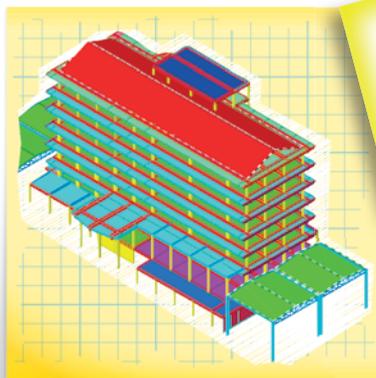


Marco Boscolo Bielo

# PROGETTAZIONE STRUTTURALE ANTISISMICA

AI SENSI DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI  
DI CUI AL D.M. 17 GENNAIO 2018

- PROGETTO, DIREZIONE LAVORI E COLLAUDO STATICO ▪ AZIONI SULLE COSTRUZIONI
  - AZIONI SISMICHE ▪ SPETTRI DI RISPOSTA ▪ ANALISI SISMICHE
  - METODO PROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE ▪ TIPOLOGIE STRUTTURALI
- EDIFICI ESISTENTI ▪ TERRENI E FONDAZIONI ▪ ELEMENTI NON STRUTTURALI ▪ IMPIANTI



Clicca e richiedi di essere contattato  
per **informazioni e promozioni**

**SOFTWARE INCLUSO**

WEBAPP CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

NORME NAZIONALI E REGIONALI, GIURISPRUDENZA, UTILITÀ E DOCUMENTI COMPLEMENTARI  
UTILI ALLO SVOLGIMENTO DELLA PRATICA PROFESSIONALE



**GRAFILL**

Marco Boscolo Bielo

## PROGETTAZIONE STRUTTURALE ANTISISMICA AI SENSI DELLE NTC 2018

Ed. I (01-2019)

ISBN 13 978-88-277-0022-8

EAN 9 788827 700228

Collana **Manuali** (233)

Boscolo Bielo, Marco <1967->

Progettazione strutturale antisismica ai sensi delle NTC 2018 /

Marco Boscolo Bielo. – Palermo : Grafill, 2018.

(Manuali ; 233)

ISBN 978-88-277-0022-8

1. Costruzioni antisismiche – Italia – Legislazione.

343.45078693852 CDD-23

SBN Pal0311885

CIP – Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

L'Autore ringrazia:

- Concrete S.r.l. di Padova per Sismicad 12 e in particolare l'Ing. Luigi Nulli;
- l'Architetto Roberto Amabilia per alcune foto fornite;
- 4 Emme Service S.p.A. di Bolzano per la fornitura di immagini e dati dal laboratorio prove e in particolare il Dott. Dario Altinier.

© **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](mailto:grafill@grafill.it)

**CONTATTI  
IMMEDIATI**



**ProntoGRAFILL**  
Tel. 091 226679



**Chiamami**  
[chiamami.grafill.it](http://chiamami.grafill.it)



**Whatsapp**  
[grafill.it/whatsapp](http://grafill.it/whatsapp)



**Messenger**  
[grafill.it/messenger](http://grafill.it/messenger)



**Telegram**  
[grafill.it/telegram](http://grafill.it/telegram)

Finito di stampare nel mese di gennaio 2019

presso **Tipografia Luxograph S.r.l.** Piazza Bartolomeo Da Messina, 2 – 90142 Palermo

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.



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

## SOMMARIO

<b>PRESENTAZIONE</b> .....	p.	11
<b>1. PROGETTO, DIREZIONE LAVORI E COLLAUDO STATICO</b> .....	"	13
<b>1.1. Introduzione</b> .....	"	13
<b>1.1.1. Principi fondamentali del D.M. 17 gennaio 2018</b> .....	"	13
<b>1.2. Gli Stati Limite e la durabilità</b> .....	"	14
<b>1.3. Materiali e prodotti strutturali</b> .....	"	15
<b>1.3.1. Generalità</b> .....	"	15
<b>1.3.2. Identificazione, qualificazione                 e accettazione dei materiali da costruzione</b> .....	"	15
<b>1.4. Redazione del progetto strutturale</b> .....	"	17
<b>1.4.1. Contenuti generali</b> .....	"	17
<b>1.5. La relazione di calcolo</b> .....	"	18
<b>1.5.1. La relazione sui materiali</b> .....	"	20
<b>1.5.2. Gli Elaborati Grafici</b> .....	"	20
<b>1.5.3. I particolari costruttivi</b> .....	"	21
<b>1.5.4. Il piano di manutenzione delle strutture</b> .....	"	21
<b>1.5.5. Relazioni specialistiche</b> .....	"	22
<b>1.6. Deposito del progetto strutturale</b> .....	"	22
<b>1.7. La Direzione dei Lavori</b> .....	"	23
<b>1.8. Il collaudo statico</b> .....	"	24
<b>2. AZIONI SULLE COSTRUZIONI</b> .....	"	26
<b>2.1. Definizione e classificazione</b> .....	"	26
<b>2.2. Il concetto di valore caratteristico delle azioni</b> .....	"	28
<b>2.3. Carichi permanenti</b> .....	"	28
<b>2.3.1. Pesi propri dei materiali strutturali</b> .....	"	28
<b>2.3.2. Carichi permanenti non strutturali (Carichi permanenti portati)</b> ..	"	32
<b>2.3.3. Elementi divisori interni (Carichi permanenti portati)</b> .....	"	32
<b>2.4. Carichi di esercizio</b> .....	"	34
<b>2.5. Azioni del vento</b> .....	"	37
<b>2.5.1. Generalità</b> .....	"	37
<b>2.5.2. Velocità base di riferimento</b> .....	"	38
<b>2.5.3. Velocità di riferimento</b> .....	"	39
<b>2.5.4. Pressione del vento</b> .....	"	40

2.5.5.	Azione tangenziale del vento .....	p.	40
2.5.6.	Pressione cinetica di riferimento .....	"	41
2.5.7.	Coefficiente di esposizione .....	"	41
2.5.8.	Coefficiente dinamico .....	"	43
2.5.9.	Coefficienti aerodinamici .....	"	43
2.5.10.	Esempi applicativi del coefficiente di pressione e di esposizione .....	"	44
2.5.10.1.	Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve .....	"	44
2.5.11.	Coperture multiple .....	"	48
2.5.11.1.	Azioni esterne sui singoli elementi .....	"	48
2.5.11.2.	Azioni d'insieme .....	"	48
2.5.11.3.	Vento diretto parallelamente .....	"	49
2.5.12.	Tettoie o pensiline isolate .....	"	50
2.5.13.	Travi ad anima piena e reticolari .....	"	50
2.5.13.1.	Travi isolate .....	"	50
2.5.13.2.	Travi multiple .....	"	51
2.5.14.	Torri e pali a traliccio .....	"	52
2.5.14.1.	Sezione rettangolare o quadrata .....	"	52
2.5.14.2.	Sezione circolare .....	"	53
2.5.14.3.	Corpi sferici .....	"	54
2.5.15.	Pressioni massime locali .....	"	54
2.5.15.1.	Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde inclinate, curve. Coperture multiple, tettoie e pensiline isolate .....	"	54
2.5.15.2.	Corpi cilindrici e sferici .....	"	56
2.6.	Azioni della neve .....	"	57
2.6.1.	Carico neve .....	"	57
2.6.2.	Valore caratteristico del carico neve al suolo .....	"	58
2.6.3.	Coefficiente di esposizione .....	"	60
2.6.4.	Coefficiente termico .....	"	60
2.6.5.	Carico neve sulle coperture .....	"	60
2.6.5.1.	Coefficiente di forma $\mu$ per le coperture .....	"	60
2.6.5.2.	Coperture cilindriche $\mu_3$ .....	"	65
2.6.5.3.	Coperture adiacenti o vicine a costruzioni più alte $\mu_s$ e $\mu_w$ .....	"	68
2.6.5.4.	Effetti locali .....	"	70
2.6.5.5.	Neve aggettante dal bordo di una copertura .....	"	71
2.7.	Azioni della temperatura .....	"	74
2.7.1.	Generalità .....	"	74
2.7.2.	Temperatura dell'aria esterna .....	"	74
2.7.3.	Temperatura dell'aria interna .....	"	75
2.7.4.	Distribuzione della temperatura negli elementi strutturali .....	"	75
2.7.5.	Azioni termiche sugli edifici .....	"	76

