

# Indice

<b>Introduzione</b> .....	pag. 15
<b>1. La valutazione della sicurezza per gli edifici esistenti</b>	
1.1. La definizione di costruzione esistente .....	» 17
1.2. I criteri generali .....	» 18
1.2.1. Le tipologie strutturali sismo-resistenti.....	» 19
1.2.2. I telai tamponati.....	» 20
1.3. Le finalità della valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento o di miglioramento sismico .....	» 21
1.3.1. I presupposti per la valutazione .....	» 22
1.3.2. La valutazione nei casi di interventi strutturali di miglioramento o di adeguamento .....	» 23
1.3.3. Il livello di sicurezza .....	» 24
1.3.4. Il ricorso ai soli SLU per la valutazione della sicurezza.....	» 25
1.3.4.1. Le azioni da considerare .....	» 26
1.3.5. L'obbligatorietà delle indagini strutturali .....	» 26
1.3.5.1. La caratterizzazione meccanica dei materiali .....	» 27
1.3.6. I danni strutturali causati dalle azioni sismiche.....	» 27
1.3.6.1. Le cause di collasso.....	» 28
1.3.7. I crolli di edifici non dovuti ad azioni sismiche .....	» 30
1.3.7.1. Le carenze indagini geotecniche .....	» 32
1.3.7.2. Gli edifici costruiti prima della legge sismica.....	» 33
1.3.7.2.1. La ripresa dei lavori dopo prolungata sospensione dei lavori .....	» 34
1.3.7.2.2. L'impiego di acciai con caratteristiche diverse .....	» 34
1.4. La verifica della regolarità strutturale .....	» 35
1.4.1. La regolarità in pianta .....	» 35
1.4.1.1. Le irregolarità in pianta.....	» 36
1.4.1.2. Gli effetti negativi nelle strutture irregolari e torsodeformabili .....	» 37
1.4.1.2.1. L'eccentricità tra il baricentro delle masse e il baricentro delle rigidezze .....	» 41
1.4.1.3. Gli interventi correttivi della irregolarità strutturale .....	» 42
1.4.2. La regolarità in altezza.....	» 44
1.4.2.1. I casi tipici di irregolarità in altezza .....	» 44
1.4.3. La regolarità strutturale secondo il D.M. 16 gennaio 1996 .....	» 49
1.4.4. La distanza tra costruzioni contigue.....	» 51
1.4.4.1. Il martellamento .....	» 51
1.4.4.2. Le prescrizioni normative del passato.....	» 52
1.4.4.3. Le prescrizioni delle Norme tecniche per le costruzioni 2018....	» 55
1.4.5. Il rispetto dell'altezza in funzione della larghezza stradale .....	» 56
1.5. La duttilità strutturale.....	» 60

