

Indice

| | |
|---|---------|
| Introduzione | pag. 15 |
| | |
| 1. La valutazione della sicurezza per gli edifici esistenti | |
| 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 |
| | |
| 2. L'individuazione delle caratteristiche costruttive | |
| 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... 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 |
| | |
| 5. I dissesti in fase di esercizio | |
| 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 |
| | |
| 6. I danni strutturali da sisma | |
| 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 |