

Giuseppe Albano

COMMENTARIO ALLE NTC 2018 E CIRCOLARE APPLICATIVA

2^a edizione

Riveduta, ampliata e integralmente aggiornata con la Circolare 7/2019

 Legislazione Tecnica

© Copyright Legislazione Tecnica 2019

La riproduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo, nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.

Finito di stampare nel mese di settembre 2019 da

Press Up S.r.L. - Sede Legale: Via Catone, 6 - 00192 Roma (Rm)

Sede Operativa: Via Cassia Km 36,300 Zona Ind.le Settevene - 01036 Nepi (Vt)

Legislazione Tecnica S.r.L.

00144 Roma, Via dell'Architettura 16

Servizio Clienti

Tel. 06/5921743 - Fax 06/5921068

servizio.clienti@legislazionetecnica.it

Portale informativo: www.legislazionetecnica.it

Shop: ltshop.legislazionetecnica.it

I contenuti e le soluzioni tecniche proposte sono espressioni dell'esperienza maturata nel corso degli anni dagli Autori. Esse possono, quindi, soltanto essere fatte proprie dal lettore, o semplicemente rigettate, ed hanno l'intento di indirizzare e supportare il tecnico nella scelta della soluzione che maggiormente si adatta alla situazione oggetto di analisi. Rimane, pertanto, a carico del tecnico la selezione della soluzione da adottare. Il lettore utilizza il contenuto del testo a proprio rischio, ritenendo indenne l'Editore e gli Autori da qualsiasi pretesa risarcitoria.

*“Fare il meno possibile disturba la mente e
deteriora la Vita”.*

Jim Rohn

*“Fai il primo passo con fede.
Non devi vedere tutta la scala.
Fai solo il primo passo”.*

Martin Luther King Jr.

*“Il pericolo più grande per la maggior parte di noi
non è che la nostra mira è troppo elevata e
non la raggiungiamo, ma che è troppo bassa
e la raggiungiamo”.*

Michelangelo

*“Esiste una scienza dell'arricchimento,
ed è una scienza esatta,
come l'algebra o l'aritmetica”.*

Wallace D. Wattles

A Carmen
A Rebecca
A Pier Giuseppe
A Sara

PREFAZIONE

Lo scopo della presente pubblicazione è quello di analizzare nel dettaglio, per quanto possibile, il nuovo D.M. 17/01/2018 pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018, n. 42, Suppl. Ord. n. 8, coordinandolo con le indicazioni applicative derivanti dalla successiva Circolare 21/01/2019, n. 7, a sua volta pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale del 11/02/2019, n. 35, Suppl. Ord. n. 5.

Il Capitolo 1 “*Azioni sulle strutture*” analizza le tipologie di azioni che possono agire su un fabbricato, dalle azioni elementari alle categorie di carichi verticali, distinti per pesi propri e variabili. Al fine della valutazione dell’analisi dei carichi è di aiuto la fornita tabella dei pesi dell’unità di volume sui principali materiali strutturali. Per i sovraccarichi sono considerati anche quelli per balaustre e ringhiere o pareti. Particolare attenzione è dedicata alle azioni sismiche con i relativi parametri per la sua determinazione: periodo di riferimento, vita nominale, classi d’uso, coefficiente d’uso, categorie di sottosuolo, spettri di risposta elastici. Gli esempi di calcolo dell’azione tellurica affrontano tutti i passi necessari alla definizione dei parametri sismici. Interessanti sono i paragoni di calcolo dell’azione sismica tra diverse situazioni considerate al variare di vita nominale, categoria suolo, categoria topografica, regolarità in altezza che sono condensati nelle considerazioni finali, riportanti gli incrementi percentuali tra le varie situazioni considerate. Il capitolo continua ad analizzare l’azione del vento e della neve, esplicitati in funzione delle regole riportate nelle NTC2018 e nella Circolare 7/2019.

Il Capitolo 2 “*Costruzioni di calcestruzzo*” affronta le tematiche delle verifiche agli SLU con definizione delle resistenze dei materiali, resistenze a sforzo normale e flessione, a taglio, punzonamento e torsione, mentre per gli SLE, le deformazioni, le vibrazioni, la fessurazione e la limitazione delle tensioni. Per quanto riguarda i dettagli costruttivi si raccolgono regole per travi e pilastri in termini di armature longitudinali, trasversali, copriferro e ancoraggio. Inoltre sono dedicati paragrafi ai solai in c.a. e in c.a.p. e al calcestruzzo a bassa percentuale di armatura.

Il Capitolo 3 “*Costruzioni di muratura*” analizza, con il primo paragrafo, descrizioni e caratteristiche degli elementi costituenti la muratura: elementi artificiali, elementi in pietra, malte. Sono riportate le proprietà meccaniche delle murature come la resistenza a compressione e a taglio. Il terzo paragrafo contiene le verifiche strutturali: principi generali, resistenze di progetto, verifiche agli SLU e SLE, verifiche semplificate.

La muratura armata è accennata con le relative caratteristiche delle armature. Il quinto paragrafo tratta della muratura confinata, nuovo tema introdotto dalle NTC2018.

Il Capitolo 4 “*Costruzioni di acciaio*” individua le caratteristiche meccaniche degli acciai utilizzabili. Oltre al paragrafo sulla valutazione della sicurezza sono presenti anche quello relativo all’analisi delle strutture in acciaio con la classificazione e la resistenza delle sezioni e quello sulle deformazioni e imperfezioni legate alle strutture stesse. Si affrontano poi le verifiche agli SLU, le resistenze di progetto dei materiali, la stabilità delle membrature per aste compresse e travi inflesse, le verifiche agli SLE e le unioni bullonate e saldate.

