



Vulnerabilità sismica degli edifici

Controllo prestazionale degli elementi non strutturali

Antonella Mamì

In che modo progettare e costruire edifici più sicuri in caso di terremoto? Come incrementare l'affidabilità sismica degli immobili? Quali sono gli interventi di manutenzione e di miglioramento opportuni per garantire una maggiore sicurezza? Ecco un manuale che rappresenta un valido ausilio tecnico per tutti coloro che sono impegnati nella progettazione e nella realizzazione di nuovi edifici o nel recupero di quelli esistenti. Il testo ha come premessa il riconoscimento del ruolo che

gli elementi non strutturali giocano nel caso di eventi sismici, sia per esperire la prevenzione che per operare la riabilitazione degli immobili colpiti dal terremoto. Dopo un'attenta analisi degli aspetti normativi, il libro offre un quadro della fenomenologia dei danni tipica degli elementi non strutturali ed individua tutti gli elementi tecnici, ad eccezione delle strutture portanti, che compongono gli edifici: dall'invulcro nei suoi vari componenti alle finiture interne. Un capitolo è dedicato ai materiali disponibili sul mercato ed alle loro potenzialità, anche inusuali, in termini di miglioramento delle prestazioni di resistenza, affidabilità, durabilità. Il volume, infine, corredata da numerose immagini e disegni tecnici esemplificativi, si avvale del contributo di studiosi di altri ambiti disciplinari quali la geologia e le tecniche strutturali. Insomma, un testo utile nella biblioteca di ingegneri, architetti, geometri, progettisti e di tutti coloro che vogliono progettare e realizzare immobili più affidabili.

INDICE GENERALE



QUADERNI
per la progettazione

Presentazione	9
Introduzione	11

CAPITOLO 1

LE PRESTAZIONI SISMICHE DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI: LEGISLAZIONE E NORME

15

1.1 La normativa italiana	15
1.2 UNI ENV 1998 1-2 Normativa italiana sperimentale	22
1.3 La normativa americana	24
Stralcio dalla Normativa americana FEMA	39

CAPITOLO 2

VULNERABILITA' AL SISMA: FENOMENOLOGIA DEI DANNI

65

2.1 Finiture ed elementi di protezione all'esterno	65
2.1.1 <i>Intonaco (testo redatto da Lidia Mormino)</i>	65
2.1.2 <i>Rivestimenti ceramici, musivi e lapidei</i>	68
2.1.3 <i>Cornicioni, marcapiani, lesene e parapetti</i> <i>(testo redatto da Lidia Mormino)</i>	70

2.1.4 <i>Infissi [UNI 3.2.1.2. Infissi esterni verticali]</i> (testo redatto da Roberto Verga)	74
2.1.5 <i>Giunti (testo redatto da Lidia Mormino)</i>	76
2.2 Finiture ed elementi di protezione all'interno	78
2.2.1 <i>Intonaco</i>	78
2.2.2 <i>Rivestimenti ceramici, musivi e lapidei</i>	80
2.2.3 <i>Cornici e soffitti</i>	82
2.2.4 <i>Controsoffitti</i>	84
2.2.5 <i>Pavimentazioni (testo redatto da Roberto Verga)</i>	85
2.2.6 <i>Infissi e porte [UNI 3.3.1.2. Infissi interni verticali]</i> (testo redatto da Roberto Verga)	88
2.3 Strutture portate	90
2.3.1 <i>Tompagnamenti [UNI 2.1.1. Pareti perimetrali verticali]</i>	90
2.3.2 <i>Tramezzature [UNI 3.3.1. Pareti interne verticali]</i> (testo redatto da Roberto Verga)	92
2.4 Impianti	94
2.4.1 <i>Tracce</i>	94
2.4.2 <i>Cavidotti e condotte</i> [UNI 5.40.3. Reti di canalizzazione]	96
2.5 Strutture portanti	97
2.5.1 <i>Balconi [UNI 4.2.1. Balconi]</i>	97
2.5.2 <i>Architravi di porte e finestre</i>	100

