

INDICE

Prefazione.....	Pag. 17
Introduzione.....	» 19

Capitolo I

IL RECUPERO DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO

1. Richiami sui conglomerati cementizi.....	» 25
1.1. I componenti.....	» 25
— Tipi di cemento.....	» 25
— Dosaggio di cemento.....	» 32
— Acqua d'impasto.....	» 33
— Rapporto acqua-cemento.....	» 34
— Aggregati.....	» 40
— Additivi.....	» 41
— Aggiunte.....	» 42
1.2. Il calcestruzzo allo stato fresco ed indurito.....	» 43
— Lavorabilità e modalità di posa in opera.....	» 43
— Stagionatura.....	» 44
— Definizione della durabilità.....	» 46
2. Degrado del calcestruzzo di cemento armato....	» 47
2.1. Introduzione.....	» 47
2.2. Individuazione ed analisi delle cause del de- grado del singolo elemento e della struttu- ra nel suo complesso.....	» 48
2.3. Rilievo delle caratteristiche strutturali. Si- curezza della struttura nella situazione di degrado.....	» 49
2.4. Il progetto di ripristino delle caratteristiche strutturali.....	» 55

2.5. Difetti superficiali del calcestruzzo.....	Pag. 55
— Sfogliamento.....	» 55
— Screpolatura.....	» 56
— Scheggiatura.....	» 56
— Polverizzazione.....	» 56
— Erosione dell'acqua.....	» 57
— Nidi di ghiaia.....	» 57
— Cavità superficiali.....	» 57
3. Trattazione teorica del degrado del calcestruzzo	» 58
3.1. Fenomeni e cause del degrado.....	» 58
— La carbonatazione.....	» 58
— Cloruri.....	» 60
— Acque solfatiche.....	» 62
— Composti azotati e solfo-derivati.....	» 62
— Catalizzatori di combustione.....	» 64
— Fattori meccanici.....	» 64
— Misurazione dell'entità del degrado.....	» 64
3.2. Indagini soniche.....	» 66
3.3. Demolizione e pulizia.....	» 67
— Demolizione meccanica.....	» 67
— Idrodemolizione.....	» 68
— Pulizia con acqua calda a pressione.....	» 68
— Sabbatura.....	» 68
4. La stesura dei capitolati.....	» 69
4.1. Definizioni delle caratteristiche dei materiali da impiegare.....	» 69
4.2. Controllo delle variazioni dimensionali dei materiali.....	» 71
4.3. Previsione del modulo elastico.....	» 75
5. Il restauro del calcestruzzo.....	» 79
5.1. Introduzione.....	» 79
5.2. Il trattamento di ferri nel calcestruzzo di cemento armato.....	» 79
5.3. Additivi e malte per il ripristino.....	» 81
— Additivi.....	» 81
— Malte confezionate.....	» 83
5.4. Il ritiro delle malte.....	» 86
— Ritiro da essudamento (bleeding).....	» 86

— Ritiro plastico.....	Pag. 86
— Ritiro da asciugamento.....	» 87
5.5. Le resine epossidiche.....	» 87
5.6. Sarcinatura di lesioni strutturali.....	» 88
5.7. La protezione.....	» 91
— La permeabilità.....	» 91
— L'usura.....	» 91
— Impregnanti idrorepellenti ed anticarbonatazione.....	» 95
— Impregnanti con effetto consolidante..	» 98
— Filmogeni elastici per la protezione contro attacchi chimici.....	» 99
— Filmogeni antiusura.....	» 100
5.8. La prevenzione.....	» 102

Capitolo II L'UMIDITÀ DA CONDENSAZIONE E L'UMIDITÀ ASCENDENTE

1. L'umidità da condensazione.....	» 107
1.1. L'umidità da condensazione e sua misurazione.....	» 107
1.2. Temperatura e umidità relativa dell'aria in ambienti industriali, pubblici e commerciali	» 110
1.3. Permeabilità.....	» 110
1.4. Flusso di vapore che attraversa una parete (assenza di condensazione).....	» 111
1.5. Conducibilità.....	» 112
1.6. Flusso di calore che attraversa una parete (presenza di condensazione).....	» 112
1.7. Condensazione.....	» 114
1.8. Evaporazione.....	» 116
1.9. Volano igrometrico.....	» 117
1.10. Volano termico.....	» 117
1.11. Valori della conduttività termica λ e del coefficiente di resistenza alla diffusione del vapor d'acqua μ per i più comuni materiali da costruzione.....	» 120
1.12. Pressione di saturazione del vapor acqueo	» 131