Il Capitolo 5 “*Costruzioni di legno*” analizza le classi di durata dei carichi, le resistenze di progetto e le classi di resistenza del legno lamellare incollato e massiccio incollato. Analogamente agli altri paragrafi sono trattati gli Stati Limite di Esercizio e gli Stati Limite Ultimi. Per gli SLU in particolare si esamina la trazione e la compressione parallela e perpendicolare alla fibratura, la compressione inclinata rispetto alla fibratura, la flessione, la tenso-flessione, la presso-flessione, il taglio e la torsione. Infine si osservano le verifiche di stabilità e i collegamenti tra i vari elementi strutturali.

Il Capitolo 6 “*Progettazione sismica*” è indirizzato ai principi di progettazione antisismica, alla regolarità in pianta ed elevazione, alla distanza tra costruzioni ed all’altezza massima degli edifici. Nel paragrafo “*sistemi strutturali*”, ove sono descritti i sistemi dissipativi o non dissipativi, sono contemplati i requisiti delle fondazioni superficiali e su pali con esempio di calcolo, grafici e tabelle di armature minime per travi rovesce e platee. Il paragrafo “*modellazione strutturale*” precede quello sui metodi di analisi lineare e non lineare e particolare attenzione è riportata per il fattore di comportamento strutturale. Tra i metodi di analisi e verifica si affrontano la lineare dinamica e la lineare statica. Si analizzano gli SLU e gli SLE e dopo la parte generale della progettazione sismica l’opera prosegue esaminando le costruzioni di calcestruzzo riportando tipologie strutturali e fattori di comportamento, progetto e verifica delle membrature (travi, pilastri, nodi, diaframmi, pareti). Tra le verifiche vengono riportate la duttilità e la verifica di resistenza per ogni categoria strutturale. I dettagli esecutivi completano la trattazione, in zona sismica, del capitolo 2 per opere non in zona sismica. Il paragrafo 6.8 “*Costruzioni in muratura*” contiene le regole generali di progettazione con materiali e fattori di struttura, criteri di progetto e requisiti geometrici, analisi lineare dinamica e non lineare, analizzando inoltre le murature ordinarie, le murature confinate e le

strutture miste. Anche in questo caso hanno particolare rilevanza i dettagli costruttivi. Per quanto riguarda le costruzioni di acciaio in zona sismica oltre alla definizione dei materiali utilizzabili, vengono riportati i fattori di comportamento, le tipologie strutturali e le regole generali per elementi dissipativi. Sono infine trattate le costruzioni di legno: materiali, fattori di comportamento, principi e regole di dettaglio.

Il Capitolo 7 “*Costruzioni esistenti*” introduce considerazioni di natura generale e prosegue con la valutazione della sicurezza per opere esistenti e la classificazione degli interventi. Il quarto paragrafo riporta i modelli di riferimento per le analisi di strutture esistenti. Questi si distinguono in analisi storico-critica, rilievo (costruzioni in muratura, in acciaio e c.a., strutture in legno) e analisi dei materiali distinte per tipologie strutturali. Viene fornita una disamina degli interventi di rinforzo su murature distinte in consolidamento con iniezioni, con intonaco armato, con diatoni o tirantini, ristilatura armata per terminare con l'analisi dei materiali in c.a. o acciaio e in legno. Molto importanti sono i livelli di conoscenza, i fattori di confidenza e gli interventi in zona sismica distinti per tipologie: muratura, c.a. o acciaio. A conclusione del capitolo vengono riportati una serie di criteri e tipi di intervento.

Settembre 2019

Dott. Ing. Giuseppe Albano

RINGRAZIAMENTI

Questa nuova edizione del volume, ampliata e migliorata, completa la trattazione sulle NTC2018 e sulla relativa Circolare 7/2019.

Avere la possibilità di tenere tra le mani un nuovo libro genera una sensazione di profondissima contentezza legata strettamente al miglioramento dell'autostima. È un lavoro complesso e non sempre facile. Complessità che si sgretola quando la tua nuova creatura si presenta in questa veste.

I miei ringraziamenti vanno solo è soltanto a te, che hai deciso con l'acquisto del presente testo di continuare un difficile sentiero, quello dell'ingegneria strutturale ed antisismica. Una strada, come entrambi sappiamo, molto bella e ricchissima di responsabilità, ma allo stesso tempo, assolutamente colmante di orgoglio ed amore per le strutture.

Sarei onorato di ricevere un tuo feedback al mio indirizzo personale, g.albano@calcolostrutture.com, ove potrai esprimere dubbi ed incertezze o semplicemente rendermi partecipe delle tue considerazioni.

Giuseppe Albano
www.calcolostrutture.com
 **calcolo
strutture**
SOCIETÀ DI INGEGNERIA

INDICE

CAPITOLO 1 - Azioni sulle strutture	17
1.1 Generalità	17
1.2 Azioni elementari	17
1.3 Combinazione delle azioni	19
1.4 Pesì per unità di volume	20
1.5 Carichi permanenti non strutturali	22
1.6 Sovraccarichi	23
1.7 Azione sismica	28
1.7.1 Periodo di riferimento	28
1.7.2 Vita nominale di una struttura	29
1.7.3 Classi d'uso	32
1.7.4 Coefficiente d'uso	33
1.7.5 Valutazione del periodo di riferimento VR	33
1.7.6 Calcolo dell'azione sismica	35
1.7.6.1 Premessa	35
1.7.6.2 Stati limite ultimi	37
1.7.6.3 Stati limite di esercizio	37
1.7.6.4 Probabilità di superamento nel periodo di riferimento	38
1.7.6.5 Categorie di sottosuolo	41
1.7.6.6 Spettro di risposta elastico in accelerazione	44
1.7.6.7 Velocità e spostamento orizzontale del terreno	48
1.7.6.8 Spettri di risposta di progetto per SLD, SLV e SLC	48
1.7.6.9 Spettri di risposta di progetto per SLO	49
1.8 Esempi di calcolo dell'azione sismica	49
1.8.1 Caso 1	50
1.8.1.1 Individuazione della pericolosità del sito di costruzione	50
1.8.1.2 Individuazione dei parametri di progettazione sismica	52
1.8.1.3 Individuazione dell'azione sismica di progetto	56
1.8.2 Caso 2	59
1.8.2.1 Individuazione dei parametri di progettazione sismica	59
1.8.2.2 Individuazione dell'azione sismica di progetto	61
1.8.2.3 Confronto tra Caso 1 e Caso 2	63

