

Circolare 19/07/1986 n. 27690

Ministero dei lavori pubblici - D.M.

24-1-1986. Istruzioni relative alla normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica.

1. PREMESSA

Con decreto ministeriale 2-7-1981 è stata emanata la normativa tecnica per la riparazione ed il rafforzamento degli edifici danneggiati dal sisma e ricadenti in zone classificate ai sensi dell'art. 3, titolo II, della legge 2-2-1974, n. 64

La normativa, definita dal Ministero dei lavori pubblici in forza al quarto comma dell'art. 10 della legge 14-5-1981, n. 219 recante «ulteriori interventi a favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del novembre 1980 e del febbraio 1981», è pertanto specificatamente riferita alla riparazione di edifici comprendenti «unità immobiliari» destinate ad uso abitazione ricadenti nelle Regioni Basilicata, Campania e Puglia, per le quali è prevista l'assegnazione di un contributo o di un finanziamento erariale.

Con la circolare n. 21745 in data 30-7-1981 emanante istruzioni per l'applicazione della predetta normativa veniva ribadito il principio secondo il quale gli interventi di riparazione di edifici ad uso abitazione, in zone sismiche, anche di recente classificazione, quando il danno non è imputabile al sisma, ma dipendente da altre cause, rimangono disciplinati, sotto l'aspetto tecnico, dalle norme approvate con decreto ministeriale 3-3-1975, ora sostituito dal decreto ministeriale 19-6-1984, il cui Capo C.9 resta operante.

Con Decreto Ministeriale 24-1-1986 è stata emanata una nuova articolazione del citato punto C.9 nel quale è compresa oltre una più completa normativa per le riparazioni, altresì la normativa per l'adeguamento dell'edilizia esistente qualunque sia la causa del danno.

La predetta normativa, anche se elegge, quale modello tipologico, l'edificio destinato ad uso abitazione, tuttavia, potrà utilmente assumersi come riferimento metodologico anche per gli interventi relativi ad edifici di diversa destinazione d'uso.

Dato il carattere peculiare della materia, difficilmente assoggettabile a rigide regole vincolanti, la normativa ha voluto preordinatamente stabilire soltanto concetti fondamentali, nel cui ambito ricercare la soluzione più adatta al caso specifico.

La normativa lascia pertanto, nel rispetto di tali principi, un'ampia facoltà di scelta delle soluzioni progettuali, e delle modalità tecniche operative, in relazione alle specifiche caratteristiche dell'edificio in rapporto agli interventi previsti.

Per gli edifici in muratura, ad esempio, che costituiscono la quasi

totalità dei centri Storici e delle costruzioni rurali, la casistica degli interventi è estremamente vasta e complessa e pertanto ogni caso richiede un attento studio per una corretta applicazione della più appropriata tecnologia di intervento specificatamente necessaria.

Per

l'applicazione della normativa, quanto più conforme ai criteri dalla stessa fissati, sono state elaborate le presenti istruzioni, nell'intento di fornire un'utile guida agli operatori, dando loro suggerimenti pratici e con l'illustrazione di alcune fra le più ricorrenti tecnologie di intervento.

C.9. D.M. 24.1.86

Interventi

sugli edifici esistenti.

2. OPERAZIONI PROGETTUALI

2.0. Campo di validità

Al punto C.9. la norma precisa che negli interventi di adeguamento o di miglioramento degli edifici esistenti non sussiste l'obbligo del rispetto della normativa riguardante le nuove costruzioni, riportata nei capitoli precedenti, ove questa non sia espressamente richiamata. C.9. D.M. 24.1.86

Interventi sugli edifici esistenti.

In particolare, potranno essere mantenute le volumetrie e le altezze esistenti anche se queste non rispettano le limitazioni indicate ai punti C.2 e C.3. delle stesse norme. C.2. Altezza massima dei nuovi edifici

C.3. Limitazione delle altezze in funzione della larghezza stradale.

Analogamente, qualora il progettista non ne ravvisi la necessità, non dovranno necessariamente essere rispettate le prescrizioni di cui al punto C.6.4. relative alle fondazioni. C.6.4 Fondazioni.

valgono per le fondazioni le prescrizioni riportate nei punti A.2 e B.10.

