



MARCO BOSCOLO BIELO

INTERVENTI ANTISISMICI

con il Super-SismaBonus 110%

PROGETTARE LA SICUREZZA STRUTTURALE
DEGLI EDIFICI ESISTENTI



**PRONTO
GRAFILL**

Clicca e richiedi di essere contattato
per informazioni e promozioni



WEBAPP INCLUSA
CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

SUPERBONUS 110%

Con guida alle detrazioni fiscali dalla A alla Z

GRAFILL



CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno **SCONTO SPECIALE**

Marco Boscolo Bielo

INTERVENTI ANTISISMICI CON IL SUPER-SISMABONUS 110%

Ed. I (03-2021)

ISBN 13 978-88-277-0232-1

EAN 9 788827 702321

Collana **Manuali** (265)

L'Autore desidera ringraziare: l'Ing. Luigi Nulli e Concrete s.r.l. per Sismicad;
l'Arch. Giovanni Biz; Laterlite S.p.A.; Ruregold s.r.l.; l'Ing. Enzo Giannetto;
il Dott. Dario Altinier per la loro collaborazione e il prezioso aiuto.



Prima di attivare Software o WebApp inclusi
prendere visione della licenza d'uso.

Inquadrare con un reader il QR Code a fianco
oppure collegarsi al link <https://grafill.it/licenza>

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



ProntoGRAFILL
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare presso **Officine Tipografiche Aiello & Provenzano S.r.l. – Bagheria (PA)**

Edizione destinata in via prioritaria ad essere ceduta nell'ambito di rapporti associativi.

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

SOMMARIO

PREFAZIONE	p.	13
1. RISCHIO SISMICO		
E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	15
1.1. Generalità.....	"	15
1.2. Concetti fondamentali relativi al rischio sismico	"	15
1.3. La valutazione della sicurezza.....	"	17
1.4. Classi d'uso degli edifici, Vita Nominale e periodo di riferimento per l'azione sismica.....	"	19
1.5. Domanda e capacità (parametri ζ_E e $\zeta_{v,i}$).....	"	20
1.6. Gli stati limite	"	22
1.7. L'obbligatorietà della valutazione della sicurezza.....	"	24
1.8. Opere abusive	"	24
1.9. Inadeguatezza dell'opera per azioni non sismiche	"	25
ESEMPIO 1.1. Inadeguatezza dell'opera per azioni non sismiche (valutazione di $\zeta_{v,i}$).....	"	25
1.10. Inadeguatezza dell'opera per azioni sismiche	"	26
ESEMPIO 1.2. Inadeguatezza dell'opera per azioni sismiche (valutazione di ζ_E).....	"	26
2. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI	"	29
2.1. Generalità.....	"	29
2.2. Interventi di adeguamento	"	29
2.3. Interventi di miglioramento	"	31
2.4. Riparazioni o interventi locali	"	32
2.5. Interventi nelle fondazioni.....	"	33
2.6. Interventi non strutturali	"	34
2.7. Criteri di progettazione di elementi strutturali secondari ed elementi costruttivi non strutturali.....	"	35
ESEMPIO 2.1. Azione sismica su macchinario posto in copertura di un edificio	"	38
2.8. Ampliamenti e sopraelevazioni	"	38

3. LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	p.	40
3.1. Generalità	"	40
3.2. Analisi storico-critica	"	41
3.3. Rilievo strutturale e tipi di indagini	"	42
3.3.1. Generalità	"	42
3.3.2. Costruzioni in muratura	"	43
3.3.3. Costruzioni in calcestruzzo armato e acciaio	"	44
3.3.4. Costruzioni in legno	"	46
3.4. Caratterizzazione meccanica dei materiali e classificazione delle prove	"	46
3.4.1. Generalità	"	46
3.4.2. Costruzioni in muratura	"	47
3.4.3. Costruzioni in calcestruzzo armato e acciaio	"	53
3.4.4. Costruzioni in legno	"	54
3.5. Determinazione dei «livelli di conoscenza» e dei «fattori di confidenza»	"	57
3.5.1. Generalità	"	57
3.5.2. Costruzioni in muratura	"	59
3.5.3. Costruzioni in calcestruzzo armato o acciaio	"	60
3.5.4. Costruzioni in legno	"	65
3.6. Esempio di attribuzione dei parametri meccanici in un edificio	"	65
4. INDAGINI STRUTTURALI	"	77
4.1. Prove di carico statico su solai	"	77
4.1.1. Generalità	"	77
4.1.2. Esempio di prova con cilindri oleodinamici	"	78
4.1.3. Descrizione del solaio	"	79
4.1.4. Modalità di applicazione del carico	"	80
4.1.5. Prova 1	"	81
4.1.6. Prova 2	"	86
4.1.7. Esempio di prova «a trazione»	"	90
4.1.7.1. Disposizione dei martinetti	"	90
4.1.7.2. Ubicazione dei sensori	"	91
4.1.7.3. Cicli di carico	"	92
4.1.7.4. Sintesi dei risultati	"	92
4.2. Indagini pacometriche	"	93
4.2.1. Generalità	"	93
4.2.2. Esempio di indagine pacometrica	"	94
4.2.2.1. Strumentazione e metodologia di indagine	"	94
4.2.2.2. Restituzione dei rilievi	"	95
4.3. Scarifiche	"	97

4.4.	Carotaggi	p.	98
4.4.1.	Generalità.....	"	98
4.4.2.	Esempio di estrazione di carotaggi su calcestruzzo e risultati	"	99
4.4.3.	Altri esempi di carotaggi	"	100
4.5.	Test di carbonatazione	"	102
4.6.	Prove di trazione su barre d'armo.....	"	103
4.6.1.	Modalità di prelievo.....	"	103
4.7.	Indagini ultrasoniche	"	104
4.7.1.	Generalità.....	"	104
4.7.2.	Esempio di indagine ultrasonica.....	"	109
4.8.	Indagini SONREB	"	110
4.8.1.	Generalità.....	"	110
4.8.2.	Procedure applicative	"	111
4.9.	Indagini sclerometriche su calcestruzzo	"	111
4.9.1.	Generalità.....	"	111
4.9.2.	Utilizzo	"	112
4.9.3.	Esempio di indagine sclerometrica.....	"	113
4.10.	Indagini sclerometriche su malte	"	114
4.10.1.	Generalità.....	"	114
4.10.2.	Procedura esecutiva	"	114
4.11.	Indagini <i>pull-out</i>	"	116
4.11.1.	Generalità.....	"	116
4.11.2.	Procedura esecutiva	"	117
4.11.3.	Esempi di indagine pull-out.....	"	118
4.12.	Prove con martinetti piatti sulle murature	"	120
4.12.1.	Generalità.....	"	120
4.12.2.	Esempio di prova con martinetti piatti	"	121
	4.12.2.1. Descrizione.....	"	121
	4.12.2.2. Tensione di esercizio	"	123
	4.12.2.3. Resistenza a rottura per compressione	"	124
	4.12.2.4. Modulo elastico	"	127
4.13.	Fessurimetri	"	128
4.14.	Inclinometri	"	130
4.15.	Accelerometri	"	130
4.16.	Laser scanner	"	131
4.17.	Indagini termografiche.....	"	131
4.18.	Prove non distruttive su elementi metallici	"	132
4.18.1.	Generalità.....	"	132
4.18.2.	Esempio di prova Vickers.....	"	134
4.19.	Prova di trazione su bullone	"	135

4.20.	Indagini visive	p.	135
4.21.	Verifica di presenza di collegamenti in murature a doppio paramento	"	140
4.22.	Endoscopie.....	"	140
4.23.	Indagini resistografiche su elementi lignei	"	142
4.23.1.	Generalità.....	"	142
4.23.2.	Esempio di indagine	"	142
4.24.	Metodi rapidi per la classificazione sismica del sottosuolo.....	"	144
5.	I SOLAI	"	147
5.1.	Generalità.....	"	147
5.2.	Funzione del solaio infinitamente rigido nella distribuzione delle azioni sismiche	"	147
5.3.	Influenza dell'ipotesi di solaio infinitamente rigido nei modi di vibrare.....	"	154
5.4.	Cenni storici sui solai in laterocemento.....	"	156
5.5.	Solai tipo SAP.....	"	157
5.6.	Solai tipo Varese	"	160
5.7.	Solai tipo SCAC	"	162
5.8.	Solai con nervatura monodirezionale	"	165
5.9.	Indicazione qualitative sulla rigidezza dei solai	"	166
6.	EDIFICI CON OSSATURA IN CALCESTRUZZO ARMATO	"	169
6.1.	Generalità.....	"	169
6.2.	L'ossatura portante «nuda»	"	170
6.3.	Le strutture miste in calcestruzzo armato – muratura.....	"	171
6.4.	La qualità dei materiali	"	172
6.5.	Alcune indicazioni del comportamento dei telai con tamponamenti.....	"	174
6.6.	Il «piano debole»	"	176
6.7.	Criticità riscontrabili nelle costruzioni ad ossatura in c.a.....	"	177
6.8.	Criticità riscontrabili nelle costruzioni di edifici industriali prefabbricati in c.a.....	"	179
7.	EDIFICI IN MURATURA	"	180
7.1.	Classificazione degli edifici	"	180
7.2.	Edifici di prima classe: integralmente in muratura con orizzontamenti a volta	"	180
7.3.	Principi di funzionamento delle volte.....	"	182
7.3.1.	Volte a botte	"	183
7.3.2.	Volte a padiglione	"	186

7.3.3.	Volte a crociera	p.	187
7.3.4.	Volte a doppia curvatura	"	188
7.4.	Condizioni fisiologiche degli edifici esistenti di prima classe.....	"	188
7.5.	Edifici di seconda classe: con ritzi in muratura e orizzontamenti a struttura portante in legno o in ferro	"	189
7.6.	Edifici di terza classe: con ritzi in muratura ed orizzontamenti ancorati ad un cordolo di cemento armato.....	"	195
7.7.	Travi di accoppiamento (o fasce di piano) in muratura.....	"	196
7.8.	Interazioni del comportamento strutturale: murature, solaio infinitamente rigido, travi di accoppiamento	"	199
7.8.1.	Caso in cui si ha l'ipotesi di traverso infinitamente rigido e il contributo delle travi di accoppiamento	"	201
7.8.2.	Caso in cui si ha l'ipotesi di traverso infinitamente rigido e nessun contributo delle travi di accoppiamento.....	"	202
7.8.3.	Caso in cui si ha l'ipotesi di traverso deformabile e il contributo delle travi di accoppiamento	"	203
7.8.4.	Caso in cui si ha l'ipotesi di traverso deformabile e nessun contributo delle travi di accoppiamento.....	"	205
7.9.	Meccanismi di rottura di I° e II° modo.....	"	206
7.10.	Valutazione di sicurezza per meccanismi locali e globali	"	208
7.11.	Gli aggregati e edifici misti	"	209
7.11.1.	Definizione di aggregato e problematiche generali	"	209
7.11.2.	L'unità strutturale (US).....	"	210
7.11.3.	L'interazione strutturale delle unità strutturali nell'aggregato.....	"	211
7.11.4.	Il carattere convenzionale dell'unità strutturale	"	212
7.11.5.	Unità strutturali all'interno di una schiera aventi solai «sufficientemente rigidi».....	"	213
7.11.6.	Unità strutturali di testata aventi solai «sufficientemente rigidi».....	"	213
7.11.7.	Unità strutturali aventi solai «flessibili»	"	214
7.12.	Abaco delle murature.....	"	214
7.12.1.	Murature a sacco priva di collegamento tra i due paramenti	"	214
7.12.2.	Murature a sacco con collegamenti (diatoni) tra i due paramenti	"	215
7.12.3.	Murature in pietra sbazzata irregolare.....	"	215
7.12.4.	Murature in pietra sbazzata con presenza di ricorsi	"	216
7.12.5.	Murature in pietra sbazzata con presenza di spigolo o mazzetta	"	217
7.12.6.	Murature in pietra arrotondata o ciottoli di fiume	"	217