1.8.3 Caso 3	63
1.8.3.1 Individuazione dei parametri di progettazione sismica	63
1.8.3.2 Individuazione dell'azione sismica di progetto	64
1.8.3.3 Confronto tra Caso 1 e Caso 3	67
1.8.4 Caso 4	68
1.8.4.1 Individuazione dei parametri di progettazione sismica	68
1.8.4.2 Individuazione dell'azione sismica di progetto	69
1.8.4.3 Confronto tra Caso 1 e Caso 4	72
1.8.5 Caso 5	74
1.8.6 Caso 6	76
1.8.7 Caso 7	77
1.8.8 Caso 8	78
1.8.9 Considerazioni finali	79
1.9 Azione del vento	81
1.9.1 Pressione del vento	81
1.9.2 Pressione cinetica di riferimento	81
1.9.2.1 Velocità di riferimento	81
1.9.2.2 Velocità base di riferimento	82
1.9.3 Coefficiente di esposizione	84
1.9.4 Coefficiente di pressione	87
1.9.4.1 Generalità	87
1.9.4.2 Edifici a pianta rettangolare	88
1.9.4.2.1 Pareti verticali	88
1.9.4.2.2 Coperture piane	91
1.9.4.2.3 Coperture a falda singola	93
1.9.4.2.4 Coperture a falda doppia	96
1.9.4.2.5 Coperture a padiglione	100
1.9.4.3 Tettoie	101
1.9.4.3.1 Tettoie a falda singola	102
1.9.4.3.2 Tettoie a falda doppia	103
1.9.4.4 Pressioni interne	105
1.9.4.5 Coefficiente di attrito	105
1.9.5 Coefficiente dinamico	106
1.10 Azioni della neve	106
1.10.1 Carico neve	106
1.10.2 Carico neve al suolo q_{sk}	107

1.10.3	Coefficiente di forma delle coperture	111
1.10.3.1	<i>Copertura ad una falda</i>	112
1.10.3.2	<i>Copertura a doppia falda</i>	114
1.10.3.3	<i>Copertura adiacente o vicina a costruzioni più alte</i>	115
1.10.4	Coefficiente di esposizione	116
1.10.5	Coefficiente termico	117
CAPITOLO 2	- Costruzioni di calcestruzzo	119
2.1	Generalità	119
2.2	Verifiche agli SLU	120
2.2.1	Resistenze di calcolo dei materiali	120
2.2.1.1	<i>Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo</i> ...	121
2.2.1.2	<i>Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo</i>	121
2.2.1.3	<i>Resistenza di progetto dell'acciaio</i>	122
2.2.1.4	<i>Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo</i>	123
2.2.2	Resistenza a sforzo normale e flessione in elementi monodimensionali	124
2.2.3	Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglienti	126
2.2.3.1	<i>Elementi senza armature a taglio</i>	126
2.2.3.2	<i>Elementi con armature a taglio</i>	127
2.2.4	Verifica al punzonamento di lastre soggette a carichi concentrati .	128
2.2.5	Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti	129
2.2.6	Indicazioni specifiche relative a pilastri	130
2.2.7	Verifica dell'aderenza	131
2.3	Verifiche agli stati limite di esercizio	131
2.3.1	Stato limite di deformazione	132
2.3.2	Stato limite per vibrazioni	132
2.3.3	Stato limite di fessurazione	133
2.3.4	Stato limite di limitazione delle tensioni	136
2.4	Dettagli costruttivi	137
2.4.1	Travi	137
2.4.2	Pilastri	139
2.5	Norme ulteriori per i solai	140
2.5.1	Solai misti in c.a. e c.a.p. con blocchi in laterizio o cls	141
2.6	Calcestruzzo a bassa percentuale di armatura o non armato	142

CAPITOLO 3 - Costruzioni di muratura	145
3.1 Elementi resistenti in muratura	145
3.1.1 Elementi artificiali	145
3.1.2 Murature	147
3.1.3 Malte per murature	148
3.1.3.1 <i>Malte a prestazione garantita</i>	148
3.1.3.2 <i>Malte a composizione prescritta</i>	149
3.1.3.3 <i>Malte prodotte in cantiere</i>	150
3.2 Proprietà meccaniche	150
3.3 Verifiche strutturali	154
3.3.1 Principi generali	154
3.3.2 Resistenze di progetto	155
3.3.3 Verifiche agli stati limite ultimi	157
3.3.4 Verifiche agli stati limite di esercizio	161
3.3.5 Verifiche semplificate	161
3.4 Muratura armata	163
3.4.1 Caratteristiche delle armature	163
3.5 Muratura confinata	164
CAPITOLO 4 - Costruzioni di acciaio	165
4.1 Materiali	165
4.2 Valutazione della sicurezza	167
4.3 Analisi strutturale	168
4.3.1 Classificazione delle sezioni	168
4.3.2 Resistenza sezioni e metodi di analisi	171
4.3.3 Deformazioni e imperfezioni	172
4.4 Verifiche	173
4.4.1 Verifiche agli stati limite ultimi	173
4.4.1.1 <i>Resistenza di progetto</i>	173
4.4.1.2 <i>Resistenza delle membrature</i>	174
4.4.1.3 <i>Stabilità delle membrature</i>	176
4.4.1.4 <i>Altri stati limite ultimi</i>	181
4.4.2 Verifiche agli stati limite di esercizio	182
4.4.2.1 <i>Generalità</i>	182
4.4.2.2 <i>Spostamenti verticali</i>	182
4.4.2.3 <i>Spostamenti laterali</i>	184