CAPITOLO 3

LINEE GUIDA PER IL PROGETTO E LA RIABILITAZIONE 103

3.1 Rivestimenti	103
3.1.1 <i>Reti armaintonaco, reggintonaco e rinforzo: fibra di vetro, nylon, acciaio zincato</i> (testo redatto da Lidia Mormino)	103
3.1.2 <i>Suture, sarciture e risvolti con nastri, tessuti e reti</i>	106
3.1.3 <i>Reti di aggrappo per i rivestimenti ceramici, musivi e lapidei (testo redatto da Giuseppe Leone)</i>	109



3.2 Fissaggi meccanici	111
3.2.1 <i>Tassellature</i> (<i>testo redatto da Roberto Verga</i>)	111
3.2.2 <i>Ancoraggi</i> (<i>testo redatto da Roberto Verga</i>)	113
3.2.3 <i>Ammorsamenti</i> (<i>testo redatto da Roberto Verga</i>)	115
3.2.4 <i>Incollaggi</i>	118
3.2.5 <i>Guarnizioni e smorzatori e giunzioni</i>	120
3.3 Modalità esecutive e scelta dei materiali	124
3.3.1 <i>Uso di malte fortemente adesive, antiritiro, leggermente espansive</i>	124
3.3.2 <i>Controllo dimensionale</i>	125
3.3.3 <i>Modalità di posa in opera per garantire adesione, aggrappo, legami chimici</i>	128
3.3.4 <i>Malte caricate con fibre per migliorare le prestazioni a trazione</i>	130
3.4 Controsoffitti	132
3.4.1 <i>Strutture dei controsoffitti: sviluppo ed ancoraggio a strutture e pareti, sistemi di montaggio</i> (<i>testo redatto da Giuseppe Leone</i>)	132
3.5 Connessioni tra elementi e tra strutture	134
3.5.1 <i>Tessiture murarie, ammorsature ed incastri</i> (<i>testo redatto da Lidia Mormino</i>)	134
3.5.2 <i>Collegamenti ed unioni tra strutture elastiche e rigide</i>	137
3.5.3 <i>Ancoraggi e collegamenti degli elementi di protezione, drenaggio e decorazione alle strutture di supporto</i>	139
3.6 Architravi	140
3.6.1 <i>Tematiche degli architravi</i>	140
3.7 Infissi	142
3.7.1 <i>Tematica degli infissi e della sicurezza nella fuga</i> (<i>testo redatto da Lidia Mormino</i>)	142

CAPITOLO 4

RIABILITAZIONE SISMICA DEGLI ELEMENTI NON-STRUTTURALI: CRITERI DI INTERVENTO ED ESEMPI ..145

4.1	Finiture ed elementi di protezione all'esterno	150
4.1.1	<i>Intonaco (testo redatto da Lidia Mormino)</i>	150
4.1.2	<i>Rivestimenti ceramici, musivi e lapidei</i>	152
4.1.3	<i>Cornicioni, marcapiani, lesene e parapetti</i> (testo redatto da Lidia Mormino)	154
4.1.4	<i>Infissi esterni</i>	156
4.1.5	<i>Giunti (testo redatto da Lidia Mormino)</i>	158
4.2	Finiture ed elementi di protezione all'interno	159
4.2.1	<i>Intonaco</i>	160
4.2.2	<i>Rivestimenti ceramici, musivi e lapidei</i>	162
4.2.3	<i>Cornici e soffitti</i>	163
4.2.4	<i>Controsoffitti</i>	165
4.2.5	<i>Pavimentazioni</i> (testo redatto da Roberto Verga)	166
4.2.6	<i>Porte e finestre</i> (testo redatto da Roberto Verga)	167
4.3	Strutture portate	168
4.3.1	<i>Tompagnamenti</i>	168
4.3.2	<i>Tramezzature</i> (testo redatto da Roberto Verga)	170
4.4	Impianti	172
4.4.1	<i>Tracce</i>	172
4.4.2	<i>Cavidotti e condotte</i>	174
4.5	Strutture portanti	176
4.5.1	<i>Balconi</i>	176
4.5.2	<i>Architravi di porte e finestre</i>	178

CAPITOLO 5

I PIÙ RECENTI EVENTI SISMICI: INDAGINI PRELIMINARI IN SITU

5.1	Introduzione.....	181
5.2	Palermo ed hinterland (testo redatto da Giuseppe Leone)	182
5.3	Catania ed hinterland (testo redatto da Giuseppe Leone)	187
	Allegato: Scheda di rilevamento.....	189
5.1	Molise (testo redatto da Giuseppe Leone)	197