7.12.7.	Murature in pietra arrotondata o ciottoli con ricorsi.....	p.	218
7.12.8.	Murature in pietra arrotondata o ciottoli con mazzette o spigoli	"	219
7.12.9.	Murature in blocchi di tufo o pietra da taglio	"	219
7.12.10.	Murature in blocchi di calcestruzzo prefabbricato e/o alleggerito	"	220
7.12.11.	Murature in laterizio pieno a una o più teste	"	220
7.12.12.	Murature in laterizio semipieno (doppio UNI) a una o più teste (foratura < 45%)	"	221
7.12.13.	Murature in laterizio forato (foratura > 45%).....	"	221
7.12.14.	Murature intelaiate o confinate	"	222
7.12.15.	Muratura armata	"	222
8.	CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO	"	223
8.1.	Il D.M. n. 58/2017	"	223
8.2.	Il D.M. n. 65/2017	"	224
8.3.	Il D.M. n. 24/2020 e il D.M. n. 329/2020.....	"	225
8.4.	Classi di rischio sismico	"	225
8.5.	Perdita annuale media e classi PAM.....	"	226
8.6.	Percentuale del costo di ricostruzione	"	227
8.7.	Indice di sicurezza e classe IS-V	"	228
8.8.	L'accelerazione sismica attesa al suolo	"	228
8.9.	Periodo di ritorno.....	"	230
8.10.	Probabilità di accadimento nel periodo di riferimento	"	231
8.11.	Frequenza media annua di superamento associata alla capacità	"	231
8.12.	Il metodo convenzionale.....	"	231
8.12.1.	Generalità.....	"	231
8.12.2.	Valutazione della vulnerabilità sismica	"	232
8.12.3.	Iter procedurale.....	"	233
8.12.4.	Esempio di costruzione del diagramma PAM e attribuzione della Classe PAM.....	"	236
8.12.5.	Esempio di attribuzione della Classe IS-V	"	242
8.12.6.	Esempio di attribuzione della Classe di Rischio Sismico.....	"	242
8.12.7.	Casi particolari.....	"	242
8.12.8.	Miglioramento della Classe di Rischio.....	"	244
8.12.9.	Osservazioni	"	244
8.13.	Metodo semplificato	"	245
8.13.1.	Generalità.....	"	245
8.13.2.	Tipologia di interventi ammessi per la valutazione semplificata	"	245

8.13.3. European Macroseismic scale	p. 245
8.13.4. Iter procedurale.....	" 247
8.13.5. Miglioramento della classe di rischio.....	" 249
8.13.6. Osservazioni	" 252
9. IL PIANO DELLE INDAGINI	" 253
9.1. Generalità.....	" 253
9.2. Correlazione con i livelli di conoscenza e i fattori di confidenza	" 254
9.3. Esempio di Piano delle Indagini per un edificio in ossatura di c.a.	" 254
10. TIPOLOGIE DI INTERVENTI SUGLI EDIFICI ESISTENTI	" 259
10.1. Generalità.....	" 259
10.2. Irrigidimento di solai	" 260
10.2.1. Obiettivi	" 260
10.2.2. Solai in legno	" 261
10.2.2.1. Descrizione degli interventi.....	" 261
10.2.2.2. Esempio di verifica pre e post intervento	" 264
10.2.3. Solai metallici	" 265
10.2.4. Solai in laterocemento	" 266
10.2.5. Irrigidimento nel piano mediante tiranti	" 267
10.2.6. Connessioni perimetrali.....	" 268
10.3. Sistemi FRP e FRCM	" 270
ESEMPIO 10.1. Calcolo della Sezione resistente di tessuto a base di carbonio a tela semplice non bilanciato.....	" 273
ESEMPIO 10.2. Calcolo della Sezione resistente di tessuto a base di carbonio a tela semplice bilanciato.....	" 273
ESEMPIO 10.3. Calcolo della Sezione resistente di tessuto unidirezionale a base di carbonio	" 273
10.4. Rinforzo di pilastri in c.a.	" 273
10.5. Rinforzo di travi in c.a.	" 276
10.6. Confinamento dei nodi degli elementi in c.a.	" 279
10.7. Rinforzo di murature con FRP o FRCM.....	" 285
10.8. Rinforzi di setti in c.a.	" 286
10.9. Connessioni trasversali	" 287
10.10. Iniezioni di miscele leganti.....	" 290
10.11. Tirantature.....	" 290
10.12. Ristilatura dei giunti	" 292
10.13. Interventi di «scuci-cuci»	" 293
10.14. Perforazioni armate.....	" 294

10.15. Cerchiature esterne di edifici	p.	295
10.16. Cordoli in sommità di pareti	"	296
10.17. Eliminazione delle spinte.....	"	298
10.18. Interventi in coperture lignee.....	"	300
10.19. Cerchiatura di fori.....	"	301
10.20. Incremento della resistenza delle fasce di piano.....	"	303
10.21. Rinforzo di archi e volte	"	303
10.22. Ripristino della «regolarità geometrica»	"	307
10.23. Mitigazione del rischio sismico		
con il metodo semplificato del D.M. n. 58/2017	"	309
10.23.1. Generalità.....	"	309
10.23.2. Pietra sbazzata	"	310
10.23.3. Mattoni o pietra lavorata.....	"	310
10.23.4. Pietra massiccia per costruzioni monumentali	"	311
10.23.6. Muratura rinforzata e/o confinata	"	312
10.25. Mitigazione del rischio sismico per edifici in c.a.		
in assenza di preventiva attribuzione della classe di rischio.....	"	314
11. ESEMPIO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO		
CON METODO ANALITICO	"	316
11.1. Descrizione del fabbricato nello stato di fatto	"	316
11.2. Carichi e combinazioni.....	"	317
11.3. Parametri sismici	"	318
11.4. Diagrammi di spettro	"	319
11.5. Caratterizzazione dei materiali	"	320
11.6. Modello di calcolo	"	320
11.7. Tagliante di base	"	321
11.8. Verifiche nello stato di fatto.....	"	322
11.9. Classificazione sismica nello stato di fatto	"	327
11.10. Progetto di mitigazione del rischio sismico.....	"	328
11.11. Verifiche nello stato di progetto.....	"	328
11.12. Classificazione sismica nello stato di progetto	"	332
11.13. Asseverazione	"	333
12. ESEMPIO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO		
CON METODO SEMPLIFICATO	"	336
12.1. Descrizione del fabbricato esistente	"	336
12.2. Normativa di riferimento e tipologia di intervento.....	"	336
12.3. Parametri sismici del sito.....	"	337
12.4. Classificazione sismica nello stato di fatto	"	338
12.5. Interventi di mitigazione del rischio	"	339

12.6. Classificazione sismica post intervento	p. 339
12.7. Verifiche strutturali	" 339
12.7.1. Verifiche cinematiche	" 340
12.7.2. Verifiche dei tiranti	" 341
12.8. Asseverazione	" 344
13. NORME DI RIFERIMENTO PER IL SISMABONUS	" 347
13.1. D.L. n. 34/2020 e Legge n. 77/2020	" 347
13.2. Asseverazioni e attestazioni	" 349
13.3. Asseverazione del progettista delle strutture	" 350
13.4. Attestazioni del direttore dei lavori	" 350
13.5. Attestazione del collaudatore	" 350
13.6. Norme e codici di comprovata validità	" 355
14. CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP	" 356
14.1. Contenuti della WebApp	" 356
14.2. Requisiti hardware e software	" 356
14.3. Attivazione della WebApp	" 356
14.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill	" 357

PREFAZIONE

Con il D.L. n. 34/2020, meglio noto come «*Decreto Superbonus 110%*», lo Stato Italiano mette a disposizione di cittadini e imprese una serie di incentivi di varia natura, utilizzabili per efficientare gli edifici esistenti dal punto di vista sismico ed energetico. È questa una grossa opportunità, oltre che per il rilancio dell'economia, per realizzare, di fatto, molte tipologie di interventi volti a ridurre la vulnerabilità sismica degli edifici, tema al quale questo volume è specificamente dedicato.

Negli ultimi anni sono maturate numerose esperienze in ambito applicativo che hanno comportato uno sviluppo di tecniche di intervento molto innovative, impensabili fino a qualche anno fa. Queste consentono, oggi, di garantire una vastissima gamma di interventi di riduzione della vulnerabilità sismica che si possono dosare per qualsiasi budget economico a disposizione. Nondimeno si può dire per la loro invasività: in moltissimi casi è possibile intervenire senza necessità di «*sventrare*» radicalmente le costruzioni evacuando gli inquilini.

La possibile simbiosi con opere che mirano alla riqualificazione energetica, auspicata anche dalla normativa, è realmente perseguibile. Interventi ben progettati, diretti e coordinati da specialisti non improvvisati, portano ad una economia di scala che promuove un incremento delle risorse utilizzabili, da investire direttamente su opere e materiali. Si pensi, ad esempio, a tutto ciò che riguarda i costi fissi come, l'impianto di cantiere; oppure ad interventi sulle facciate che possono riqualificare gli immobili sia dal punto di vista energetico sia sismico.

Il presente Manuale è indirizzato ai tecnici del settore edilizio che prestano la loro opera nell'ambito strutturale, ovvero che si occupano della parte del «*SuperSismabonus 110%*» offerto dal Decreto Rilancio n. 34/2020.

Il volume è stato pensato per offrire un quadro molto ampio e completo sui temi che il progettista deve avere «*sotto controllo*», in modo da poter gestire il progetto degli interventi incentivati dalla norma, sin dalle prime fasi di tipo concettuale e nei successivi passaggi, fino ad arrivare alla fase operativa-realizzativa.

Viene analizzato quindi il quadro normativo di riferimento; le metodologie applicative contenute nelle «*Linee Guida per la Classificazione Sismica degli Edifici Esistenti*» in concomitanza con le altre norme tecniche correlate: NTC18 e Circolare applicativa n. 7/2019.

Vengono eseguiti esempi pratici di vario tipo e, diffusamente, di applicazione del Metodo Analitico e del Metodo Semplificato per il passaggio di classe di rischio, nonché chiarimenti su come rendere ammissibile agli incentivi un intervento senza passaggio di classe di rischio.

Una parte dell'opera è indirizzata alla comprensione qualitativa del comportamento sismico di fabbricati in modo da poter finalizzare le conoscenze su indirizzi «*progettuali sensati*» e non semplicemente basandosi supinamente su applicazioni tabellari (che possono risultare non pertinenti al caso che si sta valutando).

