

混凝土结构耐久性丛书

锈蚀混凝土结构的

耐久性修复与保护

Durable Rehabilitation and Protection to
Corroded Concrete Structure

李 果 著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

混凝土结构耐久性丛书

锈蚀混凝土结构的耐久性 修复与保护

李 果 著



中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本书以锈蚀混凝土结构的修复与保护为主线,首先介绍混凝土中钢筋锈蚀的基本原理、特点以及锈蚀混凝土结构常用修复技术和修补材料,然后通过理论研究、实验研究和有限元模拟等手段分析在采用“局部修复法”时修补材料与基层混凝土在早期物理变形、后期力学性能和钢筋锈蚀电化学性能等方面的不相容性,提出基于修复后混凝土结构耐久性的修复建议。最后介绍在当前工程实践中最新的混凝土表面耐久性防护措施、锈蚀混凝土结构电化学防护与修复技术和一些国内外典型锈蚀混凝土结构修复与新建混凝土结构防护实例。

本书不仅对具体从事混凝土结构设计、施工、维护和管理的技术人员具有参考价值,还可以作为相关土木工程专业高校本科生、研究生的选修课教材。

图书在版编目(CIP)数据

锈蚀混凝土结构的耐久性修复与保护/李果著.

北京:中国铁道出版社,2011.4

(混凝土结构耐久性丛书)

ISBN 978-7-113-12422-9

I. ①锈… II. ①李… III. ①钢筋混凝土结构-耐用性-修复-研究②钢筋混凝土结构-耐用性-保护-研究 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 259058 号

混凝土结构耐久性丛书

书 名: 锈蚀混凝土结构的耐久性修复与保护

作 者: 李 果 著

策划编辑: 时 博

责任编辑: 时 博

电话: 010-51873141

电子信箱: crph@163.com

封面设计: 冯龙彬

责任校对: 焦桂荣

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpress.com>

印 刷: 三河市华丰印刷厂

版 次: 2011年4月第1版 2011年4月第1次印刷

开 本: 720 mm × 1 000 mm 1/16 印张: 12.5 字数: 232 千

书 号: ISBN 978-7-113-12422-9

定 价: 34.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话: 市电(010)51873170, 路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话: 市电(010)63549504, 路电(021)73187

《混凝土结构耐久性丛书》序

我国正处于土木工程基础设施大规模建设阶段,钢筋混凝土材料仍是土木工程基础设施中最重要的建筑材料,水泥基混凝土用量已达到人均世界第一的水平。但是,我们必须清醒地看到,土木工程基础设施的百年大计问题,特别是混凝土结构耐久性方面,尚有很多问题需要去解决。值得庆幸的是,混凝土结构的耐久性问题不仅得到了学术界的重视,而且也得到了工程界的关注。在混凝土结构耐久性设计方法、使用寿命预测,以及既有结构耐久性加固修复等方面,学术界已开展了广泛的研究,同时在工程实践过程中,特别是重大工程,其耐久性问题也得到了高度重视。

中国矿业大学混凝土结构耐久性课题组在国家自然科学基金的多次资助下,经过十余年的不懈努力,在混凝土结构耐久性方面获得了较系统的研究成果,在国内外重要学术刊物和重要学术会议上发表了近百篇论文。为进一步推动混凝土结构耐久性研究的深入开展,现将本课题组所得到的研究成果汇总成这套丛书。

本丛书所论述的混凝土结构耐久性问题主要包括两个方面:一是大气环境氯盐侵蚀引起的地面混凝土结构钢筋锈蚀耐久性问题,二是岩土环境硫酸盐侵蚀引起的地下结构混凝土腐蚀耐久性问题。

丛书由以下五部著作组成:

- (1) 钢筋混凝土的全寿命过程与预计
- (2) 混凝土结构的钢筋锈蚀与退化速率
- (3) 锈蚀混凝土结构的承载性能评估与设计
- (4) 锈蚀混凝土结构的耐久性修复与保护
- (5) 地下结构混凝土硫酸盐腐蚀机理及性能退化

