

复合塑钢增强桩 在水下岸坡防护工程中的应用

樊佳男¹, 王 强², 沈 锭³, 蒋志远³, 李春霞³

(1. 常州市武进水利工程有限公司, 江苏 常州 213000; 2. 常州市水利规划设计院有限公司, 江苏 常州 213000;
3. 常州市水利建设投资开发有限公司, 江苏 常州 213000)

摘要:以新孟河延伸拓浚工程太滆运河段已发生的水下岸坡坍塌为例, 论述了复合塑钢增强桩+袋装土的岸坡防护特点、选材要求、施工工艺及质量控制等; 工程效果表明, 采用此防护形式后, 及时止住了水下岸坡坍塌和堤防挡墙位移的趋势, 相较于传统的支护桩, 有着施工速度快、桩身强度高、耐久性好、工程造价合理等优点, 值得类似工程借鉴应用。

关键词:坡面坍塌; 岸坡防护; 复合塑钢增强桩

中图分类号: TV861

文献标识码: A

文章编号: 1007-7839(2024)04-0046-0005

Application of composite plastic steel reinforced piles in underwater bank slope protection engineering

FAN Jianan¹, WANG Qiang², SHEN Ding³, JIANG Zhiyuan³, LI Chunxia³

(1. Changzhou Wujin Water Conservancy Engineering Co., Ltd., Changzhou 213000, China;

2. Changzhou Water Resources Planning and Design Institute Co., Ltd., Changzhou 213000, China;

3. Changzhou Water Conservancy Construction Investment and Development Co., Ltd., Changzhou 213000, China)

Abstract: Taking the underwater bank slope collapse in Taigehu Canal section of Xinmeng River extension and dredging project as an example, the characteristics of bank slope protection, material selection requirements, construction technology and quality control of composite plastic steel reinforced pile + bagged soil are discussed. The engineering practice results show that after adopting this protective form, the trend of underwater slope collapse and water retaining wall displacement has been stopped in a timely manner. Compared with traditional support piles, it has advantages such as fast construction speed, high pile strength, good durability and reasonable engineering cost, which is worthy of reference and application in similar projects.

Key words: slope collapse; bank slope protection; composite plastic steel reinforced pile

复合塑钢增强桩是在国家“以塑代钢”“以塑代木”“以塑代石”新材料应用倡导及节能环保低碳政策下研发的一种新产品新技术, 制造复合塑钢增强桩所产生的温室气体排放量与采用传统材料工艺制造所产生的温室气体排放量的比为1:6。其材料

成分稳定, 不含苯、铅、塑化剂等有害物, 对水质、土壤无污染, 绿色环保, 同时代替了传统建设中对木材、砂石等自然资源的消耗, 必要的话可重复使用和回收再利用, 节能降耗^[1]; 在我国水利行业, 复合塑钢增强桩目前已广泛应用于基础防渗、河道护

收稿日期: 2023-09-25

作者简介: 樊佳男(1993—), 男, 工程师, 本科, 主要从事水利工程施工建设管理工作。E-mail: 853701815@qq.com

岸、基坑支护、水土保持等工程中。

1 工程概况

新孟河延伸拓浚工程是《太湖流域防洪规划》中确定的流域北排长江的骨干防洪工程之一,工程北起长江右岸的大夹江,沿老新孟河拓浚至京杭运河,过运河后新开河道南延至北干河,拓浚北干河连接洮湖、滬湖,拓浚太滬运河和漕桥河入太湖;太滬运河是联通滬湖至太湖的骨干河道,西起滬湖,在分水村与漕桥河汇合后,于百渚口入太湖,全长24.52 km,是湖西地区主要入湖河道之一,本工程等别为Ⅱ等,防洪标准为50年一遇。

太滬运河河道主体工程于2021年底已基本完成,2022年8月底,检测单位对河道断面和挡墙结构的复测结果显示,部分河道堤防挡墙出现了较大的水平位移,水下岸坡也已出现严重的塌坡现象,存在严重的质量安全隐患。分析原因为该河段的土壤性质为重粉质沙壤土,稳定性差,水下岸坡受到河流的冲刷后坡度变陡,安全系数渐小,岸坡从稳定状态到临界状态再到失稳状态后出现坍塌^[2]。为确保河道护坡及堤防挡墙的安全,防止冲刷范围继续扩大,确保工程发挥综合效益,决定对太滬运河护坡、护岸增加局部水下生态防护,防护形式为复合塑钢增强桩+袋装土,目前已经施工完成,得到业主和监理等各方的一致认可,社会效益和经济效益明显。