1.5.1.	Generalità .....	»	60
1.5.2.	I livelli di duttilità .....	»	61
1.5.2.1.	La duttilità della sezione trasversale .....	»	62
1.5.2.1.1.	Il diagramma momento-curvatura.....	»	64
1.5.2.1.2.	La duttilità della sezione di una trave e di un pilastro .....	»	66
1.5.2.2.	La duttilità degli elementi strutturali .....	»	68
1.5.2.2.1.	La rotazione rispetto alla corda per travi e pilastri .....	»	69
1.5.2.2.1.1.	La rotazione rispetto alla corda in campo elastico .....	»	72
1.5.2.2.1.2.	La rotazione rispetto alla corda in campo non elastico.....	»	72
1.5.2.2.2.	Gli elementi strutturali duttili e fragili .....	»	74
1.5.2.2.3.	Il controllo in termini di deformazioni .....	»	77
1.5.2.2.4.	La verifica dei meccanismi fragili.....	»	77
1.5.2.2.5.	I criteri di verifica dei meccanismi duttili e fragili.....	»	77
1.5.2.3.	La duttilità globale della struttura.....	»	78
1.5.2.3.1.	L'analisi non lineare statica o push-over e la curva di capacità della struttura.....	»	78
1.5.2.3.2.	La duttilità richiesta e disponibile .....	»	81
1.5.2.3.3.	Il criterio della gerarchia delle resistenze.....	»	83
1.5.2.3.3.1.	I meccanismi di collassi possibili .....	»	86
1.5.2.3.4.	L'attivazione dei meccanismi resistenti duttili o fragili negli edifici esistenti.....	»	89
1.5.3.	L'interpretazione del quadro fessurativo dopo un evento sismico .....	»	90
<b>2.</b>	<b>L'individuazione delle caratteristiche costruttive</b>		
2.1.	Generalità.....	»	93
2.2.	L'analisi storica e la raccolta degli elaborati progettuali originali .....	»	93
2.2.1.	Le fonti da considerare.....	»	94
2.2.2.	I dati da acquisire .....	»	94
2.2.3.	L'identificazione della struttura .....	»	95
2.2.3.1.	L'identificazione delle strutture di fondazione.....	»	96
2.2.3.2.	L'acquisizione di informazioni sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti.....	»	97
2.2.3.3.	Le informazioni sui possibili difetti locali dei materiali .....	»	98
2.2.3.4.	Informazioni sui danni subiti in precedenza e sugli interventi effettuati.....	»	98
2.2.3.5.	Le informazioni sulle norme impiegate per il progetto originale	»	100
2.3.	Il piano delle indagini per la caratterizzazione meccanica dei materiali e del loro degrado .....	»	107
2.4.	I livelli di conoscenza della struttura .....	»	107
2.4.1.	Il livello di conoscenza limitata (LC1).....	»	109
2.4.2.	Livello di conoscenza adeguata (LC2).....	»	112
2.4.3.	Livello di conoscenza accurata (LC3) .....	»	113
2.4.4.	Gli elaborati progettuali esecutivi.....	»	114
2.4.5.	I dettagli costruttivi e i difetti.....	»	116

2.4.6. I fattori di confidenza e le resistenze dei materiali.....	» 117
2.5. Il progetto simulato.....	» 118
2.5.1. Le date di progettazione e di costruzione .....	» 120
2.5.2. L'individuazione e lo studio dello schema strutturale .....	» 120
2.5.2.1. I telai e l'individuazione dell'orditura dei solai .....	» 121
2.5.2.2. La scelta del modello di calcolo .....	» 125
2.5.2.2.1. I criteri approssimati di calcolo.....	» 126
2.5.2.2.1.1. Il ricorso ai telai parziali.....	» 128
2.5.2.2.1.2. Lo schema a trave continua .....	» 130
2.5.2.2.1.2.1. Le regole pratiche nell'ipotesi di trave continua.....	» 131
2.5.2.2.1.3. Il modello a travi singole perfettamente incastrate agli estremi.....	» 134
2.5.2.2.1.4. Il metodo della fascia flessionale per le travi .....	» 135
2.5.2.2.1.5. La valutazione dei carichi permanenti e di esercizio.....	» 138
2.5.2.2.1.5.1. I carichi agenti sulle travi.....	» 139
2.5.2.2.1.5.2. I carichi agenti sui pilastri.....	» 140
2.5.2.2.1.6. La verifica a compressione dei pilastri.....	» 140
2.5.2.3. Il modello di calcolo per i solai .....	» 142
2.5.2.3.1. Trave semplice nelle varie ipotesi di vincolo .....	» 142
2.5.2.3.2. I solai in continuità su più campate.....	» 145
2.5.2.3.2.1. La trave continua con vincoli d'appoggio intermedi e incastro parziale agli estremi.....	» 146
2.5.2.3.2.2. L'incastro elastico.....	» 148
2.5.2.3.2.3. Lo schema a telaio parziale .....	» 150
2.5.2.4. Il progetto delle armature e la verifica degli elementi strutturali	» 151
2.5.2.4.1. Il progetto delle armature delle travi.....	» 151
2.5.2.4.1.1. Le dimensioni geometriche.....	» 154
2.5.2.4.1.1.1. La larghezza delle travi rispetto alla sezione trasversale dei pilastri di attacco .....	» 155
2.5.2.4.1.1.2. Le travi a spessore di solaio .....	» 156
2.5.2.4.1.2. Le armature.....	» 159
2.5.2.4.1.2.1. La sezione rettangolare a semplice armatura .....	» 159
2.5.2.4.1.2.2. La sezione rettangolare a doppia armatura .....	» 160
2.5.2.4.1.2.3. La sezione a T .....	» 161
2.5.2.4.1.2.4. La disposizione .....	» 163
2.5.2.4.1.2.4.1. Le armature con ferri sagomati.....	» 166
2.5.2.4.1.2.4.2. Le armature con ferri dritti.....	» 166
2.5.2.4.2. Il progetto delle armature dei pilastri .....	» 169
2.5.2.4.3. Il progetto delle armature dei solai gettati in opera.....	» 173
2.5.2.4.3.1. Il calcolo.....	» 183
2.5.2.4.3.2. La disposizione delle armature .....	» 187
2.5.2.4.4. Gli acciai per c.a. impiegati in passato.....	» 187
2.5.2.4.4.1. Le armature costituite da barre lisce.....	» 187
2.5.2.4.4.2. Stralci normativi.....	» 187
2.5.2.4.5. La verifica delle armature degli elementi strutturali .....	» 212
2.5.2.4.6. La revisione del progetto simulato sulla base della base dei risultati delle indagini .....	» 212