APPENDICI



QUADERNI
per la progettazione

APPENDICE A

SISMI NEL BACINO DEL MEDITERRANEO - CENNI CRONOLOGICI

APPENDICE B

NOTE SU ASPETTI GEOLOGICI

B.1	Le cause e la genesi di un terremoto <i>di Pietro Todaro</i>	215
B.2	L'influenza della natura e morfologia dei terreni negli effetti del sisma <i>di Pietro Todaro</i>	221
B.2.1	<i>La risposta locale del terreno</i>	221
B.2.2	<i>La nuova normativa sismica</i>	228

APPENDICE C

NOTE SU ASPETTI STRUTTURALI 231

C.1	Il comportamento sismico dei telai tamponati <i>di Salvatore Benfratello e Marinella Fossetti</i>	231
C.1.1	<i>Le indagini sperimentali</i>	234
C.1.2	<i>La modellazione analitica</i>	237
C.1.3	<i>Considerazioni finali</i>	238
C.2	L'isolamento dalle vibrazioni <i>di Salvatore Benfratello</i>	239
C.2.1	<i>La difesa dal terremoto</i>	240
C.2.1	<i>Tipologia di isolamento delle vibrazioni</i>	242

BIBLIOGRAFIA 247

Presentazione



QUADERNI
per la progettazione

Nella mia lunga carriera didattica e scientifica mi sono occupato anche, e per un consistente intervallo, della questione sismica e delle risposte che gli edifici pre-moderni hanno offerto ai sismi, purtroppo numerosi in Sicilia, terra dove vivo ed opero.

Ho cercato di trasmettere ai miei allievi la coscienza del valore della cultura del fare in Architettura, come necessaria premessa per l'efficacia e l'efficienza del costruire; ho, da sempre, comunicato loro quanto necessaria fosse l'analisi e la lettura del costruito nei suoi magisteri e nei suoi materiali, così come delle sue alterazioni e patologie, per elaborare i necessari e corretti strumenti tecnologici di progettazione e realizzazione del nuovo e manutenzione dell'esistente.

Come gli altri collaboratori, anche Antonella Mami, che sin dalla laurea ho seguito nel cammino formativo come architetto, come ricercatore e docente universitario, ha fatto tesoro dei consigli e dell'esempio, e lo dimostra, anche oggi, in questo testo. Infatti, oltre a sollevare questioni originali, che si legano però alle mie ricerche sui sismi e gli edifici, ella dimostra di aver fatto sua la convinzione che siano necessarie, quando si tratti dell'analisi dell'esistente, così come del costruire architettura, indagini accurate volte a cogliere nell'essenza e nel dettaglio consistenze tecnologiche e scenari di patologie, guasti ed alterazioni al sorgere di condizioni anomale, sia naturali che artificiali (calamità, usi impropri, smog, ecc.), o al reitarsi nel tempo di logorio e di degrado.

La conoscenza dell'esistente e dell'arte pratica del costruire sono utili, non già fini a se stesse, ma per poter correttamente operare negli interventi di recupero, riabilitazione e manutenzione. Ed ancora per acquisire, attraverso riflessioni tecnologiche, quella sensibilità ed attenzione per erigere edifici connotati da una consistente offerta prestazionale del sistema e degli elementi, e da affidabilità, durabilità e sicurezza, che sono concetti, da sempre, propri del costruire.

L'originalità della questione è corroborata da riferimenti normativi e culturali autorevoli, che suggellano la pregnanza ed attualità dei problemi e, nello stesso tempo, la necessità di trasmutare problematiche già aperte in altri continenti alle caratteristiche specifiche del nostro edificare e dei nostri prodotti edili.

In questo testo troviamo il frutto di laboriose indagini in situ nelle quali sono

stati utilizzati strumenti di conoscenza e prelievo di dati utili come note propedeutiche per l'approfondimento diagnostico delle condizioni di alterazione, anche per quelle non indagabili visivamente (es.: l'utilizzo di indagini termografiche per la verifica del mantenimento delle condizioni di adesione degli intonaci al supporto, ecc).