4.4.2.4 Stato limite di vibrazioni	185
4.5 Cenni sulle unioni	185
4.5.1 Unioni con bulloni, chiodi e perni	186
4.5.2 Unioni saldate	190
4.6 Requisiti	190
CAPITOLO 5 - Costruzioni di legno	193
5.1 Classi di durata del carico e di servizio	193
5.2 Resistenze di progetto	195
5.3 Classi di resistenza	199
5.3.1 Legno lamellare incollato	199
5.3.2 Legno massiccio incollato	201
5.4 Stati limite di esercizio	201
5.5 Stati limite ultimi	204
5.5.1 Generalità	204
5.5.2 Verifiche di resistenza	204
5.5.3 Trazione parallela alla fibratura	205
5.5.4 Trazione perpendicolare alla fibratura	206
5.5.5 Compressione parallela alla fibratura	206
5.5.6 Compressione perpendicolare alla fibratura	206
5.5.7 Compressione inclinata rispetto alla fibratura	207
5.5.8 Flessione	207
5.5.9 Tenso-flessione	208
5.5.10 Presso-flessione	208
5.5.11 Taglio	209
5.5.12 Torsione	210
5.5.13 Taglio e torsione	210
5.5.14 Verifiche di stabilità	210
5.5.14.1 Elementi inflessi (instabilità di trave)	211
5.5.14.2 Elementi compressi (instabilità di colonna)	212
5.6 Collegamenti	213
CAPITOLO 6 - Progettazione sismica	215
6.1 Principi di progettazione antisismica	215
6.1.1 Generalità	215
6.1.2 Regolarità in pianta degli edifici	217

6.1.3	Regolarità in elevazione degli edifici	218
6.1.4	Distanza tra costruzioni	219
6.1.5	Altezza massima e limitazione dell'altezza degli edifici	220
6.2	Sistemi strutturali	221
6.2.1	Requisiti delle fondazioni	225
6.2.1.1	<i>Fondazioni superficiali</i>	225
6.2.1.2	<i>Fondazioni su pali</i>	230
6.2.1.2.1	Zone dissipative	230
6.3	Modellazione strutturale	231
6.3.1	Modellazione della struttura	232
6.4	Metodi di analisi	232
6.5	Fattore di comportamento	233
6.6	Metodi di analisi e di verifica	236
6.6.1	Analisi lineare dinamica	236
6.6.2	Analisi lineare statica	238
6.6.3	Criteri di verifica agli stati limite	239
6.7	Costruzioni di calcestruzzo	242
6.7.1	Generalità	242
6.7.2	Tipologie strutturali e fattori di comportamento	243
6.7.3	Progetto e verifica degli elementi strutturali	247
6.7.3.1	<i>Travi di elevazione</i>	247
6.7.3.1.1	Verifiche di resistenza (RES)	247
6.7.3.1.2	Verifiche di duttilità (DUT)	250
6.7.3.2	<i>Pilastri</i>	251
6.7.3.2.1	Verifiche di resistenza (RES)	251
6.7.3.2.1.1	Verifiche di resistenza	253
6.7.3.2.2	Verifiche di duttilità (DUT)	254
6.7.3.3	<i>Nodi trave-pilastro</i>	255
6.7.3.3.1	Verifiche di resistenza (RES)	255
6.7.3.4	<i>Diaframmi orizzontali</i>	257
6.7.3.5	<i>Pareti</i>	257
6.7.3.5.1	Verifiche di resistenza (RES)	258
6.7.3.5.2	Verifiche di duttilità (DUT)	260
6.7.4	Dettagli esecutivi	261
6.7.4.1	<i>Travi</i>	261
6.7.4.1.1	Limitazioni geometriche	261

6.7.4.1.2	Limitazioni di armature longitudinali	263
6.7.4.1.3	Limitazioni di armature trasversali	264
6.7.4.2	<i>Pilastrì</i>	265
6.7.4.2.1	Limitazioni geometriche	265
6.7.4.2.2	Limitazioni di armature	266
6.7.4.3	<i>Nodi travi-pilastrì</i>	268
6.7.4.3.1	Limitazioni geometriche	268
6.7.4.3.2	Limitazioni di armature	268
6.7.4.4	<i>Pareti</i>	269
6.7.4.4.1	Limitazioni geometriche	269
6.8	Costruzioni di muratura	269
6.8.1	Regole generali	269
6.8.1.1	<i>Generalità</i>	269
6.8.1.2	<i>Materiali e fattori di struttura</i>	271
6.8.1.3	<i>Criteri di progetto e requisiti geometrici</i>	274
6.8.1.4	<i>Metodi di analisi</i>	275
6.8.1.4.1	Analisi lineare statica	275
6.8.1.4.2	Analisi dinamica modale	276
6.8.1.4.3	Analisi statica non lineare	276
6.8.1.4.4	Analisi dinamica non lineare	277
6.8.1.5	<i>Verifiche di sicurezza</i>	277
6.8.2	Muratura ordinaria	280
6.8.2.1	<i>Generalità</i>	280
6.8.2.2	<i>Verifiche di sicurezza</i>	281
6.8.3	Costruzioni in muratura confinata	282
6.8.4	Strutture miste	283
6.8.5	Regole di dettaglio	284
6.8.5.1	<i>Murature ordinarie</i>	284
6.8.5.2	<i>Murature armate</i>	285
6.8.5.3	<i>Murature confinate</i>	285
6.9	Costruzioni di acciaio	286
6.9.1	Materiali	286
6.9.2	Tipologie strutturali e fattori di comportamento	287
6.9.3	Regole generali per elementi dissipativi	291
6.9.3.1	<i>Verifiche di resistenza (RES)</i>	291
6.9.3.2	<i>Verifiche di duttilità (DUT)</i>	292

