

南昌某集装箱码头灌注桩修复技术方案研究及应用

钱伟¹, 曹宏生²

(1. 南京瑞迪建设科技有限公司, 江苏 南京 210029; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210024)

摘要: 本文对目前码头工程中常用的桩基修复方法进行总结, 以南昌某集装箱码头灌注桩为研究对象, 依据码头检测评估报告, 分析了灌注桩破损原因, 并针对不同区域破损灌注桩提出了相应的修复措施, 为今后类似码头桩基修复提供参考。

关键词: 集装箱码头; 灌注桩; 修复

中图分类号: U655.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 12—0128—03

灌注桩具有承载力大、施工方便、对四周其他建筑物影响较小等特点^[1], 被广泛应用于港口码头结构中。但其对施工质量控制要求较高, 施工过程中控制不当, 容易造成塌孔、缩孔、钢筋笼偏位等缺陷, 缺陷大部分存在于泥面以下, 不易被发现, 给码头结构留下安全隐患。当由于某些原因, 造成原泥面以下灌注桩被部分暴露出来后, 因使用条件的变化桩身缺陷裸露若不及时处理将会影响码头结构安全。因此, 对缺陷灌注桩进行修复研究是必要的。

本文对目前码头工程中常用的桩基修复方法进行总结, 并以南昌某集装箱码头灌注桩修复为例, 针对不同区域破损灌注桩, 提出相应的修复措施, 且已成功应用实施, 修复效果较好, 为今后类似灌注桩修复提供参考。

1 常用桩基修复方法

1.1 扩大截面法

扩大截面法通过在桩基破损位置搭建固定模板再浇筑高于原混凝土强度等级的混凝土, 恢复桩基原有尺寸或扩大截面尺寸, 达到桩基修复的目的。该方法常用于桩顶连接处, 具有加固效果好, 施工工作面小等优点, 但该方法受水位影响较大, 大多应用于桩基水上部分的修复。

1.2 复合纤维材料包裹法

复合纤维材料包裹法通过在桩基破损位置包裹复合纤维材料的方法进行桩基修复。该方法常用于受损程度较轻的混凝土桩, 比如存在轻微裂缝的混凝土桩等, 具有耐腐蚀, 不增加桩身自重和截面尺寸, 对施工设备要求低, 施工速度快等优点^[2-4], 但由于复合纤维粘贴胶水下不易固化, 一般应用于水上桩基修复。

1.3 玻纤套筒加固法

码头混凝土桩基出现混凝土脱落、钢筋裸露等缺陷时, 可采用玻纤套筒加固法进行修复。该方法主要由高强环氧灌浆料或水下水泥基灌浆料和玻纤套筒组成, 玻纤套筒作为模板, 在模板和原桩基间填充高强环氧灌浆

料或水下水泥基灌浆料, 共同形成桩基修复系统。该方法具有耐腐蚀, 自重小, 施工便利等优点, 且对水不敏感, 可用于水下桩基的修复^[4]。

1.4 钢套筒压力灌浆加固法

钢套筒压力灌浆加固法采用外套钢套筒作为模板, 并压力灌入高强水泥基灌浆料, 形成钢管混凝土桩与原有桩基共同受力体系。该方法既充分利用了钢套筒的模板功能, 又利用了钢套筒的承载力, 通过空腔内高强灌浆料可使钢套筒和原有桩基有效连接为整体, 加固效果显著。缺点是钢套筒自重较大, 施工相对不便, 且钢套筒需额外防腐, 耐久性差^[5-6]。

2 工程实例

2.1 工程概况

南昌某集装箱码头位于赣江左岸, 为 1000 吨级货船码头, 泊位长度为 200m, 总宽度为 48.8m, 分为前平台和后平台, 其中前平台宽 39.15m, 后平台宽 9.65m。码头结构型式为高桩框架结构, 共 34 榀排架, 前平台每榀排架下设 6 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 灌注桩; 后平台每榀排架下设 2 根 $\Phi 1200\text{mm}$ 灌注桩。

根据检测结果, 码头前沿三排灌注桩桩身部分裸露, 裸露部位出现混凝土保护层破损、钢筋锈蚀等现象。典型桩基受损情况见图 1。



图 1 桩基破损情况

2.2 桩基缺陷原因分析

码头前沿河床连年下切导致水位大幅下降, 为满足船舶停靠需要, 港池需根据水深要求进行浚深处理, 港池浚深后, 码头下方岸坡塌陷形成了高边坡, 导致现有码头前沿三排桩基自由长度增加较多, 桩基原泥面以下