2 复合塑钢增强桩的生态支护特点

2.1 复合塑钢增强桩的概念

复合塑钢增强桩是由具有超强的耐腐蚀及抗紫外线能力的环保高分子原材料经多种添加剂混合后一次挤压成型的强化复合材料,通过科学的材料设计进行增韧改性,每片两侧设置CT圆弧形套接接头,通过匹配连接,形成整体连续的护岸板墙,在轴线转角处,采用相同设计形状的连接件进行转向连接。见图1。



图1 复合塑钢增强桩外观

组合形成的护岸板墙除本身材质具有较强的拉伸、抗弯强度外,还具有较强的抗冲击和柔韧性,坚固耐久、不腐蚀、不蚁蛀、不开裂、变形适应性强、施工工效高、受天气影响较小、颜色多样化且价格合理^[3]。通过改良连接接头和转角连接件的组合方式,同时依据力学原理,采用大惯性矩截面设计,桩身强度高、抗侧弯性能高、抗震能力强、抗冲击能力强、整体结构性能优越。复合塑钢增强桩结构连接组合平面见图2。



图2 复合塑钢增强桩结构连接组合平面

2.2 复合塑钢增强桩支护的优点

与传统的木桩、混凝土桩支护相比,复合塑钢增强桩支护的优点如下:

- (1)节能环保、材质轻便、施工便捷、施工成本低、维护成本低、成型效果好^[4];
- (2)稳定可靠、坚固耐久,抗侧弯性能高、抗震能力强、抗冲击能力强、整体结构性能优越;
- (3)不挑施工作业面,水上陆上施工均可。

组合后的塑钢桩整体形状贴合既有岸坡线,能保护岸坡水下薄弱环节,抵抗水流冲刷侵蚀,抗冻融、耐久性好;施工中不受地形及深度的影响,可在水上施工作业;材料质量轻,不需要动用重机械,采用免共振技术(如荷兰ICE,台湾诚立等)产生的振动及噪声明显减少,扰动范围直径在1 m以内,对临近建筑物几乎无影响;施工效率高,平均每天可完成100 m作业,使用寿命在隐蔽条件下为100年以上,暴露光照情况下为50年以上。

3 材料设备选择与断面设计

3.1 材料

复合塑钢增强桩具体规格:ZA型402 mm×180 mm×9 mm,桩长为5 m(图3),增强部分材料的拉伸强度不小于110 MPa,其余部分材料的拉伸强度不小于42 MPa,抗弯强度不小于65 MPa;必须采用国家级验收产品,满足国家级环保REACH检测,不得含有塑化剂、苯、铅等有害物质,防腐涂层,抗老化指标及相应的表面处理应满足设计要求,钢结构涂层保护在涂装前应进行表面预处理,涂装前的表面粗糙度不宜超过涂层体系总干膜厚度的1/3^[5]。

本工程复合塑钢增强桩按50年寿命设计,采用

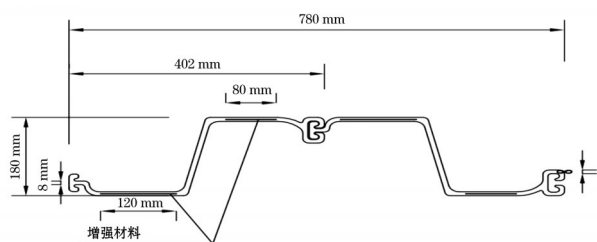


图3 复合塑钢增强桩尺寸

厚浆型环氧漆及预留腐蚀厚度的防腐措施,涂漆前需喷砂式抛射除锈,质量等级达Sa2.5级,最小局部厚度 $500\text{ }\mu\text{m}$,对在起吊和沉桩过程中损坏的涂层应及时进行修补,修补的涂料应与原涂层相同或配套。

3.2 设备

根据实际施工条件和要求,配备以下机械设备:

(1)30 t液压桩机1台,送桩3根,施工工程船1艘,运桩船2艘;

(2)测量仪器:司南导航RTK1台,拓普康DS3水准仪1台。

3.3 断面设计

本工程采用复合塑钢增强桩+袋装土的支护形式,支护长度约2.13 km,断面参数:河口线外2.5 m处设置5 m长的复合塑钢增强桩,桩顶高程为2.4 m(吴淞高程,下同),桩内回填袋装素土至原河道设计高程, $\nabla 2.40\text{ m}$ 以下于现状塌坡断面上设置2.5 m宽袋装土防护,底部辅以间隔木桩阻滑。见图4。