<b>3. AZIONI SISMICHE</b> .....	p.	78
<b>3.1.</b> Concetti elementari .....	"	78
<b>3.2.</b> Cenni di Analisi Lineare Dinamica: sistemi ad un grado di libertà – Spettri di risposta elastici .....	"	80
<b>3.3.</b> Smorzamento relativo $\nu$ , periodo proprio di oscillazione $T$ .....	"	84
<b>3.4.</b> Considerazioni elementari sulla funzione del traverso infinitamente rigido .....	"	85
<b>3.5.</b> Ripartizione dell'azione sismica sui piedritti .....	"	86
<b>3.6.</b> Lo spettro di risposta elastico in accelerazione .....	"	88
<b>3.7.</b> Determinazione probabilistica degli stati limite per le azioni sismiche .....	"	89
<b>3.7.1.</b> Definizioni degli stati limite per azioni sismiche .....	"	89
<b>3.7.2.</b> Probabilità di superamento degli Stati Limite .....	"	90
<b>3.7.3.</b> Vita nominale .....	"	91
<b>3.7.4.</b> Classi d'uso .....	"	92
<b>3.7.5.</b> Periodo di riferimento per l'azione sismica .....	"	92
<b>3.8.</b> Lo spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e$ .....	"	93
<b>3.8.1.</b> Parametri fondamentali di progetto: $a_g$ , $F_0$ e $T_C^*$ .....	"	93
<b>3.8.2.</b> Valutazione del periodo di ritorno $T_R$ .....	"	94
<b>3.8.3.</b> La funzione $S_e$ dello spettro elastico in accelerazione orizzontale .....	"	97
<b>3.8.3.1.</b> Definizione del diagramma spettrale .....	"	97
<b>3.8.3.2.</b> Parametri Geotecnici e Topografici per la costruzione del diagramma .....	"	99
<b>3.8.4.</b> Componenti del moto sismico e livelli di azione .....	"	101
<b>3.8.5.</b> La funzione $S_e$ dello spettro elastico in accelerazione verticale .....	"	102
<b>3.8.6.</b> Spettro in termini di spostamento delle componenti orizzontali .....	"	103
<b>3.9.</b> Rigidezza flessionale e torsionale .....	"	103
<b>3.9.1.</b> Rigidezza flessionale .....	"	103
<b>3.9.2.</b> Rigidezza torsionale .....	"	104
<b>3.9.3.</b> Eccentricità fra baricentro delle masse e delle rigidezze flessionali .....	"	104
<b>3.9.4.</b> Alcuni esempi di eccentricità fra baricentro delle masse e delle rigidezze flessionali .....	"	106
<b>3.9.4.1.</b> Eccentricità accidentale .....	"	106
<b>3.9.4.2.</b> Altri tipi di eccentricità .....	"	106
<b>4. SPETTRI DI RISPOSTA</b> .....	"	108
<b>4.1.</b> Dallo spettro elastico di risposta allo spettro di progetto .....	"	108
<b>4.2.</b> Il concetto di fattore di struttura .....	"	108
<b>4.2.1.</b> Generalità operative .....	"	108
<b>4.2.1.1.</b> La duttilità .....	"	109
<b>4.3.</b> Spettri di risposta di progetto per gli stati limite .....	"	112

4.3.1.	Spettri di progetto per gli stati limite SLD, SLV e SLC .....	p.	112
4.3.2.	Spettri di progetto per SLO .....	"	113
4.3.3.	Confronto fra spettri di progetto per SLE, SLU e in funzione delle classi di duttilità .....	"	114
4.4.	La progettazione sismica .....	"	116
4.4.1.	Requisiti nei confronti degli stati limite .....	"	116
4.4.2.	Criteri generali di progettazione .....	"	117
4.4.2.1.	Orizzontamenti .....	"	117
4.4.2.2.	Fondazioni .....	"	117
4.4.2.3.	Comportamento strutturale dissipativo e non dissipativo .....	"	118
4.4.2.4.	Classi di duttilità .....	"	118
4.4.2.5.	Zone critiche e fattori di sovraresistenza .....	"	118
4.4.3.	Gerarchia delle resistenze (capacity design) .....	"	120
4.4.3.1.	Concetti elementari relativi all'energia dissipata da strutture iperstatiche .....	"	120
4.4.3.2.	La «filosofia delle Norme Tecniche per le Costruzioni» .....	"	122
4.4.4.	La regolarità negli edifici .....	"	124
4.4.4.1.	Generalità .....	"	124
4.4.4.2.	Regolarità in pianta .....	"	124
4.4.4.3.	Regolarità in altezza .....	"	125
4.5.	Il fattore di struttura nel D.M. 17 gennaio 2018 .....	"	125
4.5.1.	Definizione .....	"	125
4.5.2.	Fattore di struttura per costruzioni regolari in pianta .....	"	128
4.5.3.	Fattore di struttura per componente verticale sismica .....	"	129
4.5.4.	Fattore di struttura per strutture a comportamento non dissipativo .....	"	129
4.6.	Modellazione della struttura .....	"	129
4.6.1.	Modellazione tridimensionale .....	"	129
4.6.2.	Comportamento lineare del modello di calcolo .....	"	129
4.6.3.	Elementi non strutturali (tamponature e tramezzi) .....	"	129
4.6.4.	Orizzontamenti infinitamente rigidi .....	"	129
4.6.5.	Eccentricità accidentali .....	"	131
4.6.6.	Combinazioni di carico sismiche .....	"	131
4.6.7.	Limitazioni minime dello spettro di progetto .....	"	132
5.	<b>ANALISI SISMICHE</b> .....	"	133
5.1.	Generalità .....	"	133
5.2.	Effetti delle non linearità geometriche .....	"	134
5.3.	Analisi lineare dinamica (analisi modale) .....	"	136
5.3.1.	Considerazioni generali .....	"	136
5.3.2.	Modi di vibrare e combinazione degli effetti .....	"	136
5.3.3.	La partecipazione dei modi di vibrare .....	"	141

5.3.4.	I modi di vibrare in strutture «regolari».....	p.	142
5.3.5.	Esempio di analisi dinamica .....	"	142
5.4.	Analisi lineare statica.....	"	151
5.4.1.	Considerazioni generali.....	"	151
5.4.2.	Esempio di Analisi Lineare Statica .....	"	153
5.5.	Analisi non lineare statica.....	"	159
5.5.1.	Generalità.....	"	159
5.5.2.	Modello ideale equivalente ad un grado di libertà.....	"	161
5.5.3.	Determinazione dei gruppi di forze .....	"	163
5.5.4.	Domanda di spostamento .....	"	164
5.5.5.	Capacità di spostamento.....	"	166
5.5.6.	Esempio di Analisi non lineare statica (Pushover).....	"	166
5.6.	Analisi cinematiche.....	"	170
5.6.1.	Generalità.....	"	170
5.6.2.	Analisi limite dell'equilibrio.....	"	172
5.6.3.	Accelerazione di attivazione del meccanismo di collasso .....	"	174
5.6.4.	Esempio applicativo di analisi cinematica lineare .....	"	175
5.7.	Valutazione degli spostamenti in analisi lineare statica e dinamica .....	"	179
<b>6.</b>	<b>METODO PROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE .....</b>	"	<b>180</b>
6.1.	Considerazioni preliminari .....	"	180
6.2.	Modelli di valutazione della sicurezza.....	"	182
6.3.	La valutazione della sicurezza .....	"	185
6.4.	Combinazioni di carico.....	"	186
6.5.	Definizione degli stati limite.....	"	191
6.5.1.	Stati Limite Ultimi .....	"	191
6.5.2.	Stati Limite di Esercizio.....	"	192
6.5.3.	Sicurezza antincendio .....	"	192
6.5.4.	Durabilità .....	"	192
6.5.5.	Robustezza .....	"	193
6.6.	Requisiti nei confronti degli stati limite .....	"	193
6.6.1.	Generalità.....	"	193
6.6.2.	Elementi strutturali (ST) .....	"	194
6.6.2.1.	Verifiche di rigidezza (RIG).....	"	194
6.6.2.2.	Verifiche di resistenza (RES) .....	"	195
6.6.2.3.	Verifiche di duttilità (DUT).....	"	195
6.6.3.	Elementi non strutturali (NS).....	"	196
6.6.3.1.	Verifiche di stabilità .....	"	196
6.6.4.	Impianti (IM).....	"	196
6.6.4.1.	Verifiche di funzionamento (FUN) .....	"	196
6.6.4.2.	Verifiche di stabilità (STA).....	"	196
<b>7.</b>	<b>TIPOLOGIE STRUTTURALI .....</b>	"	<b>197</b>
7.1.	Generalità.....	"	197

7.2.	Costruzioni in calcestruzzo armato.....	p.	197
7.2.1.	Strutture a comportamento non dissipativo .....	"	197
7.2.2.	Strutture a comportamento dissipativo .....	"	197
7.2.3.	Caratteristiche dei materiali .....	"	198
7.2.3.1.	Conglomerato cementizio .....	"	198
7.2.3.2.	Armature .....	"	198
7.2.4.	Tipologie strutturali.....	"	198
7.2.5.	Fattori di struttura.....	"	199
7.2.5.1.	Fattore di struttura per costruzioni regolari in pianta .....	"	200
7.2.5.2.	Fattore di struttura per costruzioni non regolari in pianta .....	"	201
7.2.5.3.	Sintesi tabellare dei fattori di struttura.....	"	201
7.3.	Costruzioni prefabbricate in c.a. ....	"	202
7.3.1.	Generalità.....	"	202
7.3.2.	Tipologie strutturali.....	"	202
7.3.3.	Fattori di struttura.....	"	202
7.3.4.	Collegamenti .....	"	203
7.4.	Costruzioni in acciaio .....	"	204
7.4.1.	Strutture non dissipative.....	"	204
7.4.2.	Strutture dissipative.....	"	204
7.4.3.	Caratteristiche dei materiali .....	"	204
7.4.4.	Tipologie strutturali.....	"	204
7.4.5.	Fattori di struttura.....	"	207
7.5.	Costruzioni composte acciaio-calcestruzzo .....	"	207
7.5.1.	Generalità.....	"	207
7.5.2.	Materiali .....	"	208
7.5.2.1.	Calcestruzzo .....	"	208
7.5.2.2.	Armature .....	"	208
7.5.2.3.	Acciaio .....	"	208
7.5.3.	Tipologie strutturali.....	"	208
7.5.4.	Fattori di struttura.....	"	209
7.6.	Costruzioni in legno.....	"	209
7.6.1.	Generalità.....	"	209
7.6.2.	Comportamento dissipativo .....	"	210
7.6.3.	Tipologie strutturali e fattori di struttura.....	"	210
7.7.	Costruzioni in muratura .....	"	212
7.7.1.	Generalità.....	"	212
7.7.2.	Fattori di struttura.....	"	213
8.	<b>EDIFICI ESISTENTI</b> .....	"	215
8.1.	Generalità.....	"	215
8.2.	Classificazione degli interventi .....	"	215
8.3.	Interventi di adeguamento .....	"	216