Altro ambito analizzato in questo Manuale è relativo alla conoscenza del manufatto oggetto di intervento con un'ampia casistica delle possibili metodologie di indagine o monitoraggio strutturale da eseguire preliminarmente alla progettazione: questione molto spesso trascurata e lasciata «*al caso*» senza valutare bene ciò che realmente serve e ciò che invece non serve.

Infine vi è una ampia casistica di metodologie di intervento per il rinforzo sismico, che chiude e sintetizza il quadro di tutti gli argomenti trattati nell'obiettivo finale di mettere il progettista in condizione di scegliere il miglior tipo di intervento in termini di costi e benefici.

Marco Boscolo Bielo

RISCHIO SISMICO E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

1.1. Generalità

La questione della sicurezza sismica investe una serie di tematiche che variano dalla «scala territoriale» al «singolo fabbricato».

In generale è compito delle organizzazioni statali farsi carico degli aspetti previsionali riguardanti le conseguenze di un terremoto nei propri territori. A questo scopo vengono predisposti: piani di intervento, risorse economiche dovute ai soccorsi, alla ricostruzione, ecc..

A ciò viene affiancata l'emanazione di norme tecniche che recepiscano la progressiva crescita delle conoscenze in campo scientifico, le innovazioni tecnologiche e quanto necessario a rendere più sicure le costruzioni al manifestarsi di eventi sismici, anche a livello di probabilità previsionale.

Tuttavia l'entrata in vigore di nuove e aggiornate norme tecniche hanno sempre reso cogente l'applicazione degli indirizzi innovativi agli edifici di nuova edificazione e di ampliamento dell'esistente.

Gli indirizzi attuali e recenti sembrano finalmente rivolgersi anche alla prevenzione incentivando il «privato» ad attuare interventi che possano attenuare il rischio sismico sulle costruzioni esistenti.

1.2. Concetti fondamentali relativi al rischio sismico

Dal punto di vista concettuale il termine **rischio sismico (RS)** è definito dalla combinazione di tre fattori principali:

- 1) **pericolosità (P)**;
- 2) **vulnerabilità (V)**;
- 3) **esposizione (E)**.

La **pericolosità sismica (P)** di una data zona è rappresentata dalla frequenza e dalla intensità dei terremoti che la riguardano ed è una caratteristica intrinseca del luogo (sismicità).

La **vulnerabilità sismica (V)** invece è una caratteristica delle costruzioni in quanto riguarda la capacità o meno di subire danni a seguito di un evento sismico che può avere un dato livello di intensità assegnato. I danni subiti possono essere di tipo strutturale, e quindi portare al collasso del fabbricato, oppure non strutturali, e quindi interessare la sua fruibilità.

L'**esposizione sismica (E)** rappresenta, infine, la quantificazione del danno in termini di vite umane, economici e sociali. Ovvero di tutto ciò che attiene al tessuto sociale e al suo funzionamento.

Se si quantificano le grandezze **P**, **V** ed **E**, il rischio sismico **RS** può essere rappresentato dalla funzione:

$$\mathbf{RS} = f(\mathbf{P}, \mathbf{V}, \mathbf{E}) \quad (1.1)$$

ovvero come combinazione dei parametri suindicati.

Dal punto di vista grafico l'inferenza delle tre variabili può rappresentarsi attraverso l'area di intersezione delle tre grandezze **P**, **V**, **E**, come indicato in figura 1.1.

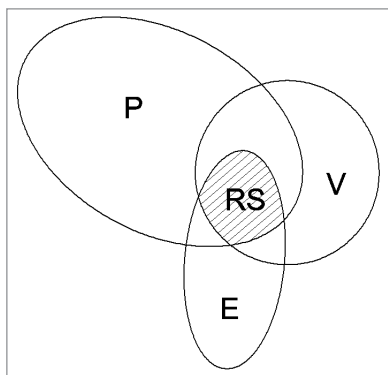


Figura 1.1. Rappresentazione grafica del rischio sismico.

Ne deduciamo che il rischio sismico è una misura dei danni che, in base al tipo di sismicità, di resistenza delle costruzioni e di antropizzazione (natura, qualità e quantità dei beni esposti), ci si può attendere in un dato intervallo di tempo in un determinato luogo e per una data costruzione.

Per quanto attiene al parametro di *pericolosità* (**P**), esso è determinato da norme tecniche nazionali (ad esempio attraverso una definizione probabilistica dell'accelerazione sismica attesa al suolo caratteristica dei luoghi, come avviene nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC)).

Anche la valutazione dell'*esposizione* (**E**) attiene ad ambiti previsionali che sono elaborati dagli enti governativi e sui quali il singolo cittadino non ha una capacità di intervento.

Diverso è invece il discorso per quanto attiene alla valutazione della *vulnerabilità* (**V**), sulla quale invece la possibilità di intervento del proprietario di un immobile è possibile ed è codificata. Ciò avviene attraverso il procedimento di *valutazione della sicurezza* di cui si dirà al paragrafo successivo. In tal senso i proprietari di immobili incaricano un professionista per redigere le opportune analisi dello stato di fatto di un edificio esistente e per individuare le azioni progettuali volte alla diminuzione della sua vulnerabilità sismica.

In generale, dunque, la relazione scritta nella (1.1) è solo un'operazione di tipo concettuale, non tradotta in una normativa tecnica di riferimento e che attenga ai vigenti livelli di programmazione progettuale da parte dei singoli proprietari di immobili (sia essi privati cittadini o enti di vario genere).

CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI

2.1. Generalità

Il D.M. 17 gennaio 2018 classifica tre categorie di intervento strutturale sulle costruzioni esistenti in base alle seguenti definizioni:

- a) interventi di **riparazione o locali**: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
- b) interventi di **miglioramento**: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente;
- c) interventi di **adeguamento**: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati.

L'elenco suindicato assume concettualmente anche un significato crescente in relazione al traguardo che si vuole raggiungere in termini di sicurezza.

Gli interventi di adeguamento sono rivolti al conseguimento di livelli sicurezza *specificamente previsti* dalle NTC. Gli interventi di miglioramento, invece, sono solo rivolti ad un *aumento del livello di sicurezza strutturale* della costruzione esistente, pur senza raggiungere quanto disposto per l'adeguamento. In entrambi i casi comunque è obbligatorio il collaudo statico dell'opera.

La scelta del tipo di intervento da adottare non è completamente arbitraria, ma vincolata ad alcune condizioni che vengono precisate ai paragrafi successivi.

2.2. Interventi di adeguamento

Le NTC rendono obbligatoria l'adozione di una procedura di *adeguamento* quando si verificano alcune circostanze chiaramente indicate nel decreto:

«L'intervento di adeguamento della costruzione è obbligatorio quando si intenda:

- a) *sopraelevare la costruzione;*
- b) *ampliare la costruzione mediante opere ad essa strutturalmente connesse e tali da alterarne significativamente la risposta;*
- c) *apportare variazioni di destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi globali verticali in fondazione superiori al 10%, valutati secondo la combinazione caratteristica di cui alla seguente equazione (combinazione caratteristica rara):*

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.1)$$

includendo i soli carichi gravitazionali. Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla

verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione;

- d) *effettuare interventi strutturali volti a trasformare la costruzione mediante un insieme sistematico di opere che portino ad un sistema strutturale diverso dal precedente; nel caso degli edifici, effettuare interventi strutturali che trasformano il sistema strutturale mediante l'impiego di nuovi elementi verticali portanti su cui grava almeno il 50% dei carichi gravitazionali complessivi riferiti ai singoli piani;*
- e) *apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.¹*

In ogni caso, il progetto dovrà essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento, secondo le indicazioni del Capitolo 8 delle NTC.

Nei casi a), b) e d), per la verifica della struttura, si deve avere

$$\zeta_E \geq 1 \quad (2.2)$$

Nei casi c) ed e) si può assumere:

$$\zeta_E \geq 0,8 \quad (2.3)$$

Resta comunque fermo l'obbligo di procedere alla verifica locale delle singole parti e/o elementi della struttura, anche se interessano porzioni limitate della costruzione.

La Circolare n. 7/2019 ha illustrato le seguenti precisazioni:

«L'intervento di adeguamento ha l'obiettivo di raggiungere i livelli di sicurezza richiesti per gli edifici di nuova costruzione così come specificati nel § 8.4.3 delle NTC.

Per questa categoria di interventi la valutazione della sicurezza è obbligatoria e finalizzata a stabilire se la struttura, a seguito dell'intervento, è in grado di resistere alle combinazioni delle azioni di progetto con il grado di sicurezza richiesto dalle NTC.

Non è necessario il soddisfacimento delle prescrizioni sui dettagli costruttivi (per esempio armatura minima, passo delle staffe, dimensioni minime di travi e pilastri, ecc.) previste per le costruzioni nuove.

Negli interventi di adeguamento delle costruzioni nei confronti delle azioni sismiche è richiesto, generalmente, il raggiungimento del valore unitario del parametro ζ_E : nel caso di semplici variazioni di classe e/o destinazione d'uso che comportino incrementi dei carichi verticali in fondazione superiori al 10% (caso c) del § 8.4.3 delle NTC è ammesso un valore minimo di ζ_E pari a 0,8. È assimilabile a tale situazione anche l'adeguamento sismico deciso dal proprietario a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione di sicurezza, ma non ricadente nei casi a), b) o d). Per gli edifici esistenti in muratura, particolarmente quelli storici, in cui il regime delle sollecitazioni è frutto della sovrapposizione delle vicende statiche subite dalla costruzione nel tempo, la previsione degli effetti degli interventi sul comportamento strutturale risulta estremamente difficile. Per questo motivo, è conveniente limitare l'alterazione dello stato di fatto per non creare situazioni di esito incerto; particolare cautela deve pertanto essere adottata nel caso di interventi di tipo a), b) e d).

In merito all'ultimo capoverso del § 8.4.3 delle NTC, esso stabilisce che non è necessario procedere all'adeguamento, salvo che non ricorrano una o più delle condizioni b), c), d) od e) di cui allo stesso §8.4.3, solo nel caso di «variazione dell'altezza dell'edificio» causata dalla realiz-

¹ Per la definizione delle classi d'uso vedi Capitolo 1.

LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA

3.1. Generalità

L'analisi preliminare di un fabbricato esistente si basa sostanzialmente su:

- a) verifiche vive *in situ*;
- b) reperimento di documentazione del progetto originario e/o di varianti;
- c) indagini sperimentali.

È indubbio che il primo punto è quello immediatamente constatabile dal progettista, il quale, in ragione di opportuni sopralluoghi, si fa un'idea dello stato dei materiali e del loro eventuale degrado. La ricerca di documentazione afferente alla costruzione può indirizzarsi verso eventuali disegni, relazioni di calcolo, depositi di atti presso enti competenti ecc..

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
ISTITUTO DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI
 LABORATORIO SPERIMENTALE PER LE PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
 VIA F. MARZOTTO A. P.
 TEL. 049/81-8281

CERIFICATO N. 55873

PROVE ALLA COMPRESIONE

Richiedente: Impresa Edile XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 Data della domanda di prova: 24 Marzo 1969
 Indicazione del materiale: 3 campioni dichiarati: "blocchi di calcestruzzo".