La preliminare elaborazione dei dati ha consentito di pervenire ad una iniziale organizzazione conoscitiva dei fenomeni di danno sismico negli elementi non-strutturali e nelle finiture che, sino ad ora, non sono stati in Italia oggetto di lettura sistematica.

Troviamo, inoltre, una parte del testo nella quale le competenze tecnologiche, relative ai materiali ed agli elementi costruttivi, vengono utilizzate per riflessioni e proposte di miglioramento prestazionale e di controllo di qualità degli elementi del sistema edilizio. Tali riflessioni hanno origine nel percorso di studi e ricerche che l'autrice ha compiuto nel tempo, sotto la mia guida, indirizzata ad una cultura della prevenzione dei degradi e delle patologie che si persegue, senza tema di dubbio, anche in fase di progetto e di cantiere.

Antonella Mamì ribadisce la consapevolezza che assunti e speculazioni teoriche e scientifiche non possano, per una corretta divulgazione e per conseguire un'efficacia operativa, prescindere dagli aspetti meno raffinati, ma di certo altrettanto importanti, della pratica progettuale e della pratica di cantiere.

Il testo è arricchito, per la propensione dell'autrice al dialogo interdisciplinare, da note integrative ed autonome di studiosi di altre discipline, quali Pietro Todaro (geologo) e Salvatore Benfratello (strutturista), le cui competenze mi sono note da lungo tempo e sono oggetto di mia profonda stima.

Francesco Saverio Brancato

Introduzione



QUADERNI
per la progettazione

La qualità delle opere di architettura ed i caratteri specifici e funzionali degli edifici si esplicano attraverso l'offerta prestazionale anche e soprattutto degli elementi non-strutturali del sistema edilizio, che hanno per caratteristiche costruttive, specialmente nei sistemi intelaiati, ruoli, compiti e morfologie autonome, quantunque integrati, dalle membrature strutturali.

Il decremento di questa offerta prestazionale tende a coincidere con la perdita di efficienza dell'intero sistema edilizio. L'evento sismico, per le caratteristiche di intenso ed istantaneo stress meccanico, produce sugli elementi non-strutturali notevoli danni che potrebbero essere evitati o contenuti con una più attenta e completa progettazione e successiva realizzazione, al pari di ciò che avviene per gli elementi strutturali.

Il criterio della sicurezza della vita umana, che sino a poco tempo addietro era l'unico su cui si basasse la progettazione antisismica, per il patrimonio costruito non può rimanere il solo. E ciò, d'altronde, è già sancito dall'attenzione che si pone viepiù alla capacità di risposta sismica e alla salvaguardia di monumenti, siti archeologici, oggetti ed opere d'arte, che erano rimasti lontani dalla cultura della prevenzione.

E, in ogni caso, anche le prestazioni di stabilità coinvolgono gli stessi elementi non-strutturali, con forti implicazioni, in caso di danni da evento tellurico, relative alle classi esigenziali della sicurezza, della fruibilità e funzionalità, dell'aspetto, nonché dell'incidenza economica e finanziaria.

In questo senso il contenimento dei danni, pur impegnando risorse in fase di riabilitazione e di retrofitting¹, si tradurrebbe in un risparmio post-sisma. Gli interventi di riparazione, infatti, sarebbero assai meno costosi e, spesso, addirittura non necessari.

Inoltre, la funzionalità e l'operatività degli edifici si esplica attraverso il corretto funzionamento degli impianti e la stabilità di arredi, equipaggiamenti, finiture ed opere accessorie. Più il sisma ha come effetto il danneggiamento di questi componenti più è inficiata la possibilità di immediata occupazione. Ciò assume notevole importanza negli edifici strategici deputati al soccorso, alla cura o semplicemente al ricovero post-sisma, cioè ospedali, scuole, centri ope-

1. Azione di intervento sul costruito che integra ed incrementa, in qualità e varietà, le prestazioni iniziali degli elementi.

rativi per la gestione dell'emergenza, ed altri edifici che svolgono ruoli essenziali durante l'attività straordinaria post-sisma.

La cultura e la ricerca scientifica europea non sembrano ancora molto sensibili a questi aspetti, quanto, invece, la cultura americana, la quale da tempo produce contributi e norme sull'argomento, che pongono, però, difficoltà di trasposizione per le note differenze costruttive che contraddistinguono i due continenti.