8.4.	Interventi di miglioramento .....	p.	217
8.5.	Riparazioni o interventi locali.....	"	217
8.6.	Interventi nelle fondazioni.....	"	218
8.7.	Interventi non strutturali .....	"	218
8.8.	Ampliamenti e sopraelevazioni .....	"	219
8.8.1.	Generalità.....	"	219
8.8.2.	Giunti sismici.....	"	220
8.9.	Caratterizzazione meccanica dei materiali .....	"	220
8.10.	Indagini strutturali.....	"	221
8.10.1.	Piano di indagini .....	"	221
8.10.2.	Indagini su costruzioni in c.a. ....	"	223
8.10.3.	Indagini su strutture metalliche.....	"	228
8.10.4.	Indagini su murature .....	"	229
8.11.	Livelli di conoscenza (LC) e fattori di confidenza (FC).....	"	237
8.12.	Regole di progettazione in condizioni sismiche .....	"	238
8.12.1.	Costruzioni in muratura .....	"	238
8.12.2.	Costruzioni in calcestruzzo armato o acciaio.....	"	239
8.12.3.	Costruzioni miste .....	"	239
8.13.	Gli indicatori di vulnerabilità sismica.....	"	240
<b>9.</b>	<b>TERRENI E FONDAZIONI.....</b>	"	242
9.1.	Concetti base relativi alla risposta dei terreni.....	"	242
9.2.	Risposta sismica locale .....	"	244
9.3.	Azioni trasmesse alle fondazioni .....	"	246
9.4.	Variabilità spaziale del moto.....	"	247
9.5.	Spostamenti nel terreno .....	"	247
9.5.1.	Spostamento assoluto e relativo del terreno.....	"	247
9.5.2.	Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno .....	"	248
9.6.	Collegamenti in fondazione .....	"	248
9.7.	Il modello Winkler.....	"	249
9.8.	Criteri di verifica dei sistemi geotecnici .....	"	253
9.8.1.	Verifiche per SLU.....	"	253
9.8.2.	Verifiche per SLE.....	"	255
9.8.3.	Verifiche per gli stati limite idraulici.....	"	256
9.9.	Generalità sulle fondazioni .....	"	257
9.10.	Fondazioni superficiali.....	"	257
9.10.1.	Generalità in condizioni sismiche .....	"	257
9.10.2.	Verifiche per SLU.....	"	258
9.10.3.	Verifiche per SLE .....	"	259
9.11.	Muri di sostegno .....	"	259
9.11.1.	Verifiche per SLU.....	"	259
9.11.2.	Verifiche per SLE.....	"	260
9.11.3.	Azioni sismiche.....	"	260

9.11.4. Verifiche di sicurezza .....	p.	263
9.12. Liquefazione .....	"	264
<b>10. ELEMENTI NON STRUTTURALI</b> .....	"	266
10.1. Elementi non strutturali ed elementi secondari.....	"	266
10.2. Requisiti nei confronti degli stati limite .....	"	266
10.3. Garanzie sulle verifiche di elementi non strutturali .....	"	267
10.4. Distribuzioni non regolari.....	"	267
10.5. Determinazione dell'azione sismica.....	"	268
10.6. Pareti, parapetti, mancorrenti.....	"	272
<b>11. IMPIANTI</b> .....	"	274
11.1. Generalità.....	"	274
11.2. Responsabilità di installazione e progettazione.....	"	274
11.3. Determinazione della domanda .....	"	275
11.4. Ancoraggi.....	"	276
<b>12. IL SOFTWARE INCLUSO (WEBAPP)</b> .....	"	277
12.1. Note sul software incluso.....	"	277
12.2. Requisiti hardware e software.....	"	277
12.3. Richiesta della password di attivazione del software .....	"	277
12.4. Utilizzo della WebApp.....	"	277
12.5. Assistenza tecnica ( <i>TicketSystem</i> ).....	"	278

## PRESENTAZIONE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni sono state aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018. In questo volume si propone l'esposizione del *corpus normativo* attraverso i suoi contenuti teorico-pratici dando spazio alla spiegazione dei concetti in modo semplificato e corredandoli da numerosi esempi svolti.

Per gli operatori del settore, siano essi Architetti, Ingegneri, Geometri, Periti Edili, ecc., è importante avere chiaro il significato degli elementi che regolano le tematiche fondamentali relative alla sicurezza delle costruzioni. Non è più possibile relegare esclusivamente allo strutturista le scelte progettuali relative alla sicurezza antisismica dei fabbricati, siano essi di nuova costruzione o esistenti, ma è necessario che vi sia una interazione fra tutte le figure professionali che operano all'interno del «progetto architettonico», affinché la piena cooperazione porti ad ottimizzare i risultati in rapporto a costi ed efficienza.

Termini come: «pericolosità sismica», «periodo di ritorno», «analisi modale», «analisi pushover», «indicatore di rischio sismico», rapporto tra «capacità» e «domanda», «curva di capacità», «gerarchia delle resistenze», ecc., entreranno sempre più nel linguaggio del tecnico moderno e dovranno essere utilizzati con piena padronanza dei concetti.

A tale scopo il volume ripercorre i contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 quali: la modalità di redazione dei progetti, il collaudo, la direzione lavori, la qualificazione dei prodotti da costruzione, le azioni sulle costruzioni, le azioni sismiche, il metodo semiprobabilistico agli stati limite, i tipi di analisi, le tipologie strutturali, le fondazioni e i terreni, le nuove costruzioni e gli edifici esistenti, gli elementi non strutturali e gli impianti e, attraverso numerosi esempi svolti ed illustrazioni il lettore potrà immediatamente *toccare con mano* quali siano le correlazioni tra gli algoritmi di calcolo e *il senso comune dei concetti fisici* da essi sottesi. Un utile strumento per la pratica professionale.

## PROGETTO, DIREZIONE LAVORI E COLLAUDO STATICO

### 1.1. Introduzione

#### 1.1.1. Principi fondamentali del D.M. 17 gennaio 2018

Il D.M. 17 gennaio 2018<sup>1</sup> aggiorna le *Norme Tecniche per le Costruzioni* già emanate con il precedente D.M. 14 gennaio 2008; in esso sono raccolte il complesso delle disposizioni tecniche afferenti alla *progettazione strutturale* delle costruzioni.

In generale vengono definiti i principi per il progetto, l'esecuzione ed il collaudo.

Le prestazioni richieste alle strutture portanti sono valutate in termini di:

- resistenza meccanica;
- stabilità;
- durabilità.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, la norma fornisce, dal punto di vista quantitativo, le azioni che devono essere utilizzate nella progettazione strutturale e, in determinati casi, anche gli schemi di calcolo da adottare.

Oltre a quanto sopra esposto, il testo propone alcuni riferimenti per la definizione delle caratteristiche di materiali e prodotti da impiegare nelle costruzioni.

Il D.M. 17 gennaio 2018<sup>2</sup> ha carattere cogente nel territorio nazionale tuttavia rimanda a normative di comprovata validità, qualora non riporti contenuti espliciti in merito ad un qualche aspetto particolare relativo a specifici contenuti di calcolo, formule, ecc..

Tra le norme di comprovata validità meritano citazione specifica gli Eurocodici, dai quali peraltro è stato mutuato l'intero corpo delle NTC, che sono i seguenti:

- UNI EN 1991: Eurocodice 1 (EC1) – *Basi di calcolo ed azioni sulle strutture*;
- UNI EN 1992: Eurocodice 2 (EC2) – *Progettazione delle strutture di calcestruzzo*;
- UNI EN 1993: Eurocodice 3 (EC3) – *Progettazione delle strutture di acciaio*;
- UNI EN 1994: Eurocodice 4 (EC4) – *Progettazione delle strutture composte acciaio/calcestruzzo*;
- UNI EN 1995: Eurocodice 5 (EC5) – *Progettazione di strutture di legno*;
- UNI EN 1996: Eurocodice 6 (EC6) – *Progettazione delle strutture di muratura*;
- UNI EN 1997: Eurocodice 7 (EC7) – *Progettazione geotecnica*;
- UNI EN 1998: Eurocodice 8 (EC8) – *Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture*;
- UNI EN 1999: Eurocodice 9 (EC9) – *Progettazione delle strutture di alluminio*.

<sup>1</sup> Pubblicato nel Supplemento Ordinario n. 8 alla *Gazzetta Ufficiale* n. 42 del 20 febbraio 2018.

<sup>2</sup> Nel seguito D.M. o NTC (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Altre norme a cui si può fare riferimento in quanto considerate di comprovata validità, sono:

- Norme per prove su materiali e prodotti pubblicate da UNI;
- Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale e successive modificazioni del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sul documento stesso;
- Istruzioni e documenti tecnici del Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.), previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sui documenti stessi;
- Altri codici internazionali (nel qual caso è responsabilità del progettista garantire espressamente livelli di sicurezza coerenti ed equivalenti al D.M. 17 gennaio 2018).

## 1.2. Gli Stati Limite e la durabilità

Le opere e i componenti strutturali devono essere progettati, eseguiti, collaudati e soggetti a manutenzione in modo tale da consentirne una utilizzazione economicamente sostenibile e un livello di sicurezza garantito. A tale scopo vengono definiti i seguenti livelli:

- 1) *Sicurezza nei confronti di Stati Limite Ultimi (SLU)*: ovvero la capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone, comportare la perdita di beni, provocare gravi danni ambientali e sociali e mettere fuori servizio l'opera.
- 2) *Sicurezza nei confronti di Stati Limite di Esercizio (SLE)*: definita come la capacità di garantire le condizioni di esercizio e utilizzazione dell'opera.
- 3) *Durabilità*: ovvero capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione.
- 4) *Robustezza nei confronti di azioni eccezionali*: ovvero la capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di cause innescanti quali: incendio, esplosioni, urti.

Esiste una sostanziale differenza fra le condizioni dello SLU e quelle dello SLE. Infatti il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile, mentre il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Accanto alle indicazioni di cui sopra, specificamente indicate dalle NTC, appare utile ricordare in questa sede anche quanto disposto dall'EC1, nello spirito di una generale riflessione sulle operazioni di progetto che conducono alla realizzazione di un'opera (*cf*: anche paragrafo 6.5.5).

