



AUTOR

Eng^o Paulo Helene

Pesquisador do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo — EPUSP

CONSULTOR

Eng^o Maurício Gerschenstein

Diretor Presidente da MAUBERTEC Engenharia e Projetos

COORDENAÇÃO

Eng^o Paulo Sérgio F. de Oliveira — Superintendente da Fosroc Brasil

Eng^o Fernando A. P. Guimarães — Gerente Técnico da Fosroc Brasil

Sérgio Guerra — Gerente de Marketing da Fosroc Brasil

AGRADECIMENTO

Eng^o William Edward Bennett

A química certa para a construção



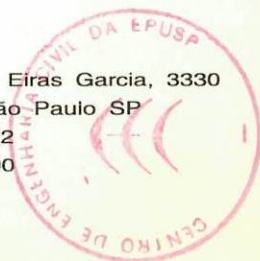
Fosroc

Av. Eng. Heitor A. Eiras Garcia, 3330

CEP 05564-100 São Paulo SP

Tel.: (011) 268.8322

Fax: (011) 869.9990



MANUAL PARA REPARO, REFORÇO E PROTEÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

© COPYRIGHT EDITORA PINI LTDA

Todos os direitos de reprodução ou tradução reservados pela Editora Pini Ltda

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Helene, Paulo R.L., 1949-

Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto / Paulo Helene ; [consultor Maurício Gerschenstein ; coordenação Paulo Sérgio F. Oliveira, Fernando A.P. Guimarães, Sérgio Guerra]. — 2ª ed. — São Paulo : Pini, 1992.

Projeto de Divulgação Tecnológica FOSROC

1. Concreto armado - Manutenção e reparos I. Gerschenstein, Maurício. II. Oliveira, Paulo Sérgio F. III. Guimarães, Fernando A. P. IV. Guerra, Sérgio. V. Título.
ISBN 85-7266-010-0

92-2791

CDD-624.18340288

Índices para catálogo sistemático:

1. Estruturas de concreto : Reforço e reparos : Engenharia 624.18340288
2. Reforço e reparos : Estruturas de concreto : Engenharia 624.18340288
3. Reparos e reforço : Estruturas de concreto : Engenharia 624.18340288

Layout: Walker Publicidade Ltda - Tel.: (011) 563.8363
Editoração: Practisys Ltda - Tel.: (011) 276.2521
Colaboradores: Eng^o Osvando Braga Junior
Eng^o Geraldo Mekbekian
Eng^a Kátia Dias Guimarães

Impresso nas oficinas gráficas da Editora Pini Ltda.
Rua Anhaia, 964 - Fone: (011) 221-5811
Telex: 1137803 PINI BR - Fax: (011) 224-8571
01130-900 - São Paulo - SP - Brasil

2ª edição - Nov/92

Reimpressão: jun/94, tiragem 1.500 exemplares

Índice seqüencial

Prefácio

1

Introdução

15

1

Patologia e Terapia das Construções 19

2

27 Materiais para Reparo, Reforço e Proteção

2.1	Concreto	27
2.2	Aditivos	28
2.3	Argamassas poliméricas	28
2.4	Grautes de base cimento	29
2.5	Argamassas e grautes orgânicos	29
2.6	Revestimentos monolíticos	32
2.7	Silicatação	32
2.8	Óleos	34
2.9	Vernizes e hidrofugantes de superfície	34
2.10	Tintas orgânicas	35
2.11	Tintas betuminosas e de alcatrão de hulha base epóxi	37
2.12	Selantes	38
2.13	Adesivos e primers	38
2.14	Produtos para ancoragem e emendas de barras de aço	39
2.15	Concretos e argamassas de pega/endurecimento rápido	39
2.16	Tijolos anticorrosivos	40
2.17	Argamassas de enxofre	41
	Quadro 2.1 — Materiais e sistemas para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto	42
2.18	Setores industriais em que os produtos podem ser aplicados	49

Vigas - Pilares - Lajes - Paredes

3.1	Corrosão de armaduras	52
3.2	Ninhos (segregação)	54
3.3	Incêndio	55

Vigas

3.4	Fissuras de flexão	56
3.5	Fissuras de cisalhamento	57
3.6	Fissuras de flexão na parte superior	58
3.7	Fissuras de flexão e escorregamento da armadura	59
3.8	Esmagamento do concreto	60
3.9	Fissuras de torção	61
3.10	Esmagamento do concreto por torção	62
3.11	Fissuras de retração hidráulica ou de movimentação térmica	63