**3. Il rilievo del quadro fessurativo**

3.1. I sopralluoghi .....	» 213
3.1.1. Le finalità .....	» 213
3.1.2. Le ispezioni visive delle strutture.....	» 213
3.1.3. I dissesti in atto .....	» 214
3.2. Il rilievo geometrico-strutturale .....	» 214
3.3. Il quadro fessurativo .....	» 215
3.3.1. Il rilievo delle fessurazioni.....	» 216
3.3.1.1. Le biffe .....	» 217
3.3.2. La misura da caposaldi.....	» 218
3.3.2.1. Il caso particolare di spostamento in una specifica direzione.....	» 222
3.3.3. I fessurimetri .....	» 223
3.3.3.1. I fessurimetri angolari.....	» 224
3.3.3.2. I fessurimetri lineari .....	» 225
3.3.3.3. I fessurimetri tridirezionali .....	» 228
3.3.4. I deformometri .....	» 230
3.3.4.1. Il deformometro meccanico .....	» 231
3.3.5. L'identificazione delle lesioni.....	» 233
3.3.6. L'evoluzione della fessurazione.....	» 234
3.3.7. Il rilievo della profondità delle fessure .....	» 235
3.3.7.1. L'ampiezza delle fessure.....	» 235
3.3.7.2. La stima della profondità di fessure con metodo ultrasonico indiretto .....	» 236
3.3.7.2.1. Primo metodo .....	» 236
3.3.7.2.2. Secondo metodo.....	» 236
3.3.7.2.3. Terzo metodo.....	» 238
3.3.7.2.4. Quarto metodo .....	» 239
3.3.7.3. Le particolari applicazioni con il metodo diretto .....	» 241

**4. Il degrado delle strutture in calcestruzzo armato**

4.1. I fattori che influenzano il degrado .....	» 243
4.1.1. La durabilità .....	» 243
4.1.1.1. La durabilità potenziale ed effettiva del calcestruzzo .....	» 244
4.1.1.2. I processi a rischio e gli agenti aggressivi .....	» 246
4.1.1.3. Il calcestruzzo armato in ambiente marino .....	» 247
4.1.2. La vita in servizio.....	» 247
4.2. La permeabilità .....	» 249
4.3. I meccanismi di trasporto .....	» 249
4.3.1. Il ruolo della permeabilità.....	» 250
4.3.2. La velocità di penetrazione dell'agente aggressivo.....	» 251
4.3.3. L'innesco e la propagazione della corrosione .....	» 251
4.4. La corrosione delle armature.....	» 252
4.4.1. La carbonatazione .....	» 252
4.4.1.1. La depassivazione da carbonatazione .....	» 252
4.4.1.2. Il meccanismo elettrochimico di corrosione .....	» 254