---

Una struttura dovrà essere progettata ed eseguita in maniera tale che, durante la sua vita prevista, con appropriati gradi di affidabilità ed in modo da minimizzare i costi:

- rimanga adeguata all'uso per cui è costruita;
- sopporti tutte le azioni e le influenze che sarà possibile si verifichino durante l'esecuzione e l'uso.

La progettazione implica che, in entrambi i casi, venga dato il dovuto riguardo alla sicurezza strutturale e alla funzionalità, inclusa la durabilità.

Una struttura dovrà, inoltre, essere progettata ed eseguita in modo tale da non essere danneggiata da eventi quali fuoco, esplosioni, impatti, o conseguenze di errori umani, ad un livello sproporzionato rispetto alla causa di origine.

## AZIONI SULLE COSTRUZIONI

### 2.1. Definizione e classificazione

Si definisce «azione» una causa oppure un insieme di cause capace di indurre uno stato limite in una struttura.

Le azioni si classificano in:

- a) *dirette*: forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili;
- b) *indirette*: spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincolo, ecc.;
- c) di *degrado*, che a sua volta può essere di tipo:
  - *endogeno*: alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale;
  - *esogeno*: alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni.

Le azioni possono poi essere:

- a) *statiche*: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- b) *pseudo statiche*: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- c) *dinamiche*: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

Infine, a seconda della variazione della loro intensità nel tempo, si classificano in:

- a) *permanenti* ( $G$ ): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo. Ad esempio:
  - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno;
  - forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo, identificate con il simbolo  $G_1$ );
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali ( $G_2$ );
  - spostamenti e deformazioni imposti, incluso il ritiro;
  - pretensione e precompressione ( $P$ );
  - ritiro e viscosità;
  - spostamenti differenziali.
- b) *variabili* ( $Q$ ): azioni sulla struttura o sull'elemento strutturale con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale, ad esempio:
  - sovraccarichi;
  - azioni del vento;
  - azioni della neve;
  - azioni della temperatura.

Dette azioni possono distinguersi in:

- *di lunga durata*: agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura;
- *di breve durata*: azioni che agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura.

A seconda del sito ove sorge una costruzione, una medesima azione climatica può essere di lunga o di breve durata. Quando rilevante, nella valutazione dell'effetto delle azioni, è necessario tenere conto del comportamento dipendente dal tempo dei materiali, come ad esempio nel caso della viscosità.

- c) *eccezionali* (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura, del tipo di:
- incendi;
  - esplosioni;
  - urti ed impatti.
- d) *sismiche* (E): azioni derivanti dai terremoti.

Le azioni permanenti sono di due tipi:

- 1) Permanenti strutturali ( $G_1, g_1$ );
- 2) Permanenti portati ( $G_2, g_2$ ).

I carichi permanenti strutturali sono valutati a partire dalle dimensioni geometriche delle membrature e dalla densità dei materiali. I valori di densità devono essere definiti a partire da fonti riconosciute o dalle indicazioni tabellari. Generalmente i carichi permanenti strutturali sono indicati con  $G_1$  o  $g_1$  a seconda se trattasi di carichi concentrati o unitari.

I carichi permanenti portati sono invece indicati con  $G_2$  o  $g_2$ , sempre in riferimento al fatto che siano concentrati o unitari.

Oltre ai carichi permanenti, le costruzioni sono soggette anche a carichi cosiddetti accidentali (o variabili). Anche in questo caso il D.M. dà una indicazione tabellare dell'entità nominale degli stessi in termini statistici.

Sempre in riferimento al fatto che si tratti o meno di grandezze assolute od unitarie le suindicate azioni, od effetti di azioni, vengono indicati con  $Q$  o  $q$ , ad eccezione di quelle sismiche che sono indicate con  $E$  (raramente si incontra  $e$ ). Spesso le variazioni di temperatura possono essere indicate con  $\Delta_T$ .

Tutti i tipi di carico vanno considerati applicati staticamente, salvo casi particolari in cui gli effetti dinamici devono essere debitamente valutati.

Oltre che nella situazione definitiva d'uso, si devono considerare le azioni agenti in tutte le fasi esecutive della costruzione.

Le NTC contemplano anche una generale prestazione di «robustezza» dell'opera strutturale considerando le seguenti indicazioni:

---

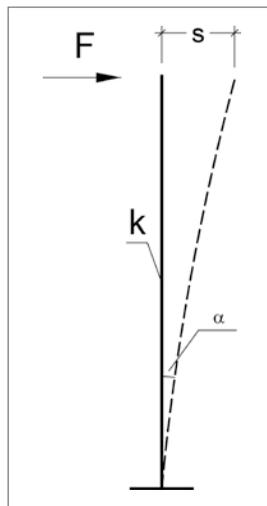
Un adeguato livello di robustezza, in relazione all'uso previsto della costruzione ed alle conseguenze di un suo eventuale collasso, può essere garantito facendo ricorso ad una o più tra le seguenti strategie di progettazione:

- a) progettazione della struttura in grado di resistere ad azioni eccezionali di carattere convenzionale, combinando valori nominali delle azioni eccezionali alle altre azioni esplicite di progetto;

## AZIONI SISMICHE

## 3.1. Concetti elementari

Si consideri l'asta di figura 3.1 incastrata alla base soggetta ad una azione orizzontale in sommità di entità  $F$ .



**Figura 3.1.** *Asta incastrata alla base con azione ortogonale all'estremo libero*

Sia  $H$  la sua altezza, il materiale abbia comportamento elastico-lineare. In tali condizioni è:

- $E$  = modulo di Young (o modulo elastico);
- $J$  = sezione con momento d'inerzia.

Inoltre vale la condizione:

$$F = k \cdot s \quad (3.1)$$

dove  $k$  rappresenta la rigidezza dell'asta<sup>1</sup> ed  $s$  lo spostamento orizzontale subito dall'asta a causa dell'azione orizzontale  $F$ .

Viceversa, se una *qualche causa esterna* produce in sommità dell'asta uno spostamento  $s$ , è possibile assimilare *quella causa* all'azione di una forza applicata in sommità di valore  $F$ , così determinabile:

$$k \cdot s = F$$

<sup>1</sup> Detta anche *rigidezza flessionale* per distinguerla da altri tipi di rigidezza.

Lo spostamento (detto anche freccia e indicato spesso con  $f$ ) è determinabile mediante la:

$$s = F H^3 / 3EJ \quad (3.2)$$

Ovvero dall'eguaglianza della 3.1 con la 3.2 si ha che la rigidezza  $k$  è:

$$k = F/s = F \cdot 3EJ / FH^3 = 3EJ/H^3 \quad (3.3)$$

la quale, come si vede, dipende da:

- materiale:  $E$ ;
- geometria:  $J$  e  $H$ ;
- schema statico: coefficiente numerico (in questo caso 3).

Allo stesso modo è noto che la rotazione all'incastro, a seguito dell'applicazione della forza  $F$  è:

$$\alpha = F H^2 / 2EJ \quad (3.4)$$

#### ESEMPIO 3.1

Determinare la forza  $F$  su di un'asta incastrata alla base, costituita da un profilato metallico HEA 200 di altezza pari a 3 m e soggetta ad uno spostamento orizzontale lungo la direzione  $x$  di 2 cm.

Si ha:

- $E = 2.100.000 \text{ daN/cm}^2$
- $J_x = 3.692 \text{ cm}^4$
- $k_x = 3 EJ/H^3 = 3 \cdot 2.100.000 \text{ daN/cm}^2 \cdot 3.692 \text{ cm}^4 / (300 \text{ cm})^3 \approx 861 \text{ daN/cm}$

La forza equivalente per spostare l'asta di 2 cm lungo  $x$  è:

$$F = 861 \text{ daN/cm} \cdot 2 \text{ cm} = 1.722 \text{ N}$$

Si immagini ora che l'asta sia una colonna incastrata al suolo e se ne osservi il comportamento della sua sommità a seguito di un evento sismico. Si supponga inoltre che in sommità della colonna sia collocato una massa  $M$  (figura 3.2).

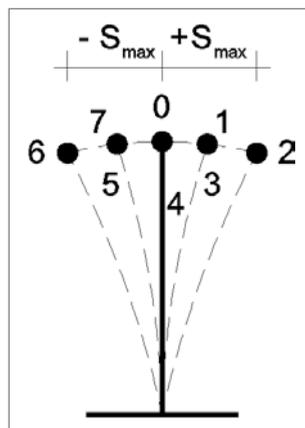


Figura 3.2. Oscillazioni di un'asta incastrata alla base con massa all'estremità

## SPETTRI DI RISPOSTA

### 4.1. Dallo spettro elastico di risposta allo spettro di progetto

Gli effetti delle azioni sismiche sulle strutture sono rappresentati da azioni statiche equivalenti. Il valore di dette azioni si ottiene a partire dai diagrammi di accelerazione spettrale definiti nel capitolo precedente. A tale scopo sono definiti degli spettri di progetto da adottare negli stati limite di esercizio (SLD, SLO) e ultimi (SLC, SLV), il cui simbolo è:  $S_d(T)$ .

Come verrà meglio indicato in seguito, per alcuni stati limite, lo spettro di progetto si ottiene a partire dallo spettro elastico e dividendo il valore delle ordinate del coefficiente  $q$ , definito fattore di struttura.

### 4.2. Il concetto di fattore di struttura

#### 4.2.1. Generalità operative

Dal punto di vista numerico il fattore di struttura  $q$  (detto anche «fattore di comportamento») è un valore maggiore di 1 che riduce le ordinate dello spettro elastico  $S_e(T)$  del coefficiente  $1/q$  come viene rappresentato indicativamente in figura 4.1 o anche, ad esempio, in figura 5.8.

Tale riduzione è valida fino ad un certo limite, infatti la norma specifica che in ogni caso il valore di  $S_d(T)$  deve comunque essere  $\geq 0,2 a_g$ .