A.2. Terreni di fondazione e relative prescrizioni generali.

B.10 Fondazioni.

Nello stesso modo potrà non essere rispettato il punto C.4. riguardante l'ampiezza dei giunti di separazione; in questo caso la norma indica anche al punto C.9.3.4. le possibili alternative. C.9.3.4. Giunti tecnici tra edifici contigui per interventi di adeguamento.

Nel caso di giunti non dimensionati in conformità al punto C.4. si deve provvedere, in generale, al loro adeguamento.

In alternativa si potrà intervenire:

- o inserendo

degli elementi di protezione al martellamento;

- oppure eliminando il

giunto mediante il collegamento delle strutture da esso separate. In tal caso si dovrà tenere conto di tale nuovo accoppiamento nella verifica dell'edificio.

Qualora l'adeguamento delle dimensioni del

giunto risulti tecnicamente molto complesso o particolarmente

oneroso, è consentito di non effettuare l'adeguamento nei seguenti casi:

a) il calcolo delle deformazioni relative fra i due corpi di fabbrica, svolto secondo i criteri indicati al punto C.6.3. ma assumendo comunque per il coefficiente F il valore $f = I$ per le costruzioni in muratura e $f = 3$ per gli altri tipi di strutture, assicuri la mancanza di effetti di martellamento;

b) edifici

contigui entrambi in muratura ed aventi altezze che rientrino nei limiti di cui al punto C.2.

2.1. Strutture in elevazione

Le

norme, al punto C.9.3. precisano che gli interventi su di un edificio si realizzano mediante provvedimenti tecnici intesi a ridurre gli effetti delle azioni sismiche e ad aumentare la resistenza dell'organismo edilizio a tali azioni, nonché a ripristinare l'integrità delle strutture eventualmente danneggiate.

I

provvedimenti intesi a ridurre gli effetti sismici sono indicati al successivo punto C.9.3.1. delle norme e si possono realizzare:

1)

alleggerendo la costruzione mediante l'eventuale demolizione di sopraelevazioni e l'eliminazione di carichi permanenti pesanti e sostituzione con altri di materiale leggero particolarmente nelle pavimentazioni e sovrastrutture, specie nelle parti più elevate dell'edificio,

2) eliminando, quanto più possibile, elementi anche strutturali, che possano provocare effetti torsionali sotto l'azione delle forze sismiche (pensiline, balconi, sporgenze, ecc.) o aggiungendo nuovi elementi irrigidenti, che contrastino la rotazione stessa;

3) modificando la pianta dell'edificio in guisa da eliminare dissimetrie planimetriche, tendendo ad avvicinare il centro delle rigidezze al centro delle masse;

4) separando, se possibile, le parti di un edificio strutturalmente irregolare, per renderle indipendenti l'una dall'altra, ciascuna delle quali strutturalmente regolare.

La creazione o l'eliminazione di giunti, possono produrre nel contesto dell'intervento due effetti qualitativamente diversi: modificare la distribuzione in pianta delle rigidezze e delle masse e frazionare o unificare lo schema resistente alle azioni orizzontali.

Quest'ultimo effetto può risultare favorevole, ad esempio, in presenza di corpi di fabbrica di altezze differenti, regolarizzando, con la creazione di giunti, il comportamento dinamico della costruzione.

In ogni caso tutti questi interventi devono tendere a ridurre l'eccentricità tra il centro delle masse e quello delle rigidezze, sì da mitigare l'influenza dei moti torsionali di vibrazione sulla risposta dinamica dell'edificio.

Per quanto riguarda

la distribuzione in verticale delle rigidezze, si fa rilevare che ogni brusca variazione può determinare una concentrazione del danno ed in definitiva una riduzione della duttilità complessiva disponibile nella costruzione.

Gli interventi ora illustrati tendono in sostanza a correggere il comportamento della costruzione riducendo le conseguenze di una inadeguata progettazione sismica che a volte è la causa principale dei dissesti prodotti.

C.9.3.1. Provvedimenti tecnici di adeguamento o di miglioramento intesi a ridurre gli effetti sismici.