4.4.1.3. La misura della profondità di carbonatazione.....	» 255
4.4.1.3.1. L'esecuzione della prova.....	» 256
4.4.2. L'atto dei cloruri.....	» 258
4.4.2.1. La depassivazione da penetrazione di cloruri.....	» 258
4.4.2.2. Il meccanismo di corrosione dell'armatura.....	» 259
4.4.2.3. L'analisi quantitativa dello ione-cloro.....	» 261
4.4.2.3.1. L'esecuzione della prova.....	» 261
4.4.3. La manutenzione e la protezione corticale.....	» 262
4.5. Il degrado del calcestruzzo.....	» 262
4.5.1. L'attacco dei solfati.....	» 262
4.5.2. La reazione alcali-aggregati.....	» 264
4.5.3. Gli effetti dei cicli di gelo-disgelo.....	» 266
4.6. Il degrado indotto dalla corrosione delle armature.....	» 267
4.6.1. Generalità.....	» 267
4.6.2. Le basi dei processi corrosivi.....	» 268
4.6.3. Lo spalling nelle strutture soggette ad incendio.....	» 271
4.6.4. La corrosione sotto sforzo.....	» 271
4.6.5. La mappatura del potenziale di corrosione delle armature.....	» 271
4.6.5.1. La procedura.....	» 272
4.6.5.2. Le condizioni della superficie della struttura.....	» 273
4.6.6. La resistenza di polarizzazione lineare.....	» 273
4.7. Le fessurazioni nelle strutture non dovute a sollecitazioni esterne.....	» 274
4.7.1. Generalità.....	» 274
4.7.2. Le fessure nel calcestruzzo plastico.....	» 276
4.7.2.1. Il ritiro plastico.....	» 276
4.7.2.1.1. Le condizioni ambientali.....	» 277
4.7.2.1.2. I provvedimenti preventivi.....	» 279
4.7.2.1.3. Le caratteristiche delle fessure.....	» 279
4.7.2.1.4. Le cause del ritiro plastico.....	» 281
4.7.2.2. La fessurazione per deformazione delle casseforme.....	» 281
4.7.2.3. Le fessure da assestamento plastico.....	» 282
4.7.3. Le fessure nel calcestruzzo indurito.....	» 285
4.7.3.1. La fessurazione per ritiro comportanti variazioni dimensionali... ..	» 285
4.7.3.1.1. Il ritiro per essiccamento.....	» 285
4.7.3.1.1.1. I fattori che influenzano il ritiro idraulico.....	» 288
4.7.3.1.2. Le fessure per espansione e/o ritiro termico.....	» 288
4.7.3.1.2.1. Le fessure da espansione termica.....	» 288
4.7.3.1.2.2. Le fessure da ritiro termico.....	» 289
4.7.3.1.3. Le fessurazioni per gli effetti viscosi (creep).....	» 292
4.7.3.1.3.1. Il recupero del creep.....	» 294
4.7.3.2. Le micro e le macro lesioni per l'esposizione alle alte temperature.....	» 295
4.7.3.3. Le indagini petrografiche sul calcestruzzo.....	» 296
<b>5. I dissesti in fase di esercizio</b>	
5.1. Generalità.....	» 299
5.2. I cedimenti differenziali delle fondazioni superficiali e profonde.....	» 300

