

湛江港一区南一期突堤码头维修设计

陆瑞兴¹, 岑文杰²

(1. 中交第四航务工程勘察设计院, 广东广州 510230; 2. 广州四航工程技术研究院, 广东广州 510230)

摘要: 介绍湛江港一区南一期突堤码头维修设计所采用的维修、加固、防腐方法和新材料新技术在维修、加固和防腐工程中的应用。该设计实例表明: 用该方法进行码头维修是延长旧码头使用寿命的经济、可行和有效的措施, 该方法和所使用的材料可应用于各类海工结构的维修、加固防腐设计中。

关键词: 维修; 碳纤维; 外加电流保护系统; 牺牲阳极; 涂层防腐

中图分类号: U656.1*23

文献标识码: B

文章编号: 1002-4972(2006)06-0030-04

Maintenance and Repair Design for Southern Phase I Finger Pier of Zone I in Zhanjiang Port

LU Rui-xing¹, CEN Wen-jie²

(1. CTE Guangzhou Design & Consulting Corp., Guangzhou 510230, China;

2. Guangzhou Sihang Institute of Engineering Technology, Guangzhou 510230, China)

Abstract: This paper describes the application of new method, new materials and new technologies for maintenance, strengthening and anti-corrosion of the finger pier in Zhanjiang Port. This design shows that the method adopted is economical and feasible for prolonging the service life of the old pier. The method and the materials can be applied for maintenance, strengthening and anti-corrosion design of all kinds of marine structures.

Key words: maintenance; carbon fiber; impressed current protection system; sacrificial anode protection; anti-corrosion by coating

海港码头混凝土结构在氯离子长期入侵作用下, 引起混凝土中钢筋锈蚀、截面积减小, 同时引起混凝土保护层开裂和剥落, 最终导致结构功能丧失, 这是海港码头混凝土最普遍的腐蚀方式。华南沿海地区常年高温潮湿, 氯盐腐蚀更是混凝土最直接、最严重的腐蚀方式^[1-10]。

码头腐蚀后承载能力降低, 给码头的正常使用带来严重的安全隐患。构件腐蚀破坏时间越长, 构件的混凝土以及钢筋劣化的程度越严重, 维修难度越大。因此必须及时采取维修措施和防腐措施, 延长码头的安全使用寿命。

码头维修相对于码头改造或码头重建来说,

具有以下优点: 费用低、工期短, 对码头面作业和生产影响少, 基本能把结构承载能力恢复到原设计要求, 经维修和防腐处理后的码头能在防腐设计年限内安全使用。同时, 码头维修是环保措施, 有效利用码头结构中的旧材料, 能最大限度地减少新材料的使用。因此, 旧码头维修具有较高的经济效益和社会效益。

1 码头损坏情况^[11]

湛江港一区南一期突堤码头始建于1984年, 码头岸线全长1380m, 北接一区钢板桩码头, 南接一区南二期码头, 为高桩梁板结构。

收稿日期: 2006-03-29

作者简介: 陆瑞兴 (1948-), 男, 高级工程师, 现从事港口工程设计与管理工作。

根据广州港湾工程质量检测中心对码头结构进行的检测结果表明：码头大部分重要受力构件，如 II 型板、水管沟、门机后轨梁、横梁等锈蚀损坏比较严重。其中 II 形梁板锈蚀情况最为严重，个别构件出现混凝土保护层完全脱离、梁底主筋锈断、箍筋完全锈蚀消失（图 1）。码头严重锈蚀损坏的情况，已经危及码头的正常使用安全，迫切需要采取可行的技术措施进行维修、补强和防腐。

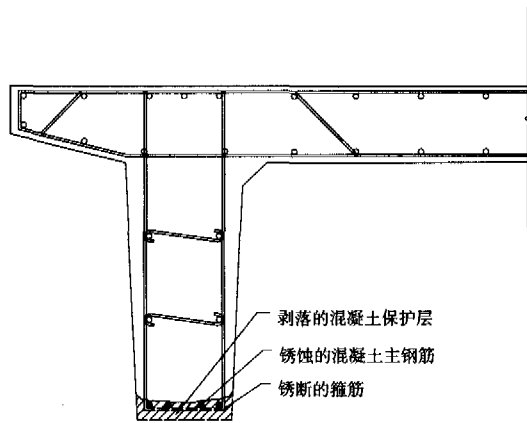


图 1 严重锈蚀破坏的 II 形梁板的梁底

2 维修设计原则

本维修设计目标是，码头经过维修后，使码头承载能力恢复原设计要求，码头安全使用期限不少于 10 a。维修设计由恢复构件承载能力的结构修补及构件防腐 2 部份组成。前者满足码头的的安全使用功能；后者确保码头达到 10 a 的耐久性能要求。