In taluni casi può essere posto  $q = 1$ , in tal caso ci si riferisce ad un comportamento strutturale «non dissipativo», ed evidentemente esso non appone nessuna modifica numerica alla risposta di spettro elastico.

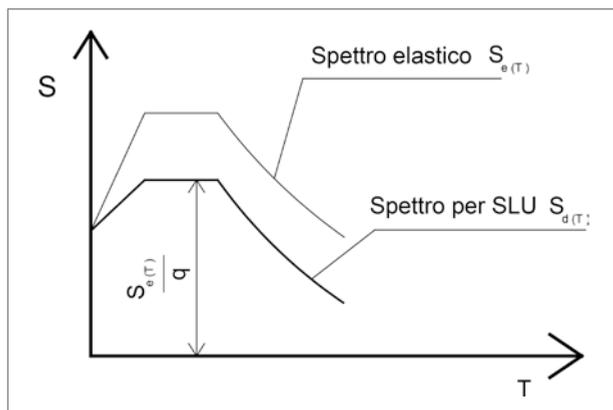


Figura 4.1. Spettro di risposta

#### 4.2.1.1. La duttilità

Per comprendere il concetto di fattore di struttura è necessario introdurre preliminarmente quello di *duttilità*. Si definisce *duttilità di un materiale* la sua capacità di sostenere deformazioni oltre il proprio limite di snervamento (limite elastico), senza apprezzabili diminuzioni di resistenza. Questo tipo di comportamento può essere diagrammato in termini di tensioni e deformazioni secondo una semplificazione ideale rappresentata in figura 4.2. Ovvero secondo un comportamento elasto-plastico.

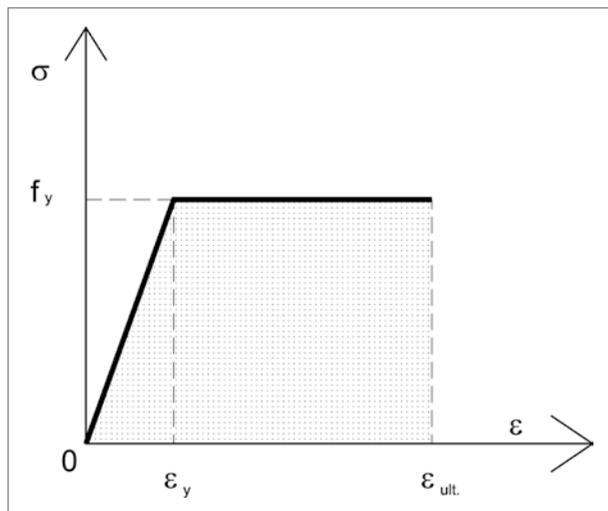


Figura 4.2. Materiale elasto-plastico

Al valore  $f_y$  viene generalmente dato il nome di *limite di snervamento*. Ad esso corrisponde la deformazione  $\epsilon_y$ , limite oltre il quale la capacità di deformarsi è caratterizzata dal tratto orizzontale (a tensione costante). Il valore  $\epsilon_{ult}$  è detto *limite plastico*, e rappresenta la deformazione ultima del materiale, al di là della quale avviene la rottura.

Per inciso l'area tratteggiata del diagramma rappresenta il *lavoro di deformazione* del materiale ovvero l'energia dissipata durante la deformazione nella sezione.

Il rapporto:

$$\mu = \epsilon_{ult} / \epsilon_y > 1 \quad (4.1)$$

è detto *fattore di duttilità* del materiale e rappresenta numericamente la «capacità di plasticizzazione», ovvero la capacità di estendere le deformazioni oltre il limite di snervamento. Più alto è il fattore di duttilità, più «lungo» è il tratto orizzontale del diagramma di figura 4.2.

In modo concettualmente analogo, se anziché riferirsi ad una singola sezione di una membratura, ci si riferisce alla struttura nel suo insieme (e tanto per fissare le idee si abbia una struttura elementare costituita da un'asta incastrata alla base di massa  $M$  in sommità), possiamo individuare la capacità ultima di spostamento  $\delta_{ult}$  prima del collasso, e metterla in rapporto con lo spostamento  $d_y$ , definito come limite di perdita di linearità (figura 4.3) della struttura stessa.

## ANALISI SISMICHE

### 5.1. Generalità

Le Norme Tecniche prevedono una serie di metodi di analisi sismiche delle strutture che si distinguono in:

- a) analisi lineare statica;
- b) analisi lineare dinamica (o analisi modale);
- c) analisi non lineare statica (o pushover);
- d) analisi non lineare dinamica;
- e) analisi mediante i meccanismi locali di collasso.

Nella pratica professionale corrente, anche in considerazione dei codici di calcolo diffusi commercialmente, attualmente trovano applicazione le analisi di tipo *a)*, *b)*, *c)* ed *e)*, mentre l'analisi non lineare dinamica è riservata a casi di studio che interessano prevalentemente la ricerca.

Analizzando i vocaboli relativi alla definizione del tipo di analisi appaiono le parole: «lineare», «statica» e «dinamica». Vediamo dunque di comprendere concettualmente il significato di queste.

Le «analisi lineari» (statiche o dinamiche) si fondano sul presupposto che il comportamento del modello che descrive la struttura (ad esempio lo schema di un telaio piano o tridimensionale) sia costituito da elementi composti da materiale a comportamento elastico-lineare. In tal senso, all'aumentare dei carichi aumentano proporzionalmente le sollecitazioni e gli spostamenti.

Con il metodo probabilistico agli stati limite, di cui si dirà nel prossimo capitolo, si accetta, tuttavia, la «contraddizione» che, in sede di verifica, la determinazione delle *resistenze* avvenga considerando che quello stesso materiale abbia comportamento *non lineare*, si pensi ad esempio al legame tensioni – deformazioni nel calcestruzzo armato (diagramma parabola – rettangolo).

Per quanto attiene invece alla qualifica di «statica» o «dinamica» dell'analisi, si riferisce al fatto che, il modello di applicazione delle azioni sismiche, derivi dalla soluzione di condizioni di equilibrio statico o dinamico.

Infine, le analisi condotte attraverso i *meccanismi locali di collasso* consistono nello scomporre un determinato complesso strutturale attraverso un insieme di macroelementi per i quali vengono effettuate le verifiche di equilibrio sotto le azioni sismiche. Il metodo viene utilizzato per i casi in cui non sia attivabile e/o attendibile una analisi degli altri tipi (ad esempio per complessi edifici storici e monumentali, o porzioni di essi).

In generale la valutazione dei meccanismi locali di collasso può essere considerata anche quando la costruzione non manifesta un chiaro comportamento d'insieme, ma piuttosto tende a reagire al sisma come un insieme di sottosistemi più o meno indipendenti. In tali casi la verifica globale può essere effettuata attraverso un insieme esaustivo di verifiche locali, purché la totalità delle forze sismiche sia coerentemente ripartita sui meccanismi locali considerati e si tenga conto delle forze scambiate tra i sottosistemi strutturali considerati, oppure che le azioni sismiche siano computate con metodi di calcolo codificati esplicitamente previsti per le analisi dei sottosistemi.

## 5.2. Effetti delle non linearità geometriche

In generale vi possono essere due tipi di non linearità:

- a) non linearità del comportamento dei materiali;
- b) non linearità geometriche.

Le prime possono essere rappresentate, ad esempio, attraverso diagrammi tensioni-deformazioni del tipo parabola-rettangolo come il già citato caso del calcestruzzo armato.

Le non linearità geometriche derivano, invece, dal fatto che, a seguito dell'applicazione di azioni, il modello statico assuma una diversa configurazione per la quale le equazioni che descrivono l'equilibrio del sistema non deformato non sono più valide nella configurazione sotto carico.

Le non linearità geometriche sono prese in conto attraverso il fattore  $\theta$  che, in assenza di analisi più approfondite, è definito dalla seguente espressione:

$$\theta = \frac{P \cdot d_{Er}}{V \cdot h} \quad (5.1)$$

dove:

- $P$  è il carico verticale totale dovuto all'orizzontamento in esame e alla struttura ad esso sovrastante;
- $d_E$  è lo spostamento orizzontale medio d'interpiano allo SLV, ottenuto come differenza tra lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento considerato e lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento immediatamente sottostante;
- $V$  è la forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame, derivante dall'analisi lineare con fattore di comportamento  $q$ ;
- $h$  è la distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.

Gli effetti delle non linearità geometriche possono essere trascurati, quando:

$$\theta < 0,1 \quad (5.2)$$

Quando:

$$0,1 \leq \theta \leq 0,2 \quad (5.3)$$

gli effetti della non linearità possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a:

$$\frac{1}{1-\theta} \quad (5.4)$$

Nel caso in cui sia:

$$0,2 < \theta \leq 0,3 \quad (5.5)$$

gli effetti devono essere valutati attraverso una analisi di tipo non lineare.

Il valore di  $q$  non potrà comunque superare il valore di 0,3.

Come è stato precedentemente indicato, la non linearità geometrica prende in considerazione l'equilibrio della configurazione deformata del sistema (analisi del secondo ordine).

Per chiarire questo concetto si supponga di avere una struttura semplice costituita da un'asta verticale incastrata alla base. Sulla sommità dell'asta siano agenti 2 forze:  $P$  di direzione vertica-

## METODO PROBABILISTICO AGLI STATI LIMITE

### 6.1. Considerazioni preliminari

Se consideriamo dal punto di vista *strutturale* l'azione del vento su di un albero (figura 6.1) ci accorgiamo che i termini della questione sono sostanzialmente tre:

- 1) Come schematizzare l'azione del vento?
- 2) Come schematizzare il «sistema strutturale albero»?
- 3) Come schematizzare la sua capacità di far fronte o meno all'azione del vento?