5.2.1.	Le cause dei cedimenti fondali .....	» 300
5.2.2.	I tipi di cedimento delle fondazioni .....	» 302
5.2.2.1.	La previsione empirica dei cedimenti assoluti e dei cedimenti differenziali.....	» 305
5.2.2.2.	I valori ammissibili dei cedimenti differenziali .....	» 305
5.2.2.3.	Le componenti del cedimento totale di una fondazione superficiale .....	» 310
5.2.3.	La disuniformità degli strati compressibili.....	» 311
5.2.4.	La sovrapposizione degli effetti tra fondazioni vicine .....	» 313
5.2.4.1.	Le indicazioni progettuali per le fondazioni realizzate in prossimità di strutture esistenti .....	» 316
5.2.4.1.1.	L'impiego di paratie per la realizzazione di opere limitrofe ad edifici esistenti.....	» 318
5.2.5.	Le strutture realizzate su terreni di riporto .....	» 321
5.2.6.	I cedimenti dovuti a variazione del livello della falda freatica .....	» 323
5.2.6.1.	Generalità.....	» 323
5.2.6.2.	Gli effetti negativi sulle strutture .....	» 325
5.2.7.	Le fessurazioni strutturali causate dal ritiro e dal rigonfiamento del terreno .....	» 326
5.2.8.	I cedimenti nelle fondazioni compensate.....	» 330
5.2.9.	I cedimenti delle palificate .....	» 331
5.2.9.1.	L'effetto dell'attrito negativo nei pali di fondazione.....	» 332
5.2.10.	L'influenza delle rigidità delle strutture in elevazione e di fondazione .....	» 337
5.2.11.	Gli effetti del cedimento differenziale sulla struttura in elevazione.....	» 339
5.2.12.	I dissesti nei muri di sostegno.....	» 343
5.3.	Le fessurazioni negli edifici molto alti .....	» 346
5.3.1.	Le fessurazioni nelle travi a causa di accorciamenti differenziali dei pilastri .....	» 346
5.3.2.	Le fessurazioni nelle travi a causa di allungamenti differenziali dei pilastri.....	» 347
5.4.	Le fessurazioni nelle travi .....	» 347
5.4.1.	La fessurazione per taglio e flessione .....	» 348
5.4.2.	La fessurazione per torsione .....	» 353
5.5.	Le fessurazioni nei pilastri .....	» 357
5.6.	Le fessurazioni per punzonamento.....	» 359
5.6.1.	Le strutture in elevazione.....	» 359
5.6.2.	Il punzonamento di plinti bassi e di platee di fondazione .....	» 359
5.6.3.	Le fessurazioni nelle strutture di fondazione .....	» 362
5.7.	Le fessurazioni nelle strutture a sbalzo e nelle mensole corte.....	» 366
5.8.	La variazione dello schema strutturale originario. La ridondanza strutturale... ..	» 367
5.8.1.	I meccanismi di studio nel caso di collasso di elementi verticali .....	» 369
5.8.2.	La resistenza della struttura nel caso di rimozione di elementi verticali .....	» 372
5.8.3.	Il comportamento a membrana dei solai.....	» 374
5.8.3.1.	I solai bidirezionali .....	» 374
5.9.	Le fessurazioni nei tamponamenti.....	» 376
5.9.1.	Le lesioni da ritiro nelle sezioni di collegamento con travi e pilastri .....	» 376
5.9.1.1.	Le fessurazioni dei tamponamenti su strutture a sbalzo .....	» 376