4 施工工艺及质量控制

4.1 施工工艺

施工工艺流程见图5。

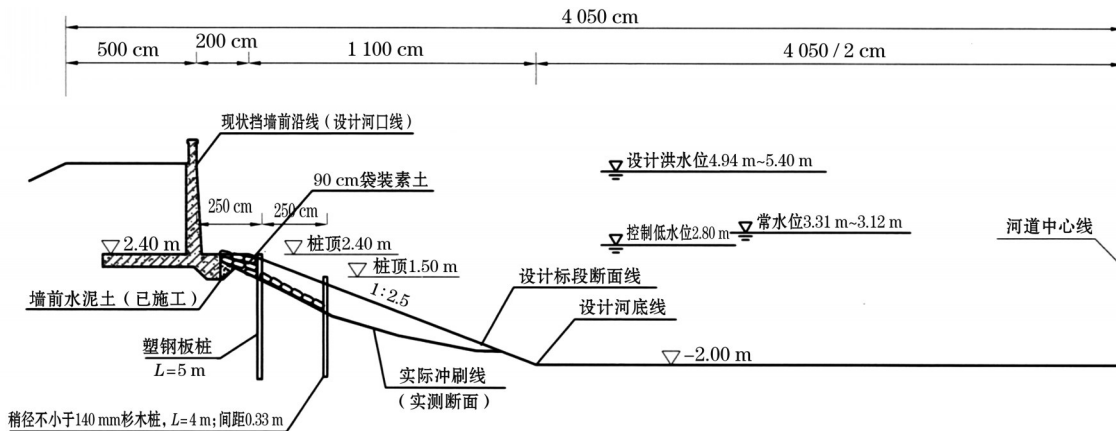


图4 防护断面

4.2 施工关键点

本工程施工的关键工艺主要有:①本工程桩顶高程位于常水位以下,需定制外包钢板夹具(以下称为送桩)一并打入水中,沉桩后抽出送桩。送桩必须与桩体紧密贴合,均衡设置受力点,避免应力集中导致桩体破坏,打桩过程中要注意对周边已完建筑物(挡墙、护坡等)的保护。②由于袋装土施工位置位于水下,在水中直接定位较为困难,需提前在与施工位置对应的挡墙上设立标志,袋装土抛填采用机械结合人工(潜水员)抛投的方式进行,抛填完成后必须要测量确认高程满足设计要求。

4.3 复合塑钢增强桩施工

4.3.1 准备工作

收集工程地质资料,探测地下管线,排查沿线高压线路,领会设计图意图,结合现场周边状况,确定试桩部位,组织管理人员学习图纸、施工规范、技

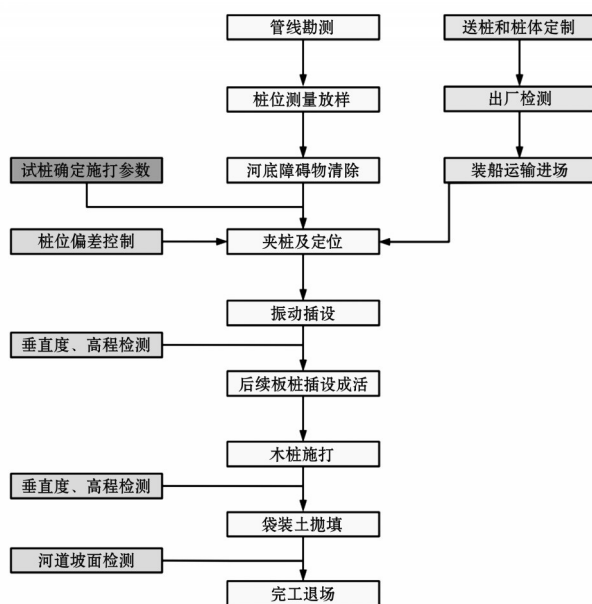


图5 施工工艺流程

术标准。

4.3.2 测量工作

根据设计院提供的坐标点,调整GPS坐标系并沿线加密控制网,施放轴线和桩位,利用GPS定位系统提前在水中间隔30 m打入定位桩,在水面上拉设定位导线、架设定位导梁^[6],从而可以更加直观地控制桩位一线性,起到多重控制的作用,桩机到位以后进行二次复核,确认无误后开工。