1.13. Analisi igrotermica.....	Pag. 132
1.14. Analisi igrometrica della parete di frontiera »	133
2. L'umidità ascendente.....	» 135
2.1. L'umidità ascendente e sua misurazione..	» 135
2.2. I meccanismi dell'assorbimento.....	» 138
2.3. La tensione superficiale.....	» 140
2.4. I sali igroscopici.....	» 142
2.5. Trattamento dei sali igroscopici.....	» 147
2.6. Tecniche d'intervento e soluzione dell'umidità ascendente.....	» 150
2.7. Modalità di applicazione dei prodotti iniettabili.....	» 158
— Murature in mattoni pieni.....	» 160
— Murature in pietrame non assorbente.	» 161
— Murature a sacco.....	» 161
2.8. Lavori di completamento con intonaci macroporosi.....	» 163

Capitolo III

I TRATTAMENTI CONSOLIDANTI E PROTETTIVI NEI MATERIALI LAPIDEI

1. Introduzione.....	» 167
2. Il degrado delle superfici esterne degli edifici..	» 167
3. Tecniche di pulizia.....	» 169
3.1. Pulizia manuale.....	» 169
3.2. Pulizia con acqua.....	» 169
3.3. Apparecchiature ad ultrasuoni.....	» 170
3.4. Microsabbatura di precisione.....	» 170
3.5. Pulizia chimica.....	» 171
3.6. Impacchi con argille assorbenti.....	» 171
4. Indagini mineralogico-petrografiche e chimiche	» 172
4.1. Indagini mineralogiche-petrografiche.....	» 172
— Microscopia ottica.....	» 172
— Microscopia elettronica a scansione....	» 172

4.2. Indagini chimiche.....	Pag. 173
— Analisi per diffrazione con raggi X.....	» 173
— Analisi per fluorescenza ai raggi X.....	» 173
— Analisi con microsonda elettronica.....	» 174
— Analisi conduttometriche.....	» 174
— Analisi spettrofotometriche.....	» 174
5. Danni provocati dalle acque meteoriche.....	» 174
5.1. Le efflorescenze.....	» 174
5.2. I cicli di gelo e disgelo.....	» 175
5.3. La crescita di microorganismi.....	» 175
5.4. Gli inquinanti atmosferici.....	» 175
6. Consolidamento dei materiali lapidei.....	» 176
7. Consolidamento di particolari architettonici.....	» 181
7.1. Tecnica del vuoto.....	» 182
7.2. Tecnica delle tasche.....	» 184
8. I composti organici del silicio (siliconi).....	» 186
9. L'impregnazione idrofobizzante.....	» 188
9.1. Tecniche di intervento.....	» 190

Capitolo IV

LAVORI DI CONSOLIDAMENTO DELLA MURATURA

1. Diagnosi sullo stato di conservazione.....	» 193
1.1. Introduzione.....	» 193
1.2. Strumenti di rilievo.....	» 194
— Fessurimetri.....	» 194
— Calibri Crockett.....	» 194
— Deformometri.....	» 194
— Calibri acustici.....	» 195
1.3. Caratteristiche meccaniche di una muratura.....	» 196
— Misura dello stato di sollecitazione.....	» 196
— Determinazione delle caratteristiche di deformabilità.....	» 197

1.4. Caratteristiche dei singoli elementi.....	Pag. 197
— Prove meccaniche.....	» 197
— Prove fisiche.....	» 198
2. Le malte nei lavori di consolidamento.....	» 198
3. Tecniche di consolidamento.....	» 202
3.1. La sostruzione muraria.....	» 202
3.2. I tiranti.....	» 204
3.3. Cordoli in cls. di c.a.....	» 204
3.4. Lastre in cls. di c.a.....	» 207
3.5. Iniezioni a base di malte cementizie o di resine.....	» 207
3.6. Inserimento di barre d'acciaio ad aderenza migliorata (reticolo cementato).....	» 211
4. Restauro degli intonaci.....	» 212
4.1. Introduzione.....	» 212
4.2. Ripristino di intonaci distaccati mediante l'esecuzione di iniezioni a base di miscele idrauliche.....	» 212
4.3. Ripristino di decorazioni distaccate mediante microbarre di armatura.....	» 214