5.9.2. Le fessurazioni per effetto di cedimenti di pilastri .....	» 380
5.10. Le fessurazioni nei tramezzi dovute alla deformabilità di solai o di travi.....	» 380
5.11. I solai.....	» 384
5.11.1. I solai contigui e le brusche variazioni di altezza.....	» 384
5.11.2. L'interazione ai bordi .....	» 385
5.11.3. Gli sbalzi non in continuità con l'orditura del solaio.....	» 386
5.11.4. L'effetto piastra.....	» 388
5.11.5. L'effetto dei carichi concentrati .....	» 389
5.11.6. Lo sfondellamento dei solai .....	» 389
5.11.7. Le fessure nei solai a travetti precompressi e blocchi di laterizi.....	» 392
<b>6. I danni strutturali da sisma</b>	
6.1. Le azioni sismiche .....	» 393
6.2. Il livello dei danni degli elementi strutturali.....	» 396
6.3. I pilastri .....	» 401
6.3.1. I danni .....	» 401
6.3.2. Il livello di danno .....	» 404
6.3.2.1. Il livello di danno secondo l'EMS 98 .....	» 410
6.3.3. Le indagini sulle armature .....	» 411
6.3.3.1. Le armature minime previste dalle norme vigenti all'epoca della progettazione.....	» 411
6.3.3.2. Il rilievo delle armature effettive .....	» 412
6.3.3.3. La ripresa dei ferri longitudinali e la variazione di sezione dei pilastri .....	» 418
6.3.3.4. La fessurazione e lo scorrimento per carenze nella ripresa del getto .....	» 421
6.3.3.5. Il confinamento del calcestruzzo .....	» 423
6.3.3.5.1. Generalità.....	» 423
6.3.3.5.2. L'efficacia del confinamento.....	» 423
6.3.3.5.3. La resistenza effettiva dei pilastri privi di copriferro .....	» 428
6.3.4. I pilastri dei piani soffici .....	» 431
6.3.4.1. Le indagini .....	» 431
6.3.4.2. I danni .....	» 432
6.3.5. Le fessurazioni e il collasso per taglio.....	» 434
6.3.5.1. I pilastri tozzi .....	» 436
6.3.5.1.1. Le situazioni progettuali o determinanti .....	» 436
6.3.5.1.2. La maggiore rigidità del pilastro tozzo .....	» 438
6.3.5.1.3. I danni .....	» 439
6.4. Le pareti di taglio.....	» 442
6.4.1. Le tipologie.....	» 442
6.4.2. Le modalità di collasso .....	» 443
6.4.2.1. Le pareti singole.....	» 443
6.4.2.2. Le pareti accoppiate o con aperture.....	» 445
6.4.3. L'interazione con il telaio .....	» 448
6.5. Le travi.....	» 450
6.5.1. Generalità .....	» 450

6.5.2. Le fessurazioni tipiche .....	» 451
6.5.3. Il collasso per taglio .....	» 454
6.6. I nodi trave-pilastro .....	» 455
6.6.1. Il confinamento del nodo.....	» 456
6.6.2. Il danneggiamento o collasso per azioni sismiche .....	» 459
6.6.2.1. Il trasferimento delle azioni sismiche.....	» 459
6.6.2.2. I nodi non interamente confinati .....	» 461
6.6.2.2.1. Gli ancoraggi delle armature nei nodi perimetrali.....	» 465
6.6.2.3. I nodi interamente confinati .....	» 468
6.6.2.4. Le fasi di collasso per taglio.....	» 468
6.6.2.5. L'attacco trave-pilastro .....	» 470
6.7. Le scale .....	» 470
6.7.1. Le tipologie strutturali .....	» 470
6.7.2. La trave a ginocchio .....	» 472
6.7.3. Gli errori esecutivi nelle armature delle scale.....	» 474
6.7.4. Il livello di danno .....	» 476
6.7.5. Le fessurazioni nelle diverse tipologie strutturali .....	» 477
6.8. I tamponamenti .....	» 481
6.8.1. La posizione della tamponatura rispetto al telaio.....	» 481
6.8.2. Il ruolo dei tamponamenti nella risposta sismica .....	» 481
6.8.3. Le azioni sismiche agenti nel piano del tamponamento .....	» 482
6.8.3.1. I meccanismi di rottura delle tamponature .....	» 483
6.8.3.2. L'interazione con l'intero telaio.....	» 484
6.8.3.3. L'interazione con la maglia strutturale.....	» 486
6.8.3.3.1. Il comportamento del pannello in presenza di aperture.....	» 488
6.8.3.4. Le fessurazioni tipiche.....	» 490
6.8.4. Le azioni sismiche ortogonali al piano del tamponamento .....	» 490
6.8.4.1. Generalità.....	» 490
6.8.4.2. Il collasso per ribaltamento .....	» 490
6.8.5. I livelli di danno .....	» 491
6.9. I solai.....	» 494
6.9.1. L'azione delle forze sismiche.....	» 496
6.9.2. Le fessurazioni .....	» 497
6.9.3. Le travi a spessore.....	» 498
6.9.4. Il livello di danno .....	» 499
6.9.5. Le fessurazioni di elementi strutturali a sbalzo.....	» 502
6.10. I danni da martellamento.....	» 502
6.11. I dissesti causati dalla liquefazione dei terreni .....	» 504
6.11.1. Generalità .....	» 504
6.11.2. Le forme del fenomeno della liquefazione.....	» 507
6.11.3. Le prescrizioni normative per la progettazione.....	» 511
6.11.3.1. Le indagini per verificare la suscettibilità alla liquefazione del terreno.....	» 512
6.11.4. Gli effetti sulle strutture e sui terreni .....	» 512
6.11.4.1. La perdita di portanza delle fondazioni superficiali .....	» 513
6.11.4.2. Il collasso delle fondazioni su pali.....	» 516
6.11.4.2.1. L'interazione palo-terreno .....	» 516
6.11.4.2.2. Le forme di collasso.....	» 517