前四部著作以论述大气环境氯盐侵蚀引起混凝土内钢筋锈蚀所产生的一系列耐久性问题为主线,分别从不同角度、途径对此进行深入论述,相互之间又存在着衔接、递进的关系。著作(1)将钢筋起始锈蚀条件、钢筋锈胀力分布和发展、钢筋锈胀开裂预计和锈胀开裂后的锈蚀演进联系起来,考察混凝土结构的全寿命过程,提出钢筋锈蚀速率变化的时变模型,可以预计全寿命过程的各个时段长度。著作(2)通过混凝土内钢筋锈蚀速率的研究,将混凝土结构的服役时间、锈蚀程度联系起来;在基本电化学预测模型基础上,综合结构受荷载作用引起横向裂缝的影响,以及结构钢筋骨架配筋的影响;钢筋锈蚀速率模型可以预测与时间相关的钢筋锈蚀量。著作(3)基于人工气候和自然气候氯盐侵蚀环境的试验研究,论述了普通混凝土结构和预应力混凝土结构内钢筋的力学性能及粘结性能以及构件结构性能的退化规律,建立与锈蚀程度相关的钢筋强度与结构承载能力预计概率模型,提出锈蚀混凝土结构承载性能

评估与设计的体系与方法。著作(4)论述混凝土结构的耐久性修复问题,其中重点考虑本体混凝土与修复材料之间存在的早期物理、力学性能与电化学性能相容性问题;如不很好解决加固修复中的不相容问题,将不能达到恢复结构耐久性的目的。

著作(5)以地下混凝土结构为对象,考虑岩土环境硫酸盐侵蚀作用,介绍混凝土受硫酸盐腐蚀的试验和检测方法,论述了侵蚀物类型、浓度、地下水压力以及荷载应力等因素对混凝土腐蚀速率的影响,建立了混凝土腐蚀速率预计模型;论述了混凝土强度及粘结性能,以及构件结构性能的退化规律,提出了受硫酸盐腐蚀构件结构性能评估方法及抗硫酸盐腐蚀的设计建议。

《混凝土结构耐久性丛书》的作者均是本课题组主要研究人员。每部著作均以作者本人研究成果为主,同时还综合历届研究生相应成果撰写而成;另外,为达到论述系统、便于阅读的目的,每部著作还兼顾介绍了有关的背景和基础知识。

感谢国家自然科学基金会对《混凝土结构耐久性丛书》相关研究工作的资助,感谢中国矿业大学深部岩土力学与地下工程国家重点实验室和煤矿深井建设技术国家工程实验室对本丛书出版的资助。

中国矿业大学教授



2010年8月

前 言

随着时间的流逝以及结构物自身材料和使用、外部环境条件和偶然作用等诸多方面的原因都有可能导致结构物过早地老化和损坏,因此也就出现了当前一个热门的行业——建筑加固。虽然市面上的加固企业和可选择的加固材料、方法众多,但是真正能够胜任锈蚀混凝土结构修复与加固的并不多,同时当前我国施工行业也缺乏针对锈蚀混凝土结构修复与加固的指导性标准和技术文件。钢筋混凝土结构是世界范围内建筑结构的一种主要形式,它由钢筋和混凝土两种性质迥异的材料复合而成,加固与修复有其自身的特殊性和复杂性。如果仅仅从结构物承载力的角度进行修复和加固,往往只能起到较为短暂的作用,即“治标不治本”。本书从钢筋混凝土结构修复过程中需要重点考虑的修复材料与原混凝土结构早期物理变形性能、后期力学性能和钢筋锈蚀电化学性能的相容性着手,以锈蚀钢筋混凝土结构的修复和加固为特色,阐述锈蚀混凝土结构修复和加固过程中可以采取的方法以及需要注意的问题。

本书的主要内容包括:

(1) 基于损伤混凝土结构力学性能的常规修复方法介绍,包括增大截面法、局部替换法、黏贴增强材法和改变受力体系法等;

(2) 受力锈蚀混凝土柱和局部锈蚀混凝土梁应力重分布、侧向变形和极限承载力等力学性能退化规律;