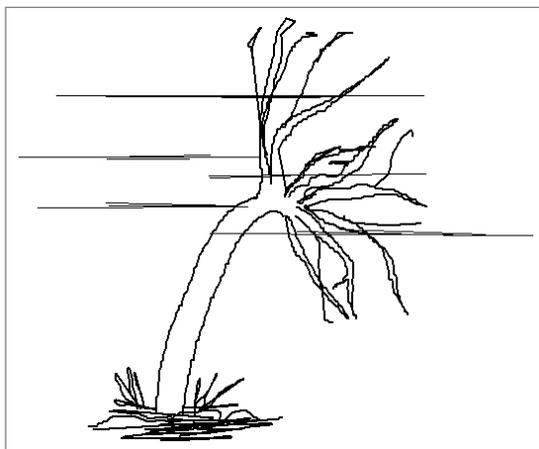


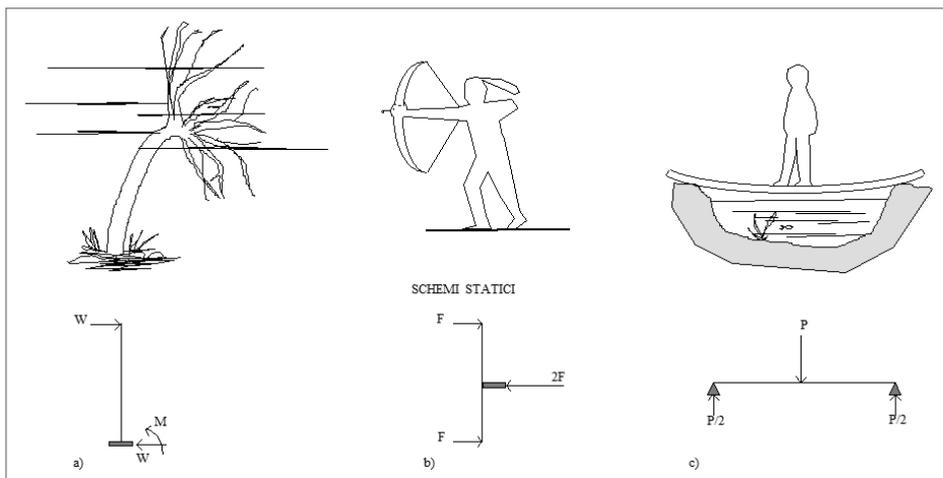
Figura 6.1. Esempio di struttura soggetta ad azioni

Per rispondere alla prima domanda si potrebbe pensare di elaborare una statistica dei venti caratteristici della zona in cui si trova l'albero e di assimilarne l'azione a delle forze agenti in un determinato modo. Occorrerebbe poi quantificare numericamente tali azioni e dunque effettuare delle misurazioni.

La seconda domanda ci pone di fronte la questione dello *schema statico*: ovvero di un modello che riassume le caratteristiche dei vincoli, dell'assimilazione del fusto ad un'asta più o meno rettilinea, della caratterizzazione del suolo su cui si innestano le radici, ecc..

Infine, e si arriva al terzo quesito, la capacità di far fronte all'azione del vento senza spezzarsi, dipenderà dalle caratteristiche del materiale: ci saranno legni più o meno duri, più o meno umidi, e via dicendo. Per avere un'idea della resistenza dei vari legnami occorrerà dunque fare delle prove sui diversi materiali.

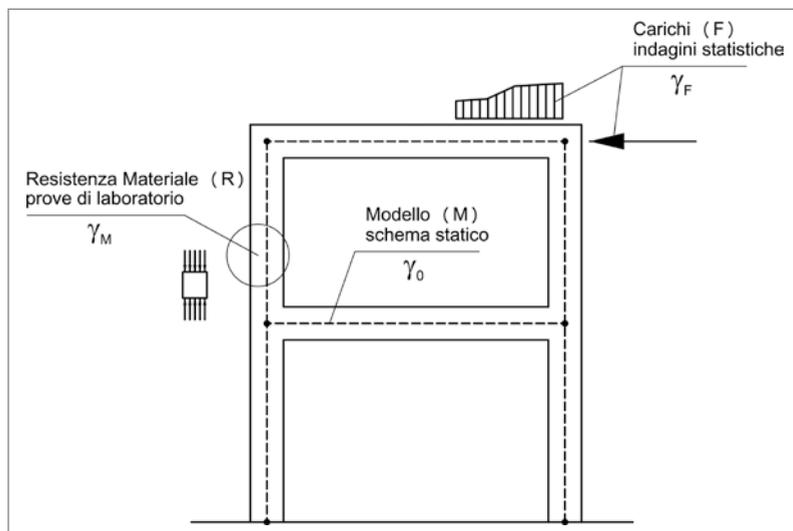
Ogni volta che ci troviamo di fronte a problemi del genere la sostanza della questione è sempre riconducibile ai termini di cui sopra (figura 6.2).



**Figura 6.2.** Alcuni problemi strutturali e relativi schemi statici

Se indichiamo con  $F$  gli effetti delle azioni esterne agenti sul modello  $M$  che rappresenta una struttura costituita da un materiale tale da garantire una capacità  $R$  di far fronte a tali effetti (figura 6.3), ci accorgiamo che tutte le schematizzazioni attuate per rappresentare la situazione reale sono sempre approssimate.

In sostanza riscontriamo che l'elaborazione delle misure che conducono a determinare  $F$  ed  $R$  sono di tipo statistico in quanto determinate da una certa probabilità di accadimento.



**Figura 6.3.** Il modello di calcolo

Per quanto concerne il modello strutturale  $M$ , o schema statico, occorre osservare che anch'esso sarà affetto da un certo grado di probabilità di rappresentare *più o meno* significativamente la

## TIPOLOGIE STRUTTURALI

### 7.1. Generalità

Le costruzioni devono essere dotate di sistemi strutturali che garantiscano rigidezza, resistenza e duttilità nei confronti delle due componenti orizzontali delle azioni sismiche, tra loro ortogonali. I sistemi strutturali sono composti di elementi strutturali primari ed eventuali elementi strutturali secondari. Agli elementi strutturali primari è affidata l'intera capacità antisismica del sistema; gli elementi strutturali secondari sono progettati per resistere ai soli carichi verticali.

### 7.2. Costruzioni in calcestruzzo armato

#### 7.2.1. Strutture a comportamento non dissipativo

Nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, la capacità delle membrature deve essere valutata in accordo con le regole stabilite dalle NTC per costruzioni in condizioni «non sismiche», ovvero contenute nel capitolo 4 del D.M. 17/01/2018. Non è necessario nessun requisito aggiuntivo, a condizione che in nessuna sezione si superi il momento resistente massimo in campo sostanzialmente elastico.

Per i nodi trave-pilastro di strutture a comportamento non dissipativo si devono applicare le regole di progetto relative alla CD «B».

Per le strutture prefabbricate a comportamento non dissipativo si devono applicare anche le regole generali contenute nel § 7.4.5 del D.M. 17/01/2018.

#### 7.2.2. Strutture a comportamento dissipativo

Nel caso di comportamento strutturale dissipativo, la struttura deve essere concepita e dimensionata in modo tale che, sotto l'azione sismica relativa allo SLV, essa dia luogo alla formazione di un meccanismo dissipativo stabile fino allo SLC, nel quale la dissipazione sia limitata alle zone a tal fine previste.

La capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui dal § 7.1 al § 7.3, integrate dalle regole di progettazione e di dettaglio fornite dal § 7.4.4 al § 7.4.6 del D.M. 17/01/2018.

Nel valutare la capacità, si può tener conto dell'effetto del confinamento (paragrafo 4.1.2.1.2.1 del D.M. 17/01/2018), purché si consideri la perdita dei copriferri al raggiungimento, in essi, della deformazione ultima di compressione del calcestruzzo non confinato (0,35%).

Al riguardo, nel valutare la capacità degli elementi strutturali, sono ammesse tre diverse strategie di progettazione:

- 1) si trascura l'effetto del confinamento;
- 2) si considera l'effetto del confinamento per tutti gli elementi strutturali;

- 3) si considera l'effetto del confinamento per tutti gli elementi verticali secondari e per le zone dissipative allo spiccato dalle fondazioni o dalla struttura scatolare rigida di base di cui al § 7.2.1 D.M. 17/01/2018 degli elementi primari verticali (pilastri e pareti).

Le strutture devono essere progettate in maniera tale che i fenomeni di degrado e riduzione di rigidità che si manifestano nelle zone dissipative non pregiudichino la stabilità globale della struttura.

Gli elementi non dissipativi delle strutture dissipative e i collegamenti tra le parti dissipative ed il resto della struttura devono possedere una capacità sufficiente a consentire lo sviluppo della plasticizzazione ciclica delle parti dissipative. Il rispetto delle presenti norme è volto a garantire tali principi. Se tamponature di muratura appositamente progettate come collaboranti costituiscono parte del sistema strutturale resistente al sisma, si raccomanda che la loro progettazione e realizzazione siano eseguite in accordo con documenti di comprovata validità.

### **7.2.3. Caratteristiche dei materiali**

#### **7.2.3.1. Conglomerato cementizio**

Non è ammesso l'uso di conglomerati di classe inferiore a C20/25 o LC20/22.

#### **7.2.3.2. Armature**

Per le strutture si deve utilizzare acciaio B450C. È consentito l'utilizzo di acciai di tipo B450A, con diametri compresi tra 5 e 10 mm, per le reti e i tralicci; se ne consente inoltre l'uso per l'armatura trasversale unicamente se è rispettata almeno una delle seguenti condizioni: elementi in cui è impedita la plasticizzazione mediante il rispetto del criterio di gerarchia delle resistenze, elementi secondari, strutture con comportamento non dissipativo.