**7. La valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali**

7.1. Le finalità.....	» 521
7.1.1. Il prelievo dei campioni dalla struttura.....	» 522
7.1.2. La stima delle proprietà meccaniche attuali dei materiali .....	» 522
7.1.3. La programmazione delle indagini .....	» 523
7.1.3.1. La classificazione dei controlli del calcestruzzo in opera.....	» 524
7.1.3.2. L'obiettivo delle indagini in opera .....	» 525
7.1.3.3. L'individuazione delle aree di calcestruzzo omogenee .....	» 526
7.1.3.3.1. Le aree e le regioni di prova .....	» 527
7.1.3.3.2. La preparazione delle aree di prova .....	» 528
7.1.3.3.3. La scelta degli elementi strutturali .....	» 529
7.1.3.3.4. La variazione delle proprietà meccaniche del calcestruzzo in opera.....	» 530
7.1.3.3.5. I campioni minimi da prelevare .....	» 531
7.1.3.3.6. Le percentuali e il numero di elementi strutturali da indagare .....	» 532
7.1.3.3.6.1. L'esecuzione dei controlli distruttivi nei pilastri.....	» 535
7.1.3.3.6.2. L'esecuzione dei controlli distruttivi nelle travi .....	» 537
7.2. La stima della resistenza del calcestruzzo con metodi diretti .....	» 538
7.2.1. Il carotaggio .....	» 538
7.2.1.1. Il rilevamento delle armature e l'estrazione delle carote .....	» 541
7.2.1.2. L'etichettatura e l'identificazione delle carote .....	» 543
7.2.1.3. Il ripristino delle zone di estrazione .....	» 543
7.2.1.4. Le carote da scartare .....	» 545
7.2.1.5. Il numero di carote e la variabilità dei valori di resistenza .....	» 546
7.2.1.6. Il verbale di prelievo .....	» 546
7.2.1.7. La determinazione della resistenza a compressione delle carote .....	» 547
7.2.1.7.1. I coefficienti correttivi per la stima della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera.....	» 547
7.2.1.7.1.1. La porosità del calcestruzzo.....	» 549
7.2.1.7.1.2. La direzione di carotaggio rispetto a quella del getto .....	» 550
7.2.1.7.1.3. Il rapporto lunghezza/diametro delle carote e la dimensione massima dell'aggregato.....	» 552
7.2.1.7.1.4. Le condizioni di umidità del campione .....	» 552
7.2.1.7.1.5. Il disturbo (o tormento) determinato dal prelievo .....	» 553
7.2.1.7.1.5.1. La cappatura .....	» 553
7.2.1.7.1.6. L'incremento di resistenza dovuto a barre d'armature .....	» 554
7.2.1.7.1.7. La riduzione della resistenza dovuta alle frazioni di aggregato tagliato non interamente reagenti .....	» 555
7.2.1.8. Il certificato di prova a compressione.....	» 556
7.2.2. La valutazione della resistenza del calcestruzzo nelle costruzioni esistenti.....	» 556
7.2.2.1. Le indicazioni delle Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera .....	» 555
7.2.2.2. La procedura della Uni En 13791 .....	» 557
7.2.2.2.1. L'approccio A .....	» 557
7.2.2.2.2. L'approccio B.....	» 560

