

混凝土建筑物修补

Repair of Concrete Structures

〔英〕 R. T. L. 艾伦 S. C. 爱德华兹 编著

范沈抚 李金玉 译

买淑芳 审校



水利水电出版社

混凝土建筑物修补

Repair of Concrete Structures

〔英〕 R. T. L. 艾伦 S. C. 爱德华兹 编著

范沈抚 李金玉 译

买淑芳 审校

水利电力出版社

12
(京)新登字115号

RTL Allen

SC Edwards

Repair of Concrete Structures

Blackie & Son Ltd Glasgow & London 1987

混凝土建筑物修补

[英] R.T.L. 艾伦 S.C. 爱德华兹 编著

范沈抚 李金玉 译

*

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

朝阳区小红门印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 7.125印张 152千字

1992年9月第一版 1992年9月北京第一次印刷

印数0001—4640册

ISBN 7-120-01725-X TV·616

定价 5.50元

内 容 提 要

本书从检查分析建筑物破坏事例及原因入手，较为系统全面地介绍了英国在混凝土建筑物修补方面的一些经验和新技术。全书共分十二章，除论述了基本修补方法以外，还着重介绍了水下修补、大体积修补、渗漏修补、表面涂层等方面的修补技术、设备及各种新型材料。

本书对水电、交通、港工、铁道、工业民用建筑及建材等部门的建筑物修补及科研、教学都有较大的参考价值。

中 文 版 序

象人有生老病死一样，混凝土建筑物也有类似的规律。随着混凝土建筑物运行年限的增长，其混凝土的各种力学性能将逐渐劣化，目前常称之为老化；非正常速度的老化以及在外载和环境等因素作用下混凝土建筑物的损伤，目前称之为病害。混凝土建筑物的病害主要有裂缝、渗漏、冻融破坏、冲磨空蚀、碳化、钢筋锈蚀和化学侵蚀等。引起病害的可能原因是：某些规范尚不完善，建筑物设计欠妥，建筑材料本身不满足设计要求，施工质量欠佳，运行条件改变和管理中存在问题等。国内外工程实践表明，施工质量不好是产生病害的主要原因。40多年来我国兴建了大量混凝土建筑物，目前老化病害问题已日渐突出，有的已不能安全运行。因此混凝土建筑物老化病害问题已引起国内工程界和学术界的关注。实际上，混凝土建筑物老化病害处理已成为建筑业中一个重要行业。

修补已建混凝土建筑物比新建工程更难。修补技术与新建工程有相同之处，也有不同之处。不同之处主要在于老化病害的检测方法、老化病害的危害性评估方法、修补材料和技术、修补效果评定方法等。为此，我国不少科研单位已将混凝土建筑物老化病害防治技术列为研究课题。如在水工混凝土建筑物老化病害评估和防治技术方面，水利水电科学研究院结构材料所进行了近十年工作，已取得了一批有推广价值的成果。相信不久我们将会建立起适合我国情况的混凝土建筑物老化病害评估和防治技术体系。

发达国家遇到混凝土老化病害问题比我国早些，并已取得了一定经验。R. T. L. 艾伦和S. C. 爱德华兹编著的《混凝土建筑物修补》一书较系统地介绍了国外各种老化病害的最新修补技术。对从事材料研究、结构修补的工程技术人员来讲无疑是一本难得的好书。该书的翻译出版，有利于我们更好地借鉴国外的修补技术，结合我国的实际情况，发展我们自己的老化病害评估和防治技术。

于晓中

1991年10月

译 者 的 话

建国以来,我国兴建了许多混凝土建筑物。随着时间的推移,不少混凝土建筑物已经出现了老化病害问题,有些已影响了结构的安全运行。近些年来,我国开展了许多混凝土建筑物结构的耐久性研究与修补加固,投入了大量的人力物力。但是,目前我国还没有较为系统完整的混凝土结构修补技术方面的研究资料和专著,因此,参考借鉴国外这方面的成功经验和技術十分必要。

由英国混凝土结构修补专家R.T.L.艾伦(R. T. L. Allen)和S.C.爱德华兹(S.C. Edwards)编著的《混凝土建筑物修补》(Repair of Concrete Structures)一书,1987年由英国布莱基父子公司(Blackie & Son Ltd)第一次出版。本书共分12章,从检查分析混凝土建筑物结构破坏原因、典型特征、影响因素入手,较为全面系统地介绍了混凝土裂缝、渗漏、钢筋锈蚀、冻融破坏、化学侵蚀、表面剥落等方面的修补技术、方法、经验、设备;另外还较详细地介绍了聚合物混凝土、水下不分散混凝土、表面防护涂料等各种新材料和真空浸渍混凝土、喷射混凝土、预填骨料压浆混凝土等新工艺的应用。本书附有大量工程修补应用照片和参考文献,内容新颖,涉及面广,为混凝土结构工程修补方面的专著,对水电、交通、港工、铁道、建筑、建材等部门的建筑物结构修补以及科研、教学都很有参考价值。