2.1 构件维修

腐蚀损坏构件的修复效果与损坏部位的表面处理、修补材料的选择、修补工艺等有直接关系。本次维修设计中明确了表面处理的要求、维修材料的性能、修补工艺的要求。为使修补效果良好，针对不同构件的不同腐蚀损坏程度，采取与之相适应的修补材料和修补措施，把结构修补划分为 4 个等级（表 1）。构件修复内容包括恢复或增大构件截面尺寸、增补钢筋、碳纤维加固措施等。结构修补完成后，码头桩基以上区域主要采取有机涂层防腐措施，部分区域应用了先进的防腐技术外加电流保护措施、牺牲阳极保护措施。

表 1 修复等级划分

修复等级	损坏程度
A级修补	钢筋已发生严重锈蚀；裂缝宽度>1 mm
B级修补	钢筋尚未发生明显锈蚀；裂缝宽度<1 mm
C级修补	非腐蚀引起的混凝土表面缺陷
D级修补	怀疑存在钢筋锈蚀的构件

1) A 级修补

整块凿除钢筋保护层的混凝土，使锈蚀钢筋完全露出并且能够进行钢筋除锈施工。锈蚀钢筋应先除去浮锈，用高压淡水彻底除去表面盐份，焊补主筋和箍筋。采用 C45 修补高性能混凝土进行保护层修复（C45 修补高性能混凝土比原结构混凝土材料强度提高 1 个等级）。旧混凝土表面涂刷 SHJ-105 界面剂，确保新旧混凝土结合牢固，如图 2 所示。

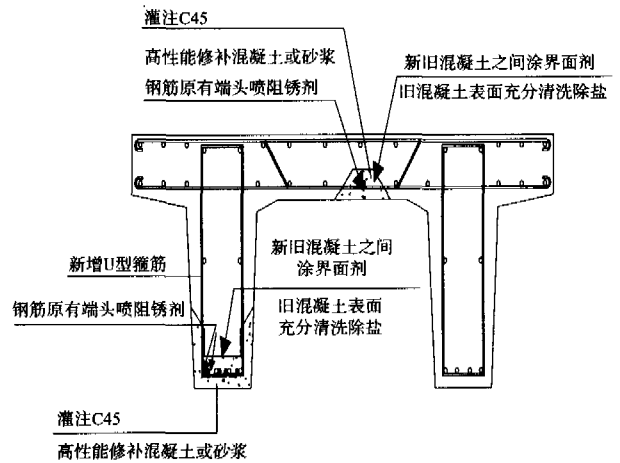


图 2 A 级修补示意图

2) B 级修补

沿裂缝凿开 1 条宽 10~20 mm、深达钢筋表面的凹槽，对钢筋除锈、高压淡水清洗、彻底去掉盐份，对有锈斑无裂缝的构件，在锈斑处将混凝土凿 U 型槽，找出并除去锈源（钉或金属丝头）。旧混凝土表面涂刷 SHJ-105 界面处理剂，用 SHJ-X180 聚合物修补砂浆将凹槽封填，如图 3 所示。

3) C 级修补

对混凝土表面有露砂、露石、蜂窝、麻面等缺陷部位，用淡水冲洗清除不牢附着物及粉尘，用 SHJ-X180 聚合物修补砂浆抹平。

4) D 级修补

使用钢筋腐蚀仪查明钢筋已发生锈蚀的部

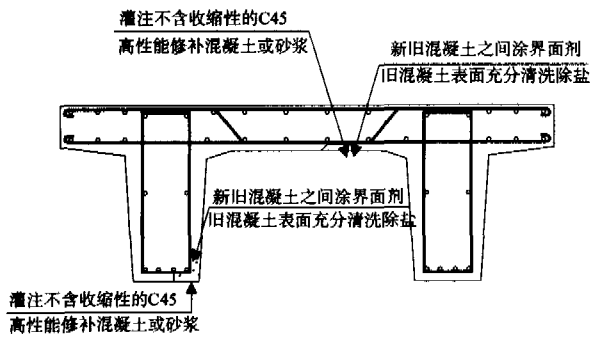


图3 B级修补示意图

位(图4),即使混凝土仍然未开裂,也要凿开1条宽10~20mm深达钢筋表面的凹槽,对钢筋除锈,彻底去除盐份后涂刷SHJ-105界面处理剂,再用SHJ-X180聚合物修补砂浆将凹槽封填。