7.2.2.3. I fattori di confidenza e le resistenze dei materiali .....	» 561
7.3. La stima della resistenza a compressione in situ con metodi indiretti.....	» 563
7.3.1. Generalità .....	» 563
7.3.2. Le finalità e le limitazioni dei metodi indiretti.....	» 563
7.3.3. Le metodologie.....	» 564
7.3.3.1. Le curve di correlazione .....	» 565
7.3.3.2. La taratura della curva di correlazione di riferimento o di base .....	» 566
7.3.3.3. I limiti e le precauzioni nell'applicazione dei metodi indiretti ...	» 567
7.3.4. La determinazione dell'indice di rimbalzo .....	» 568
7.3.4.1. Generalità .....	» 568
7.3.4.2. L'esecuzione della prova sclerometrica .....	» 569
7.3.4.2.1. Il trattamento delle superfici e lo spessore minimo dell'elemento strutturale.....	» 569
7.3.4.2.2. Il posizionamento dello strumento.....	» 570
7.3.4.2.3. Il numero minimo delle battute e le cause di influenza dei risultati.....	» 570
7.3.4.2.4. Le diverse condizioni di influenza dell'indice di rimbalzo....	» 572
7.3.4.2.5. Il verbale di prova .....	» 574
7.3.4.2.6. Le limitazioni.....	» 576
7.3.5. La velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici.....	» 577
7.3.5.1. Generalità .....	» 577
7.3.5.2. Le modalità d'esecuzione .....	» 578
7.3.5.3. Le modalità di trasmissione dell'impulso ultrasonico.....	» 580
7.3.5.4. La misura della velocità di propagazione .....	» 582
7.3.5.5. I fattori che influenzano la velocità di propagazione degli impulsi	» 584
7.3.5.6. La stima della resistenza a compressione .....	» 584
7.3.5.7. Il verbale di prova.....	» 586
7.3.6. La prova di estrazione .....	» 586
7.3.6.1. Generalità .....	» 586
7.3.6.2. I punti di prova.....	» 587
7.3.6.3. L'esecuzione della prova .....	» 588
7.3.6.4. Il resoconto della prova pull-out.....	» 589
7.3.6.5. La curva di correlazione .....	» 589
7.3.7. La stima delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo con i metodi combinati .....	» 590
7.3.7.1. Generalità.....	» 590
7.3.7.2. Il metodo Sonreb .....	» 591
7.3.7.2.1. La procedura esecutiva .....	» 591
7.3.7.2.2. La stima della resistenza a compressione in opera del calcestruzzo .....	» 593
7.4. Le prove di trazione su barre di armatura d'acciaio estratte dalla struttura.....	» 594
7.4.1. I principi .....	» 594
7.4.2. Le raccomandazioni per il prelievo .....	» 595
7.5. L'elaborazione e l'interpretazione dei risultati di prova .....	» 596
7.6. La relazione sulle caratteristiche meccaniche dei materiali.....	» 598
Indice analitico .....	» 599