umbria – Marche e Valtiberina Toscana '97.

1.2.1.- L'unitarietà dell'intervento

Le presenti direttive intendono raggiungere l'**unitarietà dell'intervento**, sia nella fase di progettazione che di esecuzione dell'intervento edilizio, secondo il seguente schema a blocchi:



1.2.2 - Le finalità, i limiti ed i parametri

L'Ordinanza DPC 3193/02 si pone la finalità di provvedere alla riparazione dei danni conseguenti all'evento sismico del 26 novembre 2001 ed effettuare sistematici interventi di miglioramento sismico dell'edificio al fine di ridurre i danni attesi sull'edificio che possono essere causati da un probabile evento sismico.

I limiti all'intervento sono posti, oltre che dalle caratteristiche tipologiche dell'edificio, in particolar modo se questo ha valore architettonico e/o monumentale, dalle risorse economiche necessarie ad assicurare un maggior grado di sicurezza alle azioni sismiche secondo la definizione di miglioramento adottata.

Il progetto esecutivo deve prevedere la ottimizzazione delle scelte progettuali rispetto ai costi di intervento; in tale ottica si inquadra l'esclusione delle varianti in corso d'opera e dell'istituto della variazione dei prezzi che nel caso si rendano necessari restano al carico del proprietario.

I parametri utili per il raggiungimento delle finalità e degli obiettivi sono schematicamente riportati nella tabella seguente:

FINALITÀ LA RIPARAZIONE DEI DANNI E IL MIGLIORAMENTO ANTISISMICO

LIMITI LE RISORSE ECONOMICHE

LA DEFINIZIONE DI MIGLIORAMENTO

LE CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE DELL'EDIFICIO

PARAMETRI LE INDAGINI CONOSCITIVE

I METODI DI CALCOLO E VERIFICA

LE TECNICHE DI INTERVENTO

L'USO DEI MATERIALI

LA DURATA E LA REVERSIBILITÀ DELL'INTERVENTO

LA SEMPLICITÀ DELLE FASI ESECUTIVE

I COSTI DELLE SINGOLE OPERE

I TEMPI DI ESECUZIONE

LA CHIAREZZA E LA ORGANICITÀ DEL PROGETTO PER LE FASI DI APPALTO E CONTROLLO DEI LAVORI

1.2.3 - La metodologia

La soluzione progettuale è la sintesi di un processo di formazione che ha come operazioni preliminari quelle rivolte alla acquisizione della conoscenza dell'edificio e dell'area in cui insiste, nella situazione attuale.

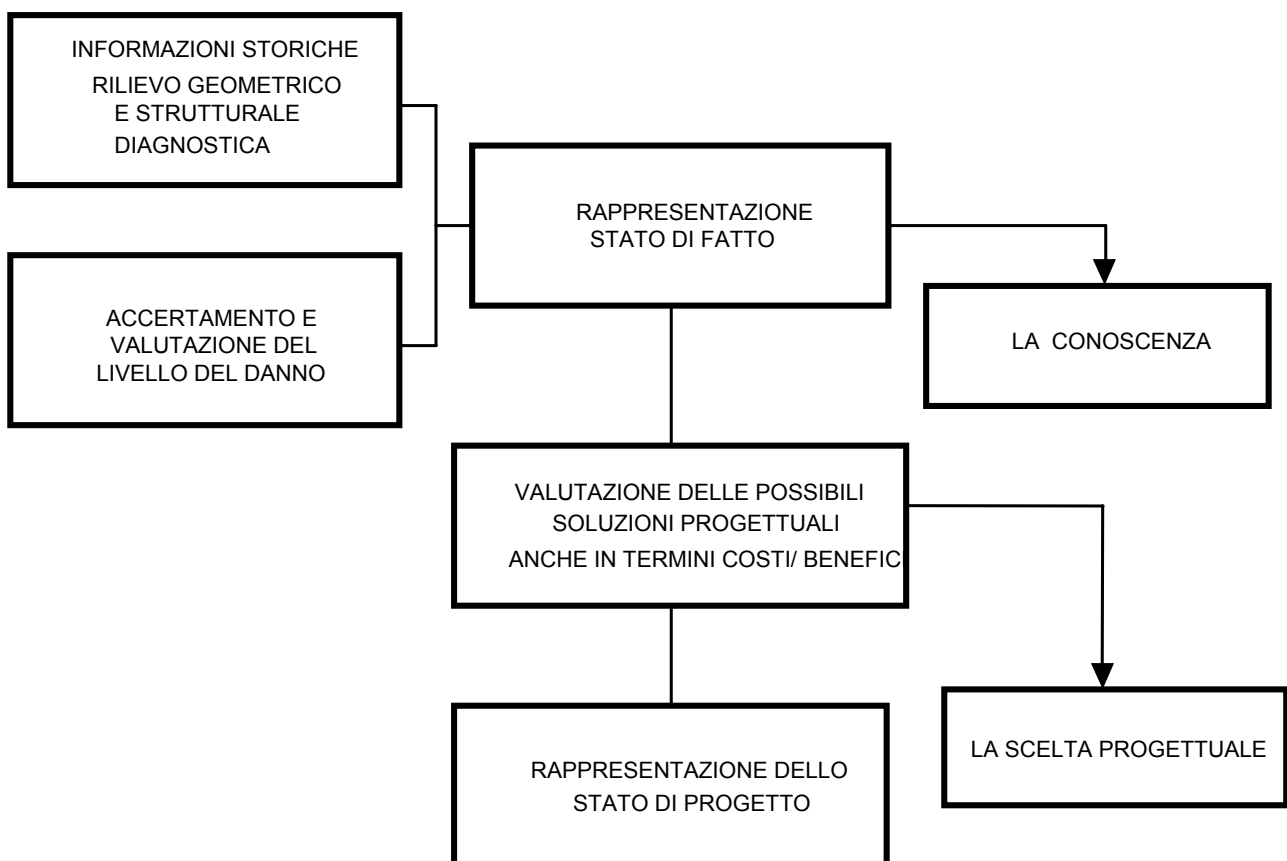
La conoscenza dello stato di fatto assume importanza decisiva ai fini delle valutazioni sul da farsi che debbono avvalersi di svariati apporti disciplinari, con un livello di specializzazione che dipende dalla importanza del problema o delle singole situazioni.

Le ipotesi di intervento si costituiscono sulla base di una valutazione a carattere pluridisciplinare nel corso della quale si definiscono i criteri e si individuano gli elementi per la formulazione delle soluzioni progettuali.

Per ogni situazione di degrado o patologia strutturale, le possibili soluzioni sono generalmente più di una, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, durevolezza, modalità e tempi di esecuzione, costo. La scelta della soluzione deve necessariamente avvenire caso per caso, dopo attento esame dei caratteri suddetti, delle condizioni operative, delle conseguenze.

L'analisi costo-benefici, deve valutare le variazioni possibili nel rapporto tra i benefici, misurati in termini di incremento della sicurezza, ed i relativi costi.

L'iter progettuale è riassunto nel diagramma a blocchi della seguente figura:



1.2.3.1 - Estensione dell'intervento

Poiché le considerazioni o gli interventi strutturali sulle costruzioni hanno poco significato se non riferite all'intero complesso strutturale, si sottolinea la necessità di riferire la progettazione dell'intervento all'insieme del complesso strutturale (edificio).

La progettazione deve essere basata su un completo rilievo dello stato di fatto e tenere conto della storia dell'edificio, delle tecniche costruttive, dei materiali esistenti e di quelli che si intendono impiegare.

L'edificio viene individuato all'interno dell'aggregato strutturale secondo almeno una delle seguenti caratteristiche: tipologia costruttiva, differenza significativa di altezza, irregolarità planimetrica tale da determinare discontinuità e scarso collegamento, età di costruzione, sfalsamento dei piani, interventi di ristrutturazione statica da cielo a terra.

Nel caso di edifici oggetto di intervento inseriti all'interno di un aggregato strutturale, la progettazione deve basarsi sulla conoscenza delle caratteristiche strutturali degli elementi resistenti verticali e orizzontali oltre che dell'intero edificio anche delle porzioni di edificio relative ai vani adiacenti, ciò al fine di:

- valutazione delle interazioni con gli edifici adiacenti;
- avere un quadro conoscitivo sufficiente alla valutazione corretta dell'intervento;
- rispettare il punto C.9.10 del D.M. 16/01/96.

1.2.3.2 - Valutazione delle caratteristiche degli elementi strutturali nella stato attuale

A) Analisi globale

Ciascun intervento su edifici esistenti comporta preliminarmente un esame globale del fabbricato, se isolato o dell'Aggregato, inteso a individuare e definire la struttura che è in grado di resistere alle sollecitazioni sismiche.

Tale analisi mira:

- ad individuare tutti gli elementi che costituiscono la costruzione, definendone sia le caratteristiche geometriche che meccaniche, con particolare riguardo alle qualità dei materiali e al loro eventuale degrado, sia per la parte in elevazione che per la fondazione ed il terreno da essa interessato;
- valutare l'entità dei carichi presenti sugli elementi stessi;
- all'individuazione degli elementi non strutturali rispetto a quelli strutturali;
- alla definizione del grado di ammorsamento tra le pareti verticali e tra gli ammorsamenti e la parete stessa;
- a rilevare il quadro fessurativo presente nell'edificio con particolare riferimento ai danni conseguenti all'evento sismico.

Attraverso l'analisi globale il progettista acquisisce perciò tutti gli elementi indispensabili per poter trarre i criteri che ne guideranno le scelte progettuali e che costituiscono la base della successiva analisi preliminare; detti elementi possono così essere riassunti:

- a) caratteristiche nella situazione attuale sotto il profilo architettonico, strutturale e della destinazione d'uso;
- b) evoluzione temporale delle predette caratteristiche, con particolare riferimento all'impianto edilizio originario e alle principali modificazioni intervenute;

- c) analisi di dettaglio delle caratteristiche dei singoli componenti strutturali (caratteristiche geometriche, tipologie costruttive, qualità e stato di conservazione degli elementi strutturali e dei materiali);

B) Verifica sismica

La verifica sismica dell'edificio nello stato attuale deve essere eseguita secondo le indicazioni riportate al punto 3.5.3. L'obiettivo di tali valutazioni nello stato di fatto è quello di quantificare e localizzare le "vulnerabilità" dell'edificio al fine di scegliere gli interventi più adeguati. I valori numerici trovati saranno poi confrontati con quelli risultanti dalla medesima verifica eseguita sull'edificio nello stato di progetto.

L'obiettivo della verifica sismica consiste nel comprovare l'effettivo miglioramento conseguito e nel valutare il grado di protezione raggiunto.

1.2.4 - Definizione e valutazione dei livelli di danno gravissimo, grave e significativo per edifici in muratura

La valutazione di edificio gravemente danneggiato o con danni significativi costituisce uno dei requisiti per l'accesso al finanziamento così come richiesto dall'ordinanza del Dip.to della Protezione Civile n. 3193 del 29.03.2002. Gli altri parametri connessi alla valutazione della vulnerabilità sono descritti nel successivo paragrafo 1.2.5.

L'edificio viene individuato all'interno dell'aggregato strutturale secondo almeno una delle seguenti caratteristiche: tipologia costruttiva, differenza significativa di altezza, irregolarità planimetrica tale da determinare discontinuità e scarso collegamento, età di costruzione, sfalsamento dei piani, interventi di ristrutturazione statica da cielo a terra.

Relativamente ai complessi architettonici destinati al culto si distinguerà la chiesa propriamente detta dagli altri corpi annessi o meno (canonica, oratorio, etc.) che saranno assimilati agli edifici.

Si considerano quali riferimenti quanto previsto dalla L. 74/96, emanata a seguito dell'evento sismico della Lunigiana dell'Ottobre 1995 e dalle direttive regionali predisposte in attuazione del documento tecnico concertato dalla Regione Toscana con il Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti del CNR ed il Servizio Sismico Nazionale. Tale impostazione è stata successivamente riproposta per gli eventi della Puglia '95, Reggio Emilia '96 e Valtiberina Toscana 1997. Altri riferimenti sono stati, come previsto dall'ordinanza del Dip.to della Protezione Civile n. 3193 del 29.03.2002 le procedure di cui alla L. 61/98, e successive modifiche ed integrazioni, per il terremoto dell'Umbria - Marche del '97 e gli atti deliberativi assunti dalle due Regioni per la definizione delle soglie di danno.

Nel caso del sisma che ha colpito i citati comuni della la provincia di Arezzo le soglie di danno previste sono tre: quella del danno gravissimo, di danno grave e quella di danno significativo.

Nell'affrontare la problematica di una definizione univoca e quantitativa dei termini danno gravissimo, grave o danno significativo, la Regione Toscana ha proceduto tenendo conto:

- dello stato dell'arte sull'argomento ed in particolare delle definizioni contenute nella scheda di censimento di primo livello messa a punto dal GNDT, che costituisce ormai

strumento accettato e condiviso dalla comunità scientifica nel rilievo della vulnerabilità e del danneggiamento degli edifici;

- della metodologia di rilievo del danno e della vulnerabilità delle chiese, messa a punto sulle chiese danneggiate dal terremoto della Lunigiana (1995) e sperimentata in occasione di questo ed altri eventi e fatta propria con la versione del 2001 dal Ministero dei Beni Culturali;
- delle possibili strategie di intervento di riparazione e miglioramento sismico, privilegiando gli interventi volti a ristabilire le connessioni tra elementi strutturali verticali ed orizzontali; interventi strutturali diversi come ad esempio l'aumento della resistenza strutturale saranno consentiti solo se strettamente necessari;
- del fatto che il contributo massimo (edifici privati) è parametrizzato con livelli di costo base ammissibili ai sensi della L. 61/98 in funzione dello stato di danneggiamento e della classe di carenza dell'edificio.

Prima di riportare le definizioni quantitative di edificio con danno gravissimo, grave o significativo, si espongono le tesi che sorreggono tali definizioni.

1.2.4.1- Danno significativo

Possono ritenersi "significativamente danneggiati" gli edifici nei quali si sia verificato un danno alle strutture portanti che abbia evidenziato l'attivazione di uno o più meccanismi di danno senza peraltro aver ridotto in modo sostanziale i margini di sicurezza.

Con tale accezione, il contributo non assume la connotazione di mero risarcimento del danno economico subito dal proprietario, ma uno strumento volto a coinvolgere le risorse dei proprietari in interventi di riparazione e di "miglioramento sismico" volti a portare la sicurezza delle costruzioni significativamente danneggiate ad un generale livello di protezione sismica correlabile con quello medio delle costruzioni di quell'area territoriale, che in occasione dell'evento abbiano subito danni lievi.

1.2.4.2- Danno grave

Possono ritenersi "gravemente danneggiati" soltanto gli immobili nei quali si sia verificato un danno nella struttura portante che abbia sensibilmente ridotto la capacità di resistere dell'opera nei confronti del sisma.

Il quadro di danneggiamento deve essere tale che si sia evidenziata l'attivazione di uno o più meccanismi di danno (pur avendo ancora sufficienti margini di sicurezza rispetto alla fase ultima dello stesso) e che ci sia un significativo incremento della probabilità di collasso di parti consistenti delle strutture portanti.

In altre parole il "danno grave" non coincide necessariamente con il "danno economicamente rilevante".

In questa accezione NON rientrano nel "danno grave" situazioni di danneggiamento di elementi non strutturali quali cornicioni, comignoli, controsoffitti, intonacature, tramezzature non resistenti (costituiti da blocchi che non sono tra quelli consentiti per la realizzazione di murature portanti in zona sismica), fodere murarie, etc., né rientrano tanto meno danneggiamenti ad elementi decorativi o di rifinitura, quali stucchi, fregi, etc.. Importanti danneggiamenti a questi elementi potrebbero, peraltro, aver motivato giustamente provvedimenti di urgenza per la salvaguardia della sicurezza delle persone, quali ordinanze di sgombero o dichiarazioni di inagibilità. Tuttavia in questi casi, qualora

non siano presenti elementi sintomatici di grave danno strutturale, la situazione di pericolo cessa una volta rimosse le cause immediate, in quanto la struttura portante di questi immobili è stata in grado di resistere al sisma sopravvenuto senza riportare danni gravi.

Con tale accezione, il contributo non assume la connotazione di mero risarcimento del danno economico subito dal proprietario, ma uno strumento volto a coinvolgere le risorse dei proprietari in interventi di riparazione e di "miglioramento sismico" volti a portare la sicurezza delle costruzioni significativamente danneggiate ad un generale livello di protezione sismica correlabile con quello medio delle costruzioni di quell'area territoriale, che in occasione dell'evento abbiano subito danni lievi.

1.2.4.3- Danno gravissimo

Possono ritenersi danneggiati in modo gravissimo gli edifici che hanno subito un danno superiore a quello grave di cui al precedente paragrafo.

1.2.4.4- Livelli di danno

Nella scheda GNDT/CNR il livello di danno, definito separatamente per le strutture verticali, orizzontali, coperture, scale, tamponature e tramezzi, è distinto in 6 livelli di intensità crescente:

A - nessun danno	D - danno grave
B - danno lieve	E - danno gravissimo
C - danno medio	F - danno totale (distruzione)

Il livello di danno viene individuato in funzione della tipologia ed ampiezza delle lesioni riscontrate, in relazione alla tipologia strutturale dell'edificio. Per ciascun livello di danno viene individuato "un campo di variazione dell'ampiezza delle fessure da un limite inferiore ad un limite superiore".

Per gli obiettivi del presente documento, sono stati presi in considerazione soltanto i danni alle strutture verticali ed alle strutture orizzontali, comprensive delle coperture, mentre non sono stati considerati i danni ad elementi non strutturali.

Sono state elaborate opportune tabelle riportate in Allegato 1 per l'individuazione delle lesioni e dei dissesti per la loro articolazione nel danno significativo, grave e gravissimo.

1.2.5- Definizione delle carenze strutturali gravi e delle classi di carenza

Così come indicato nella L. 61/98, della quale l'ordinanza DPC 3193/02 richiama l'osservanza, al fine di parametrizzare i contributi economici sulla base di soglie di danno (inteso come danno causato dall'evento sismico e descritto nel paragrafo 1.2.4) e delle carenze strutturali gravi (allegato 3), si è proceduto alla definizione delle carenze strutturali gravi e delle classi di carenza.

1.2.5.1 - Carenze strutturali gravi degli edifici in muratura

Si definiscono **carenze strutturali gravi** quelle che possono essere causa di notevole vulnerabilità rispetto all'ipotesi di un buon comportamento "scatolare" della struttura e di una buona resistenza dei singoli elementi strutturali, quelle definite nel presente paragrafo.

La Regione Toscana, secondo quanto riportato in allegato 3, ha provveduto all'individuazione delle classi tipologiche di muratura ed alla illustrazione dei metodi di rappresentazione e verifica delle carenze strutturali gravi al fine di fornire ulteriori indirizzi ai progettisti.

Tali carenze sono:

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 dovute ad elevate distanze 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 rigidezze e caratteristiche tipologiche significativamente diverse;
- i. presenza di solai con caratteristiche tipologiche significativamente diverse in termini di rigidezze 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 differenziati;
- b. evidenze di cedimento e rotazione delle pareti fuori del piano.

1.2.5.2- Classi di carenze di edifici in muratura

In base al valore dell'indice delle carenze ricavato secondo quanto riportato in allegato 3 è possibile definire le classi di carenza di edifici in muratura (vedi tabella seguente).

Edifici in muratura: definizione delle classi di carenza

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

1.2.6- Definizione e valutazione e dei livelli di danno gravissimo, grave e significativo per edifici in cemento armato

La valutazione di edificio gravemente danneggiato o con danni significativi costituisce uno dei requisiti per l'accesso al finanziamento così come richiesto dall'ordinanza del Dip.to della Protezione Civile n. 3193 del 29.03.2002. Relativamente agli edifici in cemento armato si definiscono i seguenti livelli di danno:

1.2.6.1- Danno significativo

È definito livello di **danno significativo** la soglia minima di danno consistente in almeno **una** delle condizioni di seguito definite:

- lesioni passanti nelle tamponature, di ampiezza pari a millimetri due, per una estensione fino al trenta per cento delle tamponature, a qualsiasi livello;
- presenza di schiacciamento nelle zone d'angolo dei pannelli di tamponatura, per una estensione pari al venti per cento, ad un qualsiasi livello;

è considerata condizione di danno significativo anche la perdita totale di efficacia, per danneggiamento o per crollo, di almeno il cinquanta per cento delle tramezzature interne, ad uno stesso livello, purché connessa con una delle condizioni di cui sopra, prescindendo dalla entità fisica del danno.

1.2.6.2- Danno grave

Si definisce **danno grave** quello consistente in almeno **una** delle condizioni di seguito definite:

- lesioni passanti nelle tamponature, di ampiezza pari a millimetri due, per una estensione fino al sessanta per cento delle tamponature, a qualsiasi livello;
- danno alla struttura portante;
- manifestazione di cedimento di fondazioni.

1.2.6.3- Danno gravissimo

Si definisce **danno gravissimo** quello consistente in almeno **una** delle condizioni di seguito definite:

- lesioni passanti nelle tamponature, di ampiezza pari a millimetri due, per una estensione oltre il sessanta per cento delle tamponature, a qualsiasi livello;
- danno strutturale nei nodi pari al venti per cento del totale nel piano;
- danneggiamento di almeno un nodo con presenza di spostamenti permanenti, fra base e sommità dei pilastri, superiori all'1% dell'altezza di interpiano.

1.3- Contenuti e requisiti del Progetto Esecutivo

Il Progetto Esecutivo definisce l'opera in ogni sua parte, morfologica, distributiva, strutturale ed eventualmente impiantistica e contiene una definizione analitica di ogni elemento significativo previsto in progetto, con i relativi costi, tecniche e tempi di esecuzione, anche ai fini di una corretta contrattualistica.

Il progetto esecutivo È COMPOSTO da:

A	Progetto architettonico degli edifici
B	Progetto strutturale degli edifici
C	Analisi ed elenco prezzi, computo metrico estimativo e quadro economico riassuntivo

Il progetto esecutivo PREVEDE:

A	Elaborati dello stato di fatto
B	Elaborati dello stato di progetto

Gli elaborati tecnici, relativi a stato di fatto e stato di progetto, sono così articolati:

A) **progetto architettonico**, ai fini dell'osservanza della normativa edilizia ed urbanistica redatto secondo la normale prassi di compilazione e nel rispetto delle normative vigenti, formato da: relazioni, documentazione fotografica e tavole di rilievo, stato sovrapposto e stato modificato solo se sono previste considerevoli interventi connessi anche ad una diversa distribuzione funzionale degli ambienti.

B) **progetto strutturale** ai fini dell'osservanza della normativa sismica formato da tavole di rilievo e stato di progetto, redatto secondo la normale prassi di compilazione, nel rispetto delle normative vigenti, nonché secondo le procedure previste nei paragrafi seguenti, ivi compresa la legenda dei simboli di riferimento di materiali, collegamenti, dissesti, etc.;

C) **computo metrico estimativo e quadro economico**, redatti secondo la normale prassi di compilazione, provvedendo a distinguere le "opere A, B, C e D", finanziabili, dalle "opere E - 1 - 2 - 3" non finanziabili. Dovranno essere indicate le incidenze economiche €/mq e €/mc alle sole opere finanziabili.

Costituirà riferimento per la redazione dei suddetti elaborati il documento D.3.7: "Elenco descrittivo di opere istruzioni per la redazione dei computi metrici estimativi e dei quadri economici".

1.3.1 - La documentazione

Il Programma di intervento prevede esplicitamente che venga predisposta la documentazione dello stato di fatto e di progetto, al fine di seguirne con facilità le fasi d'esecuzione degli interventi.

Dovrà essere posta particolare cura alla descrizione dei danni causati dall'evento sismico.

A	Relazioni ed elaborati grafici
B	Documentazione fotografica
C	Legenda per la redazione degli elaborati grafici dello stato di fatto e dello stato di progetto: - Caratteristiche e materiali degli elementi strutturali: • fondazioni (eventuali) • strutture verticali • strutture orizzontali • scale • architravi ed archi • coperture - Collegamenti - Degrado e dissesto - Tipologia dei danni causati dall'evento sismico - Processo di formazione e trasformazione dell'edificio (ove necessario) - Giunti e discontinuità strutturali - Consolidamenti precedenti - Interventi di nuova costruzione, demolizione ripristino strutturale, sostituzione, consolidamento, etc.

Gli elaborati B) e C) di cui al punto 1.3, in duplice copia, e una copia degli elaborati A), che saranno restituiti al Comune, devono essere firmati dal progettista e dai consulenti, nei limiti delle rispettive competenze, ed approvati ai sensi delle vigenti normative.

Tutti gli elaborati tecnici dovranno essere accuratamente rilegati in modo da rendere ben conservabile la documentazione ed essere al contempo insostituibili in ciascuna loro singola parte.

Nel caso di edifici interessati da **“interventi eccezionali”**, di cui al punto 3.2.1.1.B la documentazione dovrà corrispondere a quanto definito nei precedenti paragrafi.

Nel caso di edifici interessati esclusivamente da **“interventi minimi”**, di cui al punto 3.2.1.1.A la documentazione potrà essere convenientemente semplificata, limitatamente agli elaborati progettuali fatti salvi quelli dei particolari costruttivi.

La firma del progettista, ben leggibile, sarà apposta in prima ed ultima pagina e copertina o singolo disegno di ciascun elaborato tecnico, accompagnata dal timbro professionale, anch'esso ben leggibile, posto a fianco della firma.

I disegni avranno il frontespizio e la legenda esplicativa delle simbologie utilizzate (conformi a quelle riportate in allegato).

Per gli edifici privati, sul frontespizio degli elaborati, andranno riportati i dati di identificazione dell'edificio, dell'elaborato ed il numero progressivo attribuito dal Comune alla domanda di richiesta di contributo; tale frontespizio tipo andrà apposto anche sulle copertine delle relazioni o dei singoli documenti.

A tutti gli elaborati sarà assegnato un numero progressivo ed i medesimi dovranno essere riassunti in apposito elenco di accompagnamento, debitamente firmato dal progettista.

1.4 - Quaderno dei lavori

Il Quaderno dei Lavori è finalizzato al perseguimento dell'unitarietà dell'intervento da parte dei soggetti attuatori che nella fase esecutiva si identificano nell'impresa, nel direttore dei lavori e, infine, nel collaudatore.

Il Direttore dei Lavori è tenuto alla compilazione del quaderno dei lavori, fornendo brevi descrizioni delle modalità di esecuzione dei più importanti interventi previsti nel progetto, in relazione alla cura dei particolari esecutivi che negli interventi in questione sono spesso finalizzati al recupero del comportamento scatolare dell'edificio nei confronti delle azioni sismiche.

Il quaderno dei lavori costituirà utile documentazione, insieme agli eventuali verbali di accettazione dei materiali impiegati e dei certificati di laboratorio delle prove eseguite sui materiali da costruzione, per la redazione della relazione finale dei lavori a cura del Direttore dei Lavori, e laddove necessario per la redazione del certificato di Collaudo da parte del collaudatore.

Il quaderno dei lavori, predisposto dalla Regione Toscana, deve permettere l'analisi e l'osservazione delle varie fasi dell'esecuzione degli interventi previsti nel progetto in modo semplice e chiaro, si compone di:

1. elenco delle schede;
2. rappresentazioni schematiche (piante, sezioni, prospetti) con indicazione dei punti di ripresa delle fotografie;
3. schede di intervento;
4. schede fotografiche.

Elemento centrale del quaderno dei lavori è la scheda (punto 3); ogni scheda si deve riferire ad un singolo intervento o un particolare esecutivo, e nello specifico contiene:

- a) il numero di intervento ed una descrizione sintetica dello stesso, numerazione progressiva con la quale vengono ordinate le schede;
- b) la descrizione dettagliata delle fasi e delle modalità esecutive dell'intervento o del particolare esecutivo in riferimento a quanto descritto nel progetto;
- c) l'indicazione delle fotografie (riporto dei numeri preventivamente attribuiti ad ogni foto) che documentano l'evoluzione del lavoro, con le quali sarà possibile rendere evidenti le fasi, la complessità di queste e lo sviluppo materiale dell'intervento o del particolare esecutivo;
- d) l'eventuale indicazione descrittiva delle modifiche agli interventi previsti in sede progettuale ed i nuovi elaborati. In questo caso l'intervento o il particolare esecutivo deve essere presentato ad integrazione o variante del progetto approvato con planimetrie e sezioni rappresentative e secondo la vigente normativa sismica;
- e) altre annotazioni eventuali che il D.L. ritenga opportuno evidenziare.

Ogni scheda si completa con le fotografie cui al punto c opportunamente montate sulle schede fotografiche in formato A4 (punto 4). Le fotografie, a colori ed in formato minimo 10x15 cm, saranno numerate progressivamente in modo da permetterne l'identificazione.

Completano il quaderno dei lavori

- l'elenco delle schede (punto 1) che contiene il riepilogo delle schede presentate per ciascun tipo di intervento, con la descrizione sintetica dell'intervento, l'indicazione del numero progressivo e della pagina assegnati, costituisce un indice per semplificare le operazioni di lettura in fase di verifica
- le rappresentazioni schematiche, cui al punto 2, che in scala opportuna conterranno le planimetrie, le sezioni e i prospetti utili alla localizzazione degli interventi e l'indicazione dei punti di ripresa delle fotografie. In particolare nelle planimetrie si indicherà l'orientamento e la posizione dei piani di sezione. In questi elaborati, che costituiscono una chiave di lettura del quadro fessurativo e degli interventi previsti, si riporta per ogni fotografia il numero indicativo con i relativi punti di ripresa, gli angoli di inquadratura e/o l'indicazione dell'area interessata dalla fotografia stessa.

Al fine di agevolare la lettura del quaderno dei lavori tutte le pagine che lo costituiscono sono numerate progressivamente e contengono i dati generali identificativi dell'intero intervento e precisamente:

- Comune nel quale è ubicato l'immobile oggetto di intervento,
- numero di domanda di contributo (attribuito dal Comune).

2 - PROGETTO EDILIZIO UNITARIO (P.E.U.)

Qualora gli interventi riguardino più edifici inseriti nello stesso aggregato strutturale è necessaria una valutazione complessiva al fine di definire gli interventi nella logica dell'unitarietà dell'intervento.

La predisposizione di elaborati del P.E.U. è necessaria solo nel caso sopracitato, mentre è sufficiente la documentazione prevista al successivo cap. 3 (paragrafo 3.2.2) qualora l'intervento si riferisca ad edifici adiacenti tra loro.

2.1 - Definizione

Il Progetto Edilizio Unitario si riferisce ad un complesso edilizio individuato secondo i seguenti criteri:

- a) dalla continuità fisica o interazione dinamica tra più edifici ivi compreso la unità edilizia soggetta ad intervento; tale unità è identificata, di massima, come Aggregato Strutturale nelle fasi operative di censimenti di vulnerabilità (fig. 1);
- b) dall'insieme di più Edifici ed Aggregati Strutturali presenti in un'area aventi la stessa destinazione d'uso o funzione di tipo strategico (fig. 2).

Per la definizione di Edificio e Aggregato Strutturale di seguito descritti si rimanda comunque al manuale "Istruzioni per la compilazione della scheda di rilievo di esposizione e vulnerabilità degli edifici" - G.N.D.T./R.T.

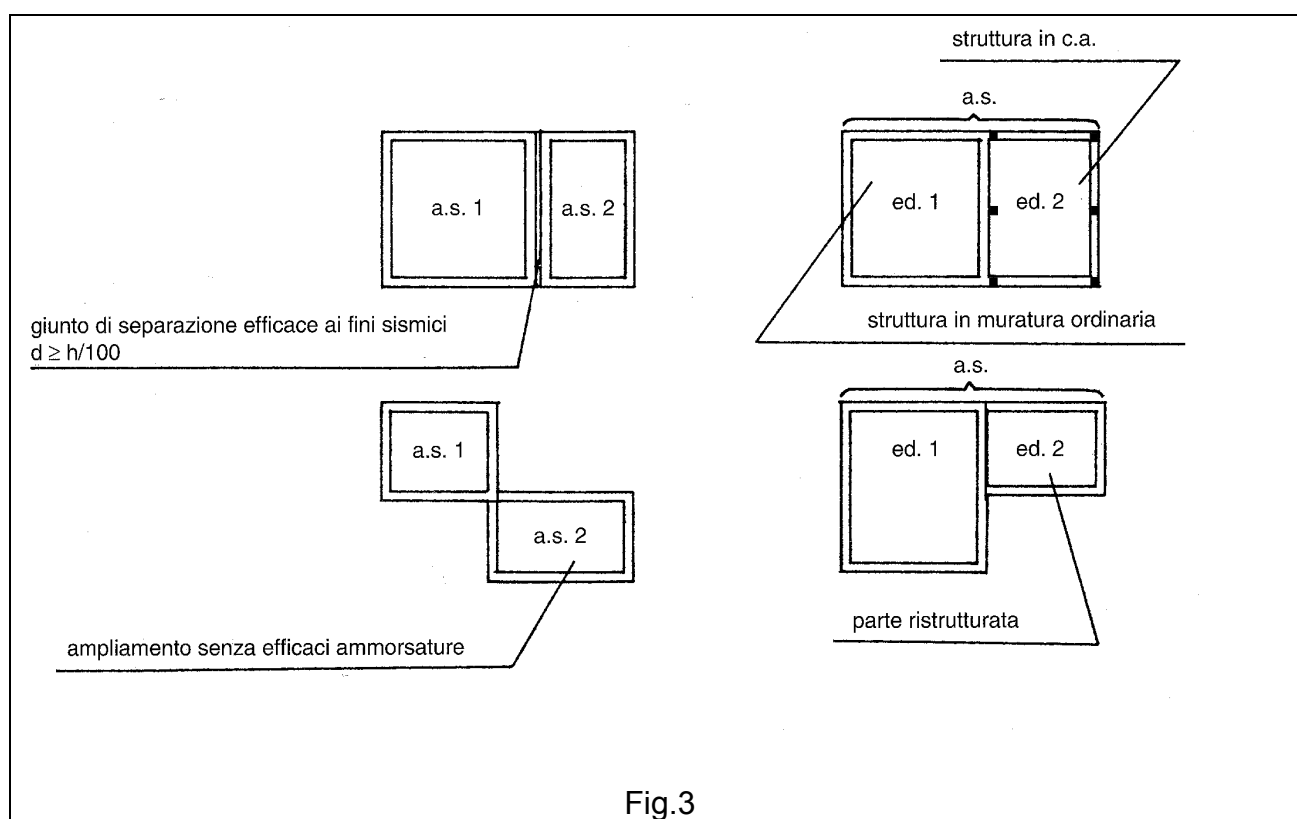
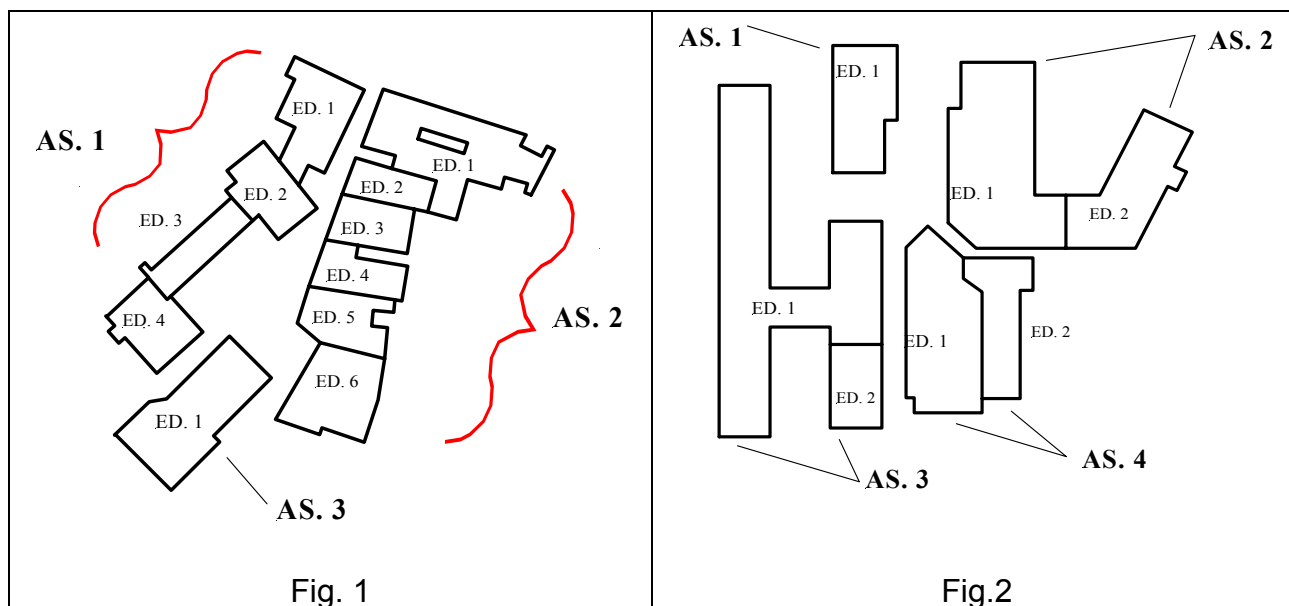
L'Aggregato Strutturale è costituito da un insieme di elementi strutturali non omogenei e che possono interagire sotto un'azione sismica.

Un Aggregato Strutturale può essere costituito da uno o più Edifici isolati o accorpati e, per accorpamento, si deve intendere un contatto, o un collegamento, più o meno efficace tra edifici con caratteristiche costruttive diverse.

La presenza di un giunto di separazione, ove ritenuto efficace ai fini sismici può, dar luogo alla individuazione di due Aggregati Strutturali distinti.

L'Edificio è definito come un'unità strutturale omogenea da cielo a terra e, in genere, distinguibile dagli altri edifici se facenti parte di un unico Aggregato Strutturale, per almeno una delle seguenti caratteristiche che è tale da individuare un comportamento dinamico distinto:

- tipologia costruttiva;
- differenza di altezza;
- mancanza di ammassamento tra le diverse strutture verticali;
- irregolarità planimetrica con parti non collegate efficacemente;
- età di costruzione;
- sfalsamento dei piani;
- interventi di ristrutturazione.



Qualora, in relazione alla complessità architettonica, alla entità plano-volumetrica dell'Aggregato Strutturale, si proceda alla suddivisione del Progetto Edilizio Unitario in più sotto-progetti affidati a differenti progettisti, è opportuno sia individuato dai proprietari un progettista con la funzione di coordinatore. Per i singoli progetti sono valide le indicazioni al paragrafo 1.2.3.1 relativamente alla estensione delle valutazioni.

3 – Interventi di miglioramento degli edifici

3.1 - Definizione

Il termine Miglioramento nelle presenti Istruzioni Tecniche ha un significato più ristretto di quello ad esso attribuito dal D.M. 16.01.96 al punto C.9.1.2, riportato per intero qui di seguito, secondo il quale in tale casistica sono compresi interventi che possono spaziare da poco più di manutenzioni fino ad un insieme di interventi molto prossimi all'Adeguamento.

C.9.1.2 Interventi di miglioramento.

Si definisce intervento di miglioramento l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale.

È fatto obbligo di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio.

Tale tipologia d'intervento si applica, in particolare, al caso degli edifici di carattere monumentale, di cui all'art. 16 della L. 2.02.74 n. 64, in quanto compatibile con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale.

Secondo quanto indicato nelle seguenti Direttive Tecniche con il termine Miglioramento si indica:

“un insieme di interventi volti prevalentemente ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio, curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti senza comprendere, se non in casi strettamente necessari, interventi diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari. Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti. Nel caso di interventi su un edificio facente parte di un aggregato strutturale possono essere effettuati interventi limitati anche sugli edifici adiacenti.”

La definizione è da riferirsi alla sola accessibilità ai contributi previsti, non risultando peraltro in contrasto con la normativa sismica vigente. Si ritiene, in definitiva, che la progettazione, esecuzione e verifica degli interventi sia sufficientemente regolata dalla normativa nazionale e che qui sia opportuno specificare solo quegli elementi che concorrono a definire la correlazione tra l'accessibilità al finanziamento e le tipologie di intervento.

Per quanto riguarda gli interventi sugli edifici danneggiati, si rileva la difficoltà di riferirsi unicamente a unità immobiliari che non sempre sono coincidenti con l'unità strutturale.

Poiché le considerazioni o gli interventi strutturali sulle costruzioni hanno poco significato se non riferite all'intero complesso strutturale, si sottolinea la necessità di riferire la progettazione dell'intervento all'insieme del complesso strutturale.

La progettazione deve essere basata su un completo rilievo dello stato di fatto e tenere conto della storia dell'edificio, delle tecniche costruttive, dei materiali esistenti e di quelli che si intendono impiegare.

Si riportano altresì, in relazione ai contenuti del progetto esecutivo, le indicazioni del punto C.9.2.2 del D.M. 16.01.96, sulla base dei quali si sono sviluppate le presenti -D.2.7- Istruzioni Tecniche.

C.9.2.2 Progetto esecutivo degli interventi di miglioramento.

Nel caso di interventi di miglioramento il progetto dovrà contenere di norma la stessa documentazione prescritta per gli interventi di adeguamento limitatamente alle opere interessate.

Nella relazione tecnica dovrà essere dimostrato che gli interventi progettati non producano sostanziali modifiche nel comportamento strutturale globale dell'edificio.

Per gli edifici di interesse storico-monumentale costituiranno riferimento le raccomandazioni e direttive emanate dal Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali (allegato 5); la soluzione progettuale dovrà essere preventivamente concordata con la Soprintendenza per i Beni Ambientali Architettonici Artistici e Storici.

In tale contesto va posta particolare attenzione alla compatibilità fra esigenze di conservazione delle connotazioni architettonico-strutturali degli aspetti storico-artistici con l'uso dell'immobile. È opportuno non confermare funzioni particolarmente gravose ad edifici o porzioni di essi intrinsecamente inadatti a soddisfarle e in ogni caso le destinazioni proposte non dovranno comportare interventi che possano pregiudicare la salvaguardia dei valori estetico formali e le tipologie costruttive strutturali da tutelare.

3.2- Elaborati e Contenuti del progetto di miglioramento

Il progetto esecutivo di un intervento di miglioramento deve consentire il riscontro delle seguenti operazioni progettuali essenziali:

- a) fornire un quadro esauriente dell'Edificio nei confronti dei disposti di legge, particolarmente approfondito nel caso di un Aggregato Strutturale o nel caso di edifici esistenti interessati da interventi recenti.
- b) individuazione, derivante da un'analisi globale e puntuale dell'edificio, dello schema strutturale resistente alle azioni definite dalla normativa vigente nella situazione attuale (Stato di fatto);
- c) valutazione delle caratteristiche degli elementi strutturali, con riguardo ai particolari costruttivi, all'eventuale degrado dei materiali e ai dissesti in atto, alla tipologia dei danni conseguenti all'evento sismico, all'eventuale determinazione delle condizioni di sicurezza attuale dell'edificio e delle sue singole parti, tenendo conto anche della presenza di elementi non strutturali.
- d) scelta dei provvedimenti tecnici tesi ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio siano essi di riduzione degli effetti sismici ed eventualmente di rafforzamento strutturale, operata sulla base delle analisi di cui ai precedenti punti a), b) e c) e con riferimento allo schema strutturale definitivo risultante a seguito del complesso degli interventi sull'edificio, operate nell'ottica dell'ottimizzazione delle risorse economiche.

Tali interventi tenderanno a conseguire:

- il miglioramento dell'organizzazione del sistema resistente alle azioni sismiche;
- un'eventuale riduzione degli effetti sismici, anche mediante un'eventuale ridistribuzione dei carichi;
- soltanto in casi particolari, da valutarsi di volta in volta in relazione allo stato di fatto, è possibile realizzare un eventuale aumento della resistenza strutturale,

ripristinando le strutture resistenti modificate o demolite o quelle danneggiate dall'evento sismico senza alterare lo schema sismoresistente del complesso.