N. ordine	Contrassegno del provino	Dimensioni tassometriche (cm)	Altezza (cm)	Peso netto (Kg)	Peso dell'unità di volume (Kg/m ³)	Resistenza teorica (Kg)	Resistenza massima unitaria (Kg/cm ²)	Resistenza media (Kg/cm ²)	Data della prova
Dai blocchi di calcestruzzo e rettificati, 3 provini cubici.									
1	30-11-68	15-1 14-7	14-5	7-6	2361	84100	378	175	25-3-69
2	8 10-12-68	12-6 12-3	12-4	4-6	2432	69900	425	195	*
3	8 27-12-68	9-9 10-0	9-9	2-3	2346	51800	523	88	*

Padova, li 3 Aprile 1969
 Il Direttore dell'Istituto (Prof. Bruno Dall'Asta)

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
ISTITUTO DI SCIENZA DELLE COSTRUZIONI
 LABORATORIO SPERIMENTALE PER LE PROVE SUI MATERIALI DA COSTRUZIONE
 VIA F. MARZOTTO A. P.
 TEL. 049/81-8281

CERIFICATO N. 55874

PROVE ALLA TRAZIONE

Richiedente: Impresa Edile XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
 Data della domanda di prova: 24 Marzo 1969
 Indicazione del materiale: 4 campioni dichiarati: "sfondini di ferro per o.a.".

N. ordine	Contrassegno o numero del provino	Sezione rettangolare (mm x mm)	S ₀ Area allungamento originale (mm ²)	S ₁ Area allungamento originale (mm ²)	S ₂ Area allungamento originale (mm ²)	F ₀ Forza massima (Kg)	F ₁ Forza massima (Kg)	F ₂ Forza massima (Kg)	F ₃ Forza massima (Kg)	A ₀ Allungamento originale (mm)	A ₁ Allungamento originale (mm)	A ₂ Allungamento originale (mm)	A ₃ Allungamento originale (mm)	R ₀ X An	R ₁ X An	R ₂ X An	R ₃ X An	ANNOTAZIONI
1		30-3	1800	59-4	2460	81-2	16-7							1356				0.23751
2		8-5	56-7	2900	51-1	4080	72-0	23-3						50-1	1678			
3		16-0	201	7900	37-3	10680	51-1	27-0						45-3	1434			
4		24-0	452	17900	38-3	26200	58-0	25-0						46-7	1490			

Padova, li 3 Aprile 1969
 Il Direttore dell'Istituto (Prof. Bruno Dall'Asta)

Figura 3.1. Esempio di ricerca documentale presso archivio, certificati di prova di cubetti e barre d'armo (anno 1969).

A seconda dei livelli di conoscenza che si vogliono realizzare per gli interventi, può risultare necessario effettuare una campagna di indagini sui materiali, eseguite da un labo-

ratorio autorizzato, su campioni estratti e/o in situ. Queste permetteranno la definizione dei parametri meccanici dei materiali per la realizzazione del modello di calcolo.

Il D.M. 17 gennaio 2018 (NTC), dal punto di vista generale, delinea la situazione in questo modo:

«Nelle costruzioni esistenti le situazioni concretamente riscontrabili sono le più diverse ed è quindi impossibile prevedere regole specifiche per tutti i casi. Di conseguenza, il modello per la valutazione della sicurezza dovrà essere definito e giustificato dal progettista, caso per caso, in relazione al comportamento strutturale atteso, tenendo conto delle indicazioni generali di seguito esposte.»

3.2. Analisi storico-critica

Le NTC definiscono *«analisi storico-critica»* una delle fasi relative alla ricognizione degli elementi necessari alla definizione dei parametri meccanici dei materiali e del modello strutturale che definisce la costruzione:

«Ai fini di una corretta individuazione del sistema strutturale e del suo stato di sollecitazione è importante ricostruire il processo di realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dalla costruzione, nonché gli eventi che l'hanno interessata.»

L'analisi storico-critica mira ad una ricostruzione storica degli eventi che hanno caratterizzato la vita del fabbricato, ad esempio: se abbia o meno subito delle alterazioni rispetto alla sua concezione-configurazione originaria, se vi siano stati fatti degli ampliamenti o, al contrario, eliminazioni di alcune parti, ecc.. Questi sono infatti gli aspetti essenziali e determinanti che interessano il *punto di vista strutturale*. Variazioni o modifiche di ordine formale, non influenti sul comportamento statico, sono senza dubbio meno significativi e fanno parte di altri tipi di discipline.

In alcuni casi può essere difficile disporre dei disegni originali di progetto necessari a ricostruirne la storia progettuale e costruttiva, ad esempio per gli edifici a valenza culturale, storico-architettonica. Si può, quindi, ricorrere ad una ricerca archivistica (mappe catastali, ecc) in modo da poter ricostruire ed interpretare almeno le diverse fasi edilizie.

Esistono anche dei testi classici che mettono a disposizione i dati sui terremoti che la zona in cui sorge l'edificio da analizzare potrebbe avere subito nel corso del tempo¹. La consultazione di questi potrà consentire di avere una prima idea su quanti e quali terremoti l'edificio possa avere subito in passato.

La Circolare n. 7/2019 ha ulteriormente illustrato, rispetto ai contenuti delle NTC, le modalità e le finalità dell'analisi storico-critica con le seguenti parole:

¹ Ad esempio: Mario Baratta, *I terremoti d'Italia*, Torino, Arnaldo Forni Editore, 1901.

INDAGINI STRUTTURALI

In questo capitolo vengono illustrate le metodologie più ricorrenti di indagini strutturali sulle costruzioni necessarie ad ottenere i livelli di conoscenza (LC) prefissati in fase di progettazione degli interventi¹.

4.1. Prove di carico statico su solai

4.1.1. Generalità

Le prove di carico statico hanno lo scopo di verificare il comportamento e le prestazioni in opera delle strutture esaminate e consistono nell'applicare gradualmente un carico controllato e di monitorare gli abbassamenti del sistema. Durante la prova si controlla che: le deformazioni crescano proporzionalmente ai carichi applicati; la deformazione residua non superi una quota parte di quella totale; la deformazione elastica rilevata sia inferiore a quella calcolata teoricamente; non si manifestino danni e/o dissesti di alcun tipo.

La classificazione delle prove di carico avviene principalmente in funzione del modo in cui vengono applicate le sollecitazioni. Si distinguono pertanto: prove di carico con carichi distribuiti e prove di carico con carichi concentrati. Le prime possono essere simulate utilizzando, ad esempio, serbatoi ad acqua, mentre per i carichi concentrati, comunemente, gli attuatori utilizzati sono costituiti da serbatoi pensili o cilindri oleodinamici (figura 4.1).



Serbatoi ad acqua

Serbatoi pensili

Cilindri oleodinamici

Figura 4.1. *Tipologie di applicazione del carico.*

¹ Il settore delle indagini strutturali è molto vasto e, pertanto, la trattazione qui riportata è selettiva.

4.1.2. Esempio di prova con cilindri oleodinamici

Per le misure delle deformazioni viene utilizzata un'unità di acquisizione dati costituita da: specifico software di elaborazione dati; da sensori di spostamento (trasduttori); martinetto oleodinamico da pompa manuale con controllo di pressione su manometro (figura 4.2).



Unità di acquisizione



Trasduttore di spostamento



Manometro di precisione



Pompa manuale



Martinetto oleodinamico «tipo Z»

Figura 4.2. Strumentazione.

I SOLAI

5.1. Generalità

I solai (*orizzontamenti* o *impalcati*) sono elementi strutturali che svolgono principalmente due tipi di funzioni:

- **sostegno dei carichi verticali** (pavimenti, mobili, persone, ecc.) da trasferire agli elementi portanti verticali (pilastri, murature, ecc.);
- **distribuzione delle azioni orizzontali** (vento, azioni sismiche, ecc.) sugli elementi resistenti verticali.

Questa seconda funzione risulta di fondamentale importanza per quanto riguarda il comportamento sismico scatolare di una costruzione ed è assicurata quando vi siano le condizioni affinché il comportamento del solaio possa definirsi *infinitamente rigido* nel proprio piano (comportamento *a diaframma*).

Nelle nuove costruzioni, gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano se sono realizzati:

- in **calcestruzzo armato**;
- in **latero-cemento con soletta in c.a. di almeno 40 mm di spessore**;
- in **struttura mista con soletta in cemento armato di almeno 50 mm di spessore**, ad esempio solai in legno con soletta collaborante in c.a., solai in acciaio-calcestruzzo con soletta collaborante in c.a. In tal caso la soletta deve essere collegata da connettori a taglio opportunamente dimensionati agli elementi strutturali in acciaio o in legno, purché le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidità.

Negli edifici esistenti non sempre le sopraindicate condizioni risultano soddisfatte e ne consegue che il comportamento risulta affetto da un certo grado di deformabilità, tuttavia la circolare applicativa delle NTC consente di considerare infinitamente rigidi nel loro piano quei solai per i quali gli «*spostamenti orizzontali massimi in condizioni sismiche non superano per più del 10% quelli calcolati con l'assunzione di piano rigido*».

Una valutazione qualitativa del comportamento del solaio può essere effettuata secondo le indicazioni contenute nel § 5.9.

5.2. Funzione del solaio infinitamente rigido nella distribuzione delle azioni sismiche

Una prima diretta conseguenza dell'assunzione dell'ipotesi del comportamento infinitamente rigido di un solaio comporta che, l'eventuale distribuzione di una azione orizzontale F sui piedritti, avviene in modo proporzionale alla rigidità dei medesimi.

Per chiarire questo concetto bisogna considerare che l'ipotesi di solaio infinitamente rigido, assunta per semplicità in un caso piano come indicato in figura 5.1 (*traverso infinitamente rigido*), implica l'uguaglianza degli spostamenti x in sommità.

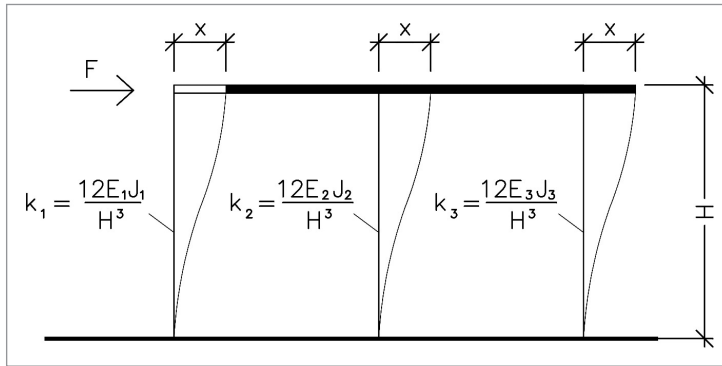


Figura 5.1. Congruenza degli spostamenti su portale con traverso infinitamente rigido.

