



混凝土管桩水下裂缝维修加固技术

马欢欢

(中交第三航务工程局有限公司宁波分公司, 浙江 宁波 315200)

摘要: 混凝土管桩因其本体是混凝土结构, 在施工和营运过程中均有可能造成损伤, 形成环向或纵向裂缝。裂缝除了主要出现在水位变动区及以上, 还会出现在水下甚至泥面以下, 而水上维修加固技术因为工艺和施工条件等限制无法直接应用到水下施工。结合码头工程实例, 针对混凝土管桩水下裂缝, 提出在管桩外套钢护筒并浇筑混凝土工艺, 形成类似钢管混凝土桩结构, 利用钢护筒和混凝土对裂缝进行封闭和补强, 取得维修加固的效果。

关键词: 混凝土管桩; 裂缝; 维修加固; 钢护筒

中图分类号: U 655.55

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)09-0166-04

Maintenance and strengthening technique for underwater crack of concrete pipe pile

MA Huan-huan

(Ningbo Branch of CCCC Third Harbor Engineering Co., Ltd., Ningbo 315200, China)

Abstract: The concrete pipe pile is likely to be damaged to form circular or vertical cracks during construction and operation due to its concrete structure. Such cracks mainly occur within water level fluctuation area and above, also underwater even under the mud level. The above-water maintenance and strengthening technique is unable to be directly applied to the underwater construction due to the restriction of technology and construction conditions. Combining with wharf engineering cases, we propose the technology of applying the steel casing outside the pipe pile and then concreting to form similar steel casing concrete pipe pile structure for the maintenance and strengthening of the cracks.

Keywords: concrete pipe pile; crack; maintenance and strengthening; steel casing

预应力混凝土管桩由于具有桩身质量稳定可靠、单桩承载力高、价格低、现场作业简单、设计选用范围广、运输吊装轻便、施工速度快、桩身耐打、穿透能力强、成桩质量监测方便等优点, 近年来在广东、浙江、上海等南部沿海地区被广泛采用。裂缝是预应力混凝土管桩的主要破损形式, 危害巨大。一旦出现裂缝, 便会形成氯离子渗透通道, 并引起钢绞线腐蚀, 严重时会导致预应力钢绞线脆断, 任其发展势必会影响码头的安全运营。因此, 对桩基裂缝进行维修加固处理十分必要。本文以北仑电厂一期码头工程为实例,

介绍混凝土管桩水下裂缝的维修加固技术。

1 工程概况

北仑电厂一期卸煤码头位于甬江口外金塘水道南岸, 北与舟山金塘岛相望, 码头长 274 m, 宽 32 m, 排架间距 10.5 m, 于 1990 年竣工投产。码头桩基为 $\phi 1\ 200A1$ 型混凝土管桩, 共有 287 根。设计高水位 3.6 m (吴淞零点), 设计低水位 0.65 m, 桩帽底高程 3.24 m。

为了码头整体升级改造需要, 对原码头主要受力结构进行检测评估。根据《北仑电厂一期卸

收稿日期: 2014-12-26

作者简介: 马欢欢 (1982—), 男, 工程师, 从事港口与航道工程施工。

煤码头第四分段探摸性检测评估报告》，其中有 2 根桩基是Ⅲ类桩，桩号为 D1-22 和 C1-21，平面扭角分别为 15°和 30°，斜率均为 4.5:1（图 1）。裂缝分别距离桩帽底 5 m 和 7.9 m（图 2）。

