

Indice

Prefazione	XI
1 I leganti	1
1.1 Inquadramento normativo generale	1
1.2 I leganti e le miscele leganti	2
1.2.1 Leganti idraulici	3
1.3 Cemento Portland	4
1.3.1 Composti del clinker	8
1.3.2 Idratazione del cemento Portland	11
1.3.3 Calore di idratazione	20
1.3.4 Resistenza chimica delle paste di cemento	22
1.3.5 Porosità del gelo e porosità capillare	26
1.4 Tipi di cemento Portland e derivati	33
1.4.1 Cementi Portland ASTM	33
1.4.2 Cemento Portland bianco	34
1.4.3 Cemento Portland ferrico o cemento Ferrari	34
1.4.4 Cemento Portland al calcare	34
1.4.5 Cemento pozzolanico	35
1.4.6 Cemento d'altoforno	38
1.5 Cementi non Portland	40
1.5.1 Cemento alluminoso	40
1.5.2 Cemento soprasolfatato	42
1.6 Norme sui cementi	42
1.6.1 La norma UNI EN 197 sui cementi comuni	43
1.6.2 La norma UNI 10764 – Leganti idraulici microfini	52
1.6.3 Norma UNI EN 14216 – Cementi speciali a calore di idratazione molto basso	52
2 Altri ingredienti del calcestruzzo	55
2.1 Miscele cementizie e loro ingredienti	55

VI Indice

2.2	Le aggiunte	56
2.2.1	Fumi di silice	56
2.2.2	Ceneri volanti	58
2.3	L'acqua d'impasto	62
2.4	Additivi per il calcestruzzo	63
2.4.1	Additivi fluidificanti	65
2.4.2	Additivi acceleranti	70
2.4.3	Additivi ritardanti	72
2.4.4	Aeranti	72
2.5	Prodotti speciali per il calcestruzzo	74
2.5.1	Additivi riduttori di ritiro	74
2.5.2	Inibitori di corrosione	74
2.5.3	Agenti espansivi	75
2.5.4	Stagionanti-antievaporanti	79
2.5.5	Disarmanti	80
2.6	Aggregati per il calcestruzzo	80
2.6.1	Definizione degli aggregati	80
2.6.2	Natura degli aggregati	80
2.6.3	Proprietà degli aggregati e proprietà del calcestruzzo	82
2.7	Proprietà degli aggregati	83
2.7.1	Proprietà meccaniche	83
2.7.2	Porosità e permeabilità	85
2.7.3	Gelività	90
2.7.4	Granulometria degli aggregati	91
2.7.5	Diametro massimo dell'aggregato	100
2.7.6	Proprietà termiche degli aggregati	102
2.7.7	Forma degli aggregati	103
2.7.8	Tessitura superficiale	105
2.7.9	Sostanze indesiderate o nocive negli aggregati	105
2.7.10	La Norma UNI 8520-2	106
3	Tecnologia esecutiva del calcestruzzo	113
3.1	Preparazione dell'impasto	113
3.1.1	Dosaggio dell'impasto	113
3.1.2	Miscelazione	115
3.1.3	Controllo di qualità delle miscele di calcestruzzo	118
3.2	Trasporto del calcestruzzo	120
3.3	La consegna del calcestruzzo confezionato in cantiere	121
3.4	La posa in opera del calcestruzzo	122
3.4.1	Il calcestruzzo pompato	122
3.4.2	Getto subacqueo del calcestruzzo	124
3.4.3	Getti con inerte predepositato (prepacked concrete)	125
3.4.4	Getti in climi caldi	125
3.4.5	Getti in climi freddi	126
3.4.6	Maturazione a vapore	127
3.4.7	Fattore di maturazione	127
3.4.8	Calcestruzzo proiettato	129

3.4.9	Compattazione dei getti	129
3.4.10	Seconda vibrazione	131
3.4.11	Calcestruzzo sotto vuoto	131
3.5	Pressione del calcestruzzo sulle casseforme	131
3.5.1	Riprese di getto	132
3.6	Tecnologia del calcestruzzo a facciavista	136
3.6.1	Calcestruzzo ordinario a facciavista	136
3.6.2	La lavorazione del calcestruzzo a facciavista	140
3.6.3	Le casseforme	141
3.6.4	Impiego dei disarmanti	142
3.6.5	Giunti tra elementi delle casseforme	143
3.6.6	Scasseratura e stagionatura	144
3.7	Calcestruzzi facciavista con caratteristiche particolari	145
3.7.1	Facciavista ottenuta con asportazione di materiale	145
3.7.2	Uso di casseforme particolari	146
3.7.3	Impiego di pigmenti	146
3.8	Formazione di efflorescenze	146
4	Le proprietà del calcestruzzo fresco	149
4.1	Lavorabilità	149
4.1.1	Natura e fattori della lavorabilità	149
4.1.2	Misure di lavorabilità	151
4.1.3	Scelta della lavorabilità	159
4.1.4	Presa del calcestruzzo	160
4.1.5	Segregazione	161
4.1.6	Calcestruzzo autocompattante o SCC	161
4.2	Il bleeding o essudamento	163
4.2.1	Il bleeding del calcestruzzo	166
4.2.2	Misura del bleeding	166
4.2.3	Conseguenze del bleeding	166
4.2.4	Prevenzione degli inconvenienti del bleeding	170
4.2.5	Sedimentazione della ghiaia	170
4.2.6	Sedimentazione ostacolata	170
4.3	Ritiro plastico	171
4.3.1	Forze di capillarità	172
4.3.2	Fessure da ritiro plastico	176
4.3.3	Misure preventive	177
5	Le proprietà del calcestruzzo indurito	179
5.1	Proprietà progettabili del calcestruzzo	179
5.2	Natura della resistenza del calcestruzzo	179
5.2.1	Curva carico-deformazione e modulo elastico del calcestruzzo	182
5.2.2	Comportamento del calcestruzzo sotto carico biassiale	187
5.2.3	Comportamento del calcestruzzo sotto carico multiassiale	189
5.3	La resistenza a compressione	189
5.3.1	Fattori che determinano la resistenza del calcestruzzo	189
5.3.2	Misura della resistenza a compressione del calcestruzzo	195