I provvedimenti tecnici di adeguamento o di miglioramento intesi a ridurre gli effetti sismici possono consistere:

a) nella riduzione delle masse non strutturali;

b) altri provvedimenti tendenti a modificare favorevolmente il comportamento d'insieme del sistema edilizio, fra i quali: la creazione ed adeguamento dei giunti; la riduzione degli effetti torsionali; la ridistribuzione delle rigidezze

2.2. Fondazioni

Prima di procedere ad un intervento sulle strutture di norma si deve tenere presente la situazione del complesso terreno/fondazione, secondo quanto indicato dalle specifiche norme tecniche approvate con decreto ministeriale del 21-1-1981 e relative istruzioni.

In particolare, nel caso di edifici situati su (o in prossimità di) pendii naturali, oltre agli accertamenti prescritti al punto A.2. deve essere assicurata anche la stabilità globale del

pendio con la fondazione stessa, secondo quanto disposto alla Sezione G dal decreto ministeriale 21-1-1981.

In generale, per giudicare della consistenza del terreno sono particolarmente utili le prove in sito e, se i terreni sono a granulometria fina, le prove penetrometriche e dilatometriche. Si richiama l'attenzione a questo riguardo sulla opportunità che il penetrometro venga infisso in aderenza alla fondazione onde interessare con l'indagine il terreno già consolidato dal peso dell'edificio.

D.M. 21.1.81

Norme tecniche

riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione

(G.U 7.2.1981 n. 37
suppl)

Sez. G Stabilità dei pendii e dei fronti di scavo

Lo studio

dell'eventuale consolidamento delle fondazioni si rende necessario quando siano manifesti segni di dissesto nella elevazione attribuiti ad inadeguatezza delle strutture di fondazione, oppure a cedimenti differenziali della fondazione stessa. In questo secondo caso si dovrà innanzi tutto accertare quali siano state le cause che hanno prodotto il fenomeno e se tali cause siano ancora agenti o il fenomeno possa essere riattivato in futuro anche per eventi sismici.

Qualora si

constati l'avvenuto esaurimento dei fenomeni di assestamento e la conseguente stabilizzazione della costruzione nella configurazione lesionata, si dovrà verificare la compatibilità dell'intervento previsto con lo stato di equilibrio del sistema terreno-fondazione-elevazione raggiunto.

Occorre infatti evitare che

gli eventuali interventi in elevazione o in fondazione, turbando il suddetto equilibrio, attivino ulteriori dissesti.

Qualora invece non

siano presenti dissesti strutturali attribuibili ad insufficienza delle strutture di fondazione oppure a cedimenti differenziali del terreno e siano verificate tutte le circostanze a), b), c), d) riportate nel decreto ministeriale 24-1-1986 al punto C.9.3.3, potranno essere omessi gli interventi sulle strutture di fondazione e le relative verifiche. In tal caso, sarà cura del progettista motivare tale decisione sulla base dello stato di fatto delle strutture, e delle valutazioni fatte sulle caratteristiche del terreno, nonché dell'influenza degli interventi previsti sulla struttura. C.9.3.3

a)

nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato

che dissesti della stessa natura non si siano prodotti neppure in precedenza;

b) gli interventi di adeguamento non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato;

c) gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;

d) siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche valutate assumendo $\beta = 2$.

3. EDIFICI IN MURATURA

Provvedimenti
tecnici di adeguamento

3.1. Pareti murarie

Per aumentare la resistenza di un elemento murario si può ricorrere, in genere, ad uno o più dei seguenti provvedimenti:

- iniezioni di miscele leganti;
- applicazione di lastre in cemento armato o di reti metalliche elettrosaldate;
- inserimento di pilastrini in cemento armato o metallici in breccia nella muratura;
- tirantature orizzontali e verticali.

Gli interventi localizzati sono sconsigliati come unico modo di rafforzamento delle murature se non inseriti in un sistema generale di riorganizzazione della struttura.

Devono essere eliminati

o consolidati indebolimenti locali delle pareti murarie in prossimità degli innesti e degli incroci per l'eventuale presenza di canne fumarie o vuoti di qualsiasi genere.

In caso di irregolare

distribuzione delle aperture (vani di finestre o porte) nei muri maestri, quando non sia possibile la loro chiusura, con muratura efficacemente immorsata alla esistente, si deve provvedere alla cerchiatura delle aperture stesse a mezzo di telai in cemento armato o metallici collegati alla muratura adiacente tramite perforazioni armate.