本书第1、2、3、4、5、7、8、9、10、11章由范沈抚翻译,第6、12章由李金玉翻译,全书由范沈抚

目 录

中文版序

译者的话

1	混凝土施工中产生的破坏.....	(1)
	R.T.L. 艾伦	
1.1	简述.....	(1)
1.2	裂缝.....	(1)
1.3	表面破损.....	(8)
1.4	混凝土颜色变化.....	(10)
1.5	其它表面缺陷.....	(12)
1.6	混凝土钢筋保护层厚度不够.....	(14)
	参考文献.....	(14)
2	检查与分析.....	(16)
	R.T.L. 艾伦	
2.1	一般考虑.....	(16)
2.2	破坏原因.....	(16)
	2.2.1 化学作用.....	(17)
	2.2.2 物理作用.....	(19)
	2.2.3 钢筋锈蚀.....	(21)
2.3	分析检查.....	(23)
	2.3.1 现场观察.....	(23)
	2.3.2 提问.....	(24)
	2.3.3 现场试验.....	(25)
	2.3.4 室内试验.....	(31)
2.4	小结.....	(32)
	参考文献.....	(32)
3	水泥与骨料.....	(35)
	R.T.L. 艾伦	
3.1	硅酸盐水泥.....	(35)

3.2	高铝水泥	(37)
3.3	骨料	(37)
	参考文献	(38)
4	聚合物混凝土修补材料	(40)
	J.D.N. 肖	
4.1	简述	(40)
4.2	聚合物改性水泥基材料	(40)
4.3	树脂砂浆修补材料	(45)
	4.3.1 环氧树脂	(46)
	4.3.2 不饱和聚酯树脂	(46)
	4.3.3 不饱和丙烯酸树脂	(47)
	4.3.4 树脂的安全使用	(47)
	4.3.5 树脂的选择	(48)
	4.3.6 聚合物修补材料的特性	(48)
4.4	聚合物粘结剂	(48)
4.5	裂缝修补与树脂灌浆	(51)
4.6	重型起重机轨道的灌浆	(53)
4.7	树脂粘结剂外部补强	(54)
4.8	用聚合物浸渍的方法改善混凝土板的抗磨 性能	(55)
	参考文献	(56)
5	混凝土裂缝修补	(59)
	R.T.L. 艾伦 S.C. 爱德华兹	
5.1	修补目的	(59)
5.2	裂缝的分类和判断	(60)
5.3	非活缝处理	(60)
	5.3.1 水泥灌浆	(61)
	5.3.2 聚合物封缝	(61)
	5.3.3 聚合物灌浆	(61)
5.4	活缝处理	(66)
5.5	真空浸渍技术	(68)

参考文献	(69)
6 手工修复剥落混凝土	(71)
R.T.L. 艾伦	
6.1 分析判断	(71)
6.2 准备工作	(71)
6.3 材料选择	(74)
6.4 水泥基修补材料的应用	(76)
6.5 树脂基修补材料的应用	(78)
6.6 养护	(80)
参考文献	(80)
7 喷射混凝土	(82)
W.B. 朗	
7.1 简述	(82)
7.2 专业术语定义	(82)
7.3 干喷和湿喷混凝土工艺	(83)
7.3.1 干喷混凝土工艺	(83)
7.3.2 湿喷混凝土工艺	(85)
7.4 喷射混凝土设备	(86)
7.5 喷射混凝土性质	(88)
7.5.1 干喷混凝土	(88)
7.5.2 湿喷混凝土	(88)
7.6 喷射混凝土修补的一般技术要求	(89)
7.7 喷射混凝土修补的特殊技术要求	(95)
7.7.1 钢筋锈蚀破坏混凝土的修补	(95)
7.7.2 火灾破坏混凝土的修补	(95)
7.7.3 机械或物理破坏混凝土的修补	(96)
7.8 质量控制及施工工艺	(96)
7.9 实际应用	(100)
参考文献	(104)