### **7.2.4. Tipologie strutturali**

Le strutture sismo-resistenti in calcestruzzo armato previste dalle NTC 2018 possono essere classificate nelle seguenti tipologie:

- a) *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;
- b) *strutture a pareti*, nelle quali la resistenza alle azioni sia verticali che orizzontali è affidata principalmente a pareti aventi resistenza a taglio alla base  $\geq 65\%$  della resistenza a taglio totale; le pareti, a seconda della forma in pianta, si definiscono semplici o composte, a seconda della assenza o presenza di opportune «travi di accoppiamento» duttili distribuite in modo regolare lungo l'altezza, si definiscono singole o accoppiate;
- c) *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;
- d) *strutture a pendolo inverso*, nelle quali almeno il 50% della massa è nel terzo superiore dell'altezza della costruzione e nelle quali la dissipazione d'energia avviene alla base di un singolo elemento strutturale;

## EDIFICI ESISTENTI

### 8.1. Generalità

Gli interventi su edifici esistenti costituiscono un importante campo applicativa dell'applicazione professionale sulle costruzioni. In generale valgono i contenuti delle tematiche illustrate nei capitoli precedenti, soprattutto per quanto concerne le metodologie delle analisi strutturali illustrate al capitolo 5.

Per le nuove costruzioni l D.M. 17/01/2018 fa riferimento a specifiche regole di dettaglio nell'esecuzione dei nodi e queste disposizioni sono importanti in quanto, se eseguite in modo corretto e pedissequo, garantiscono alla struttura la duttilità necessaria per l'acquisizione dei fattori di struttura tabellari illustrati per le varie tipologie costruttive.

Tuttavia nel D.M. 17/01/2018 vi è un esplicito riferimento per il quale vengono escluse le limitazioni di altezza (ovviamente) e le prescrizioni sulla geometria e sui particolari costruttivi.

Per la valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi in costruzioni esistenti si devono tenere conto dei seguenti aspetti della costruzione:

- essa riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione;
- essa può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria.

Nella definizione dei modelli strutturali si dovrà considerare che sono conoscibili, con un livello di approfondimento che dipende dalla documentazione disponibile e dalla qualità ed estensione delle indagini strutturali che il progettista deciderà di svolgere. Queste ultime mireranno alla ricognizione di:

- geometrie degli elementi strutturali e architettonici;
- particolari costruttivi;
- proprietà meccaniche dei materiali e dei terreni;
- definizione dei carichi.

Si dovrà prevedere l'impiego di metodi di analisi e di verifica dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e l'uso di coefficienti legati ai «fattori di confidenza» che, nelle verifiche di sicurezza, modifichino i parametri di capacità in funzione del livello di conoscenza delle caratteristiche sopra elencate.

### 8.2. Classificazione degli interventi

Il D.M. 17/01/2018 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, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.3;
- c) interventi di adeguamento: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati paragrafo 8.4.

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.

### 8.3. Interventi di adeguamento

Le NTC rendono obbligatoria l'adozione di una procedura di *adeguamento* quando si verificano alcune circostanze chiaramente indicate nel decreto, ovvero 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).
- d) 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;
- e) 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;
- f) apportare modifiche di classe d'uso che conducano a costruzioni di classe III ad uso scolastico o di classe IV.

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 dovrà ottenere:

$$\zeta_E \geq 1 \quad (8.1)$$

Invece, nei casi c) ed e):

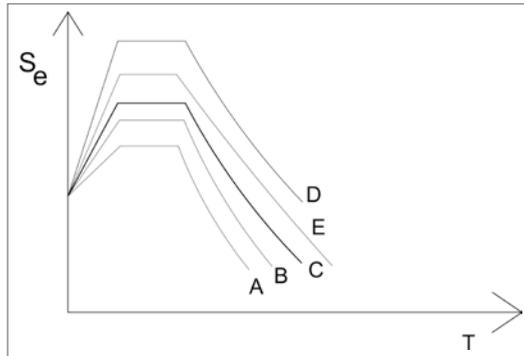
$$\zeta_E \geq 0,8 \quad (8.2)$$

## TERRENI E FONDAZIONI

### 9.1. Concetti base relativi alla risposta dei terreni

Nel capitolo 3 sono state indicate le disposizioni per la costruzione dei diagrammi dello spettro di risposta in accelerazione. In particolare, nella relazione (3.20) è stato introdotto il coefficiente di sottosuolo  $S_e$ , per la determinazione del quale si fa riferimento ad una classificazione dei terreni secondo la tabella 3.6.

Dal punto di vista qualitativo, l'influenza della categoria del sottosuolo (A, B, C, D, E), sullo spettro di risposta elastico è riportato in figura 9.1.



**Figura 9.1.** Influenza del sottosuolo nella risposta di spettro

Nella tabella 3.6, la classificazione del terreno risulta funzione delle caratteristiche di propagazione delle *onde di taglio* secondo una scala di velocità decrescente da sottosuolo A a sottosuolo E.

Nel modello di semispazio ideale (elastico, omogeneo ed isotropo), la propagazione delle onde avviene mediante tre tipologie (v. figura 9.2):

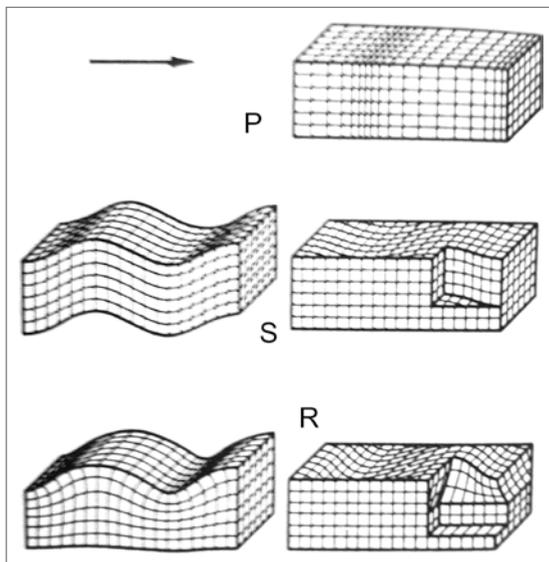
- Onde  $P$  (Push) di dilatazione (compressione e trazione);
- Onde  $S$  (Shear) secondarie di distorsione di taglio (moto trasversale rispetto alle precedenti);
- Onde  $R$  superficiali (di Raleigh) viaggianti in prossimità della superficie del sottosuolo su piani verticali (moto di componenti orizzontali e verticali).

La velocità delle onde  $S$  (da non confondere con il coefficiente di sottosuolo) è data da:

$$v_s = \sqrt{\frac{E}{\gamma} \frac{1}{2(1+\nu)}} \quad (9.1)$$

con:

- $E$  = modulo di elasticità del mezzo o modulo di Young (da non confondere con il simbolo delle categorie di sottosuolo);
- $\nu$  = modulo di Poisson;
- $\gamma$  = peso specifico.



**Figura 9.2.**  $P$  = onde longitudinali;  $S$  = onde di taglio;  $R$  = onde di Raleigh (Cestelli Guidi<sup>1</sup>)

In generale, dunque, la velocità delle onde è direttamente proporzionale al modulo di Young e il coefficiente correttivo  $S_S$ , rende conto di questo effetto, mentre  $S_T$  tiene in considerazione l'effetto di collocazione del sito su eventuali pendii.

In tabella 9.1 si riportano alcuni valori indicativi del modulo di elasticità  $E$ , per alcuni tipi di terreno.

**Tabella 9.1.** Valori del Modulo Elastico per alcuni tipi di terreno e rocce

Tipo	Modulo Elastico $E$ (daN/cm <sup>2</sup> )
Argilla compatta	100÷500
Argilla molto rigida	250÷2.000
Sabbia sciolta	150÷500
Sabbia densa	500÷1.200
Sabbia densa e ghiaia	900÷2.000
Arenaria	fino a 500.000
Gesso	50.000÷200.000
Calcere	250.000÷1.000.000

<sup>1</sup> Carlo Cestelli Guidi, *Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni*, Milano, Ulrico Hoepli, 1987.

## ELEMENTI NON STRUTTURALI

### 10.1. Elementi non strutturali ed elementi secondari

Per elementi costruttivi non strutturali s'intendono quelli con rigidezza, resistenza e massa tali da influenzare in maniera significativa la risposta strutturale e quelli che, pur non influenzando la risposta strutturale, sono ugualmente significativi ai fini della sicurezza e/o dell'incolumità delle persone. Ad esempio, possono rientrare in questa categoria gli elementi divisori interni degli edifici (tramezzature), le tamponature esterne, i decori (cornicioni), ecc..

Da gli elementi non strutturali vanno distinti gli elementi secondari, i quali, diversamente, assumono comunque una funzione statica anche se limitata. Infatti essi sono progettati per resistere ai soli carichi verticali e per seguire gli spostamenti della struttura senza perdere capacità portante. Nell'analisi della risposta sismica, la rigidezza e la resistenza alle azioni orizzontali degli elementi secondari, possono quindi essere trascurate.

### 10.2. Requisiti nei confronti degli stati limite

Al paragrafo 6.6.1 e in tabella 6.9 sono stati indicati i requisiti che gli elementi non strutturali (NS) debbono garantire nei confronti dei vari stati limite, ovvero in termini di stabilità (STA) e di spostamenti ( $q_{dr}$ ), in relazione alle classi d'uso degli edifici (v. anche tabella 10.1).

La verifica di stabilità (STA) consiste nell'adottare opportuni magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della sismica  $F_a$  corrispondente allo SL e alla CU considerati. Le modalità per la determinazione dell'azione sismica sono indicate al paragrafo 10.5.

Le condizioni di verifica in termini di spostamento sono state indicate al paragrafo 6.6.2.1. In sostanza si tratta di una verifica implicita che limita gli spostamenti interpiano (drift), dando garanzia del non danneggiamento dei tamponamenti.