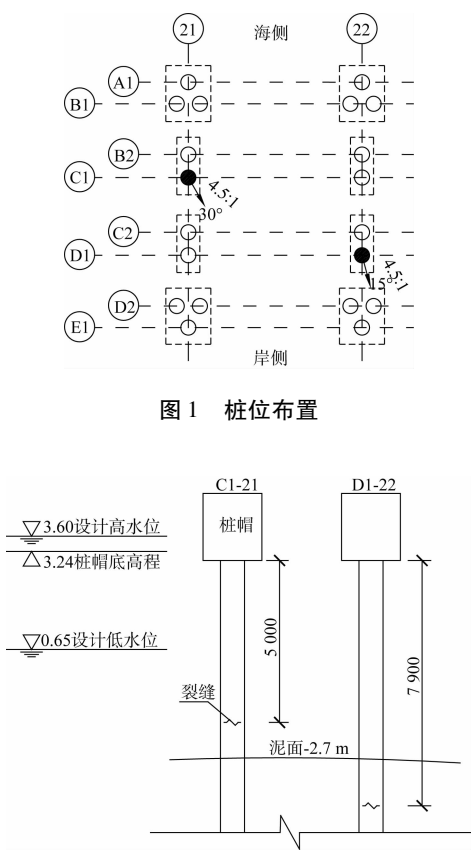


图 1 桩位布置

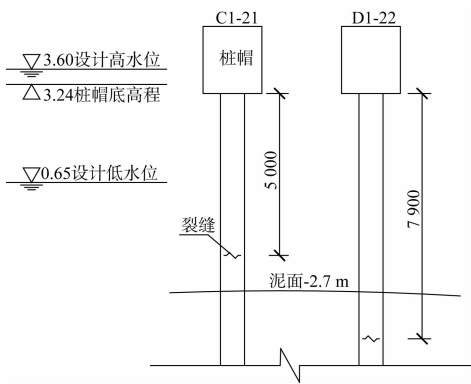


图 2 裂缝位置（高程：m；尺寸：mm，下同）

2 维修加固方案确定

目前常用的维修加固方法有补桩、沉井修复、外套钢护筒加固法 3 种形式，其中补桩法采用缺一补二的原则，在受损桩周围对称布置 2 根桩，承担上部荷载；沉井修复法主要是制作钢板薄壁沉井，在高压射水和外加荷载下沿桩体下沉至设计高程，然后排干井内积水，在井内进行裂缝修复和钢筋混凝土浇筑补强；外套钢护筒加固法就是采用外套钢板套筒并浇筑混凝土，形成类似钢管混凝土桩结构，用钢板代替损失的钢筋，现浇混凝土代替原桩截面混凝土，达到加固补强的效果。

补桩、沉井修复法主要用于维修加固损坏严重的桩基（如Ⅳ类桩），施工周期长，作业范围大，加固效果明显。针对本工程码头桩基受损位置、严重程度和施工空间狭小的特点，以及不能

影响码头正常营运的要求，采用外套钢护筒加固法进行施工。

3 外套钢护筒加固施工

从距桩帽底 1 m 处向下至裂缝位置以下 1 m 处，设置 2 片 U 型管节，用螺栓固定成钢护筒，并在底部设置止浆结构。由于受施工空间的制约，较长的钢护筒采取分段制作，各段由法兰相连成一体，以缩短水下作业时间。钢护筒内部配置钢筋笼，保证钢护筒与混凝土紧密结合，并提高整体抗弯性能。采用地泵在钢护筒内浇筑 C40 水下不分散混凝土，提高混凝土的密实性。钢护筒表面焊接牺牲阳极块，提高钢护筒耐久性（图 3）。

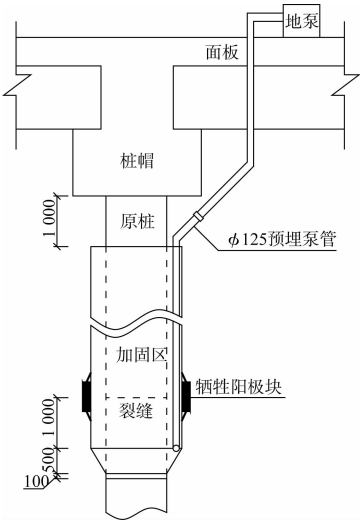


图 3 外套钢护筒加固

3.1 施工工艺流程

工艺流程见图 4。

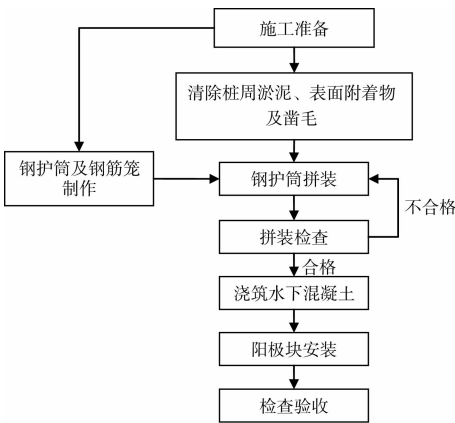


图 4 外套钢护筒加固施工流程

3.2 钢护筒及钢筋笼制作

钢护筒 U 型管节统一在钢构厂加工制作，现场拼装成型。根据加固长度，共设置 3 节钢护筒，5 m 和 5 m + 3 m，底部设置圆台型止浆结构。钢护筒之间采用法兰连接，螺栓采用不锈钢。钢护筒外径 $D=1\,800\text{ mm}$ ，壁厚 $\delta=8\text{ mm}$ 。法兰和加强肋板壁厚 $\delta=10\text{ mm}$ ，加强肋板间距 1 m，螺栓间距 0.5 m。法兰之间及护筒底部设置 10 mm 橡胶止浆条。钢护筒防腐处理：除锈达 Sa2.5 级；涂层厚度 $800\text{ }\mu\text{m}$ ；采用环氧富锌漆（图 5）。