4.3.3 材料设备进场

(1)及时组织桩机、机械设备、人员进场,根据设计参数选择对应的桩锤型号,安排专人检查夹具和桩锤的安装质量。

(2)检查桩的出厂合格证和主要质量指标,再进行外观尺寸以及外观质量的检查,检查材料的化学成份、机械性能检验以及桩体长度、宽度、腹板厚度、端部直角差、弯曲矢高、质量等的检验结果。桩体表面不应有气泡、裂纹、结疤、折皱、夹杂和端面分层,允许有不大于10%厚度的轻微凹坑、凸起、压痕、擦伤和压入的氧化铁皮,缺陷面积不大于表面积10%。

(3)在施打开始之前,必须用2 m长同样形状的锁口,通过每一根桩的锁口来检查桩体的直线度和锁口形状,并报废沿桩体锁口局部有扭结或过分弯曲或翘曲的桩,每一根桩体的锁口必须干净无杂物,喷砂和喷涂防护油漆施工时所粘带的砂和油漆必须清除干净,如果这项检查工作不认真仔细,那么在插桩时会发生插不下或在打桩时把桩打出锁口的问题。

4.3.4 试桩

试桩位置宜选择在离施工现场不远处与施工现场地质条件相似位置或在施工位置选取具有代表性区域,施工船在施工时应下放定位桩固定以后再施工,运输船应抛锚定位配合施工。

施打不少于10根桩,试桩标准:轴线偏差小于5 cm、桩顶高程偏差小于5 cm、垂直度偏差小于1%。若无法满足标准,需分析原因(振动锤型号、振锤频率、插设方式及邻桩沉入影响),重新调试设备,调整施打参数,直至满足要求后方可进行正式施工。

4.3.5 正式施打

采用逐根插设法施打,插设前在桩体的锁口内涂黄油混合物油膏(混合物油膏重量配合比为:黄油:沥青:干锯末:干黏土=2:2:2:1),以减少插设时的摩阻力,方便桩体插设施工。

(1)打桩机夹取第一根送桩A,清理送桩A表面杂物,将桩体安装于送桩上,使用卡箍将桩体与送桩固定牢靠,使振动锤与桩体重心在同一直线上,卡箍应加固在中部偏上位置。

(2)夹桩至打桩地点,对准定位桩的锁口,锤下降,靠锤与桩自重压桩至淤泥以下一定深度不能下降为止,试开打桩锤30 s左右^[7],控制打桩锤下降的速度,使桩保持竖直,以便锁口能顺利咬合;第一、二块复合塑钢增强桩打设位置和方向要确保水平、垂直的精度,这两块复合塑钢增强桩起导向板作用,每入土0.5 m测量一次,依次类推将每一根桩打入土层,注意锁口对正、对好,确保施工质量。

(3)保持侧向施工,便于测量人员观察,理顺油管及电缆;确保桩体的施工位置及CT接头紧密连接,指挥桩机驾驶员调整桩体的偏移情况^[8]。

(4)入桩一定高度后,施工人员取下卡箍,并指挥调整垂直度直至桩体高于水面5 cm左右,停止入桩。

(5)松开送桩A,夹取第二块送桩B安装第二根复合塑钢增强桩,直至标高与前一根持平后松开送桩B。

(6)夹取第一根送桩A,继续振动入桩,直至沉入标准标高,拔出送桩A,循环往复施打。

在沉桩过程中,施工人员需全程密切关注桩施工进度,当施工距桩顶标高1.0 m时,必须匀速缓慢地施工至设计桩顶标高。根据不同的地质情况和设计要求,以标高控制或贯入度为主控,以另一参数为辅控。

4.4 袋装土抛填施工

袋装物采用PP聚丙烯编织袋,袋体克重不小于60 g/m²,控制土袋填充量以饱和度在80%~90%最为适宜;遵循“先远后近,先深水区后浅水区”的顺序,循序渐进,分层抛投,不得零抛散堆,顺坡向垂直于水流方向施工,类似于堤坝合拢段的立堵施工,且尽可能一袋到顶,避免中间分段^[9],填完一个断面后,再开始下一个断面施工时应重复前一个施工断面程序,每个断面的施工过程中防止漏抛、重复抛和区域外抛。整个施工段采取一次抛投方案,即每个细小网格单元一次抛投达到设计方量,确保袋装土到位的准确性、均匀性。抛投结束后,要派专人配合测量人员采用GPS系统对抛投区域及相邻的部分水域进行水下地形测量,并绘制比例为1:2000的水下地形图,将抛前抛后的水下地形图进行对比,确认抛填成果。