Anche nel Mediterraneo ed in Europa, in un'ottica contemporanea ed affinata di gestione del patrimonio costruito, è necessario sviluppare sensibilità e mettere a punto strategie di intervento e tecniche retrofit per la riabilitazione delle finiture e degli elementi portanti e l'incremento della loro offerta prestazionale.

Data la complessità e varietà del nostro patrimonio costruito, considerati i necessari requisiti per la risposta sismica delle costruzioni e attesa la mancanza di tradizioni culturali e disciplinari per gli aspetti non strutturali, le tecniche di prevenzione e di riabilitazione non possono prescindere da un criterio prioritario, ovvero la qualità costruttiva tradotta come idoneo impiego e consapevole scelta dei materiali e delle soluzioni tecniche, come corretta esecuzione delle operazioni di posa in opera, ed ancor prima come qualità progettuale.

Con un sisma¹, infatti, ogni disattenzione costruttiva si traduce in danno.

La qualità nella realizzazione degli interventi si persegue, oltre che con un'opportuna gestione dell'appalto e del cantiere, con l'adeguata formazione professionale delle maestranze, con l'applicazione delle regole dell'arte nella posa in opera, con gli idonei scelta, acquisto e dosaggio dei materiali e dei componenti.

Questo testo, facendo seguito a pochi isolati episodi di anni or sono², intende offrire qualche nota per una cultura integrata della qualità e della prevenzione che attribuisca un ruolo all'integrità ed alla sicurezza non-strutturale ed impiantistica con l'auspicio che l'investimento in tal senso raggiunga, anche in Italia, i livelli di attenzione e trattazione più opportuni.

Ciò che si propone è frutto di una prima fase di tentativi di messa a punto di tecniche e magisteri specifici nati da: l'individuazione degli elementi non-strutturali, delle loro specificità edilizie, delle loro prestazioni e vulnerabilità, e

1. Si allude soprattutto ai sismi di media intensità che, considerata la situazione geomorfologica del bacino del Mediterraneo, dovrebbero riguardarsi come scenario progettuale non di calamità ineluttabile, ma di episodico, e preventivato, stress meccanico. Già la cultura, non solo tecnica, giapponese e dell'America nord-occidentale si muove in questo senso.

2. LATINA C., "Aspetti non strutturali nella progettazione sismica", in *Costruire in laterizio* n° 16 1990
PETRELLA P., SCIACCA G., *Installazione in zona sismica degli impianti tecnici e degli elementi non strutturali. Proposte per una normativa*, CUEN, Napoli, 1989



dei danni che possono presentare a seguito di un evento sismico; l'uso di materiali e tecniche già presenti nel mercato ed utilizzati per fini differenti ma, comunque, testati nell'affidabilità, con processi di mutuazione dalle prassi consolidate; l'interpolazione di tecniche tradizionali ed innovative che può produrre soluzioni tecniche ed espedienti i quali, pur dopo una necessaria verifica di laboratorio, possano incrementare l'affidabilità dell'edificato contemporaneo e moderno e scongiurare sempre più non già l'evento sismico, ma i suoi effetti su persone e cose.

L'articolazione dei contenuti è la seguente

1 – LE PRESTAZIONI SISMICHE DEGLI ELEMENTI NON-STRUTTURALI: LEGISLAZIONE E NORME

E' stata analizzata tutta la legislazione e la normativa antisismica italiana degli ultimi decenni con la verifica della quasi totale assenza di attenzione nei confronti della tematica non-strutturale. L'analisi dello stato dell'arte nel mondo ha messo in luce come solamente negli USA vi sia una sensibilità al problema, che viene affrontato in modo sistematico da decenni e che negli ultimi anni è frutto di una rilettura procedurale e prestazionale di tutti gli aspetti del problema.

2 – VULNERABILITA' AL SISMA: FENOMENOLOGIA DEI DANNI

Sulla base delle indagini effettuate sul campo e con una rilettura orientata della letteratura tecnica e dei database prodotti negli ultimi anni, è stata accennata una individuazione degli effetti dei sismi, in modo particolare quelli di media intensità, sugli elementi non-strutturali degli edifici con struttura intelata in cls.a. ed in acciaio, realizzati negli ultimi decenni. Ciò al fine di individuare criticità ricorrenti e fattori di vulnerabilità, da cui scaturisce la caduta o l'inefficienza prestazionale post-sisma.