Pilares

3.12	Fissuras de assentamento plástico	64
3.13	Fissuras de pega ou falsa pega	65
3.14	Fissuras de junta de concretagem	66
3.15	Fissuras de compressão localizada ou flambagem de armaduras	67
3.16	Fissuras ou rupturas no topo de pilares curtos	68

Lajes

3.17	Fissuras de flexão	69
3.18	Fissuras de flexão em balanço	70
3.19	Fissuras de momentos volventes	71
3.20	Fissuras de retração hidráulica e contração térmica	72
3.21	Punção	73

Paredes

3.22	Fissuras de recalque	74
3.23	Fissuras de retração hidráulica e contração térmica	75
3.24	Fissuras de flexão	76
3.25	Fissuras de tração	77

Pontes e viadutos

3.26	Deterioração generalizada	78
------	---------------------------	----

Silos e tanques

- 3.27 Percolação de líquidos e corrosão de armaduras 79

Estruturas em água do mar ou água doce

- 3.28 Deterioração generalizada 80

Galerias de água e esgoto

- 3.29 Colapso ou deterioração acentuada da parte superior 81
3.30 Deterioração da parte submersa 82

Edifícios industriais

- 3.31 Corrosão de armaduras, fissuras e degradação do concreto 83

Fundações

- 3.32 Defeitos de elementos estruturais de fundação 84

4

Procedimentos de Preparo e Limpeza do Substrato 85

- 4.1 Preparo do substrato 85
Quadro 4.1 — Procedimentos de preparo do substrato 85
4.1.1 Escarificação manual 86
4.1.2 Disco de desbaste 86
4.1.3 Escarificação mecânica 87
4.1.4 Demolição 87
4.1.5 Lixamento manual 88
4.1.6 Lixamento elétrico 88
4.1.7 Escovamento manual 89
4.1.8 Pistola de agulha 89
4.1.9 Jato de areia seco ou úmido 90
4.1.10 Disco de corte 91
4.1.11 Queima controlada 91
4.1.12 Remoção de óleos e graxas impregnados 92
4.1.13 Máquina de desbaste superficial 92
4.2 Limpeza das superfícies 93
Quadro 4.2 — Procedimentos de limpeza 93

4.2.1	Jato de água fria	94
4.2.2	Jato de água quente	94
4.2.3	Vapor	95
4.2.4	Lavagem com soluções ácidas	95
4.2.5	Lavagem com soluções alcalinas	96
4.2.6	Remoção de óleos e graxas superficiais	97
4.2.7	Jato de ar comprimido	97
4.2.8	Solventes voláteis	98
4.2.9	Saturação com água	99
4.2.10	Aspiração a vácuo	99

5

Procedimentos de Reparo e Reforço Estrutural

101

	Roteiro completo de um reparo	101
Vigas - Pilares - Lajes - Paredes		
5.1	Reparos superficiais localizados: argamassa polimérica base cimento	105
5.2	Reparos superficiais localizados: argamassa base epóxi	106
5.3	Reparos superficiais localizados: argamassa base poliéster	107
5.4	Reparos superficiais em grandes áreas: argamassa polimérica base cimento	108
5.5	Reparos superficiais em grandes áreas: argamassa polimérica projetada	109
5.6	Reparos superficiais em grandes áreas: estucamento	110
5.7	Reparos em juntas de movimentação: argamassa polimérica base cimento	111
5.8	Reparos em juntas de movimentação: argamassa base epóxi	112
5.9	Reparos profundos: argamassa polimérica base cimento	113
5.10	Reparos profundos: graute base cimento / microconcreto fluido	115
5.11	Reparos profundos: concreto	116
5.12	Reparos profundos: concreto pré-acondicionado	117
5.13	Reparos em pisos: microconcreto de alta resistência inicial	118
5.14	Reparos / reforços - corrosão por cloretos: proteção da armadura	119
5.15	Reparos / reforços - corrosão por cloretos: inibidor de corrosão	120