(3) 混凝土结构常用修补材料的介绍与选择,包括普通碱性水泥砂浆(混凝土)、聚合物改性水泥砂浆(混凝土)、纤维增强混凝土、聚合物树脂胶泥(混凝土)和注浆材料等;

(4) 修补材料与原基层混凝土早期收缩、拉徐变和开裂等物理性能不相容性的研究;

(5) 修补材料强度、弹性模量和修复时卸载程度对局部修复柱侧向变形、极限承载力等力学性能不相容性的研究;

(6) 修补材料与原基层混凝土对钢筋锈蚀产生的腐蚀电位、腐蚀电流等电化学不相容性的研究,及锈蚀混凝土结构的耐久性修复技术;

(7) 锈蚀混凝土结构的表面涂层、迁移型钢筋阻锈剂、阴极保护、电化学再碱化和电化学脱盐等钢筋锈蚀防护措施;

(8) 已有锈蚀混凝土结构修复与加固及新建混凝土结构钢筋锈蚀预防的典型工程实例介绍。

本书的特点在于:

(1) 强调研究对象为发生钢筋锈蚀的混凝土结构,具有鲜明的针对性;对于非钢筋锈蚀原因引起的混凝土结构损伤,本书所提出的修复方法亦有参考价值。

(2) 强调修补的方法为耐久性修复,而不是单纯的加固性修复,即修复策略的关键在于根除或抑制钢筋锈蚀产生的原因,同时兼顾修补材料早期物理性能、后期力学性能和钢筋锈蚀的电化学不相容性等,选择合适的修复材料和方法,最终确保锈蚀混凝土结构耐久性修复的实现。

本书以作者多年的科研成果为主,同时采用了中国矿业大学混凝土结构耐久性课题组蔡跃硕士部分论文数据。本书写作过程中,得到了袁迎曙教授的悉心指导、帮助和审阅,得到了混凝土结构耐久性课题组李富民、耿欧、姬永生和杜健民的悉心审阅。另外,本书写作过程中还参阅、引用了大量国内外专家、学者的相关文献资料,作者对此表示衷心的感谢!

本书的写作尽管付出了艰辛的努力,但限于作者水平有限和时间仓促,书中难免会存在错误和疏漏,敬请批评和指正。

齐东

2010.8.31

符号与注释

- I_{corr} ——钢筋腐蚀电流
- i_{corr} ——钢筋腐蚀电流密度
- E_{corr} ——钢筋腐蚀电位
- R_p ——钢筋极化电阻
- R_c ——混凝土电阻率
- B ——Stern-Geary 常数,对活化状态的钢筋取 26 mV,对钝化状态钢筋取52 mV
- RH ——环境相对湿度
- T ——环境温度
- $\varepsilon_{s,t}$ ——混凝土 t 时的收缩应变
- $\varepsilon_{s,u}$ ——混凝土的极限收缩应变
- α ——材料化学反应充分程度
- t ——化学反应时间
- ΔT ——温度变化
- γ ——修补材料膨胀系数
- E ——材料化学反应活化能
- $R(t)$ ——修补材料的松弛模量
- σ_0 ——初始应力
- ε_0 ——初始应变
- $\varepsilon(t, \tau)$ —— t 时刻的应变
- $i_{\text{mac},i}$ —— i 段钢筋的宏电流密度
- $i_{\text{mic},i}$ —— i 段钢筋的微电流密度

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 混凝土结构性能退化的原因	1
1.1.1 淡水溶蚀	2
1.1.2 化学侵蚀	2
1.1.3 冻融循环	4
1.1.4 碱—骨料反应	5
1.1.5 钢筋的锈蚀	6
1.2 钢筋锈蚀引起的混凝土结构性能退化	8
1.2.1 混凝土中钢筋锈蚀基本原理及发展特点	8
1.2.2 锈蚀混凝土结构损伤、破坏特点	9
1.3 损伤混凝土结构常规修复和加固技术	10
1.3.1 增大截面加固法	10
1.3.2 局部置换修补法	11
1.3.3 加强材加固法	12
1.3.4 改变受力体系加固法	15
1.4 锈蚀损伤混凝土结构修复和加固的特殊性	16
1.4.1 锈蚀混凝土结构修复失败机理分析	17
1.4.2 修复后混凝土结构中钢筋的再锈蚀	17
1.5 锈蚀混凝土结构的诊断与分析	19
1.5.1 初步外观检查	19
1.5.2 混凝土强度、裂缝状态检测	20
1.5.3 混凝土内钢筋锈蚀状态检测	22
1.5.4 混凝土内钢筋锈蚀原因检测	25
1.6 研究意义	28
第 2 章 锈蚀混凝土结构力学性能退化特征	32
2.1 受力锈蚀钢筋混凝土柱力学性能退化特征	32
2.1.1 试验方案	32
2.1.2 锈蚀过程中的应力、侧向挠度和裂缝发展	35
2.1.3 锈蚀柱极限承载力	39