- e) condizioni del terreno nel caso che si siano verificati cedimenti delle fondazioni in condizioni statiche e dinamiche.
- f) la dimostrazione che l'intervento non rientra fra quelli previsti ai capi a), b), c), e d) del punto C.9.1.1 del D.M. 16.01.96.
- g) eventuali calcoli di verifica del nuovo organismo strutturale, così come definito ai successivi paragrafi 3.4.3 e 3.5.3.

Nella redazione del progetto, nelle relazioni documentative ed in tutti gli elaborati grafici andranno sempre evidenziate sia le opere di recupero funzionale e distributivo che quelle connesse al superamento delle barriere architettoniche, non strettamente inerenti agli interventi antisismici, definite quali "opere E" nelle -D.1.7- Istruzioni Generali.

Per quanto riguarda gli edifici in cemento armato, nei casi in cui essi siano stati progettati tenendo conto delle azioni sismiche, ed in particolare con la Legge 64/74 e successivamente con i Decreti e Circolari Ministeriali attuativi, dopo aver proceduto all'acquisizione del progetto, dei nomi delle figure professionali coinvolte e delle autorizzazioni di legge, si deve verificare la rispondenza tra il costruito e quanto progettato.

Per verificare tale rispondenza si eseguono le seguenti operazioni:

Elaborati grafici

- a) verifica delle caratteristiche dimensionali dell'edificio a tutti i piani e verifica degli elementi strutturali e di quelli non strutturali;
- b) verifica delle destinazioni d'uso dei locali;

Elaborati di calcolo

- c) verifica delle caratteristiche dei materiali impiegati secondo le istruzioni tecniche regionali contenute nelle D.2.4 "Interventi sperimentali di prevenzione in Garfagnana e Lunigiana";
- d) verifica che i coefficienti di calcolo assunti nel progetto originario siano conformi all'attuale legge vigente, ponendo particolare attenzione al coefficiente di protezione sismica I;
- e) verifica che il modello strutturale, assunto nel progetto originario, sia congruente con quanto realizzato; in caso contrario e sulla base di un nuovo rilievo geometrico si procede ad una nuova modellazione e verifica;
- f) verifica che la modellazione adottata sia compatibile con lo schema strutturale e che i risultati siano affidabili. In caso contrario si procede ad utilizzare un diverso modello di calcolo con il quale si eseguiranno le verifiche;
- g) verifica che i dimensionamenti strutturali siano stati correttamente eseguiti. In caso contrario si produrranno le calcolazioni corrette.

Se le verifiche di cui ai precedenti punti c), d), e), f), g), danno esito positivo ad eccezione del coefficiente di protezione sismica I, che risulti essere stato assunto non conforme ai

disposti di legge attualmente vigente, dovranno essere eseguite nuove calcolazioni previa l'esecuzione di un'analisi critica della suddetta relazione di calcolo.

3.2.1 - Direttive Tecniche per gli interventi

Le scelte progettuali dovranno rispettare i contenuti delle Direttive Tecniche e perseguire le seguenti finalità generali:

- A) eliminazione di eventuali dissesti e dei danni prodotti dall'evento sismico;
- B) miglioramento del comportamento globale dell'edificio esistente;
- C) convenienza tecnica-economica.

Le presenti indicazioni tecniche si applicano per l'esecuzione degli interventi di ripristino in condizioni di sicurezza e per la riduzione del rischio, sia delle infrastrutture, degli edifici pubblici nonché degli edifici di culto danneggiati in modo grave e significativo, che dei contributi a favore di soggetti pubblici e privati di beni immobili e produttivi – (ai sensi degli art.2 e 3 dell'Ordinanza DPC 3193/02).

L'edificio viene individuato all'interno dell'aggregato strutturale secondo almeno una delle seguenti caratteristiche: tipologia costruttiva, differenza significativa di altezza, irregolarità planimetrica tale da determinare discontinuità e scarso collegamento, età di costruzione, sfalsamento dei piani, interventi di ristrutturazione statica da cielo a terra.

Le opere ammesse a finanziamento, per nesso di causalità tra l'evento sismico e il danno, oltre a quelle di tipo provvisoriale e di riparazione dei danni, sono esclusivamente quelle di carattere strutturale nonché le opere di finitura ad esse strettamente connesse. Tali interventi dovranno ricadere nella categoria del "miglioramento sismico", così come precedentemente definito ai fini dell'erogazione del contributo, e riferirsi al punto C.9 del D.M. 16 gennaio 1996 "Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche" emanato ai sensi dell'art. 3 della legge 2 febbraio 1974 n° 64.

Il progettista attraverso apposita relazione tecnica e compilazione della scheda di vulnerabilità di 1° e 2° livello del GNDT/CNR (allegato 6), dovrà chiaramente identificare i danni presenti nell'immobile oggetto di perizia e classificarli come richiesto rispetto alla tipologia ed all'ampiezza ed estensione del danno così come indicato nel precedente paragrafo 1.2.4; la documentazione tecnica dovrà necessariamente essere accompagnata da idonea documentazione fotografica a colori. La relazione tecnica dovrà contenere l'analisi del nesso di causalità tra danno ed evento sismico e se l'edificio ricade tra quelli con danni gravissimi, gravi o significativi in relazione alla tipologia, ampiezza delle lesioni ed estensione delle medesime.

Interventi tecnici di tipo provvisoriale

Fra gli interventi provvisoriali, successivi alla fase di emergenza, dovranno essere privilegiati quelli volti alla rimozione delle cause che hanno condotto all'adozione delle ordinanze di sgombero e inagibilità dando priorità:

- a) agli interventi finalizzati alla salvaguardia della pubblica e privata incolumità, a prevenire pericoli imminenti ed evitare possibili collassi strutturali (ad esempio ponteggi, puntellamenti, catene e consolidamenti urgenti, privilegiando gli interventi non provvisori);

b) agli interventi volti al ripristino dell'agibilità di edifici di fruizione pubblica e di edifici di culto;

c) agli interventi a breve termine da eseguire, sugli edifici pubblici o di uso pubblico, per evitare possibili aggravamenti dei danni per effetto di agenti vari (ad esempio eventi meteorologici, etc.).

Le opere provvisorie devono essere relativamente contenute in termini di costo (evitando, ove possibile, l'utilizzo di ponteggi per lungo tempo, a causa degli elevati costi del noleggio) e a queste faranno seguito gli interventi di ripristino definitivi. In alcuni casi tali interventi potranno costituire un primo stralcio dell'intervento definitivo

3.2.1.1- Interventi di riparazione dei danni con miglioramento sugli edifici in muratura

Gli interventi di riparazione dei danni consistono nel ripristino dei singoli elementi strutturali danneggiati attraverso la loro riparazione localizzata fino alla totale sostituzione nei casi di impossibilità di recupero.

Le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche dei materiali dei nuovi elementi devono essere compatibili con quelli esistenti e le tecniche di intervento devono essere preferibilmente non invasive e reversibili.

La riparazione consegue di fatto un miglioramento della struttura e non solo il ripristino delle condizioni di sicurezza originarie. La stessa riparazione può condurre altresì al raggiungimento di un livello di miglioramento superiore attraverso la realizzazione di taluni interventi.

La valutazione della vulnerabilità dell'edificio consente invece di stabilire preventivamente la necessità di alcuni interventi di miglioramento che, anche indipendentemente dal danno causato dall'evento sismico, possono essere realizzati ai sensi di quanto previsto nell'Ord. DPC 3193/02.

In tal senso, al precedente punto 3.1, è stata formulata la definizione di miglioramento.

Ai fini del miglioramento l'esperienza dei passati terremoti ha mostrato come il buon ammassamento e l'efficacia dei collegamenti tra elementi strutturali verticali e tra essi e quelli orizzontali sono elementi essenziali per garantire il comportamento scatolare della costruzione in muratura e per evitare meccanismi tipici di collasso delle costruzioni murarie, quali ad esempio i crolli delle pareti fuori dal proprio piano.

Gli interventi tecnici di miglioramento per gli edifici in muratura dovranno essere conformi a quanto indicato al punto C.9.8 del citato D.M. 16 gennaio 1996.

3.2.1.1.A - Interventi minimi

Ai fini dell'ammissibilità al contributo dovranno essere garantiti i seguenti interventi minimi:

a) interventi di riparazione dei danni ad elementi strutturali e non strutturali. Gli interventi di riparazione dei danni consistono nel ripristino di singoli elementi strutturali danneggiati, attraverso la loro riparazione localizzata o sostituzione nei casi di impossibilità del recupero.

I materiali dei nuovi elementi devono essere compatibili con quelli esistenti e le tecniche costruttive non devono essere per quanto possibile invasive e irreversibili.

Nel caso delle pareti si va dalla semplice risarcitura di lesioni con ripristino dei giunti di malta, alla tecnica del "cuci e scuci" che, in relazione alle dimensioni e tipologia delle

lesioni, può essere realizzata su porzioni di uno stesso paramento murario o sull'intera sezione della muratura.

Nel caso di architravi di porte o finestre, la riparazione e/o sostituzione sarà in funzione della tipologia costruttiva: piattabanda o arco ribassato. La sostituzione di una architrave è consentita solo nel caso in cui il recupero sia impossibile.

b) interventi finalizzati ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti. Sono preferibili interventi non invasivi, come catene (pareti-pareti) o profili metallici (travi dei solai-pareti), evitando le cordolature in breccia;

c) interventi rivolti a ridurre sensibilmente la spinta di coperture, archi e volte. Sono preferibili interventi non invasivi attraverso la disposizione di catene metalliche.

d) interventi rivolti ad eliminare o ridurre gli indebolimenti locali (armadi a muro, canne fumarie, nicchie) della struttura portante originaria (maschi murari). Sono preferibili interventi che per quanto possibile non introducano eccessive variazioni di rigidezza tra i nuovi materiali e quelli originali curando in particolare l'ammorsamento alle murature esistenti.

e) interventi che consentono di migliorare la resistenza alle azioni sismiche degli aggetti verticali, dei cornicioni, ecc. Gli interventi devono assicurare in modo particolare la qualità dei collegamenti alle strutture esistenti.

Si ricorda che gli interventi b), c), d) ed e) devono essere eseguiti al fine di ridurre la vulnerabilità dell'edificio e non solo come intervento di riparazione.

Gli interventi minimi devono essere realizzati sia per gli edifici con danni gravissimi e gravi che per quelli con danni significativi e consentono di accedere al contributo pubblico nei termini indicati nelle D.1.7 "Istruzioni generali illustrative dei criteri modalità e fasi del finanziamento".

Per gli edifici privati con danno significativo gli interventi suddetti costituiscono i soli ammissibili a contributo.

Per gli edifici pubblici con danno significativo, oltre agli interventi suddetti, sono ammessi a contributo anche quelli considerati nella categoria b) di cui al successivo p.to 3.2.1.1.B.

3.2.1.1.B - Interventi eccezionali

La normativa di riferimento di cui al precedente punto 1.2, prevede che in casi strettamente necessari sia possibile prevedere interventi "diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari. Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti".

Nella realizzazione degli interventi, sono da limitarsi le soluzioni che comportino aumenti dei carichi permanenti soprattutto in presenza di carenze di resistenza nelle murature.

Gli interventi che possono essere ricompresi in questa categoria ed ammessi a contributo, e che devono essere espressamente documentati ed adeguatamente giustificati dal progettista, sono:

a) gli interventi sulle fondazioni, ammessi solo nei casi in cui si siano manifestati gravi

dissesti attribuibili a cedimenti fondali causati o aggravati dall'evento sismico; gli interventi devono essere limitati per entità ed estensione alla riparazione del danno rilevato. Nel caso in cui i danni siano diffusi e l'intervento proposto interessi una porzione consistente delle strutture di fondazione il progetto dovrà essere corredato da specifica relazione geotecnica;

b) gli interventi tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale di pannelli, fasce e/o maschi murari con funzione strutturale; questi sono ammessi a contributo limitatamente ai casi in cui l'evento sismico abbia evidenziato:

- 1 - una estensione del quadro fessurativo tale da non consentire la riparazione localizzata;
- 2- una rilevante differenza in termini di resistenza rispetto alle altre pareti murarie;

c) gli interventi sui solai o coperture relativi alla sostituzione delle porzioni crollate in seguito all'evento sismico o degradate; è ammessa la sostituzione totale nel caso in cui la porzione crollata o degradata sia prevalente nel campo strutturalmente definito;

Tali interventi non dovranno variare in modo significativo i carichi permanenti; inoltre l'aumento della rigidezza alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali.

d) gli interventi di irrigidimento di solai in legno, in ferro o in c.a. a travetti indipendenti, preferendo interventi leggeri quali ad esempio l'applicazione di doppio tavolato, crociere di ferro (croci di S.Andrea) o collegamenti trasversali, se è necessario:

- a livello di sottotetto per contrastare l'azione delle catene;
- a livello di piano per attenuare le differenze tra le rigidezze dei solai esistenti;
- a livello di copertura, in assenza di sottotetto, per migliorare la connessione tra le orditure (per sottotetto efficace, si intende una distanza dell'orizzontamento dal livello di gronda non superiore al doppio dello spessore della muratura).

Tali interventi non dovranno variare in modo significativo i carichi permanenti; inoltre l'aumento della rigidezza alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali.

Gli interventi di irrigidimento sono da effettuarsi preferibilmente con tecniche tali da non comportare il disfacimento dei pavimenti, massetti, tramezzi, ecc. e la loro ricostruzione.

e) gli interventi finalizzati alla riduzione delle masse strutturali e non, con particolare riferimento ai piani più elevati ed in relazione a valutazione sulla qualità delle murature dell'edificio (n. piani, spessore e tessitura della sezione muraria e qualità della malta), tali da pregiudicare il buon funzionamento dei maschi murari;

3.2.1.1.C - Interventi non ammessi

Vengono di seguito elencati alcuni interventi che, al fine della concessione al contributo e per una corretta progettazione degli interventi di recupero edilizio in zona sismica, non saranno ammessi:

a) gli spostamenti di aperture nelle pareti portanti soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente, eccetto quelli che ripristinano situazioni originarie ed in generale le opere che possano compromettere:

- il buon funzionamento dei maschi murari;
- il collegamento tra le pareti ortogonali;
- la corretta trasmissione dei carichi alle fondazioni;

b) l'aumento significativo dei carichi permanenti soprattutto in presenza di muratura di qualità scadente.

c) la realizzazione di setti o nuclei irrigidenti per ascensori o scale qualora ciò comporti sensibile peggioramento della distribuzione delle rigidezze;

d) la sostituzione di solai e/o coperture tali da comportare la necessità di dannosi scassi nelle murature.

3.2.1.2 - Interventi di ripristino con miglioramento sugli edifici in cemento armato

Gli interventi sugli edifici in c.a. sono generalmente più complessi, rispetto agli edifici in muratura, in relazione ai diversi meccanismi di danno ed alla difficoltà di acquisire dati sulla qualità dei materiali e la disposizione delle barre di armatura.

Per eventuali indagini finalizzate alla valutazione della resistenza del c.l.s. in edifici in c.a. è necessario riferirsi a quanto disposto dal Servizio Sismico Regionale (Dip.to delle Politiche Territoriali e Ambientali) ai sensi della L. R. n. 56 del 30.07.97.

3.2.1.2.A - Interventi minimi

Ai fini dell'ammissibilità al contributo dovranno essere garantiti i seguenti interventi minimi, nell'ordine di priorità indicato:

- a) il ripristino localizzato del calcestruzzo delle strutture in elevazione che si presenta fortemente degradato e/o lesionato;
- b) interventi di riparazione dei danni ed eliminazione locale delle cause;
- c) interventi di migliore distribuzione degli elementi non strutturali (tamponature e tramezzature consistenti inserite nei telai;
- d) interventi che consentono di migliorare la resistenza alle azioni sismiche degli aggetti verticali, etc.. Gli interventi devono assicurare in modo particolare la qualità dei collegamenti alle strutture esistenti;
- e) interventi tesi a collegare le tamponature realizzate fuori del campo dei telai;
- f) inserimento di nuovi pannelli di tamponatura nei campi di telaio, al fine di consentire una maggiore rigidezza a taglio della struttura e di migliorare il comportamento globale dell'edificio (deve essere redatta una verifica sismica che comprovi l'aumento del livello di sicurezza raggiunto con l'intervento)

3.2.1.2.B - Interventi eccezionali

Gli interventi che possono essere ricompresi in questa categoria ed ammessi a contributo, e che devono essere espressamente documentati ed adeguatamente giustificati dal progettista, sono:

- a) irrigidimento degli orizzontamenti, nei casi di solai in c.a. privi di soletta di ripartizione e con pignatte non rinforzate;
- b) gli interventi sulle fondazioni, ammessi solo nei casi in cui si siano manifestati gravi dissesti attribuibili a cedimenti fondali causati o aggravati dall'evento sismico; gli interventi devono essere limitati per entità ed estensione alla riparazione del danno rilevato. Nel caso in cui i danni siano diffusi e l'intervento proposto interessi una porzione consistente delle strutture di fondazione il progetto dovrà essere corredato da specifica relazione geotecnica.
- c) il ripristino ed il rinforzo di elementi strutturali, mediante aggiunta di nuove barre e staffe metalliche al fine di aumentare la sezione resistente della struttura e qualora risulti necessario a seguito delle verifiche dello stato di fatto;
- d) la cerchiatura degli elementi strutturali, mediante piastre o piatti metallici, al fine di contrastare le deformazioni trasversali del calcestruzzo e migliorandone le caratteristiche di resistenza e duttilità, qualora risulti necessario a seguito delle verifiche dello stato di fatto.

3.2.1.2.C - Interventi di ripristino con adeguamento

Rientrano tra questi interventi tutti quelli non compresi nella precedente voce relativa al miglioramento, ricordando che la normativa sismica prevede al punto C.9.1.2 del D.M. 16 gennaio 1996 che il miglioramento non debba comportare una modifica sostanziale del comportamento globale dell'edificio. Rientrano pertanto negli interventi di adeguamento gli interventi previsti al punto C.9.1.1 del citato D.M..

3.2.1.3 - Edifici con struttura mista (muratura e c.a.)

Per questa tipologia di edifici si rimanda al p.to C.9.9 del D.M. 16.01.96.

Per la descrizione dei livelli di danno gravissimo, grave e significativo si farà riferimento al precedente punto 1.2.4.

3.2.1.4 - Interventi sugli immobili di interesse storico, artistico e monumentale

Per gli edifici aventi caratteristiche monumentali e per quelli di culto si farà riferimento alle “Raccomandazioni: interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zone sismiche” (1987), integrate con le “Direttive per la redazione ed esecuzione dei progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento antisismico e manutenzione, nei complessi architettonici di valori storico-artistico in zone sismiche” del 14.07.92 (vedi allegato 5), in modo da perseguire interventi leggeri e rispettosi delle loro caratteristiche tipologiche e storico-architettoniche oltre alle normative di cui al presente atto.

Tali normative sono state emanate dal Ministero per i Beni Culturali ed Ambientali e predisposte dal Comitato Nazionale per la prevenzione del patrimonio culturale dal rischio sismico.

Gli edifici dichiarati di interesse storico ed artistico ai sensi della Legge 1089/39, possono ritenersi significativamente danneggiati anche qualora si siano verificati danni agli elementi non strutturali di valore storico ed artistico purché strettamente connessi ad un meccanismo di danno strutturale.

3.2.2 - Elaborati del progetto di miglioramento

La documentazione da presentare sarà la seguente:

Il progetto di un intervento di **MIGLIORAMENTO** è composto dai seguenti elaborati:

A) Elaborati Generali

- a) Relazione Tecnica Generale;

B) Elaborati dello Stato di Fatto

- b) Documentazione Fotografica;
- c) Tavole Grafiche di Rilievo;
- d) Relazione di Calcolo

C) Elaborati dello Stato di Progetto

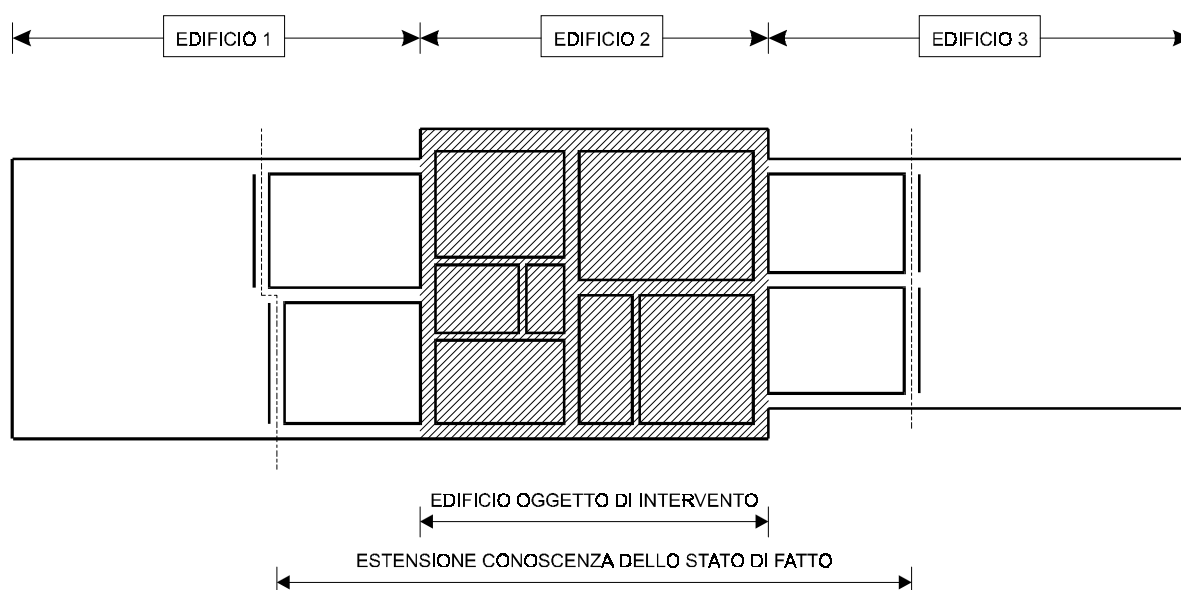
- e) Tavole Grafiche di Progetto;
- f) Relazione di Calcolo;
- g) Elaborati Economici.

Nel caso di edifici oggetto di intervento inseriti all'interno di un aggregato strutturale, si ricorda che la progettazione deve basarsi sulla conoscenza delle caratteristiche strutturali degli elementi resistenti verticali e orizzontali oltre che dell'intero edificio anche delle porzioni di edificio relative ai vani adiacenti, ciò al fine di:

- valutazione delle interazioni con gli edifici adiacenti;
- avere un quadro conoscitivo sufficiente alla valutazione corretta dell'intervento;
- rispettare il punto C.9.10 del D.M. 16/01/96.

Ciò consente di comprendere il quadro fessurativo rilevato nell'edificio oggetto di intervento.

Fig. 4: Estensione dell'intervento



3.3- Relazione tecnica generale

La relazione tecnica generale dovrà fornire le spiegazioni utili alla corretta interpretazione della documentazione relativa allo stato di fatto. Nella relazione, articolata per parti, dovrà altresì essere fornita l'illustrazione dei criteri di scelta progettuale e la motivazione della proposta progettuale tale che questa sia ottimale in rapporto ai benefici strutturali attesi ed ai costi da sostenere.

La relazione sarà articolata secondo quanto descritto nei successivi paragrafi.

3.3.1 - Descrizione della tipologia strutturale dell'edificio e storico-costruttiva

Con i necessari riferimenti agli elaborati grafici dello stato di fatto saranno descritti, nei limiti dell'importanza dell'edificio e degli interventi che si intende proporre:

- a) i rapporti dell'edificio con l'aggregato strutturale di cui fa parte e con il territorio edificato circostante;

- b) l'identificazione dello schema strutturale originario e sue eventuali modificazioni storiche, con particolare riguardo a quelle realizzate in tempi recenti;
- c) l'identificazione dei principali elementi costruttivi e descrizioni dei materiali;
- d) l'identificazione degli elementi non strutturali, siano essi resistenti o non resistenti;
- e) l'identificazione e la valutazione critica dei dissesti in atto e dalla tipologia dei danni conseguenti all'evento sismico;
- f) l'evoluzione storica dell'edificio anche in relazione all'uso, e le trasformazioni d'uso di locali o porzioni del fabbricato;
- g) l'individuazione di vincoli architettonici e/o urbanistici che condizionano le modalità di intervento ed esecuzione;
- h) gli estremi della Licenza o Concessione edilizia, di presentazione al Genio Civile, i certificati della Direzione dei Lavori e Collaudo per gli interventi di recente realizzazione o per i casi previsti al precedente punto b).

3.3.2 - Descrizione dello stato di fatto statico-strutturale

Lo stato di fatto può essere accertato con analisi a diversi livelli di approfondimento, cui corrispondono diversi livelli di costo. Le operazioni per acquisire la conoscenza dello stato di fatto, al livello di approfondimento scelto, si articolano secondo la tabella 1 qui di seguito riportata

Tabella 1

Elementi per le decisioni sul livello di approfondimento più opportuno sono i seguenti:		Operazioni per la conoscenza dello stato di fatto:	
(1)	La destinazione dell'edificio	(a)	Esame diretto dell'edificio
(2)	La complessità dell'edificio	(b)	Rilievo geometrico
(3)	Il valore storico - artistico dell'edificio	(c)	Identificazione degli elementi strutturali
(4)	L'evidenza di degrado e patologie strutturali	(d)	Identificazione dei materiali
(5)	L'evidenza di patologie geotecniche	(e)	Identificazione dei collegamenti
		(f)	Identificazione di degrado e dissesti
		(g)	Identificazione di giunti e discontinuità strutturali
		(h)	Identificazione delle tipologie dei danni conseguenti all'evento sismico
		(i)	Indagine storica finalizzata all'individuazione di schemi strutturali attuali e pregressi
		(l)	Indagini sulle fondazioni e sui terreni
		(m)	Indagini su elementi strutturali e materiali
		(n)	Verifica sismica della situazione attuale

La descrizione dello stato di fatto statico-strutturale risulterà da una relazione tecnica interpretativa del rilievo critico e geometrico nonché della documentazione fotografica prodotta.

3.3.3 - Diagnosi della vulnerabilità sismica

Sulla base dei risultati conseguiti nelle indagini conoscitive, ivi compreso le schede di vulnerabilità GNDT/CNR (allegato 6) e la valutazione delle carenze strutturali gravi (allegato 3), deve essere individuata la vulnerabilità dell'edificio, tenendo in conto:

- 1 - il funzionamento scatolare del complesso;
- 2 - la resistenza delle pareti;
- 3 - l'efficienza dei diaframmi nel trasferimento delle azioni sismiche;
- 4 - la stabilità del complesso edificio-terreno;
- 5 - la stabilità degli elementi non strutturali.

3.3.4 - Descrizione tecnica dell'intervento progettuale

Sulla base di quanto evidenziato ai punti precedenti, e per ciascuna delle categorie di base del comportamento sismico come sopra individuate, si descriveranno gli interventi progettuali indicando le motivazioni tecniche dell'intervento proposto e i risultati che esso si ripromette per la riduzione del grado di vulnerabilità e di danno atteso.

Si farà sempre riferimento alla documentazione fotografica prodotta, e, quando necessario, si potrà far riferimento alla relazione di calcolo.

Saranno di norma previsti interventi rivolti ad:

- eliminare gli eventuali dissesti e danni prodotti dall'evento sismico che compromettono la sicurezza dell'edificio, o di ciascuna sua parte, o la sua agibilità;
- assicurare una migliore organizzazione degli elementi strutturali dell'edificio, curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste e gli orizzontamenti, non prevedendo, in generale, interventi atti ad aumentare la resistenza delle strutture verticali che non siano il ripristino di situazioni preesistenti sfavorevolmente alterate.

Andranno richiamati i provvedimenti assunti ai sensi del secondo comma del punto C.9.3. del D.M. 16.01.96, per consolidare e, se del caso, eliminare elementi non strutturali il cui eventuale crollo può causare vittime e danni.

3.4 - Elaborati dello stato di fatto

Lo scopo che si persegue è quello di identificare nel più corretto e completo dei modi l'edificio, con particolare riferimento a quegli elementi, strutturali e non, connessi con la valutazione delle categorie di comportamento sismico così come individuate e descritte al punto c) della tabella 1, e valutare lo stato attuale del complesso e di ogni sua parte nei confronti delle azioni di progetto.

Per le finiture e gli impianti dovranno essere descritte, in forma completa e dettagliata, le caratteristiche e la qualità dei materiali, anche in rapporto ai criteri di finanziamento di cui al D.1.7 "Istruzioni Generali".

3.4.1 - Documentazione fotografica

Sarà fornita documentazione fotografica, costituita da fotografie a colori di formato non inferiore a cm 10 x 15, che tenderà essenzialmente a rappresentare lo stato di fatto dell'edificio, con particolare riferimento al quadro fessurativo, ed alla tipologia dei danni conseguenti all'evento sismico, ed inoltre illustrerà nel dettaglio le situazioni che il progettista riterrà significative.

Le fotografie saranno numerate e per ciascuna di esse dovrà risultare in modo univoco l'individuazione dell'oggetto cui si riferiscono, la sua ubicazione, ricorrendo eventualmente all'ausilio di planimetrie od estratti planimetrici; il punto di presa di ciascuna foto ed il suo numero saranno sempre riportati sulle piante strutturali.

La documentazione fotografica sarà prodotta in originale o fotocopia a colori di buona qualità.

Per documentare i danni sulle strutture verticali, nei casi ritenuti più significativi, dovranno essere effettuate foto prima della rimozione dell'intonaco e successivamente ad intonaco rimosso.

3.4.2 - Elaborati grafici di rilievo

Gli elaborati grafici saranno costruiti sul rilievo in situ dell'organismo strutturale. Saranno prodotti i seguenti elaborati grafici:

- ◆ - ARCHITETTONICI
- - STRUTTURALI
- - IMPIANTISTICI (eventuali)

Gli elaborati dovranno evidenziare:

- il rilievo delle caratteristiche geometriche dell'edificio, riportando le misure e le quote;
- le tipologie costruttive degli elementi strutturali portanti;
- le tipologie costruttive degli elementi non strutturali;
- il tipo e qualità dei materiali impiegati, con riferimento alle indagini e prove di cui al precedente punto a) della tabella 1;
- il tipo dei collegamenti tra gli elementi strutturali, e tra questi e quelli non strutturali;
- le indicazioni e il tipo dei principali dissesti e lesioni;
- la tipologia di danno conseguente all'evento sismico;
- le annotazioni sugli elementi di finitura da conservare, specie se richiedono particolari cautele operative;
- le principali trasformazioni subite dall'edificio nel tempo (rilievo critico).

Si farà sempre riferimento nella descrizione alla simbologia riportata nella legenda dell'allegato n. 1.

Se ritenuto necessario tale legenda potrà comprendere nuove simbologie relative ai materiali, alle tipologie di dissesto, etc.; queste dovranno essere preventivamente concordate con il Dip.to Politiche Territoriali ed Ambientali.

Il rilievo, sarà in linea di massima rappresentato di norma in scala 1:100; i particolari saranno invece in scala 1:10 e 1:20.

◆ A - **Elaborati Architettonici**

Gli elaborati architettonici possono comprendere le tavole di seguito elencate in relazione alle esigenze di tipo edilizio e urbanistico:

- a) Piante: di tutti i piani;
- b) Sezioni: almeno due;
- c) Prospetti.

Le destinazioni d'uso dei locali, le misure e le quote del rilievo geometrico sono riportate negli elaborati architettonici

■ B - Elaborati Strutturali

Gli elaborati strutturali, basati sul rilievo geometrico riportato negli Elaborati Architettonici, sono di fatto gli elaborati fondamentali sui quali si fondano i ragionamenti e le valutazioni; costituiti dalle seguenti tavole:

a) **Piante**

Saranno riportate l'indicazione dei vari tipi di lesioni, degradi, tipologie murarie ed eventuali interventi di consolidamento o elementi di rinforzo presenti ai vari piani, compresa la copertura e le fondazioni. La pianta di ogni piano deve illustrare e documentare l'orditura dei solai e le posizioni delle principali travature. La pianta della copertura deve illustrare e documentare la natura e l'orientamento della grossa e piccola orditura e del manto di copertura.

Nel caso in cui si siano riscontrati dissesti del fabbricato collegabili a cedimenti delle fondazioni sarà necessaria la pianta delle fondazioni per illustrare e documentare lo stato attuale, descrivendo la tipologia delle fondazioni, corredata da indicazioni dimensionali, con considerazioni sullo stato di conservazione.

Su ogni pianta e per ciascun locale, dovranno essere indicati:

- la numerazione progressiva di ciascun vano con riferimento a quanto indicato nella legenda allegata;
- la quota di pavimento, anche qualora non si diversifichi da quella dei vani contigui comunicanti, sarà riferita al piano di marciapiede assunto come riferimento;
- tutti quegli elementi strutturali connessi con le categorie di comportamento sismico di cui al precedente punto c) della tabella 1 ed in particolare:
- per gli **edifici in muratura** cordoli, catene e ogni altro elemento di rinforzo; eventuali precedenti interventi di consolidamento; ammorsamenti tra le pareti in corrispondenza delle intersezioni; tipologia e qualità delle murature, tipologia dei diaframmi orizzontali in riferimento all'efficienza nella ripartizione delle azioni sismiche di piano tra gli elementi sismoresistenti;

Negli elaborati di rilievo dovranno essere chiaramente rappresentati tutti gli elementi significativi strutturali, ove occorra arricchendo la descrizione con brevi note esplicative.

b) **Sezioni**

Saranno in numero di almeno due, una o più delle quali longitudinale alla scala (o una per ciascuna scala, se ve ne sono più d'una); saranno comunque prodotte tutte quelle significative e necessarie ad un corretto esame del progetto.

c) **Particolari architettonici e costruttivi** - scala 1:10 e 1:20

Con chiaro riferimento alla rappresentazione planimetrica strutturale di cui sopra, ed alla legenda (allegato n° 1), saranno rappresentati in particolare i collegamenti di tutti gli orizzontamenti (compresa la copertura) con le murature sottostanti, le scale, gli ammorsamenti murari etc. e comunque tutti i dettagli costruttivi ritenuti significativi per il comportamento strutturale dell'insieme e di ogni sua singola parte.

È raccomandato l'uso di una grafia tale da non compromettere, anche nel caso di eventuali velature, la leggibilità.

● C - Elaborati degli Impianti tecnici

Gli elaborati degli impianti tecnici comprendono:

- a) planimetrie e sezioni degli impianti tecnologici,
- b) i principali schemi di distribuzione.

Nelle planimetrie e nelle sezioni verranno indicati i più importanti passaggi orizzontali e verticali (canne fumarie, tubazioni del riscaldamento, scarichi e adduzioni idriche, condotte elettriche, etc.) nelle murature portanti o di controvento, nei solai e nelle cassettature esterne.

Non è necessario produrre tali elaborati qualora non siano previsti interventi sugli impianti esistenti.

Questi elaborati sono essenziali per valutare successivamente, congiuntamente con gli Elaborati di Progetto, gli interventi a carico dello Stato, in particolare per quanto ricompreso tra gli interventi di finitura e degli impianti tecnologici strettamente conseguenti alla esecuzione delle opere strutturali.

3.4.3 - Relazione di calcolo

Nel caso di interventi "eccezionali", secondo quanto definito nelle Direttive Tecniche al paragrafo 3.2.1.1.B richiamato nel presente documento, il progettista deve valutare, anche in forma semplificata, il grado di sicurezza posseduto dall'edificio seguendo le indicazioni fornite al paragrafo 3.5.3.

Nel caso vengano proposti soltanto gli interventi "minimi", secondo quanto definito nelle Direttive Tecniche al paragrafo 3.2.1.1.A, è auspicabile, anche se non obbligatoria, la verifica di cui sopra.

3.4.4 - Fondazioni

Nel caso di interventi "eccezionali", secondo quanto definito nelle Direttive Tecniche al paragrafo 3.2.1.1.B, richiamato nel presente documento, il progettista deve predisporre una relazione geotecnica.

La caratterizzazione del terreno di fondazione dovrà essere basata sui dati delle valutazioni contenute nella relazione di carattere geotecnico; in particolare dovranno essere adeguatamente motivate le schematizzazioni del complesso fondale in relazione alla struttura d'elevazione.

La relazione dovrà contenere:

- a) l'illustrazione e la documentazione fotografica dettagliata (con chiara indicazione del quadro fessurativo) dello stato di fatto, con descrizione della tipologia delle fondazioni esistenti, corredata da indicazioni dimensionali, dello stato di conservazione e di eventuali dissesti del fabbricato collegabili alla situazione fondale;
- b) la valutazione delle eventuali interferenze con altre opere e strutture adiacenti;

- c) la descrizione della schematizzazione del terreno di fondazione con adeguata descrizione dei metodi di calcolo adottati e delle ipotesi alla base di tali metodi;
- d) la descrizione delle condizioni di carico analizzate;
- e) la valutazione delle pressioni di contatto terreno-fondazione, per tutte le condizioni di carico definite dalla normativa vigente, confrontate con la pressione ammissibile del terreno, secondo le modalità previste di legge, tenendo opportunamente conto dell'incremento di sollecitazione dovuto alle azioni sismiche.

Per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche è necessario riferirsi a quanto disposto nell'elaborato "Valutazione degli effetti locali Programma VEL - Istruzioni tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana" del settembre 2002 redatte dall'U.O.C. Rischio Sismico (Dip.to delle Politiche Territoriali e Ambientali) ai sensi della L. R. n. 56 del 30.07.97.

3.5 - Elaborati dello stato di progetto

Le indicazioni di progetto saranno rappresentate con una serie di disegni e relazioni analoghe a quelle rappresentativa dello stato di fatto.

Per le opere di finiture ed impiantistiche dovranno essere descritte, in forma completa e dettagliata, le caratteristiche e le qualità del materiale, anche in rapporto alle finalità dell'Ordinanza del DPC e dei criteri di finanziamento di cui al D.1.7 "Istruzioni Generali".

3.5.1 - Documentazione fotografica

Nell'esecuzione dei lavori si provvederà alla compilazione del Quaderno dei Lavori come illustrato al paragrafo 1.4.

3.5.2 - Elaborati grafici di progetto

Gli elaborati progettuali dovranno di norma corrispondere a quelli dello stato di fatto, e consentire una chiara comprensione ed individuazione delle opere previste in progetto.

Nel caso di progettazione di opere di recupero funzionale e distributivo, definite quali "opere E" nelle disposizioni regionali, il progetto strutturale sarà redatto evidenziando chiaramente le opere suddette da quelle strettamente connesse all'intervento di miglioramento, anche in riferimento a quanto indicato al punto 3.3.4.

Saranno prodotti i seguenti elaborati grafici:

- ◆ - architettonici
- - strutturali
- ▲ - sovrapposti
- - impiantistici (eventuali)

Gli elaborati saranno rappresentati, in linea di massima, alla stessa scala di quello dello stato di fatto.

Qualora non si prevedano particolari od estese opere di consolidamento, lo stato di progetto può essere rappresentato in modo semplificato (riferito ad un elaborato generale tale da consentire una corretta identificazione) e comunque tale da consentire l'individuazione sia della tipologia costruttiva sia dello schema resistente e la localizzazione degli interventi previsti.

◆ A - Elaborati Architettonici

Gli elaborati architettonici comprenderanno i seguenti elaborati :

a) **Piante**

Saranno prodotte le tavole di ciascun piano dell'edificio, compresa la copertura, per una corretta interpretazione degli interventi previsti

b) **Sezioni**

Saranno fornite almeno le sezioni elaborate nello stato di fatto, aggiungendo eventualmente quelle ritenute significative per una corretta interpretazione degli interventi proposti.

c) **Prospetti**

d) Nel caso siano previste opere che alterino l'aspetto esterno del fabbricato, saranno forniti i nuovi elaborati grafici che illustrano le nuove proposte.

■ B - Elaborati Strutturali

Gli elaborati strutturali, a carattere esecutivo, distingueranno:

- le strutture preesistenti;
- le strutture di nuova costruzione, quelle demolite o sostituite;
- gli interventi di consolidamento.

Comprenderanno le seguenti tavole:

a) **Piante**

Saranno graficizzati ciascun piano dell'edificio, compreso la copertura, con indicazione degli interventi proposti; nella pianta della copertura saranno indicate tutte le eventuali torrette da camino, fori, lucernari, abbaini, attici, altane, ed elementi decorativi in genere.

b) **Sezioni**

Saranno fornite almeno quelle corrispondenti al rilievo dello stato di fatto, con aggiunta di quelle ritenute necessarie ad una adeguata identificazione degli elementi di progetto.

c) **Scale ed Ascensori**

Qualora siano previsti interventi di sostituzione o di rinforzo delle strutture attuali, saranno forniti gli elaborati idonei ad individuare in modo chiaro e univoco gli interventi progettuali.

d) **Particolari costruttivi** in scala 1:10 o 1:20

Tutti quelli necessari alla illustrazione e comprensione dell'intervento progettuale di miglioramento e alla loro esecuzione.

In ogni tavola vanno indicate le caratteristiche relative ai materiali, le prescrizioni esecutive, i particolari costruttivi e di dettaglio necessari alla corretta esecuzione dell'intervento.

▲ C - Elaborati SOVRAPPOSTI

Gli elaborati sovrapposti saranno relativi al progetto strutturale ed evidenzieranno, mediante le colorazioni giallo e rosso, le opere di demolizione e quelle di nuova realizzazione:

a) Piante

Comprenderanno le fondazioni e ciascun piano dell'edificio, compresa la copertura.

b) Sezioni

Saranno fornite le tavole corrispondenti a quelle prodotte per lo stato di progetto.

● D - Elaborati degli IMPIANTI TECNICI

Gli elaborati degli impianti tecnici evidenzieranno gli interventi di rifacimento parziale o totale dei principali schemi di distribuzione indicando le precauzioni da prendere nella messa in opera e per la salvaguardia dell'integrità delle strutture edilizie.

Nel caso di precedenti lavori relativi agli impianti che abbiano compromesso l'integrità delle strutture murarie od altre, andrà sempre ripristinata la funzionalità strutturale delle stesse.

Non è necessario produrre tali elaborati qualora non siano previsti interventi sugli impianti esistenti.

3.5.3 - Relazione di calcolo

Le valutazioni da effettuare riguardano i possibili meccanismi di collasso nel piano e fuori del piano delle murature così come richiesto al punto C.9.5.3 del D.M. del 16.01.1996.

Dovranno essere valutate:

- a) la resistenza a taglio, anche convenzionale, dei maschi murari;
- b) la resistenza per azioni ortogonali;
- c) l'efficacia dei collegamenti fra i vari elementi strutturali.

Gli schemi in base ai quali è effettuato il calcolo devono essere coerenti con le condizioni di vincolo fornite dai solai e con l'efficacia dei collegamenti.

In particolare:

1- per gli edifici civili in muratura è necessario:

- compilare la scheda delle carenze, se applicabile in riferimento all'edificio considerato, e determinare l'indice di carenza globale secondo quanto riportato in allegato 3 *"Istruzioni tecniche per la valutazione delle carenze strutturali gravi e definizione dell'indice di carenza per edifici in muratura"*;
- determinare il minimo moltiplicatore di collasso secondo quanto riportato in allegato 4 *"Linee guida per le verifiche sismiche"*

2- per gli edifici di culto è necessario determinare il minimo moltiplicatore di collasso secondo quanto riportato in allegato 4 "*Linee guida per le verifiche sismiche*" o applicando la metodologia di calcolo già adottata dalla Regione Toscana per le verifiche sismiche relative agli interventi sugli edifici di culto danneggiati dell'evento sismico del settembre-ottobre 1997.