6.10 Costruzioni di legno	293
6.10.1 Generalità	293
6.10.2 Materiali	294
6.10.3 Tipologie strutturali e fattori di comportamento	294
6.10.4 Principi e regole di dettaglio	295
CAPITOLO 7 - Costruzioni esistenti	297
7.0 Criteri generali	297
7.1 Generalità	299
7.2 Sicurezza delle strutture esistenti	300
7.2.1 Valutazione della sicurezza	302
7.3 Classificazione degli interventi	303
7.4 Modello di riferimento per le analisi	306
7.4.1 Analisi storico-critica	307
7.4.2 Rilievo	308
7.4.2.1 <i>Costruzioni in muratura</i>	308
7.4.2.2 <i>Costruzioni in calcestruzzo armato e acciaio</i>	309
7.4.2.3 <i>Costruzioni in legno</i>	311
7.4.3 Analisi dei materiali	311
7.4.3.1 <i>Murature</i>	311
7.4.3.2 <i>Calcestruzzo armato o acciaio</i>	317
7.4.3.3 <i>Legno</i>	319
7.4.4 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	320
7.4.4.1 <i>Murature</i>	321
7.4.4.2 <i>Calcestruzzo armato o acciaio</i>	322
7.5 Materiali	326
7.6 Interventi in zona sismica	326
7.6.1 Costruzioni in muratura	327
7.6.2 Costruzioni in c.a. o in acciaio	330
7.6.3 Criteri e tipi di intervento	331
7.7 Progetto d'intervento	332
Bibliografia e normativa essenziali	333
Indice delle tabelle	335
Indice delle figure	341
Indice analitico	345



**Pagine non disponibili
in anteprima**



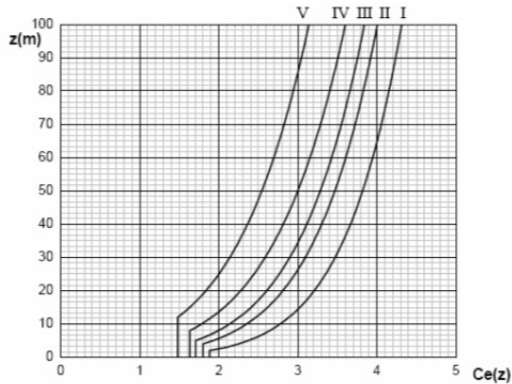


Figura 1.31 - Andamento del coefficiente di esposizione c_e in funzione dell'altezza sul suolo (per $c_t = 1$) (Fig. 3.3.3 NTC2018)

1.9.4 Coefficiente di pressione

1.9.4.1 Generalità

La Circolare 7/2019 fornisce, per costruzioni di forma regolare, tre tipologie di coefficienti di pressione, definiti anche coefficienti aerodinamici (§ C3.3.8 Circolare):

- *coefficienti globali c_{pe} , che possono essere utilizzati in tutti i casi in cui la rappresentazione delle azioni aerodinamiche del vento possa essere effettuata in maniera semplificata, rivolta alla valutazione delle azioni globali su porzioni estese di costruzioni o delle risultanti delle azioni indotte dal vento sugli elementi principali della struttura;*
- *coefficienti locali $c_{pe,10}$ consentono una rappresentazione più realistica dell'effettivo campo di pressione che si instaura sulle superfici delle costruzioni e che possono essere impiegati sia in alternativa ai coefficienti di pressione globali c_{pe} , sia per quantificare la pressione locale sugli elementi con area di incidenza maggiore o uguale a 10 m^2 ;*
- *coefficienti locali $c_{pe,1}$ che consentono la quantificazione della pressione locale su elementi di piccole dimensioni con un'area di incidenza minore o uguale a 1 m^2 (quali elementi di rivestimento ed i loro fissaggi)*”.

Qualora l'area di incidenza sia compresa fra 1 e 10 m^2 il coefficiente di pressione locale diventa:

$$c_{peA} = c_{pe,1} - (c_{pe,1} - c_{pe,10}) \log_{10}(A)$$

con:

A area dell'incidenza della pressione del vento.

1.9.4.2 Edifici a pianta rettangolare

In questo paragrafo si analizzeranno le valutazioni della Circolare 7/2019 relativamente agli edifici a pianta regolare con coperture piane, a falde, inclinate e curvilinee. Ove siano necessari approfondimenti è possibile fare riferimento all'Eurocodice 1 ed alle istruzioni CNR DT207.

1.9.4.2.1 Pareti verticali

I coefficienti globali c_{pe} per pareti verticali su edificio a base rettangolare sono indicati in Figura 1.32 e Tabella 1.35.