8	大体积混凝土修补	(106)
	R.T.L. 艾伦	
8.1	简述	(106)
8.2	准备工作	(106)
8.3	模板	(106)
8.4	配合比设计	(108)
8.5	混凝土浇筑与振捣	(109)
8.6	预填骨料压浆混凝土施工	(109)
8.7	养护	(110)
8.8	混凝土表面处理	(111)
	参考文献	(111)
9	渗漏封堵	(113)
	S.C. 爱德华兹	
9.1	简述	(113)
9.2	现场调查	(114)
9.3	传统渗漏封堵方法	(115)
9.4	表面止水	(116)
9.5	液体流动和压力作用	(118)
9.6	从下游面封堵渗漏	(122)
	9.6.1 灌浆管固定系统	(123)
	9.6.2 直接与间接灌浆方法	(123)
	9.6.3 直接灌浆方法	(124)
	9.6.4 间接灌浆方法	(125)
9.7	灌浆技术的发展	(125)
9.8	渗漏封堵专用设备	(127)
9.9	隧洞与涵管的渗漏封堵	(129)
	9.9.1 隧洞渗漏封堵	(129)
	9.9.2 涵管渗漏封堵	(130)
9.10	结语	(132)
	参考文献	(132)

10	表面涂层.....	(134)
	S.C. 爱德华兹	
10.1	简述.....	(134)
10.2	防护涂层在混凝土保护与修补中的应用.....	(136)
10.2.1	防御大气有害成分侵蚀涂层.....	(136)
10.2.2	桥面板防护涂层.....	(137)
10.2.3	开裂混凝土的防护涂层.....	(138)
10.2.4	混凝土管及涵洞涂层.....	(140)
10.2.5	污水管及污水处理装置修补涂层.....	(141)
10.2.6	容器内衬涂层.....	(143)
10.3	涂料种类.....	(144)
10.3.1	原材料成分.....	(144)
10.3.2	溶剂型涂料.....	(146)
10.3.3	无溶剂型涂料.....	(147)
10.3.4	水乳液涂料.....	(149)
10.3.5	增强涂料.....	(150)
10.4	表面处理.....	(151)
10.4.1	简述.....	(151)
10.4.2	坚硬完好混凝土表面的处理.....	(151)
10.4.3	疏松破损混凝土表面的处理.....	(153)
10.4.4	表面处理方法.....	(154)
10.5	涂料施工方法.....	(156)
10.5.1	喷涂技术.....	(156)
10.5.2	辊涂技术.....	(157)
10.5.3	刷涂技术.....	(158)
10.5.4	抹涂技术.....	(158)
10.6	混凝土保护涂层的选择.....	(158)
10.6.1	混凝土保护涂层的适用性.....	(158)
10.6.2	多级涂层系统.....	(159)
10.6.3	环境条件.....	(159)
10.6.4	结语.....	(160)
	参考文献.....	(160)

11	水下修补.....	(163)
	R.D.布朗 A.麦克利什 P.C.罗伯里	
11.1	破坏部位修补前的处理.....	(166)
11.1.1	清洗表面.....	(167)
11.1.2	去除破损混凝土.....	(167)
11.1.3	切除钢筋.....	(170)
11.1.4	最后准备工作.....	(172)
11.2	小面积修补.....	(172)
11.2.1	水泥砂浆.....	(172)
11.2.2	树脂砂浆.....	(173)
11.3	裂缝灌浆.....	(173)
11.4	大规模修补.....	(176)
11.4.1	模板.....	(176)
11.4.2	配合比设计.....	(179)
11.4.3	施工方法.....	(180)
11.4.4	不分散混凝土.....	(186)
11.4.5	预填骨料混凝土.....	(186)
11.4.6	环氧树脂混凝土.....	(188)
	参考文献.....	(188)
12	混凝土底板修补.....	(190)
	E.莫尔德	
12.1	简述.....	(190)
12.2	准备工作.....	(190)
12.3	专业术语定义.....	(191)
12.4	破坏原因.....	(194)
12.5	底板修补.....	(194)
12.5.1	准备工作.....	(194)
12.5.2	薄粘结性顶层.....	(197)
12.5.3	接缝密封层的修复.....	(202)
12.5.4	裂缝修补.....	(202)
12.5.5	重新浇筑底板.....	(204)
12.6	找平层.....	(205)