3.2. Applicazione di tiranti

Ove non sia presente un efficace cordolo in cemento armato, devono disporsi tiranti ancorati tramite piastre di dimensioni opportune o di chiavi, che consentano una efficace cerchiatura dell'edificio.

I tiranti possono essere realizzati con normali barre in acciaio per armatura, piatti o profilati metallici o con trefoli in acciaio armonico. Questi possono essere disposti sia orizzontalmente che verticalmente, e devono essere estesi a tutta la dimensione della parete.

Se i solai non sono in grado di assicurare un sufficiente incatenamento delle pareti, si deve intervenire con tiranti orizzontali, ancorati all'esterno delle pareti medesime. In alternativa si potrà far funzionare i solai come incatenamenti, applicando alle travi ed ai travetti, se questi elementi possono essere ritenuti idonei allo scopo, chiavi metalliche ancorate all'esterno delle pareti.

L'uso dei tiranti di acciaio, analogamente a quello dei cordoli di piano, mira a migliorare lo schema strutturale tramite la realizzazione di efficaci collegamenti tra le strutture murarie portanti, assicurando un funzionamento monolitico del complesso edilizio da consolidare.

Non risultano, per altro, trascurabili, i vantaggi che ne conseguono nei riguardi della duttilità e della risposta ultima alle azioni sismiche se i tiranti sono presollecitati. Tuttavia, per quanto riguarda in particolare la presollecitazione verticale, è opportuno che la tensione normale, nelle murature, non superi, aggiunta alla precompressione, il valore di un quinto di quella di rottura.

I tiranti possono essere posti in opera all'interno o all'esterno delle murature. Nel primo caso (tiranti trivellati), essi sono costituiti da trefoli d'acciaio armonico disposti inguainati entro fori trivellati nello spessore delle murature.

Nel secondo caso i tiranti sono costituiti da barre, piatti o profilati in acciaio paralleli sulle due facce della muratura ed ammortati ad una piastra in testa del muro per mezzo di un sistema a vite che consente di imprimere uno stato di presollecitazione. Questo tipo di tiranti è prevalentemente usato nella disposizione orizzontale.

Gli elementi di contrasto sulle murature, sono di regola costituiti da piastre metalliche che hanno il compito di distribuire la forza indotta dal tirante sulla muratura evitando concentrazioni di sforzi.

Le tirantature orizzontali, adempiono inoltre, al compito di legare le pareti ortogonali: a questo fine è opportuno che le teste dei tiranti siano collegate a piastre o a chiavi di dimensioni adeguate alle caratteristiche di connessione.

I tiranti esterni sono costituiti da barre metalliche aderenti alle murature o poste in scanalature ricavate sulla loro superficie in modo da occultarne la vista. Anche qui, per i tiranti orizzontali, è opportuno disporre

chiavi in testata, di dimensioni tali da garantire una buona legatura tra le rnurature.

3.3. Iniezioni di miscele leganti

L'adozione di iniezioni di miscele leganti, mira al miglioramento delle caratteristiche meccaniche della muratura da consolidare. A tale tecnica, pertanto, non può essere affidato il compito di realizzare efficaci ammorsature dei muri e quindi di migliorare, se applicata da sola, il primitivo schema strutturale.

Le iniezioni possono essere eseguite con miscele cementizie, semplici o additivate, oppure a base di resine organiche.

Le miscele a base di resine saranno scelte adottando, in generale, prodotti a basso valore di modulo elastico quando l'ampiezza media delle lesioni è piccola e a più elevato valore di detto modulo per riempimenti di zone estese.

a) Miscela a base di legante cementizio.

La miscela da iniettare deve possedere le seguenti proprietà:

- buona fluidità;
- buona stabilità;
- tempo di presa opportuno;
- adeguata resistenza;
- minimo ritiro.

Tali proprietà, sono agevolmente conseguibili con le sospensioni cementizie in acqua, semplici o con sabbie molto fini a granuli arrotondati, caratterizzate da valori del rapporto acqua/cemento in genere variabili da 0,6 a 1,2 e migliorate con l'aggiunta di additivi fluidificanti ed espansivi antiritiro. Il cemento deve essere di granulometria molto fine.

