

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-