12.6.1	定义.....	(205)
12.6.2	水泥砂浆找平层的常见缺陷.....	(206)
12.6.3	小型管道或电缆的覆盖保护层.....	(207)
12.6.4	养护.....	(207)
12.6.5	浮式找平层.....	(207)
12.7	顶层.....	(208)
12.7.1	定义.....	(208)
12.7.2	材料选择与准备工作.....	(208)
12.7.3	粘结性顶层.....	(208)
12.7.4	非粘结性顶层	(209)
12.7.5	树脂和聚合物顶层.....	(209)
参考文献		(211)

1 混凝土施工中产生的破坏

R.T.L. 艾伦

1.1 简述

混凝土结构施工几乎不可能在理想条件下进行。因此，在混凝土浇筑过程中或刚完工不久，由于种种原因可能产生破损（见表1.1）。其原因或是原材料不适合，或是施工方法、工艺不当，不能适应特殊结构形式和严酷气候条件的要求。在钢筋密集或断面非常小的一些结构部位，混凝土破坏更容易发生。混凝土配合比不当，能引起混凝土颜色发生变化以及产生蜂窝等许多问题。应该记住，满足强度要求的混凝土配合比，并不一定满足其它性能要求。为了使混凝土密实、表面光滑以及具有长期耐久性，应在混凝土配合比中相应加大水泥用量。一味强调节省工作量和模板有可能适得其反。除了在某些情况下，去掉重浇在经济上合算以外，大多数混凝土施工缺陷可以修补处理。如真有必要去掉重浇的话，最好在混凝土强度还没有达到最大时就进行，不宜间隔时间太长，这样，操作较简便。

1.2 裂缝

混凝土浇筑后出现的裂缝一般笼统地描述为收缩，但是，真正的干缩几个月后才能显示出来。因此，通常必须寻找其它原因⁽¹⁾。

暴露的混凝土表面在刚施工完甚至还没有浇筑完时所出现的裂缝，一般为塑性收缩裂缝。这是由于混凝土表面迅速

表 1.1 混凝土施工中产生的破坏

特 征	原 因	预 防 措 施	修 补 方 法
混凝土硬化或硬化后不久在水平面上的裂缝	塑性收缩：表面水分迅速蒸发	混凝土浇筑后立即表面保护，使用引气剂	涂刷水泥浆或低粘性聚合物进行封缝
横板拉杆和钢筋上部的裂缝，或混凝土柱棱角处的裂缝	塑性收缩：混凝土从开始硬化起的连续下沉	调整混凝土配合比，使用引气剂	若混凝土仍在塑性状态时，对上部混凝土重新振捣；若混凝土已固化，则封缝
混凝土温度下降时，大体积混凝土的裂缝	约束性热收缩	尽量减少混凝土收缩的约束力，延缓混凝土温度下降时间直到混凝土具有足够的强度	封缝
混凝土表面的气孔	模板处水和空气的积留，振捣不足，配合比不当，不适宜的脱模剂	改进振捣，调整混凝土配合比或改变脱模剂，使用可吸收性模板	用聚合物改性砂浆填堵
混凝土蜂窝	振捣不足，灰浆流失	改进振捣，降低骨料最大粒径，避免灰浆的渗漏	去除蜂窝混凝土，进行树脂灌浆

续表

特 征	原 因	预 防 措 施	修 补 方 法
垂直面混凝土竖直条纹状冲蚀	沿模板表面水向上运动引起的冲蚀	调整混凝土配合比，增加混凝土粘聚性或减少用水量	表面涂抹聚合物砂浆
混凝土颜色变化	混凝土配合比、养护条件、模板表面性质、振捣、脱模剂的变化，水从模板的渗漏	确保所有条件的一致性，避免模板的渗漏	应用表面涂层
混凝土表面起粉	由于某种模板木材里的糖分引起的表面缓慢凝	改变模板材料，或在开始几次使用时用石灰水处理模板表面	一般不需要处理
混凝土表面锈迹	骨料中的黄铁矿，含有钢筋锈蚀的雨水，露出的铁丝头，模板碎屑	避免使用含黄铁矿的骨料，保护钢筋不生锈，彻底清洗模板，防止铁丝头露出	用稀释的酸或柠檬酸钠/连二亚硫酸钠清洗表面；应用表面涂层
混凝土表面脱落	脱模剂不足或脱模不小心	正确使用脱模剂以及在脱模时加以小心	涂抹细砂浆或采用修补剥落混凝土的方法进行修补
钢筋混凝土保护层厚度不够	混凝土浇筑中钢筋移位，或钢筋捆扎不牢	操作细致，保证钢筋扎牢固定、布位准确	涂刷聚合物水泥砂浆或应用保护层