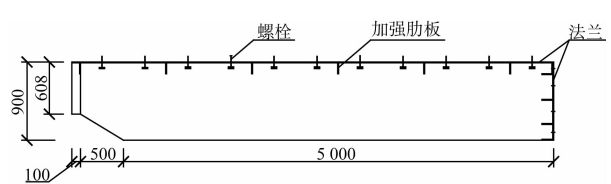


图 5 钢护筒 U 型管节

钢护筒内部焊接钢筋笼，钢筋笼净保护层厚度 60 mm；主筋采用 18 根直径 22 mm 的 HRB335 钢筋；加强筋采用直径 25 mm 的 HRB335 钢筋，间距 2 000 mm；箍套筋采用直径 10 mm 的 HPB235 钢筋，间距 200 mm，拼缝处外伸锚固长度 250 mm；钢筋笼顶高程比钢护筒低 100 mm（图 6）。

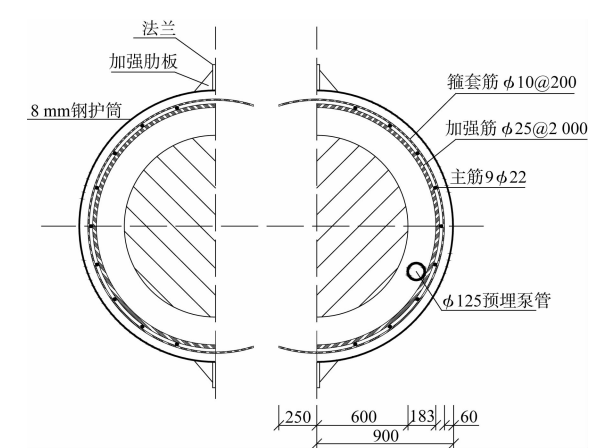


图 6 钢护筒断面

由于加固桩基为斜桩，钢护筒 U 型管节上、下对称设置 2 个吊耳，方便拼装施工。为保证钢护筒的椭圆度，根据具体情况在 U 型管节外设置限位法兰，并在出厂前进行质量验收和试拼装。

3.3 桩周淤泥、表面附着物清除

钢护筒拼装施工前，安排潜水员采用气动式手持凿毛机对桩身进行清理，除清除桩身附着的海生物、对桩本体进行凿毛外，还需清除管节连接处的防腐层。由于 D1-22 桩基的裂缝位于泥面以下约 1.9 m，事先采用高压水枪对桩周进行冲泥处理，清除的深度比钢护筒底高程低 0.5 m，范围满足施工要求。

3.4 钢护筒拼装

3.4.1 施工平台搭设

为方便施工，在 21[#]、22[#]排架之间搭设水上脚手架，铺设木板作为施工平台，主要用于施工人员操作，放置简易工具等。在原码头预制纵梁透气孔中穿入钢管，作为整个施工平台的受力点，并经验算满足使用要求。根据现场实际需要，受力点钢管可以更换为钢棒或钢筋束，以提高施工平台受力荷载。平台高程略低于钢护筒顶高程，左、右两侧留出钢护筒拼装距离，脚手架与临近桩基连接牢固（图 7）。

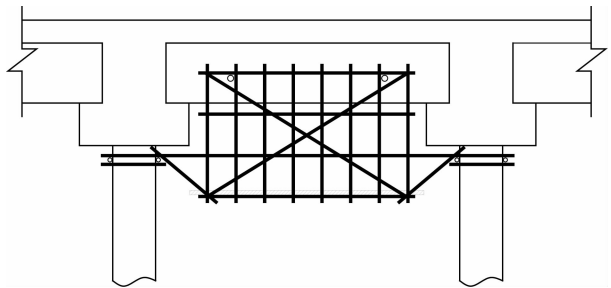


图 7 施工平台

3.4.2 钢护筒运输

将加工好的钢护筒陆运至码头平台，采用汽车吊放置于施工船两侧，浮运至加固桩位。钢护筒吊运前在内部预埋一根浇筑混凝土用的泵管，直径为 125 mm，材质为橡胶软管，连接端露出钢护筒。