3 – LINEE GUIDA PER IL PROGETTO E LA RIABILITAZIONE

Indicazione di possibili soluzioni tecniche di miglioramento del comportamento sismico degli elementi edilizi, attraverso indicazioni sull'uso di materiali e tecniche già presenti nel mercato ed utilizzabili, anche a questo fine, con processi di mutuazione dalle prassi consolidate.

4 - RIABILITAZIONE E PREVENZIONE SISMICA NEGLI ELEMENTI NON-STRUTTURALI: CRITERI DI INTERVENTO ED ESEMPI

Con l'ausilio di grafici tecnici redatti appositamente o individuati nella letteratura tecnica si propone l'interpolazione di tecniche tradizionali ed innovative per produrre soluzioni tecniche ed espedienti i quali, pur dopo una necessaria verifica di laboratorio, possano incrementare l'affidabilità dell'edificato contemporaneo e moderno e scongiurare sempre più, non già l'evento

sismico, ma i suoi effetti su persone e cose.

5 - I PIU' RECENTI EVENTI SISMICI: INDAGINI PRELIMINARI IN SITU

Si riportano i dati e le considerazioni che scaturiscono dalle indagini in situ svolte dopo gli eventi sismici dell'anno 2002 e con le quali si è confrontata la convinzione che la disciplina della sicurezza sismica debba configurarsi come integrata. Si propone una scheda di prelievo dei dati relativa agli elementi non-strutturali che è stata testata sul campo.

APPENDICE

A – SISMI NEL BACINO DEL MEDITERRANEO: CENNI CRONOLOGICI

B – NOTE SU ASPETTI GEOLOGICI di Pietro Todaro

C – NOTE SU ASPETTI STRUTTURALI di Salvatore Benfratello e Marinella Fossetti

Anche le altre discipline avvertono l'esigenza di ampliare gli schemi classici della trattazione del problema, in un'ottica trasversalmente integrata (Effetto sito e contestualizzazione in ambito geologico, contributo dei tompagnamenti in ambito strutturale, necessità di prevedere un comportamento complessivo degli edifici realizzati con tecnica degli isolatori sismici, ...).

RINGRAZIAMENTI

La ricerca che ha portato a questo volume nasce dalle idee dell'autore, ma dal lavoro di più persone ed in particolare:

- Le indagini *in situ* sono state svolte dall'autore, in qualità di coordinatore, e dagli architetti Giuseppe Leone, Lidia Mormino, Roberto Verga;
- I disegni sono stati redatti, su indicazione dell'autore, dagli architetti Giuseppe Leone, Mariangela Pileri e dagli allievi architetti Dario Passare, Angela Tagliavia, Nicola Todaro, Gabriella Tornatore;
- I testi sono stati redatti talora in collaborazione, così come appuntato nell'indice, con Giuseppe Leone, Lidia Mormino, Roberto Verga;
- La ricerca ha avuto primo esito nella tesi di laurea dell'architetto Giuseppe Leone, presentata nel luglio 2003;
- Le ricerche bibliografiche sono state effettuate in collaborazione con Lidia Mormino e Roberto Verga.

Sono autonomi i contributi originali del Prof. Geol. Pietro Todaro, Prof. Ing. Salvatore Benfratello e Dott. Ing. Marina Fossetti, redatti in coordinamento con l'autore.



LE PRESTAZIONI SISMICHE DEGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI: LEGISLAZIONE E NORME



In questo capitolo si accenna all'ambito normativo nel quale la tematica della prevenzione e riabilitazione sismica dei componenti non-strutturali non trova adeguato spazio.

In realtà il problema sembra essere affrontato con rigore scientifico e dovizia di dettagli solo nel territorio degli Stati Uniti, ma ciò con nessuna eco nelle normative europee. E' per questo motivo, quindi, che, oltre ad alcuni accenni allo stato dell'arte italiano ed a quello statunitense, si riporta una brano normativo FEMA¹ in lingua d'origine, ovvero quello che si ritiene, nonostante gli aggiornamenti e le rettifiche, il più completo ed approfondito sui componenti non-strutturali.