I valori numerici trovati devono essere confrontati con quelli risultanti dalle medesime verifiche eseguite sull'edificio nello stato di fatto (punto 3.4.3.), in modo da dimostrare il miglioramento raggiunto con l'intervento previsto.

Nel caso vengano proposti soltanto gli interventi "minimi", secondo quanto definito nelle Direttive Tecniche al paragrafo 3.2.1.1.A, è auspicabile, anche se non obbligatoria, la verifica di cui sopra, ricordandosi comunque di compilare la scheda di vulnerabilità (allegato 6) dalla quale deve emergere il miglioramento conseguito.

3.5.4 - Fondazioni

Sulla base della descrizione delle caratteristiche del terreno (prevista negli elaborati dello stato di fatto, paragrafo 3.4.4) qualora siano previsti interventi "eccezionali" deve essere prodotta una valutazione delle pressioni di contatto terreno-fondazione, per tutte le condizioni di carico definite dalla normativa vigente, confrontate con la pressione ammissibile del terreno, secondo le modalità previste di legge. Per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche è necessario riferirsi a quanto disposto nell'elaborato "Valutazione degli effetti locali Programma VEL - Istruzioni tecniche per le indagini geologico-tecniche, le indagini geofisiche e geotecniche, statiche e dinamiche, finalizzate alla valutazione degli effetti locali nei comuni classificati sismici della Toscana" del settembre 2002 redatte dall'U.O.C. Rischio Sismico (Dip.to delle Politiche Territoriali e Ambientali) ai sensi della L. R. n. 56 del 30.07.97.

3.6 - Elaborati economici

Gli seguenti elaborati economici saranno compilati secondo le indicazioni fornite nelle D.3.7. "Elenco descrittivo di opere" e consisteranno in:

- elenco prezzi;
- computo Metrico Estimativo (C.M.E.);
- quadro economico riassuntivo (Q.E.).

Qualora nell'Edificio vi siano più Proprietari ammessi direttamente al finanziamento di cui all'Ord. DPC 3193/02, andranno compilati:

- un C.M.E. e un Q.E. per l'intero Edificio;

oppure:

- un C.M.E. ed un Q.E. per ogni U.I. e/o Proprietario; in questo caso le competenze professionali, calcolate sugli importi totali delle opere, andranno ripartite tra i singoli proprietari in proporzione all'importo delle opere preventivate.

Nella redazione del **Computo Metrico Estimativo** dovranno essere adottate le seguenti accortezze:

- per ciascuna opera computata dovrà essere specificato il codice di attribuzione secondo la distinzione riportata nelle D.1.7 "Istruzioni Generali", nonché il numero dell'allegato grafico di riferimento della contabilità e quello del vano di riferimento in modo da poter individuare in maniera univoca l'opera computata;

- per ciascun progressivo andranno forniti i totali di quantità e d'importo; qualora nello stesso progressivo siano presenti attribuzioni diverse, per ciascuna di queste andranno forniti i sub-totali, ma non il totale globale;
- il computo delle opere dovrà essere organizzato seguendo l'ordine alfa numerico crescente dei codici delle opere previste in progetto, specificate nelle D.3.7 "Elenco descrittivo di opere".
- in calce al C.M.E. dovrà essere compilata la scheda per il riepilogo dei costi di intervento suddivisi per opere, secondo lo schema contenuto nelle D.3.7 sopracitate.

Il **Quadro Economico Riassuntivo** dovrà essere redatto secondo le indicazioni riportate nel sopracitato D.3.7, suddividendo le spese tecniche in competenze professionali ed oneri per indagini e diagnostica.

Dovranno inoltre essere fornite le indicazioni dei costi complessivi degli interventi previsti espressi, in €/mq e €/mc, le superfici, computate vuoto per pieno ed al lordo delle pareti murarie, ed i volumi totali.

ALLEGATO N. 1

**TABELLE PER LA DEFINIZIONE DEL DANNO
SIGNIFICATIVO, GRAVE E GRAVISSIMO**

A- Edificio con danno significativo

A.1- Edifici in muratura

Possono ritenersi "significativamente danneggiati" gli edifici nei quali si sia verificato un danno alle strutture portanti che abbia evidenziato l'attivazione di uno o più meccanismi di danno senza peraltro aver ridotto in modo sostanziale i margini di sicurezza.

Con tale accezione, il contributo non assume la connotazione di mero risarcimento del danno economico subito dal proprietario, ma uno strumento volto a coinvolgere le risorse dei proprietari in interventi di riparazione e di "miglioramento sismico" volti a portare la sicurezza delle costruzioni significativamente danneggiate ad un generale livello di protezione sismica correlabile con quello medio delle costruzioni di quell'area territoriale, che in occasione dell'evento abbiano subito danni lievi.

La definizione del livello di danno significativo fa riferimento ai criteri illustrati per il danno grave e corrisponde ai livelli di variazione compresi tra il livello di danno lieve e quello di danno grave della scheda GNDT.

A seguito di quanto descritto in precedenza, anche in riferimento alle tipologie di danno descritte nel manuale di 1° livello GNDT/CNR, l'edificio in muratura è da considerarsi significativamente danneggiato qualora si verifichi almeno uno dei casi previsti nella seguente tabella 1 per le strutture verticali e nella tab. n° 2 per le strutture orizzontali.

Tabella 1 - DANNO SIGNIFICATIVO edifici in muratura – STRUTTURE VERTICALI –

CATEGORIA DI DANNO	TIPOLOGIA DI LESIONI e/o DISSESTI	LESIONI e/o DISSESTI	
		AMPIEZZA MASSIMA	ESTENSIONE
RESISTENZA	1. lesioni ad andamento verticale sulle architravi di porte e finestre	$2mm < \otimes \leq 4mm$	su almeno il 30% delle architravi del piano
	2. lesioni ad andamento diagonale nelle fasce murarie (parapetti di finestre e architravi di porte e finestre)	$1mm < \otimes \leq 2mm$	su almeno il 20% della superficie delle fasce murarie del piano
	3. lesioni ad andamento diagonale in elementi verticali (maschi murari) tra aperture contigue	$1mm < \otimes \leq 2mm$	su almeno il 20% della superficie delle fasce pareti portanti del piano
	4. schiacciamento locale della muratura con sgretolamento della malta e/o di elementi lapidei o laterizi con o senza espulsione di materiale. Inizialmente il fenomeno può essere segnalato dal rigonfiamento dell'eventuale intonaco	-----	maggiore del 2% della superficie del maschio murario interessato con altezza pari all'interpiano
	5. lesioni ad andamento orizzontale per flessione in testa e/o al piede dei maschi murari	$1mm < \otimes \leq 2mm$	su almeno il 20% della superficie delle fasce pareti portanti del piano
COLLEGAMENTI	6. lesioni di ribaltamento ad andamento verticale in corrispondenza degli angoli fra due pareti murarie	$1mm < \otimes \leq 2mm$	su almeno due pareti perimetrali dell'edificio
		$2mm < \otimes \leq 4mm$	su almeno una parete perimetrale dell'edificio
	• lesioni di ribaltamento con pareti fuori piombo	fuori piombo $\leq 2cm$	sull'altezza di piano o comunque su un'altezza superiore ai 2/3 della parete
	7. lesioni di ribaltamento passanti ad andamento verticale in corrispondenza degli angoli fra due pareti murarie	$\leq 1mm$	su almeno due pareti perimetrali dell'edificio
		$1mm < \otimes \leq 2mm$	su almeno una parete perimetrale dell'edificio
	8. distacco di intonaco e/ o espulsione di materiale (muratura) in corrispondenza di travi principali e/o secondarie dei solai, dovuta a martellamento	distacco di intonaco associato a danni al pavimento delle strutture orizzontali e/o al manto di copertura	su almeno il 10% delle travi per parete perimetrale dell'edificio
	9. lesione e/o espulsione della zona d'angolo in corrispondenza dell'appoggio spingente della copertura	lesione: $1mm < \otimes \leq 2mm$	-----
		evidente distacco dell'intonaco	
	• lesioni e/o espulsione di intonaco in relazione alla presenza di cordoli di piano	lesione: $1mm < \otimes \leq 2mm$	-----
		evidente distacco dell'intonaco	
	• lesioni e/o espulsione di intonaco in relazione alla presenza di cordoli di copertura	lesione: $1mm < \otimes \leq 2mm$	-----
		evidente distacco dell'intonaco	
	10. efficacia di catene e/o zone di ancoraggio	Segni di distacco e/o di punzonamento del paletto	Su almeno due catene
SCALE in muratura	2. Lesioni ad andamento diagonale, 4. Schiacciamento locale della muratura 6. Lesioni ad andamento verticale 8. Espulsione di materiale dovuto a martellamento	lesione: $1mm < \otimes \leq 2mm$	-----

SCALE in c.a.	• Distacchi tra rampe e pianerottoli	lesione: $1mm < \otimes \leq 2mm$	-----
SCALE in legno e acciaio	• Lesioni sulla muratura in corrispondenza dell'attacco con la scala	lesione: $1mm < \otimes \leq 2mm$	-----

Tabella 2 - DANNO SIGNIFICATIVO edifici in muratura – STRUTTURE ORIZZONTALI–

ELEMENTO STRUTTURALE	TIPOLOGIA DI LESIONI e/o DISSESTI	LESIONI e/o DISSESTI	
		AMPIEZZA MASSIMA	ESTENSIONE
VOLTE PRIVE DI CATENE	1. lesioni in chiave 2. lesione alle reni	$3mm < \otimes \leq 5mm$	almeno 50% della lunghezza della volta
	3. e 4. schiacciamento e/o lesioni all'imposta	-----	almeno 30% della lunghezza della volta
	5. lesioni di distacco	$2mm < \otimes \leq 5mm$	almeno un lato
VOLTE CON CATENE	1. lesioni in chiave 2. lesione alle reni	$2mm < \otimes \leq 4mm$	almeno 50% della lunghezza della volta
	3. e 4. schiacciamento e/o lesioni all'imposta	-----	almeno 20% della lunghezza della volta
	5. lesioni di distacco	$1mm < \otimes \leq 2mm$	almeno un lato
SOLAI E COPERTURE in legno	sfilamento dell'orditura principale, in qualsiasi direzione, rispetto alle pareti facenti parte della maglia muraria nella zona d'appoggio	$< 5mm$	almeno il 30% di un lato del vano e/o della copertura
	Sfilamento e/o sconnessioni negli elementi secondari e/o terziari	-----	almeno il 30% di un lato del vano e/o della copertura
SOLAI E COPERTURE in ferro e voltine, ferro e tavelloni, travetti prefabbricati e tavelloni senza soletta collaborante e senza cordolo	sfilamento dell'orditura principale, in qualsiasi direzione, rispetto alle pareti facenti parte della maglia muraria nella zona d'appoggio	$< 5mm$	almeno il 30% di un lato del vano e della copertura
	Lesioni o sconnessioni tra gli elementi dell'orditura	-----	$30\% \leq \otimes < 50\%$ della superficie di un livello
	Sfilamento e sconnessioni di tavelle e tavelloni	-----	$5\% \leq \otimes < 10\%$ della superficie di un livello
SOLAI E COPERTURE in ferro e voltine, ferro e tavelloni, travetti prefabbricati e tavelloni con cordolo e senza soletta collaborante	Lesioni tra gli elementi dell'orditura	-----	$< 30\%$ della superficie di un livello
SOLAI E COPERTURE in laterizio armato con soletta collaborante e cordolo	Lesioni longitudinali in corrispondenza dei collegamenti con le strutture verticali	-----	Almeno il 50% di un lato del vano

A.2- Edifici in cemento armato

È definito livello di **danno significativo** la soglia minima di danno consistente in almeno **una** delle condizioni di seguito definite:

- lesioni passanti nelle tamponature, di ampiezza pari a millimetri due, per una estensione fino al trenta per cento delle tamponature, a qualsiasi livello;
- presenza di schiacciamento nelle zone d'angolo dei pannelli di tamponatura, per una estensione pari al venti per cento, ad un qualsiasi livello;

è considerata condizione di danno significativo anche la perdita totale di efficacia, per danneggiamento o per crollo, di almeno il cinquanta per cento delle tramezzature interne, ad

uno stesso livello, purché connessa con una delle condizioni di cui sopra, prescindendo dalla entità fisica del danno.

B - Edificio con danno grave

Possono ritenersi "gravemente danneggiati" soltanto gli immobili nei quali si sia verificato un danno nella struttura portante che abbia sensibilmente ridotto la capacità di resistere dell'opera nei confronti del sisma.

Il quadro di danneggiamento deve essere tale che si sia evidenziata l'attivazione di uno o più meccanismi di danno (pur avendo ancora sufficienti margini di sicurezza rispetto alla fase ultima dello stesso) e che ci sia un significativo incremento della probabilità di collasso di parti consistenti delle strutture portanti.

In altre parole il "danno grave" non coincide necessariamente con il "danno economicamente rilevante".

In questa accezione NON rientrano nel "danno grave" situazioni di danneggiamento di elementi non strutturali quali cornicioni, comignoli, controsoffitti, intonacature, tramezzature non resistenti (costituiti da blocchi che non sono tra quelli consentiti per la realizzazione di murature portanti in zona sismica), fodere murarie, etc., né rientrano tanto meno danneggiamenti ad elementi decorativi o di rifinitura, quali stucchi, fregi, etc.. Importanti danneggiamenti a questi elementi potrebbero, peraltro, aver motivato giustamente provvedimenti di urgenza per la salvaguardia della sicurezza delle persone, quali ordinanze di sgombero o dichiarazioni di inagibilità. Tuttavia in questi casi, qualora non siano presenti elementi sintomatici di grave danno strutturale, la situazione di pericolo cessa una volta rimosse le cause immediate, in quanto la struttura portante di questi immobili è stata in grado di resistere al sisma sopravvenuto senza riportare danni gravi.

Con tale accezione, il contributo non assume la connotazione di mero risarcimento del danno economico subito dal proprietario, ma uno strumento che coinvolge risorse dei proprietari in interventi di riparazione e di "miglioramento sismico" volti a portare la sicurezza delle costruzioni gravemente danneggiate ad un generale livello di protezione sismica correlabile con quello medio delle costruzioni di quell'area territoriale che, in occasione dell'evento, abbiano subito danni lievi.

Nella scheda di 1° livello GNDT è prevista, per ciascun elemento strutturale e per ciascun piano dell'edificio, l'indicazione del livello massimo di danno, dell'estensione del danno e della percentuale dell'estensione.

Ai fini della redazione del seguente documento la Regione Toscana ritiene che per gli edifici dei citati comuni della provincia di Arezzo la griglia di valutazione del danno grave debba considerare sia il livello massimo di danno che l'estensione del danno.

B.1- Edifici in muratura

Per quanto riguarda gli **edifici in muratura**, il problema della definizione di danno grave è stato affrontato separando i danni nelle due categorie principali di meccanismo di danno, quelle derivanti da una mancanza di *efficaci collegamenti* tra gli elementi della scatola muraria e quelli legati ad una *carenza di resistenza* degli elementi componenti.

I danni di cui alla prima categoria (*efficaci collegamenti*), che interessano le strutture verticali, orizzontali e coperture, sono stati considerati come quelli che maggiormente influenzano il futuro comportamento della struttura nei riguardi del sisma.

In quest'ottica la presenza di lesioni conduce ad un giudizio di gravità del danno già per valori dell'ampiezza corrispondenti *al limite superiore del campo di variazione del danno medio* riportato nel manuale GNDT.

I danni di cui alla seconda categoria (*carenza di resistenza*) conducono ad un giudizio di gravità

- nel caso interessino le strutture verticali, se i valori determinati come al punto precedente (*limite superiore del campo di variazione del danno medio riportato nel manuale GNDT*), sono associati al raggiungimento di una determinata percentuale di estensione del danno;
- nel caso interessino le strutture orizzontali e le coperture, se i valori delle lesioni presentano ampiezze corrispondenti al *limite superiore del campo di variazione del danno grave* riportato nella scheda GNDT, sono associati al raggiungimento di una determinata percentuale di estensione del danno.

Si ritiene che la rottura delle catene e/o degli ancoraggi di queste sia un tipo di danno tale da aver compromesso un efficace comportamento scatolare della struttura per futuri terremoti e debba condurre ad un giudizio di danno grave per l'edificio.

Nella definizione di edificio gravemente danneggiato si fa riferimento ai danni presenti nelle strutture verticali ed orizzontali, comprensive delle coperture.

A seguito di quanto descritto in precedenza, anche in riferimento alle tipologie di danno descritte nel manuale della scheda 1° livello GNDT/CNR, l'edificio è da considerarsi gravemente danneggiato qualora si verifichi almeno uno dei casi previsti nella seguente tabella 3 per le strutture verticali e nella tabella 4 per le strutture orizzontali, in almeno uno dei piani dell'edificio.

Tabella 3 - DANNO GRAVE edifici in muratura – STRUTTURE VERTICALI –

CATEGORIA DI DANNO	TIPOLOGIA DI LESIONI e/o DISSESTI	LESIONI e/o DISSESTI	
		AMPIEZZA MASSIMA	ESTENSIONE
RESISTENZA	1. lesioni ad andamento verticale sulle architravi di porte e finestre	$4mm < \otimes \leq 8mm$	su almeno il 30% delle architravi del piano
	2. lesioni ad andamento diagonale nelle fasce murarie (parapetti di finestre e architravi di porte e finestre)	$2mm < \otimes \leq 3mm$	su almeno il 20% della superficie delle fasce murarie del piano
	3. lesioni ad andamento diagonale in elementi verticali (maschi murari) tra aperture contigue	$2mm < \otimes \leq 5mm$	su almeno il 20% della superficie delle fasce pareti portanti del piano
	4. schiacciamento locale della muratura con sgretolamento della malta e/o di elementi lapidei o laterizi con o senza espulsione di materiale. Inizialmente il fenomeno può essere segnalato dal rigonfiamento dell'eventuale intonaco	-----	maggiore del 5% della superficie del maschio murario interessato con altezza pari all'interpiano
	5. lesioni ad andamento orizzontale per flessione in testa e/o al piede dei maschi murari	$2mm < \otimes \leq 4mm$	su almeno il 20% della superficie delle fasce pareti portanti del piano
COLLEGAMENTI	6. lesioni ad andamento verticale in corrispondenza degli angoli fra due pareti murarie	$2mm < \otimes \leq 3mm$	su almeno due pareti perimetrali dell'edificio
		$4mm < \otimes \leq 6mm$	su almeno una parete perimetrale dell'edificio
	• lesioni di ribaltamento con pareti fuori piombo	fuori piombo $2mm < \otimes \leq 5mm$	sull'altezza di piano o comunque su un'altezza superiore ai 2/3 della parete
	7. lesioni passanti ad andamento verticale in corrispondenza degli angoli fra due pareti murarie	$1mm < \otimes \leq 2mm$	su almeno due pareti perimetrali dell'edificio
		$2mm < \otimes \leq 4mm$	su almeno una parete perimetrale dell'edificio
	8. distacco di intonaco e/ o espulsione di materiale (muratura) in corrispondenza di travi principali e/o secondarie dei solai, dovuta a martellamento	Espulsione di materiale associata a danni nelle strutture orizzontali e/o di copertura	su almeno il 10% delle travi per parete perimetrale dell'edificio
	9. lesione e/o espulsione della zona d'angolo in corrispondenza dell'appoggio spingente della copertura	Lesione: $2mm < \otimes \leq 4mm$	-----
		Espulsione: media entità	
	• lesioni e/o espulsione di intonaco in relazione alla presenza di cordoli di piano	lesione: $2mm < \otimes \leq 4mm$	-----
		Espulsione: media entità	
	• lesioni e/o espulsione di intonaco in relazione alla presenza di cordoli di copertura	lesione: $2mm < \otimes \leq 4mm$	-----
		Espulsione: media entità	
CROLLO	crolli	crolli anche parziali	dal 2% al 5% del volume totale delle murature portanti del piano
FONDAZIONE	lesioni per cedimento fondazioni	$6mm < \otimes \leq 10mm$	-----

SCALE in muratura	2. Lesioni ad andamento diagonale con inizio di schiacciamento all'incastro 4. Schiacciamento locale della muratura con inizio di schiacciamento all'incastro 6. Lesioni ad andamento verticale con inizio di schiacciamento all'incastro 8. Espulsione di materiale dovuto a martellamento con inizio di schiacciamento all'incastro	Lesione: $2mm < \otimes \leq 4mm$	-----
SCALE in c.a.	Distacchi tra rampe e pianerottoli	Lesione: $2mm < \otimes \leq 4mm$	-----
SCALE in legno e acciaio	- Lesioni sulla muratura in corrispondenza dell'attacco con la scala - Inizi di schiacciamento o sfilamento sulla muratura in corrispondenza dell'attacco con la scala	Lesione: $2mm < \otimes \leq 4mm$	-----

Tabella 4 - DANNO GRAVE edifici in muratura– STRUTTURE ORIZZONTALI –

ELEMENTO STRUTTURALE	TIPOLOGIA DI LESIONI e/o DISSESTI	LESIONI e/o DISSESTI	
		AMPIEZZA MASSIMA	ESTENSIONE
VOLTE PRIVE DI CATENE	1. lesioni in chiave 2. lesione alle reni	$5mm < \otimes \leq 7mm$	almeno 50% della lunghezza della volta
	3. e 4. schiacciamento e/o lesioni all'imposta	-----	almeno 50% della lunghezza della volta
	5. lesioni di distacco	$5mm < \otimes \leq 10mm$	almeno un lato
VOLTE CON CATENE	1. lesioni in chiave 2. lesione alle reni	$4mm < \otimes \leq 6mm$	almeno 50% della lunghezza della volta
	3. e 4. schiacciamento e/o lesioni all'imposta	-----	almeno 40% della lunghezza della volta
	5. lesioni di distacco	$2mm < \otimes \leq 7mm$	almeno un lato
SOLAI E COPERTURE in legno	sfilamento e distacco, in qualsiasi direzione, rispetto a pareti facenti parte della maglia muraria	$5mm < \otimes \leq 10mm$	almeno 50% di un lato del vano
	crolli negli elementi secondari e/o terziari	-----	$20% < \otimes \leq 40%$
SOLAI E COPERTURE in ferro e voltine, ferro e tavelloni, travetti prefabbricati e tavelloni senza soletta collaborante	sfilamento e distacco, in qualsiasi direzione, rispetto a pareti facenti parte della maglia muraria	$5mm < \otimes \leq 10mm$	almeno 50% di un lato del vano
	Lesioni o sconnessioni tra gli elementi dell'orditura	-----	$50% < \otimes \leq 70%$ della superficie di un livello
	crolli di tavelle e tavelloni	-----	$5% < \otimes \leq 10%$ della superficie di un livello
SOLAI E COPERTURE in ferro e voltine, ferro e tavelloni, travetti prefabbricati e tavelloni con cordolo e senza soletta collaborante	Lesioni e sconnessione tra gli elementi dell'orditura	-----	$< 30%$ della superficie di un livello

SOLAI E COPERTURE in laterizio armato con soletta collaborante	sfilamento e distacco, in qualsiasi direzione, rispetto a pareti facenti parte della maglia muraria	$2\text{mm} < \otimes \leq 5\text{mm}$	almeno 50% di un lato del vano
CROLLO di solai e/o coperture	sfilamento		<20% nel piano
	causato da crollo di elementi non strutturali o altri oggetti		

B.1- Edifici in cemento armato

Per quanto riguarda gli **edifici in cemento armato**, la Regione Toscana ha ritenuto di non sviluppare ed approfondire l'argomento in quanto sono pochi gli edifici sia pubblici che privati che attualmente risultano danneggiati.

La griglia di valutazione del danno grave comprende anche i danni alle tamponature che abbiano rilevante funzione di rigidità e resistenza e che siano quindi in grado di contribuire all'assorbimento delle azioni orizzontali o di modificare il comportamento che avrebbe la sola struttura considerata a sé stante. Di contro, i danni sui tramezzi, indipendentemente dal livello che può essere loro attribuito e coerentemente con l'assunto di valutare la gravità del danno basandosi soltanto sulle parti strutturali, non conducono, in genere, ad un giudizio di danno grave per l'immobile.

C- Edificio con danno gravissimo

Possono ritenersi danneggiati in modo gravissimo gli edifici che hanno subito un danno superiore a quello grave di cui al precedente paragrafo.

C.1- Edifici in muratura

A seguito di quanto descritto in precedenza, anche in riferimento alle tipologie di danno descritte nel manuale della scheda 1° livello GNDT/CNR, l'edificio è da considerarsi danneggiato in modo gravissimo qualora si verifichi almeno uno dei casi previsti nella seguente tabella 5 per le strutture verticali e nella tabella 6 per le strutture orizzontali, in almeno uno dei piani dell'edificio.

Tabella 5 - DANNO GRAVISSIMO edifici in muratura – STRUTTURE VERTICALI –

CATEGORIA DI DANNO	TIPOLOGIA DI LESIONI e/o DISSESTI	LESIONI e/o DISSESTI	
		AMPIEZZA MASSIMA	ESTENSIONE
RESISTENZA	1. lesioni ad andamento verticale sulle architravi di porte e finestre	> 8mm	su almeno il 30% delle architravi del piano
	2. lesioni ad andamento diagonale nelle fasce murarie (parapetti di finestre e architravi di porte e finestre)	> 3mm	su almeno il 20% della superficie delle fasce murarie del piano
	3. lesioni ad andamento diagonale in elementi verticali (maschi murari) tra aperture contigue	> 5mm	su almeno il 20% della superficie delle fasce pareti portanti del piano
	4. schiacciamento locale della muratura con sgretolamento della malta e/o di elementi lapidei o laterizi con o senza espulsione di materiale. Inizialmente il fenomeno può essere segnalato dal rigonfiamento dell'eventuale intonaco	-----	maggiore del 10% della superficie del maschio murario interessato con altezza pari all'interpiano
	5. lesioni ad andamento orizzontale per flessione in testa e/o al piede dei maschi murari	> 4mm	su almeno il 20% della superficie delle fasce pareti portanti del piano
COLLEGAMENTI	6. lesioni ad andamento verticale in corrispondenza degli angoli fra due pareti murarie	> 3mm	su almeno due pareti perimetrali dell'edificio
		> 6mm	su almeno una parete perimetrale dell'edificio
	• lesioni di ribaltamento con pareti fuori piombo	fueri piombo > 5mm	sull'altezza di piano o comunque su un'altezza superiore ai 2/3 della parete
	7. lesioni passanti ad andamento verticale in corrispondenza degli angoli fra due pareti murarie	> 2mm	su almeno due pareti perimetrali dell'edificio
		> 4mm	su almeno una parete perimetrale dell'edificio
	8. distacco di intonaco e/ o espulsione di materiale (muratura) in corrispondenza di travi principali e/o secondarie dei solai, dovuta a martellamento	crollo di materiale associati a danni nelle strutture orizzontali e/o di copertura	su almeno il 10% delle travi per parete perimetrale dell'edificio
	9. lesione e/o espulsione della zona d'angolo in corrispondenza dell'appoggio spingente della copertura	Lesione: > 4mm	-----
		espulsione: grave entità	
	• lesioni e/o espulsione di intonaco in relazione alla presenza di cordoli di piano	lesione: > 4mm	-----
		espulsione: grave entità	
	• lesioni e/o espulsione di intonaco in relazione alla presenza di cordoli di copertura	lesione: > 4mm	-----
		espulsione: grave entità	
	10. efficacia di catene e/o zone di ancoraggio	rottura catene e/o cedimento ancoraggio	su almeno una catena
CROLLO	crolli	crolli anche parziali	superiore al 5% del volume totale delle murature portanti del piano
FONDAZIONI	lesioni per cedimento fondazioni	> 10mm	-----
FUORI PIOMBO	pareti fuori piombo	> 10cm	-----

SCALE in muratura	2. Lesioni ad andamento diagonale con schiacciamento consistente 4. Schiacciamento locale consistente della muratura 6. Lesioni ad andamento verticale con schiacciamento consistente 8. Espulsione di materiale dovuto a martellamento con schiacciamento consistente	Lesione: $\otimes > 4mm$	-----
SCALE in c.a.	Distacchi tra rampe e pianerottoli	Lesione: $\otimes > 4mm$	-----
SCALE in legno e acciaio	- Lesioni sulla muratura in corrispondenza dell'attacco con la scala - Evidente schiacciamento o sfilamento sulla muratura in corrispondenza dell'attacco con la scala	Lesione: $\otimes > 4mm$	-----

Tabella 6 - DANNO GRAVISSIMO edifici in muratura – STRUTTURE ORIZZONTALI –

ELEMENTO STRUTTURALE	TIPOLOGIA DI LESIONI e/o DISSESTI	LESIONI e/o DISSESTI	
		AMPIEZZA MASSIMA	ESTENSIONE
VOLTE PRIVE DI CATENE	1. lesioni in chiave 2. lesione alle reni	$> 7mm$	almeno 50% della lunghezza della volta
	3. e 4. schiacciamento e/o lesioni all'imposta	-----	almeno 2/3 della lunghezza della volta
	5. lesioni di distacco	$> 10mm$	almeno un lato
VOLTE CON CATENE	1. lesioni in chiave 2. lesione alle reni	$> 6mm$	almeno 50% della lunghezza della volta
	3. e 4. schiacciamento e/o lesioni all'imposta	-----	almeno 50% della lunghezza della volta
	5. lesioni di distacco	$> 7mm$	almeno un lato
SOLAI E COPERTURE in legno	sfilamento e distacco, in qualsiasi direzione, rispetto a pareti facenti parte della maglia muraria	$> 10mm$	almeno 50% di un lato del vano
	crolli negli elementi secondari e/o terziari	-----	$> 40\%$
SOLAI E COPERTURE in ferro e voltine, ferro e tavelloni, travetti prefabbricati e tavelloni senza soletta collaborante	sfilamento e distacco, in qualsiasi direzione, rispetto a pareti facenti parte della maglia muraria	$> 10mm$	almeno 50% di un lato del vano
	Lesioni o sconnessioni tra gli elementi dell'orditura	-----	$> 70\%$ della luce
	crolli di tavole e tavelloni	-----	$> 10\%$
SOLAI E COPERTURE in ferro e voltine, ferro e tavelloni, travetti prefabbricati e tavelloni con cordolo e senza soletta collaborante	rottura degli elementi dell'orditura	-----	$< 30\%$ della superficie di un livello
SOLAI E COPERTURE in laterizio armato con soletta collaborante	sfilamento e distacco, in qualsiasi direzione, rispetto a pareti facenti parte della maglia muraria	$> 5mm$	almeno 50% di un lato del vano
CROLLO di solai e/o coperture	sfilamento	-----	$> 20\%$ nel piano

	causato da crollo di elementi non strutturali o altri oggetti	-----	
--	---	-------	--

C.1- Edifici in cemento armato

Si definisce **danno gravissimo** quello consistente in almeno **una** delle condizioni di seguito definite:

- lesioni passanti nelle tamponature, di ampiezza pari a millimetri due, per una estensione oltre il sessanta per cento delle tamponature, a qualsiasi livello;
- danno strutturale nei nodi pari al venti per cento del totale nel piano;
- danneggiamento di almeno un nodo con presenza di spostamenti permanenti, fra base e sommità dei pilastri, superiori all'1% dell'altezza di interpiano.

ALLEGATO N. 2

**LEGENDA PER LA REDAZIONE DEGLI ELABORATI
GRAFICI DELL'EDIFICIO
NELLO STATO DI FATTO
E
NELLO STATO DI PROGETTO**

Introduzione

La presente legenda vuole essere uno strumento utile, quale simbologia di riferimento, per la redazione degli elaborati grafici dello stato di fatto (vedi tabelle da 0 a 6 e 8) e dello stato di progetto (tabella 7) dei progetti per gli interventi di miglioramento sismico e riparazione danni a seguito di evento sismico.

La legenda assolve alla necessità di essere strumento utile alla rappresentazione e alla raccolta di tutti i dati e informazioni specifiche legate agli edifici in muratura e in particolare all'edilizia storica. Per rappresentare e raccogliere questo tipo di dati è indispensabile condurre un rilievo dello stato di fatto che punti alla conoscenza del bene e perciò deve essere accurato e rispondere il più possibile alle situazioni reali. Affinché tale rilievo sia fattibile e sia funzionale allo scopo, si è reso necessario articolare e predisporre, in particolare per la sezione relativa al rilievo dei caratteri costruttivi, l'adozione di codici / sigle da formare anche a cura del rilevatore.

Questa necessità è legata ragionevolmente al fatto che un'unica legenda – seppur estesa — non può comprendere e prevedere tutte le situazioni specifiche legate ai siti pluristratificati quali sono i beni a carattere monumentale.

E' vero che il rilievo dello stato di fatto di una fabbrica, si articola in una serie di tipi di rilievo specifici che concorrono insieme a formare la conoscenza analitica degli elementi e caratteri architettonici e strutturali, dello stato di conservazione, nonché quello di danno e dissesto.

La legenda raccoglie segni, grafismi e codici che si sono ritenuti strettamente necessari sia per registrare la situazione reale di stato di fatto, sia per arrivare ad una diagnosi in fase di progetto.

La legenda si articola in nove tabelle, come di seguito specificato:

Tab. 0 MODALITA' DI INDICAZIONE DELLA DISLOCAZIONE DEI SONDAGGI, DEI PUNTI DI PRESA E DEGLI ELEMENTI DI PREGIO ARCHITETTONICI E RILIEVO METRICO

Tab. 1 CARATTERISTICHE E MATERIALI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Tab. 2 COLLEGAMENTI

Tab. 3 SUPERFICI ED ELEMENTI DI FINITURA E DI PREGIO

Tab. 4 TRACCE DEL PROCESSO DI FORMAZIONE E TRAFORMAZIONE DELL'EDIFICIO

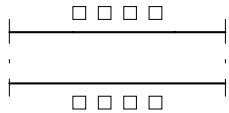
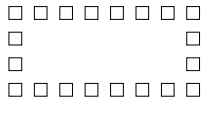
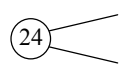
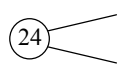
Tab. 5 RILIEVO DEI FENOMENI DI DEGRADO E ALTRI FATTORI CHE RIDUCONO L'EFFICIENZA STRUTTURALE

Tab. 6 DEGRADO E DISSESTO

Tab. 7 CONSOLIDAMENTI

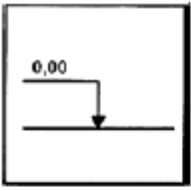
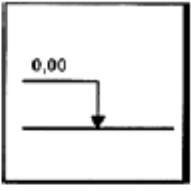
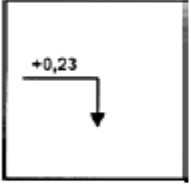
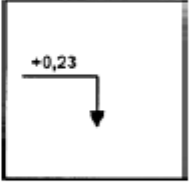
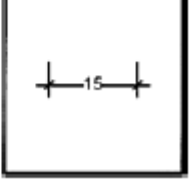
Tab. 8 INTERVENTI DI NUOVA COSTRUZIONE , DEMOLIZIONE, RIPRISTINO STRUTTURALE E SOSTITUZIONE

0 - MODALITA' DI INDICAZIONE DELLA DISLOCAZIONE DEI SAGGI, DEI SONDAGGI, DEI PUNTI DI PRESA E DEGLI ELEMENTI DI PREGIO ARCHITETTONICI E RILIEVO METRICO (RILIEVO CRITICO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Punti e zone in cui sono stati eseguiti dei saggi e/o sondaggi
		Elemento di pregio architettonico (il n° rimanda alla relazione descrittiva)
		Punto di ripresa fotografica (con il n° della foto)
		Punto di ubicazione dei sondaggi geognostici

N.B. la descrizione dei sondaggi dovrà essere redatta come indicato al punto 3.3.2 e la documentazione fotografica deve essere approntata conformemente a quanto illustrato al punto 3.4.1 delle presenti “Istruzioni Tecniche per la redazione degli elaborati di indagine, documentazione e progetto di interventi di miglioramento antisismico”.

Per il rilievo metrico è essenziale la presenza di una quota 0 di riferimento, oltre alle usuali quotature altimetriche e planimetriche.

pianta	alzato	
		Quota 0 relativa e linea orizzontale di riferimento in sezione e prospetto
		Quote altimetriche rispetto a quota 0
		Quote planimetriche 1

1 - CARATTERISTICHE E MATERIALI DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

1.1 FORMAZIONE DELLA LEGENDA

Si richiede di comporre e redigere la legenda in forma tabellare (si rimanda all'esempio in calce). Il tracciato è costituito da tre colonne:

Colonna 1. Numero d'ordine della voce di legenda i

Colonna 2. Sigla normalizzata **X.y**

Colonna 3. Descrizione

Colonna 1: si dovrà attribuire un numero d'ordine progressivo per ogni diverso tipo di elemento strutturale individuato nella fabbrica.

Colonna 2: si dovrà riportare, per ogni tipo diverso di elemento strutturale individuato nella fabbrica, una sigla normalizzata che rileva i dati relativi a: tipologia dell'elemento (X); tipo di materiale e caratteri costitutivi (y).

Colonna 3: si dovranno riportare le informazioni analitiche di dettaglio dei caratteri e dei modi del costruire legati al singolo elemento strutturale. Per tale descrizione si richiede di seguire l'ordine degli argomenti riportati per ogni singolo elemento strutturale a cui si rimanda.

Esempio:

STRUTTURE VERTICALI		
N.	SIGLA	DESCRIZIONE
1	SV.3	Muratura in pietra sbozzata a corsi regolari e costituita da due paramenti non collegati, con malta di calce e sabbia fine, non intonacata. Si presenta rimaneggiata e con malta incoerente. Mediocre stato di conservazione

1.2 FONDAZIONI

F.0	Assenza di fondazioni
F.1	Muratura
F.2	Getto di calcestruzzo
F.3	Come F.1 + cordolo in c.a. allo spiccato della muratura
F.4	Come F.2 + cordolo in c.a. allo spiccato della muratura
F.5	Fondazioni su platea
F.6	Travi rovesce in c.a.
F.7	Travi rovesce in c.a. su pali
F.8	Plinti in c.a. non collegati
F.9	Plinti in c.a. non collegati su pali
F.10	Plinti in c.a. collegati
F.11	Plinti in c.a. collegati su pali
F.12	

1.3 STRUTTURE VERTICALI

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di muratura presenti nel complesso della chiesa che verranno riportati sugli elaborati in forma realistica; la redazione grafica dovrà prevedere la descrizione degli elementi caratterizzanti da riportare in legenda a formare elenchi o abachi dei diversi tipi di muratura con l'attribuzione delle relative sigle di riferimento.

Nella rappresentazione grafica in pianta le diverse murature devono essere perimetrate e tali simbologie dovranno essere riportate sia in pianta che negli alzati.

SV.1	Muratura a sacco	SV.11	Muratura di mattoni forati
SV.2	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.12	Muratura in pietra e laterizio
SV.3	Muratura in pietra sbozzata	SV.13	Muratura in pietra e cls
SV.4	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.12	Pareti in calcestruzzo armato
SV.5	Muratura in pietra arrotondata	SV.15	Pareti in calcestruzzo non armato
SV.6	C.s. con spigoli, mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o in cls	SV.16	Telai in c.a. non tamponati
SV.7	Muratura in blocchi di tufo o in pietra ben squadrata	SV.17	Telai in c.a. con tamponature deboli (con grandi aperture)
SV.8	Muratura in blocchi di cls prefabbricato, con inerti ordinari	SV.18	Telai in c.a. con tamponature consistenti (senza grandi aperture)
SV.9	C.s. con inerti leggeri	SV.19	Miste (SV. da 1 a 15 associate a SV. da 16 a 18)
SV.10	Muratura di mattoni pieni	SV.20	

I CARATTERI COSTRUTTIVO/STRUTTURALI SPECIFICI per le murature sono:

1 muratura costituita da un unico paramento;

2 muratura costituita da due paramenti collegati fra loro;

3 muratura costituita da due paramenti scarsamente connessi o non collegati.

z altro (da descrivere in legenda)

0 non so

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- tipo di materiale costitutivo: si richiede di indicare il supporto che costituisce la muratura e le caratteristiche fisiche del materiale (ad esempio, per una muratura in pietra se questa è costituita da conci squadriati o sbozzati o arrotondati oppure costituita da pietrame di diversa pezzatura, ecc.).

Si dovrà, inoltre, descrivere la consistenza muraria in termini di coesione nel suo complesso cioè tra legante e supporti, uno dei caratteri di grande importanza per la valutazione dell'efficienza muraria.

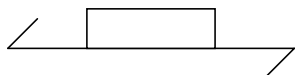
- apparecchiatura muraria: si intende il particolare modo in cui si dispongono i diversi supporti, siano essi mattoni, pietre o altro, all'interno della compagine muraria a formare la struttura tridimensionale (ad esempio, per una muratura in mattoni se è a una o più teste, ecc.); indicare, se presente, l'**angolata strutturale** di fabbrica.
- tessitura del paramento murario: è invece solo ciò che si vede all'esterno della compagine muraria, è la muratura "a vista" ed è secondo questo parametro più limitato che vengono descritti i muri;
- legante impiegato: si richiede di descrivere, dove possibile, i caratteri visibili degli inerti e leganti impiegati nella muratura e/o nella finitura del paramento murario ossia la stesura del giunto di malta, che costituisce generalmente il punto debole delle murature (ad esempio: giunto costituito da malta di calce e sabbia fine o grossa, ecc.);
- trasformazioni costruttive avvenute nel tempo: si richiede di riconoscere la muratura rispetto alla leggibilità della conformazione originaria della stessa muratura definita per:
 - muratura leggibile nella sua configurazione originaria;
 - muratura rimaneggiata che non consente un sicuro accertamento della configurazione originaria;
 - muratura molto rimaneggiata che non consente un sicuro accertamento della configurazione originaria;
- presenza di intonaco interno ed esterno dovrà essere descritta per il carattere, la qualità e lo stato di conservazione;
- stato di conservazione:

Ottimo	condizioni perfette e/o recente intervento
Buono	normale conservazione ed efficienza
Mediocre	scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti
Cattivo	manca di manutenzione, gravi guasti
Pessimo	abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza
Disfacimento	

1.4 STRUTTURE ORIZZONTALI

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di solai presenti nel complesso della chiesa che verranno riportati sugli elaborati in forma realistica; la redazione grafica dovrà prevedere la descrizione degli elementi caratterizzanti da riportare in legenda a formare elenchi o abachi dei diversi tipi di solai con l'attribuzione delle relative sigle di riferimento.

Nella rappresentazione grafica di pianta indicare a tratteggio la proiezione verticale dell'orditura principale del soffitto superiore se in presenza di solaio a vista. Inoltre verrà evidenziata l'esatta direzione delle travi principali con il simbolo:



Nella rappresentazione grafica di pianta delle volte indicare a tratteggio la proiezione verticale delle vele della volta strutturale per il riconoscimento tipologico.

SO.1	Solai in legno senza soletta
SO.2	Solai in legno con catene o tiranti
SO.3	Solai in laterocemento senza soletta
SO.4	Solai in ferro e laterizio senza soletta
SO.5	Solai in ferro e laterizio senza soletta con catene o tiranti
SO.6	Volte in muratura senza catene
SO.7	Volte in muratura con catene
SO.8	Solai in laterocemento con soletta
SO.9	Solai in ferro e laterizio con soletta
SO.10	Solai in legno con soletta
SO.11	Solai a lastra in c.a.
SO.12	controsoffitti leggeri (cannicciato e rete)
SO.13	Solai leggeri (putrelle o travetti e tavelloni, senza caldana e riempimento)
SO.14	

I CARATTERI COSTRUTTIVO/STRUTTURALI SPECIFICI per i solai sono:

1 orditura semplice (costituite da un solo ordine di travi, direttamente appoggiate sulla muratura);

2 orditura doppia (costituita da grandi travature, ad interasse variabile, sui quali si appoggiano travetti secondari, di sezione più limitata);

z altro (da descrivere in legenda);

0 non so

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del materiale degli elementi che costituiscono il solaio e le caratteristiche fisiche del materiale stesso.