3.4.3 水下拼装

在码头桩帽上设置手动葫芦吊，与钢护筒的吊耳连接，配合潜水员拼装施工。钢护筒拼装选择在低平潮时进行，将钢护筒 U 型管节尽量吊离水面，拼装时先调整外伸锚固钢筋，插入钢筋笼

内，螺栓对称初步紧固，然后检查止浆条是否偏位；满足要求后，利用自重沉放钢护筒，在遇到特殊情况时，采取高压射水和外加荷载的方式下沉至设计高程，拧紧螺栓。上、下节钢护筒拼装对接前应先将预埋泵管连接。

3.5 浇筑水下混凝土

3.5.1 混凝土配合比

本工程采用 C40 水下不分散混凝土进行浇筑，

与普通混凝土相比，水下不分散混凝土中添加了絮凝剂，具有优良的水中抗分散性、自流平性和填充性。利用这些特点，可有效解决现场施工空间狭小、传统混凝土水下施工工艺无法实施、混凝土振捣困难等难题，弥补了施工工艺的欠缺，保证了混凝土的施工质量。混凝土中添加膨胀剂，主要用于补偿混凝土与钢护筒之间的收缩差，减少混凝土裂缝产生。配合比见表 1。

表 1 C40 水下不分散混凝土配合比

粗骨料最大 粒径/mm	坍扩度 范围/mm	坍落度/ mm	水胶比/ %	砂率/ %	单位用量/(kg·m ⁻³)						
					水	水泥	细骨料	粗骨料	附加材料		
									絮凝剂	膨胀剂	其它
25	450	210	34	40	175	450	690	1035	12. 5	50	5. 5

3.5.2 浇筑前准备工作

水下不分散混凝土采用泵送方式进行浇筑。根据加固桩位，在其附近的码头面上开孔（也可利用码头泄水孔），孔径为 150 mm。码头上设置 1 台地泵，泵管与地泵连接，通过开孔，下部与钢护筒内的预埋泵管连接（图 3）。

为防止钢护筒在浇筑过程中因混凝土自重下滑，手动葫芦吊与钢护筒上部吊耳连接牢固，施加部分拉力。在低水位时，利用抽水泵将钢护筒内水抽空，并用淡水进行冲洗。

3.5.3 浇筑施工

浇筑混凝土选择在落潮露出钢护筒顶开始施工，考虑浇注速度与涨落潮的时间关系，尽量保证混凝土不被海水浸泡。浇筑时，左右移动橡胶软管，辅以插入式振动棒振捣，确保混凝土密实；利用手动葫芦吊提升橡胶软管，并保证软管底距混凝土面不大于 50 cm，可以部分埋入混凝土内。

浇筑过程中，时刻关注钢护筒的顶高程，发现下沉时，及时调整手动葫芦吊受力；手动葫芦吊应始终处于保护状态，直至混凝土终凝。

4 安全措施

1) 由于施工平台高程低于设计高水位，应严

格控制平台的施工操作时间，在涨潮淹没平台之前，所有人员必须撤离施工平台；平台木板与脚手架绑扎牢固，并设置防滑措施。

2) 潜水作业前了解现场的水深、流速、水温、水质、水文、底质及风速，根据水下作业内容和工作量，认真分析潜水作业中可能遇到的各种情况，制定潜水作业方案和应急安全保障措施，并进行书面安全技术交底。

3) 现场必须具备两组同时潜水的作业能力。每次潜水都应有专人统一指挥，所有配合人员都得服从命令。信绳气管由专人持管，绳、管不得离手。潜水员在水下作业过程中，要随时注意和清理供气胶管和信号绳，防止绞缠或被物体挤压。在浊水下前进时，应先伸手向前摸索，保护门镜及头部免受碰撞。

4) 水下焊接牺牲阳极块应使用直流电焊机，并配备使用空载自动断电装置，禁止使用交流电焊机。潜水员在作业时带绝缘手套，头盔领盘等金属导电部位应涂刷 2 遍以上绝缘漆。水面上设专人看管电焊机电源开关，严格执行水下作业人员开、关电闸的指令。除潜水员在水下进行焊接作业时间外，其他时间必须关闭电源。

（下转第 174 页）