D'altronde l'esperienza della FEMA, a livello tecnico e non normativo, è stata condivisa in partneriatto con alcuni esponenti della comunità scientifica italiana relativamente alle caratteristiche tipologiche e tecnologiche di edifici specialistici quali gli ospedali²; esperienza che non è ancora riversata né su altre tipologie di edifici né su strumenti normativi che possano indicare (o imporre!) soluzioni e processi in termini di prevenzione o di retrofitting.

1.1 La normativa italiana

La normativa italiana rivolta alla sicurezza delle costruzioni in caso di sisma ha avuto nel secolo scorso una profonda e significativa evoluzione.

Del buon numero di leggi e normative emanate una buona parte sono norme tecniche, e riguardano le caratteristiche che devono avere gli edifici di nuo-

1. *Federal Emergency Management Agency (356/2000 Cap. 11)*

2. *APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL: ATC-51-2 Raccomandazioni congiunte Stati Uniti-Italia per il Controventamento e l'Ancoraggio dei Componenti Non Strutturali negli Ospedali Italiani. Redwood City, California 2003*

va realizzazione e quelli costruiti sui quali si intervenga con operazioni di recupero e restauro.

Verrebbe da pensare, però, come un grosso svantaggio che le norme siano state promulgate solo quando non si è costruito quasi più rispetto al passato. Sono, infatti, rimaste fuori dal normato la messe infinita di edifici nati come funghi negli anni sessanta ed in buona parte negli anni settanta. Sappiamo, infatti, che la prima legge di significato è datata 1974. In ogni caso, però, in tutte le norme si fa riferimento alle strutture portanti come se queste coincidano con l'intera costruzione. Né per gli edifici contemporanei né per quelli più antichi si è fatto riferimento alle restanti parti dei manufatti, a meno di un timido tentativo nella più recente Ordinanza di cui si accenna più avanti.

La normativa, infatti, rispecchia una posizione culturale fortemente orientata che propone (sin dalla formazione scolastica e professionale degli operatori del settore) una scomposizione delle variabili progettuali in sottoinsiemi separati nel sistema edificio, che finiscono per acquisire una forzata autonomia.

Non volendo fare riferimento alla frammentazione ed alla dispersione parcellizzata delle competenze e figure disciplinari, pensiamo, però, alla tricotomia che si continua a perpetrare nella nozione progettuale di edificio e nelle professionalità ad esso connesse. Infatti, la Struttura portante, gli Impianti ed il resto dei componenti edilizi (strutture portate e finiture: tomagnamenti, tramezzi, controsoffitti, infissi, rivestimenti, etc.) vengono considerati dimensioni correlate ma non connesse. La divisione, in realtà utile e corretta in termini operativi, non viene, però, sapientemente condotta alla ricomposizione delle relazioni in un sistema realmente integrato, ed alla sintesi in una visione globale del manufatto.

Quanto finora rilevato sembra assumere una dimensione ancor più patologica negli edifici a struttura intelaiata.

Tramite la normativa, ma anche tramite la riflessione culturale e la formazione professionale, è forse opportuno ricondurre la prassi operativa e gli orientamenti disciplinari alla ricomposizione delle relazioni, che si prefigura come garanzia di equilibrio e congruenza.

Solamente nell'ultimo evento legislativo relativo alla prevenzione del rischio sismico, ovvero nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/03 (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*)³) si considera l'eventualità di calcolare e verificare la resistenza