Cosicché, se ad esempio, in un telaio avente 3 ritti di rigidità k_1 , k_2 , k_3 , e soggetto ad una forza orizzontale F sul traverso, si impone l'uguaglianza degli spostamenti x (*condizione di congruenza*), ne consegue direttamente:

- 1) per l'equilibrio alla traslazione orizzontale:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \quad (5.1)$$

- 2) per il comportamento elastico lineare dei materiali:

$$F_1 = k_1 \cdot x_1$$

$$F_2 = k_2 \cdot x_2 \quad (5.2)$$

$$F_3 = k_3 \cdot x_3$$

- 3) per il comportamento di traverso infinitamente rigido, la seguente condizione di congruenza, ovvero identità di tutti gli spostamenti:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x \quad (5.3)$$

La rigidità complessiva del telaio è data dalla somma delle singole rigidità dei ritti, per cui:

$$F = k_{tot} \cdot x \quad (5.4)$$

EDIFICI CON OSSATURA IN CALCESTRUZZO ARMATO

6.1. Generalità

Nel corso del '900 vi è stata una progressiva diffusione del calcestruzzo armato conseguente al progresso delle conoscenze tecniche sul funzionamento combinato dei materiali calcestruzzo e acciaio in barre.

In Italia va ricordata l'opera di diffusione teorica effettuata dal Prof. Ing. Luigi Santarella, soprattutto per quanto riguarda la traduzione di autori fondamentali quali: E. Mörsch, *Teoria e Pratica del Cemento Armato* (1923) e C. Bach – R. Baumann, *Elasticità e Resistenza dei Materiali* (1928), oltre che per volumi dedicati alla manualistica e all'illustrazione di progetti, di cui egli stesso fu autore.

L'edificio con ossatura portante in c.a., ovvero caratterizzato da un sistema portante di travi e pilastri in calcestruzzo armato, entra nella prassi costruttiva anche combinato con la muratura portante di laterizio nelle cosiddette «*strutture miste in c.a.*».

In una fase successiva gli elementi in muratura assumono sempre più la funzione di «*tamponamenti*», anche in virtù del loro alleggerimento in termini di massa (elementi forati).

Le tipologie ad ossatura portante mista c.a. e laterizio si riscontrano in modo frequente anche negli anni '60 e '70, tuttavia il loro comportamento strutturale rispetto alla cosiddetta «*ossatura portante nuda*» assume caratteristiche diverse come vedremo nei paragrafi successivi.

Oggigiorno la situazione relativa alla codificazione delle possibili tipologie strutturali che si possono ottenere con il calcestruzzo armato può desumersi dalle NTC le quali definiscono, in particolare per quanto concerne le strutture sismo-resistenti, la seguente classificazione:

- **strutture a telaio**, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a telai spaziali, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale;
- **strutture a pareti**, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a pareti, singole o accoppiate, aventi resistenza a taglio alla base $\geq 65\%$ della resistenza a taglio totale;
- **strutture miste telaio-pareti**, nelle quali la resistenza alle azioni verticali è affidata prevalentemente ai telai, la resistenza alle azioni orizzontali è affidata in parte ai telai ed in parte alle pareti, singole o accoppiate; se più del 50% dell'azione orizzontale è assorbita dai telai si parla di strutture miste equivalenti a telai, altrimenti si parla di strutture miste equivalenti a pareti;
- **strutture deformabili torsionalmente**, composte da telai e/o pareti, la cui rigidezza torsionale non soddisfa ad ogni piano alcuni valori minimi imposti dalla norma;

- **strutture a pendolo inverso**, nelle quali almeno il 50% della massa è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione o nelle quali la dissipazione d'energia avviene alla base di un singolo elemento strutturale.

6.2. L'ossatura portante «nuda»

Negli edifici esistenti le ossature portanti nude realizzate in calcestruzzo armato sono strutture alle quali la capacità portante, in termini di stabilità e resistenza, è affidata ad elementi trave e pilastro costituiti in telai, generalmente a maglia quadrangolare, e orditi su due direzioni principali di pianta. I punti di collegamento tra travi e pilastri sono detti «*nodi*». In questa tipologia di costruzioni i solai sono quasi sempre costituiti in latero-cemento.

Per le costruzioni non sismo-resistenti edificate nel corso del '900, si possono riscontrare schemi statici costituiti da telai in c.a. orditi in una sola direzione e collegati direttamente dai solai in laterocemento nell'altro senso (vedi figura 6.1).

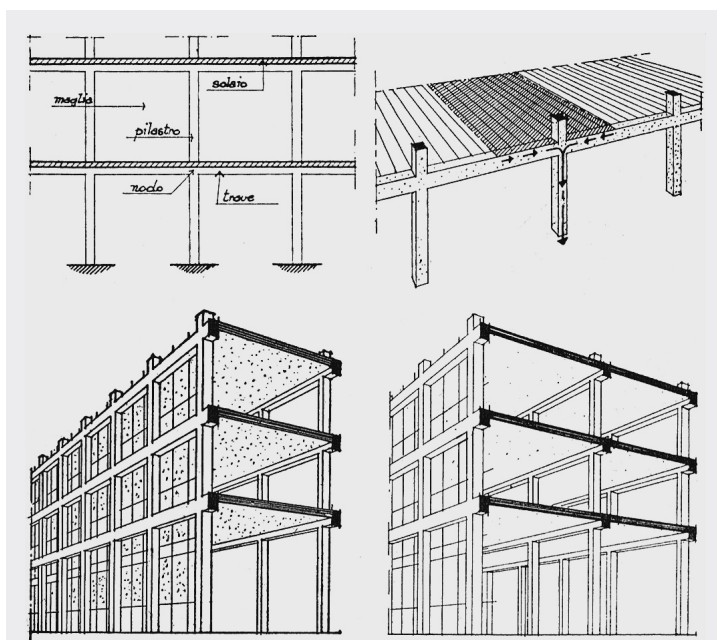


Figura 6.1. Ossatura portante in una sola direzione.

Nelle ossature portanti nude, il sistema resistente è dunque esclusivamente affidato agli elementi trave e pilastro, più o meno rigidamente connessi ai nodi e, almeno in linea di principio, i tamponamenti e le tramezzature non interferiscono staticamente con l'ossatura.

Da ciò ne consegue un comportamento globale del sistema che non risulta «*irrigidito*» dalla muratura interposta nelle maglie dell'ossatura e, conseguentemente, una risposta in termini di spettro elastico diversa rispetto ai sistemi misti di cui si dirà nel successivo paragrafo.

EDIFICI IN MURATURA

7.1. Classificazione degli edifici

Quantunque le classificazioni pecchino sovente di rigidità nel loro intento di ordinare e organizzare in gruppi gli elementi di un insieme, soprattutto quando questo sia caratterizzato da peculiarità molto eterogenee, qual'è il caso appunto degli edifici esistenti in muratura portante di mattoni, sembra utile riproporre quella adottata da Michele Pagano¹. Essa consta delle seguenti tre classi:

- I. Edifici interamente in muratura con orizzontamenti costituiti da volte;
- II. Edifici con ritti in muratura e orizzontamenti costituiti da solai la cui orditura principale è composta da travi isostatiche in legno o ferro;
- III. Edifici con ritti in muratura ed orizzontamenti costituiti da solai ammassati in un cordolo perimetrale in calcestruzzo armato.

È evidente che, in molti casi, un dato edificio potrà anche contenere le tre varianti suindicate, e dunque presentarsi a tipologia ibrida.

7.2. Edifici di prima classe: integralmente in muratura con orizzontamenti a volta

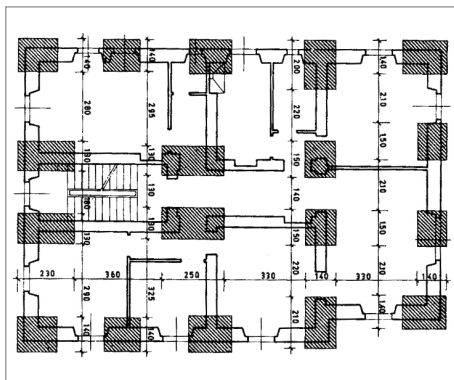
Si tratta di tipologie costruttive *storiche* nelle quali l'organizzazione strutturale portante è interamente affidata a murature. In sostanza, sia l'apparato fondale, sia le strutture verticali e gli orizzontamenti (o impalcati), sono realizzati mediante elementi lapidei o in laterizio (figura 7.1c), variamente legati. Discorso a parte vale invece per le coperture che, invece, riscontrano il favore prevalentemente di capriate in legno o comunque di dispositivi strutturali con elementi lignei.

Le fondazioni possono essere realizzate secondo lo schema di figura 7.1a e 7.1b: una serie di piloni in muratura posti in prossimità degli incroci dei muri maestri raggiungono lo strato fondale più resistente; un sistema di volte sostiene le parti restanti delle strutture di elevazione. Lo schema dell'arco di fondazione può essere anche «*rovesciato*», in tal caso il livello terra poggia direttamente sul suolo (figura 7.2).

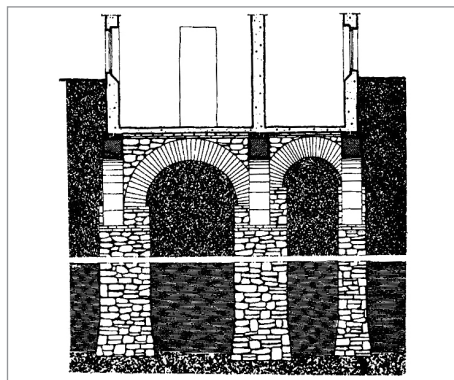
Per quanto riguarda gli orizzontamenti (incluso, come si vede in figura 7.1b, il livello terra) il sistema costruttivo adottato si fonda sul principio della *volta*. Numerosissime sono le tipologie di volta adottate; di seguito si riporta una breve illustrazione di alcuni tipi principali raggruppate secondo le seguenti categorie:

¹ Michele Pagano, *Teoria degli Edifici. Edifici in Muratura*, Liguori Editore, Napoli 1969.

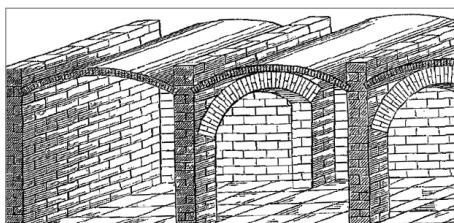
- a) a botte;
- b) a padiglione;
- c) a crociera;
- d) a doppia curvatura.



a)



b)



c)

Figura 7.1. Schema delle fondazioni di un fabbricato di prima classe:

- a) Pianta con evidenziate le zone dei piloni in muratura
- b) Particolare dei piloni di fondazione e delle volte a botte del livello terra
- c) Particolare degli orizzontamenti ai piani

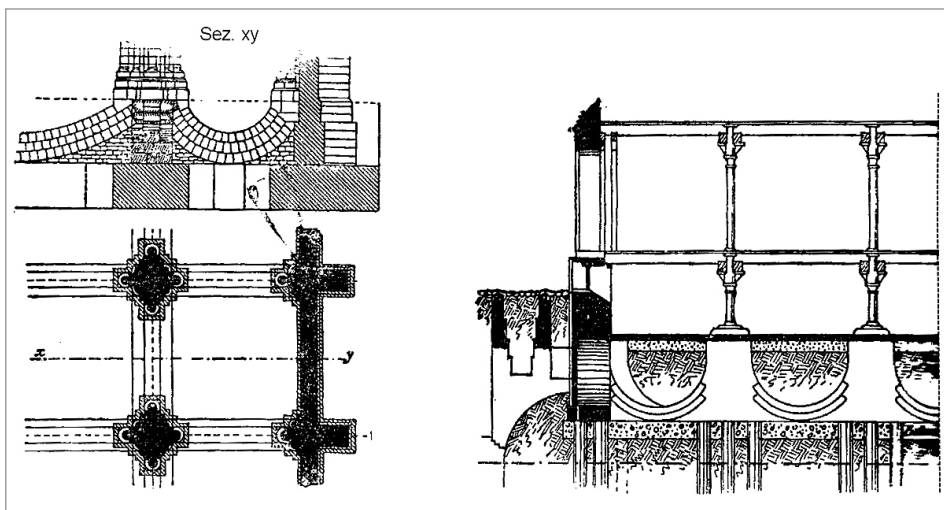


Figura 7.2. Schema delle fondazioni di un fabbricato di prima classe con archi rovesciati.

CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO

8.1. Il D.M. n. 58/2017

Il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti n. 58, ha introdotto nel 2017 le *Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni*¹. Esso si compone di 5 articoli che sono di seguito illustrati.

Art. 1 – Finalità, oggetto e definizioni

La finalità e l'oggetto sono *stabilite attraverso l'emanazione delle Linee Guida per la Classificazione del Rischio Sismico delle Costruzioni, nonché le modalità per l'attestazione, da parte dei professionisti abilitati, dell'efficacia degli interventi effettuati.*

Le definizioni utilizzate nel decreto attingono alla normativa data dal D.P.R. n. 380/2001 (Testo Unico per l'Edilizia) e dal D.M. 17 gennaio 2018 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Si noti che, le finalità mirano verso una particolare attività dei professionisti tecnici: quella di *attestare l'efficacia degli interventi effettuati.*

Art. 2 – Linee Guida

Le *Linee Guida*, ovvero il fascicolo esplicativo che contiene 11 pagine ed illustra i criteri applicativi degli algoritmi necessari per la classificazione, sono dichiarati in questo articolo come Allegato A, peraltro *parte sostanziale e integrante* del decreto.

Art. 3 – Modalità di Attestazione

L'art. 3 è costituito da 6 commi.

Al primo comma precisa che *l'efficacia* degli interventi progettati finalizzata alla riduzione del rischio sismico è attestata dai progettisti incaricati della progettazione strutturale (e dunque dagli strutturisti), dai direttori dei lavori delle strutture e dai collaudatori statici (ove presenti per legge).

Nella versione del D.M. n. 58/2017, l'esercizio di queste mansioni era esclusivamente riservata ad Architetti ed Ingegneri in possesso di Laurea, secondo le competenze fissate dal D.P.R. n. 328/2001, iscritti nei rispettivi Ordini professionali di appartenenza.

Tuttavia, pochi giorni dopo, e precisamente il 7 marzo, a seguito delle proteste di alcuni Collegi Professionali, le competenze sono state estese dal DMIT n. 65/2017 con la classica formula all'italiana: «*L'efficacia degli interventi finalizzati alla riduzione del rischio sismi-*

¹ Allegato A al DMIT 58/2017.

co è asseverata dai professionisti incaricati della progettazione strutturale, direzione dei lavori delle strutture e collaudo statico, secondo le rispettive competenze professionali, e iscritti ai relativi Ordini o Collegi professionali di competenza.».

Il secondo comma dell'art. 3, prevede che il progettista dell'intervento strutturale (ciò che noi indicheremmo come lo strutturista), oltre a tutte le mansioni previste nel D.P.R. n. 380/2001 e nelle NTC18, asseveri la classe dell'edificio precedente l'intervento (ovvero nello stato di fatto) e quella conseguibile a seguito dell'intervento progettato (stato di progetto).

L'asseverazione dello strutturista viene effettuata su di un modello predisposto per la compilazione che costituisce l'Allegato B del DMIT n. 58/2017.

Al comma 3 dell'art. 3 è indicato il luogo di deposito di tutta la documentazione afferente al progetto di riduzione del rischio sismico (disegni architettonici ed esecutivi, disegni strutturali, relazioni tecniche, relazioni geologiche, fascicoli di calcolo, ecc). Essa, unitamente all'asseverazione di cui al comma precedente, va presentata unitamente alla Segnalazione Certificata di Inizio Attività (SCIA) allo Sportello Unico dell'Ente Amministrativo preposto al controllo e deposito (generalmente il Comune), secondo le modalità previste dal D.P.R. n. 380/2001.

Il comma 4 dell'art. 3 istituisce ulteriori due tipi di documenti che vengono indicati come «attestazioni» (e non «asseverazioni», come invece viene riferito per il documento di cui al comma 2). Peraltro, il DMIT n. 58/2017 non prevede alcun modello per queste asseverazioni. Esse sono redatte da parte del direttore dei lavori delle strutture e del collaudatore statico (ove presente). Dovranno attestare la conformità dei lavori eseguiti al progetto depositato.

Al comma 5 dell'art. 3 viene ulteriormente precisato il luogo di deposito delle attestazioni e dell'asseverazione che sarà lo Sportello Unico. Si presume che le attestazioni andranno depositate, ovviamente, a fine lavori. Una copia andrà consegnata al Committente per l'ottenimento dei benefici fiscali previsti dalle norme vigenti.

Il comma 6 dell'art. 3 indica il modello di asseverazione dello strutturista come Allegato B al DMIT.

Art. 4 – Commissione di monitoraggio

Si compone di 3 commi e istituisce una Commissione presso il Ministero delle Infrastrutture e Trasporti che monitorerà l'applicazione del decreto e dopo 12 mesi redigerà un primo rapporto sugli esiti.

Art. 5 – Disposizioni finali e coordinamento

Si compone di due commi e pone l'entrata in vigore del decreto a far data dal giorno successivo alla pubblicazione sul sito Ministeriale, quindi è entrato in vigore il giorno 1 marzo 2017.

8.2. Il D.M. n. 65/2017

Il DMIT n. 58/2017 è stato modificato pochi giorni dopo la sua uscita con il DMIT n. 65/2017. Quest'ultimo si compone di due soli articoli e aggiorna gli allegati A e B.

IL PIANO DELLE INDAGINI

9.1. Generalità

L'attività delle indagini strutturali è un momento progettuale che pone il tecnico di fronte alla scelta fra diverse alternative di metodi e tecniche, più o meno invasive, che sono state illustrate nel Capitolo 4. L'obiettivo è quello di fornire la miglior stima delle proprietà ricercate minimizzando nel contempo l'impatto sulla struttura, i costi e i tempi.

Il programma di questi intenti è raccolto nel *Piano di Indagine* e la sua articolazione può essere così sintetizzata:

– *Definizione delle proprietà della struttura*

Si tratta di determinare le proprietà direttamente connesse alla struttura (geometria, dettagli costruttivi, deformabilità, resistenza meccanica) nonché quelle che ne possono condizionare la risposta (ad esempio il terreno).

Questa fase è ovviamente definita dal progettista con riferimento all'obiettivo dell'intervento che si vuole realizzare, unitamente ad una prima ricognizione della struttura ed esame della relativa documentazione disponibile (progetto, collaudi, precedenti prove, ma anche, particolarmente se in difetto, valutazioni circa le tecniche costruttive in uso all'epoca della costruzione della struttura), il tutto sulla scorta delle indicazioni che sono state illustrate nel Capitolo 3.

– *Individuazione delle tecniche di indagine*

Ciascuna tecnica deve essere qualificata con le potenzialità/limitazioni del risultato ottenibile e con l'invasività che la contraddistingue.

Questa fase può portare a valutazioni di tipo diverso in relazione al caso specifico. Ad esempio, alcune prove restituiscono un risultato tipicamente correlabile allo strato più superficiale del materiale: è ovvio che questa limitazione è maggiormente rilevante per strutture massicce che non per quelle di modesto spessore. Ancora, la tipica invasività di una certa tecnica di indagine, può essere «*sopportata*» da una certa struttura (porzione di struttura) ma non da un'altra che si contraddistingue da una minore robustezza e integrità (si pensi alla differenza di estrarre dei campioni di materiale da una platea di fondazione ovvero da un esile pilastro). Nel caratterizzare le varie tecniche di indagine non vanno trascurati il costo e la velocità di esecuzioni né la pratica operatività (si consideri, sempre a titolo di esempio, di dover operare su un edificio di pregio mantenendone la piena fruibilità ovvero su un complesso non più abitato).

- *Scelta delle tecniche di indagine.* Il progettista, sulla scorta dei punti precedenti, definisce il *piano di indagine* stabilendone precisamente:
 - il tipo di indagini,
 - il numero,
 - l'ubicazione,
 - le fasi temporali in cui eseguirle,
 - i costi.

È conveniente procedere inizialmente con le prove di tipo indiretto, allo scopo di individuare un certo numero di insiemi di elementi strutturali (travi, pilastri), caratterizzati da valori omogenei dei parametri rilevati (ad esempio, velocità delle perturbazioni meccaniche comprese in un certo intervallo); si stabilisce quindi l'ubicazione delle prove di tipo diretto, secondo il criterio di indagare ciascun ambito omogeneo individuato in precedenza.

9.2. Correlazione con i livelli di conoscenza e i fattori di confidenza

È indubbio che le scelte contenute nel Piano di Indagine siano strettamente correlate al livello di conoscenza che si intende ottenere, come codificato dalle NTC e dalla Circolare n. 7/2019 e ampiamente illustrato nel Capitolo 3. Spesso i capitolati delle opere prescrivono direttamente il livello di conoscenza da adottare nel progetto (LC1, LC2 o LC3, rispettivamente: limitata, adeguata e accurata). Conseguentemente, esso diventa il dato di partenza sul quale il progettista deve operare tutte le sue scelte per soddisfare i parametri indicati dalla norma tecnica (ad esempio i quantitativi di cui alle tabelle 3.8 e 3.9).

In sintesi, a seconda della tipologia strutturale (muratura, calcestruzzo armato, acciaio, legno), fissato il livello di conoscenza LC ne conseguiranno le peculiarità che caratterizzano:

- il tipo di indagine (limitate, estese, esaustive);
- il tipo di prove (limitate, estese, esaustive);
- la determinazione del fattore di confidenza FC.

L'esperienza dell'Autore consente di porre in rilievo che, in casi non infrequenti, disporre a priori un predeterminato livello di conoscenza LC che implica *sicuramente* una lievitazione dei costi delle indagini strutturali da effettuare, non sempre comporta *giustificati benefici* nella valutazione della sicurezza.

In altre parole, solo per citare una esemplificazione molto comprensibile, non è affatto detto (a priori) che adottare $FC = 1,35$ al posto di $FC = 1$, comporti, sia consentito l'impiccio di parole, una più «corretta» *valutazione della sicurezza in favore della sicurezza*.

9.3. Esempio di Piano delle Indagini per un edificio in ossatura di c.a.

Si abbia un fabbricato abitato di 5 piani fuori terra avente dimensione in pianta di $2\text{ m} \times 10\text{ m}$ e del quale non si disponga di documentazione originale dei disegni esecutivi. I solai siano in laterocemento aventi spessore $20+5\text{ cm}$.