- collegamento con le strutture verticali:

collegamento efficace (costituito in continuità con la muratura verticale e ben ammortato);

inefficace (appoggiato alla muratura verticale e non ammortato).

- tipo di pavimentazione presente;

- stato di conservazione:

Ottimo condizioni perfette e/o recente intervento

Buono normale conservazione ed efficienza

Mediocre scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti

Cattivo mancanza di manutenzione, gravi guasti

Pessimo abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza

Disfacimento totale

I CARATTERI COSTRUTTIVO/STRUTTURALI SPECIFICI per le volte strutturali / cupole sono:

1 volta con elementi disposti a “coltello”;

2 volta con elementi disposti “in foglio”;

z altro (da descrivere in legenda);

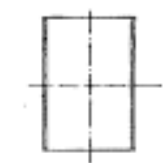
0 non so.

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

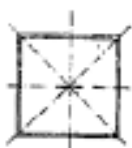
- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del supporto che costituisce la volta o cupola e le caratteristiche fisiche del materiale.

- tipologia della volta strutturale:

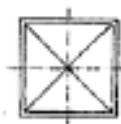
volta a *botte*



volta a *padiglione*



volta a *crociera*



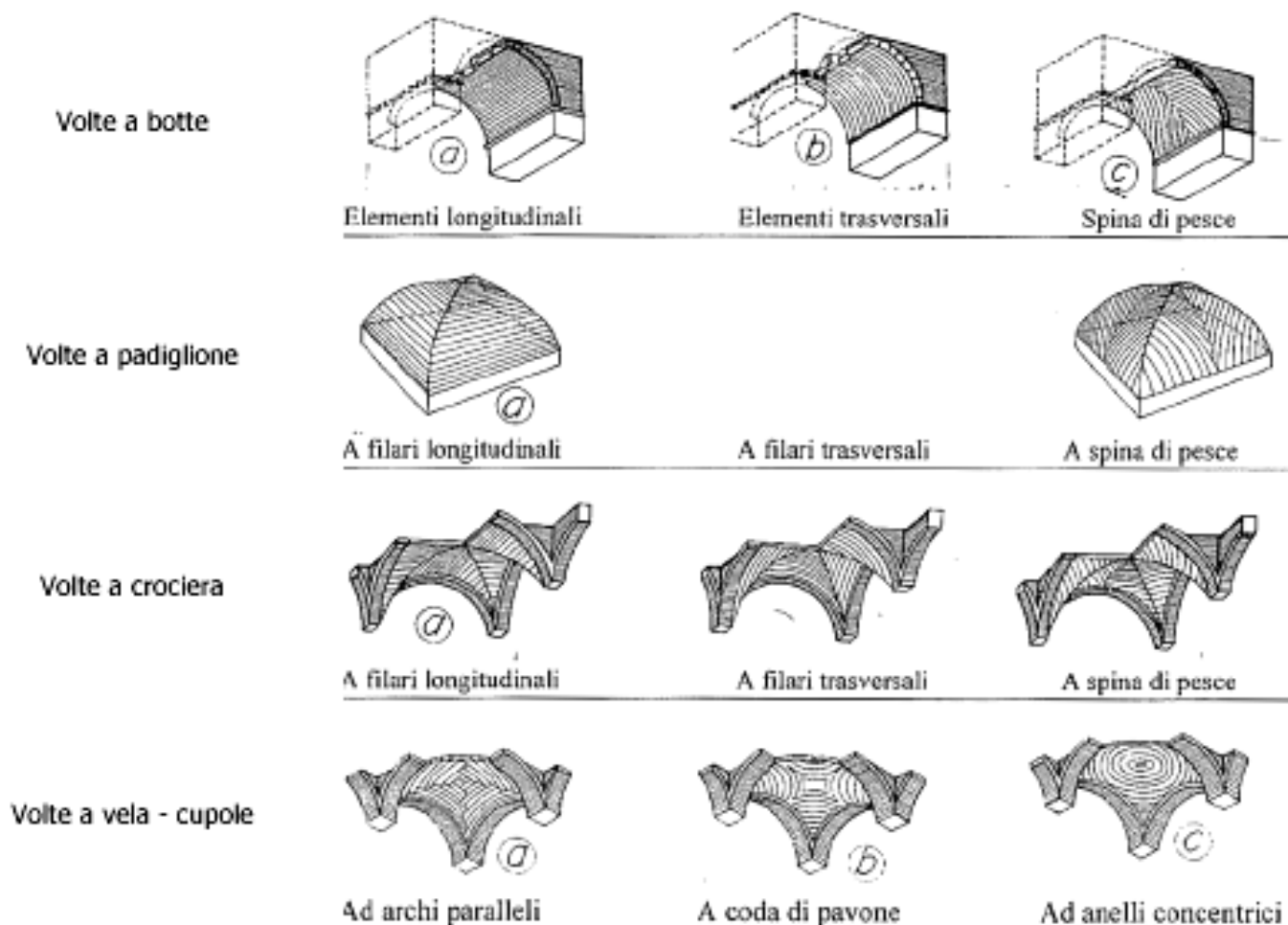
volta a *vela*



Per le cupole indicare se si tratta di : cupola **emisferica**, cupola **semi-ellissoidica**;

E' importante indicare la presenza di **costoloni** (nervature in pietra o laterizio disposte in vista lungo gli spigoli delle volte o i meridiani delle cupole) e riportare, se conosciuto, lo **spessore della volta/cupola**.

- sistema costruttivo: si richiede di descrivere come è costituita la struttura della volta (disposizione dei supporti, presenza di rinfianchi e/o riempimenti, ecc.). La conoscenza del sistema costruttivo assume particolare importanza per valutare le capacità resistenti della volta.



- collegamenti con le strutture verticali:

collegamento efficace (costituito in continuità con la muratura verticale e ben ammorsato);

inefficace (appoggiato alla muratura verticale e non ammorsato).

- stato di conservazione:

Ottimo condizioni perfette e/o recente intervento;

Buono normale conservazione ed efficienza;

Mediocre scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti;

Cattivo mancanza di manutenzione, gravi guasti;

Pessimo abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza;

Disfacimento totale

I CARATTERI COSTRUTTIVO/STRUTTURALI SPECIFICI per i controsoffitti sono:

1 ancorata alle strutture della copertura;

2 con struttura portante autonoma;

z altro (da descrivere in legenda);

0 non so.

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del materiale che costituisce il controsoffitto (legno, gesso, stucco, ecc.);

- tipologia del controsoffitto; *struttura portante e collegamento con le strutture verticali*;

- stato di conservazione:

Ottimo condizioni perfette e/o recente intervento;

Buono normale conservazione ed efficienza;

Mediocre scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti;

Cattivo mancanza di manutenzione, gravi guasti;

Pessimo abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza;

Disfacimento totale

1.5 SCALE

SC.1	Struttura appoggiata in legno
SC.2	Struttura a sbalzo in legno
SC.3	Struttura appoggiata in acciaio
SC.4	Struttura a sbalzo in acciaio
SC.5	Struttura appoggiata in pietra o laterizio
SC.6	Struttura a sbalzo in pietra o laterizio
SC.7	Volta appoggiata in laterizio
SC.8	Volta appoggiata in pietra
SC.9	Struttura appoggiata in c.a.
SC.10	Struttura a sbalzo in c.a.
SC.11	

I CARATTERI COSTRUTTIVO/STRUTTURALI SPECIFICI per le scale sono:

1 scala appoggiata;

2 scala a sbalzo;

3 scala a volte;

z altro (da descrivere in legenda);

0 non so

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del supporto che costituisce la scala e le caratteristiche

fisiche del materiale;

- tipologia strutturale con riferimento alla struttura: appoggiata, a sbalzo, ecc.;

- collegamento del corpo scala con le strutture orizzontali o verticali: si dovrà definire se la scala è stata realizzata in continuità costruttiva con gli orizzontamenti o le strutture verticali su cui poggia o se è stata realizzata successivamente. Si richiede inoltre di descrivere comunque gli appoggi strutturali.

1.6 COPERTURE

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di tetto presenti nel complesso della chiesa che verranno riportati sugli elaborati in forma realistica; la redazione grafica dovrà prevedere la descrizione degli elementi caratterizzanti da riportare in legenda a formare elenchi o abachi dei diversi tipi di solai con l'attribuzione delle relative sigle di riferimento. Nella rappresentazione grafica di pianta indicare a tratteggio la proiezione verticale dell'orditura principale del tetto.

CO.1	In legno spingenti
CO.2	In legno poco spingenti
CO.3	In legno a spinta eliminata
CO.4	Latero-cementizie con cappa o solette in c.a.
CO.5	In acciaio spingenti
CO.6	In acciaio non spingenti
CO.7	Latero-cementizie o solette in c.a. non spingenti
CO.8	Latero-cementizie senza cappa in c.a.
CO.9	

N.B.: La presenza di cordolo perimetrale in c.a. sarà indicata con il simbolo * a fianco della copertura

I CARATTERI COSTRUTTIVO/STRUTTURALI SPECIFICI per i tetti sono:

- 1 orditura principale spingente;
- 2 orditura principale parzialmente spingente;
- 3 orditura principale a spinta eliminata;
- z altro (da descrivere in legenda);
- 0 non so

Nella **DESCRIZIONE** della parte strutturale si richiede che venga seguita la seguente struttura informativa:

- tipo di materiale costitutivo: si riporterà l'indicazione del supporto che costituisce il tetto e le caratteristiche fisiche del materiale.
- tipo di orditura:
 - orditura principale (che svolge la principale funzione statica a sostegno di tutta la copertura);
 - orditura secondaria (gerarchicamente successiva) o altra da descrivere;
- collegamento con le strutture verticali:
 - collegamento efficace (costituito, ad esempio, da adeguati ancoraggi metallici o altri sistemi che garantiscono una buona ammorsatura);
 - inadeguato o inesistente;
- presenza di elementi di irrigidimento nel piano della falda;

- stato di conservazione:

Ottimo	condizioni perfette e/o recente intervento
Buono	normale conservazione ed efficienza
Mediocre	scarsa manutenzione ed efficienza, lievi guasti
Cattivo	manca di manutenzione, gravi guasti
Pessimo	abbandono, guasti gravissimi, nessuna efficienza
Disfacimento totale	

1.7 ARCHITRAVI

AT.1	In pietra
AT.2	In laterizio armato
AT.3	In cemento armato
AT.4	In legno
AT.5	In ferro
AT.6	

Per gli architravi i caratteri costruttivo/strutturali importanti sono prevalentemente geometrici e sono fortemente legati al contesto strutturale nel quale sono inseriti. Per tale ragione si richiede di rappresentare graficamente tali elementi strutturali con un buon grado di dettaglio sulle tavole di rilievo, riportando solamente le sigle relative all'*elemento strutturale* e al *tipo di materiale*.

1.8 ARCHI

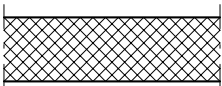
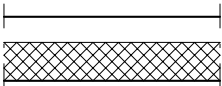
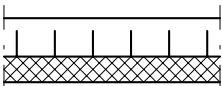
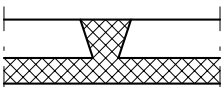
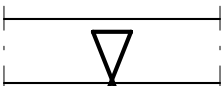
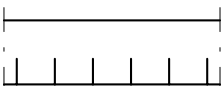
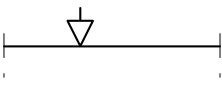
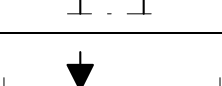
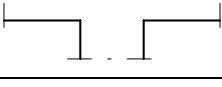
AR.1	In pietra senza catene
AR.2	In pietra con catene
AR.3	In laterizio senza catene
AR.4	In laterizio con catene
AR.5	In c.a. senza catene
AR.6	In c.a. con catene
AR.7	

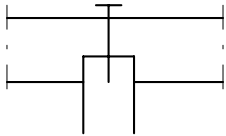
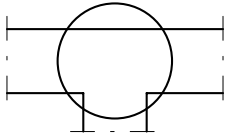
Per gli archi i caratteri costruttivo/strutturali importanti sono prevalentemente geometrici e sono fortemente legati al contesto strutturale nel quale sono inseriti. Per tale ragione si richiede di rappresentare graficamente tali elementi strutturali con un buon grado di dettaglio sulle tavole di rilievo, riportando solamente le sigle relative all'*elemento strutturale* e al *tipo di materiale*.

2 COLLEGAMENTI

Dovranno essere rilevati tutti i diversi tipi di elementi di presidio (tiranti, contrafforti, ecc.) presenti nel complesso della chiesa che verranno riportati sugli elaborati grafici in forma realistica.

(Rappresentazione in pianta)

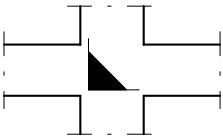
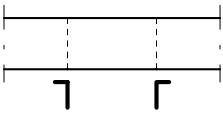
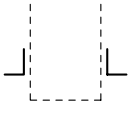
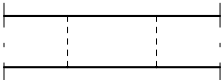
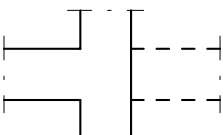
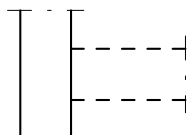
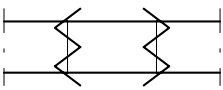
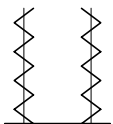
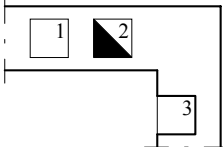
SIMBOLO	DESCRIZIONE
	Cordolo continuo per tutto lo spessore
	Cordolo continuo di spessore parziale
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante perforazioni armate
	Collegamento in aderenza (cordolo in c.a., profilato) mediante code di rondine
	Collegamento discontinuo (a coda di rondine)
	Collegamento della soletta in c.a. alle strutture verticali con perforazioni armate
	Catene e tiranti non in tensione
	Catene e tiranti in tensione
	Travi in legno semplicemente appoggiate alle murature d'ambito senza collegamenti

	Collegamento di travi in legno alle murature d'ambito con lame o piastre
	Pareti ortogonali ammorsate o con altro tipo di collegamento
CP	Cappa in cls
INI	Iniezioni di consolidamento
CN	Contrafforte

3 SUPERFICI ED ELEMENTI DI FINITURA DI PREGIO

MV	Muratura a vista	AF	Affreschi
I	Intonaco di pregio	AL	Arredi fissi: altare
EF	Elementi di finitura di pregio	OR	Organo
sigla arbitraria	Altro- riportare la descrizione direttamente sull'elaborato grafico		

4 TRACCE DEL PROCESSO DI FORMAZIONE E TRASFORMAZIONE DELL'EDIFICIO (RILIEVO CRITICO)

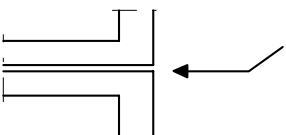
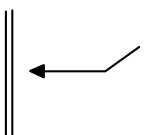
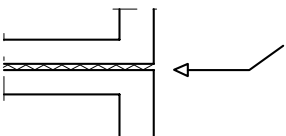
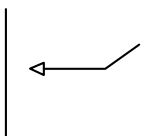
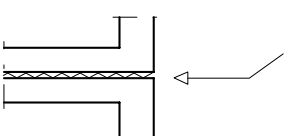
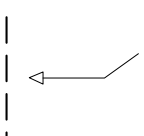
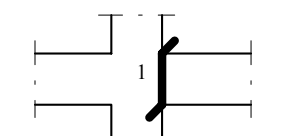
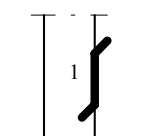
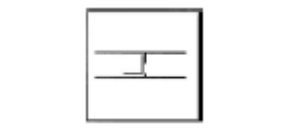
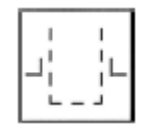
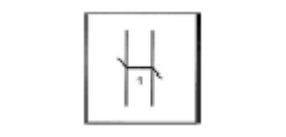
PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Spigolo inglobato nella muratura senza ammorsatura
		Apertura tamponata senza ammorsatura
		Apertura tamponata con ammorsatura
		Traccia di elemento eliminato (solaio, volta, copertura, scala, parete, ecc.)
		Apertura ricavata in rottura rispetto alla parete preesistente
	Sul prospetto o sezione rappresentare graficamente la posizione della cavità o della canalizzazione	Canna fumaria (rispettivamente non utilizzata (1), o in uso (2)), canalizzazione importante in traccia (3)

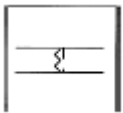
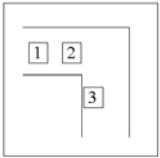
5 RILIEVO DEI FENOMENI DI DEGRADO E ALTRI FATTORI CHE RIDUCONO L'EFFICIENZA STRUTTURALE

5.1 DISCONTINUITA' COSTRUTTIVE

Questa sezione segnala, attraverso una stratigrafia macroscopica, le *discontinuità costruttive* che sono la conseguenza dei processi di costruzione e trasformazione che il manufatto ha subito nel tempo. Il complesso di queste trasformazioni lascia nella fabbrica un reticolo di eterogeneità costruttive dovute al variare dei materiali, delle tecniche e di continuità parziali dovute all'imperfetto ammorsamento con le murature preesistenti.

Date le ripercussioni strutturali di tali discontinuità, che spesso introducono vulnerabilità specifiche nel comportamento della costruzione, è necessario per quanto possibile individuarle e descriverle, per poterne neutralizzare nel progetto gli effetti di indebolimento.

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Giunto conforme
		Giunto non conforme, protetto
		Giunto non conforme o pareti in aderenza
		Pareti non ammorsate (il n° 1 indica la parete preesistente)
		Spalla con riprese costruttive accostate senza ammorsamento
		Ripresa costruttiva dovuta a sopraelevazione

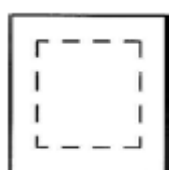
		Ripresa costruttiva con ammorsamento in rottura
	IMMAGINE REALISTICA	Presenza di canna fumaria 1. non utilizzata; 2. utilizzata; 3. canalizzazione importante in traccia;
D	D	Altro tipo di discontinuità strutturale

5.2 CARENTI CONDIZIONI MANUTENTIVE

Questa sezione richiama sommariamente le condizioni manutentive del sistema di protezione della fabbrica, quali l'efficienza del manto di copertura, di gronde e pluviali, dei sistemi di raccolta delle acque al suolo.

Gli aspetti più importanti da segnalare sono quelli che hanno già avuto o potranno avere in futuro un ruolo scatenante nel causare o favorire la perdita di efficienza strutturale.

Si pone attenzione quindi soprattutto alla protezione dalle acque meteoriche e al loro allontanamento dalla zona fondale accertando perciò la tenuta dei tetti, del manto di copertura, di converse, grondaie e pluviali con relative canalizzazioni a terra, alla permeabilità all'acqua battente dei paramenti e rivestimenti murali.



sigla

Perimetro dell'area con carenti condizioni manutentive

SIMBOLO	DESCRIZIONE	SIMBOLO	DESCRIZIONE
	Perdite d'acqua osservabili		Presenza di vegetazione

6 - DEGRADO E DISSESTO

6.1 RILIEVO DEL QUADRO FESSURATIVO E DEFORMATIVO

Il **rilevo del quadro fessurativo e deformativo** osserva e registra le varie forme di degrado strutturale che l'edificio ha subito nel tempo. In esso confluiscono perciò sia gli effetti di dissesti di origine statica, esauriti o in atto, sia i danni connessi a dissesti di origine dinamica causati da terremoti avvenuti nel tempo o dalle crisi sismiche più recenti. Non è facile distinguere il complesso causale di un danno, in quanto spesso si sommano o interagiscono diversi fattori; tuttavia al rilievo si chiede non di interpretare la causa del danno, bensì di raccogliere e disporre tutte le informazioni che possono consentire e facilitarne la diagnosi. Non è rilevante, ad esempio, definire a priori se una *lesione* è *passante* o *non* come invece lo è il fatto che sia rilevabile e riscontrabile su entrambe le facce del macroelemento con analoga o diversa configurazione, in posizione speculare o diversa, ecc. Importante è invece localizzarle e descrivere realisticamente i tracciati delle lesioni che vanno misurati e caratterizzati attraverso il verso di spostamento relativo dei due cigli in diversi punti della lesione così da poter interpretare i meccanismi di dissesto che l'hanno prodotta.

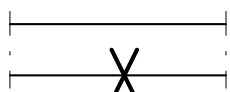
Va ricordato che il degrado strutturale, inteso come decadimento della funzionalità meccanica, si compone oltre che degli effetti del dissesto anche degli effetti del degrado proprio dei materiali costitutivi. Spesso il degrado proprio del materiale e il degrado strutturale si amplificano concatenandosi, formando processi articolati ben riconoscibili.

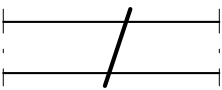
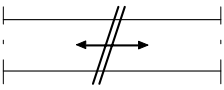
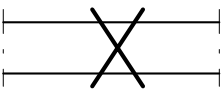
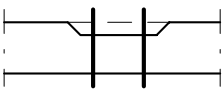
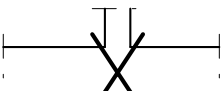
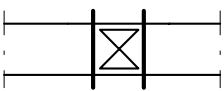
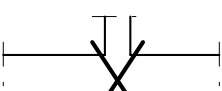
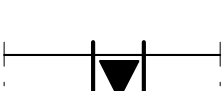
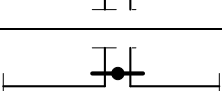
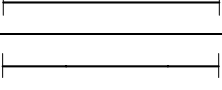
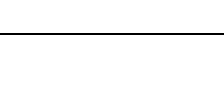
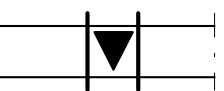
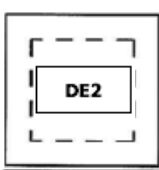
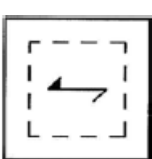
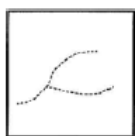
6.2 DESCRIZIONE DEGLI EFFETTI DEL DISSESTO SULLA MATERIA DELLA COSTRUZIONE (danni fisici)

Una parte dei danni va descritta sui grafici in modo realistico (fessurazioni, fratture e lesioni, crolli), in quanto il disegno del loro tracciato riveste di per sé importanza diagnostica; gli altri danni sono descritti con simboli convenzionali, in quanto è sufficiente il riconoscimento del fenomeno e la sua localizzazione.

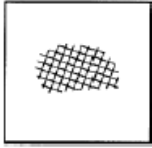
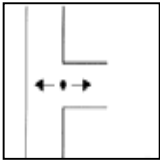
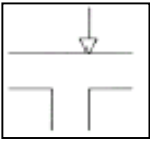
Per le lesioni alle murature la simbologia sotto riportata è riferita a casi in cui queste siano passanti l'elemento; nel caso in cui queste non siano passanti, il relativo simbolo dovrà essere riportato sul solo lato interessato dalla lesione stessa. Ciò vale con particolare riferimento alle strutture portanti, anche se sono da evidenziare le eventuali lesioni sui tamponamenti non portanti.

Esempio:

Lesione a croce passante	Lesione a croce non passante
	

SIMBOLO	DESCRIZIONE	SIMBOLO	DESCRIZIONE
	Lesione isolata		Lesione diffusa
	Lesione a croce		Lesione di architrave
	Lesione a croce		Schiacciamento (con espulsione di materiale)
	Lesione a croce		Crollo
	Discontinuità fra murature perpendicolari		Orditura di solaio inflessa
	Strapiombo della muratura		Orditura di solaio molto fatiscente
	Area di cedimento delle fondazioni		Umidità
	Degrado muratura in pietra / mattoni		Crollo
	Erosione dei giunti di malta		Immarcimento teste elementi lignei
	Proiezione in pianta delle lesioni su volte o archi soprastanti		

N.B.: Sul prospetto rappresentare graficamente l'effettivo stato di degrado e/o dissesto

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Fratturazioni concentrate, decoesioni localizzate con o senza espulsione di parti, corrugamenti di intonaci
		Sfilamento di elemento ligneo dalla sede della muratura, sfilamento e scorrimento con giunto chiuso (tra elementi in pietra o blocchi di muratura)
		Rottura di tiranti in metallo o presenza di tirante già sollecitato con scarsa efficacia residua
		Rilevamento dell'ampiezza della lesione e vettore di spostamento relativo tra i cigli di lesioni
		Idem, con dislocazione fuori dal piano del muro dei cigli di lesione

6.3 DEGRADO E DISSESTO CONSEGUENTI L'EVENTO SISMICO

La simbologia riportata in questo paragrafo è mirata a rappresentare il quadro fessurativo degli elementi strutturali e non strutturali rifacendosi alla simbologia usata nei precedenti paragrafi.

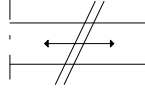
L'indicazione grafica della lesione deve essere corredata dall'indicazione che descrive la lesione secondo le legende della sez. 8 "Estensione e livello del danno" delle ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA DI I LIVELLO o in alternativa dai millimetri della lesione.

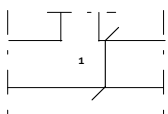
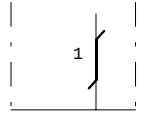
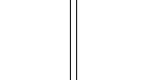
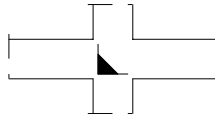
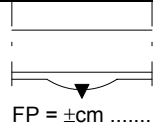
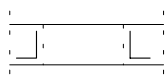
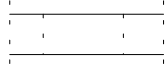
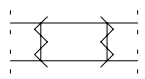
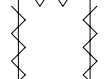
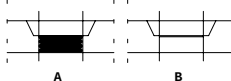
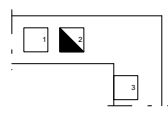
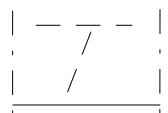
In alzato (prospetto o sezione) rappresentare graficamente l'effettivo stato di degrado e/o dissesto anche in riferimento alle legende di cui sopra.

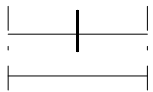
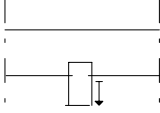
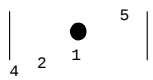
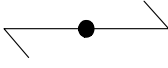
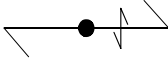
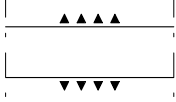
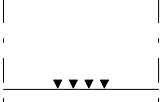
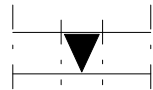
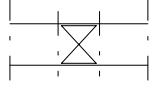
Per le lesioni alle murature la simbologia sotto riportata è riferita a casi in cui queste siano passanti l'elemento; nel caso in cui queste non siano passanti, il relativo simbolo dovrà essere riportato in adiacenza sul solo lato interessato dalla lesione stessa. Cio vale con particolare riferimento alle strutture portanti, anche se sono da evidenziare le eventuali lesioni sui tamponamenti non portanti.

Esempi:

PIANTA		ALZATO
Lesioni diffuse passanti	Lesione diffuse non passanti	Lesione diffuse passanti o non passanti
		
Es.: 6 o 7D o mm	Es.: 6 o 7D o mm	Es.: 6 o 7D o mm
Lesioni a croce passanti	Lesione a croce non passanti	Lesione a croce passanti o non passanti
		
Es.: 3D o mm	Es.: 3D o mm	Es.: 3D o mm

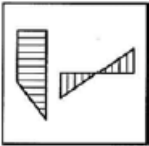
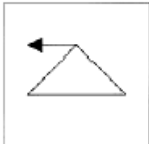
PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 Es.: 3D o mm Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 3D o mm Es.: 6 o 7D o mm	a) Lesione isolata sia all'interno del pannello (tipo 3) che agli estremi del pannello passanti o no (tipo 6 o 7)
 Es.: 3D o mm	 Es.: 3D o mm	b) Lesione a croce (tipo 3)
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	c) Lesioni diffuse passanti o no (tipo 6 o 7)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	d) Lesione in corrispondenza di pareti non ammortate (il n° 1 indica la parete preesistente)
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	e) Lesione in corrispondenza di pareti in linea non ammortate
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	f) Lesione in corrispondenza di cantonale inglobato nella muratura senza ammortatura
 FP = ±cm	 FP = ±cm	g) Spanciamento del pannello murario fuori dal proprio piano (- interno + esterno)
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	h) Lesione in corrispondenza di apertura tamponata senza ammortatura; il simbolo L indica assenza di ammortamento. (L spalletta e/o architrave di apertura tamponata).
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	i) Lesione in corrispondenza di apertura tamponata con ammortatura
 Es.: 6 o 7D o mm	 Es.: 6 o 7D o mm	l) Lesione in corrispondenza di apertura ricavata in rottura rispetto alla parete preesistente
 Es.: 1D o mm	 Es.: 8D o mm	m) Lesione di architrave: se si tratta di elemento strutturale indicare come in A, se si tratta di elemento riportato indicare come in B
 Es.: 6 o 7D o mm		n) Lesione in corrispondenza di canna fumaria o camino (rispettivamente non utilizzata (1), o in uso (2)), canalizzazione importante in traccia (3) messe in luce dall'evento sismico
	 Es.: 6 o 7D o mm	o) Lesione in corrispondenza canalizzazione di piccole dimensioni (es.: impianti elettrici, idrici, ecc.)

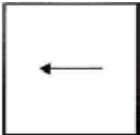
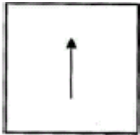
PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
 Es.: 8D o mm	 Es.: 8D o mm	p) Punzonamento di elementi strutturali orizzontali sulle murature
 cm		q) Scorrimento relativo tra elemento orizzontale portante e muratura
 Es.: mm		r) Dissesto su volte (1, 2, 4, 5)
 Es.: mm		s) Dissesto nell'orditura principale del solaio
 Es.: mm		t) Dissesto nell'orditura secondaria del solaio
 cm	 cm	u) Area di cedimento delle fondazioni
		v) Crollo provocato dal sisma
 Es.: 4D o mm	 Es.: 4D o mm	z) Schiacciamento (con espulsione di materiale)

6.4 DESCRIZIONE E MISURA DEGLI SPOSTAMENTI RICONDUCIBILI AL DISSESTO (modificazioni geometriche)

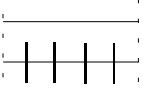
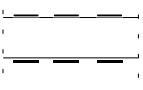
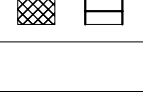
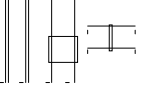
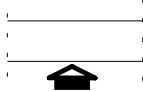
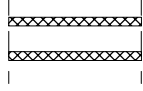
E' essenziale avere punti o linee di controllo per la misura degli spostamenti, di più marcata affidabilità, mirati sia a svelare e descrivere esattamente geometrie di dissesto non apprezzabili ad occhio nudo, sia a rilevare l'entità e l'articolazione di dissesti anche macroscopici.

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Rilievo dello spostamento della verticalità (fuori/entro piombo) o della orizzontalità (sganciamento) ed enfattizzazione (x 5 o x 10) della scala dello scostamento
		Perdita della verticalità di capriate (accatastamento)

6.5 COMPONENTI VERTICALI RICONOSCIBILI DELLO SPOSTAMENTO DI MASSE MURARIE (modificazioni geometriche)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Rotazione del piano (P) o fuori piano (F.P.) o mista (angolare e metrica)
		Traslazione orizzontale (T.O.)
		Traslazione verticale (T.V.)

7- CONSOLIDAMENTI

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Iniezioni di miscele leganti
		Applicazione di lastre in cls e rete metallica
		Pilastrini in breccia (in c.a. o di metallo)
		Cerchiatura di travi o pilastri (totale o parziale)
		Cerchiatura di apertura
		Risarcitura localizzata (muratura) o ripristino con conglomerato (c.a.)
		Irrigidimento del solaio o volta con soletta in cls
		Irrigidimento solaio in legno con doppio tavolato
		Consolidamento della fondazione
		Altro tipo di consolidamento (con richiamo alla relazione tecnica generale)
		Consolidamento di fondazione con palo

8 INTERVENTI DI NUOVA COSTRUZIONE, DEMOLIZIONE, RIPRISTINO STRUTTURALE, SOSTITUZIONE, CONSOLIDAMENTO, ECC. (PROGETTO)

PIANTA	ALZATO	DESCRIZIONE
		Elementi confermati nello stato di fatto
		Elementi di nuova costruzione. Va aggiunto il relativo simbolo del materiale [Vedi Tab. 1]
		Elementi da demolire
		Elementi da sostituire con materiali analoghi a quelli preesistenti (ripristino strutturale). Va aggiunto il simbolo relativo al materiale impiegato [Vedi Tab. 1]
		Elementi da sostituire anche con materiali diversi da quelli preesistenti. Va aggiunto il simbolo relativo al materiale impiegato [Vedi Tab. 1]
		Elementi da consolidare. Va aggiunto il simbolo relativo al tipo di consolidamento [Vedi Tab. 6]
		Quote uguali o diverse rispetto allo stato di fatto
		Giunto da creare
		Giunto da eliminare
		Giunto da conservare nello stato di fatto
		Giunto da modificare (specificare il tipo di intervento)

ALLEGATO N. 3

**ISTRUZIONI TECNICHE PER LA VALUTAZIONE DELLE
CARENZE STRUTTURALI GRAVI E DEFINIZIONE
DELL'INDICE DI CARENZA PER EDIFICI IN MURATURA**

A cura di: Prof. L. Decanini (Università La Sapienza di Roma), M. Ferrini⁽¹⁾

S. Scarparolo⁽¹⁾, A. Pagliazzi⁽¹⁾.

⁽¹⁾ REGIONE TOSCANA - Direzione Generale delle Politiche Territoriali ed Ambientali

Ordinanza del Ministero dell'Interno - Dip.to della Protezione Civile - N. 3193 del 29.3.2002

INDICE

1. Obiettivi	pag. 4
2. Definizione degli interventi minimi ed eccezionali	pag. 4
2.1. Interventi minimi	pag. 4
2.2. Interventi eccezionali	pag. 5
3. Definizione delle carenze strutturali gravi degli edifici in muratura	pag. 6
4. Classificazione delle tipologie murarie	pag. 8
5. Analisi delle carenze strutturali gravi	pag. 12
5.1. Carenza di resistenza della muratura dovuta alle varie tipologie di muratura	pag. 12
5.1.a. Cattiva qualità dei materiali costituenti	pag. 12
5.1.b. Cattiva qualità della tessitura muraria	pag. 12
5.1.c. Insufficiente densità dei muri resistenti nel piano di verifica	pag. 12
5.2. Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili	pag. 18
5.2.a. Mancanza completa o inefficacia dei collegamenti fra pareti e pareti	pag. 18
5.2.b. Mancanza completa o inefficacia dei collegamenti fra pareti ed orizzontamenti	pag. 18
5.2.c. Presenza di solai o coperture eccessivamente deformabili con insufficiente resistenza nel loro piano	pag. 19
5.2.d. Coperture o solai orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano	pag. 19
5.3. Presenza di irregolarità	pag. 20
5.3.a. Irregolarità planimetrica in termini di differenze significative tra aree resistenti delle murature secondo le due direzioni principali dell'edificio	pag. 20
5.3.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. 21
5.3.c. Irregolarità della maglia muraria in elevazione	pag. 23
5.3.d. Presenza di murature portanti insistenti in falso su solai	pag. 24
5.3.e. Presenza di murature portanti in forati con elevata percentuale di vuoti	pag. 26
5.3.f. Aumento significativo del peso di piano	pag. 26
5.3.g. Sopraelevazioni con materiali diversi che costituiscono un'apprezzabile discontinuità strutturale	pag. 29
5.3.h. Presenza di piani sfalsati	pag. 29
5.3.i. Presenza di solai con caratteristiche tipologiche significativamente diverse in termini di rigidezze nel piano di verifica	pag. 31
5.3.j. Aperture non disposte secondo allineamenti verticali	pag. 31
5.3.k. Presenza di solai e/o coperture rigidi e pesanti in edifici con muratura di cattiva qualità	pag. 32
5.4. Presenza di spinte non contrastate o eliminate	pag. 32

5.4.a. Nelle volte e negli archi	pag. 32
5.4.b. Negli elementi della copertura	pag. 33
5.5. Gravi carenze nelle fondazioni	pag. 34
5.5.a. Evidenze di cedimenti differenziali	pag. 34
5.5.b. Evidenze di cedimento e rotazione delle pareti fuori del piano	pag. 34
6. Calcolo degli indici e analisi delle carenze dell'edificio	pag. 34
7. Integrazioni al punto 1.2.5.2. delle Istruzioni Tecniche D.2.7.: classi di carenze di edifici in muratura	pag. 35
8. Interventi consigliati per ridurre le varie tipologie di carenze gravi	pag. 36
Allegato A - Modello per la compilazione della scheda delle carenze	pag. 37
Allegato B	pag. 38
Allegato C - Abaco delle tipologie murarie	pag. 40
Allegato D - Interventi minimi ed eccezionali consigliati	pag. 51

1. - Obiettivi

Così come indicato nelle D.2.7, “ISTRUZIONI TECNICHE per la redazione degli elaborati di indagine, documentazione e progetto di interventi di miglioramento antisismico” (paragrafo 1.2.5.1) si allega l'illustrazione dei metodi quantitativi di rappresentazione e verifica delle carenze strutturali gravi per edifici in muratura, al fine di fornire ai progettisti alcuni criteri quantitativi per verificare la presenza o meno delle carenze e stabilire così in funzione di esse la classe di carenza di appartenenza dell'edificio. Si provvede altresì ad integrare il paragrafo 1.2.5.2 relativo alle “classi di vulnerabilità di edifici in muratura” in relazione alla presenza di carenze strutturali gravi.

Una volta stabilita la classe di carenza dell'edificio nello stato di fatto, il progettista dovrà comprovare l'effettivo grado di miglioramento conseguito a seguito degli interventi previsti (minimi e/o eccezionali). Per effettuare questa verifica sono stati introdotti una serie di indici associati sia a ciascuna carenza che a ciascuna categoria di carenze, che permettono la determinazione di un *indice delle carenze*, convenzionale, precedente e successivo all'intervento di miglioramento.

Si ricorda che gli interventi di miglioramento ammessi a contributo sono quelli definiti “minimi”; un'ulteriore soglia di miglioramento ammessa a contributo è condizionata alla presenza di situazioni per le quali si definiscono gli interventi “eccezionali”.

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 degli interventi minimi ed eccezionali

Si riportano di seguito le definizioni degli interventi “minimi” ed “eccezionali” contenute nei paragrafo 3.2.1.1.A e 3.2.1.1.B delle sopracitate Istruzioni.

2.1. - Interventi minimi

Ai fini dell'ammissibilità al contributo dovranno essere garantiti i seguenti interventi minimi :

- a) interventi di riparazione dei danni ad elementi strutturali e non strutturali. Gli interventi di riparazione dei danni consistono nel ripristino di singoli elementi strutturali danneggiati, attraverso la loro riparazione localizzata o sostituzione nei casi di impossibilità del recupero.

I materiali dei nuovi elementi devono essere compatibili con quelli esistenti e le tecniche costruttive non devono essere per quanto possibile invasive e irreversibili.

Nel caso delle pareti si va dalla semplice risarcitura di lesioni con ripristino dei giunti di malta, alla tecnica del “cuci e scuci” che, in relazione alle dimensioni e tipologia delle lesioni, può essere realizzata su porzioni di uno stesso paramento murario o sull'intera sezione della muratura.

Nel caso di architravi di porte o finestre, la riparazione e/o sostituzione sarà in funzione della tipologia costruttiva: piattabanda o arco ribassato. La sostituzione di una architrave è consentita solo nel caso in cui il recupero sia impossibile.

- b) interventi finalizzati ad assicurare una buona organizzazione dell'edificio curando particolarmente la qualità dei collegamenti tra le pareti dell'edificio e tra queste ultime e gli orizzontamenti. Sono preferibili interventi non invasivi, come catene (pareti-pareti) o profili metallici (travi dei solai-pareti), evitando le cordolature in breccia;
- c) interventi rivolti a ridurre sensibilmente la spinta di coperture, archi e volte. Sono preferibili interventi non invasivi attraverso la disposizione di catene metalliche.
- d) interventi rivolti ad eliminare o ridurre gli indebolimenti locali (armadi a muro, canne fumarie, nicchie) della struttura portante originaria (maschi murari). Sono preferibili interventi che per quanto possibile non introducano eccessive variazioni di rigidezza tra i nuovi materiali e quelli originali curando in particolare l'ammorsamento alle murature esistenti.
- e) interventi che consentono di migliorare la resistenza alle azioni sismiche degli aggetti verticali, dei cornicioni, ecc. Gli interventi devono assicurare in modo particolare la qualità dei collegamenti alle strutture esistenti.

Si ricorda che gli interventi b), c), d) ed e) devono essere eseguiti al fine di ridurre la vulnerabilità dell'edificio e non solo come intervento di riparazione.

Gli interventi minimi devono essere realizzati sia per gli edifici con danni gravissimi e gravi che per quelli con danni significativi e consentono di accedere al contributo pubblico nei termini indicati nelle D.1.7 "Istruzioni generali illustrative dei criteri modalità e fasi del finanziamento".

Per gli edifici privati con danno significativo gli interventi suddetti costituiscono i soli ammissibili a contributo.

Per gli edifici pubblici con danno significativo, oltre agli interventi suddetti, sono ammessi a contributo anche quelli considerati nella categoria b) di cui al successivo p.to 3.2.1.3.

2.2. - Interventi eccezionali

La normativa di riferimento di cui al precedente punto 1.4, prevede che in casi strettamente necessari sia possibile prevedere interventi “diretti sulle fondazioni, di sostituzione dei solai e dei tetti o tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale dei maschi murari. Possono essere altresì consentiti, ove necessario, interventi di irrigidimento degli orizzontamenti”.

Nella realizzazione degli interventi, sono da limitarsi le soluzioni che comportino aumenti dei carichi permanenti soprattutto in presenza di carenze di resistenza nelle murature.

Gli interventi che possono essere ricompresi in questa categoria ed ammessi a contributo, e che devono essere espressamente documentati ed adeguatamente giustificati dal progettista, sono:

- a) gli interventi sulle fondazioni, ammessi solo nei casi in cui si siano manifestati gravi dissesti attribuibili a cedimenti fondali causati o aggravati dall'evento sismico; gli interventi devono essere limitati per entità ed estensione alla riparazione del danno rilevato. Nel caso in cui i danni siano diffusi e l'intervento proposto interessi una porzione consistente delle strutture di fondazione il progetto dovrà essere corredato da specifica relazione geotecnica;
- b) gli interventi tesi ad aumentare la resistenza a forza orizzontale di pannelli, fasce e/o maschi murari con funzione strutturale; questi sono ammessi a contributo limitatamente ai casi in cui l'evento sismico abbia evidenziato:
 - 1 - una estensione del quadro fessurativo tale da non consentire la riparazione localizzata;
 - 2- una rilevante differenza in termini di resistenza rispetto alle altre pareti murarie;
- c) gli interventi sui solai o coperture relativi alla sostituzione delle porzioni crollate in seguito all'evento sismico o degradate; è ammessa la sostituzione totale nel caso in cui la porzione crollata o degradata sia prevalente nel campo strutturalmente definito; Tali interventi non dovranno variare in modo significativo i carichi permanenti; inoltre l'aumento della rigidezza alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali.
- d) gli interventi di irrigidimento di solai in legno, in ferro o in c.a. a travetti indipendenti, preferendo interventi leggeri quali ad esempio l'applicazione di doppio tavolato, crociere di ferro (croci di S.Andrea) o collegamenti trasversali, se è necessario:
 - a livello di sottotetto per contrastare l'azione delle catene;
 - a livello di piano per attenuare le differenze tra le rigidezze dei solai esistenti;
 - a livello di copertura, in assenza di sottotetto, per migliorare la connessione tra le orditure (per sottotetto efficace, si intende una distanza dell'orizzontamento dal livello di gronda non superiore al doppio dello spessore della muratura).
 Tali interventi non dovranno variare in modo significativo i carichi permanenti; inoltre l'aumento della rigidezza alle azioni orizzontali dovrà essere compatibile con la resistenza delle strutture verticali. Gli interventi di irrigidimento sono da effettuarsi preferibilmente con tecniche tali da non comportare il disfacimento dei pavimenti, massetti, tramezzi, ecc e la loro ricostruzione.
- e) gli interventi finalizzati alla riduzione delle masse strutturali e non, con particolare riferimento ai piani più elevati ed in relazione a valutazione sulla qualità delle murature dell'edificio (n. piani, spessore e tessitura della sezione muraria e qualità della malta), tali da pregiudicare il buon funzionamento dei maschi murari.