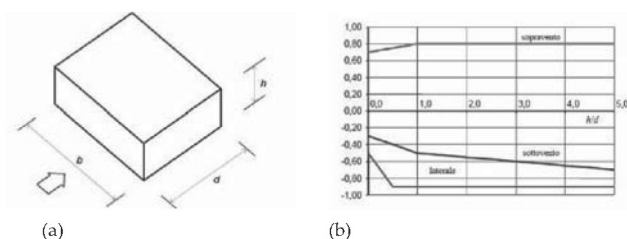


Figura 1.32 - a) Parametri caratteristici di edifici a pianta rettangolare, **b)** Edifici a pianta rettangolare: c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali (Figura C3.3.2 Circolare)

Tabella 1.35 - c_{pe} per facce sopravento, sottovento e laterali
(Tabella C3.3.1 Circolare)

Faccia sopravento	$C_U = 2,0$	$C_U = 1,5$
$h/d \leq 1: c_{pe} = 0,7 + 0,1 \cdot h/d$	$h/d \leq 0,5: c_{pe} = -0,5 - -0,8 \cdot h/d$	$h/d \leq 1: c_{pe} = -0,3 - 0,2 \cdot h/d$
$h/d > 1: c_{pe} = 0,8$	$h/d > 0,5: c_{pe} = -0,9$	$1 < h/d \leq 5: c_{pe} = -0,5 - 0,05 \cdot (h/d - 1)$

I coefficienti locali $c_{pe,10}$ e di dettaglio $c_{pe,1}$ per pareti verticali su edificio a base rettangolare sono indicati in Figura 1.33 e Tabella 1.36.

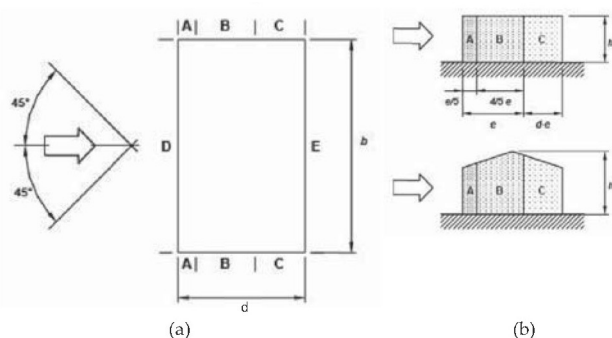


Figura 1.33 - a) Schema planimetrico di riferimento,
 b) Suddivisione delle pareti verticali di edificio a pianta rettangolare
 in zone di uguale pressione (prospetti laterali) (Figura C3.3.3 Circolare)

Tabella 1.36 - $C_{pe,10}$, $C_{pe,1}$ per facce sopravento, sottovento e laterali
 (Tabella C3.3.II Circolare)

Zona	A		B		C		D		E	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
h/d										
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
≤ 0,25	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	

Altezza di riferimento per faccia sopravento

La pressione del vento sulle pareti varia rispetto al massimo valore derivante dal picco del vento indisturbato, come in effetti si evince nella determinazione del coefficiente di esposizione di cui al § 1.9.3. Per questo motivo la Circolare 7/2019 sottolinea la necessità di “calcolare la pressione cinetica di picco in corrispondenza di un punto posto ad una quota detta di riferimento” ed indicato con \bar{z}_e .

Per edifici bassi, con $h \leq b$ l'altezza di riferimento è $\bar{z}_e = h$ e la pressione del vento risulta uniforme.

Per edifici alti, con $b < h \leq 5 \cdot d$, si individueranno due diverse zone. Nella prima parte e sino alla quota pari a b risulta $\bar{z}_e = b$ con pressione del vento costante mentre nella parte superiore con quota compresa fra b ed h , la quota di riferimento può essere scelta seguendo uno dei due criteri riportati in Figura 1.34.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



5.3.2 Legno massiccio incollato

Per la prima volta il legno massiccio incollato viene regolamentato dalla norma UNI EN 14080:2013. Con tale norma diventa obbligatorio, anche per il legno massiccio, la marcatura CE. La differenza fondamentale con il legno lamellare incollato è data dallo spessore delle lamelle maggiore di 45 mm per il massiccio. Le principali caratteristiche del legno massiccio sono:

- numero massimo delle lamelle: 5;
- spessore minimo delle lamelle: 45 mm;
- spessore massimo delle lamelle: 85 mm.

In Tabella 5.10 sono riportati i valori di resistenza e di rigidezza delle due classi di legno massiccio incollato.

Tabella 5.10 - Classi di resistenza massiccio incollato

Valori di resistenza in N/mm ²	Simbolo	Classe di resistenza	
		C 24	C 30
Flessione	$f_{m,0,k}$	24	30
Trazione nella direzione della fibratura	$f_{t,0,k}$	14	18
Trazione nella direzione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4
Compressione nella direzione della fibratura	$f_{c,0,k}$	21	23
Compressione nella direzione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2,5	2,7
Taglio	$f_{v,k}$	4,0	4,0
Valori di rigidezza in N/mm²			
Valore medio del modulo elastico a flessione parallela alla fibratura	$E_{m,0,mean}$	11,0	12,0
Valore caratteristico del modulo elastico a flessione parallela alla fibratura	$E_{m,0,k}$	7,4	8,0
Valore medio del modulo elastico a flessione perpendicolare alla fibratura	$E_{m,90,mean}$	0,37	0,40
Valore medio del modulo di taglio	G_{mean}	0,69	0,75
Densità in kg/m³			
Valore caratteristico della densità	ρ_k	350	380
Valore medio della densità	ρ_{mean}	420	460

5.4 STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Una struttura è soggetta a deformazioni che possono scaturire da effetti di:

- azioni esterne;
- stati di coazione;
- variazioni termiche;
- scorrimenti;
- variazioni di umidità;
- vibrazioni;
- fatica;
- collegamenti.

Tali deformazioni devono essere sempre contenute entro certi limiti al fine di contenere danni ai rivestimenti, agli impianti, ai divisori interni ed a tutte le finiture. Occorre che il progettista valuti le deformazioni istantanee e quelle a lungo termine.