Capitolo V LE IMPERMEABILIZZAZIONI SPECIALI

1. Introduzione.....	» 217
2. Impermeabilizzazione di strutture soggette a spinte idriche negative.....	» 219
2.1. Introduzione.....	» 219
2.2. Cementi osmotici.....	» 219
2.3. Cementi impermeabili.....	» 220
2.4. Modalità di applicazione.....	» 221
3. Impermeabilizzazione di strutture soggette a spinte idriche positive.....	» 226
3.1. Introduzione.....	» 226

3.2. Impermeabilizzazione di strutture (interrate o aeree) destinate al contenimento di liquidi	Pag. 227
— Preparazione del supporto.....	» 227
— Scelte ed applicazioni dei rivestimenti	» 228
3.3. Impermeabilizzazione di strutture interrate non destinate al contenimento di liquidi	» 230
4. Impermeabilizzazione di strutture non soggette a spinte idriche.....	» 233
4.1. Introduzione.....	» 233
4.2. Impermeabilizzazione di strutture traffcabili.....	» 237
— Riparazione di solai di copertura pavimentati.....	» 238
— Impermeabilizzazione di estese superfici in calcestruzzo (es. gradoni di uno stadio)	» 240
— Impermeabilizzazione di impalcati stradali.....	» 241
4.3. Impermeabilizzazione di strutture limitatamente pedonabili.....	» 243
5. Impermeabilizzazione a base di bentonite sodica americana.....	» 243

Capitolo VI IMPERMEABILIZZAZIONE CON MEMBRANE A BASE BITUMINOSA

1. Introduzione.....	» 249
2. Esempi applicativi di pacchetti di impermeabilizzazione.....	» 256
2.1. Coperture non praticabili.....	» 256
2.2. Coperture praticabili.....	» 271
2.3. Giardini pensili.....	» 279
2.4. Platea di fondazione e muri perimetrali di raccordo.....	» 281
2.5. Fonti e impalcati in genere.....	» 282
2.6. Bacini e canali.....	» 283

3. Rifacimento e manutenzione.....	Pag. 284
3.1. Introduzione.....	» 284
3.2. Identificazione delle cause del deterioramento.....	» 285
3.3. Soluzioni per il ripristino.....	» 287
3.4. Esempi applicativi.....	» 288

Capitolo VII
IMPERMEABILIZZAZIONE CON MEMBRANE
A BASE SINTETICA

1. Introduzione.....	» 305
2. Raccomandazioni per la posa in opera.....	» 306
3. Esempi applicativi di coperture con membrane di cloruro di polivinile (PVC) e con membrane di polietilene clorurato (CPE).....	» 310
3.1. Copertura a vista in semi-indipendenza incollata a caldo con membrana in PVC.....	» 310
3.2. Copertura a vista in semi-indipendenza incollata a caldo con membrane in CPE.....	» 311
3.3. Copertura a vista in semi-indipendenza fissata meccanicamente con membrana in PVC.....	» 312
3.4. Copertura a vista in semi-indipendenza fissata meccanicamente con membrane in CPE.....	» 313
3.5. Copertura zavorrata.....	» 314
3.6. Tetto rovescio e doppio tetto zavorrato....	» 316
3.7. Tetto con giardino pensile.....	» 317
3.8. Copertura carrabile.....	» 318
3.9. Resistenza chimica delle membrane in PVC.....	» 319
3.10. Resistenza chimica delle membrane in CPE.....	» 323
3.11. Realizzazione di n. 4 dettagli per l'esecuzione di impermeabilizzazioni con membrane in PVC e CPE.....	» 327
4. Piccoli e medi bacini per irrigazione.....	» 336
Premessa.....	» 336
4.1. Introduzione.....	» 336