3. - 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 definite nel paragrafo 1.2.5.1 delle sopraccitate Istruzioni:

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 dovute ad elevate distanze 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 differenziati;
- b. evidenze di cedimento e rotazione delle pareti fuori del piano.

4. – 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 squadrate, 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 squadrate 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 (diatoni) 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 diatoni e di uno composto da due paramenti semplicemente affiancati. In presenza della forza sismica orizzontale, la presenza di diatoni 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).

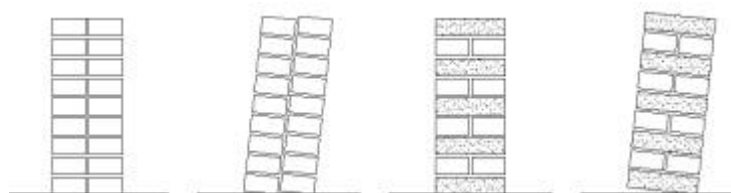


Fig. 1

Un'altra importante funzione svolta dai diatoni 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 diatoni 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).

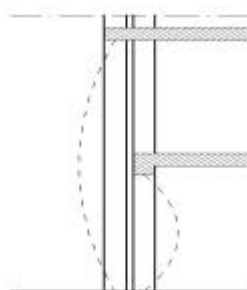


Fig. 2

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.

Classe A

- Murature in pietra da taglio costituita da elementi omogenei ben squadri e lavorati. Buona apparecchiatura muraria. Malta di buona qualità
- Murature in tufo ben squadro e di bassa porosità Buona apparecchiatura muraria con letti di malta orizzontali e verticali. Malta cementizia di buona qualità
- 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
- Murature in mattoni pieni. Buona apparecchiatura muraria ed accurata fattura dei giunti di malta orizzontali e verticali. Malta di buona qualità
- 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).
- Murature armate secondo D. Min. LL. PP. 16/01/96.

Classe B

- Murature in pietrame squadro con elementi non omogenei ma ben ingranati in senso longitudinale e trasversale. Malta di buona qualità

- Murature in pietra sbozzata con ricorsi continui in mattoni pieni estesi a tutto lo spessore murario. Buona apparecchiatura muraria. Malta di buona qualità
- Murature in tufo ben squadrate e di bassa porosità Buona apparecchiatura muraria con letti di malta orizzontali e verticali. Malta di discreta qualità
- 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

- Murature in pietrame grossolanamente squadrate in presenza di irregolarità Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità
- Murature in pietrame non squadrate o in pietra arrotondata, in presenza di ricorsi continui estesi a tutto lo spessore murario. Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità
- Muratura mista a due fogli, con paramento interno in ciottoli o pietra grezza e paramento esterno in pietrame discretamente squadrate o in mattoni. Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità
- 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
- Murature in tufo ben squadrate e di media porosità Discreta apparecchiatura muraria. Malta di discreta qualità
- Murature in blocchi semipieni (foratura compresa tra 15% e 45%) in laterizio o calcestruzzo, con buona apparecchiatura ma con letti di malta solo orizzontali.
- Murature in mattoni pieni. Difettosa apparecchiatura muraria (esempi: giunti di malta di eccessivo spessore, ecc.). Malta di scarsa qualità

Classe D

- Murature in pietrame non squadrate o tufo grossolanamente squadrate di media o alta porosità (esempi: pietra arrotondata, ciottoli di fiume, pietra grossolanamente sbozzata, 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.
- Murature in pietra sbozzata con ricorsi continui in mattoni pieni estesi a tutto lo spessore murario. Discreta apparecchiatura muraria. Malta di scarsa qualità
- Murature in laterizio di cattiva qualità con inclusione di ciottoli. Difettosa apparecchiatura muraria. Malta di scarsa qualità

- 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.
- Murature in blocchi forati ad alta percentuale di vuoti (> 45%) in laterizio o calcestruzzo.

Il procedimento di classificazione sopra esposto viene riassunto in appositi abachi fotografici riportati in Allegato C, nei quali viene indicata la classe di appartenenza della muratura in esame (v. 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.

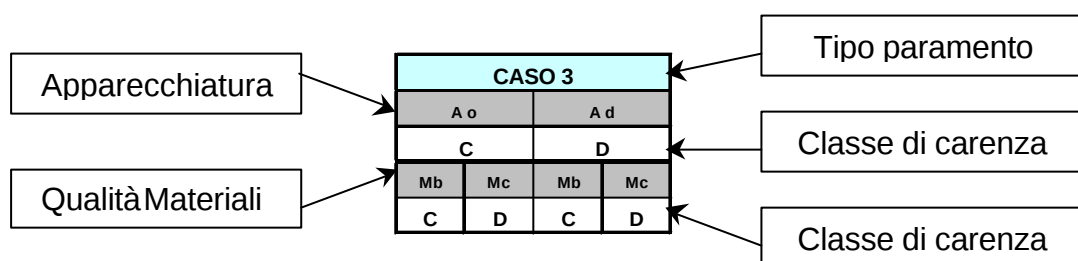


Fig. 3

5. – Analisi delle carenze strutturali gravi

Si analizzano di seguito tutte le carenze strutturali gravi descritte nel paragrafo 3, 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 rigidezza 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).

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

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

Si considera la muratura prevalente dell'edificio in esame e si classifica in una delle quattro classi di vulnerabilità descritte precedentemente nel paragrafo 4.

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

Si considera la muratura prevalente dell'edificio in esame e si classifica in una delle quattro classi di vulnerabilità descritte precedentemente nel paragrafo 4.

5.1.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 4.

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);

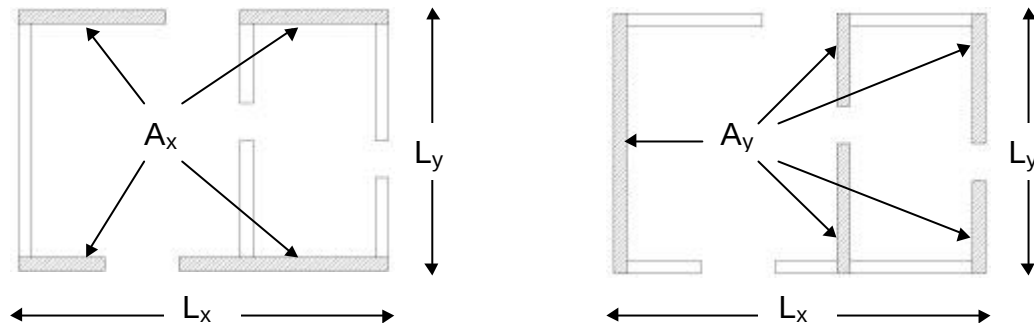


Fig. 4

- 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);

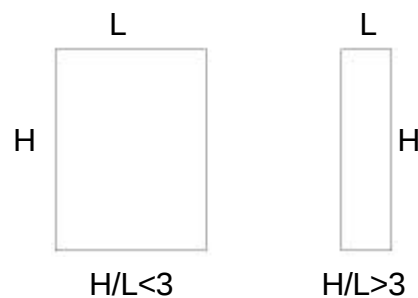


Fig. 6

- d) si prendono in considerazione solo i setti aventi spessore, valutato al netto dell'eventuale intonaco, non inferiore ai valori minimi indicati in Tabella E, ricavati in funzione dell'altezza d'interpiano h e del fattore laterale di vincolo r (Tabella F). 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 ammortamento 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 $r = 1$.

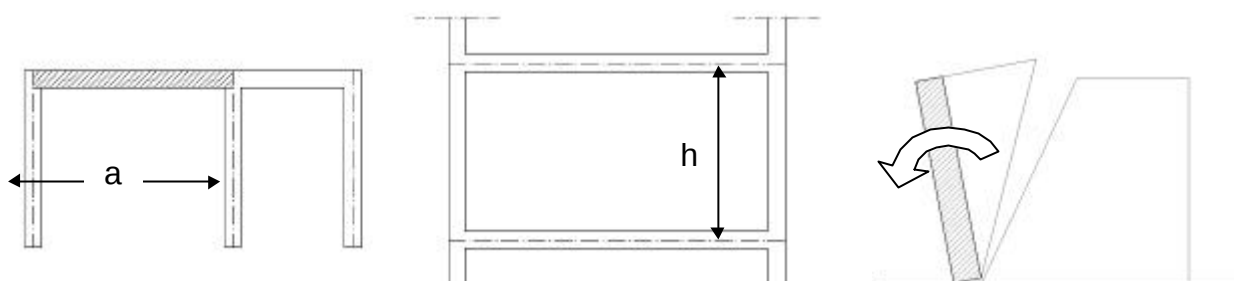


Fig. 7

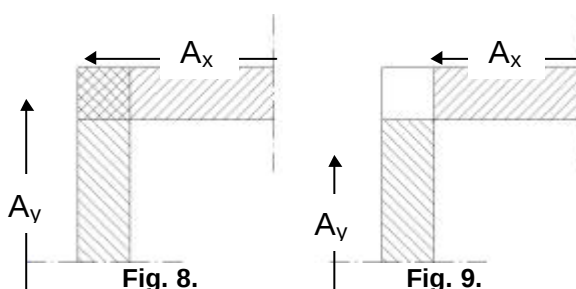
Tabella E.

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	$r \cdot 25$	$r \cdot 22$
3.25	32	$r \cdot 27$	$r \cdot 23$
3.50	35	$r \cdot 29$	$r \cdot 25$
3.75	37	$r \cdot 31$	$r \cdot 27$
4.00	40	$r \cdot 33$	$r \cdot 29$
4.25	42	$r \cdot 35$	$r \cdot 30$

Tabella F.

h/a	r
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.

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):

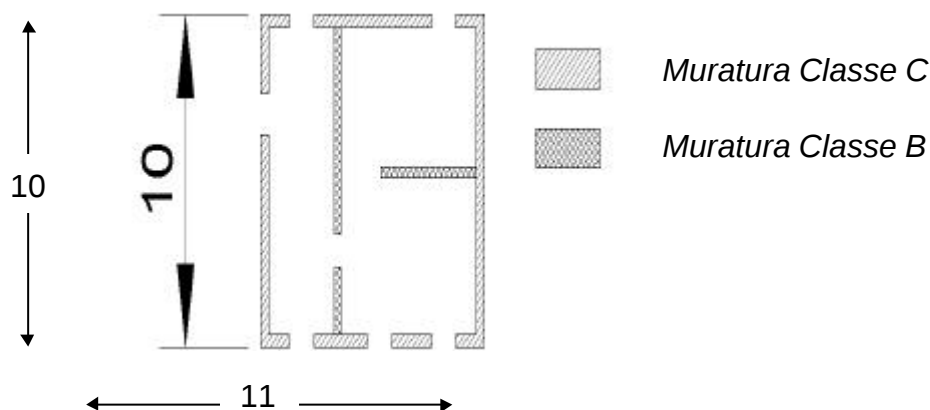


Fig. 10

Superficie coperta del piano: $S_t = 110 \text{ m}^2$

Aree resistenti in direzione x: $A_x(C) = 6.4 \text{ m}^2$

Aree resistenti in direzione y: $A_y(C) = 7.5 \text{ m}^2$

Dalla tabella B di pag. 8 si ricava $a_0(B) = 3.5 \%$

Dalla tabella C di pag. 8 si ricava $a_0(C) = 4.5 \%$

$A_x(B) = 1.4 \text{ m}^2$

$A_y(B) = 2.4 \text{ m}^2$

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

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

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

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

- 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.

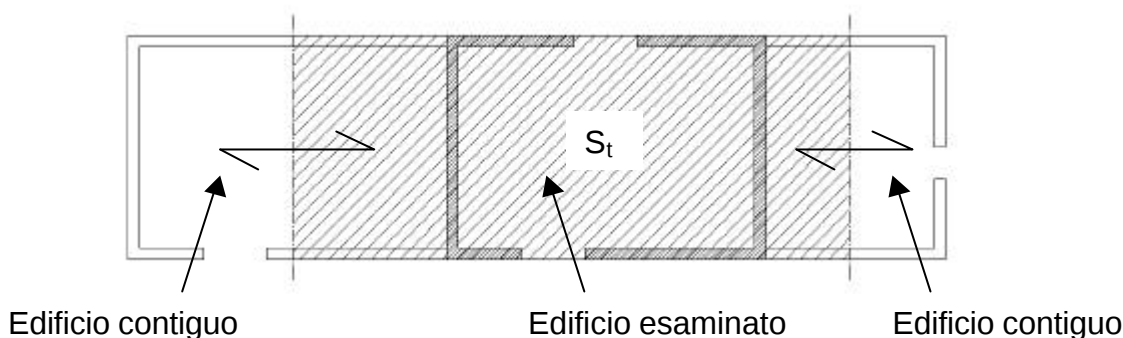


Fig. 11

5.2. – Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili

5.2.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% $\leq$ presenza di collegamenti $\leq$ 10% |
| C | 10% < presenza di collegamenti < 50% |
| B | 50% $\leq$ presenza di collegamenti < 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.

5.2.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 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 il 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% $\leq$ presenza di collegamenti $\leq$ 10%
C	10% < presenza di collegamenti < 50%
B	50% $\leq$ presenza di collegamenti < 100%
A	presenza a tutti i livelli – 100%

5.2.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% < solai deformabili $\leq$ 100%
C	50% < solai deformabili $\leq$ 75%
B	25% < solai deformabili $\leq$ 50%
A	0% $\leq$ solai deformabili $\leq$ 25%

5.2.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% < solai in una direzione £ 100%

C 50% < solai in una direzione £ 75%

B 25% < solai in una direzione £ 50%

A 0% £ solai in una direzione £ 25%

5.3. – Presenza di irregolarità

5.3.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 5.1.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):

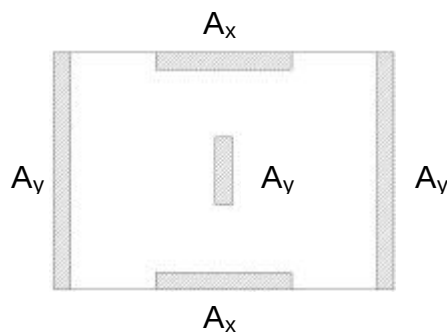
- 1) $\begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad 2 < r \leq 2.5;$
- 2) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y \geq a_0 \end{cases} \quad \begin{cases} a_x \geq a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad 1.5 < r \leq 1.7$
- 3) $\begin{cases} a_x < a_0 \\ a_y < a_0 \end{cases} \quad 1.3 < r \leq 1.5$

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

5.3.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.

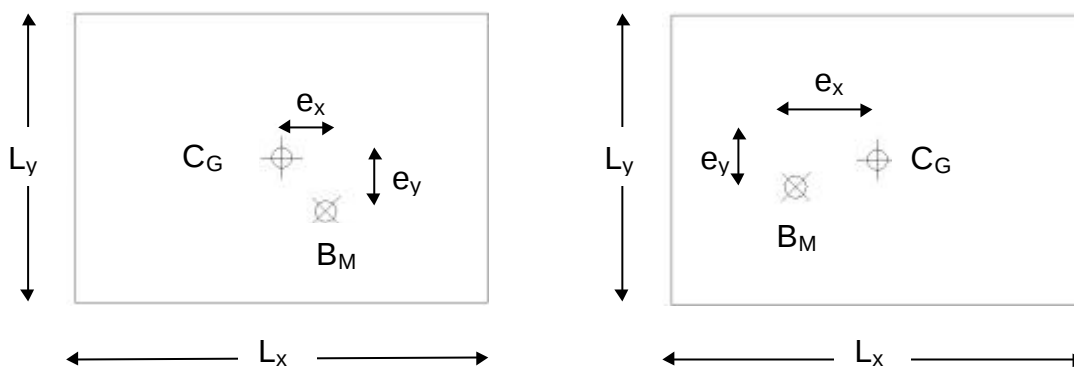


Fig. 13

Carenza ALTA (D):

$$\begin{cases} e_y > 20\% \cdot L_y \\ e_x < 20\% \cdot L_x \end{cases} \quad \text{O} \quad \begin{cases} e_y < 20\% \cdot L_y \\ e_x > 20\% \cdot L_x \end{cases}$$

Carenza MEDIA (C):

$$\begin{cases} 10\% \cdot L_y < e_y \leq 20\% \cdot L_y \\ e_x \leq 10\% \cdot L_x \end{cases} \quad \text{O} \quad \begin{cases} e_y \leq 10\% \cdot L_y \\ 10\% \cdot L_x < e_x \leq 20\% \cdot L_x \end{cases}$$

Carenza BASSA (B):

$$\begin{cases} 5\% \cdot L_y < e_y \leq 10\% \cdot L_y \\ e_x \leq 5\% \cdot L_x \end{cases} \quad \text{O} \quad \begin{cases} e_y \leq 5\% \cdot L_y \\ 5\% \cdot L_x < e_x \leq 10\% \cdot L_x \end{cases}$$

Assenza di Carenza (A):

$$\begin{cases} e_y \leq 5\% \cdot L_y \\ e_x \leq 5\% \cdot L_x \end{cases}$$

Per quanto riguarda i criteri di determinazione dei setti murari resistenti da considerare nel calcolo dei baricentri, si fa riferimento al paragrafo 5.1.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. 13).

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

$$x_{G_C} = \frac{\sum_i x_{Gi} \cdot A_i}{\sum_i A_i}$$

$$y_{G_C} = \frac{\sum_i y_{Gi} \cdot A_i}{\sum_i A_i}$$

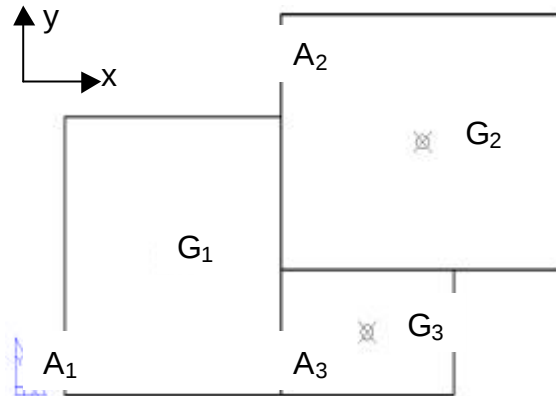


Fig. 14

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.

5.3.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 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 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.
 a_{xi+1} , a_{yi+1} , a_{0i+1} corrispondono al livello $i+1$ sovrastante.

5.3.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.

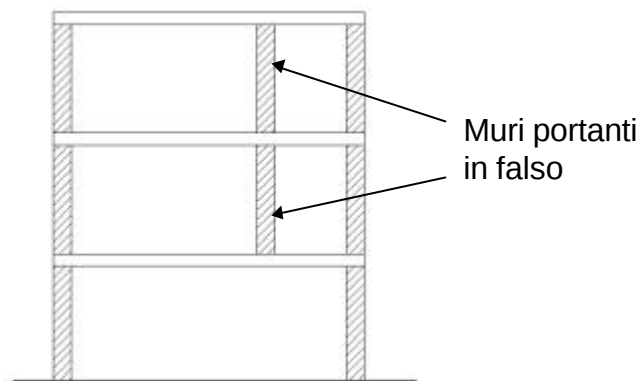


Fig. 15

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;

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

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

5.3.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:

$A(\text{forati})$ = area di muratura portante in forati;

$A(\text{solaio sovr.})$ = area del solaio soprastante portato dal muro.

5.3.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>	<i>KN/m²</i>
- <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 rinfiando e spianamento	2.00
- Solaio a travetti a doppio T con volterrane e spianamento	1.45
- <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>	 <i>KN/m²</i>
- 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>	<i>KN/m²</i>
- 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)	

5.3.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:

- 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.*

5.3.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. Questa carenza può risultare ancora più pericolosa se i solai a differente quota presentano caratteristiche tipologiche e rigidità significativamente diverse (es. in 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 poggiate sul muro in comune mediante cordolo in breccia);

- 3) presenza di solai in laterocemento associati a solai di tipologia diversa con rigidezza 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.

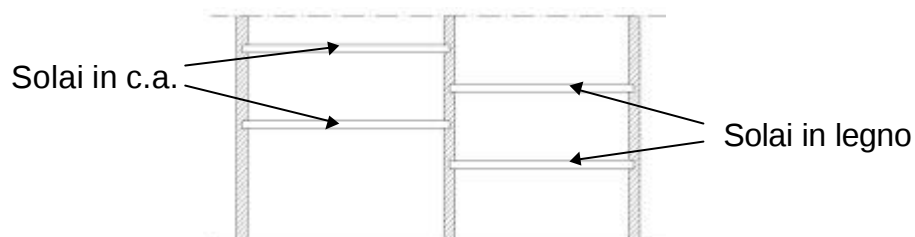


Fig. 16

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 rigidezza 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.

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

Questa carenza è associata alla presenza di solai a differente tipologia e rigidezza 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 rigidezze 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 rigidezza.

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*

5.3.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 5.1.c) tra un piano e quello successivo (fig. 17). La carenza è individuata quando tali differenze risultano significative.

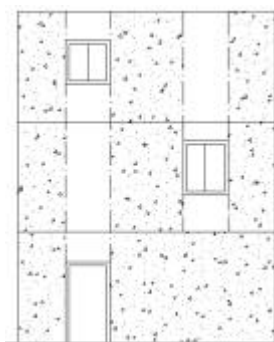


Fig. 17

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.*

5.3.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 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) con soletta su murature di classe C o D;*
presenza di solai o coperture a travetti (legno, acciaio, ecc.) con collegamenti su murature di classe C o D 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.

5.4. – Presenza di spinte non contrastate o eliminate

5.4.a. – Nelle volte e negli archi

Gli archi e le volte in zona sismica, in quanto sistemi spingenti, costituiscono elementi di vulnerabilità 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.*

5.4.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 vulnerabilità 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):

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

5.5. – Gravi carenze nelle fondazioni

5.5.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;*

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

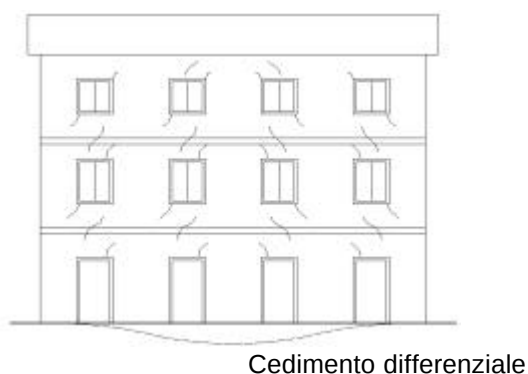


Fig. 18

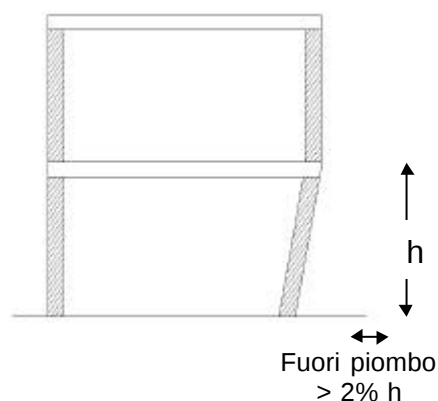


Fig. 19

6. – 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 le carenze all'interno di una stessa classe;
- 2) *peso di classe*, che mette in relazione le varie classi di carenze tra di loro.

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

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

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

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 classe 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 vulnerabilità migliore alla peggiore) ma viene normalizzato sull'intervallo 0 – 100.

L'indice delle carenze deve 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:

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

Si riporta in Allegato B una scheda-tipo vuota per il confronto tra lo stato di fatto e quello di progetto e un esempio svolto.

7. - Integrazioni al punto 1.2.5.2 delle Istruzioni Tecniche D.2.7: 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

8. - Interventi consigliati per ridurre le varie tipologie di carenze gravi

Nell'Allegato D sono riportati gli interventi minimi ed eccezionali consigliati per ridurre le varie tipologie di carenze gravi considerate in questo elaborato.

Gli interventi sono identificati con un codice di numeri e lettere:

- il primo numero si riferisce alla tipologia di carenza da ridurre (da 1 a 5):
 1. carenza di resistenza della muratura;
 2. carenza dei collegamenti e orizzontamenti deformabili (comportamento scatolare);
 3. presenza di irregolarità
 4. presenza di spinte non contrastate o eliminate;
 5. gravi carenze nelle fondazioni;
- la lettera identifica se l'intervento consigliato è minimo o eccezionale:
M = minimo;
E = eccezionale;
- il secondo numero è progressivo all'interno di ciascuna tipologia di carenza.

L'elenco vuole essere un'utile indicazione ai professionisti, non è esaustivo e le corrispondenze tra carenze/danni ed interventi sono da considerarsi flessibili e suscettibili di variazioni.

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

Schemi e note

INDICE DI CARENZA GLOBALE "I"

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

Allegato B

COMUNE:		STATO DI FATTO		STATO DI PROGETTO		
EDIFICIO:		CLASSE DI CARENZA	INDICE DI CARENZA PARZIALE	CLASSE DI CARENZA	INDICE DI CARENZA PARZIALE	TIPO INTERVENTO
DESCRIZIONE CARENZA						
1. Carenza di resistenza della muratura dovuta alle varie tipologie di muratura						
a. Qualità dei materiali costituenti						
b. Qualità della tessitura muraria						
c. Densità dei muri resistenti						
2. Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili						
a. Mancanza completa o inefficacia di collegamenti tra pareti e pareti						
b. Mancanza completa o inefficacia di collegamenti tra pareti e orizzontamenti						
c. Presenza di solai o coperture eccessivamente deformabili						
d. Solai o coperture orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano						
3. Presenza di irregolarità						
a. Irregolarità planimetrica delle aree resistenti nelle due direzioni principali x-v						
b. Eccentricità tra baricentro geometrico e baricentro delle masse						
c. Aumento significativo della resistenza da un piano a quello superiore						
d. Presenza di murature portanti in falso su solai						
e. Presenza di murature portanti in forati						
f. Aumento significativo del peso di piano						
g. Sopraelevazioni con materiale diverso che costituiscono discontinuità strutturale						
h. Presenza di piani sfalsati						
i. Presenza di solai con caratteristiche tipologiche diverse allo stesso livello						
j. Aperture non allineate						
k. Presenza di solai e/o coperture rigidi e pesanti in edifici con muratura di cattiva qualità						
4. Presenza di spinte non contrastate o eliminate						
a. nelle volte e negli archi						
b. nelle coperture						
5. Gravi carenze nelle fondazioni						
a. presenza di cedimenti differenziali						
b. presenza di fuori piombo						

Indice delle carenze

Indice delle carenze normalizzato

Esempio svolto

COMUNE:					
EDIFICIO:					
DESCRIZIONE CARENZA	STATO DI FATTO		STATO DI PROGETTO		
	CLASSE DI CARENZA	INDICE DI CARENZA PARZIALE	CLASSE DI CARENZA	INDICE DI CARENZA PARZIALE	TIPO INTERVENTO
1. Carenza di resistenza della muratura dovuta alle varie tipologie di muratura					
a. Qualità dei materiali costituenti	D	60	D	60	-
b. Qualità della tessitura muraria	D	60	D	60	-
c. Densità dei muri resistenti	D	90	D	90	-
2. Carenza di collegamenti e orizzontamenti deformabili					
a. Mancanza completa o inefficacia di collegamenti tra pareti e pareti	D	150	B	60	2.M.1
b. Mancanza completa o inefficacia di collegamenti tra pareti e orizzontamenti	D	100	B	40	
c. Presenza di solai o coperture eccessivamente deformabili	D	50	B	20	2.E.5
d. Solai o coperture orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano	D	50	B	20	2.E.5
3. Presenza di irregolarità					
a. Irregolarità planimetrica delle aree resistenti nelle due direzioni principali x-y	C	24	C	24	3.M.1
b. Eccentricità tra baricentro geometrico e baricentro delle masse	A	3	A	3	3.M.1
c. Aumento significativo della resistenza da un piano a quello superiore	A	4	A	4	-
d. Presenza di murature portanti in falso su solai	A	1	A	1	-
e. Presenza di murature portanti in forati	A	3	A	3	-
f. Aumento significativo del peso di piano	A	4	C	32	*
g. Sopraelevazioni con materiale diverso che costituiscono discontinuità strutturale	A	0	A	0	-
h. Presenza di piani sfalsati	A	2	A	2	-
i. Presenza di solai con caratteristiche tipologiche diverse allo stesso livello	C	8	C	8	-
j. Aperture non allineate	B	12	B	12	-
k. Presenza di solai e/o coperture rigidi e pesanti in edifici con muratura di cattiva qualità	C	48	D	60	*
4. Presenza di spinte non contrastate o eliminate					
a. nelle volte e negli archi	A	0	A	0	-
b. nelle coperture	A	6	A	6	-
5. Gravi carenze nelle fondazioni					
a. presenza di cedimenti differenziali	A	0	A	0	-
b. presenza di fuori piombo	A	0	A	0	-

Indice delle carenze

675

505

Indice delle carenze normalizzato

67,84

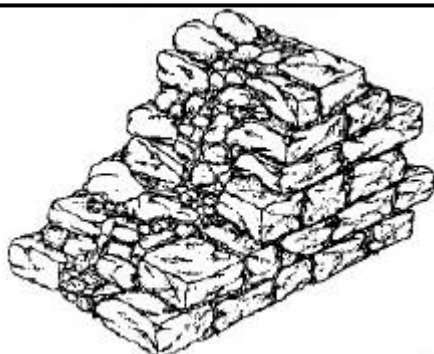
50,75

* L'intervento eseguito consisteva nella sostituzione della copertura leggera con una pesante: intervento peggiorativo.

1

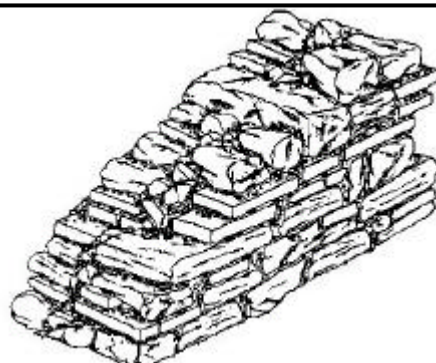
Muratura a sacco formata da pietre di pezzature molto varie, male intessuta e priva di collegamento tra i due fogli.

CLASSE D



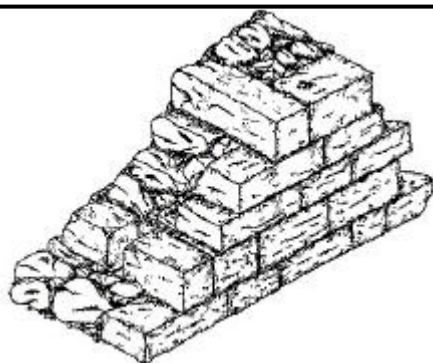
DESCRIZIONE:

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



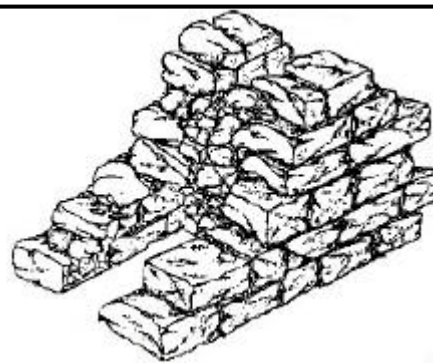
DESCRIZIONE:

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



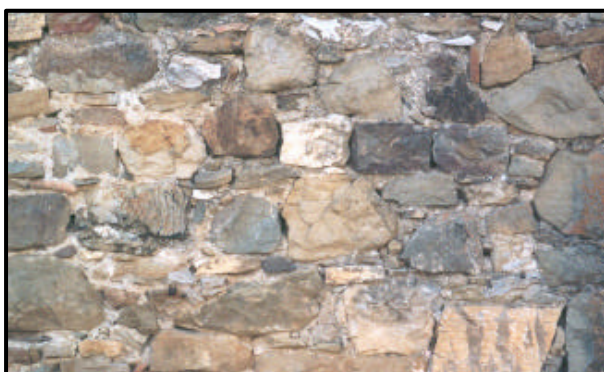
DESCRIZIONE:

Sezione muraria con nucleo non degradato con scarso numero di collegamenti (diatoni) 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

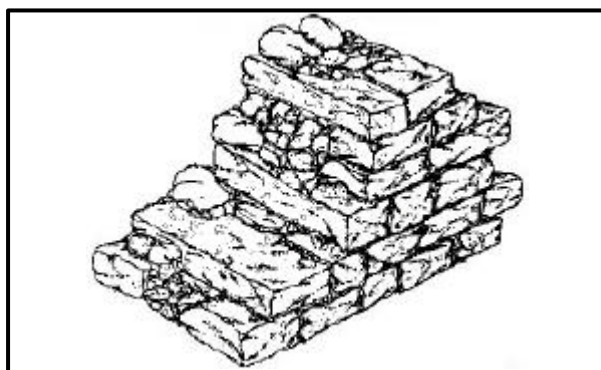
CASO 1			
A o		A d	
D		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
D	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

2

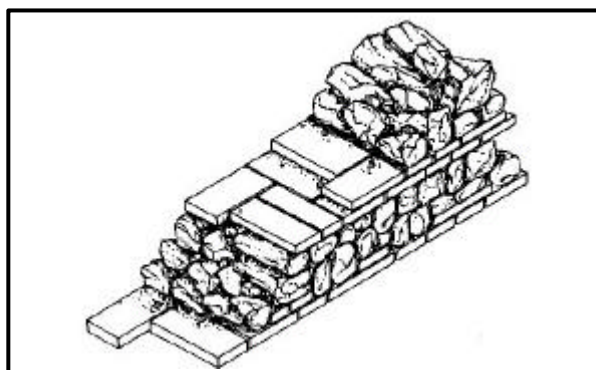
Muratura a sacco formata da pietre di pezzatura più regolare, bene intessuta e priva di collegamento tra i due fogli oppure come sopra con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata o mattoni pieni.

CLASSE C o D



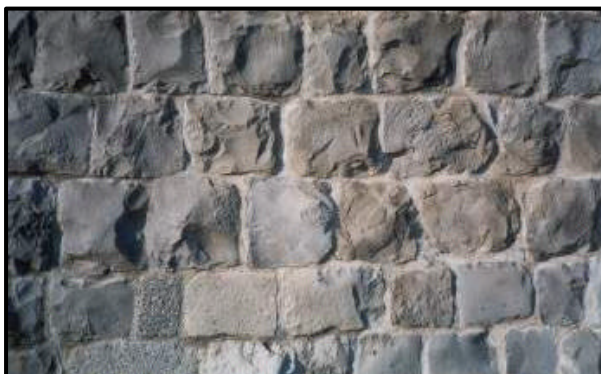
DESCRIZIONE:

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



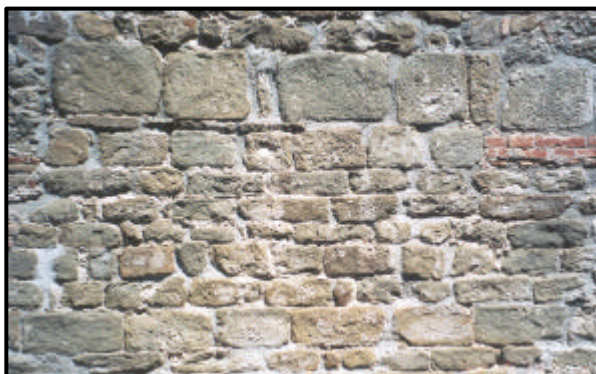
DESCRIZIONE:

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 diàtoni.



DESCRIZIONE:

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

CASO 2

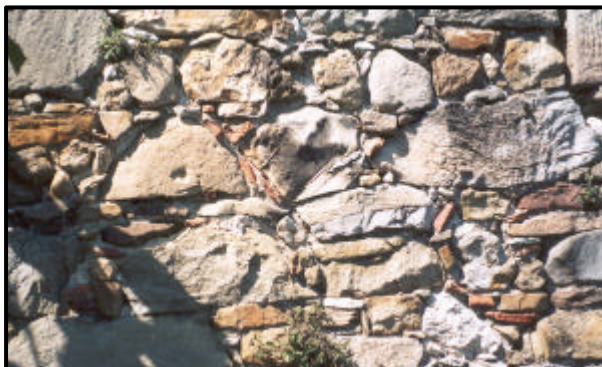
A o		A d	
C		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
C	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

3

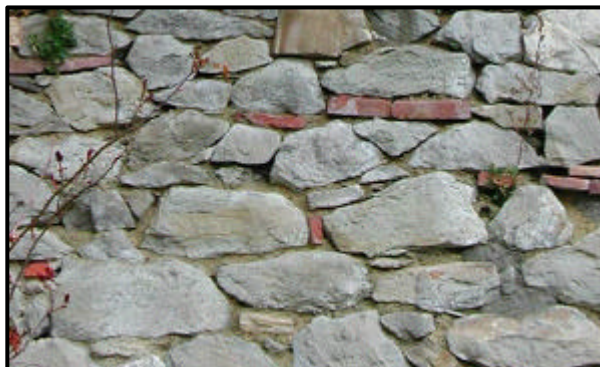
Murature di pietra sbazzata in presenza di irregolarità

CLASSE C o D



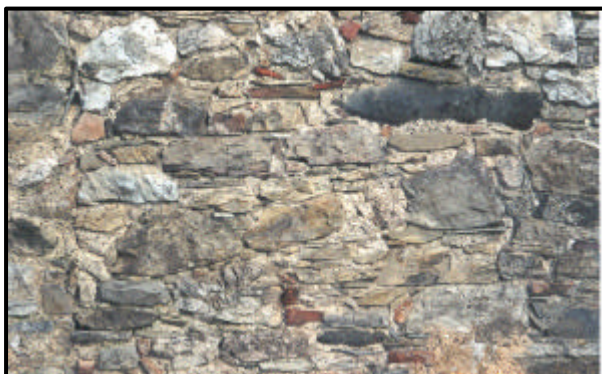
DESCRIZIONE:

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.



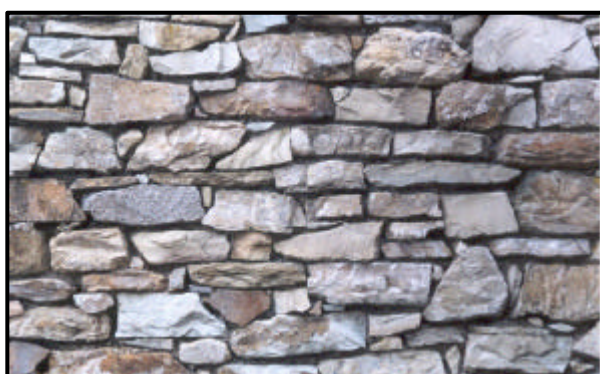
DESCRIZIONE:

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.

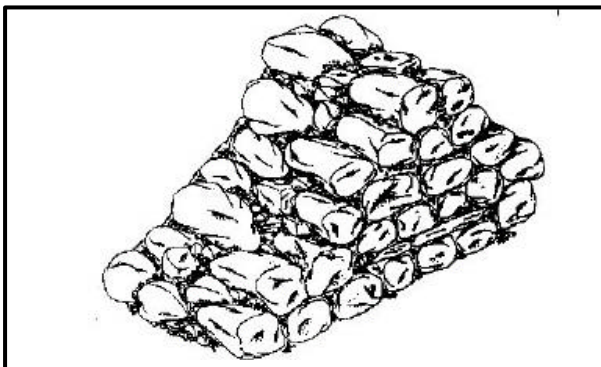
CASO 4			
A o		A d	
B		C	
Mb	Mc	Mb	Mc
B	B	B/C	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

5

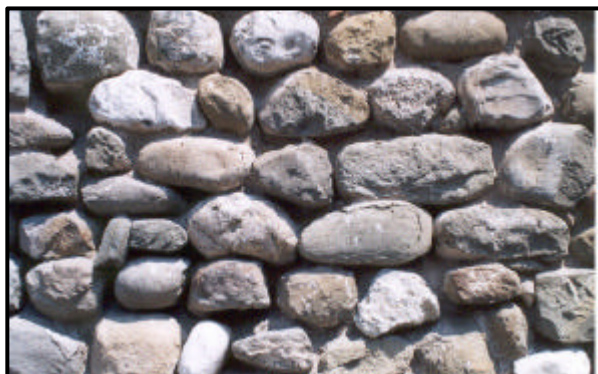
Murature di pietra arrotondata o ciottoli di fiume di pezzatura varia senza mazzette e/o ricorsi in mattoni pieni e/o pietra squadrata.

CLASSE D



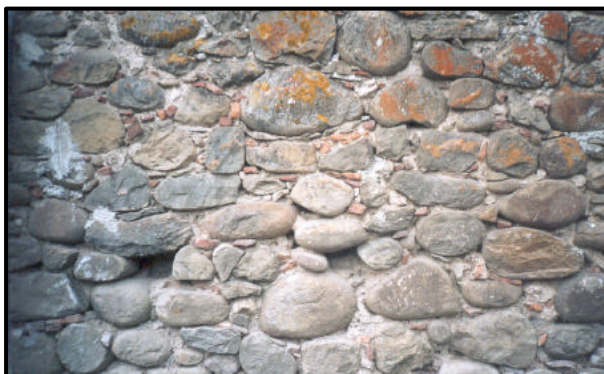
DESCRIZIONE:

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



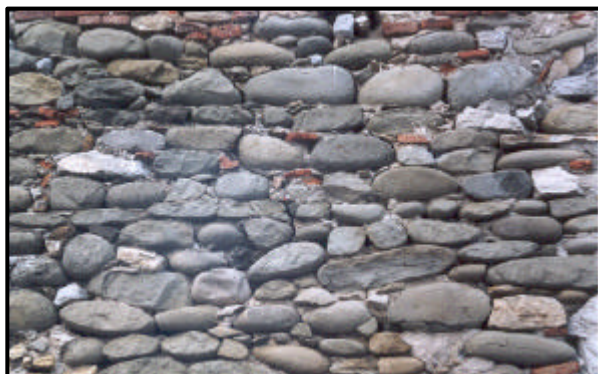
DESCRIZIONE:

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



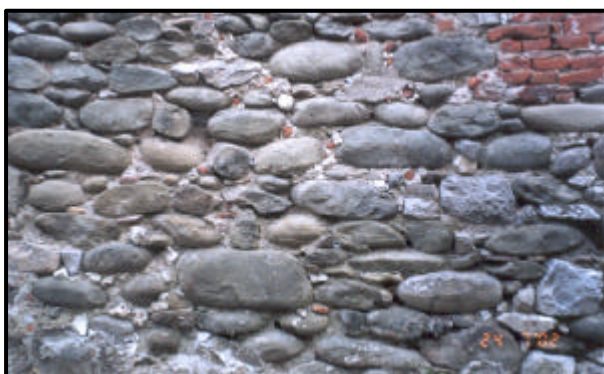
DESCRIZIONE:

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



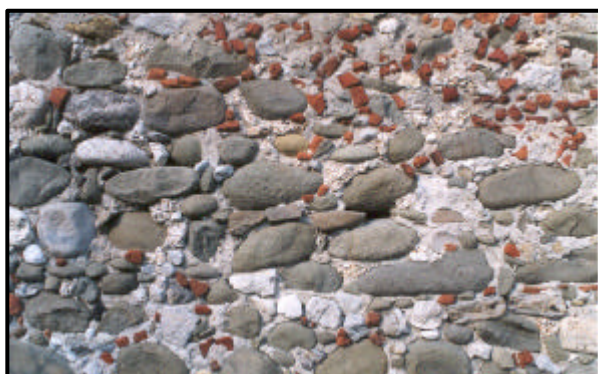
DESCRIZIONE:

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.