**Tabella 10.1.** Verifiche degli elementi non strutturali in relazione agli stati limite

Stato limite	$C_U$ I	$C_U$ II	$C_U$ III	$C_U$ IV
SLO				
SLD	$q_{dr}$	$q_{dr}$	$q_{dr}$	$q_{dr}$
SLV		STA	STA	STA
SLC				

Nella definizione del modello, gli elementi non strutturali non appositamente progettati come collaboranti (quali tamponature e tramezzi) possono essere rappresentati unicamente in termini di massa; il loro contributo al comportamento del sistema strutturale in termini di rigidezza e resistenza sarà considerato solo qualora abbia effetti negativi ai fini della sicurezza.

Per quanto riguarda gli elementi secondari e i loro collegamenti essi devono essere progettati e dotati di dettagli costruttivi per sostenere i carichi gravitazionali, quando soggetti a spostamenti causati dalla più sfavorevole delle condizioni sismiche di progetto allo SLC.

Vi è da aggiungere che in nessun caso la scelta degli elementi da considerare secondari può determinare il passaggio da struttura «irregolare» a struttura «regolare» né il contributo totale alla rigidità ed alla resistenza sotto azioni orizzontali degli elementi secondari può superare il 15% dell'analogo contributo degli elementi primari.

### 10.3. Garanzie sulle verifiche di elementi non strutturali

La capacità degli elementi non strutturali, compresi gli eventuali elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare.

Il D.M. 17/01/2018 distingue due casi in relazione alle figure tecniche che debbono garantire la verifica del precedente capoverso:

- 1) Se l'elemento non strutturale è costruito in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda e progettare la capacità in accordo a formulazioni di comprovata validità ed è compito del direttore dei lavori verificarne la corretta esecuzione;
- 2) Se l'elemento non strutturale è assemblato in cantiere, è compito del progettista della struttura individuare la domanda, è compito del fornitore e/o dell'installatore fornire elementi e sistemi di collegamento di capacità adeguata ed è compito del direttore dei lavori verificarne il corretto assemblaggio.

### 10.4. Distribuzioni non regolari

Se la distribuzione degli elementi non strutturali è fortemente irregolare in pianta, gli effetti di tale irregolarità debbono essere valutati e tenuti in conto. Questo requisito si intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 2 l'eccentricità accidentale di cui al paragrafo 3.9.4.1.

Se la distribuzione degli elementi non strutturali è fortemente irregolare in altezza, deve essere considerata la possibilità di forti concentrazioni di danno ai livelli caratterizzati da significative riduzioni degli elementi non strutturali rispetto ai livelli adiacenti. Questo requisito s'intende soddisfatto qualora si incrementi di un fattore 1,4 la domanda sismica sugli elementi verticali (pilastri e pareti) dei livelli con significativa riduzione degli elementi non strutturali.

Questa disposizione, insieme ad altre contenute nel D.M. 17/01/2018<sup>1</sup>, mira a ridurre gli effetti del «piano debole» (o «piano soffice») causati da forti discontinuità nella distribuzione delle tamponature negli edifici ad ossatura (v. figura 10.1).

<sup>1</sup> Ad esempio: nelle regole di dettaglio per la disposizione delle armature nei pilastri in cui le tamponature adiacenti presentano forature; nei coefficienti amplificativi delle azioni sui pilastri dovuti alla «gerarchia delle resistenze» (cfr. anche paragrafo 4.4.3; nelle considerazioni sulla regolarità di edifici in altezza; ecc.

## IMPIANTI

### 11.1. Generalità

Nei «Principi Fondamentali» della progettazione, riportati al paragrafo 2.1 delle NTC sono contenute alcune disposizioni relative agli impianti che richiamano come i componenti, i sistemi e i prodotti edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza stabilite dalla norme stesse e di come la fornitura di componenti, sistemi o prodotti, impiegati per fini strutturali, debba essere accompagnata da un manuale di installazione e di manutenzione da allegare alla documentazione dell'opera. Al paragrafo 3.2.1 delle NTC sono inoltre prescritte le verifiche nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) di elementi strutturali, non strutturali e impianti.

Nel caso di progettazione e/o installazione antisismica degli impianti, essi vanno intesi come insieme di:

- a) impianto vero e proprio;
- b) dispositivi di alimentazione dell'impianto;
- c) collegamenti tra gli impianti e la struttura principale.

### 11.2. Responsabilità di installazione e progettazione

Nell'ambito delle responsabilità il D.M. 17/01/2018 distingue le seguenti figure:

- Produttore;
- Installatore;
- Progettista strutturale.

Al Produttore viene trasferita la responsabilità della progettazione antisismica degli impianti; all'Installatore la responsabilità degli elementi di alimentazione e dei collegamenti; infine, il Progettista delle strutture è responsabile della progettazione antisismica degli orizzontamenti, delle tamponature e dei tramezzi a cui si ancorano gli impianti.

Inoltre è compito del Progettista della struttura individuare la domanda, mentre è compito del Fornitore e/o dell'Installatore fornire impianti e sistemi di collegamento di capacità adeguata.

In tabella 11.1 sono riassunte le sopraindicate responsabilità.

**Tabella 11.1.** *Compiti e responsabilità delle figure tecniche*

Figura tecnica	Responsabilità
Produttore	Progettazione antisismica degli impianti

[segue]

Figura tecnica	Responsabilità
Installatore / Fornitore	Collegamenti ed elementi di alimentazione Fornisce in funzione della domanda richiesta e ne garantisce la capacità
Progettista delle strutture	Individua la domanda degli impianti È responsabile di tutte gli elementi (principali, secondari, solai, pareti, tramezzature, ecc.) in cui si ancorano gli impianti

La capacità dei diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, deve essere maggiore della domanda sismica corrispondente a ciascuno degli stati limite da considerare. Non ricadono nelle prescrizioni successive e richiedono uno specifico studio gli impianti che eccedano il 30% del carico permanente totale del campo di solaio su cui sono collocati o del pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui sono appesi o il 10% del carico permanente totale dell'intera struttura.

### 11.3. Determinazione della domanda

In generale per gli impianti si devono eseguire le verifiche di stabilità (STA) e di funzionalità (FUN) come indicati in tabella 6.9 e riassunti in tabella 11.2.

Le verifiche di tipo FUN comportano che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili all'effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo Stato limite e alla classe d'uso dell'edificio  $C_U$  considerati siano tali da non produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi.

Le verifiche di tipo STA comportano che per ciascuno degli impianti principali, i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, devono avere capacità sufficiente a sostenere la domanda corrispondente allo SL e alla  $C_U$  considerati.

Per le classi d'uso  $C_U$  III e  $C_U$  IV, nella categoria «impianti» ricadono anche gli «arredi fissi».

**Tabella 11.2.** Verifiche degli elementi impianti in relazione agli stati limite

Stato limite	$C_U$ I	$C_U$ II	$C_U$ III	$C_U$ IV
SLO			FUN	FUN
SLD				
SLV		STA	STA	STA
SLC				

In assenza di più accurate valutazioni, la domanda sismica agente per la presenza di un impianto sul pannello di tamponatura o di tramezzatura a cui l'impianto è appeso, si può assimilare ad un carico uniformemente distribuito  $q_s$  di intensità:

$$q_s = \frac{2 F_a}{A} \quad (11.1)$$

## IL SOFTWARE INCLUSO (WEBAPP)

### 12.1. Note sul software incluso

**WebApp** con aggiornamento automatico che riporta:

- Normativa nazionale e regionale di riferimento;
- Giurisprudenza in materia di progettazione strutturale antisismica aggiornata alle NTC 2018 di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- F.A.Q. (risposte alle domande più frequenti);
- Quiz per la verifica dei concetti analizzati nella pubblicazione;
- Esempio di Dichiarazione di Prestazione DoP;
- Regolamento UE 305/2011.

### 12.2. Requisiti hardware e software

- Dispositivo con MS Windows, Mac OS X, Linux, iOS o Android;
- Adobe Reader 11.0+;
- Accesso ad internet e browser web con *Javascript* attivo.

### 12.3. Richiesta della password di attivazione del software

- 1) Collegarsi al seguente indirizzo internet:

[https://www.grafill.it/pass/0022\\_8.php](https://www.grafill.it/pass/0022_8.php)

- 2) Inserire i codici “A” e “B” (vedi ultima pagina del volume) e cliccare su **[Continua]**;
- 3) **Per utenti registrati su [www.grafill.it](http://www.grafill.it)**: inserire i dati di accesso e cliccare su **[Accedi]**, accettare la licenza d’uso e cliccare su **[Continua]**;
- 4) **Per utenti non registrati su [www.grafill.it](http://www.grafill.it)**: cliccare su **[Iscriviti]**, compilare il form di registrazione e cliccare su **[Iscriviti]**, accettare la licenza d’uso e cliccare su **[Continua]**;
- 5) Un **link per il download del software** e la **password di attivazione** saranno inviati all’indirizzo e-mail inserito nel form di registrazione.

### 12.4. Utilizzo della WebApp

- 1) Registrare il prodotto ed attivare il software come indicato nei paragrafi precedenti;
- 2) Accedere al profilo utente su [www.grafill.it](http://www.grafill.it);
- 3) Cliccare sul pulsante **[G-CLOUD]**;
- 4) Cliccare sul pulsante **[Vai alla WebApp]** in corrispondenza del prodotto acquistato.

### 12.5. Assistenza tecnica (*TicketSystem*)

I prodotti **Grafill** sono coperti da assistenza tecnica gratuita per 365 giorni dall'acquisto. L'assistenza è prevista per l'installazione, l'avvio o la reinstallazione del prodotto (*non è prevista assistenza per il recupero dei dati*), se la configurazione hardware rispetta i requisiti richiesti.

---

L'assistenza **TicketSystem** è disponibile all'indirizzo <https://www.supporto.grafill.it>. Effettuare il login al **TicketSystem** utilizzando i dati del profilo utente di [www.grafill.it](http://www.grafill.it) ed aprire un ticket seguendo le istruzioni. La cronologia dei ticket resterà disponibile sulla schermata principale del **TicketSystem**.

---