La scelta della pressione di immissione va fatta tenendo conto che le dilatazioni trasversali prodotte dal fluido in pressione, a causa delle eventuali discontinuità della muratura nei piani paralleli ai paramenti, potrebbero modificare negativamente la configurazione di equilibrio raggiunta dalla costruzione.

In ogni caso le iniezioni devono essere fatte a bassa pressione, eventualmente ricorrendo a fasi successive con pressioni via via crescenti e vanno condotte iniziando dal basso, e procedendo con simmetria.

Nel caso di

murature incoerenti e caotiche, l'uso di questa tecnica richiede la loro incamiciatura o il ricorso ad altri provvedimenti cautelativi; per non disperdere la miscela.

La tecnica operativa può essere articolata nelle seguenti fasi di lavoro:

- a) scelta dei punti in cui praticare i fori, effettuata in funzione della diffusione delle fessure e della porosità del muro; in genere sono sufficienti 2-3 fori per m²;
- b) asportazione dell'intonaco lesionato e stuccatura con malta cementizia delle lesioni per evitare risorgenze di miscela;
- e) esecuzione dei fori con perforazioni di diametro fino a 40 mm, eseguite mediante trapani o sonde rotative;
- d) posizionamento nei fori degli ugelli di immissione e successiva sigillatura con malta di cemento;
- e) immissione preliminare di acqua a leggera pressione, allo scopo di effettuare il lavaggio delle sezioni filtranti e di saturare la massa muraria;
- j) iniezione della miscela.

Nel caso di

dissesti localizzati in zone limitate può risultare conveniente risanare dapprima a bassa pressione queste zone e poi operare a pressione più elevata, nelle zone rimanenti.

- b) Miscele a base di resine organiche.

Stante la forte dipendenza, per il buon esito dell'operazione, dal dosaggio dei componenti base e dalle condizioni di esecuzione, si consiglia l'uso delle iniezioni di miscele a base di resine organiche (possibilmente epossidiche) nei soli casi in cui risulti dimostrata la convenienza economica e si possa fare ricorso ad operatori specializzati.

La tecnica operativa resta, comunque, non dissimile da quelle già illustrate per le iniezioni cementizie alla quale si rimanda.

- e) Iniezioni armate.

Tale sistema di consolidamento prevede l'inserimento nella muratura di un reticolo di

barre metalliche, assicurandone la collab-orazione per aderenza mediante miscele cementanti. In condizioni sfavorevoli, può essere necessario consolidare preventivamente la muratura mediante iniezioni semplici.

L'uso di questa tecnica è consigliabile allorché si debbano realizzare efficaci ammorsature tra le murature portanti, nei casi in cui non si possa ricorrere all'uso di altre tecnologie. In questo caso le cuciture si realizzano mediante armature di lunghezza pari a 2 - 3 volte lo spessore delle murature, disposte in fori trivellati alla distanza di 40-50 cm l'uno dall'altro e preferibilmente inclinati alternativamente verso l'alto e verso il basso.

Le miscele leganti da impiegare sono dello stesso tipo di quelle esaminate al punto 3.3. con l'avvertenza che dovranno essere ancora più accentuate le caratteristiche di aderenza ed antiritiro, oltre che di resistenza, per poter contare sulla collaborazione fra armature e muratura, poiché nel caso specifico le iniezioni sono localizzate nelle zone più sollecitate.

Ove possibile è consigliabile realizzare blocchi resistenti alle estremità delle barre, sia con tecniche analoghe alle chiodature in roccia, che con l'inserimento di chiavi o piastre metalliche alla estremità della barra sulla superficie esterna del muro.

3.4. Applicazione di lastre e reti metalliche elettrosaldate

L'intervento mira a conservare, adeguandola alle nuove esigenze la funzione resistente degli elementi murari, fornendo ad essi un adeguata resistenza a trazione e dotandoli di un grado più o meno elevato di duttilità, sia nel comportamento a piastra che in quello a parete di taglio.

È opportuno che questo tipo di intervento venga esteso, con particolari accorgimenti, in corrispondenza degli innesti murari, onde realizzare anche una modificazione migliorativa dello schema strutturale.