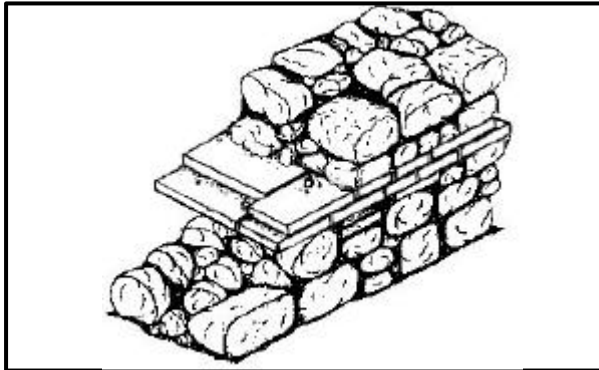
CASO 5			
A o		A d	
D		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
D	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

6

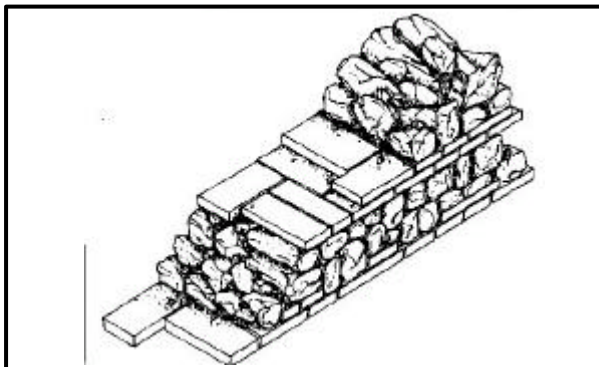
Come caso 5 con spigoli, mazzette e/o ricorsi in pietra squadrata e/o mattoni pieni.

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

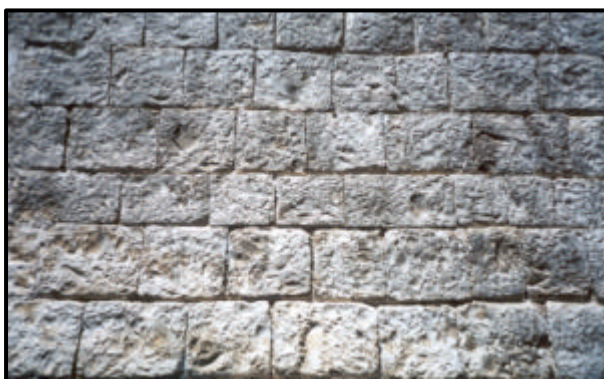
CASO 6			
A o		A d	
C		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
C	D	D	D

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

7

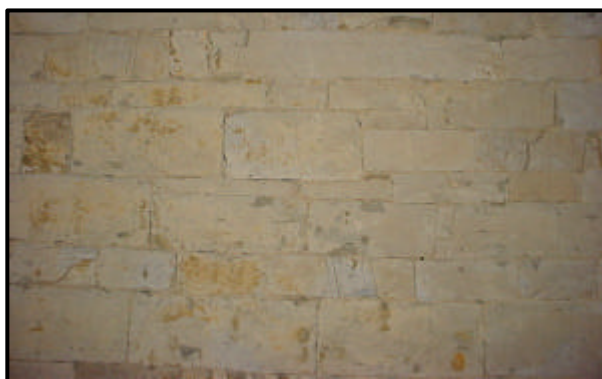
Muratura in blocchetti di tufo o pietra da taglio di dimensioni costanti.

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 squadrate 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:

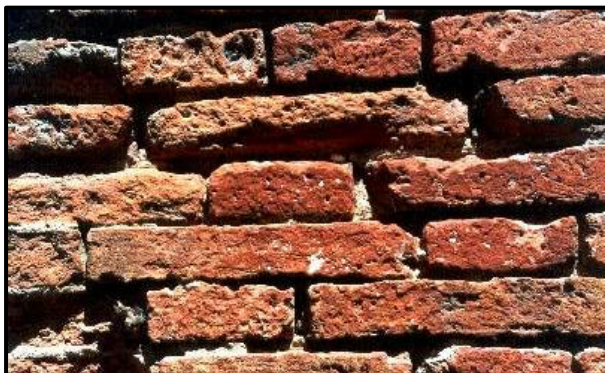
Costituita da elementi artificiali in cls ordinario o alleggerito di dimensioni standard disposti regolarmente. In presenza di soli letti di malta orizzontali si assegni una classe inferiore.

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

9

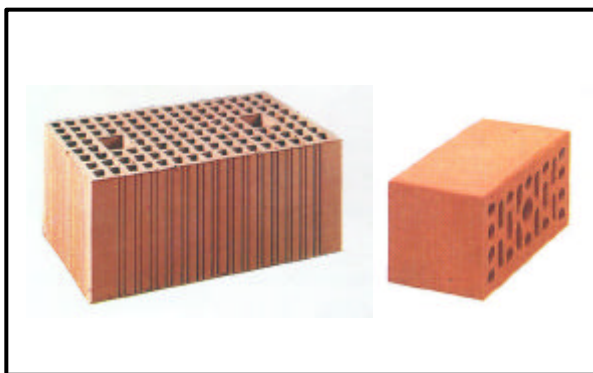
Muratura in laterizio, pieno e semipieno (% foratura 45%).

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.

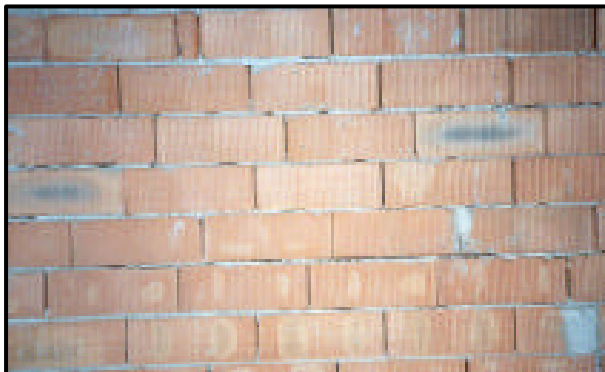
CASO 9			
A o		A d	
A		B	
Mb	Mc	Mb	Mc
A	B	B	C

ABACO DELLE TIPOLOGIE MURARIE

10

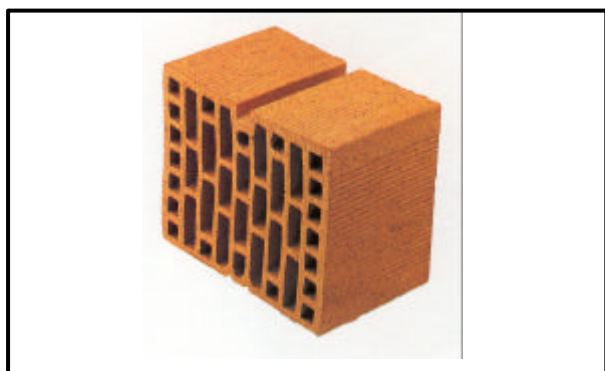
Muratura in blocchi di laterizio con foratura > 45%.

CLASSE D



DESCRIZIONE:

Costituita da blocchi artificiali in laterizio di dimensioni standard.



DESCRIZIONE:

Blocco artificiale forato in laterizio di dimensioni standard.



DESCRIZIONE:

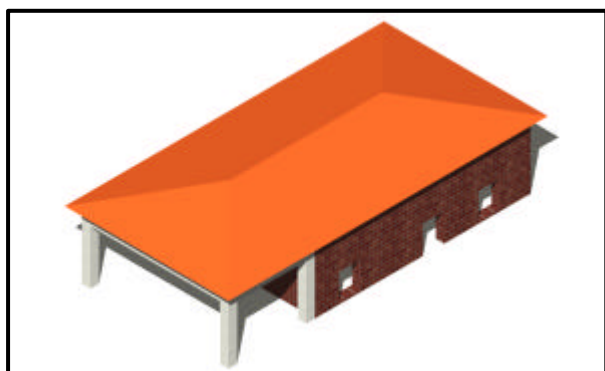
Costituita da elementi artificiali in laterizio di dimensioni costanti di vecchia produzione (occhialoni).

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.

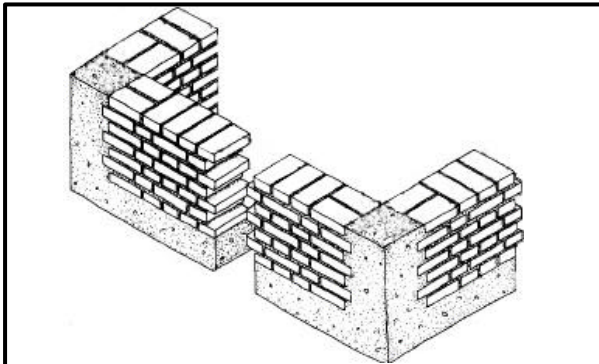
CASO 11			
A o		A d	
C		D	
Mb	Mc	Mb	Mc
C	D	D	D

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.

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.**

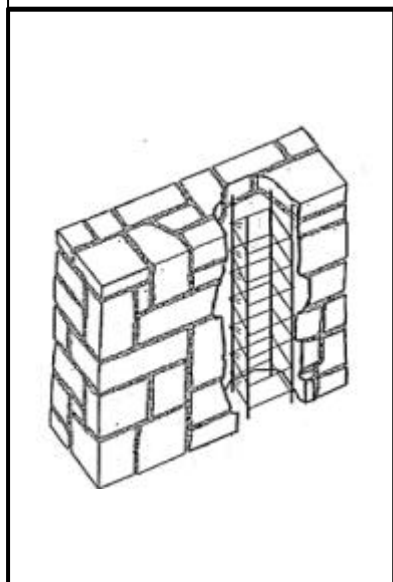
CLASSE A



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 D

<u>Carenza</u>	<u>Intervento Minimo</u>	<u>Intervento Eccezionale</u>
1.a. Cattiva qualità dei materiali costituenti	-	1.E.1 - betoncino armato su entrambe le facce; 1.E.2 - iniezioni di miscele leganti (quando è possibile, in relazione alla tipologia muraria presente);
1.b. Cattiva qualità della tessitura muraria	-	1.E.1 - betoncino armato su entrambe le facce; 1.E.2 - iniezioni di miscele leganti (quando è possibile, in relazione alla tipologia muraria presente);
1.c. Insufficiente densità dei muri resistenti	<i>Contribuiscono a ridurre la carenza:</i> 1.M.1 - chiusura di indebolimenti locali (canne fumarie, armadi a muro, nicchie, ecc.); 1.M.2 - chiusura di aperture nella muratura;	1.E.3 - costruzione di nuova muratura ben ammorsata a quella esistente; 1.E.1 - betoncino armato su entrambe le facce; 1.E.2 - iniezioni di miscele leganti;
2.a. mancaza completa o inefficacia di collegamenti tra pareti e pareti	<i>Da realizzare a tutti i piani:</i> 2.M.1 - inserimento catene a livello di piano; 2.M.2 - inserimento profili metallici con funzione cerchiante a livello di piano;	-
2.b. mancaza completa o inefficacia dei collegamenti tra pareti e orizzontamenti	<i>Da realizzare laddove risultano di scarsa efficacia o non sono presenti:</i> 2.M.2 - inserimento profili metallici con funzione cerchiante a livello di piano; 2.M.3 - realizzazione di collegamento tra le travi in legno o in acciaio dei solai e la muratura d'ambito;	-
2.c. solai o coperture eccessivamente deformabili	-	2.E.1 - irrigidimento di solaio in putrelle e tavelloni con cappa in cls armato; 2.E.2 - irrigidimento di solaio in legno e tavolato o mezzane con cappa in cls armato; 2.E.3 - irrigidimento di solaio in legno con doppio tavolato incrociato; 2.E.4 - irrigidimento di solaio in acciaio o legno con croci di S. Andrea; 2.E.5 - sostituzione delle porzioni crollate delle coperture o dei solai;
2.d. coperture o solai orditi in una sola direzione e privi di collegamento nel loro piano	-	2.E.1 - irrigidimento di solaio in putrelle e tavelloni con cappa in cls armato; 2.E.2 - irrigidimento di solaio in legno e tavolato o mezzane con cappa in cls armato; 2.E.3 - irrigidimento di solaio in legno con doppio tavolato incrociato; 2.E.4 - irrigidimento di solaio in acciaio o legno con croci di S. Andrea; 2.E.5 - sostituzione delle porzioni crollate delle coperture o dei solai;

Allegato D

3.a. irregolarità planimetrica in termini di differenza di area resistente nelle due direzioni	3.M.1 - risarcitura lesione non passante; 3.M.2 - cucì e scuci su lesioni di grande ampiezza ed estensione; 3.M.3 - chiusura di indebolimenti locali (canne fumarie, armadi a muro, nicchie, ecc.); 3.M.4 - chiusura di aperture nella muratura;	3.E.1 - costruzione di nuova muratura ben ammorsata a quella esistente; <i>Quando la differenza è causata dalla presenza di murature di scarsa qualità</i> 3.E.2 - betoncino armato su entrambe le facce; 3.E.3- iniezioni di miscele leganti;
3.b. eccentricità planimetrica tra centro geometrico e baricentro delle aree resistenti	3.M.1 - risarcitura lesione non passante; 3.M.2 - cucì e scuci su lesioni di grande ampiezza ed estensione; 3.M.3 - chiusura di indebolimenti locali (canne fumarie, armadi a muro, nicchie, ecc.); 3.M.4 - chiusura di aperture nella muratura;	3.E.1 - costruzione di nuova muratura ben ammorsata a quella esistente; <i>Quando la differenza è causata dalla presenza di murature di scarsa qualità</i> 3.E.2 - betoncino armato su entrambe le facce; 3.E.3 - iniezioni di miscele leganti;
3.c. irregolarità della maglia muraria in elevazione	3.M.3 - chiusura di indebolimenti locali (canne fumarie, armadi a muro, nicchie, ecc.); 3.M.4 – chiusura di aperture nella muratura;	3.E.1 - costruzione di nuova muratura ben ammorsata a quella esistente; 3.E.2 - betoncino armato su entrambe le facce; 3.E.3 - iniezioni di miscele leganti;
3.d. murature portanti insistenti in falso su solai	3.M.5 – demolizione della muratura insistente in falso su solaio; 3.M.6 – rinforzo della struttura del solaio su cui poggia la muratura;	-
3.e. murature portanti in forati	-	3.E.4 - inserimento e confinamento della muratura con pilastri in acciaio o in c.a.; 3.E.5 - sostituzione delle murature in forati con nuove murature ben ammorsate alle esistenti;
3.f. aumento significativo del peso di piano	-	3.E.6 - demolizione o riduzione delle masse strutturali e non, ai piani elevati; 3.E.7 - aumento della resistenza delle murature ai piani sottostanti;
3.g. sopraelevazioni con materiali diversi	-	3.E.8 - migliorare il grado di collegamento delle connessioni tra le diverse strutture;
3.h. piani sfalsati	-	3.E.9 - rinforzo del muro su cui si appoggiano i solai sfalsati (es. con la tecnica del betoncino armato);
3.i. solai tipologicamente diversi nello stesso livello	-	3.E.10 - irrigidimento di solaio in putrelle e tavelloni con cappa in cls armato; 3.E.11- irrigidimento di solaio in legno e tavolato o mezzane con cappa in cls armato; 3.E.12 - irrigidimento di solaio in legno con doppio tavolato incrociato; 3.E.13 - irrigidimento di solaio in acciaio o legno con croci di S. Andrea; 3.E.14 - sostituzione delle porzioni crollate delle coperture o dei solai;
3.l. aperture non allineate	3.M.4 – chiusura di aperture nella muratura;	-
3.m. solai e coperture rigidi e pesanti in presenza di murature di scarsa qualità	-	3.E.15 - demolizione dei solai e delle coperture pesanti; 3.E.2 - betoncino armato su entrambe le facce; 3.E.3 - iniezioni di miscele leganti;

Allegato D

4.a. spinte nelle volte e negli archi	4.M.1 – disposizione di catene per elementi spingenti;	3.E.15 - rinforzo dei contrafforti o dei piedritti;
4.b. spinte nelle coperture	4.M.1 – disposizione di catene per elementi spingenti;	-
5.a. cedimenti differenziali	-	5.E.1 - sottofondazione, ampliamento della base fondale, iniezione di malte cementizie o resine, inserimento di pali radice, ecc.;
5.b. cedimenti con rotazione delle pareti fuori del piano	-	5.E.1 - sottofondazione, ampliamento della base fondale, iniezione di malte cementizie o resine, inserimento di pali radice, ecc.;

ALLEGATO N. 4

LINEE GUIDA PER LE VERIFICHE SISMICHE

A cura di:

Prof. A. Vignoli (Università degli Studi di Firenze - membro del C.T.S.)

M. Ferrini ⁽¹⁾, F. Papini ⁽¹⁾, Di Marco ⁽¹⁾, A. Bernabini ⁽¹⁾

⁽¹⁾ REGIONE TOSCANA – Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali

INDICE

INTRODUZIONE	pag. 1
1- LINEE GUIDA PER LE VERIFICHE SISMICHE	pag. 2
1.1- Scopo delle verifiche	pag. 2
1.2- Edifici in muratura	pag. 3
1.3- Analisi dei meccanismi di danno	pag. 3
2 - VERIFICA SISMICA: ESEMPI DI CALCOLO CON I METODI DELL'ANALISI LIMITE	pag. 4
2.1- Meccanismi di I modo	pag. 6
2.1.1- Meccanismo di ribaltamento semplice	pag. 6
2.1.1.1- Verifica a ribaltamento di parete monopiano	pag. 6
2.1.1.2- Verifica a ribaltamento di parete bipiano	pag. 7
2.1.1.3- Verifica a ribaltamento di parete multipiano	pag. 7
2.1.2- Meccanismo di ribaltamento di una parete a doppia cortina	pag. 8
2.1.2.1- Meccanismo di ribaltamento di parete a doppia cortina monopiano	pag. 8
2.1.2.2- Meccanismo di ribaltamento di parete a doppia cortina bipiano	pag. 9
2.1.2.3- Meccanismo di ribaltamento di parete a doppia cortina multipiano	pag. 10
2.1.3- Meccanismo di ribaltamento composto	pag. 11
2.1.3.1- Verifica a ribaltamento composto di parete monopiano	pag. 11
2.1.3.2- Verifica a ribaltamento composto di parete bipiano	pag. 11
2.1.3.3- Verifica a ribaltamento del cuneo d'angolo	pag. 12
2.1.4- Meccanismo di flessione verticale (ad arco) di una parete monolitica	pag. 13
2.1.4.1- Calcolo del moltiplicatore nel caso di parete incatenata	pag. 13
2.2- Meccanismi di II modo	pag. 15
3- VERIFICA DEI COLLEGAMENTI	pag. 16
3.1- Catene	pag. 16
3.1.1- Verifica del tirante	pag. 17
3.1.2- Verifica a punzonamento delle murature	pag. 17
3.1.3- Verifica della pressione sulle murature	pag. 17
3.1.4- Verifica del sistema di ancoraggio	pag. 18
3.2- Cerchiature	pag. 18
3.3- Interventi sui solai	pag. 18
3.4- Interventi in copertura	pag. 19
3.5- Interventi in fondazione	pag. 19
BIBLIOGRAFIA	pag. 20

INTRODUZIONE

Nella redazione della relazione di calcolo di un intervento di miglioramento sismico, secondo quanto riportato al punto 3.5.3 delle D.2.7 "Istruzioni tecniche per la redazione degli elaborati di indagine, documentazione e progetto di interventi di miglioramento antisismico" e così come richiesto al punto C.9.5.3 del D.M. del 16.01.1996, è necessario valutare i possibili meccanismi di collasso nel piano e fuori dal piano. In particolare dovranno essere valutate:

- A) la resistenza a taglio, anche convenzionale, dei maschi murari;
- B) la resistenza per azioni ortogonali;
- C) l'efficacia dei collegamenti tra i vari elementi strutturali.

Le indicazioni fornite nei tre punti precedenti sono generali, pertanto si è ritenuto opportuno proporre linee interpretative per i vari tipi di intervento. La Regione Toscana ha pertanto redatto questo elaborato, che costituisce un approfondimento sulle metodologie di calcolo da utilizzare nella valutazione del grado di protezione ottenuto con l'intervento di miglioramento proposto.

Si ricorda a tutti i professionisti che:

1. le verifiche sismiche possono essere redatte anche con criteri e metodologie diverse da quelle riportate nel presente elaborato;
2. con la verifica devono essere comunque valutate:
 - a) la resistenza a taglio, anche convenzionale, dei maschi murari;
 - b) la resistenza per azioni ortogonali;
 - c) l'efficacia dei collegamenti tra i vari elementi strutturali;
3. nella relazione di calcolo devono essere esplicitate e ben distinte, in un paragrafo iniziale riepilogativo, i risultati delle tre verifiche di cui sopra, ivi compresa la motivazione con la quale il professionista, in relazione all'intervento, abbia ritenuto di non eseguire alcune verifiche.

1 - LINEE GUIDA PER LE VERIFICHE SISMICHE

Nella pratica professionale il procedimento di verifica sismica globale è quello del metodo POR (Analisi a rottura con ridistribuzione delle sollecitazioni) così come definito nella C.M. n. 21745 del 30.07.81. le cui ipotesi di comportamento strutturale (infinita rigidezza dei solai, meccanismo di collasso dei maschi resistenti) e di gerarchia delle resistenze (infinita resistenza delle fasce murarie) sono difficilmente riscontrabili per la generalità degli edifici esistenti.

Il metodo di verifica sismica globale non è certamente applicabile alla maggioranza degli edifici storici e la valutazione della sicurezza deve essere eseguita con analisi strutturali basate sull'individuazione dei possibili meccanismi di collasso associati all'azione sismica.

A questo proposito si è espresso anche il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (adunanza del 27 febbraio 1992, prot. n.29), che, con riferimento ai "Quesiti sulle norme tecniche da applicare nel caso di progettazione di opere in muratura", ha evidenziato che l'analisi sismica globale prevista dalle norme va intesa nel senso che la globalità dell'edificio deve essere passata in rassegna per individuare i possibili meccanismi di dissesto che l'azione sismica può provocare in ogni sua parte.

Il percorso più intuitivo da seguire, quindi parte dall'analisi dei comportamenti locali permettendo di verificare il grado di assemblaggio della struttura. I danni sismici rilevati su edifici in muratura possono essere classificati in due grandi categorie ciascuna associata ad azioni ortogonali alla parete (meccanismo di danno di I modo) e ad azioni complanari (meccanismo di II modo). La vulnerabilità della struttura muraria è profondamente connessa con meccanismi di primo modo, perché risultano essere quelli più facilmente attivabili in condizioni sismiche.

1.1 - Scopo delle verifiche

Le verifiche devono comprovare il grado di protezione dell'edificio conseguito mediante le opere progettate per la riparazione dei danni ed il miglioramento sismico. Si dovranno quindi effettuare valutazioni del grado di sicurezza prima e dopo gli interventi progettati, quantificando il grado di miglioramento ottenuto in rapporto all'entità delle azioni previste per le nuove costruzioni.

E' necessario distinguere, in funzione dell'estensione dell'intervento, vari livelli di controllo numerico della sicurezza, per dimostrare l'efficacia antisismica del miglioramento che gli interventi proposti nel progetto permettono di conseguire.

In relazione al tipo di intervento ipotizzato si potranno eseguire verifiche di carattere locale o globale; gli schemi statici adottati e le resistenze dei materiali saranno scelte in modo da rappresentare adeguatamente la struttura in esame.

Nel caso di interventi tali da modificare in modo sostanziale il comportamento sismico dell'edificio è necessario eseguire una verifica sismica globale individuando i possibili meccanismi di collasso ed una verifica di dettaglio degli interventi proposti.

Per le verifiche si utilizzerà il coefficiente sismico C per l'area di sismicità di interesse moltiplicato per il coefficiente di struttura $\beta = 4$.

1.2 - Edifici in muratura

Per gli edifici in muratura si dovranno individuare le tessiture murarie, l'organismo resistente, l'efficacia dei collegamenti tra solai e murature e le unioni verticali tra muri ortogonali.

L'analisi dei meccanismi locali consente di verificare le giunzioni e gli elementi singoli in modo da evitare la formazione di meccanismi di I modo ed i conseguenti collassi parziali e permette di passare all'analisi di meccanismi di livello gerarchico superiore, nei quali la compartecipazione fra elementi diversi è assicurata.

Il caso tipico è la resistenza delle pareti in direzione ortogonale al piano: una volta che il ribaltamento sia stato impedito dalla predisposizione di idonei vincoli di estremità della parete (ammorsature efficaci, connessioni travi-parete e solaio-pareti, e profilati con funzione di cordoli, cordoli) occorre verificare che il modello strutturale "più vincolato" determinatosi risponda anche agli obiettivi di sicurezza fissati.

Le **verifiche locali** potranno riguardare:

- La **verifica dei muri per azioni ortogonali** al proprio piano (meccanismi di danno di primo modo) che, una volta che il ribaltamento sia impedito (ad esempio prevedendo o facendo affidamento sui vincoli di estremità della parete), potranno essere condotte adottando la verifica al limite elastico proposta dal D.M. 2.07.1981 e dalle relative circolari, oppure, ipotizzando meccanismi di collasso a tre cerniere.
- **Particolari costruttivi** o porzioni di edificio che, per manifestazione di quadri fessurativi o per debolezze costruttive, possono andare soggetti a fenomeni di ribaltamento.
- **Riduzione delle spinte.**

Le **verifiche globali** potranno essere prese in considerazione solo se quelle locali risultano possedere un adeguato coefficiente di sicurezza. Esse potranno riguardare:

- **Verifiche globali basate sui metodi dell'analisi limite** (cinematica) per i più comuni meccanismi riportati nella letteratura tecnica recente, scelti in base all'osservazione dei danni subiti dagli edifici in occasione di eventi sismici di significativa intensità e tenendo conto delle effettive condizioni di vincolo e di resistenza delle murature.
- **Verifiche di pareti per azioni ad esse complanari** (meccanismi di danno di secondo modo), da adottarsi nel caso di edifici con solai non sufficientemente rigidi nel proprio piano.
- **Verifiche globali condotte adottando metodi di analisi a rottura con redistribuzione delle sollecitazioni (metodo POR)** che potranno essere utilizzati solo se tutte le ipotesi su cui i metodi si basano risultano adeguatamente giustificate; tra queste si richiama la sufficiente rigidità dei solai per consentire la distribuzione delle azioni orizzontali ed il comportamento scatolare.

1.3 - Analisi dei meccanismi di danno

Il metodo di analisi dei cinematismi di danno di edifici singoli ha come scopo la quantificazione della vulnerabilità e del grado di miglioramento sismico attraverso il coefficiente di collasso λ , moltiplicatore dei carichi orizzontali, che rappresenta in via teorica la causa dell'attivazione del meccanismo di collasso.

La normativa (D.M. 16.01.1996) definisce un valore minimo da garantire dato da β_C . In tutti i casi in cui il moltiplicatore risultasse inferiore a tale valore, si provvederà a progettare degli opportuni interventi che consentano di fare fronte all'azione sismica imposta dal moltiplicatore dei carichi.

Il progetto dell'intervento strutturale discenderà direttamente dall'analisi dei meccanismi di distacco attivati o attivabili dal sisma, verificando anche che ogni altro possibile meccanismo di danno sia attivabile solo per valori del coefficiente sismico superiori a quello precedente l'intervento di progetto.

L'analisi deve essere finalizzata all'esame di tutti i possibili meccanismi resistenti in modo da assegnare all'edificio il valore minimo dell'azione in grado di attivare almeno uno dei meccanismi di collasso.

Potranno essere esaminati i meccanismi di collasso che sono stati o che possono essere più facilmente innescati dal sisma, a cominciare dal ribaltamento delle pareti esterne (meccanismi di I modo), tenendo conto delle effettive condizioni delle connessioni e controllando quali sono i distacchi possibili e quali sono le strutture dell'edificio in grado di contrastare tali movimenti.

In questa analisi è necessario tenere conto del fatto che l'attivazione di un possibile meccanismo di collasso è influenzata in modo determinante dalla qualità muraria della parete, oltre che dalla snellezza, dalla presenza di elementi spingenti e dalla tipologia di tetti, solai e volte.

Verranno analizzati i principali meccanismi di collasso, in relazione anche al tipo di muratura (muratura a singola e doppia cortina), che studiano i seguenti cinematismi:

- ribaltamento semplice;
- ribaltamento composto coinvolgente porzioni di muratura ortogonale alle pareti da verificare;
- meccanismi di flessione con meccanismo ad arco.

Il calcolo viene sviluppato ipotizzando che la perdita di equilibrio si raggiunga per rotazione attorno ad un punto situato in prossimità del lembo più compresso del muro, imponendo l'equilibrio fra momenti stabilizzanti e ribaltanti rispetto a tale punto.

In realtà questa verifica viene spesso condotta, come vedremo negli esempi, rispetto ad un polo situato sul lembo esterno della muratura (che indicheremo con C), assumendo una resistenza a schiacciamento infinita.

La scelta di un polo più interno risponde alla volontà di tenere conto anche della possibilità che si instauri una rottura locale per superamento della resistenza a compressione del muro.

Per definire la posizione della cerniera (distanza "t" dal bordo esterno) si può supporre attiva una porzione compressa tale da limitare la tensione massima sulla muratura.

Poiché gli esempi esposti si riferiscono a pareti ad 1, 2 o più piani, è opportuno procedere, nel caso di parete a 2 o più piani, sempre verificando i meccanismi parziali costituiti dall'ultimo piano considerato singolarmente (oppure dai piani considerati singolarmente).

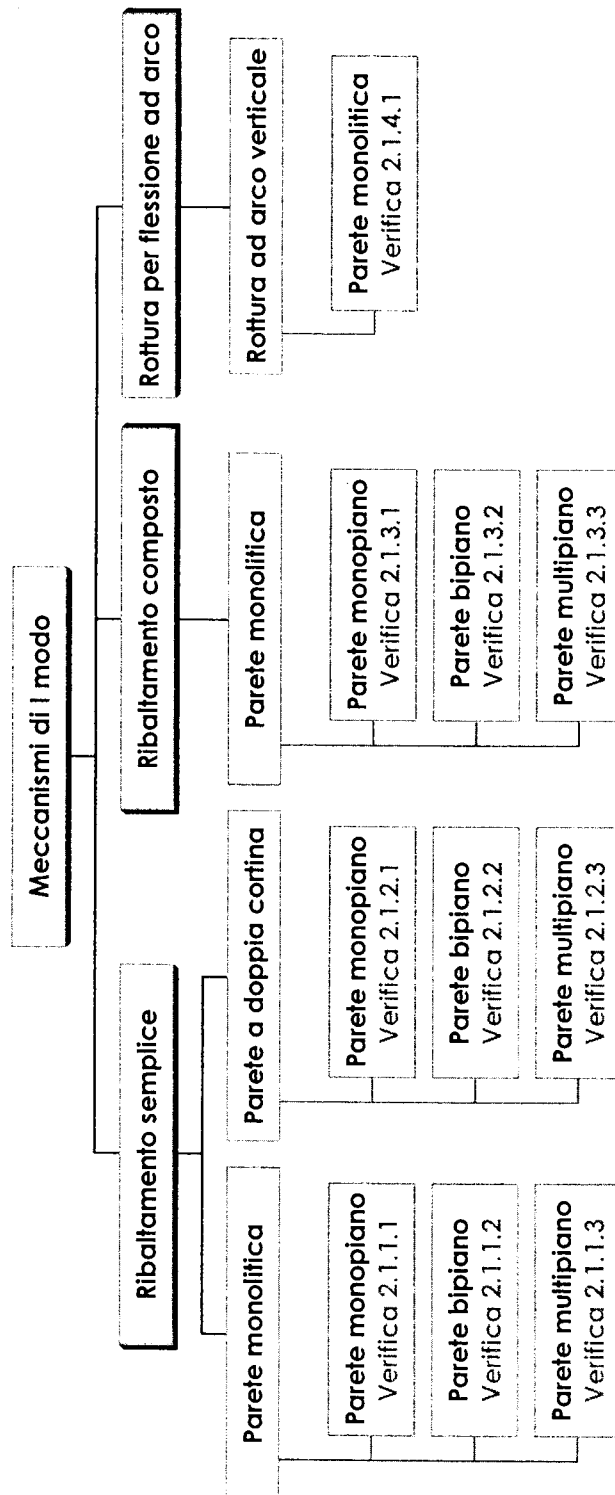
Negli esempi di calcolo di seguito riportati si è assunto, per semplicità di esposizione, lo schema limite con contatto su lembo esterno della parete.

2 - VERIFICA SISMICA: ESEMPI DI CALCOLO CON I METODI DELL'ANALISI LIMITE

Nell'ottica di guidare il progettista alla verifica sismica secondo i metodi dell'analisi limite sviluppiamo alcuni esempi di calcolo dei moltiplicatori di collasso nei casi più comuni.

Il diagramma a blocchi di pagina seguente consente una immediata individuazione del caso a cui il progettista vuole fare riferimento per il calcolo di moltiplicatori prima e dopo l'intervento.

Abaco Verifiche Sismiche



2.1 - Meccanismi di I modo

2.1.1 - Meccanismo di ribaltamento semplice

Una situazione di danno piuttosto frequente è quella del ribaltamento semplice della parete esterna dell'edificio, dovuta all'azione del sisma, con o senza una spinta statica proveniente da strutture quali volte o tetti spingenti.

Le condizioni di vincolo che rendono possibile questo meccanismo sono l'assenza di connessioni del martello murario (assenza di ammorsamento tra le pareti ortogonali) e assenza di dispositivi di collegamento come cordoli o catene in testa alla tesa ribaltante.

Una volta individuate le condizioni di vincolo o un quadro fessurativo riferibile al meccanismo di danno per ribaltamento, è necessaria la valutazione della geometria della parete e la stima dei carichi trasmessi dai solai e dalla copertura.

2.1.1.1 - Verifica a ribaltamento di parete monopiano (Fig.1)

Il primo caso riguarda una parete che presenta **monoliticità trasversale** fornita da pietre disposte trasversalmente alla sezione muraria (diatoni) nel caso di muratura costituita da pietre naturali o da una corretta disposizione dei mattoni nel caso di muratura di elementi artificiali.

Si considera una parete nella sua configurazione originaria (assenza di elementi di incatenamento) e si ricerca il massimo valore della spinta sismica per il quale sussiste l'equilibrio alla rotazione della parete rispetto alla cerniera cilindrica C. Non si considera l'effetto stabilizzante dell'attrito prodotto dai solai orditi ortogonalmente alla parete.

DATI GEOMETRICI

s = spessore della parete

h = altezza della parete

d = distanza del punto di applicazione del carico del solaio dal lembo esterno

l_i = luce di influenza del solaio

L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

W = peso proprio della parete

P = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

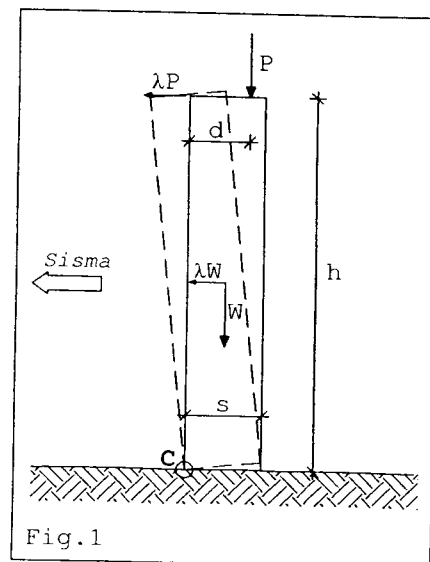
λ = coefficiente di collasso

$$W = s \cdot \gamma \cdot h \cdot L$$

$$P = q_{si} \cdot l_i \cdot L$$

$$\text{Momento stabilizzante } M_s = W \frac{s}{2} + P d$$

$$\text{Momento ribaltante } M_r = \lambda \left(W \frac{h}{2} + P h \right)$$



Imponendo l'equilibrio si ottiene il moltiplicatore:

$$\lambda = \frac{W \frac{s}{2} + P d}{W \frac{h}{2} + P h}$$

2.1.1.2 - Verifica a ribaltamento di parete bipiano (Fig.2)

DATI GEOMETRICI

$s_{1,2}$ = spessore della parete

$h_{1,2}$ = altezza della parete

$d_{1,2}$ = distanza del punto di applicazione del carico del solaio dal lembo esterno

l_i = luce di influenza del solaio

L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

$W_{1,2}$ = peso proprio della parete

$P_{1,2}$ = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

λ = coefficiente di collasso

Imponendo l'equilibrio rispetto alla cerniera C posta alla base del muro si ottiene:

Momento stabilizzante

$$M_s = W_1 \frac{s_1}{2} + W_2 \frac{s_2}{2} + P_1 d_1 + P_2 d_2$$

Momento ribaltante

$$M_r = \lambda \left[W_1 \frac{h_1}{2} + W_2 \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) + P_1 h_1 + P_2 (h_1 + h_2) \right]$$

Imponendo l'equilibrio si ottiene il moltiplicatore:

$$\lambda = \frac{W_1 \frac{s_1}{2} + W_2 \frac{s_2}{2} + P_1 d_1 + P_2 d_2}{W_1 \frac{h_1}{2} + W_2 \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) + P_1 h_1 + P_2 (h_1 + h_2)}$$

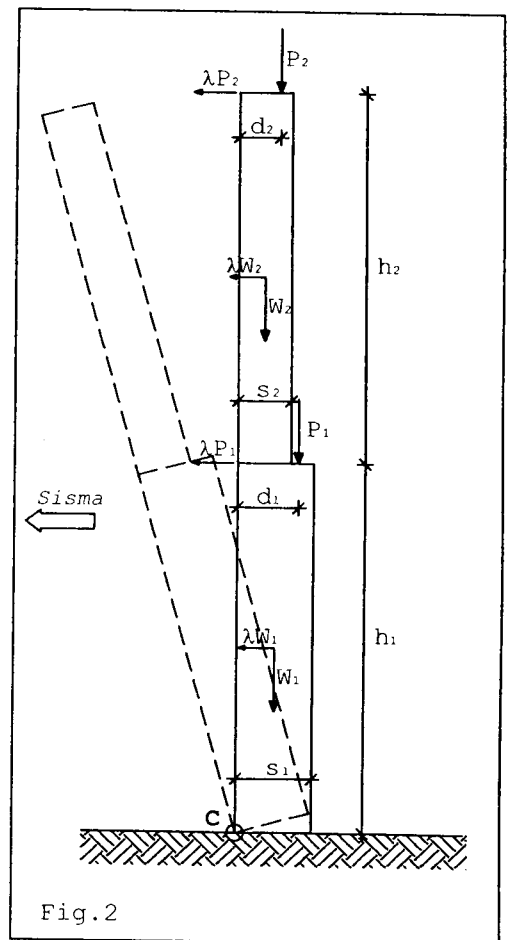


Fig.2

2.1.1.3 - Meccanismo di ribaltamento di parete multipiano (Fig.3)

GEOMETRIA

s_i = spessore della tesa

s_{i+1} = spessore medio dei piani superiori

h_i = altezza della tesa

h_{Fi} = altezza punto di applicazione spinte sulla tesa

d_i = distanza del punto di applicazione del carico del solaio dal lembo esterno

l_i = luce di influenza del solaio
 L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura
 q_{si} = peso del solaio per unità di superficie
 F_{vi}, F_{hi} = componenti verticale e orizzontale della spinta sulla tesa di archi o volte
 N_i = carico verticale dei piani superiori
 h_{Ni} = braccio verticale di N_i rispetto ad C
 R_i = risultante delle forze statiche dei piani superiori
 h_{Ri} = braccio verticale di R_i rispetto ad C
 W_i = peso proprio della parete
 P_{si} = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza
 λ = coefficiente di collasso

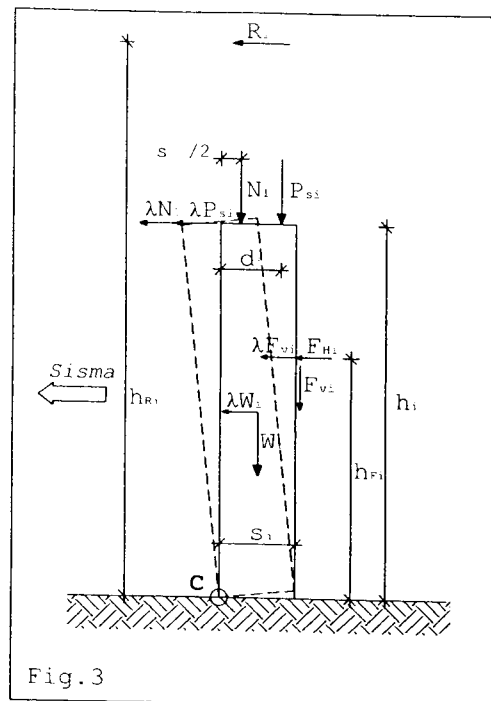
$$W_i = s_i \cdot \gamma_i \cdot h_i \cdot L$$

$$P_{si} = q_{si} \cdot l_i \cdot L$$

$$M_S = W_i \left(\frac{s_i}{2} \right) + N_i \left(\frac{s_{i+1}}{2} \right) + P_{si} \cdot (d_i) + F_{vi} \cdot (s_i)$$

$$M_R = \lambda \left[W_i \cdot \frac{h_i}{2} + P_{si} h_i + N_i \cdot h_{Ni} + F_{vi} \cdot h_{Fi} \right] + F_{hi} \cdot h_{Fi} + R_i \cdot h_{Ri}$$

$$\lambda = \frac{M_S - F_{hi} \cdot h_{Fi} - R_i \cdot h_{Ri}}{\left[W_i \cdot \frac{h_i}{2} + P_{si} \cdot h_i + N_i \cdot h_{Ni} + F_{vi} \cdot h_{Fi} \right]}$$



2.1.2 - Meccanismo di ribaltamento di una parete a doppia cortina

Questo caso riguarda il calcolo del moltiplicatore sismico associato all'equilibrio limite al ribaltamento per la parete rispetto alla linea di cerniera cilindrica impostata alla base del muro per una parete a doppia cortina comunemente detta "a sacco" e comunemente riscontrata nei vecchi edifici per spessori superiori ai 50-60 cm.