3. Vedi nota alla fine del paragrafo a pag. 18



all'azione sismica degli elementi costruttivi senza funzione strutturale, le loro connessioni alla struttura e gli impianti. In realtà, pur rilevando l'importanza di questa nuova sensibilità, riteniamo che si sia ancora lontani dall'avere indicato soluzioni perseguitibili ed efficaci. Di fatto, viene lasciata alla discrezione del calcolista la eventuale pericolosità degli elementi non strutturali in caso di sisma, viene proposto un modello calcolistico applicabile solo a pochi elementi e, ancora una volta, non si indicano regole per perseguire una buona qualità costruttiva (indipendentemente dai calcoli). Riteniamo, infatti, che non si possa escludere a priori la pericolosità di qualsiasi elemento che rovini in caso di sisma (copiose superfici di intonaco di spessore notevole, tutti i tramezzi, gli infissi, ecc.), che il modello calcolistico sia inattuabile relativamente ad una buona parte degli elementi non strutturali, e, infine, che potrebbero essere sicuramente più efficaci delle regole operative sulla effettiva esecuzione: poiché, a dispetto di qualsiasi calcolo, le finiture e le strutture portate mal eseguite, a guisa di quello che avviene per le strutture, continueranno ad essere pericolose. Inoltre, ove possibile, in caso di sismi di limitata intensità, quando le moderne strutture intelaiate in cls.a. o in acciaio resistono efficacemente, c'è ragione di auspicare che un edificio possa resistere indenne da qualsiasi danno: altrimenti le condizioni si tradurrebbero in un immediato disagio e in un dispendio economico per gli utenti, anche se scevo da ogni pericolo per l'incolumità degli stessi.

A seguito di anni di reiterata superficialità nelle realizzazioni edilizie (almeno in alcuni ambiti), oggi si pone la necessità di costruire con maggiore consapevolezza edifici che siano realmente più sicuri, di effettuare una manutenzione responsabile e di mettere a punto ed utilizzare soluzioni tecniche compatibili, efficaci ed estremamente accorte.

Se consideriamo la normativa, non già in termini coercitivi, ma come un protocollo d'intesa fra gli individui della comunità, possiamo allora auspicare che al suo interno vengano normate, codificate e guidate prassi esecutive, quand'anche possano apparire scontate. La normazione e la legislazione, infatti, conducono al maggiore coinvolgimento di responsabilità dei soggetti interessati.

Può essere importante, allora, proporre tasselli integrativi dell'apparato normativo vigente, che identifichino un percorso di controllo in itinere della qualità esecutiva dei manufatti, prendendo in considerazione tutti gli elementi che compongono i manufatti edilizi anche in termini di sicurezza antisismica; non tanto con modalità cogenti, ma per obiettivi prestazionali.

Un percorso procedurale di controllo, non burocraticamente inteso, che investa trasversalmente il progetto cantierabile (ed ancora prima il preliminare

ed il definitivo), l'esecuzione pratica, nonché la gestione in esercizio del bene ed il monitoraggio dello stesso.

La tabella riportata a pag. 20 riguarda la normativa antisismica promulgata in Italia negli ultimi venti anni, normativa che è stata da noi vagliata ed analizzata per cercare articoli e commi che facciano riferimento agli elementi non strutturali. Come si evince dalle note nella colonna a destra non sono emersi esiti di rilievo e di significato.

NOTA



4.9 Considerazione di elementi non strutturali

Tutti gli elementi costruttivi senza funzione strutturale, il cui danneggiamento può provocare danni a persone, dovranno in generale essere verificati all'azione sismica, insieme alle loro connessioni alla struttura. L'effetto dell'azione sismica potrà essere valutato considerando una forza (F_a) applicata al baricentro dell'elemento non strutturale, calcolata secondo la relazione seguente:

$$F_a = W_a S_a Y_1 / q_a \quad (4.11)$$

dove:

W_a è il peso dell'elemento

Y_1 è il fattore di importanza della costruzione (punti 2.5 e 4.7)

q_a è il fattore di struttura dell'elemento, da considerare pari ad 1 per elementi aggettanti a mensola (quali ad esempio camini e parapetti collegati alla struttura solamente alla base) e pari a 2 negli altri casi (ad esempio per pannelli di tamponamento e controsoffitti)

S_a è il coefficiente di amplificazione di cui alla relazione seguente:

$$S_a = 3 S a_g (1 + Z/H) / (g (1 + (1 - T_a / T_1)^2)) \quad (4.12)$$

dove:

$S a_g$ è l'accelerazione di progetto al terreno

Z è l'altezza del baricentro dell'elemento rispetto alla fondazione

H è l'altezza della struttura

g è l'accelerazione di gravità

T_a è il primo periodo di vibrazione dell'elemento non strutturale nella direzione considerata, valutato anche in modo approssimato

T_1 è il primo periodo di vibrazione della struttura nella direzione considerata