Il consolidamento si effettua con la apposizione, possibilmente su una o entrambe le facce del muro, di lastre cementizie opportunamente armate e di adeguato spessore. Le armature sono costituite da barre verticali ed orizzontali o da reti, nonché da ferri trasversali passanti nel muro che assicurino i collegamenti.

In relazione al tipo ed allo stato di consistenza della muratura, a questo intervento può essere associata la iniezione in pressione, nel corpo murario, di miscele leganti.

Su ciascun elemento murario l'intervento può ancora essere dosato, sia operando per «fasce» verticali ed orizzontali, sia limitandolo al solo rinforzo del perimetro dei vani porta o finestra o adottando un sistema misto di rinforzo. La tecnologia dell'intervento, di norma è articolata nelle seguenti operazioni:

- 1) preparazione delle murature, previa adeguata puntellatura: esportazione dell'intonaco, riempimento delle cavità esistenti con particolare riguardo a quelle in prossimità delle ammorsature tra i muri, rifacimento a cucì-scucì;
- 2) spazzolatura e lavaggio con acqua o ad aria in pressione;
- 3) esecuzione delle perforazioni nella muratura per l'alloggiamento delle barre tra-sversali di collegamento;
- 4) applicazione delle barre o delle reti di armatura su una o entrambe le facce del muro, con adeguate sovrapposizioni e risvolti;
- 5) messa in opera di distanziatori dell'armatura dal muro, per consentire il completo avvolgimento delle barre da parte della lastra cementizia, di spessore adeguato e comunque non inferiore a 2 cm;
- 6) alloggiamento, nei fori, delle barre trasversali con adeguati risvolti di ancoraggio;
- 7) l'inserimento dei collegamenti delle lastre cementizie agli elementi resistenti di contorno (solai - cordoli - pareti trasversali - fondazioni);
- 8) esecuzione della lastra cementizia per lo spessore prefissato, dopo abbondante lavaggio della superficie muraria;
- 9) esecuzione delle eventuali iniezioni nei muri, effettuate con pressioni che, per la presenza della lastre armate aventi funzione di contenimento, possono essere anche elevate, fino a 2 - 3 Kg/cm³.

3.5. Inserimento di cordoli e pilastrini

Tale tecnica non differisce, nelle finalità, da quella precedentemente illustrata. Il concetto informatore è quello della introduzione nelle murature di elementi resistenti - atti a confinare la muratura o dotarla di duttilità strutturale - in modo discontinuo e concentrato, anziché diffuso.

Per tale motivo è consigliabile l'adozione di questa tecnica quando si debba operare con murature a blocchi squadrate (mattoni, pietre lavorate) o comunque di discreta consistenza, risultando per contro sconsigliabile per interventi su murature di costituzione caotica e con malta degradata.

Il funzionamento dell'insieme strutturale si modifica profondamente in senso positivo, solo se gli elementi in cemento armato o in acciaio, sono convenientemente organizzati fra loro ed in rapporto alla muratura, come può ottenersi eseguendo una serie di cordoli verticali ed orizzontali tutti collegati fra loro.

L'inserimento di pilastrini, in breccia è effettuato a distanze regolari (circa 2 m). Si crea uno scasso per circa 15 cm all'interno della muratura e si realizza l'ancoraggio, per

mezzo di staffe passanti o di spaccature distribuite lungo l'altezza.

Per la realizzazione di cordoli a tutto spessore, è necessario procedere al taglio a forza della muratura, operando per campioni o globalmente.

Nel primo caso si affida la resistenza del pannello murario durante le fasi realizzative alle porzioni di murature integre o già trattate; nel secondo caso occorre disporre appositi sostegni (eventualmente martinetti) ai quali è delegato il compito di sostenere i carichi verticali durante la costruzione del cordolo.

Per i cordoli

di tipo a spessore parziale è necessario predisporre tagli passanti per realizzare poi collegamenti di ancoraggio e sostegno; se due cordoli cingono la muratura al medesimo livello, tali collegamenti hanno sagoma cilindrica, mentre se il cordolo è da un solo lato, tali collegamenti sono conformati a mo' di tronco di piramide con dimensione maggiore verso l'esterno.

L'armatura metallica è

costituita da una gabbia formata da barre longitudinali e staffe, con un minimo di 4 fl2 e staffe f 6 ogni 30 cm.