2.1.2.1 - Verifica a ribaltamento di parete a doppia cortina monopiano (Fig.4)

DATI GEOMETRICI

b_1, b_1' = spessore della parete
 h_1 = altezza della parete
 d_1, d_1' = distanza del punto di applicazione del carico del solaio dal lembo esterno
 l_i = luce di influenza del solaio
 L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura
 q_{si} = peso del solaio per unità di superficie
 W_1, W_1' = peso proprio della parete
 P_1, P_1' = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza
 λ = coefficiente di collasso

Momento stabilizzante $M_s = W_1 \frac{b_1}{2} + P_1 d_1$

Momento ribaltante $M_r = \lambda \left[(W_1 + W_1') \frac{h_1}{2} + (P_1 + P_1') h_1 \right]$

Imponendo l'equilibrio si ottiene il moltiplicatore:

$$\lambda = \frac{W_1 \frac{b_1}{2} + P_1 d_1}{(W_1 + W_1') \frac{h_1}{2} + (P_1 + P_1') h_1}$$

$W_1 = W_1' = W_{1,tot}/2$

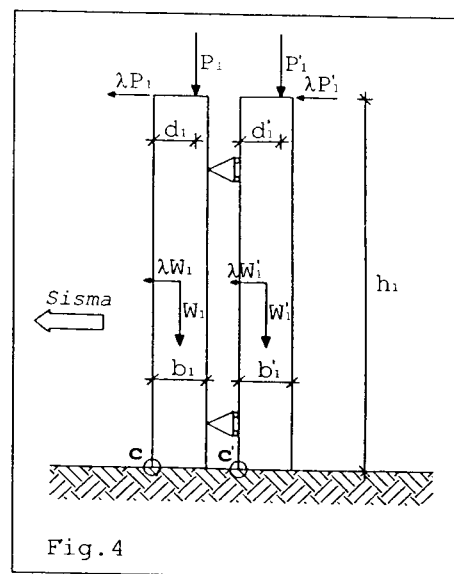


Fig. 4

2.1.2.2 - Verifica a ribaltamento di parete a doppia cortina bipiano (Fig.5)

DATI GEOMETRICI

b_1, b_1' = spessore delle pareti inferiori

b_2, b_2' = spessore delle pareti superiori

h_1, h_2 = altezza delle pareti

d_1, d_2, d_1', d_2' = distanze del punto di applicazione del carico del solaio dal lembo esterno

l_i = luce di influenza del solaio

L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

W_1, W_1' = peso proprio delle pareti del piano inferiore

W_2, W_2' = peso proprio delle pareti del piano superiore

P_1, P_1' = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

λ = coefficiente di collasso

Momento stabilizzante

$$M_s = W_1 \frac{b_1}{2} + W_2 \frac{b_2}{2} + P_1 d_1 + P_2 d_2$$

Momento ribaltante

$$M_r = \lambda \left[(W_1 + W_1') \frac{h_1}{2} + (W_2 + W_2') \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) + P_1 h_1 + (P_2 + P_2') (h_1 + h_2) \right]$$

Imponendo l'equilibrio si ottiene il moltiplicatore:

$$\lambda = \frac{W_1 \frac{b_1}{2} + W_2 \frac{b_2}{2} + P_1 d_1 + P_2 d_2}{(W_1 + W_1') \frac{h_1}{2} + (W_2 + W_2') \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) + P_1 h_1 + (P_2 + P_2') (h_1 + h_2)}$$

Normalmente si ha:

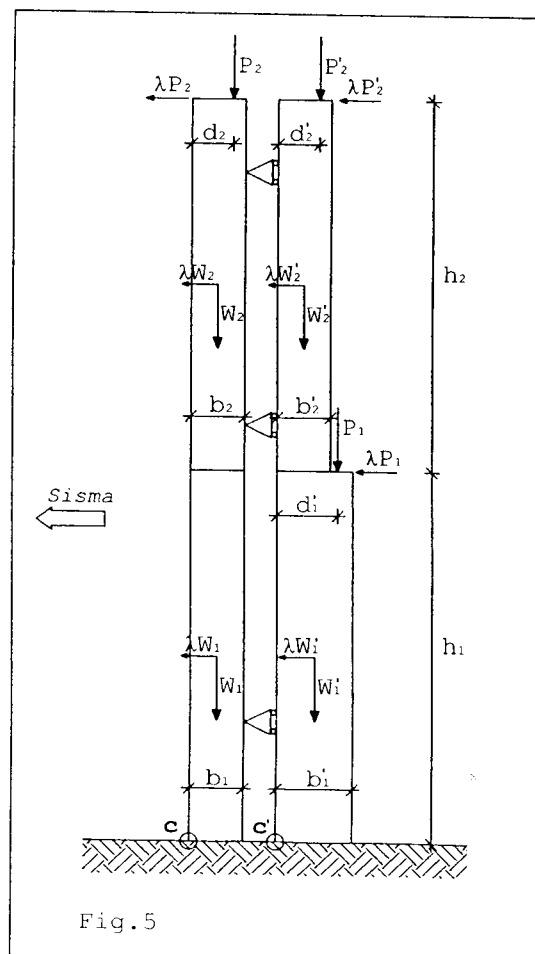


Fig. 5

$$W_1 = W'_1 = W_{1,tot}/2$$

e

$$W_2 = W'_2 = W_{2,tot}/2$$

2.1.2.3 - Verifica a ribaltamento di parete a doppia cortina multipiano (Fig.6)

GEOMETRIA

s_i = spessore muro

b_1 , b_2 = spessore della cortina esterna che ribalta

h_i = altezza della parete

h_{Fi} = altezza punto di applicazione spinte orizzontali

l_i = luce di influenza del solaio

L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

F_{vi} = componente verticale della spinta statica di archi o volte

F_{Hi} = componente orizzontale della spinta statica di archi o volte

N_i = carico verticale dei piani superiori

N_1 , N_2 = carico verticale su ogni cortina

h_{Ni} = braccio verticale di N rispetto ad C

R_i = risultante delle forze statiche dei piani superiori

h_{Ri} = braccio verticale di R_i rispetto ad C

W_1 , W_2 = peso proprio della parete

P_{si} = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

λ = coefficiente di collasso

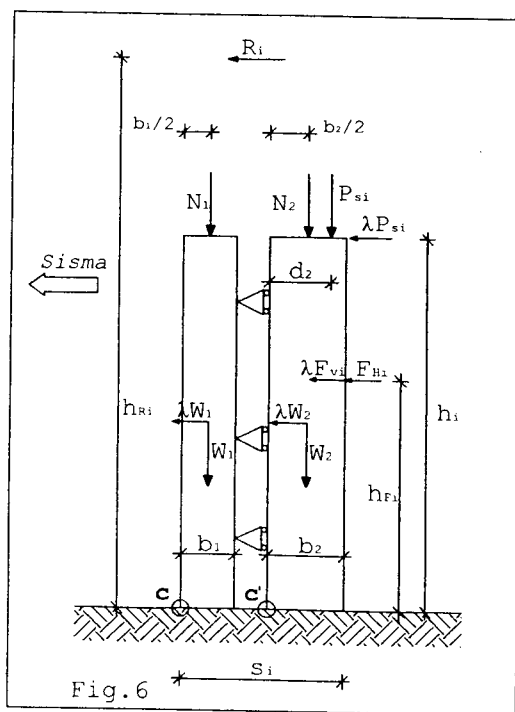
$$W_i = b_i \cdot \gamma_i \cdot h_i \cdot L$$

$$P_{si} = q_{si} \cdot l_i \cdot L$$

$$M_S = W_1 \left(\frac{b_1}{2} \right) + N_1 \left(\frac{b_1}{2} \right)$$

$$M_R = \lambda \left[W_1 \cdot \frac{h_i}{2} + P_{si} \cdot h_i + N_1 \cdot h_{Ni} + \frac{F_{Vi}}{2} \cdot h_{Fi} \right] + \frac{F_{Hi}}{2} \cdot h_{Fi} + R_i \cdot h_{Ri}$$

$$\lambda = \frac{W_1 \frac{b_1}{2} + N_1 \frac{b_1}{2} - \frac{F_{Hi}}{2} \cdot h_{Fi} - R_i \cdot h_{Ri}}{\left[W_1 \frac{h_i}{2} + P_{si} \cdot h_i + N_1 \cdot h_{Ni} + \frac{F_{Vi}}{2} \cdot h_{Fi} \right]}$$



2.1.3 - Meccanismo di ribaltamento composto

Si definisce "ribaltamento composto" la situazione in cui al ribaltamento della parete ortogonale all'azione sismica si aggiunge il coinvolgimento di una porzione di muratura ortogonale alla parete da verificare nel caso di ammorsamento efficace tra le pareti. La dimensione del cuneo di distacco dipende dalla qualità muraria delle pareti di controvento e dalla presenza di aperture e dalla loro posizione.

In assenza di aperture l'ampiezza dell'angolo varia $\alpha = 15^\circ - 30^\circ$ in funzione della qualità muraria; inoltre è necessario sottolineare che più piccola è la porzione di muratura che viene trascinata, minore è l'effetto stabilizzante e più λ assume valori bassi.

2.1.3.1 - Verifica a ribaltamento composto di parete monopiano (Fig.7)

DATI GEOMETRICI

s = spessore della parete

h = altezza della parete

d = distanza del punto di applicazione del carico del solaio dal lembo esterno

l_i = luce di influenza del solaio

L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

W = peso proprio della parete

W_c = peso proprio del cuneo

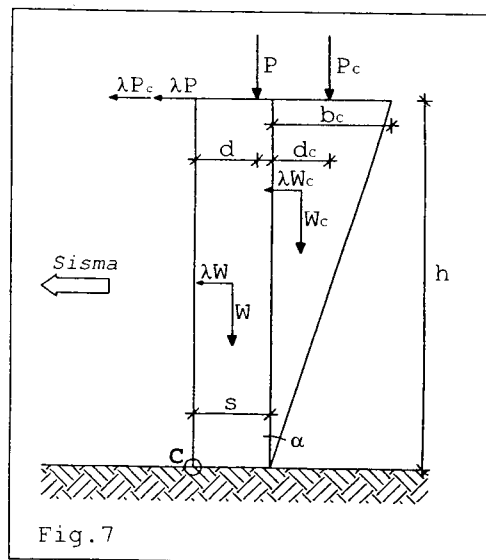
P_s = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

λ = coefficiente di collasso

$$M_S = W \frac{s}{2} + W_c \left(s + \frac{1}{3} b_c \right) + P_c (s + d_c)$$

$$M_R = \lambda \left[W \frac{h}{2} + W_c \frac{2}{3} h + (P + P_c) h \right]$$

$$\lambda = \frac{W \frac{s}{2} + W_c \left(s + \frac{1}{3} b_c \right) + P_c (s + d_c)}{W \frac{h}{2} + W_c \frac{2}{3} h + (P + P_c) h}$$



2.1.3.2 - Verifica a ribaltamento composto di parete bipiano (Fig.8)

DATI GEOMETRICI

s_{1,2} = spessore della parete

h_{1,2} = altezza della parete

d_{1,2} = distanza del punto di applicazione del carico del solaio dal lembo esterno

l_i = luce di influenza del solaio

L = larghezza della parete

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

$W_{1,2}$ = peso proprio della parete

W_C = peso proprio del cuneo

P_C = peso proprio del cuneo

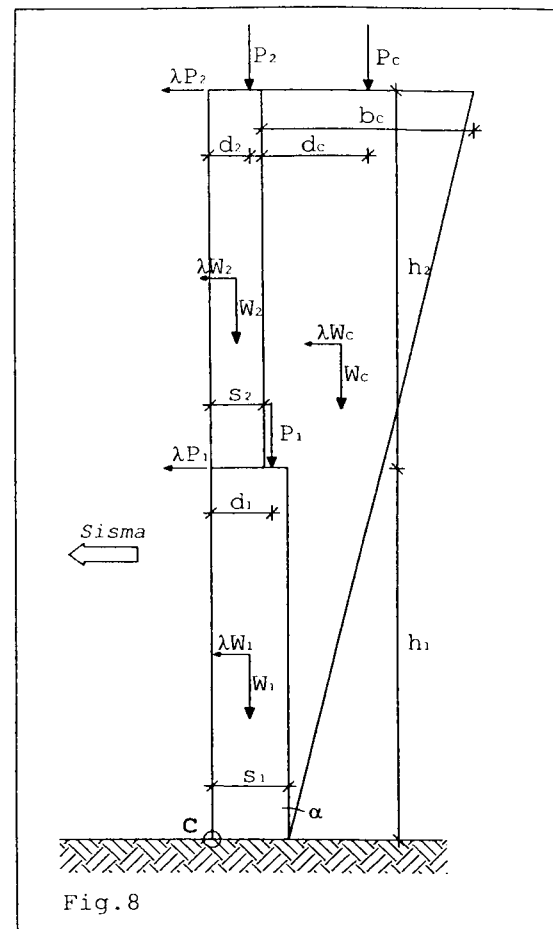
$P_{1,2}$ = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

λ = coefficiente di collasso

$$M_S = W_1 \frac{s_1}{2} + W_2 \frac{s_2}{2} + W_C \left(s_2 + \frac{1}{3} b_C \right) + P_1 d_1 + P_2 d_2 + P_C (s_2 + d_C)$$

$$M_R = \lambda \left[W_1 \frac{h_1}{2} + W_2 \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) + W_C \frac{2}{3} (h_1 + h_2) + P_1 h_1 + (P_2 + P_C) (h_1 + h_2) \right]$$

$$\lambda = \frac{W_1 \frac{s_1}{2} + W_2 \frac{s_2}{2} + W_C \left(s_2 + \frac{1}{3} b_C \right) + P_1 d_1 + P_2 d_2 + P_C (s_2 + d_C)}{\left[W_1 \frac{h_1}{2} + W_2 \left(h_1 + \frac{h_2}{2} \right) + W_C \frac{2}{3} (h_1 + h_2) + P_1 h_1 + (P_2 + P_C) (h_1 + h_2) \right]}$$



2.1.3.3 - Verifica a ribaltamento del cuneo d'angolo (Fig.9)

GEOMETRIA

S_i = spessore muro

S_{i+1} = spessore medio parete superiore

S_α = spessore muro ortogonale

h_i = altezza parete

h_{Fi} = altezza di applicazione di spinte orizzontali

d_i = distanza dal punto di applicazione del carico solaio al lembo esterno

l_i = luce di influenza del solaio

b_i = luce di influenza del solaio che scarica sul cuneo

α = ampiezza angolo del cuneo di distacco

L = larghezza della parete

L_α = larghezza del cuneo di distacco ($L_\alpha = H_i \tan \alpha$)

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

F_{vi} = componente verticale della spinta statica di archi o volte

F_{Hi} = componente orizzontale della spinta statica di archi o volte

N_i = carico verticale dei piani superiori

N_α = carico verticale dei piani superiori al cuneo

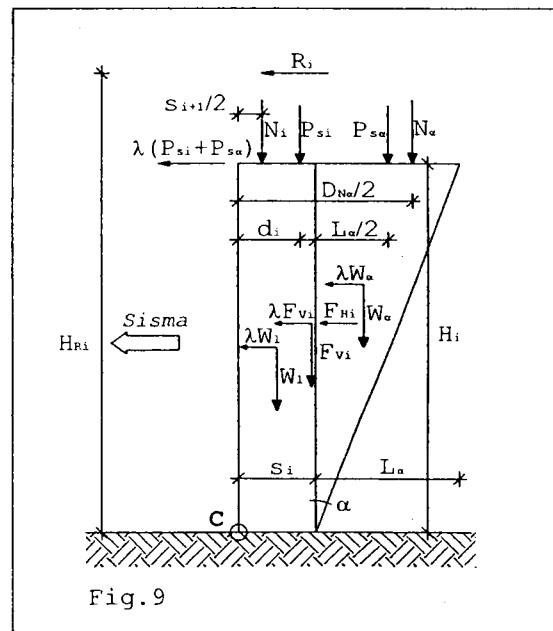
h_{Ni} = braccio verticale di N_i rispetto ad A

$h_{N\alpha}$ = braccio verticale di N_α rispetto ad A

R_i = risultante delle forze statiche dei piani superiori

h_{Ri} = braccio verticale di R_i rispetto ad A

W_i = peso proprio della parete ($W_i = S_i \gamma_i H_i L$)



W_α = peso proprio del cuneo di distacco ($P_\alpha = S_\alpha \gamma_i H_i L_\alpha / 2$)

P_{si} = peso solaio calcolato in base all'area di influenza (l_i) ($P_{si} = q_{si} l_i L$)

$P_{s\alpha}$ = peso solaio che scarica sul cuneo (area influenza b_i) ($P_{s\alpha} = q_{si} b_i L$)

λ = coefficiente di collasso

$$M_s = W_i \frac{S_i}{2} + N_i \frac{S_{i+1}}{2} + P_{si} d_i + F_{Vi} S_i + P_{s\alpha} \left(S_i + \frac{L_\alpha}{2} \right) + N_\alpha d_{N\alpha} + W_\alpha \left(S_i + \frac{L_\alpha}{3} \right)$$

$$M_R = \lambda \left[W_i \frac{h_i}{2} + W_\alpha \frac{2}{3} h_i + (P_{si} + P_{s\alpha}) h_i + N_i h_{Ni} + N_\alpha h_{N\alpha} + F_{Vi} h_{Fi} \right] + F_{Hi} h_{Fi} + R_i h_{Ri}$$

$$\lambda = \frac{M_s - F_{Hi} h_{Fi} - R_i h_{Ri}}{\left[W_i \frac{h_i}{2} + W_\alpha \frac{2}{3} h_i + (P_{si} + P_{s\alpha}) h_i + N_i h_{Ni} + N_\alpha h_{N\alpha} + F_{Vi} h_{Fi} \right]}$$

2.1.4 - Meccanismo di flessione verticale (ad arco) di una parete monolitica (Fig.10, Fig.11)

Una situazione piuttosto comune è quella di una tesa muraria vincolata agli estremi. E' il caso, ad esempio, di un edificio a tre piani con un cordolo in sommità e tutti e due i solai intermedio privi di qualsiasi connessione. In questo caso la tesa da considerare è l'intera parete esterna "cielo-terra" vincolata al piede nel terreno ed in testa al cordolo. Se l'edificio in esame ha già subito un sisma, è possibile stabilire se questo meccanismo è in atto valutando innanzitutto la presenza di fuoripiombo della parete esposta. Anche in questo caso altri indicatori possono essere le condizioni di danno locale, come lo sfilamento di una o più travi del solaio gravante sulla tesa fuoripiombo.

Per un edificio non ancora colpito dal sisma, le condizioni per il verificarsi del meccanismo ad arco verticale sono fondamentalmente la presenza di connessione orizzontale inferiore e superiore tale da individuare una tesa muraria. Per connessioni orizzontali tiranti metallici, ancoraggi alle testate di travi lignee, cordoli e solette in c.a. ben ammorsate alla muratura attraverso opportuni perfori armati.

In questa situazione, la presenza in sommità di un dispositivo di connessione impedisce il ribaltamento della parete verso l'esterno: infatti il muro, costruito per sovrapposizione di elementi lapidei e laterizi vincolati da semplice contatto, sopporta sforzi di flessione solo in virtù dello sforzo assiale che mantiene i centri di pressione all'interno della sezione; se però tale risultante tocca il lembo esterno del paramento murario, in quel punto si forma una cerniera che consente l'innescio del descritto cinematismo.

2.1.4.1 - Calcolo del moltiplicatore nel caso di parete incatenata

GEOMETRIA

s = spessore della parete

h = altezza della parete

h_i = altezza dei due macroelementi

l_i = luce di influenza del solaio

L = larghezza della parete

dX = spostamento in direzione x

dY = spostamento in direzione Y

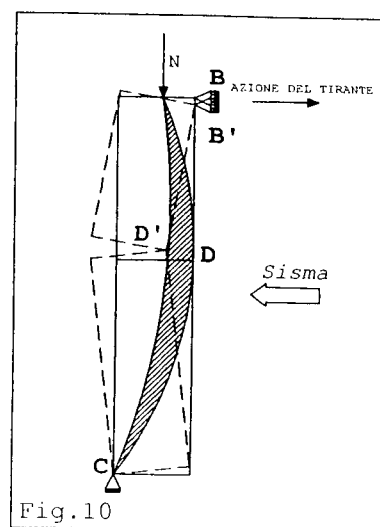


Fig.10

CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

N_i = carico verticale dei piani superiori (nel caso di parete monopiano $N_i=0$)

N^* = carico verticale dei piani superiori più il peso del solaio (nel caso di parete monopiano $N^*=P_{si}$)

W_i = peso proprio del macroelemento

P_{si} = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

λ = coefficiente di collasso

$$W = W_1 + W_2 \quad ; \quad W_1 = \frac{X-1}{X} W \quad ; \quad W_2 = \frac{W}{X}$$

$$W = S \cdot \gamma_i \cdot h \cdot L \quad ; \quad P_{si} = q_{si} \cdot l_1 \cdot L \quad ; \quad N^* = P_{si} + N_i$$

IPOTESI

- la risultante dei carichi verticali N^* è applicata a $S/2$;
- la cerniera D si forma nel punto di tangenza della curva di pressione, con il lembo esterno;

Si introduce la variabile X tale che

$$h_2 = \frac{h}{X};$$

$$h_1 = \frac{X-1}{X} \cdot h;$$

$$h_1 = \psi \cdot h_2$$

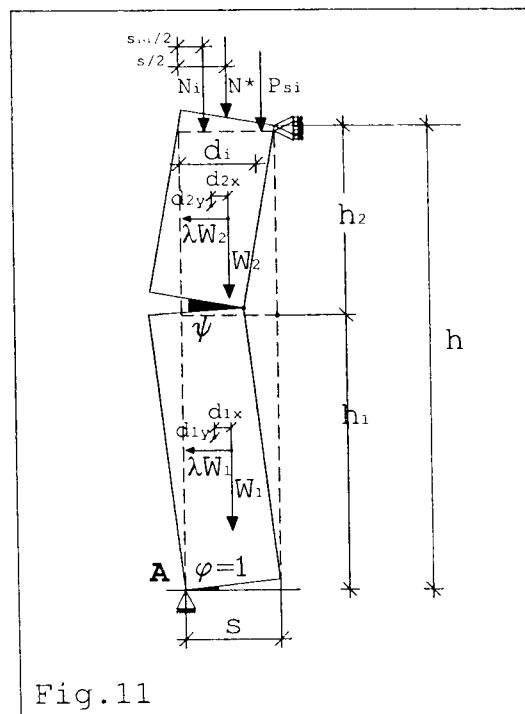
Si impone una rotazione unitaria $\varphi=1$ alla base e si applica il P.L.V. nell'ipotesi di piccoli spostamenti.

$$d_{1x} = \frac{h}{2} \cdot \frac{X-1}{X} = d_{2x}$$

$$d_{1y} = \frac{S}{2} \quad ;$$

$$d_{2y} = \frac{S}{2} \cdot (X+1) = d_{Ny}$$

$$P.L.V. \quad -W_1 d_{1y} - W_2 d_{2y} - N^* d_{Ny} + \lambda \cdot W_1 d_{1x} + \lambda \cdot W_2 d_{2x} = 0$$



CARICHI

γ = peso specifico della muratura

q_{si} = peso del solaio per unità di superficie

N_i = carico verticale dei piani superiori (nel caso di parete monopiano $N_i=0$)

N^* = carico verticale dei piani superiori più il peso del solaio (nel caso di parete monopiano $N^*=P_{si}$)

W_i = peso proprio del macroelemento

P_{si} = peso solaio calcolato in base all'area d'influenza

λ = coefficiente di collasso

$$W = W_1 + W_2 \quad ; \quad W_1 = \frac{X-1}{X} W \quad ; \quad W_2 = \frac{W}{X}$$

$$W = S \cdot \gamma_i \cdot h \cdot L \quad ; \quad P_{si} = q_{si} \cdot l_1 \cdot L \quad ; \quad N^* = P_{si} + N_i$$

IPOTESI

- la risultante dei carichi verticali N^* è applicata a $S/2$;
- la cerniera D si forma nel punto di tangenza della curva di pressione, con il lembo esterno;

Si introduce la variabile X tale che

$$h_2 = \frac{h}{X};$$

$$h_1 = \frac{X-1}{X} \cdot h;$$

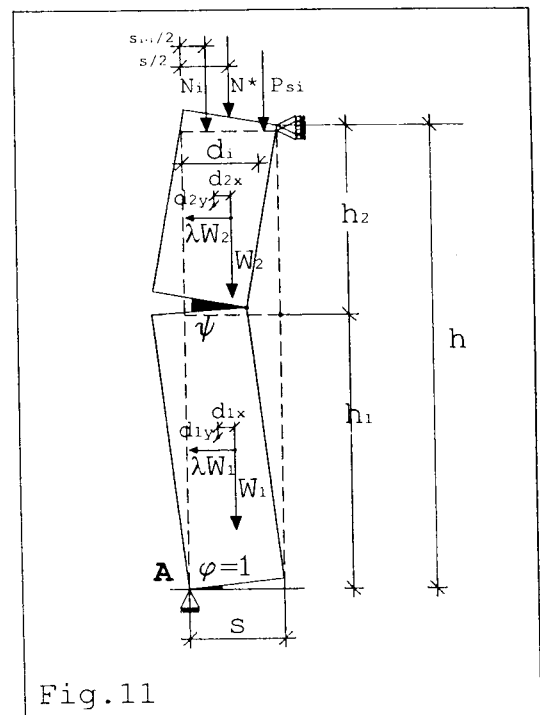
$$h_1 = \psi \cdot h_2$$

Si impone una rotazione unitaria $\varphi=1$ alla base e si applica il P.L.V. nell'ipotesi di piccoli spostamenti.

$$d_{1x} = \frac{h}{2} \cdot \frac{X-1}{X} = d_{2x}$$

$$d_{1y} = \frac{S}{2} \quad ;$$

$$d_{2y} = \frac{S}{2} \cdot (X+1) = d_{Ny}$$



$$P.L.V. \quad -W_1 d_{1y} - W_2 d_{2y} - N^* d_{Ny} + \lambda \cdot W_1 d_{1x} + \lambda \cdot W_2 d_{2x} = 0$$

Si ricava $\lambda = \lambda(x)$ e si risolve il minimo della funzione.

$$h_1 = \frac{h \sqrt{2 \frac{W + N^*}{N^*}}}{1 + \sqrt{2 \frac{W + N^*}{N^*}}} ; \quad \lambda = \frac{S}{h_1} \left[2 + \frac{N^*}{W} \left(\frac{h}{h - h_1} + 1 \right) \right]$$

2.2 - Meccanismi di II modo

I meccanismi di II modo raggruppano tutti i possibili cinematismi provocati da azioni orizzontali agenti nel piano delle pareti. Si tratta di meccanismi che si instaurano in luogo di quelli di I modo o di seguito ad essi nel caso di efficace ammorsamento delle pareti di facciata con i muri di controvento e che, nella gran parte dei casi, comportano coefficienti di collasso superiori a quelli di primo modo. I meccanismi di secondo modo infatti sono legati ad un **funzionamento "corretto" dell'organismo strutturale**, che è in grado cioè di opporre all'azione sismica le sue parti a maggior rigidezza (le pareti disposte di taglio).

Per gli edifici nei quali si realizza il "comportamento scatolare" dell'insieme pareti-orizzontamenti, che garantisce l'ottimale sfruttamento delle risorse strutturali disponibili, è possibile riferirsi ai metodi di verifica più noti basati essenzialmente sul meccanismo di rottura a taglio dei maschi murari. Queste verifiche possono essere condotte con diverse modalità presenti sia nelle leggi vigenti sia in norme utilizzate in passato.

Per azioni nel piano della parete è quindi possibile effettuare la verifica con uno dei seguenti metodi:

- metodo L. 219/81 esemplificato nella C.M. n. 21745 del 30/07/81 (Metodologia POR);
- verifica con metodi di analisi limite dell'equilibrio per trasformazione in cinematismo (vedi testi specializzati).

Le verifiche, secondo i diversi approcci, dovranno essere eseguite per tutte le possibili combinazioni di carico previste dalla normativa.

3 - VERIFICA DEI COLLEGAMENTI

Le funzioni di questi vincoli sono:

- fornire il supporto necessario affinché le pareti non ribaltino fuori dal loro piano;
- contribuire a ricondurre le forze d'inerzia agenti sugli orizzontamenti fino alle pareti parallele all'azione del sisma considerato.

Nel primo caso osserviamo che il modo più immediato per calcolare i collegamenti è quello di imporre l'equilibrio fra sollecitazioni ribaltanti e stabilizzanti della parete tenendo conto dell'eventuale contributo stabilizzante dovuto al tirante.

In questo calcolo le forze sismiche possono essere assunte uguali a quelle previste dal D.M. 16/01/1996 per la verifica con azioni ortogonali alla parete.

In realtà il D. M. 16/01/1996 lascia spazio a qualche interpretazione perché i collegamenti possono essere visti in almeno in due modi diversi:

- come elementi stabilizzanti ai fini delle verifiche per forze ortogonali e, pertanto, essere calcolati a fronte di forze sismiche pari a βC ;
- come elementi di connessione atti a garantire il comportamento scatolare dell'intera struttura, ed essere calcolati a fronte delle forze previste per la verifica d'insieme, affette dai coefficienti di distribuzione in altezza γ_i .

Assegnando il valore dell'azione sismica si ottiene il tiro richiesto al collegamento per garantire l'equilibrio; se invece il collegamento esiste già e se ne vuole valutare l'adeguatezza si assume che il tirante espliciti la sua massima resistenza e si calcola il valore dell'azione sismica massima per la quale l'equilibrio è garantito.

La verifica dei collegamenti è completa solo se si verifica anche il dimensionamento del sistema di ancoraggio. Nel caso di un intervento di incatenamento è consigliabile garantire che la resistenza a flessione e a taglio della testa di ancoraggio e la resistenza a punzonamento del muro siano sempre superiori alla resistenza a trazione della catena. Per quanto riguarda la prima verifica ci si potrà riferire in generale a schemi semplificati tipo aste o piastre sottoposte all'azione concentrata della catena e ad una distribuzione di pressioni uniforme con essa equilibrata.

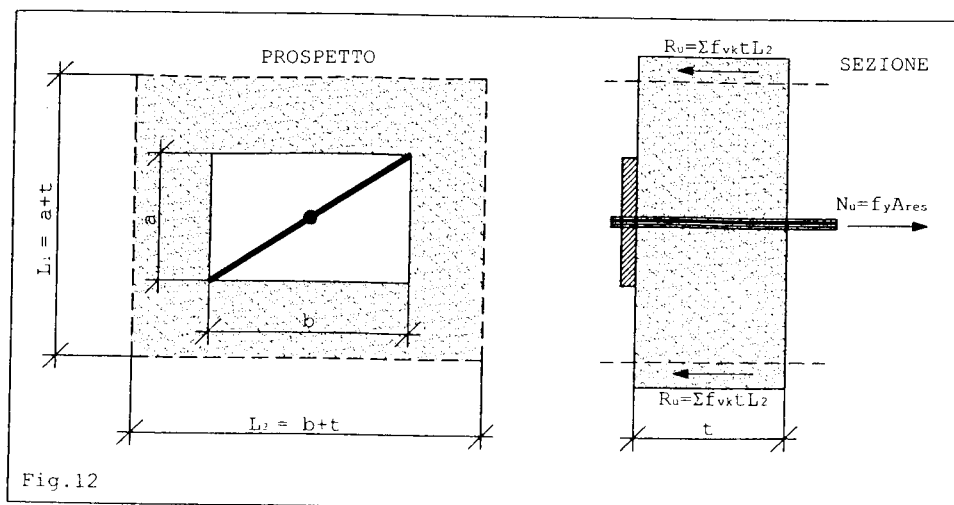
Per quanto riguarda la seconda verifica, si controlleranno la resistenza alla penetrazione nel muro e la resistenza a punzonamento dello stesso, tenendo conto, se del caso, dell'eventuale effetto favorevole di setti trasversali o solai.

3.1 - Catene (Fig.12)

Nel caso di inserimento di catene o collegamento delle travi dei solai alle pareti con funzione di incatenamento, è necessario verificare:

- l'area resistente della catena tenendo conto anche delle tensioni indotte dalle variazioni termiche (la trazione nei tiranti viene determinata con condizioni di equilibrio);
- a punzonamento la muratura;
- la pressione di contatto sulla muratura;
- il sistema di ancoraggio della catena (capochiave).

Nel caso di eliminazione di spinte, quali quelle dovute ad archi o volte o elementi strutturali della copertura (puntoni), attraverso l'inserimento di catene, sono necessarie le verifiche di cui sopra.



3.1.1 - Verifica del tirante

La verifica dell'area resistente dei tiranti può essere condotta valutando la massima trazione che può essere fornita tramite la relazione:

$$T = f_y \frac{A}{\gamma_m}$$

dove:

f_y = tensione di snervamento del tirante o delle armature del cordolo;

A = sezione del tirante o area complessiva delle armature longitudinali del cordolo;

γ_m = coefficiente parziale di sicurezza sul materiale (1,15).

3.1.2 - Verifica a punzonamento delle murature

Le murature nella zona di ancoraggio saranno verificate principalmente nei confronti del punzonamento, considerando il meccanismo di estrazione di un concio individuato da un perimetro posto a distanza $t/2$ dall'elemento di collegamento, che resiste grazie alla tensione tangenziale scambiata con la muratura circostante. Sulle facce orizzontali si considererà la tensione tangenziale limite τ_u , sulle facce laterali la tensione τ_k . A favore di sicurezza si potrà trascurare il contributo delle facce laterali. Nel caso di muratura a blocchi squadrati è appropriato considerare un meccanismo di scorrimento dei blocchi direttamente caricati rispetto a quelli adiacenti, utilizzando come resistenza allo scorrimento quella a taglio dei letti di malta.

3.1.3 - Verifica della pressione sulle murature

E' opportuno verificare anche la resistenza del muro nei confronti della penetrazione del dispositivo di ancoraggio, dovuta ad eccesso di pressione di contatto:

$$\sigma_m = \frac{N}{A_p} \leq \sigma_c$$

dove:

σ_m = tensione di contatto

N = azione del tirante

A_p = area di contatto

Nel caso di ancoraggi lineari su murature composte da elementi lapidei di piccole dimensioni un possibile schema di riferimento è quello che consiste nell'individuare un'area direttamente caricata (A_1), di dimensioni pari alla zona di contatto, e un'area di ripartizione concentrica alla precedente (A_2) estesa fino a raggiungere i lati della muratura. La verifica confronta la tensione di contatto con la resistenza caratteristica a compressione aumentata di un coefficiente $\Psi = \sqrt{A_2/A_1}$, non maggiore di 2:

$$T/ab \leq \Psi \sigma_k$$

dove:

T = tiro della catena

a, b = dimensioni dell'area di contatto.

3.1.4 - Verifica del sistema di ancoraggio

Il capochiave si verifica come una trave (o piastra) sottoposta alla pressione che equilibra il tiro della catena in condizioni di snervamento. Un possibile schema di calcolo semplificato è quindi quello di trave (o piastra) con un carico concentrato in corrispondenza del bullone e un carico ripartito uniforme equilibrato su tutta la superficie di contatto. Le verifiche riguardano la resistenza a flessione e a taglio dell'elemento.

3.2 - Cerchiature

- Verifica dell'elemento cerchiato e cerchiante (staffe, profilati o materiali compositi...)

3.3 - Interventi sui solai

Nel caso di consolidamento dei solai esistenti e/o sostituzione totale è necessaria:

- la verifica della nuova sezione resistente (sezione integrata, o nuova sezione);
- la verifica delle sezioni di appoggio;
- la verifica degli elementi di collegamento (ancoraggi, perforazioni armate) solaio-pareti a sfilamento (barra-malta, malta-muratura);
- la verifica delle travi e/o travetti impiegati come catene;
- la verifica delle unioni (connettori, chiodature, cinture metalliche, tra elementi strutturali quali ad esempio tavolato-trave, soletta-trave).

3.4 - Interventi in copertura

Nella realizzazione del collegamento della copertura alle murature sottostanti attraverso la creazione di cordolo in c.a. si possono distinguere i due casi fondamentali con presenza o meno di collegamenti sottostanti.

Nel caso di assenza di collegamenti con la muratura sottostante la verifica a scorrimento del cordolo deve essere condotta assumendo le azioni sismiche proporzionali a β_C volte la massa di tutti gli elementi strutturali soprastanti la base del cordolo. In questo caso si dovrà assumere un coefficiente di attrito cordolo-muratura variabile tra 0,4 e 0,6 in relazione alla consistenza della muratura sottostante.

Qualora siano previsti collegamenti tra il cordolo e la muratura, mediante perforazioni armate efficacemente ancorate, si dovrà procedere alle seguenti verifiche:

- a taglio della sezione dei connettori;
- a rifollamento della barra sul materiale di iniezione;
- a rifollamento dell'insieme barra+iniezione (assimilabile ad un cilindro) sulla muratura.

3.5 - Interventi in fondazione

Il progettista dovrà valutare il livello di sicurezza in fondazione.

La resistenza in fondazione potrà essere quantificata sulla base delle verifiche previste dal D.M. 11.03.1988, assumendo i seguenti parametri di calcolo:

- le azioni devono essere calcolate con $\beta_2 = 1$;
- i coefficienti di sicurezza possono essere ridotti del 20%.

Caratterizzazione geotecnica: ipotesi di lavoro

- Il fabbricato non presenta dissesti fondali, non sono previsti interventi in fondazione ma possono essere previste limitate modifiche delle tensioni unitarie sui terreni.
- Il fabbricato presenta dissesti fondali o la verifica sismica in fondazione impone interventi atti a mitigare le pressioni sul terreno.

Nel primo caso, la valutazione del livello di sicurezza deve riguardare sia il terreno interessato dai carichi trasmessi dalle strutture di fondazione che le strutture stesse.

Come previsto al punto C.3 del D.M. 11.03.88 *“nel caso di modesti manufatti che ricadono in zone già note, le indagini in sito ed in laboratorio sui terreni di fondazione possono essere ridotte o omesse, sempre che sia possibile procedere alla caratterizzazione dei terreni sulla base di dati e di notizie raccolte mediante indagini precedenti, eseguite su terreni simili ed in aree adiacenti. In tal caso, dovranno essere specificate le fonti dalle quali si è pervenuti alla caratterizzazione fisico-meccanica del sottosuolo”*. Su tali informazioni potrà essere basata, responsabilmente, la progettazione comprendente lo studio dei fenomeni sia di carattere locale che fenomeni di carattere globale dell'insieme terreno-struttura.

Nel secondo caso, risulta sempre necessaria la caratterizzazione geotecnica qualitativa e quantitativa del sottosuolo, per consentire la scelta della soluzione progettuale ed eseguire i calcoli di verifica.

BIBLIOGRAFIA

- A. Avorio, A. Borri, G. Cangi *"Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici, Capitolo 5 - Riparazione e consolidamento degli edifici in muratura"*, Edizioni DEI Tipografia del Genio Civile, Roma, 1999.
- A. Giuffrè (a cura di) *"Sicurezza e conservazione dei centri storici - Il caso di Ortigia-"*, Editori Laterza, Bari, 1999.
- Associazione Nazionale Ingegneria Sismica e Servizio Sismico Nazionale *"Commentario al D.M. 16.01.1996 del Ministero LL.PP."* a cura di F. Barga, Editore Lamisco, Potenza, 1997.
- A. DeSortis, G. Di Pasquale, U. Nasini (Coordinatori) *"Terremoto in Umbria e Marche del 1997 - Criteri di calcolo per la progettazione degli interventi-"* Editrice Sallustiana, Roma, 1998.
- Regione Umbria, Atti della Giornata di Studi *"La prevenzione - Pericolosità sismica locale nell'alta valle del Tevere Studi di vulnerabilità e microzonazione"*, Città di Castello, 5 luglio 2002.

ALLEGATO N. 5

**ISTRUZIONI GENERALI PER LA REDAZIONE DI
PROGETTI DI RESTAURO NEI BENI ARCHITETTONICI
DI VALORE STORICO-ARTISTICO IN ZONA SISMICA**

**ISTRUZIONI GENERALI PER LA REDAZIONE DI PROGETTI DI RESTAURO NEI BENI
ARCHITETTONICI DI VALORE STORICO-ARTISTICO IN ZONA SISMICA**
(MINISTERO BENI CULTURALI ED AMBIENTALI -
MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI)

Premessa.

Il testo - base del presente documento, predisposto nell'ottobre 1996 dal Comitato Nazionale per la prevenzione del Patrimonio Culturale dal rischio sismico, ha rielaborato ed aggiornato la circolare n° 1841 del 12 marzo 1991 del Ministero Beni Culturali e Ambientali, contenente "Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento e manutenzione nei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica".

Esaminato da un gruppo di lavoro, è stato approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, con integrazioni e specificazioni (riportate nel testo che segue), nella seduta del 28/11/1997, prot. 564.

A - OGGETTO E SCOPO

Le presenti istruzioni generali hanno lo scopo di fornire prescrizioni per la predisposizione e la organizzazione di idonei progetti riguardanti gli interventi di restauro nei beni architettonici di valore storico-artistico esistenti in zona sismica, soggetti a tutela ai sensi della legge 1 giugno 1939, n° 1089, recante disposizioni per la "Tutela delle cose di interesse artistico e storico" ed ai sensi della legge 21 giugno 1939, n° 1497, recante disposizioni per la "Protezione delle bellezze naturali" o aventi interesse architettonico, archeologico e storico-artistico comunque riconosciuti, e di cui occorra altresì, garantire la sicurezza.

Le istruzioni regolano, quindi, la corretta applicazione, nei beni architettonici di valore storico-artistico, ai fini della loro tutela ai sensi della legge 1 giugno 1939 n. 1089, degli interventi di miglioramento e di adeguamento antisismico secondo il dettato del decreto ministeriale del 16 Gennaio 1996 al punto C.9.1.2.

La corretta applicazione si intende riferita alla esigenza fondamentale di salvaguardare la identità estetica e storica del complesso edilizio, ovvero non introdurre, con le operazioni tecniche genericamente intese a conseguire un maggiore grado di sicurezza alle azioni sismiche, elementi estranei e stravolgenti rispetto la configurazione storico-architettonica del complesso edilizio.

Esigenza che la stessa "legge sismica", 2/2/74 n.64, riconosce all'art.16, rinviando le valutazioni alle disposizioni delle leggi di tutela 1/6/39 n. 1089 e 29/6/39 n.1497.

B - RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- Legge 1 giugno 1939 n° 1089 e successive modificazioni recante la "Tutela delle cose di interesse artistico e storico";
- Legge 21 giugno 1939 n° 1497 e successive modificazioni recante la "Protezione delle bellezze naturali";
- Circolare n° 117 del 6 aprile 1972 del Ministero della Pubblica Istruzione ora Ministero Beni Culturali ed Ambientali, denominata Carta del Restauro 1972;
- Legge 2 febbraio 1974 n° 64 recante: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- Circolare n° 1032 del 18 luglio 1986 del Ministero Beni Culturali ed Ambientali recante: "Raccomandazioni relative agli interventi sul patrimonio monumentale a tipologia specialistica in zona sismica";
- Circolare n° 1841 del 12 marzo 1991 del Ministero Beni Culturali ed Ambientali, recante: "Direttive per la redazione ed esecuzione di progetti di restauro comprendenti interventi di miglioramento antisismico e manutenzione nei complessi architettonici di valore storico-artistico in zona sismica"
- Legge 11 febbraio 1994 n° 109, coordinata con le modifiche introdotte dal decreto legge 3 aprile 1995 n° 101, convertito in legge n° 216 del 2 giugno 1995;
- D.M. 16 gennaio 1996 del Ministro dei Lavori Pubblici, di concerto con il Ministro dell'Interno, recante: "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche";
- "Criteri di valutazione delle istanze di deroga ai sensi dell'art. 12 della Legge 2.2.74 n° 64 (Voto n°60 del 19.3.1996 della I Sezione del Consiglio Superiore dei LL.PP.);
- Circolare, n°65 del 10 aprile 1997 del Ministero dei Lavori Pubblici, recante "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16.1.96";

C - CRITERI GENERALI

C.1. DEFINIZIONE DEGLI INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO ED ADEGUAMENTO

Gli interventi di restauro di cui alle presenti istruzioni devono essere ricondotti alla tipologia di interventi di miglioramento di cui al punto C.9.1.2. delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".