2.1.4	锈蚀柱非线性有限元分析	41
2.2	局部锈蚀混凝土梁力学性能退化特征	47
2.2.1	试验方案	47
2.2.2	试验结果与分析	48
2.3	小 结	52
第3章	混凝土结构常用修补材料	53
3.1	概 述	53
3.1.1	水泥基修补材料	53
3.1.2	聚合物改性水泥基修补材料	56
3.1.3	纤维增强类修补材料	58
3.1.4	聚合物修补材料	60
3.1.5	聚合物注浆材料	63
3.2	修补材料基本性能与选择	65
3.2.1	修补材料的热膨胀系数	66
3.2.2	修补材料早期强度和弹性模量	66
3.2.3	修补材料的颜色	69
3.3	小 结	69
第4章	混凝土结构局部修复的早期物理变形性能	71
4.1	混凝土的物理变形性能	71
4.1.1	混凝土的收缩	71
4.1.2	混凝土的徐变	76
4.2	修补材料的早期收缩模型	77
4.2.1	自由收缩模型	77
4.2.2	试验研究	79
4.3	修补材料的早期拉徐变模型	80
4.3.1	物理模型	80
4.3.2	试验研究	81
4.4	局部修复梁的约束收缩试验研究	83
4.4.1	简支梁修复方案	83
4.4.2	试验结果	84
4.4.3	修补开裂原因分析	85
4.5	局部修复梁的约束收缩有限元分析	86
4.5.1	二维有限元梁模型的建立	86
4.5.2	有限元模拟分析结果	88

4.6	收缩补偿混凝土的配制	90
4.7	小 结	91
第5章	混凝土结构局部修复力学性能的相容性	92
5.1	局部修复混凝土柱力学性能	92
5.1.1	局部修复混凝土结构理论分析	92
5.1.2	修补材料对修复柱力学性能相容性的影响	93
5.1.3	卸载程度对修复柱力学性能相容性的影响	96
5.2	局部修复混凝土柱非线性有限元分析	98
5.2.1	有限元模型的建立与分析方案	98
5.2.2	卸载修复柱的非线性有限元分析	99
5.2.3	部分卸载修复柱的非线性有限元分析	101
5.3	小 结	103
第6章	锈蚀混凝土结构耐久性修复技术	105
6.1	锈蚀混凝土结构局部修复电化学不相容性试验	105
6.1.1	局部修复钢筋锈蚀电化学不相容性机理分析	105
6.1.2	试验方案	107
6.1.3	混凝土内钢筋腐蚀电流量测与计算	108
6.1.4	局部修复对混凝土内钢筋腐蚀电位的影响	109
6.1.5	局部修复对混凝土内钢筋腐蚀电流的影响	110
6.2	锈蚀混凝土结构的修补技术	113
6.2.1	锈蚀混凝土结构修补基本原理	113
6.2.2	锈蚀混凝土结构常用修复技术与注意事项	114
6.3	锈蚀混凝土结构修补的使用寿命预计	119
6.3.1	碳化混凝土结构修补使用寿命预计	119
6.3.2	氯盐侵蚀混凝土结构修补使用寿命预计	120
6.4	小 结	122
第7章	混凝土结构锈蚀防护与监测技术	123
7.1	混凝土表面耐久性防护技术	123
7.1.1	混凝土表面防护层	123
7.1.2	渗透型钢筋阻锈剂	125
7.2	锈蚀混凝土结构的电化学修复技术	126
7.2.1	阴极保护法	126
7.2.2	电化学脱盐处理	128

7.2.3	电化学再碱化处理	130
7.3	锈蚀混凝土结构修复后的实时监测技术	131
7.3.1	极化腐蚀探头	131
7.3.2	宏电偶探头	133
7.4	小 结	135
第 8 章	工程实例	136
8.1	徐州某煤矿副井井塔的修复与加固	136
8.1.1	工程概况	136
8.1.2	井塔耐久性检测与锈蚀机理分析	136
8.1.3	井塔的耐久性修复和加固设计	138
8.1.4	修复效果检查与分析	140
8.2	大丰挡潮闸胸墙钢筋混凝土梁强制电流阴极保护	141
8.2.1	工程概况	141
8.2.2	自腐蚀电位测量	141
8.2.3	阴极保护方案	141
8.2.4	阴极保护施工	142
8.2.5	阴极保护通电调试及监测	142
8.2.6	结 论	143
8.3	杭州湾跨海大桥混凝土中钢筋锈蚀的预防与防护措施	144
8.3.1	海工耐久性混凝土的应用	144
8.3.2	环氧涂层钢筋的应用	145
8.3.3	钢筋阻锈剂的应用	146
8.3.4	加厚混凝土保护层	147
8.4	意大利圣安东尼阿巴特教堂碳化锈蚀的电化学再碱化修复	147
8.4.1	初步处理	149
8.4.2	完全处理	152
8.4.3	结果讨论	153
8.5	美国俄勒冈州滨海钢筋混凝土桥梁锈蚀防护与修复	154
8.5.1	阳极老化的现场与实验室研究	154
8.5.2	桥梁锈蚀破坏鉴定与评价	162
8.5.3	不锈钢筋在新建桥梁中的应用	165
8.5.4	结 论	167
8.6	小 结	168
参考文献	169

Contents

1 Introduction	1
1.1 REASONS CAUSING THE DEGRADATION OF CONCRETE STRUCTURES	1
1.1.1 <i>Water dissolution</i>	2
1.1.2 <i>Chemical erosion</i>	2
1.1.3 <i>Freeze-thaw cycling</i>	4
1.1.4 <i>Alkali-aggregate reaction</i>	5
1.1.5 <i>Steel bars' corrosion</i>	6
1.2 PROPERTIES DEGRADATION OF CONCRETE STRUCTURES DUE TO STEEL BARS' CORROSION	8
1.2.1 <i>Mechanism and propagation characteristics of steel bars' corrosion in concrete</i>	8
1.2.2 <i>Damage characteristics of corroded reinforced concrete structures</i>	9
1.3 CONVENTIONAL REHABILITATION AND STRENGTHEN TECHNOLOGIES TO DETERIORATED CONCRETE SIRUCTURES	10
1.3.1 <i>Enlarge section area method</i>	10
1.3.2 <i>Local replacement repair method</i>	11
1.3.3 <i>Adding strengthen materials method</i>	12
1.3.4 <i>Changing bearing route method</i>	15
1.4 PARTICULARITY OF REHABILITATION TO THE CORRODED CONCRETE STRUCTURES	16
1.4.1 <i>Analysis of the failed rehabilitation to the corroded concrete structures</i> ...	17
1.4.2 <i>Re-corrosion of steel bar in the corroded concrete structures after repair</i>	17
1.5 DIAGNOSIS AND ANALYSIS TO THE CORRODING CONCRETE STRUCTURES	19
1.5.1 <i>Preliminary outlooking inspection</i>	19
1.5.2 <i>Inspection of concrete compressive strength and surface cracks</i>	20
1.5.3 <i>Inspection of steel bars' corrosion status</i>	22
1.5.4 <i>Reasons inspection and analysis leading steel bars' corrosion</i>	25
1.6 RESEARCH SIGNIFICANCE	28

2	Mechanical property degradation characteristics of corroded concrete structures	32
2.1	MECHANICAL PROPERTY DEGRADATION CHARACTERISTICS OF REINFORCED CONCRETE COLUMN DURING THE PROCESS OF CORRODING AND UNDER PRESSURE	32
2.1.1	<i>Experimental plan</i>	32
2.1.2	<i>Development of stress, deflection and crack during the process of corroding</i>	35
2.1.3	<i>Limited capacity of corroded concrete column</i>	39
2.1.4	<i>Nonlinear finite element analysis of corroded concrete column</i>	41
2.2	MECHANICAL PROPERTY DEGRADATION CHARACTERISTICS OF PARTIALLY CORRODED CONCRETE BEAM	47
2.2.1	<i>Experimental plan</i>	47
2.2.2	<i>Results and analysis</i>	48
2.3	CONCLUSION	52
3	Common repair materials in concrete structures	53
3.1	INTRODUCTION	53
3.1.1	<i>Cementitious repair materials</i>	53
3.1.2	<i>Polymer modified cementitious repair materials</i>	56
3.1.3	<i>Fibre reinforced repair materials</i>	58
3.1.4	<i>Polymer repair materials</i>	60
3.1.5	<i>Polymer materials for impregnation</i>	63
3.2	BASIC PROPERTIES AND SELECTION OF REPAIR MATERIALS	65
3.2.1	<i>Coefficient of thermal expansion</i>	66
3.2.2	<i>Early age strengths and modules of repair materials</i>	66
3.2.3	<i>Colour of repair materials</i>	69
3.3	SUMMARY	69
4	Early age volume incompatibility during the patch repair in concrete structures	71
4.1	PHYSICAL DEFORMATION PROPERTIES OF CONCRETE	71
4.1.1	<i>Concrete shrinkage</i>	71
4.1.2	<i>Concrete creep</i>	76
4.2	EARLY AGE SHRINKAGE MODEL OF REPAIR MATERIALS	77
4.2.1	<i>Free shrinkage model</i>	77

4.2.2	<i>Experimental study</i>	79
4.3	EARLY AGE TENSILE CREEP MODEL OF REPAIR MATERIALS	80
4.3.1	<i>Mechanical model</i>	80
4.3.2	<i>Experimental study</i>	81
4.4	EXPERIMENTAL STUDIES OF PARTIAL RESTRAINED REPAIR	83
4.4.1	<i>Repair scheme of simple supported beam</i>	83
4.4.2	<i>Experimental results</i>	84
4.4.3	<i>Analysis of cracks after repair</i>	85
4.5	FINITE ELEMENT ANALYSIS OF RESTRAINED REPAIRED BEAM	86
4.5.1	<i>Two dimension finite element model establishment of beam</i>	86
4.5.2	<i>Results of finite element analysis</i>	88
4.6	MAKING OF NON-SHRINKAGE CONCRETE	90
4.7	CONCLUSION	91
5	Mechanical properties incompatibility of patch repaired concrete structures	92
5.1	MECHANICAL PROPERTIES OF PATCH REPAIRED CONCRETE COLUMN	92
5.1.1	<i>Theoretical analysis of patch repaired concrete structure</i>	92
5.1.2	<i>Patch repair experiment studies of unloaded axial concrete column</i>	93
5.1.3	<i>Patch repair experiment studies of partially unloaded axial concrete column</i>	96
5.2	FINITE ELEMENT ANALYSIS OF PATCH REPAIRED CONCRETE COLUMN	98
5.2.1	<i>Establishment of finite element model and analysis scheme</i>	98
5.2.2	<i>Non-linear finite element analysis of unloaded repaired concrete column</i>	99
5.2.3	<i>Non-linear finite element analysis of partially unloaded repaired concrete column</i>	101
5.3	CONCLUSION	103
6	Durable repair techniques of corroded concrete structures	105
6.1	EXPERIMENTAL STUDIES OF PATCH REPAIR FOR CORRODED CONCRETE MEMBERS	105
6.1.1	<i>Mechanism analysis of electrochemical incompatibility in patch repaired concrete</i>	105
6.1.2	<i>Experimental plan</i>	107

6. 1. 3	<i>Measurement and calculation of steel bar's corrosion current</i>	108
6. 1. 4	<i>Influences of patch repair to steel bar's corrosion potential</i>	109
6. 1. 5	<i>Influences of patch repair to steel bar's corrosion current</i>	110
6. 2	REPAIR TECHNIQUES TO CORRODED CONCRETE STRUCTURES	113
6. 2. 1	<i>Basic principles of repair for corroded concrete structures</i>	113
6. 2. 2	<i>Common repair techniques and attentions to corroded concrete structures</i>	114
6. 3	SURVIVE LIFE PREDICTION OF CORRODED CONCRETE STRUCTURES AFTER REPAIR	119
6. 3. 1	<i>Survive life prediction of carbonated concrete structures after repair</i>	119
6. 3. 2	<i>Survive life prediction of chlorides contaminated concrete structures after repair</i>	120
6. 4	CONCLUSION	122
7	Corrosion prevention and monitoring technologies for concrete structures	123
7. 1	DURABLE PROTECTION TECHNIQUES ON CONCRETE SURFACE	123
7. 1. 1	<i>Concrete surface coating</i>	123
7. 1. 2	<i>Migratory corrosion inhibitor</i>	125
7. 2	ELECTROCHEMICAL REHABILITATION TECHNIQUES	126
7. 2. 1	<i>Cathodic protection method</i>	126
7. 2. 2	<i>Electrochemical desaline treatment</i>	128
7. 2. 3	<i>Electrochemical realkalization treatment</i>	130
7. 3	MONITORING TECHNIQUES IN CORRODED CONCRETE STRUCTURES AFTER REHABILITATION	131
7. 3. 1	<i>Polarized corrosion sensor</i>	131
7. 3. 2	<i>Macro corrosion couple sensor</i>	133
7. 4	SUMMARY	135
8	Typical projects	136
8. 1	REHABILITATION AND STRENGTHEN OF A COAL MINE SHAFT TOWER DUE TO STEEL BAR' S CORROSION IN XU-ZHOU	136
8. 1. 1	<i>Project profile</i>	136
8. 1. 2	<i>Durability inspection and corrosion mechanism analysis of shaft tower</i>	136
8. 1. 3	<i>Durable rehabilitation and strengthen desing of shaft tower</i>	138
8. 1. 4	<i>Inspection and analysis of repair effects</i>	140

8.2	IMPRESSED CURRENT CATHODIC PROTECTION TECHNIQUES FOR CONCRETE STRUCTURES IN DA-FENG	141
8.2.1	<i>Project profile</i>	141
8.2.2	<i>Natural corrosion potential measurement</i>	141
8.2.3	<i>Cathodic protection scheme</i>	141
8.2.4	<i>Cathodic protection construction</i>	142
8.2.5	<i>Cathodic protection electrifying operating and monitoring</i>	142
8.2.6	<i>Conclusion</i>	143
8.3	COMPREHENSIVE MEASURES FOR AVOIDING CORROSION OF REINFORCEMENT IN HANGZHOU BAY BRIDGE CONSTRUCTION	144
8.3.1	<i>Application of marine durable concrete</i>	144
8.3.2	<i>Application of epoxy coated steel bars</i>	145
8.3.3	<i>Application of corrosion inhibitor</i>	146
8.3.4	<i>Thickening of concrete cover</i>	147
8.4	CONSERVATION OF S. ANTONIO ABATE CHURCH DAMAGED BY CARBONATION INDUCED CORROSION BY MEANS OF ELECTROCHEMICAL REALKALISATION IN ITALY	147
8.4.1	<i>Preliminary treatment</i>	149
8.4.2	<i>Complete treatment</i>	152
8.4.3	<i>Discussion of results</i>	153
8.5	CORROSION PREVENTION AND REMEDIATION STRATEGIES FOR REINFORCED CONCRETE COASTAL BRIDGES IN OREGON, USA	154
8.5.1	<i>Field and laboratory anode aging studies</i>	154
8.5.2	<i>Bridge corrosion failures and evaluation methodology</i>	162
8.5.3	<i>Stainless steel applications in new bridges</i>	165
8.5.4	<i>Conclusion</i>	167
8.6	SUMMARY	168
	References	169