4.5 质量控制

(1)打桩施工前应了解现场土质土层情况,施工中桩机设备若需要停歇,应考虑桩尖停歇在软弱土层中以使两次启动阻力不致过大,打桩时阻力异常时应立即停压,查明原因并解决后方可继续施工。

(2)打桩前对桩体进行检查,从产品平板部分(纵向)取样,对于拉伸试验,每批取样1个,对于冲击试验,每批取样3个,制备试样时应避免由于机加工使钢表面产生硬化及过热而改变其力学性能^[10]。

(3)初打时应轻微振动锤击,观察桩身、桩锤、桩架是否在同一中心线上,待桩身入土一定深度后,桩尖不易移位时,再全力施打;打桩过程中入土速度应均匀,打桩时应注意观察桩的回弹情况,若桩锤经常性小幅度回弹,入土速度慢,说明桩锤太

轻;若发现回弹较大,说明桩尖遇到障碍,应停打并找出原因进行处理;若贯入度突增,说明桩身可能破坏或遇到软土层、土洞;若贯入度剧变、桩身发生倾斜、移位或严重回弹,桩顶桩身出现裂缝或破坏,应立即停打,分析原因,会同其他参建单位进行研究分析处理。

(4)在插打过程中随时测量监控每块桩的轴线、垂直度和高程,当偏斜过大且不能用卷扬机拉齐方法调正时,应拔起重打或制作纠偏桩进行调整;施打至接近控制标高时放慢打桩速度,也不可过早停止,以免造成欠压或超压现象,由于水位有一定的起伏,顶标高控制必须采用水准仪控制,不可采用桩体划线法控制标高,施工质量参考钢板桩和其他类预制桩的标准控制,具体要求见表1。

表1 复合塑钢增强桩的施工质量要求与检验方法

序号	项目	允许偏差	检查方法	检验数量
1	轴线/mm	±50	用钢卷尺测量送桩	逐桩
2	垂直度/mm	≤1%	用靠尺测量送桩	逐桩
3	桩顶高程/mm	±50	用水准仪测量送桩高程后换算	逐桩

5 结 语

防护工程完工后经过约一年的持续观察和监测,结果表明:水下岸坡的坍塌和堤防挡墙的位移均未进一步扩大,达到了工程的预期目标;同时,该材料工艺的选择符合国家倡导的节能、环保、生态理念,在施工周期、成本控制、资源优化、绿色施工等方面起到了积极作用,对于推动水利工程的可持续高质量发展具有十分重要的意义,值得类似工程借鉴应用。

参考文献:

- [1] 嘉兴市港航管理服务中心. 基于高强度塑钢组合板桩的生态护岸技术研究[J]. 交通节能与环保, 2022, 18(S1):1-4.
- [2] 蒋泽锋,朱大勇,沈银斌,等. 水流冲刷过程中的边坡临界滑动场及河岸崩塌问题研究[J]. 岩土力学, 2015, 36(增刊2):21-28.

- [3] 牟美奇,陈龙,李国良,等. 高强度塑钢联锁组合板桩护岸现场试验研究[J]. 河南科学, 2021, 39(4):587-594.
- [4] 丁若雪,徐鹏,马晨. 航道高强度塑钢组合板桩护岸变形监测研究[J]. 华东交通大学学报, 2018, 35(2):37-45.
- [5] 中华人民共和国交通运输部. 水运工程结构耐久性设计标准:JTS 153—2015[S]. 北京:人民交通出版社出版, 2015.
- [6] 邓柏旺,湛廷恩. 不露滩条件下塑钢板桩水下沉桩施工技术研究[J]. 水利建设与管理, 2022, 42(5):27-33.
- [7] 王琪颜,凡新,谢艳希. 砂质粉土地区地下综合管廊过河段围堰施工技术[J]. 云南水力发电, 2022, 38(10):75-78.
- [8] 顾靖超,周跃华,陆立国,等. 高强度塑钢板桩在黄河护岸工程中的应用[J]. 人民黄河, 2019, 41(11):22-25, 64.
- [9] 邓卫东,王维根. 浅议9 m水深袋装土护坡的设计及施工[J]. 江苏水利, 2007(5):9-11.
- [10] 国家市场监督管理总局. 钢及钢产品一力学性能试验的取样位置及试样制备:GB/T 2975—2018[S]. 北京:中国质检出版社, 2018.