Nei cordoli a tutto

spessore, realizzati globalmente, i martinetti a vite restano inglobati nel getto.

L'esecuzione di cordoli e pilastrini in acciaio

avverrà con modalità analoghe a quelle sopra indicate, assicurando la collaborazione con la muratura mediante opportune zancature.

3.6.

Archi e volte

Gli archi e le volte devono essere muniti di cinture, chiavi e tiranti, posti convenientemente in tensione, ed atti ad assorbire integralmente le spinte, a meno che le murature di sostegno abbiano spessori sufficienti a sopportare le spinte, valutate tenendo conto anche delle azioni sismiche.

Qualora occorra risanare o

rinforzare le volte, è possibile intervenire con la tecnica delle iniezioni di miscele leganti meglio se integrate da perforazioni armate.

Nel caso delle volte di luce non molto grande, un valido

sistema di rafforzamento consiste nel costruire in aderenza un guscio portante, generalmente estradossato, realizzato da una rete metallica elettrosaldata chiodata alla struttura da rinforzare e da uno strato di malta antiritiro ad elevata resistenza o di miscele di resine.

L'intervento deve essere preceduto da una accurata pulitura della superficie, in aderenza alla quale si esegue il rinforzo, con aria compressa ed eventualmente qualora si impieghino malte cementizie, con acqua, nonché dalla sigillatura delle lesioni macroscopiche.

Con tale

procedimento, in particolare, è possibile evitare interventi sulla superficie di intradosso, il che assume fondamentale importanza allorché questa ultima sia affrescata o presenti, comunque,

caratteristiche estetiche da non alterare.

Gli archi e le volte che

siano interessati da gravi dissesti, se realizzati con muratura di non buona consistenza e fattura, devono essere eliminati.

3.7. Solai

Il restauro statico del solaio deve puntare al soddisfacimento dei seguenti requisiti fondamentali:

- resistenza adeguata ai carichi

previsti in fase di utilizzazione;

- in relazione a detti carichi,

rigidezza (trasversali e nel proprio piano) sufficienti ad assicurare sia la funzionalità in esercizio dell'elemento strutturale, sia la funzione di diaframma di collegamento e ripartizione tra le strutture verticali;

- collegamento efficace con le murature verticali, agli effetti delle trasmissioni degli sforzi.

I primi due requisiti, nel

caso di solai in legno, possono essere agevolmente realizzati, ad esempio, inchiodando al tavolato esistente uno strato di tavole ortogonali alle precedenti di conveniente spessore ($S > 3$ cm) oppure, realizzando una soletta di calcestruzzo armato di sufficiente spessore per assicurare resistenza e rigidezza alla struttura mista finale (legno - cemento armato).

Qualora i solai siano deteriorati, si da

non possedere adeguata rigidezza nel proprio piano, essi devono essere sostituiti o rinforzati.

Nel caso si impieghino travetti

prefabbricati in cemento armato ordinario o precompresso, si deve disporre una apposita armatura di collegamento dei travetti alle strutture perimetrali in modo da costituire un efficace ancoraggio sia agli effetti della trasmissione del momento negativo, sia della forza di taglio che delle azioni normali alla parete.

L'ancoraggio alle

armature verticali può essere realizzato con l'esecuzione di un cordolo in cemento armato, di altezza non inferiore a quella del solaio in corrispondenza di ciascun orizzontamento oppure con il consolidamento della muratura in corrispondenza degli orizzontamenti mediante iniezioni di miscele leganti armate. In quest'ultimo caso le perforazioni possono essere eseguite trasversalmente alle murature, con andamento incrociato e inclinazione tale da interessare un'altezza pari almeno a quella del solaio, oppure orizzontalmente e parallelamente all'asse della muratura, completandole in tal caso, eventualmente, con cuciture d'angolo, in modo da legare solidamente tutti gli elementi componenti la compagine strutturale.

In

alternativa può essere sufficiente anche un collegamento discontinuo che, nel caso di solai in legno, può realizzarsi mediante piatti metallici d'ancoraggio chiodati alle travi, passanti in fori predisposti nei muri e successivamente sigillati con malta cementizia.