Secondo la suddetta norma, infatti, tale tipologia di interventi si applica, in particolare, al caso di beni architettonici di cui all'art.16 della Legge 2 febbraio 1974 n. 64, in quanto compatibile con le esigenze di tutela e di conservazione del bene culturale.

Gli interventi di adeguamento antisismico sono limitati, nei beni architettonici di cui alle presenti istruzioni, solo ad alcuni casi di seguito descritti.

Ai sensi del citato D.M. 9/1/96, si intende per intervento di miglioramento antisismico "l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio, con lo scopo di conseguire un maggiore grado di sicurezza senza peraltro modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale".

Nello stesso D.M. è, inoltre, disposta l'obbligatorietà di eseguire interventi di miglioramento a chiunque intenda effettuare interventi locali volti a rinnovare o sostituire elementi strutturali dell'edificio.

Si intende, invece, per intervento di adeguamento antisismico "l'esecuzione di un complesso di opere sufficienti per rendere l'edificio atto a resistere alle azioni sismiche così come definite nel D.M. stesso.

Per gli interventi di *miglioramento* il D.M. non richiede verifiche formali del livello di sicurezza globale dell'edificio, sempre che sia dimostrato che gli interventi progettati non producono sostanziali modifiche nel comportamento strutturale globale dell'edificio.

Peraltro, come previsto nella Circolare 10/4/97 per ogni intervento di miglioramento deve, in relazione all'intervento da effettuare, essere valutata, in forma anche semplificata, la sicurezza strutturale raggiunta e l'incremento di sicurezza conseguito.

Gli interventi di *adeguamento*, comportano calcoli di verifica sismica globale, i quali sono basati su modelli analitici schematici che devono, comunque, risultare adatti a rappresentare l'effettivo comportamento delle antiche fabbriche murarie, e dimostrare la raggiunta sicurezza di norma.

Il D.M. 16/1/96 prescrive l'adeguamento soltanto a chi intenda:

- a) sopraelevare o ampliare l'edificio;
- b) apportare variazioni di destinazione che comportino, nelle strutture interessate dall'intervento, incrementi dei carichi originari (permanenti e accidentali) superiori al 20%;
- c) effettuare interventi strutturali rivolti a trasformare l'edificio mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un organismo edilizio diverso dal precedente;
- d) effettuare interventi strutturali rivolti ad eseguire opere e modifiche per innovare e sostituire parti strutturali dell'edificio, allorché detti interventi implicino sostanziali alterazioni del comportamento globale dell'edificio.

Pertanto ai fini della tutela dei beni architettonici aventi valore storico-artistico si pongono precise limitazioni.

Non si ritengono ammissibili, per il patrimonio storico-architettonico, con le esigenze e i requisiti della tutela, ai sensi della legislazione vigente del Ministero Beni Culturali ed Ambientali, gli interventi di tipo c) e d), perché indirizzati ad una modifica dei caratteri di cultura figurativa e materiale del manufatto.

Gli interventi di tipo a) non sono ammissibili per i beni tutelati ai sensi della legge 1089/39, in quanto non rispondenti ai caratteri di unicità propria dei beni architettonici. Per gli altri casi, e cioè per gli interventi che ricadono nell'ambito di applicazione della legge 1497/39, si dovrà valutare se la sopraelevazione o l'ampliamento siano conformi alle prescrizioni della Circolare n. 117 del 6 aprile 1972 denominata Carta del Restauro.

Gli interventi di tipo b) si possono, invece, ritenere ammissibili purché l'adeguamento non comporti la sopradde data modifica dei caratteri di cultura figurativa e materiale del manufatto nel suo complesso e nei suoi elementi.

L'adozione degli interventi di tipo b) pone, infatti, problemi di particolare delicatezza poiché la verifica sismica richiesta dagli interventi di adeguamento, per i motivi sopra ricordati, presenta, allo stato delle conoscenze, oggettive difficoltà ed incertezze che spesso spingono a dare risposte con soluzioni stravolgenti, dettate unicamente dalla esigenza della verifica formale, per cui essi possono essere adottati, pur con le riserve sopra indicate, e solo dietro individuate sperimentazioni che certifichino comunque la validità degli interventi previsti.

C.2. MIGLIORAMENTO, SUE MODALITA' E COMPORTAMENTO STATICO

Il sistema delle operazioni tecniche necessarie per effettuare il tipo di intervento di miglioramento di cui al punto C. 1 deve essere concepito e definito dopo che sia stato individuato il comportamento strutturale del bene architettonico nel suo stato originario e nelle fasi costruttive realizzate successivamente ove chiaramente distinguibili.

Lo stato originario e le fasi successive, non possono essere rigidamente disgiunti poiché fanno parte di un unico processo di trasformazione del manufatto.

Si dovranno così individuare le linee di modificazione del complesso edilizio nel tempo e quindi in base a questi accertamenti introdurre con gli interventi previsti correzioni indirizzate di volta in volta a:

- ripristinare comportamenti strutturali preesistenti ora alterati da fattori diversi;

- integrare il funzionamento statico attuale intervenendo sulle debolezze riscontrate.

L'incremento del livello di sicurezza locale deve essere ottenuto senza prevedere interventi che stravolgano o comunque modifichino sostanzialmente la concezione originaria del complesso edilizio e delle successive fasi costruttive ad esso organicamente connesse e fisiologicamente connaturati.

Nel caso venga proposto il cambiamento della destinazione d'uso, negli elaborati tecnici del progetto, le ripercussioni nella organizzazione tipologica e morfologica del bene architettonico devono essere esplicitamente e chiaramente illustrate, tenendo conto di quanto espresso nelle "operazioni tecniche" di cui al punto C4.

Per il cambiamento della destinazione d'uso ove proposto per i beni architettonici di cui al punto C. 1 delle presenti istruzioni deve essere emesso motivato parere da parte degli Organi Tecnici centrali del Ministero Beni Culturali ed Ambientali.

Il sistema delle operazioni tecniche necessario per effettuare gli interventi di miglioramento deve essere predisposto in stretta correlazione con gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria di cui ai punti a) e b) della Legge n.457/78.

Per quanto riguarda la Manutenzione straordinaria, tuttavia, va ricordato che non sono ammissibili "le opere e le modifiche necessarie per sostituire parti anche strutturali degli edifici" quando sono rivolte a modificare l'organizzazione tipologica e morfologica dei complessi edilizi di cui alle presenti "Istruzioni generali".

C.3. OPERAZIONI PROGETTUALI

Il restauro architettonico consiste in una serie organica di operazioni tecniche specifiche predisposte ai fini di cui all'art. 1 della circolare n.117 di cui alle premesse del presente documento.

Esse sono indirizzate alla tutela e valorizzazione dei caratteri storico-artistici dei beni architettonici e alla conservazione della consistenza materiale in vista della loro trasmissione al futuro.

Con le presenti istruzioni si intendono fornire indicazioni per la organizzazione e la conduzione delle operazioni progettuali di restauro, concepiti all'interno di organici progetti di restauro, e per gli interventi di cantiere.

Essi si articolano in tre livelli di progettazione, così come definiti dalla legge 216/95 (1) :

(1) N.B.: la legge n. 216/95, modificativa della legge n. 109/94, è stata modificata dalla legge 18 novembre 1998, n. 415 ad oggetto: "Modifiche alla legge 11 febbraio 1994, n. 109, e ulteriori disposizioni in materia di lavori pubblici" (Suppl. Ord. alla G.U. n. 284 del 4.12.1998)

a) Progetto preliminare

Il Progetto preliminare dei lavori sui complessi architettonici, oltre a quanto stabilito dall'art.16, comma 2 della legge 2/6/1995, n.216, include le indagini e le ricerche volte ad acquisire tutti gli elementi idonei ad impostarlo, con il massimo sviluppo dei contributi settoriali, al fine di definire uno studio di fattibilità che offra gli elementi di giudizio per le scelte di priorità, per i tipi ed i metodi di intervento da approntare nel Progetto definitivo.

b) Progetto definitivo

Il Progetto definitivo dei lavori sui complessi architettonici, oltre a quanto stabilito dall'art.16, comma 4 della Legge 2/6/95 n.216, traduce in termini operativi le conclusioni della fase precedente, e prescrive le fasi di intervento, le priorità, le operazioni tecniche necessarie ed il computo metrico estimativo.

c) Progetto esecutivo

Il Progetto esecutivo dei lavori sui complessi architettonici oltre a quanto previsto dal comma 4 dell'art.16 della Legge 2/6/95 n.216, definisce in modo compiuto le tecniche e le tecnologie di intervento; prescrive le modalità esecutive e definisce il successivo programma di manutenzione.

Di seguito vengono dettagliati i contributi tecnici da tenere presente per la redazione dei progetti di restauro.

a) Progetto Preliminare

L'obiettivo principale degli studi preliminari consiste

- nell'individuare e descrivere la patologia propria dell'edificio, **in connessione con quanto è intervenuto a modificare l'originaria funzionalità dell'edificio stesso;**

- nel documentare se l'intervento sia ascrivibile alla manutenzione ordinaria o straordinaria o al miglioramento in rapporto alla patologia del manufatto;

- nel documentare se l'intervento sia ascrivibile all'adeguamento nei limiti ed alle condizioni espresse nel precedente punto C l.

- nel valutare il grado di sistematicità, la completezza e l'entità dell'intervento necessario e sufficiente (secondo il criterio della "giusta misura" e del "minimo intervento") per fornire risposte adeguate e controllate ai problemi emersi.

Finalità e modalità di intervento del Progetto Preliminare

La finalità del Progetto Preliminare consiste nell'impostare ed elaborare un modello scientifico di conoscenza e di raccogliere su questa base i dati specifici con il contributo dei diversi settori disciplinari.

In ragione della complessità, dello stato di conservazione e dei caratteri storico-artistici del manufatto, il Progetto Preliminare comprende quelle ricerche e quelle indagini che sono strettamente necessarie per una prima reale individuazione delle scelte di restauro e dei relativi costi di intervento.

Le operazioni rivolte all'acquisizione della conoscenza del bene architettonico nel suo stato attuale assumono importanza decisiva ai fini delle valutazioni operative; esse si avvalgono di diversi apporti disciplinari e di differenti livelli di specializzazione.

Le indagini e le ricerche sono articolate in tre parti:

1. Quadro delle conoscenze;

2. Settori di indagine;

2.1 Analisi storico-critica

2.2 Rilievo dei manufatti

2.3 Diagnostica sul campo ed in laboratorio

2.4 Individuazione del comportamento strutturale ed analisi del degrado e dei dissesti

2.5 Apporti di altre discipline

3. Relazione programmatica.

1. Il "**QUADRO DELLE CONOSCENZE**" consiste in una prima lettura dello stato esistente e nella indicazione delle tipologie di indagine che si ritengono appropriate e necessarie per la conoscenza del manufatto e del suo contesto storico e ambientale.

2. I "**SETTORI DI INDAGINE**" di cui sopra si dividono in:

2.1 Analisi storico-critica

L'analisi storico-critica del bene architettonico deve tendere alla conoscenza complessiva di detto bene e del suo contesto architettonico e ambientale.

La conoscenza deve comprendere la storia del bene e del suo contesto in termini di trasformazioni, con particolare riferimento alle caratteristiche degli eventi subiti nel tempo e del quadro architettonico e statico, nonché delle trasformazioni avvenute e della risposta generale agli eventi subiti (quadri di danno) e di specifici altri interventi di restauro e di riparazione effettuati.

2.2 Rilievo dei manufatti

Il rilievo dei manufatti è predisposto attraverso due elaborazioni distinte e complementari:

- rilievo morfologico-descrittivo svolto alla scala metrica adeguata è indirizzato alla determinazione geometrica del bene architettonico, svolta attraverso operazioni di rilevamento, generale e di dettaglio, e alla sua conoscenza morfologica con particolare riferimento alla individuazione delle caratteristiche fisiche degli elementi costitutivi del bene stesso e alla individuazione degli interventi strutturali effettuati in epoca recente. Ove tale individuazione non risulti possibile, l'indagine diagnostica di cui al successivo paragrafo consente di integrare la conoscenza dei parametri necessari;

- rilievo critico indirizzato a fornire un quadro dei caratteri presenti nel manufatto al fine di costituire la base conoscitiva ed interpretativa per la progettazione dell'intervento. Esso viene svolto attraverso operazioni di rilevamento, eventualmente unite all'esecuzione di sondaggi nei punti significativi per conoscere le trasformazioni avvenute. Il rilievo critico è strumento volto ad individuare i dati di conformazione e configurazione del manufatto osservati nella loro processualità. La sua organizzazione tecnica prevede la individuazione e la sequenza delle fasi di trasformazione per quanto concerne agli aspetti architettonici e costruttivi.

2.3 Diagnostica sul campo ed in laboratorio

La diagnostica si rivolge alla determinazione delle caratteristiche meccaniche e fisico-chimiche dei materiali presenti nel complesso architettonico. La diagnostica verifica le condizioni di degrado, le eventuali manomissioni, danni non riparati, cedimenti, eventuali dissesti di tipo strutturale.

Le prove devono prendere come riferimento le condizioni originali e le successive trasformazioni. L'accertamento diagnostico deve comunque prevedere e giustificare le soluzioni progettuali, fornendo la dimostrazione della necessità, della possibilità e dell'efficacia della proposta secondo il criterio dell'intervento "minimo" ed "appropriato". Nella diagnostica devono rientrare, ove la situazione lo richieda, l'indagine sul terreno e sulle fondazioni.

2.4 Individuazione del comportamento strutturale ed analisi del degrado e dei dissesti

Per quanto riguarda i beni architettonici, l'individuazione del comportamento strutturale ed analisi del degrado e dei dissesti deve essere basata sul rilievo dei manufatti e sul rilievo del degrado delle parti in elevazione, tenendo conto che le opere di fondazione rientrano nell'organismo strutturale. Tali osservazioni debbono essere inserite in una specifica Relazione strutturale.

Essa deve comprendere:

- la annotazione di tutti gli elementi pertinenti al comportamento strutturale quali la natura meccanica e fisico-chimica dei materiali e dei terreni interessati dalla costruzione, lo stato di conservazione, i collegamenti tra elementi contigui ed in genere gli aspetti concernenti le condizioni di vincolo tra gli elementi strutturali adiacenti, onde consentire la identificazione della struttura resistente alle azioni esterne, specialmente considerando quelle sismiche;
- il rilievo completo del quadro fessurativo e dell'ampiezza delle lesioni;
- la individuazione delle sezioni reali resistenti.

Quando il quadro fessurativo del manufatto è in evoluzione, occorre predisporre apposito monitoraggio, con indagini deformometriche di movimenti attivi e delle rotazioni al fine di delineare l'origine, l'entità, le leggi evolutive del fenomeno, per definire il tipo di intervento e controllarne gli esiti. Tale monitoraggio al fine di depurare le letture dall'influenza delle variazioni stagionali di temperatura, dovrebbe estendersi per almeno 18 mesi. Il rilievo di natura geometrica è integrato con l'indagine diagnostica. E' necessaria la ricognizione della natura e dello stato delle fondazioni, a mezzo di opportune indagini. Ove necessario, in presenza di pendii potenzialmente instabili di pareti rocciose sovraincombenti con rischio di distacchi e crolli, di cavità sotterranee, di fenomeni di subsidenza e d'altro, lo studio del sottosuolo è esteso ad area più ampia ed opportunamente orientato. Nel caso contrario, viene fatta specifica menzione dell'assenza di fattori di questo tipo.

2.5. Apporti di altre discipline

Le altre indagini disciplinari partecipano alla conoscenza dei caratteri di base e della tipologia degli insediamenti nei quali è inserito il manufatto considerato, o della classe di manufatti cui appartiene il bene culturale considerato. Essi sono di vario tipo ed afferenza e vanno attivate in ragione della complessità delle caratteristiche del manufatto e dei temi posti dall'intervento. Di tali ricerche si propone un elenco indicativo:

- ricerche riguardanti la tipologia edilizia e la morfologia urbana;
- ricerche di tipo archeologico;
- ricerche di storia della cultura materiale;
- ricerche di stratigrafia strutturale muraria;
- ricerche sul cantiere edilizio attraverso l'apporto delle fonti documentarie;
- ricerche di tipo storico-urbanistico delle trasformazioni degli insediamenti e dei manufatti in relazione agli eventi sismici verificatisi nell'area;
- ricerche sulla concezione strutturale, geotecnica e tecnologia dei manufatti antichi.

Nella "**RELAZIONE PROGRAMMATICA**" sono delineati gli esiti della elaborazione dei Settori di indagine interessati ed un primo inquadramento della situazione accertata in relazione agli obiettivi generali del progetto che si intendono raggiungere.

b) Progetto definitivo

Il progetto definitivo, oltre a quanto stabilito dal comma 4 dell'art. 16 della legge 2/06/1995, n. 216, deve riguardare l'intero complesso architettonico ed il contesto ambientale in cui esso è inserito.

Esso riprecisa tutti gli apporti disciplinari afferenti; definisce le relazioni interdisciplinari rispondenti alla più aggiornata evoluzione scientifica ed all'importanza storico-critica dell'opera; elabora una conoscenza compiuta dello stato di fatto e delinea le ipotesi preliminari di intervento con particolare riguardo ai possibili conflitti tra le esigenze di tutela e le condizioni ambientali quali microclima, fruizione, pubblica incolumità e sicurezza.

Prescrive quindi fasi, tipi e metodi di intervento, priorità, le operazioni tecniche necessarie e prevede la redazione del computo metrico estimativo.

b) Progetto esecutivo

Il progetto esecutivo oltre a quanto stabilito dal comma 4 dell'art. 16 della legge n. 216/95:

- prescrive le modalità esecutive delle operazioni tecniche da eseguire;
- indica i controlli da effettuare in cantiere;
- definisce le eventuali sperimentazioni preliminari da realizzare in cantiere nel corso della prima fase dei lavori.

Esso può essere redatto per stralci successivi di intervento, entro il quadro tracciato dal progetto definitivo. Deve avvalersi, solamente ove motivatamente necessario, di nuovi approfondimenti di indagine effettuati in sede di progetto preliminare a completamento delle indagini e delle ricerche svolte precedentemente.

Ove richiesto da fenomeni in atto o dalla complessità degli interventi previsti si dovrà prevedere il monitoraggio in corso d'opera e, per situazioni e casi particolari, anche ad intervento compiuto. Sono inoltre richiesti nel Progetto esecutivo le specifiche tecniche degli impianti tecnici atti a consentire l'impiego delle tecnologie più aggiornate predisposte in modo da garantire senza stravolgimento, il corretto inserimento di detti impianti nella organizzazione tipologica e morfologica del bene architettonico di valore storico-artistico.

C.4 - OPERAZIONI TECNICHE DI INTERVENTO

Le Operazioni tecniche di intervento sono di regola rivolte a singole parti del bene architettonico, nel quadro della indispensabile visione di insieme che ne estenda il beneficio all'intero manufatto edilizio. Il loro scopo può consistere:

- nella ricostituzione di capacità strutturali venute meno;
- nella cura di patologia riconosciute;
- in ulteriori provvedimenti volti alla riduzione degli effetti sismici.

Oltre ai problemi connessi ai singoli elementi possono presentarsi casi di maggiore complessità riguardanti il bene architettonico.

La presenza di pareti molto vulnerabili ad azioni trasversali al piano medi a causa della dimensione, dell'eccessiva snellezza, dell'assenza di elementi strutturali ortogonali di controvento, richiede un accurato esame della storia costruttiva e sismica del complesso architettonico.

Gli interventi possibili per ciascuna patologia o forma di vulnerabilità sono generalmente più d'uno, con caratteristiche diverse in termini di efficacia, invasività, reversibilità, durabilità, costi.

La scelta della soluzione è compito primario del progetto, e deve essere predisposta dopo attento esame della specifica situazione e verifica dell'efficacia della soluzione proposta.

Nell'ambito delle opere di restauro architettonico, devono in via generale essere evitate tutte le opere di demolizione-sostituzione e di demolizione ricostruzione, operando con interventi che collaborino con la struttura esistente senza alterarla.

Ai punti che seguono si presentano alcune indicazioni progettuali di carattere generale utili per conseguire un miglioramento nel comportamento sismico delle strutture, che va attestato come indicato al Punto C.1.

Tali indicazioni sono, per loro natura, non esaustive.

C.4.1 - Fondazioni

Salvo i casi che presentano dissesti analoghi a quelli descritti nel punto C.9.3.3 a) del D.M. 16/1/96 e salvo le riscontrate inadeguatezze, non si pone in generale, la necessità di interventi in fondazione.

Nei casi in cui i dissesti del manufatto appaiono dovuti a movimenti di fondazione si rende necessaria una indagine geotecnica, conforme alle prescrizioni del D.M. LL.PP. 11/3/88, per accertare la natura e l'origine dei fenomeni osservati.

Comunque prima di progettare qualsiasi intervento è necessario procedere al rilievo sistematico delle fondazioni esistenti redigendo una relazione che ne individui e documenti le eventuali carenze.

Il rilievo va eseguito contestualmente a saggi archeologici nell'area di sedime circostante il complesso edilizio.

L'intervento dovrà mirare alla massima uniformità nelle condizioni di appoggio, al fine di ottenere una distribuzione il più possibile uniforme delle pressioni di contatto; a tal fine sono da privilegiare interventi di ampliamento della base fondale con parziale sottomurazione, rispetto invece al ricorso ai pali radice o ad altre tecniche di consolidamento dei terreni, che potranno essere adottate solo ove non esistono valide alternative.

Nel caso si ritenga indispensabile l'uso di pali radice o di altri sistemi che alterino la natura del terreno di sedime è necessario segnalare l'intervento alla Soprintendenza archeologica competente per territorio assicurando l'assistenza allo scavo archeologico da programmare prima dell'intervento stesso; comunque tali interventi dal punto di vista tecnico e tecnologico, sono da adottare solo in casi particolari e dopo aver effettuato un'analisi circostanziata e documentata dei sistemi di appoggio delle murature e delle caratteristiche delle fondazioni.

C.4.2 - Pareti murarie

Gli interventi dovranno utilizzare materiale con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche analoghe e comunque il più possibile compatibili con quelle dei materiali in opera.

A seconda dei casi si procederà:

- a riparazioni localizzate di parti lesionate o degradate;
- a ricostituire la compagine muraria in corrispondenza di manomissioni quali cavità, vani di varia natura, scarichi e canne fumarie, ecc..., la cui eliminazione sia giudicata strettamente necessaria in sede di progetto di restauro;
- a migliorare le caratteristiche di murature particolarmente scadenti per tipo di apparecchiatura e/o di composto legante.

L'intervento deve mirare a far recuperare alla parete una resistenza sostanzialmente uniforme e una continuità nella rigidezza, anche realizzando gli opportuni ammorsamenti qualora mancanti.

L'inserimento di materiali diversi dalla muratura, ed in particolare di elementi in conglomerato cementizio, va operato

con cautela e solo ove il rapporto tra efficacia ottenuta e impatto provocato sia minore di altri interventi, come nel caso di architravi danneggiati e particolarmente sollecitati.

Nel caso di murature con caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti, si potrà ricorrere alla tecnica dell'iniezione di miscele leganti, di cui andrà preventivamente provata la compatibilità e l'efficacia, tenendo anche conto delle protezioni eventualmente necessarie ad impedire il danneggiamento dei paramenti esterni prodotto dalla miscela.

Le perforazioni armate sono da evitare come intervento sistematico di consolidamento della muratura, per l'insieme di impatti prodotti. Potranno essere adottate in via eccezionale, in modo localizzato, ove il loro impiego si riveli motivatamente utile a risolvere problemi di connessione tra murature con impatti minori rispetto ad altre tecniche.

Tutti gli interventi di consolidamento citati devono essere evitati nel caso di pareti decorate o affrescate, eventualmente operando su altre strutture contigue con interventi di analoga efficacia e comunque operando sotto il controllo di competenze specializzate.

In generale sono da evitare comunque le demolizioni di parti edilizie significative nella storia delle trasformazioni del manufatto e di particolare valore storico-artistico, anche se presentano gravi sintomi di instabilità quali strapiombi o estese lesioni.

Tali situazioni vanno analizzate con attenzione, individuandone le cause e le conseguenze strutturali, e valutando di conseguenza, la opportunità o di mantenerle ricorrendo ad eventuali presidi o, in casi eccezionali, di correggerle previa la presentazione di documentata dimostrazione tecnica e tenuto conto degli indirizzi della Circolare 117 del 6 aprile 1972 di cui in premessa.

C.4.3. - Pilastri e colonne

Tenendo presente che pilastri e colonne sono essenzialmente destinati a sopportare carichi verticali con modeste eccentricità, gli interventi vanno configurati nel modo seguente:

- ricostituire la resistenza iniziale a sforzo normale, ove perduta, mediante provvedimenti quali cerchiature e tassellature;
- eliminare o comunque contenere le spinte orizzontali mediante provvedimenti, quali opposizione di catene ad archi, volte e coperture e, ove opportuno, realizzazione o rafforzamento di contrafforti;
- ricostituire i collegamenti atti a trasferire le azioni orizzontali a elementi murari di maggiore rigidità.

Sono da evitare in generale e comunque da considerare solo in mancanza di alternative da dimostrare con dettagliata specifica tecnica, gli inserimenti generalizzati di anime metalliche, perforazioni armate, precompressioni ed in generale salvo i casi di accertata necessità, gli interventi non reversibili volti a conferire a colonne e pilastri resistenza a flessione e taglio, modificando il comportamento di insieme della struttura.

Oltre all'esecuzione di iniezioni cementizie, può essere consentito l'inserimento di anime metalliche in zone localizzate e comunque dopo la presentazione di accertata e documentata verifica inserita in un ampio programma di interventi. Le situazioni di non verticalità vanno trattate con le modalità indicate nell'ultimo capoverso del punto C.4.2.

C.4.4 - Archi e volte

Gli interventi sulle strutture ad arco o a volta possono essere realizzati con il ricorso alla tradizionale tecnica delle catene, che compensino le spinte indotte sulle murature di appoggio e ne impediscano l'allontanamento reciproco.

Le catene andranno poste di norma alle reni di archi e volte. Qualora non sia possibile questa disposizione, si potranno collocare le catene a livelli diversi purché ne sia dimostrata l'efficacia nel contenimento della spinta.

In caso di presenza di lesioni e/o deformazioni, la riparazione deve ricostituire i contatti tra le parti separate, onde garantire che il trasferimento delle sollecitazioni interessi una adeguata superficie e consentire una idonea configurazione resistente.

Va evitato comunque il ricorso a tecniche di placcaggio all'estradosso con realizzazione di controvolte in calcestruzzo o simili, armate o meno, a favore di interventi che riducano i carichi, e/o diminuiscano le eccentricità e/o vincolino la deformazione all'estradosso (rinfianchi alleggeriti, frenelli, ecc....). Tale intervento è ammesso solo se non esistono valide alternative.

C.4.5 - Solai

In presenza di azioni sismiche i solai assumono un ruolo fondamentale di collegamento tra pareti murarie e di trasmissione di sforzi orizzontali. A tal fine è essenziale, di norma, che essi siano efficacemente collegati alle murature e possiedono una sufficiente rigidità nel piano.

Compatibilmente con il rispetto delle precedenti finalità, è opportuno che, di norma, i solai con struttura in legno siano il più possibile conservati, anche in considerazione del loro ridotto peso proprio. Le linee preferenziali di intervento saranno pertanto:

- ove necessario si adatterà la tecnica di irrigidimento dei tavolati, con particolare attenzione alle tecniche di ammassamento nei muri laterali;
- per i solai a travi in legno e pannelle di cotto, che presentano limitata resistenza nel piano, possono essere adottati interventi di irrigidimento all'estradosso con caldane armate alleggerite, opportunamente collegate alle murature perimetrali;

- per i solai a putrelle e voltine o tabelloni è opportuno provvedere all'irrigidimento mediante solettoni armati resi solidali ai profilati e collegati alle murature perimetrali;
- non deve essere adottato indistintamente l'inserimento di cordoli in breccia che comportano tagli continui nelle murature. In ogni caso deve essere data la preferenza ad incatenamenti e collegamenti perimetrali puntuali;
- nei casi in cui un solaio in legno o in ferro non possa essere conservato a causa dell'accentuato degrado o dissesto sarà opportuno sostituirlo con un nuovo solaio analogo a quello esistente;
- il consolidamento delle travi lignee potrà avvenire aumentando la sezione portante in zona compressa, mediante l'aggiunta di elementi opportunamente connessi.

C.4.6 - Scale

Per tutti gli interventi riguardanti scale in muratura di norma se ne prevede la conservazione adottando se necessario, lavori di rinforzo ma che comunque non ne alterino i caratteri architettonici e il loro valore tipologico e formale.

C.4.7 - Tetti

Ove i tetti presentino orditure spingenti, come nel caso di puntoni inclinati privi di semi catene in piano, la spinta deve essere compensata.

E' in linea generale opportuno il mantenimento dei tetti in legno, evitando interventi che comportino aumenti di masse nella parte più alta dell'edificio o formazione di elementi eccessivamente rigidi rispetto alla compagine muraria sottostante. Devono perciò essere evitate le sostituzioni di tetti in legno con tetti in cemento o in laterocemento.

L'impiego di carpenterie metalliche deve essere attentamente valutato.

In ogni caso non sono consentiti provvedimenti generalizzati di sostituzione. Nel corso di interventi di restauro delle orditure lignee, per riportarle a piena efficienza strutturale, e di manutenzione degli impalcati e dei manti di copertura, va posta ogni attenzione a verificare ed accentuare il ruolo di connessione reciproca tra murature contrapposte svolte dalle orditure del tetto. Oltre al collegamento con capochiave metallici che impediscano la, traslazione, debbono, ove possibile, essere adottati elementi di rafforzamento del punto di contatto tra muratura e tetto.

Ciò può essere compiuto attraverso cordoli - tirante in legno o in metallo opportunamente connessi sia alle murature che alle orditure in legno del tetto, a formare al tempo stesso un bordo superiore delle murature resistente a trazione, un elemento di ripartizione dei carichi agli appoggi delle orditure del tetto e un vincolo assimilabile ad una cerniera tra murature e orditure.

Vanno in generale esclusi i cordoli in cemento armato, per la diversa rigidità che essi introducono nel sistema e per l'impatto che producono. Essi possono essere utilizzati solo quando non alterino la situazione statica della muratura, e ne sia dimostrata chiaramente l'efficacia. Possono essere introdotte forme di parziale irrigidimento delle falde, ad esempio a mezzo di tavolati sovrapposti e incrociati a quelli esistenti, con opportuni collegamenti ai bordi della muratura. In generale, vanno il più possibile sviluppati i collegamenti e le connessioni reciproche tra la parte terminale della muratura e le orditure e gli impalcati del tetto, ricercando le configurazioni e le tecniche compatibili con le diverse culture costruttive locali.

C.4.8 - Altri interventi

Incatenamenti metallici

La pratica tradizionale di inserire catene e tiranti in metallo va considerata, in via generale, come la risposta di maggior efficacia in funzione antisismica rispetto all'impatto causato sul manufatto, per cui si richiede che essa vada adottata sistematicamente.

Scopo delle catene è quello di impedire il collasso delle pareti perimetrali ortogonalmente al loro piano e verso l'esterno, quando ciò non appaia garantito dai solai o da altre strutture, e di contribuire, laddove opportuno, alla capacità dell'edificio di funzionare strutturalmente quale organismo unitario.

Sono da preferire le catene costituite da barre tonde di acciaio a bassa resistenza, con capichave atti a distribuire la pressione conseguente al tiro su zone murarie di adeguata ampiezza. Tali capichave potranno essere esterni alla parete, soluzione preferibile dal punto di vista tecnico e di minor impatto distruttivo, oppure incassati con opportune cautele ove giudicato necessario. I tiranti dovranno in via generale essere disposti sulle murature principali, ad ogni piano, con preferenza per le soluzioni a doppia catena sui due lati dei muri stessi. Nel caso di muri esterni si adotterà la catena singola all'interno.

Nei casi in cui sia indispensabile forare la parete in direzione longitudinale (casi che si cercherà il più possibile di evitare), si dovrà di regola dare la preferenza a catene inserite in guaina e non inietate, per rendere reversibile l'intervento, consentire l'eventuale ripresa di tesatura, evitare l'insorgenza di sollecitazioni indesiderate. Per quanto riguarda la tesatura dei tiranti, si dovranno adottare tensioni limitate, tali da produrre nelle murature tensioni di compressione nettamente inferiori ai valori ritenuti ammissibili.

C.5 - CONSUNTIVO SCIENTIFICO

Al termine dei lavori deve essere predisposto il Consuntivo Scientifico quale ultima fase del processo di conoscenza e del restauro e quale premessa per il futuro programma di intervento sul complesso architettonico, così come previsto dalla Circolare n. 117 del 6 aprile 1972 (Carta del Restauro).

Il Consuntivo Scientifico comprende la Relazione tecnico-scientifica con l'esplicitazione dei risultati culturali e scientifici raggiunti, e la completa documentazione grafica e fotografica dello stato del manufatto prima, durante e dopo l'intervento; l'esito di tutte le ricerche, le analisi e le sperimentazioni compiute, ed i problemi aperti per i futuri interventi.

ALLEGATO N. 6

**SCHEDA DI I E II LIVELLO PER IL RILEVAMENTO
DELL'ESPOSIZIONE E DELL VULNERABILITÀ DEGLI
EDIFICI
G.N.D.T. - C.N.R.**

Scheda di 1° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici

Denominazione dell'edificio
(indicare tutti i nomi dei proprietari)

Scheda di 1° livello per il rilevamento dell'esposizione e della vulnerabilità degli edifici

Sezione 5 - ETÀ DELLA COSTRUZIONE - INTERVENTI

Classi di età

A prima del '19
B '19 '45
C '46 '60
D '61 '71
E '72 '81
F dopo l' '81
G
H

INTERVENTI

NORME SISMICHE PRECEDENTI	A	B	/	C	Ampliamento
ADEG. ANTISISM. D.M. 24/1/86	D	E	/	F	Sopraelevazione
MIGL. ANTISISM. D.M. 24/1/86	G	H	/	I	Ristrutturazione
INTERV. NON ANTISISMICO	K	L	/	M	Restauro
	O	/	/	P	Manutenzione

Classe di età di costruzione

270

Classe di età ultimo intervento significativo

271

Tipo ultimo intervento significativo

272

Qualità inform.

R = in deroga (Art. 30 L. 64/74)

Sezione 6 - STATO DELLE FINITURE ED IMPIANTI

Intonaci / paramenti esterni

273

E efficiente
N non efficiente
Z non esistente

Infissi esterni

274

Impianto elettrico

275

Impianto idrico

276

Finiture interne (intonaci, pavim.)

277

Riscaldamento

278

Servizi igienici

279

Sezione 7 - TIPOLOGIA STRUTTURALE

Strutture verticali

Mur. a sacco
Mur. a sacco con spigoli, mazzette e ricorsi
Mur. pietra sbazzata
Mur. pietra sbazzata con rinforzi c.s.
Mur. pietre arrotondate
Mur. pietre arrotondate con rinforzi c.s.
Mur. blocchetti tufo o pietra ben squadrate
Mur. blocchetti calc. inerti pesanti
Mur. blocchetti calc. inerti leggeri
Mur. mattoni pieni o multifori
Mur. mattoni forati
Pareti calc. non armato
Pareti calc. armato
Telai di c.a. non tamponati
Telai di c.a. con tamponature deboli
Telai di c.a. con tamponature consistenti
Ossatura metallica
Miste

A
B
C
D
E
F
G
H
I
L
M
N
O
P
Q
R
S
T
U
V

Qualità inform.

Scale

Struttura appoggiata in legno
Struttura a sbalzo in legno
Struttura appoggiata in acciaio
Struttura a sbalzo in acciaio
Struttura appoggiata in pietra o laterizio
Struttura a sbalzo in pietra o laterizio
Volta appoggiata in muratura
Volta a sbalzo in muratura
Struttura appoggiata in c.a.
Struttura a sbalzo in c.a.

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Qualità inform.

Strutture orizzontali

Legno
Legno con catene
Putrelle e voltine o tavelloni
Putrelle e voltine o tavelloni con catene
Laterocemento o solette in c.a.
Volte senza catene
Volte con catene
Miste volte solai
Miste volte solai con catene

A
B
C
D
E
F
G
H
I
L

Qualità inform.

Coperture

Legno spingenti
Legno "poco spingenti" (vedi manuale)
Legno a spinta eliminata o travi orizz.
Laterocemento o solette in c.a.
Acciaio spingenti
Acciaio non spingenti
Miste spingenti
miste non spingenti

M
N
O
P
Q
R
S
T
U

Qualità inform.

Tipologia edilizia prevalente

280

1 tipologia specialistica (capannoni, chiese, ecc)
2 muratura o mista
3 c.a.
4 acciaio
5 altro

Tipologia strutturale

N° piani a tipologia strutturale uguale

281
285
289
293
297

verticale
scala
orizz. e copert.

Qualità dell'informazione

A - assente
B - bassa
M - media
E - elevata

Sezione schematica dell'edificio

Sezione 8 - ESTENSIONE E LIVELLO DEL DANNO

Evento in data

301

giorno / mese / anno

Tipo di evento

307

1 sisma
2 altro

M = livello danno max rilevato
E = estensione danno più diffuso
L = livello danno più diffuso

Livello del danno

Nessun danno
Danno lieve
Danno medio
Danno grave
Danno gravissimo
Danno totale

A
B
C
D
E
F

Estensione del danno

≤ 10%
> 10% e ≤ 20%
> 20% e ≤ 30%
> 30% e ≤ 40%
> 40% e ≤ 50%
> 50% e ≤ 60%
> 60% e ≤ 70%
> 70% e ≤ 80%
> 80% e ≤ 90%
> 90%

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9

Strutture verticali

M
E
L
N°

308
312
316
320
324

Strutture orizzontali

M
E
L
N°

328
332
336
340
344

Scale

M
E
L
N°

348
352
356
360
364

Tamponature

M
E
L
N°

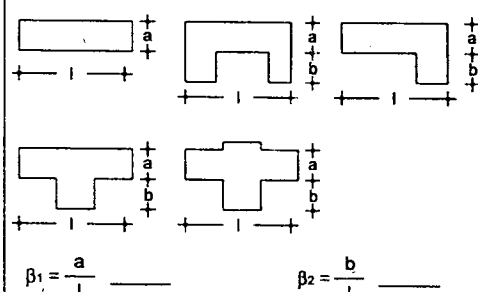
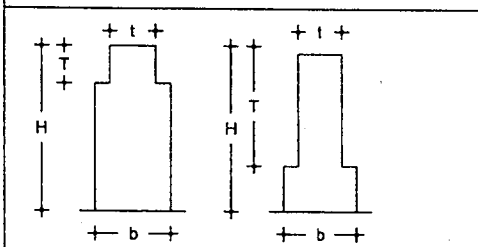
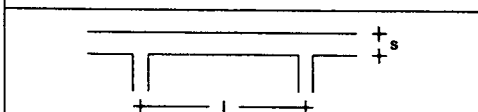
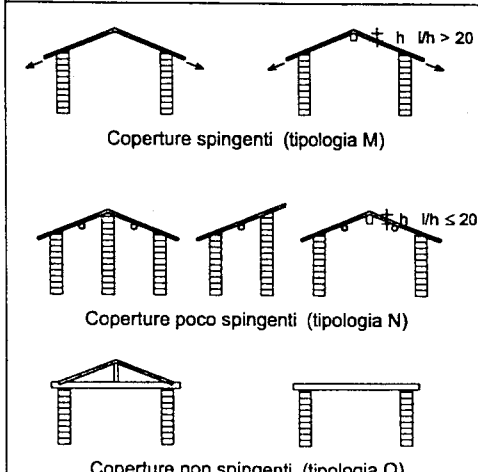
368
372
376
380
384

Danni impianti

388

1 sì
2 no

G.N.D.T. - SCHEDA DI VULNERABILITÀ DI 2° LIVELLO (MURATURA)

Cod. ISTAT Provincia		1		Cod. ISTAT Comune		3		Scheda n°		6	
PARAMETRI		Classi	Qualità inform.	ELEMENTI DI VALUTAZIONE				SCHEMI - RICHIAMI (MURATURA)			
1	TIPO ED ORGANIZZAZIONE DEL SISTEMA RESISTENTE (S.R.)	11	22	Norm. nuove costruzioni (cl. A) 33 1 Norm. riparazioni (cl. A) 2 Cord. e cat. a tutti i livelli (cl. B) 3 Buoni ammor. tra murat. (cl. C) 4 Senza cord. cattivi ammor. (cl. D) 5				Parametro 3 - Resistenza convenzionale Tipologia struttura verticale τ_k (t/mq) _____ Minimo tra A_x e A_y A (mq) _____ Massimo tra A_x e A_y B (mq) _____ Coefficiente $a_0 = A / A_t$ _____ Coefficiente $\gamma = B / A$ _____ $q = (A_x + A_y) \times h \times \frac{p_m}{A_t} + p_s$ _____ $C = \frac{a_0 \times \tau_k}{q \times N} \times \sqrt{1 + \frac{q \times N}{1.5 \times a_0 \times \tau_k \times (1 + \gamma)}}$ _____ $\alpha = C / 0,4$ _____			
2	QUALITÀ DEL S.R.	12	23	(vedi manuale) 34 1							
3	RESISTENZA CONVENZIONALE	13	24	Numero di piani N 35 1 Area tot. cop. A_t (mq) 37 1 Area A_x (mq) 41 1 Area A_y (mq) 44 1 τ_k (t/mq) 47 1 Alt. media interp. h (m) 50 1 Peso spec. par. p_m (t/mc) 52 1 Carico perm. sol. p_s (t/mq) 54 1							
4	POSIZIONE EDIFICIO E FONDAZIONI	14	25	Pendenza perc. terreno 56 1 Roccia fond. si 58 1 no 2 Terreno sc. non sping. fond. si 3 no 4 Terreno sc. sping. fond. si 5 no 6 Diff. max di quota Δh (m) 59 1				Parametro 6 - Configurazione planimetrica  $\beta_1 = \frac{a}{l}$ _____ $\beta_2 = \frac{b}{l}$ _____			
5	ORIZZONTAMENTI	15	26	Piani sfalsati 62 si 1 no 2 Orizz. rig. e ben coll. 63 1 Orizz. def. e ben coll. 2 Orizz. rig. e mal coll. 3 Orizz. def. e mal coll. 4 % orizz. rig. ben coll. 64 1				Parametro 7 - Configurazione in elevazione 			
6	CONFIGURAZIONE PLANIMETRICA	16	27	Rapp. perc. $\beta_1 = a / l$ 66 1 Rapp. perc. $\beta_2 = b / l$ 70 1				Parametro M8 - Dmax MURATURE 			
7	CONFIGURAZIONE IN ELEVAZIONE	17	28	Rapp. % $\Delta M / M$ (+) aumento (-) riduzione 74 1 Rapp. perc. T / H 77 1 Perc. in sup. port. 79 1 Piano terra port. 81 si 1 no 2				Parametro M9 - Copertura 			
8	Dmax MURATURE	18	29	Rapp. massimo l / s 82 1							
9	COPERTURA	19	30	Cop. non sp. 84 0 poco sp. 1 sp. 2 Cordoli in copertura 85 si 1 no 2 Catene in copertura 86 si 1 no 2 Carico perm. cop. p_c (t/mq) 87 1 Lungh. app. cop. l_a (m) 90 1 Perimetro copertura l (m) 93 1							
10	ELEM. NON STRUTT.	20	31	(vedi manuale)							
11	STATO DI FATTO	21	32	(vedi manuale)							