TIPOLOGIE DI INTERVENTI SUGLI EDIFICI ESISTENTI

10.1. Generalità

In generale gli interventi sulle costruzioni esistenti devono essere effettuati con i materiali previsti al Capitolo 11 del D.M. 17 gennaio 2018, ovvero *materiali e prodotti per uso strutturale* certificati (ovvero conformi al Regolamento UE 305/2011) come quelli impiegati nelle nuove costruzioni. In alcuni possono essere utilizzati materiali di tipo diverso, purché sia garantito un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza viene accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.¹

Le finalità degli interventi sugli edifici esistenti sono riassunte nel D.M. 17 gennaio 2018 secondo le seguenti indicazioni.

«Per tutte le tipologie di costruzioni esistenti gli interventi vanno progettati ed eseguiti, per quanto possibile, in modo regolare ed uniforme. L'esecuzione di interventi su porzioni limitate dell'edificio va opportunamente valutata e giustificata, considerando la variazione nella distribuzione delle rigidità e delle resistenze e la conseguente eventuale interazione con le parti restanti della struttura. Particolare attenzione deve essere posta alla fase esecutiva degli interventi, in quanto una cattiva esecuzione può peggiorare il comportamento globale della costruzione. La scelta del tipo, della tecnica, dell'entità e dell'urgenza dell'intervento dipende dai risultati della precedente fase di valutazione, dovendo mirare prioritariamente a contrastare lo sviluppo di meccanismi locali e/o di meccanismi fragili e, quindi, a migliorare il comportamento globale della costruzione.

In generale dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- riparazione di eventuali danni presenti;
- riduzione delle carenze dovute ad errori grossolani;
- miglioramento della capacità deformativa («duttilità») di singoli elementi;
- riduzione delle condizioni, anche legate alla presenza di elementi non strutturali, che determinano situazioni di forte irregolarità, sia planimetrica sia almetrica, degli edifici, in termini di massa, resistenza e/o rigidità;
- riduzione delle masse, anche mediante demolizione parziale o variazione di destinazione d'uso;
- riduzione dell'impegno degli elementi strutturali originari mediante l'introduzione di sistemi d'isolamento o di dissipazione di energia;

¹ Nel caso di edifici in muratura, soprattutto nel caso di edifici storici, al fine di consentire un utilizzo omogeneo degli elementi (si pensi ad esempio al caso di mattoni faccia-vista) è possibile effettuare riparazioni locali o integrazioni con materiale analogo a quello impiegato originariamente nella costruzione, purché durevole e di idonee caratteristiche meccaniche. Ovviamente sarà il progettista ad assumersi le responsabilità in tal senso.

- riduzione dell'eccessiva deformabilità degli orizzontamenti, sia nel loro piano che ortogonalmente ad esso;
- miglioramento dei collegamenti degli elementi non strutturali, alla struttura e tra loro;
- incremento della resistenza degli elementi verticali resistenti, tenendo eventualmente conto di una possibile riduzione della duttilità globale per effetto di rinforzi locali;
- realizzazione, ampliamento, eliminazione di giunti sismici o interposizione di materiali atti ad attenuare gli eventuali urti;
- miglioramento del sistema di fondazione, ove necessario.

Interventi su parti non strutturali ed impianti sono necessari quando, in aggiunta a motivi di funzionalità, la loro risposta sismica possa mettere a rischio la vita degli occupanti o produrre danni ai beni contenuti nella costruzione. Per il progetto di interventi atti ad assicurare l'integrità di tali parti valgono le prescrizioni fornite nei §§ 7.2.3 e 7.2.4.²

Per le strutture in muratura, inoltre, dovranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- miglioramento dei collegamenti tra orizzontamenti e pareti, tra copertura e pareti, tra pareti confluenti in martelli murari o angolate;
- riduzione ed eliminazione delle spinte non contrastate di coperture, archi e volte;
- rafforzamento delle pareti intorno alle aperture.

Per le strutture in c.a. ed in acciaio si prenderanno in considerazione, valutandone l'eventuale necessità e l'efficacia, anche le tipologie di intervento di seguito esposte o loro combinazioni:

- rinforzo di tutti o parte degli elementi;
- aggiunta di nuovi elementi resistenti, quali pareti in c.a., controventi in acciaio, etc.;
- eliminazione di eventuali meccanismi «di piano» (debole NdA);
- introduzione di un sistema strutturale aggiuntivo in grado di resistere per intero all'azione sismica di progetto;
- eventuale **trasformazione** di elementi non strutturali in elementi strutturali, come nel caso di incamiciatura in c.a. di pareti in laterizio.

Infine, per le strutture in acciaio, potranno essere valutati e curati gli aspetti seguenti:

- miglioramento della stabilità degli elementi e della struttura;
- incremento della resistenza e/o della rigidità dei collegamenti;
- miglioramento dei dettagli costruttivi nelle zone dissipative;
- introduzione di indebolimenti locali controllati, finalizzati ad un miglioramento del meccanismo di collasso.»³.

Di seguito viene fornita la descrizione di alcuni interventi possibili.

10.2. Irrigidimento di solai

10.2.1. Obiettivi

L'irrigidimento dei solai può essere condotto perseguendo due tipi di obiettivi diversi, congiunti o separati:

² Questi paragrafi delle NTC riguardano i criteri di progettazione di elementi strutturali secondari, di elementi non strutturali e di impianti a servizio delle costruzioni.

³ NTC § 8.7.4.

ESEMPIO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO CON METODO ANALITICO

11.1. Descrizione del fabbricato nello stato di fatto

Si propone un esempio di miglioramento sismico con passaggio di classe di cui al D.M. n. 58/2017 di un edificio esistente in muratura portante. L'analisi viene effettuata con determinazione degli indicatori di vulnerabilità e la classificazione sismica con metodo analitico.

L'edificio ha una pianta rettangolare e si erge per un piano fuori terra¹ (figura 11.1). La muratura portante è costituita da mattoni pieni a due teste (spessore 24 cm), mentre la copertura è realizzata mediante un solaio in laterocemento di spessore 20+5 cm.

Le dimensioni fondamentali sono le seguenti:

- $A = 8$ m (direzione di riferimento x);
- $B = 10$ m (direzione di riferimento y);
- $H = 3$ m.

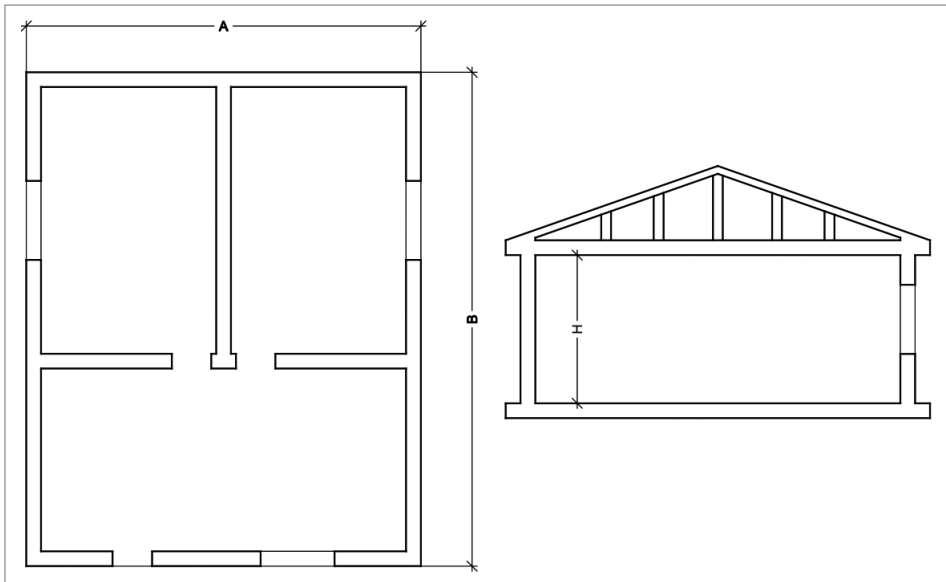


Figura 11.1. Pianta e sezione del fabbricato.

¹ Si è scelta una tipologia molto semplice al fine di focalizzare meglio, dal punto di vista didattico, i parametri significativi di questo tipo di analisi.

Si conduce una Analisi Lineare Statica con spettro di progetto i cui parametri sono indicati ai successivi §§ 11.3 e 11.4.

11.2. Carichi e combinazioni

I carichi, desunti dal rilievo della struttura sono i seguenti:

- Peso proprio delle murature = 1.800 daN/m³;
- Peso della copertura ($G_1 + G_2$) = 300 daN/m² + 300 daN/m² = 600 daN/m²;
- Peso dello sporto perimetrale in c.a. = 200 daN/m.

Le combinazioni previste per lo SLV sono riassunte in tabella 11.1.

Tabella 11.1. *Combinazioni di carico per SLV*

Nome	Nome breve	Pesi	Port.	X SLV	Y SLV	Z SLV	EY SLV	EX SLV
1	SLV 1	1	1	-1	-0.3	0	-1	0.3
2	SLV 2	1	1	-1	-0.3	0	1	-0.3
3	SLV 3	1	1	-1	0.3	0	-1	0.3
4	SLV 4	1	1	-1	0.3	0	1	-0.3
5	SLV 5	1	1	-0.3	-1	0	-0.3	1
6	SLV 6	1	1	-0.3	-1	0	0.3	-1
7	SLV 7	1	1	-0.3	1	0	-0.3	1
8	SLV 8	1	1	-0.3	1	0	0.3	-1
9	SLV 9	1	1	0.3	-1	0	-0.3	1
10	SLV 10	1	1	0.3	-1	0	0.3	-1
11	SLV 11	1	1	0.3	1	0	-0.3	1
12	SLV 12	1	1	0.3	1	0	0.3	-1
13	SLV 13	1	1	1	-0.3	0	-1	0.3
14	SLV 14	1	1	1	-0.3	0	1	-0.3
15	SLV 15	1	1	1	0.3	0	-1	0.3
16	SLV 16	1	1	1	0.3	0	1	-0.3

Legenda

- **Nome:** nome esteso che contraddistingue la condizione elementare di carico.
- **Nome breve:** nome compatto della condizione elementare di carico.
- **Pesi:** Pesi strutturali
- **Port.:** Permanenti portati
- **X SLV:** Sisma X SLV
- **Y SLV:** Sisma Y SLV
- **Z SLV:** Sisma Z SLV
- **EY SLV:** Eccentricità Y per sisma X SLV
- **EX SLV:** Eccentricità X per sisma Y SLV

ESEMPIO DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO SISMICO CON METODO SEMPLIFICATO

12.1. Descrizione del fabbricato esistente

Trattasi di corpo di fabbrica avente forma articolata pressoché ad L di sviluppo lineare pari a circa 19 m + 14 m e larghezza variabile da circa 5 m a circa 11 m. L'altezza alla gronda fuori terra pari a circa 7 m, disposto su due livelli (figura 12.1).

La struttura portante risulta in mattoni di laterizio pieno con spessori variabili lordi da 40 a 55 cm.

La copertura presenta una orditura lignea di elementi principali e secondari, con una stesa di tavolato e manto in coppi.

Il solaio intermedio è costituito da travature lignee e da tavolato.