Infine per solai in legno con cappa in calcestruzzo o solai latero-cementizi di nuova costruzione, un sufficiente collegamento può essere costituito da un cordolo continuo in cemento armato a spessore parziale o semplicemente in aderenza, provvisto di cunei di ancoraggio passanti attraverso le murature ed opportunamente armati.

3.8.

Scale

Le scale in muratura a sbalzo, cioè quelle aventi gli scalini o la sottostruttura incastrati nei muri di gabbia da un lato e liberi dall'altro, devono essere di regola sostituite con scale in cemento armato o in acciaio. Possono tuttavia essere conservate soltanto se prive di lesioni e dopo averne verificata l'efficienza a mezzo di prove di carico.

Quando necessità ambientali-architettoniche richiedano la conservazione di scale a sbalzo staticamente non sicure, potranno adottarsi rinforzi con strutture metalliche oppure cementizie. In quest'ultimo caso dovrà porsi massima cura affinché gli sforzi di trazione, presenti sulla struttura muraria delle scale, siano completamente assorbiti da armature opportunamente inserite, ancorate alla muratura perimetrale e suggellate con malte cementizie antiritiro o epossidiche.

3.9. Coperture

I tetti devono essere resi non spingenti. Negli interventi di semplice miglioramento si avrà cura in particolare di assicurarsi della capacità di resistere alle azioni orizzontali da parte delle murature perimetrali ed interne che spiccano dall'ultimo solaio per sostenere il tetto e di realizzare un efficace collegamento fra le strutture del tetto e le murature suaccennate. Nel caso di tetti in legno si dovrà garantire anche una adeguata connessione fra i diversi elementi costituenti l'orditura.

Gli elementi sporgenti dalle coperture (comignoli, abbaini, parapetti, torrini, antenne, ecc.) devono essere ben fissati alla base e, se necessario, controventati.

I provvedimenti intesi ad ottenere

l'adeguamento sismico possono essere i seguenti:

- costruzione di

cordoli di sottotetto in c.a. per la ripartizione delle forze trasmesse alla muratura dagli elementi strutturali lignei e cerchiatura dell'edificio in sommità;

- applicazione di un tavolato

di sottotetto in legno o di croci di Sant'Andrea per irrigidire la struttura nel piano di falda;

- applicazione di catene in ferro e/o in legno.

Qualora, per motivi di particolare pregio architettonico o per l'ottimo stato di conservazione della copertura, non risulti

conveniente la creazione di cordoli in c.a. di sommità, si potrà, in via del tutto eccezionale, procedere al rinforzo della muratura che spicca dall'ultimo piano (compresi gli eventuali timpani) mediante iniezioni e cuciture armate o incorniciatura con lastre di c.a.; particolare cura si dovrà porre comunque per realizzare efficaci collegamenti della orditura principale lignea con la muratura così rinforzata.

3.10. Fondazioni

Nella maggior parte degli edifici in muratura, la struttura di fondazione è sostanzialmente coincidente con l'edificio stesso. Pertanto gli eventuali interventi saranno prevalentemente di tipo localizzato, tendenti a sanare eventuali situazioni di debolezza puntuali. Nel caso di inserimento nell'edificio di una nuova muratura, la sua fondazione deve essere ammorsata in quella delle murature esistenti mediante un opportuno innesto. La riduzione della pressione di contatto edificio-terreno può ottenersi, in generale, ampliando la base del fabbricato mediante placcaggi in conglomerato cementizio a getto od a spruzzo convenientemente armati, applicati da uno o da entrambi i lati della muratura.

L'efficacia di tale intervento è peraltro legato alle caratteristiche di compressibilità del terreno e alle modalità esecutive. In quei particolari casi il terreno di fondazione sia di scadenti proprietà fisico-meccaniche, potrà essere necessario riportare i carichi in profondità mediante pozzi o pali.

Si potranno

usare pali di normale diametro opportunamente collegati alle strutture, ovvero si potranno utilizzare pali di piccolo diametro eventualmente eseguiti attraverso le strutture esistenti così da collegarsi ad esse, per poi approfondirsi nel terreno sottostante.

Per i pali di regola sarà da adottare il sistema di trivellazione a rotazione, che non comporta scuotimenti pericolosi per strutture già in fase di dissesto.