部分出现了不同程度的裸露，原先因塌孔、缩孔、钢筋笼偏位等因素造成的桩身缺陷已影响到码头结构的安全性和耐久性。

2.3 修复方案

码头前沿第一排灌注桩裸露桩身缺陷部位大部分常年位于水位以下，第二排、第三排灌注桩裸露桩身缺陷部位枯水季节位于水面以上，具备干地施工条件，但码头下方施工空间有限，大型船机设备无法进场。因此，桩基修复方案需要综合考虑施工便利性和工程经济性。

为有效修复灌注桩裸露桩身缺陷，满足桩基使用要求，修复范围应延伸至现状泥面以下 500mm 左右。据此，根据现有修复加固技术和新材料，经综合比选，结合灌注桩所处位置，采用两种不同的修复方法：第一排灌注桩裸露桩身缺陷修复方法采用钢套筒 + 玻纤套筒 + 高强水下水泥基灌浆料法，施工水位以下部分采用钢套筒作为模板，施工水位以上部分采用玻纤套筒作为模板，通过灌注水下水泥基灌浆料，可实现水下施工，无需打设钢板桩围堰，节省造价。第二排和第三排灌注桩裸露桩身缺陷修复枯水期具备干地施工条件，采用玻纤套筒 + 普通水泥基灌浆料方法，玻纤套筒作为模板，为节省造价，此处将水下水泥基灌浆料更换为普通水泥基灌浆料，同样能够达到灌注桩耐久性修复的目的。

2.3.1 钢套筒 + 玻纤套筒 + 水下水泥基灌浆料联合法

该方法应根据当地多年水文资料，确定合适施工水位，确保枯水季节完成施工。该方法主要修复步骤如下，修复示意图见图 2。

- (1) 裸露桩身表面采用高压水枪冲洗表面松散混凝土；
- (2) 弹线定位，进行植筋钻孔，植筋位置若遇冲突可适当调整；
- (3) 植筋钻孔完成后，进行洗孔注胶，植入钢筋，并进行现场锚固承载力检验；
- (4) 绑扎焊接箍筋；
- (5) 桩周采用船机或高压水枪配合水下开挖基槽；
- (6) 桩周基槽开挖完成后回填中粗砂至设计泥面高程；
- (7) 船机配合葫芦现场拼接钢套筒，为方便安装，钢套筒可分为 1.5m 一段，拼接完成后，钢套筒沉入中粗砂约 300mm；
- (8) 钢套筒安装完成后，安装玻纤套筒，顶部灌注水下水泥基灌浆料；
- (9) 灌浆完成后，按要求进行养护，顶部采用聚合物水泥砂浆封堵、抹平。

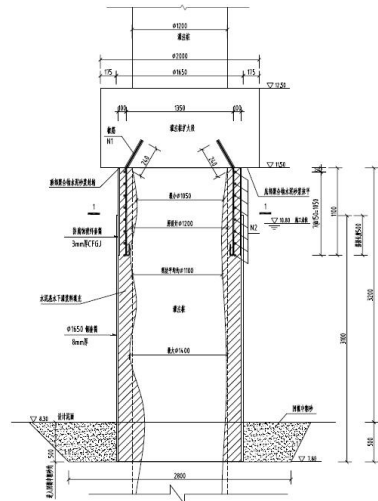


图 2 钢套筒 + 玻纤套筒 + 水下灌浆料法示意图

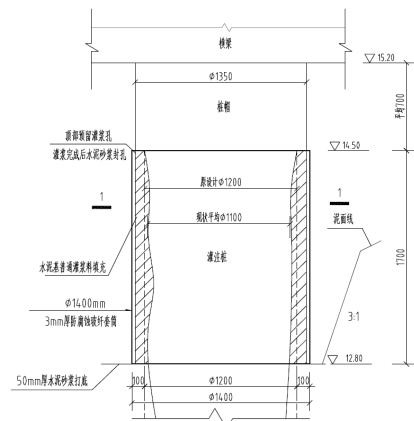


图 3 玻纤套筒 + 普通灌浆料法示意图

2.3.2 玻纤套筒 + 普通灌浆料联合法

该方法主要修复步骤如下，修复示意图见图 3。

- (1) 裸露桩身表面采用高压水枪冲洗表面松散混凝土；
- (2) 桩周采用人工开挖基槽，开挖完成后采用 50mm 厚水泥砂浆打底；
- (3) 安装固定玻纤套筒，顶部灌注普通水泥基灌浆料，按要求养护后，顶部采用聚合物水泥砂浆封堵、抹平。