La deformazione istantanea può valutarsi usando moduli elastici con valori medi per travi e pilastri e moduli elastici istantanei per i collegamenti.

La deformazione a lungo termine può essere valutata usando moduli elastici ridotti per membrature mediante il fattore:

$$\frac{1}{1 + k_{\text{def}}}$$

E moduli elastici di scorrimento dei collegamenti ridotti usando lo stesso fattore. k_{def} è un coefficiente che “*tiene conto dell’aumento della deformabilità con il tempo causato dall’effetto combinato della viscosità, dell’umidità del materiale e delle sue variazioni*”. I valori di k_{def} sono riportati nella Tabella 5.11.

Tabella 5.11 - k_{def} per legno e prodotti a base legno (Tab. 4.4.V NTC2018)

Materiale	Riferimento	Classe di servizio			
		1	2	3	
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	0,60	0,80	2,00	
Legno lamellare incollato *	UNI EN 14080	0,60	0,80	2,00	
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	0,60	0,80	2,00	
Compensato	UNI EN 636:2015		0,80	-	-
			0,80	1,00	-
			0,80	1,00	2,50
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	2,25	-	-
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25	-
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4	2,25	-	-
		Parte 5	2,25	3,00	-
		Parte 6	1,50	-	-
		Parte 7	1,50	2,25	-
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2:2005	HB.LA	2,25	-	-
		HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	-
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	-	-
		MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	-

segue

Materiale	Riferimento		Classe di servizio		
			1	2	3
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA	2,25	-	-
		MDF.HLS	2,25	3,00	-
Per materiale posto in opera con umidità prossima al punto di saturazione delle fibre, e che possa essere soggetto a essiccazione sotto carico, il valore di k_{def} dovrà, in assenza di idonei provvedimenti, essere aumentato a seguito di opportune valutazioni, sommando ai termini della tabella un valore comunque non inferiore a 2,0. Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme. * I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.					

Prendendo a riferimento la freccia di un elemento inflesso, intesa come la deformazione ortogonale all'asse dell'elemento, possiamo considerarla come data dalla somma della freccia dei soli permanenti, della freccia dei soli variabili, destraendo la eventuale contro-freccia.

Le NTC2018 raccomandano di limitare la freccia istantanea, quando sia opportuno, dovuta ai soli carichi variabili nella combinazione di carico rara ad $\frac{L}{300}$ con L luce della membratura, o doppia luce in caso di mensole.

Se occorre limitare la freccia finale, data dalla somma sopra menzionata, si raccomanda che essa sia inferiore ad $\frac{L}{200}$.

Il calcolo delle frecce può essere conseguito con metodologie di comprovata validità.

Il legno e i suoi derivati hanno un comportamento reologico. Da questo nasce la necessità, come confermato dalla Circolare 7/2019, di determinare sia la deformazione istantanea u_{inst} che la deformazione finale u_{fin} .

La deformazione istantanea si calcola considerando la combinazione caratteristica o rara ed utilizzando come moduli, di elasticità normale e tangenziale, dei valori medi.

In generale si può scrivere:

$$u_{fin} = u_{inst} + u_{dif}$$

con:

- u_{fin} deformazione finale;
- u_{inst} deformazione istantanea;
- u_{dif} deformazione differita.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



dove:

- T_1 periodo fondamentale della struttura in oggetto;
- M_{Rd} momento resistente o di capacità della parete;
- M_{Ed} momento di progetto o di domanda della parete.

6.7.4 Dettagli esecutivi

Nel presente paragrafo, a differenza di quello relativo ai dettagli esecutivi delle strutture non in zona sismica, si farà riferimento alle limitazioni geometriche e di armatura sia per quanto riguarda le travi che per i pilastri. Tali dettagli saranno relativi sia alle strutture in conglomerato cementizio armato gettato in opera che alle opere prefabbricate.

6.7.4.1 Travi

6.7.4.1.1 Limitazioni geometriche

1. $b \geq 20 \text{ cm}$ per travi ribassate (o rialzate)
2. $b = \min \left\{ \begin{array}{l} b_c + \frac{1}{2} h(sx) + \frac{1}{2} h(dx) \\ 2b_c \end{array} \right.$ per le travi a spessore

dove i simboli usati indicano:

- b larghezza della trave;
- h altezza della trave;
- b_c larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave.

L'espressione di sopra indica, come recita il D.M. 2018 (§ 7.4.6.1.1), che: *“La larghezza b della trave deve essere $\geq 20 \text{ cm}$ e, per le travi “a spessore di solaio”, deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte b_c , essendo b_c la larghezza del pilastro misurata ortogonalmente all'asse della trave”*.

Tale limitazione comporta, per i casi di consueta pratica professionale, la necessità assoluta di dover limitare la larghezza delle travi “a spessore” in funzione della larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave stessa.

Facendo un semplice esempio di una trave a spessore di altezza pari a 25 cm che incroci un pilastro di dimensioni 40x40 cm, applicando le relazioni si ottiene:

$$b = \min \begin{cases} b_c + \frac{1}{2}h(s_x) + \frac{1}{2}h(d_x) = 40 + \frac{1}{2} \cdot 25 + \frac{1}{2} \cdot 25 = 65 \text{ cm} \\ 2b_c = 2 \cdot 40 = 80 \text{ cm} \end{cases}$$

Pertanto, se si volesse adottare una trave a spessore, oltre che compromettere la possibilità di poter accedere alla classe di duttilità alta (CD“*A*”), essa dovrà avere una larghezza non superiore a 65 cm.