5.16	Reparo / reforço submerso: graute de base cimento para uso subaquático	121
5.17	Reforço: emendas para reconstituição da seção de armadura por traspasse	122
5.18	Reforço: emendas para reconstituição da seção de armadura por luva ou solda	123
5.19	Reforço: injeção de fissuras - graute base epóxi	124
5.20	Reforço: injeção de fissuras - graute base epóxi	125
5.21	Reforço: armaduras embutidas - argamassa base epóxi	126
5.22	Reforço: chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	127
5.23	Reforço: chapas metálicas aderidas ao concreto - chapas metálicas soldadas	128
5.24	Reforço em caso de emergência: incêndio / impactos - vigas e lajes	129
5.25	Reforço em caso de emergência: incêndio / impactos - pilares e paredes: concreto projetado	129

Vigas

5.26	Reforço: flexão - microconcreto fluido	130
5.27	Reforço: flexão - concreto	132
5.28	Reforço: flexão - concreto projetado	134
5.29	Reforço: flexão - chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	135
5.30	Reforço: cortante - argamassa base epóxi	137
5.31	Reforço: cortante - chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	138
5.32	Reforço: torção - graute base cimento / microconcreto fluido	140
5.33	Reforço: torção - concreto	142
5.34	Reforço: torção - concreto projetado	143
5.35	Reforço: torção - chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	144

Pilares

5.36	Reforço: graute base cimento / microconcreto fluido	146
5.37	Reforço: graute base epóxi	147
5.38	Reforço: concreto	148
5.39	Reforço: concreto projetado	149
5.40	Reforço: chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	150

Lajes

5.41	Reforço: momentos volventes - microconcreto de alta resistência inicial	152
5.42	Reforço: momentos volventes - concreto	153
5.43	Reforço: momentos volventes - chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	154
5.44	Reforço: flexão - argamassa base epóxi	156
5.45	Reforço: flexão - argamassa polimérica base cimento	157
5.46	Reforço: flexão - concreto	158
5.47	Reforço: flexão - concreto projetado	159
5.48	Reforço: flexão - chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	160

Pilares - lajes

5.49	Reforço: punção - graute base cimento / microconcreto fluido	161
5.50	Reforço: punção - chapas metálicas aderidas ao concreto - adesivo base epóxi	162
5.51	Reforço: punção - perfis metálicos protendidos	163

Consoles - dentes Gerber

5.52	Reforço: argamassa base epóxi	164
5.53	Reforço: graute base cimento / microconcreto fluido	166
5.54	Reforço: graute base epóxi	167
5.55	Reforço: concreto	168

Fundações

5.56	Reforço: blocos - graute base cimento / microconcreto fluido	169
5.57	Reforço: blocos - concreto	170
5.58	Reforço: sapatas - graute base cimento / microconcreto fluido	171
5.59	Reforço: sapatas - concreto	173
5.60	Reforço: estacas - microconcreto fluido	175
5.61	Reforço: estacas - concreto	176

6

Proteção e Manutenção das Superfícies de Concreto

177

6.1	Estrutura da superfície de concreto	178
6.2	Principais mecanismos de degradação	180
Quadro 6.1	Principais mecanismos de degradação das superfícies de concreto	180
6.3	Proteção de superfícies de concreto	182
6.3.1	Revestimentos de barreiras espessas	182
6.3.2	Sistemas de pinturas de proteção	183
6.4	Pinturas hidrofugantes	184
Quadro 6.2	Pinturas hidrofugantes	186
6.5	Pinturas impermeabilizantes	187
Quadro 6.3	Pinturas de proteção	188
Quadro 6.4	Orientação para escolha do produto e sistema de proteção	189
6.6	Comparação dos sistemas de pintura de proteção	191
6.7	Principais causas de manifestações patológicas	192
Quadro 6.5	Patologia dos sistemas de proteção para concreto	193
Quadro 6.6	Ensaaios comparativos de vários sistemas de proteção	195
6.8	Técnicas de preparação do substrato	198
6.9	Métodos de aplicação de sistemas de proteção	198
6.9.1	Cuidados na aplicação	200
6.10	Manutenção	201

Considerações Finais

203

Índice por Sintomas Patológicos e por Solução para o Problema

205

Bibliografia Seleccionada

211