2.4 修复效果

桩基修复工程需结合赣江枯水期施工，工程河段水情复杂，桩基修复工程量大，码头下方施工空间有限，大型船机设备无法进场，施工条件不佳。修复方案充分考虑了施工的可行性和便捷性，如为便于钢套筒吊装，钢套筒采用现场分段拼装的方式，又如为便于钢套筒沉放至设计标高且不能漏浆，采用先开挖基槽后回填中粗砂的方式等，最终确保了桩基修复按期保质保量顺利完工。图 4 为施工完成后效果照片，可见灌注桩裸露桩身缺陷问题已全部解决，观感较好，达到了桩基耐久性修复目的。根据桩基修复施工期码头沉降位移监测结果，码头未出现异常情况，结构安全，处于稳定状态。

跨航道施工非自航船锚泊计算分析

王怀栋¹, 张捷¹, 张晓丹², 张新¹

(1. 中交海洋建设开发有限公司, 天津 300457; 2. 香港海洋投资发展有限公司, 香港 999077)

摘要: 由于香港某海底输气管道路由跨越航道, 需要采用预挖沟方式对输气管道进行掩埋保护。针对跨航道预挖沟工程中非自航抓斗船的布锚情况, 结合非自航抓斗船在施工现场所受到的风、浪、流等环境荷载作用, 本文运用 MOSES 软件, 对锚缆张力、上拔力等参数进行锚泊计算, 验证复杂海况下非自航抓斗船抛锚作业的可行性, 优选出最佳布锚方案, 对同类施工工程的布锚同样具有一定的指导作用。

关键词: 锚泊计算; 非自航船; 跨航道

中图分类号: TV523 文献标识码: A 文章编号: 1006—7973 (2022) 12—0130—03

由于香港天然能源短缺, 天然气供应主要依赖内地和海外, 海底输气管道的建设成为天然气供应必不可少的关键环节。香港某海底输气管道路由跨越航道, 为了避免管道不受外界影响且不影响通航, 需要通过预挖沟施工将输气管道埋设至海床下 4m。在预挖沟施工中除跨越航道外, 还存在与已有管道并行等问题, 导致除风、浪、流等自然因素外对施工船舶的锚缆长度、锚缆张力提出了更加严格要求。本文针对跨航道、并行管道条件下的海底管道预挖沟施工进行锚泊分析, 从而确定最优布锚方案, 以满足施工作业及安全要求。

1 锚泊分析模型

在预挖沟施工过程中, 非自航抓斗船沿管道路由方

向进行多次布锚作业, 考虑到受半通航半施工以及并行管道的影响, 根据每次布锚的极端状态, 选取对非自航抓斗船平行路由由锚泊状态和垂直路由由锚泊状态进行计算分析。

1.1 设计标准

根据 DNVGL-ST-N001, 线张力极限和设计安全系数如表 1 所示。

表 1 线性张力极限和设计安全系数

分析条件	分析方法	线张力基线 (MBL%)	设计安全系数
完整状态	准静态	50%	2.00
完整状态	动态	60%	1.67
破断状态	准静态	70%	1.43
破断状态	动态	80%	1.25



图 4 桩基修复效果图

3 结语

目前水运工程混凝土桩基修复方法主要有扩大截面法、复合纤维材料包裹法、玻纤套筒加固法、钢套筒压力灌浆法等, 每种方法都各有优势和劣势, 需根据工程特点灵活选用, 扬长避短, 选择最合理最经济的修复方案。本文以南昌某集装箱码头灌注桩修复为例, 针对灌注桩所处不同区域, 环境条件的不同, 分别提出了钢套筒 + 玻纤套筒 + 高强水下水泥基灌浆料联合法和玻纤套筒 + 普通水泥基灌浆料联合法, 并成功应用实施, 取

得了良好工程效果, 可为今后类似桩基修复设计提供参考。

参考文献:

- [1] 唐小龙. 探索港口码头钻孔灌注桩施工技术 [J]. 中国水运, 2021, (02): 99-100.
- [2] 韩路, 顾祥奎. 高桩码头混凝土桩基修复加固技术 [J]. 中国港湾建设, 2020, 8(40): 58-62.
- [3] 姜学洲. 高桩码头混凝土桩基修复加固技术分析 [J]. 绿色环保建材, 2021, 11(2): 3-4.
- [4] 魏明晖, 严锋. 玻纤套筒加固技术在高桩码头维修工程中的应用 [J]. 水运工程, 2017, 9(534): 202-205.
- [5] 徐云浦等. 钢套筒包覆技术在高桩码头加固中的应用 [A]. 2021 年全国土木工程施工技术交流会论文集 (上册), 2021, 04: 477-480.
- [6] 王飞朋等. 老码头混凝土方桩修复加固方案及技术要点 [J]. 水运工程, 2022, 1: 87-94.