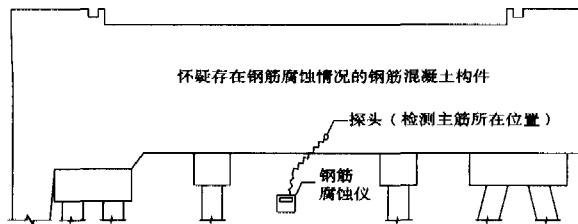


图4 使用钢筋锈蚀仪进行钢筋锈蚀情况检查

上述维修方法中选用的维修材料性能指标如表2。

表2 修补材料性能指标

修补材料	性能指标
C45 修补高性能混凝土	满足 C45 混凝土力学性能要求; 阻锈; 抗氯离子渗透性 < 1 000 C。
SHJ-105 界面剂	抗压强度 > 60 MPa; 抗拉强度 > 5.5 MPa; 湿固化; 新旧砼粘结抗拉强度 > 3.5 MPa。
SHJ-X180 聚合物修补砂浆	满足 M45 砂浆力学性能要求; 触变性 (仰面施工厚度 > 20 mm); 微膨胀; 抗氯离子渗透性 < 1 000 C。

2.2 构件补强

1) 焊补钢筋补强

当构件钢筋腐蚀后截面损失超过原有钢筋截面积10%时,需补焊钢筋,提高配筋率达到其原设计的承载力。凿除构件松散及锈裂的混凝土,对锈蚀钢筋进行除锈及冲洗处理,测量主筋的直径,截面积损失超过钢筋截面10%时,进行同等级钢筋补焊,新焊的补筋乘以强度利用系数0.9。

新旧钢筋采用单面焊接,如主筋已大部分锈蚀,开凿困难且钢筋无法焊接时,则采用结构胶化学植筋后再焊补钢筋,如图5所示。

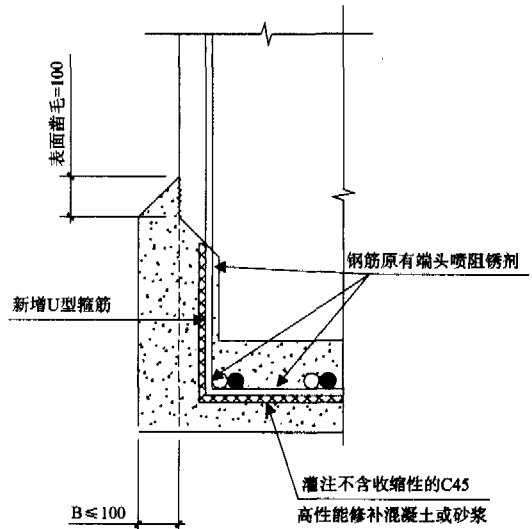


图5 焊补钢筋示意图

2) 碳纤维补强

对不宜使用钢筋补强的构件,采用外贴碳纤维补强措施。外贴碳纤维布补强施工在构件完成混凝土修补后进行。

设计计算中,碳纤维布按设计强度进行钢筋等效截面积转换;横梁及轨道梁的跨高比均小于5,属深受弯构件,按下列公式进行正截面验算:

$$h_d = h - \frac{1}{4}(h - h_0) \left(\frac{l_0}{h} - 1 \right)$$

$$\xi = \frac{f_y A_s}{b h_d f_c} \quad (1)$$

$$z = [0.60 + 0.13 \frac{l_0}{h} - 0.01 \left(\frac{l_0}{h} \right)^2] (1 - 0.5\xi) h_d \quad (2)$$

$$M_u = A_s f_y z \quad (3)$$

式中: A_s 为受拉区等效钢筋截面积; f_y 为钢筋设计强度; b 为梁底的宽度; h 为梁的高度; h_0 为梁的有效高度; h_d 为梁的截面计算高度; l_0 为梁的计算跨径; f_c 为混凝土设计强度; ξ 为受压区相对高度系数; z 为内力偶臂; M_u 为构件抗弯强度。

混凝土表面用高压水清洗,用切割机或砂轮机铲除凸出部分,凹陷部分以SHJ-E501湿固化环氧树脂胶泥填补后,将SHJ-CB331湿固化粘贴胶刷在混凝土表面,把已裁剪好的碳纤维用毛

刷滚轮和橡皮刮刀顺纤维方向用力推平粘贴(图6)。

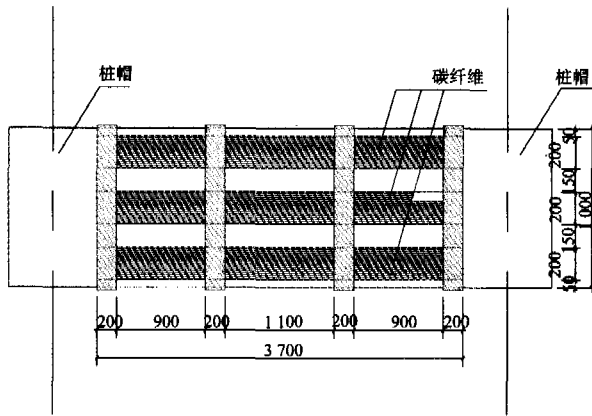


图6 横梁的外贴碳纤维布加固设计示意图

上述加固方法中选用的加固材料性能指标如表3。

表3 加固材料性能指标

加固材料	性能指标
碳纤维布	抗拉强度标准值: 4 108 MPa;
	弹性模量: 2.36×10^5 MPa;
	延伸率: 1.70%。
SHJ-CB331	正面粘结强度 > 2.5 MPa, 且大于被加固
湿固环氧树脂	湿固抗拉强度标准值; 湿固化。

3 构件修补后的保护措施

为保证码头构件修补后安全使用 10 a 以上, 需对码头结构增加保护措施。本设计主要采用混凝土表面涂层防腐措施。涂层通过物理阻隔氯离子的入侵, 达到防腐的效果。采用具有湿固化、耐碱性、(混凝土表面)附着力强、长效防腐以及耐老化性能的海港工程专用配套涂料, 该涂层系统设计总干膜平均厚度为 300 μm 。

设计中强调涂层施工前表面处理的重要性, 喷涂前混凝土应进行表面处理, 用高压水彻底清除表面的不牢灰浆, 尖角、碎屑、海生物、油污物等影响涂层质量的物质。

在腐蚀情况比较典型的散粮泊位选取了 2 个区域, 应用先进的防腐技术作为钢筋混凝土构件的防护措施——外加电流保护系统和钢筋混凝土用埋置式牺牲阳极保护。

外加电流通过采用耐电化学的钛阳极网作为阳极, 通过给系统通直流电, 使钢筋长期处于被保护的电位状态下, 能彻底解决钢筋的电化学腐蚀问题。

由于修复后钢筋在新旧混凝土内将产生内部电位差, 不采取任何防护措施将导致钢筋再次发生腐蚀, 采用埋置式牺牲阳极后, 以牺牲阳极的腐蚀提供自由电子, 对被保护的钢实施阴极保护。

4 结语

由于海洋环境中, 大部分早期建造的海港码头由于缺乏防腐措施, 已经发生严重腐蚀破坏, 因此, 需要采取维修加固措施才能保证码头的正常使用功能。维修设计中采用新材料、新技术, 简化了维修施工工艺, 降低了维修费用, 为日后其他旧码头的维修设计奠定了基础。

参考文献:

- [1] JTJ/T289-97, 港口设施维护技术规程[S].
- [2] JTJ275-2000, 海港工程混凝土防腐蚀技术规程[S].
- [3] JTJ/T271-99, 港口工程混凝土粘接修补技术规程[S].
- [4] JTJ267-98, 港口工程混凝土结构设计规范[S].
- [5] JTJ242-89, 港口工程质量检验评定标准[S].
- [6] JTJ270-98, 水运工程混凝土试验规程[S].
- [7] GB50010-2002, 混凝土结构设计规范[S].
- [8] CECS 25-90 1991, 混凝土结构加固技术规范[S].
- [9] GB50367-2006, 混凝土结构加固设计规范[S].
- [10] CECS 146:2003, 碳纤维片材加固修复混凝土结构技术规范[S].
- [11] 广州港湾工程质量检测中心. 湛江港一区南一期突堤码头检测与评估报告[R]. 2005.