VIII Indice

5.3.3	Resistenza caratteristica	199
5.3.4	Misura del modulo elastico del calcestruzzo	201
5.4	Resistenza a trazione	201
5.4.1	Coefficiente di Poisson	204
5.4.2	Aderenza calcestruzzo-armatura	204
6	Variazioni dimensionali	207
6.1	Rigonfiamento	207
6.2	Ritiro igrometrico o da essiccamento	208
6.2.1	Ritiro autogeno	213
6.2.2	Norme e ritiro	214
6.2.3	Ritiro da carbonatazione	215
6.2.4	Movimento di umidità e variazioni dimensionali	216
6.3	Deformazione viscosa o creep	216
6.3.1	Fattori che influiscono sulla deformazione viscosa	220
6.3.2	Previsione della deformazione viscosa	221
6.3.3	Importanza del creep	222
6.4	Fenomeni di fatica nel calcestruzzo e nell'acciaio	223
6.4.1	Fatica nel calcestruzzo armato	224
6.4.2	Fatica nelle barre di armatura	225
6.5	Fenomeni di fessurazione dei manufatti dovuti a effetti termici	226
6.5.1	Fessure da espansione termica	226
6.5.2	Ritiro termico	227
7	La durabilità del calcestruzzo	235
7.1	Importanza della durabilità: qualità del calcestruzzo	235
7.2	Le cause della degradazione	237
7.3	La permeabilità del calcestruzzo	237
7.3.1	Meccanismi di permeazione	238
7.4	Gli attacchi chimici e le relative misure di prevenzione	241
7.4.1	Attacco acido	241
7.4.2	Attacco solfatico	243
7.4.3	Effetto dei cloruri sul calcestruzzo	246
7.4.4	Altri attacchi chimici	246
7.5	Gli attacchi fisico-meccanici e le relative misure di prevenzione	247
7.5.1	Azione dei cicli di gelo e disgelo	247
7.6	Azioni meccaniche	250
7.7	Effetto delle temperature elevate sul calcestruzzo	251
7.8	Reazione alcali-silice	253
7.8.1	Verifica della reattività degli aggregati	258
7.8.2	Prevenzione della ASR	259
8	La corrosione nel cemento armato	261
8.1	Fenomeni di corrosione dei materiali metallici	261
8.1.1	Eterogeneità nel metallo	262
8.1.2	Eterogeneità nella soluzione elettrolitica di contratto	263
8.1.3	Corrosione dovuta a celle elettrolitiche	264
8.2	Corrosione delle armature nel cemento armato	265

8.2.1	Perdita di passività ed effetti della corrosione	266
8.2.2	Permeazione dell'ossigeno nel calcestruzzo	267
8.2.3	La carbonatazione	268
8.2.4	Effetto dell'umidità	269
8.2.5	Effetto del copriferro	271
8.2.6	Effetto dei cloruri	272
8.2.7	Corrosione sotto tensione	272
8.2.8	Formazione di fessure	273
8.3	Prevenzione della corrosione	273
8.3.1	La protezione catodica	274
8.3.2	Monitoraggio della corrosione	275
8.3.3	Rialcalinizzazione del calcestruzzo	277
8.3.4	Declorurazione del calcestruzzo	277
9	Mix design del calcestruzzo	279
9.1	Proprietà progettabili del conglomerato	279
9.1.1	Descrizione di un procedimento per il mix design	282
9.1.2	I passi del mix design	285
9.1.3	Esempio di combinazione degli aggregati – Metodo grafico	286
9.1.4	Esempio di mix design del calcestruzzo	290
10	Controlli sul calcestruzzo nelle strutture	293
10.1	Necessità di controlli in sito	293
10.1.1	Resistenza del calcestruzzo nella struttura	294
10.1.2	Misura sclerometrica	295
10.1.3	Misura con ultrasuoni	296
10.1.4	Metodo Sonreb	297
10.1.5	Carotaggi	298
10.1.6	Pull-out	301
10.1.7	Permeabilità	302
10.1.8	Contenuto d'aria	304
10.1.9	Contenuto di cemento	304
10.1.10	Profondità di carbonatazione e contenuto di cloruro	305
10.1.11	Interpretazione dei fenomeni fessurativi	305
11	Calcestruzzi leggeri	307
11.1	Tipi di calcestruzzo leggero	308
11.2	Calcestruzzo leggero con aggregati leggeri	310
11.2.1	Aggregati leggeri	310
11.2.2	Calcestruzzi leggeri strutturali con inerti leggeri	311
11.2.3	Calcestruzzi leggeri isolanti con inerti leggeri	316
11.2.4	Calcestruzzo alveolare	316
11.2.5	Calcestruzzo cellulare	317
	Appendice	319
	Indice analitico	329