È fatto divieto di utilizzare travi a spessore di elevata larghezza che, nella pratica professionale, spesso hanno raggiunto ragguardevoli dimensioni fino a superare di diverse decine di centimetri il metro. Tali scelte genererebbero forti problemi di ingobbamento trasversale dovuti a tensioni tangenziali nascenti lungo il perimetro della sezione. È anche ovvio che l'uso indiscriminato di sezioni di travi aventi una larghezza superiore al metro non garantisce al 100% la migrazione delle sollecitazioni sismiche dalle travi ai pilastri, generando in testa a tali ultimi dei forti momenti torsionali con la conseguenza di scoppio dello strato di copriferro di calcestruzzo e il probabile prematuro collasso del nodo che dovrebbe, come si ricorda, arrivare a rottura dopo le travi e queste, per il criterio di gerarchia delle resistenze, possedere una garanzia al collasso di poco inferiore ai pilastri. In definitiva il collasso, che è sempre da scongiurare, deve seguire delle preferenze che si possono sintetizzare in ordine di raggiungimento in: solai >> travi >> pilastri >> nodi.

3. $\frac{b}{h} \geq 0,25$
4. Non deve esserci eccentricità tra l'asse delle travi che sostengono pilastri in falso e l'asse dei pilastri che le sostengono. Le travi devono avere almeno due supporti, costituiti da pilastri o pareti.
5. *“Le zone dissipative si estendono, per CD“*A*” e CD“*B*”, per una lunghezza pari rispettivamente a 1,5 e 1,0 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione. Per travi che sostengono un pilastro in falso, si assume una lunghezza pari a 2 volte l'altezza della sezione misurata da entrambe le facce del pilastro. Le pareti non possono appoggiarsi in falso su travi o solette” (§ 7.4.6.1.1 delle NTC2018).*

Tradotto in formule può scriversi, indicando con l_{cr} la lunghezza della zona critica, o zona dissipativa:

$$\begin{aligned} l_{cr} &= h && \text{per CD“*B*”;} \\ l_{cr} &= 1,5 \cdot h && \text{per CD“*A*”}. \end{aligned}$$



**Pagine non disponibili
in anteprima**



7.4.4 Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

La Circolare 7/2019 riporta una guida alla stima dei “*Fattori di Confidenza*” (FC) definiti facendo riferimento ai “*Livelli di Conoscenza*” (LC) secondo la Tabella 7.5.

Tabella 7.5 - Stima dei Fattori di Confidenza

Livello di Conoscenza (LC)	Operazioni effettuate	Fattore di Confidenza (FC)
LC1	Analisi storico-critica	1,35
	Rilievo geometrico completo	
	Indagini limitate dettagli costruttivi	
	Prove limitate sui materiali	
LC2	Analisi storico-critica	1,2
	Rilievo geometrico completo	
	Indagini estese dettagli costruttivi	
	Prove estese sui materiali	
LC3	Analisi storico-critica	1,0
	Rilievo geometrico accurato	
	Indagini esaustive dettagli costruttivi	
	Prove esaustive sui materiali	

Al fine di raggiungere un LC3 la “*disponibilità di un rilievo geometrico completo*” e “*l’acquisizione di una conoscenza esaustiva dei dettagli costruttivi*” sono da considerarsi equivalenti alla disponibilità di documenti progettuali originali, comunque da verificare opportunamente nella loro completezza e rispondenza alla situazione reale.

§ C8.5.4: “*Ci si può riferire alla documentazione in atti, qualora per essa siano stati adempiuti gli obblighi della L. 1086/71 o 64/74 e s.m.i., ma solo dopo adeguata giustificazione eventualmente integrata da indagini in opera. Per la caratterizzazione meccanica dei materiali si possono adottare, motivatamente, i valori caratteristici assunti nel progetto originario o quelli ridotti risultanti dalla documentazione disponibile sui materiali in opera. In questo caso i fattori di confidenza si assumono unitari*”.

Occorre ricordare un aspetto importante della Circolare 7/2019: le informazioni richieste allo scopo di raggiungere uno dei tre livelli di conoscenza previsti, sono solo a titolo orientativo.

7.4.4.1 Murature

Quando le murature sono riconducibili alle tipologie riportate dalla Circolare 7/2019 nelle Tabelle C8.5.I e C.8.5.II i valori medi dei parametri meccanici da usarsi per le verifiche strutturali sono indicati nella seguente Tabella 7.6.

Tabella 7.6 - Stima dei valori medi dei parametri meccanici

Livello di Conoscenza	Resistenze	Moduli elastici
LC1	Valori minimi Tabella C8.5.I	Valori minimi Tabella C8.5.I
LC2	Valori medi Tabella C8.5.I	Valori medi Tabella C8.5.I
LC3	Si veda dopo	Si veda dopo

Per LC3 i valori delle resistenze e dei moduli elastici riportati in Tabella C8.5.I costituiscono una distribuzione che la Circolare definisce a-priori. Tale distribuzione può essere aggiornata in funzione dei valori ottenuti dai risultati in sito. Supponendo che il generico parametro, appartenente alle resistenze o ai moduli elastici, sia individuato dalla lettera X, si può ottenere una stima dei parametri μ' e σ' della distribuzione a-priori che si può dedurre dai valori estremi minimo e massimo della Tabella C8.5.I, con le formule:

$$\mu' = \frac{1}{2}(X_{\min} + X_{\max})$$

$$\sigma' = \frac{1}{2}(X_{\max} - X_{\min})$$

Indicando con n il numero di prove dirette, l'aggiornamento del valore medio può essere dedotto, secondo la Circolare, dalla formula:

$$\mu'' = \frac{n\bar{X} + \kappa\mu'}{n + \kappa}$$

ove: