



日照港煤码头钢筋混凝土构件涂层修复技术

尹德军¹, 刘 韬², 李伟华³

(1. 日照港集团有限公司, 山东日照 276826; 2. 山东省交通规划设计院, 山东济南 250031;
3. 中国科学院海洋研究所, 山东青岛 266071)

摘要:重力墩式钢筋混凝土结构是大型海港码头结构设施的主体。其结构的特殊性导致其腐蚀最为严重, 故亟须研究开发良好的腐蚀控制和涂层修复技术。以日照港煤码头为主要研究背景和研究对象, 对重力墩式海港码头钢筋混凝土结构的检测、修复技术和配套方案等问题进行研究。选取合适的防腐涂料并采取配套施工方案修复后, 涂层附着力达 5.0 MPa/mm²左右, 钢筋混凝土构件的透气性和饱水性均达到了优良级别, 因此涂层系统对混凝土结构具有明显的防腐蚀效果。

关键词: 钢筋混凝土; 涂层修复技术; 防腐蚀

中图分类号 TU 528.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)10-0111-04

Coating repair technology in reinforced concrete structure of Rizhao port's coal pier

YIN De-jun¹, LIU Tao², LI Wei-hua³

(1. Rizhao Port Group Co., Ltd., Rizhao 276826, China; 2. Shandong Provincial Communications Planning and Design Institute, Jinan 250031, China; 3. Institute of Oceanology Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: The reinforced concrete of gravity pier is the main body of seaport pier, the corrosion to which is serious because of its special construction, thus there is an urgent need of exploring the anti-corrosion and coating repair technology. Taking the coal pier in Rizhao port as a study case, we explore the detection & repairing technology and corresponding implementation measures for the gravity pier in Rizhao port. With proper anti-corrosive coating and by corresponding implementation measures, the coating's adhesion reaches about 5.0 MPa/mm², and the protective quality of air permeability and sorptivity are quite good. Therefore the coating system has obvious effect of corrosion-prevention to the concrete structure.

Keywords: reinforced concrete; coating repair technology; anti-corrosion

日照港煤码头包含 2 个 10 万吨级泊位, 为沉箱重力墩式结构。码头位于开敞水域, 长期受海水及复杂空气环境侵蚀。调查发现, 3[#]靠船墩、4[#]靠船墩顶部混凝土梁局部混凝土脱落、骨料外露, 暴露的钢筋锈蚀, 腹板底部分布着斑斑点点的锈水, 在支座梁、T 型梁和联系梁上也见到局部混凝土松动、脱落及流出锈水, 设计低水位以上弧形块、方形块两侧面混凝土也有钢筋锈水。据专家分析, 如果煤码头有一个梁出现问题, 那么整个煤码头都将陷入瘫痪, 造成巨大的

经济和社会损失。为确保煤码头安全正常运营, 亟须进行全面检测和维修防护。

海港码头钢筋混凝土构件表面存在细微缝隙, 长期处在富含氯离子的海水环境下, 逐步形成表面多孔的腐蚀面^[1], 在海水的动力作用下进一步加速混凝土表层腐蚀^[2]。如果导致混凝土构件内部钢筋锈蚀将会对码头的结构安全产生严重破坏^[3], 造成巨大的损失。本文在实验的基础上对煤码头腐蚀现状给予评价, 评估其腐蚀破坏和劣化倾向。有针对性地进行选材, 优化修复方案。

收稿日期: 2014-04-08

作者简介: 尹德军 (1979—), 男, 工程师, 从事水运工程管理工作。

并且在防腐修复施工后,进行了混凝土结构涂层防腐现状检测和防腐工程耐久性评价。

1 检测分析

通过对混凝土构件进行外观检测、钢筋的混凝土保护层厚度、混凝土碳化深度检测、混凝土结构抗压强度检测、混凝土氯离子渗透扩散及构件腐蚀破坏情况、混凝土构件钢筋腐蚀情况检测等^[4]发现:

1) 煤码头大部分混凝土构件存在不同程度的锈蚀缺陷和裂缝;

2) 混凝土总体碳化程度较轻,混凝土构件钢筋锈蚀的主要影响因素并非是混凝土碳化;

3) 混凝土块钢筋保护层厚度测量平均值57 mm深度处, Cl^- 浓度平均值为0.158%,已超过 C_c 参考值的临界含量,可以判定氯离子是造成构件钢筋锈蚀的主要因素;

4) 半电位检测结果表明,39%受检的混凝土T型梁钢筋腐蚀电位测量值负向大于-350 mV CSE,即该区域钢筋腐蚀概率大于90%;

5) 煤码头构件如方型块、T型梁、支座梁等大部分已度过腐蚀第一阶段——起始期,进入腐蚀第二阶段——发展期,少部分构件已处于腐蚀第三阶段——腐蚀破坏期。必须及时进行维修防腐。

2 混凝土结构涂装方案及性能

通过反复试验和不断优化方案^[4],针对码头海洋大气区、浪花飞溅区和潮差区分别制定了涂装方案(表1、表3)。对该方案抗氯离子渗透性、碳化深度、抗氧渗透性、对混凝土的附着力、涂层随裂缝的延展性、加速耐候性等试验^[4-6]结果(表2、表4)显示,该方案涂层具有良好的抗渗透性、附着强度和耐候性,说明该涂装方案具有良好的防腐效果。

2.1 海洋大气区

海洋大气区涂装方案及涂料试验结果分别见表1和表2。

表1 海洋大气区涂装方案

项目	涂装材料	标准用量/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	膜厚/ μm
底漆	环氧树脂底漆	0.10	
腻子	无溶剂环氧树脂腻子	0.30	
中涂	厚膜柔韧型改性环氧树脂中间漆	0.30	160
面漆	厚膜型聚氨酯面漆	0.12	30

表2 海洋大气区涂料试验结果

抗氯离子渗透性/($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	$<0.34 \times 10^{-3}$
碳化深度/mm	<1
抗氧渗透性/($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	$<5 \times 10^{-2}$
对混凝土的附着力/($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)	>1.5
涂层随裂缝的延展性(抗拉伸)/mm	1
加速耐候性(3 000 h)	不起泡、不裂、不脱落、无粉化

2.2 浪花飞溅区和潮差区

浪花飞溅区涂装方案及涂料试验结果分别见表3和表4。

表3 浪花飞溅区和潮差区涂装方案

项目	涂装材料	标准用量/ ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	膜厚/ μm
第1层	无溶剂型表湿区环氧树脂涂料	0.75	300
第2层	无溶剂型表湿区环氧树脂涂料	0.75	300

表4 浪花飞溅区和潮差区涂料试验结果

抗氯离子渗透性/($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	$<0.34 \times 10^{-3}$
碳化深度/mm	<1
抗氧渗透性/($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)	$<5 \times 10^{-2}$
对混凝土的附着力/($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)	>1.5
涂层随裂缝的延展性(抗拉伸)/mm	0.2
加速耐候性(3 000 h)	不起泡、不裂、不脱落、无粉化

3 施工工艺

3.1 混凝土表面清理

采用高压水处理工艺,彻底清除所有混凝土表面杂物。表面处理完成后,用毛刷清扫、高压空气吹、高压水冲洗等方式充分清理被涂面。

3.2 破损部位修复

将混凝土结构龟裂处的混凝土清除(对于钢筋、预埋件外露的破损处先采用防锈涂料进行防腐处理,再使用修复砂浆进行填充修复)。混凝土厚度不足2 mm的裂纹可直接用腻子找平;大于2 mm的裂纹处用填充剂进行填充。对于桥墩与梁

接触面处的防腐, 首先将桥墩与梁接触面处用高压气体吹扫及热风烘干, 然后采用硅系封闭剂填充接触面之间的缝隙。

3.3 底漆涂布

混凝土表面清理好后使用底漆, 混合涂料混合后, 24 h 以内 (20 ℃) 使用。底涂施工基层含水率应不大于 10%, 底涂施工的环境要求为: 无雨、无雾、风力 5 级以下、空气相对湿度不大于 85%、气温不低于 5 ℃。

3.4 刮腻子

底漆工序完成后, 确认底漆的硬化状态以及表面状态没有异常, 开始刮腻子。混合涂料混合后, 1 h 以内 (20 ℃) 使用。施工时注意平整度, 在一些棱角位或不平整的位置要采用细砂纸 (小号砂纸) 进行仔细全面的打磨, 严格遵守国际中级找平层平整标准 ($< 2 \text{ mm}$); 找平腻子宜进行 3~7 d 的自然养护, 增加其弹性与硬度。

3.5 中间漆涂布

刮完腻子后, 确认腻子的硬化状态且表面状态无异常, 进行中间漆涂布。用辊子、刷子 (或喷涂) 小心涂装以避免出现涂抹皱折、部分没有涂上、涂得不均匀出现碎白点等现象。在达到规定的成膜时间以后, 方可准备进行中涂涂刷。中涂涂刷采用喷涂施工, 对难刷部位可用漆刷涂刷。中涂涂刷工艺应主要采用横向竖向交叉的喷涂方法。

3.6 面涂涂布

中间漆涂布完成后, 确认中间漆的硬化状态无异常, 进行面涂施工。用辊子、刷子 (或喷涂) 小心涂装以避免出现涂抹皱折、部分没有涂上、涂得不均匀出现碎白点等现象。

4 修复效果检测

4.1 修复前后外观对比

从图 1 可见, 腹板底部分布着斑斑点点的锈迹, 在支座梁上也见到局部混凝土松动、脱落及流出一条条锈水, 设计低水位以上弧形块、方形块两侧面混凝土也有钢筋锈蚀。

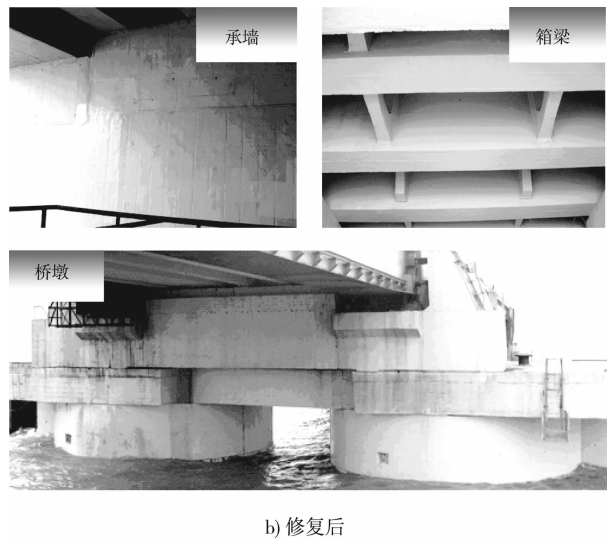
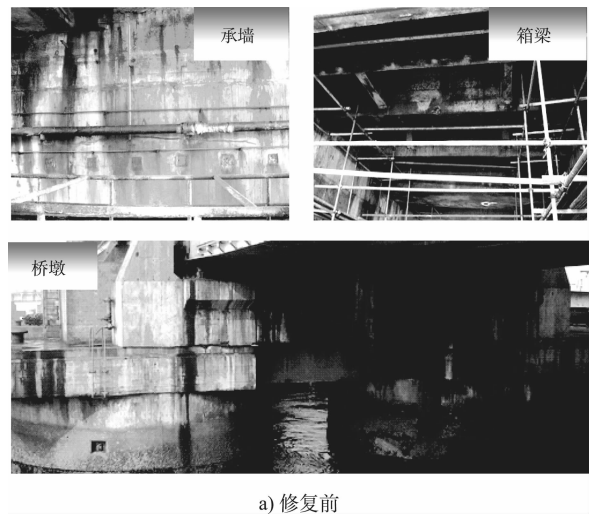


图 1 6[#]和 7[#]桥墩防腐修复前后外观对比

对于混凝土结构出现龟裂的部位, 施工过程中首先将龟裂处的混凝土完全清除; 对于暴露出腐蚀钢筋、预埋件的破损处, 特别是混凝土内钢筋锈蚀部位, 采用涂料底漆进行防腐处理。然后使用轻灰浆粉末和轻灰浆聚合物组成的填充剂进行填充修复。从修复后码头外观可以看到, 不同部位的混凝土构件涂装防腐涂料后, 不但美化了混凝土的外观, 而且对环境中的腐蚀因素进行阻隔, 极大地降低了钢筋混凝土结构腐蚀的危险。

4.2 涂层附着力检测

采用 Elcometer 106 Adhesion Tester 拉开式附着力测试仪对漆膜的附着力进行检测, 铝模块从混凝土基体表面拉开后, 大部分检测点的涂层并未从混凝土基体表面剥离, 而实际是将混凝土基材

表层拉断, 呈现图 2 所示的结果, 表明涂层与基体混凝土之间的附着力强度高于粘合剂的强度, 有部分涂层仍然附着在混凝土表面, 实际附着强度可能会更高。测量数据如表 5 所示, 附着力在 5.0 N/mm^2 左右, 规范^[7]规定附着力为 1.5 N/mm^2 , 整体涂层的附着力达到设计要求。

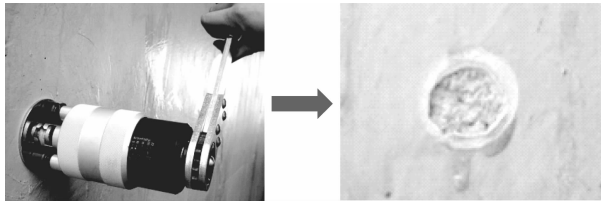


图 2 拉开式附着力测试仪检测

表 5 涂层附着力检测结果 N/mm^2

检测部位	检测点编号	A	B	C	平均值	总平均值
6#	承墙	4.5	5.1	4.8	4.8	4.9
	承台	4.6	5.0	4.6	4.7	
	箱梁	5.2	5.1	5.0	5.1	
	桥墩	4.9	4.7	4.8	4.8	
7#	承墙	5.2	4.6	5.0	4.9	5.0
	承台	5.5	5.4	4.8	5.2	
	箱梁	5.3	4.6	5.1	5	
	桥墩	5.0	4.5	4.8	4.8	

4.3 混凝土透气性和透水性检测

4#、6#和7#桥墩修复前后透气性和饱水性检测结果对比分别见图 3 和图 4。从图 3 和图 4 可以看出, 桥墩修复后钢筋混凝土构件对腐蚀介质渗透的阻滞作用明显提高, 均达到了优良级别。因此涂层系统对混凝土桥梁具有明显的防腐蚀效果。

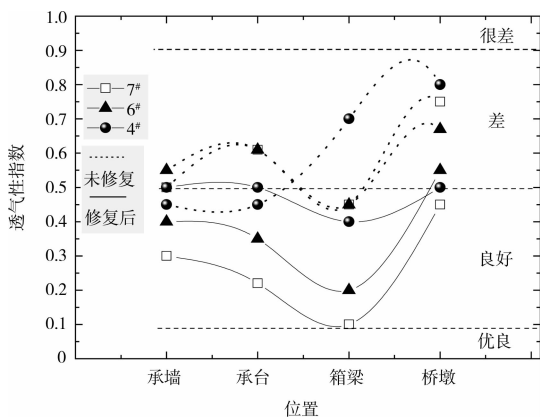


图 3 4#、6#和7#桥墩修复前后透气性检测结果对比

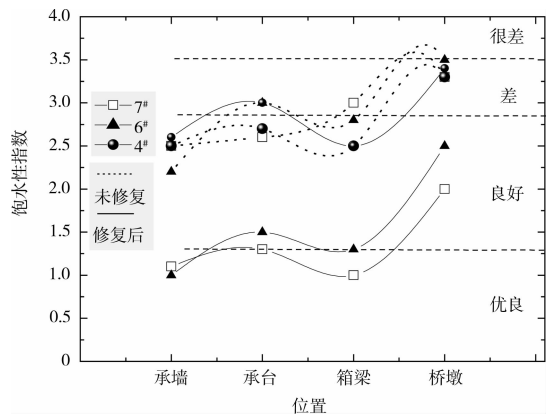


图 4 4#、6#和7#桥墩修复前后饱水性检测结果对比

5 结语

1) 涂装防腐涂料后, 不但美化了混凝土的外观, 而且对环境中的腐蚀介质进行阻隔, 极大地降低了钢筋混凝土结构腐蚀的危险。

2) 施工后, 现场检测涂层附着力在 5.0 N/mm^2 左右, 远大于规范^[7]规定值 1.5 N/mm^2 , 整体涂层的附着力达到设计要求。

3) 透气性和饱水性检测结果表明, 日照港煤码头桥墩修复后钢筋混凝土构件的透气性和饱水性均达到了优良级别, 因此涂层系统对钢筋混凝土构件的防腐蚀效果是非常明显的。

参考文献:

- [1] 朱安民. 混凝土碳化与钢筋锈蚀的试验研究[J]. 混凝土, 1992(6): 18-22.
- [2] 蔡光汀. 钢筋混凝土腐蚀机理和防腐蚀探讨[J]. 混凝土, 1992(1): 18-24.
- [3] 洪乃丰. 混凝土中钢筋腐蚀与防护技术(1): 钢筋腐蚀危害与对混凝土的破坏作用[J]. 工业建筑, 1999, 29(8): 66-68.
- [4] 卢丙力. 重力墩式海港码头钢筋混凝土结构修复工程研究[D]. 南京: 河海大学, 2010: 44-51, 60-61.
- [5] 李伟华, 王爱华, 得能敏已, 等. 涂料涂层对混凝土表面裂缝追随性的研究[J]. 涂料工业, 2008, 38(3): 3-5.
- [6] 田惠文, 李伟华, 宋成中, 等. 海洋环境钢筋混凝土腐蚀机理和防腐涂料研究进展[J]. 涂料工业, 2008, 38(8): 23-25.
- [7] JTJ 275—2000 海港工程混凝土结构防腐蚀技术规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)