4.2. Perché la scelta di tali opere.....	Pag. 337
4.3. Scelta del luogo.....	» 338
4.4. Geologia, idrologia e fabbisogno idrico della zona.....	» 339
4.5. Determinazione della geometria del bacino.....	» 339
4.6. Caratteristica delle sponde.....	» 344
4.7. Alimentazione del bacino.....	» 344
4.8. Sicurezza.....	» 345
4.9. Ispezione e manutenzione.....	» 345
4.10. Utilità del drenaggio.....	» 345
4.11. Rilevamento delle perdite e controllo della loro portata.....	» 349
4.12. Preparazione del terreno e lavori preliminari.....	» 350
4.13. Impermeabilizzazione.....	» 352
4.14. Opere complementari e collaudo del bacino.....	» 354
4.15. Orientamento dei costi.....	» 355
5. Grandi opere idrauliche.....	» 356
5.1. Bacino di Castreccioni (Macerata).....	» 356
5.2. Diga di Aubrac (Francia).....	» 358
5.3. Canale di Pontecorvo (Frosinone).....	» 359
5.4. Bacino di Valle di Molina (Tenerife).....	» 361
5.5. Diga di Bilancino (Firenze).....	» 361
5.6. Canale di Albert (Francia).....	» 364
6. Gallerie e tunnels.....	» 367
6.1. Introduzione.....	» 367
6.2. Impermeabilizzazione.....	» 367
6.3. Tipologie applicative utilizzate in galleria.....	» 371
6.4. Collaudo.....	» 373
6.5. Protezione.....	» 374
6.6. Galleria artificiale di Briis Sous Forges... ..	» 374
6.7. Tunnel di Vouvray.....	» 375
7. Opere di fondazione.....	» 378
7.1. Introduzione.....	» 378
7.2. Impermeabilizzazione dell'ascensore idraulico di Strepy-Thieu (Belgio).....	» 378

7.3. Centrale idroelettrica di Presenzano (Caserta).....	Pag. 382
8. Discariche controllate.....	» 385
8.1. Introduzione.....	» 385
8.2. Linee generali di progettazione.....	» 386
8.3. Dispositivo di impermeabilizzazione.....	» 390
8.4. Norme per l'installazione del manto di impermeabilizzazione.....	» 390
8.5. Controllo delle acque sotterranee e del percolato.....	» 391
8.6. Captazione del biogas.....	» 393
8.7. Chiusura della discarica e recupero ambientale.....	» 393
8.8. Costi orientativi per una discarica di 300.000 mc. di 2 ^a categoria tipo C con doppio manto di tenuta.....	» 395

Capitolo VIII

ANALISI DEI PREZZI UNITARI DI ALCUNE OPERE

1. Introduzione.....	» 399
2. Restauro.....	» 401
3. Risanamento.....	» 414
4. Consolidamento.....	» 426
5. Impermeabilizzazione.....	» 435

Appendice

GAMMA PRODOTTI DELLE PRINCIPALI DITTE ITALIANE

1. Torggler.....	» 453
2. Phoenix.....	» 454
3. Sopar.....	» 456
4. Thoro.....	» 457
5. Lanchital.....	» 458

PREFAZIONE

Credo di poter affermare che in questo momento di travaglio nazionale economico-finanziario, nell'edilizia, l'unico settore in espansione è la ristrutturazione e di conseguenza il restauro, il risanamento ed il consolidamento.

Questa espansione, a mio avviso, continuerà ed aumenterà nel tempo se consideriamo che nell'immediato dopoguerra e più tardi negli anni 60, la necessità di costruire con grande rapidità ha spesso comportato una scarsa qualità di edilizia.

Controllando inoltre i costi ingenti delle nuove costruzioni è sicuramente conveniente il recupero, anche perché con le tecnologie e metodologie attuali il fabbricato ristrutturato ha praticamente le medesime caratteristiche strutturali e tecnologiche delle nuove costruzioni ed in più ha sicuramente una collocazione ambientale più consona (pensiamo solo ai centri storici).

Se noi guardiamo la Francia, Paese dal punto di vista culturale e costruttivo più vicino a noi, nel 1990 ha avuto un volume complessivo di affari nel settore del recupero edile di ben 225 miliardi di franchi, circa il 60% dei lavori realizzati nel settore dell'edilizia abitativa, e negli anni seguenti è aumentato.

A riprova di quanto detto, nel marzo 1993 si è avuto l'esordio di "Bati 3R" il nuovo salone del recupero edilizio svoltosi al Parco delle Esposizioni di Parigi.

Anche in Italia negli ultimi anni il problema del risanamento e del ripristino nell'edilizia civile ed industriale di strutture degradate, spesso conseguenza di carenza di manutenzione programmata, sta assumendo dimensioni tecnologiche e finanziarie molto impegnative.

Risulta anche improrogabile la necessità che le opere edili abbiano le necessarie garanzie di durabilità per assolvere completamente, e per tutto il periodo di vita previsto, i propri com-