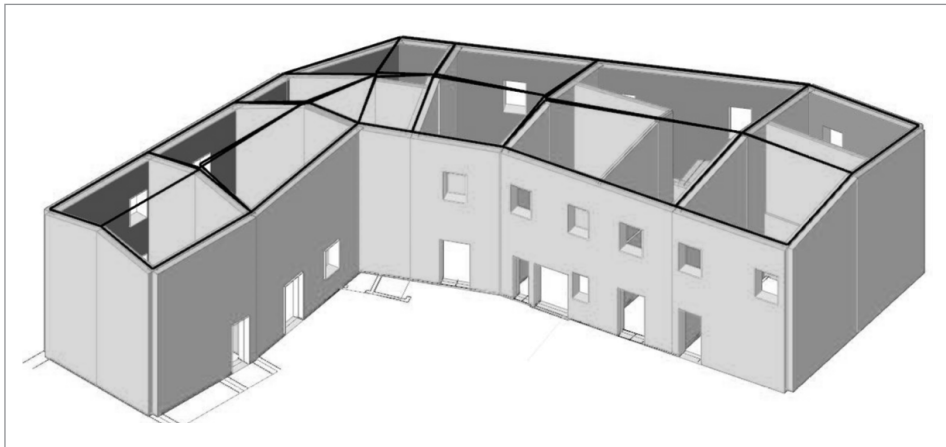


Figura 12.1. Rappresentazione tridimensionale del modello di calcolo.

12.2. Normativa di riferimento e tipologia di intervento

Il progetto prevede la mitigazione del rischio sismico attraverso il passaggio di 1 sola classe di rischio da valutarsi secondo il Metodo Semplificato delle «Linee Guida per la classificazione sismica degli edifici» (§ 2.2. delle Linee Guida) di cui al D.M. n. 58/2017 e ss.mm.ii. Le regole tecniche delle Linee Guida sono integrate dal D.M. 17 gennaio 2018 «Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni» e dalla Circolare n. 7/2019.

Dal punto di vista del D.M. 17 gennaio 2018 l'intervento è classificabile come «*intervento locale*» in quanto persegue le seguenti finalità (§ 8.4.1 D.M. 17 gennaio 2018):

- ripristina le caratteristiche meccaniche di elementi o parti danneggiate attraverso la loro sostituzione con elementi simili in quanto trattasi di **intervento di restauro conservativo**;
- migliora le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedisce meccanismi di collasso, ovvero ne posticipa il manifestarsi.

12.3. Parametri sismici del sito

Secondo l'attuale mappatura sismica vigente (O.P.C.M. n. 3274/2003) e in applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018, i parametri sismici del sito sono riportati in tabella 12.1.

Tabella 12.1. *Parametri sismici*

Tipo di costruzione	2 – Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari
V_N	50 anni
Classe d'uso	II
V_R	50 anni
Categoria del suolo	C – Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti
Categoria topografica	T1 – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
Zona sismica	2
S_S orizzontale SLV	1,370
T_B orizzontale SLV	0,167 s
T_C orizzontale SLV	0,500 s
T_D orizzontale SLV	2,519 s
S_T	1
PV_R SLV	10 %
T_R SLV	475 anni
A_g/g SLV	0,23
F_0 SLV	2,42
T_C^* SLV	0,33 s
Regolarità in pianta	No
Regolarità in elevazione	No

Dai suindicati parametri si perviene alla definizione dello spettro di progetto indicato in figura 12.2.

NORME DI RIFERIMENTO PER IL SISMABONUS

13.1. D.L. n. 34/2020 e Legge n. 77/2020

Il D.L. n. 34 del 19 maggio 2020, convertito (e modificato) con Legge n. 77 del 17 luglio 2020, ha disposto una serie di «*Misure urgenti in materia di salute, sostegno al lavoro e all'economia, nonché di politiche sociali connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19*».

La norma prevede una serie di incentivi per l'esecuzione di interventi sugli edifici esistenti che riguardano sostanzialmente:

- il miglioramento delle prestazioni energetiche;
- il miglioramento delle prestazioni antisismiche;
- il recupero del patrimonio edilizio;
- il recupero o il restauro della sola facciata dell'edificio, inclusi quelli di sola pittura o tinteggiatura esterna.

Le forme di incentivo possibili sono selezionabili fra le seguenti tipologie:

- a) Detrazione d'imposta da ripartire in 5 quote annuali.
- b) Contributo, sotto forma di sconto sul corrispettivo dovuto (sconto in fattura), fino a un importo massimo pari al corrispettivo stesso, anticipato dai fornitori che hanno effettuato gli interventi e da questi ultimi recuperato sotto forma di credito d'imposta, di importo pari alla detrazione spettante, con facoltà di successiva cessione del credito ad altri soggetti, compresi gli istituti di credito e gli altri intermediari finanziari.
- c) Cessione di un credito d'imposta di pari ammontare, con facoltà di successiva cessione ad altri soggetti, compresi gli istituti di credito e gli altri intermediari finanziari.

Per quanto attiene alla materia antisismica, oggetto di trattazione nel presente volume, bisogna riferirsi ai commi 4 e 4-*bis* dell'art. 119 del D.L. i quali, nella versione della citata Legge n. 77/2020 così recitano:

4. Per gli interventi di cui ai commi da 1-*bis* a 1-*septies* dell'articolo 16 del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 2013, n. 90, l'aliquota delle detrazioni spettanti è elevata al 110 per cento per le spese sostenute dal 1° luglio 2020 al 31 dicembre 2021. Per gli interventi di cui al primo periodo, in caso di cessione del corrispondente credito ad un'impresa di assicurazione e di contestuale stipulazione di una polizza che copre il rischio di eventi calamitosi, la detrazione prevista nell'articolo 15, comma 1, lettera *f-bis*, del testo unico delle imposte sui redditi, di cui al decreto del Presidente della Repubblica 22 dicembre 1986, n. 917, spetta nella misura del 90 per cento. Le disposizioni del primo e del secondo periodo non si applicano agli edifici ubicati nella zona sismica 4 di cui all'ordinanza del Presidente

del Consiglio dei ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, pubblicata nel supplemento ordinario alla *Gazzetta Ufficiale* n. 105 dell'8 maggio 2003.

4-bis. La detrazione spettante ai sensi del comma 4 del presente articolo è riconosciuta anche per la realizzazione di sistemi di monitoraggio strutturale continuo a fini antisismici, a condizione che sia eseguita congiuntamente a uno degli interventi di cui ai commi da 1bis a 1septies dell'articolo 16 del decreto-legge 4 giugno 2013, n. 63, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 2013, n. 90, nel rispetto dei limiti di spesa previsti dalla legislazione vigente per i medesimi interventi.

L'interpretazione degli articoli della Legge n. 77/2020 ha dato origine ad una serie di circolari e chiarimenti spesso contraddittori che hanno portato i potenziali beneficiari e gli addetti del settore ad avere molte perplessità¹.

Per quanto attiene alle *misure antisismiche* si pone in luce che il riferimento normativo originario risulta essere l'art. 16-bis (*Detrazione delle spese per interventi di recupero del patrimonio edilizio e di riqualificazione energetica degli edifici*) del Testo Unico delle Imposte sui Redditi, Legge n. 917/1986 che, al punto i), così recita:

- i) (interventi) relativi all'adozione di misure antisismiche con particolare riguardo all'esecuzione di opere per la messa in sicurezza statica, in particolare sulle parti strutturali, per la redazione della documentazione obbligatoria atta a comprovare la sicurezza statica del patrimonio edilizio, nonchè per la realizzazione degli interventi necessari al rilascio della suddetta documentazione. Gli interventi relativi all'adozione di misure antisismiche e all'esecuzione di opere per la messa in sicurezza statica devono essere realizzati sulle parti strutturali degli edifici o complessi di edifici collegati strutturalmente e comprendere interi edifici e, ove riguardino i centri storici, devono essere eseguiti sulla base di progetti unitari e non su singole unità immobiliari.

Stanti le indicazioni di norma, le misure necessarie ammesse ai benefici ottenibili sono relative alle zone sismiche amministrative 1, 2 e 3 (con esclusione della zona 4) e non necessariamente devono comportare un passaggio migliorativo di classe di cui alle Linee Guida del D.M. n. 58/2017 e ss.mm.ii.. È opinione dell'Autore che, tuttavia vi debba essere una comprovata mitigazione del rischio sismico nel fabbricato esplicitabile mediante un incremento dell'indicatore ζ_E (definito al § 1.5) ancorché, lo si ripete, l'incremento non sia sufficiente al passaggio di classe evidenziato in tabella 8.4.

L'importo complessivo dei lavori finanziabili per gli interventi di mitigazione del rischio sismico è relativo al 110% di 96.000 Euro per singole unità immobiliari (ovvero 105.600 Euro). I soggetti beneficiari sono, in sintesi:

- i condòmini;
- le persone fisiche, al di fuori dell'esercizio di attività di impresa, arti e professioni, su unità immobiliari;

¹ La Presidenza del Consiglio dei Ministri ha messo a disposizione il seguente sito con il quale i tecnici e i cittadini possono interfacciarsi e reperire informazioni: www.governo.it/superbonus.

CONTENUTI E ATTIVAZIONE DELLA WEBAPP

14.1. Contenuti della WebApp

- **Esempi applicativi**, contenuti anche nel presente manuale, che guidano il lettore a mettere in pratica tutte le spiegazioni su casi concreti:
 - Inadeguatezza dell'opera per azioni non sismiche (valutazione di $\zeta_{v,i}$);
 - Inadeguatezza dell'opera per azioni sismiche (valutazione di ζ_E);
 - Azione sismica su macchinario posto in copertura di un edificio;
 - Calcolo della Sezione resistente di tessuto a base di carbonio a tela semplice non bilanciato;
 - Calcolo della Sezione resistente di tessuto a base di carbonio a tela semplice bilanciato;
 - Calcolo della Sezione resistente di tessuto unidirezionale a base di carbonio.
- **Guida al Superbonus 110%** – Le detrazioni fiscali del 110% previste dal D.L. 19 maggio 2020, n. 34 (cd. *Decreto Rilancio*) dalla A alla Z.
- **Banca dati normativa e giurisprudenza** consultabile attraverso un motore di ricerca, con aggiornamenti automatici per 365 giorni dall'attivazione della WebApp.

14.2. Requisiti hardware e software

- Dispositivi con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android;
- Accesso ad internet e browser web con Javascript attivo;
- Software per la gestione di documenti Office e PDF.

14.3. Attivazione della WebApp

1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

https://www.grafill.it/pass/0232_1.php

- 2) Inserire i codici “A” e “B” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare [**Continua**].
- 3) Accedere al **Profilo utente Grafill** oppure crearne uno su **www.grafill.it**.
- 4) Cliccare il pulsante [**G-CLOUD**].
- 5) Cliccare il pulsante [**Vai alla WebApp**] in corrispondenza del prodotto acquistato.

6) Fare il *login* usando le stesse credenziali di accesso al **Profilo utente Grafill**.

Lo scaffale **Le mie App** presenterà tutte le WebApp attive.

7) Per accedere alle WebApp del prodotto acquistato cliccare sulla relativa copertina.

14.4. Assistenza tecnica sui prodotti Grafill

Per assistenza tecnica sui prodotti Grafill aprire un ticket su <https://www.supporto.grafill.it>.

L'assistenza è gratuita per 365 giorni dall'acquisto ed è limitata all'installazione e all'avvio del prodotto, a condizione che la configurazione hardware dell'utente rispetti i requisiti richiesti.



**PRONTO
GRAFILL**

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

