

浅析梁垛河护岸工程设计方案比选

徐 静¹, 苏 凯², 苏叶平³

(1. 扬州市勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225007; 2. 江苏省工程勘测研究院有限责任公司, 江苏 扬州 225002; 3. 江苏省水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 扬州 225127)

摘要: 梁垛河整治工程护岸设计方案拟采用悬臂式挡土墙和地下连续墙, 其中悬臂式挡土墙地基处理采用水泥搅拌桩与预制桩。通过相关规范计算, 主要在结构稳定性、整体边坡稳定、工程投资等方面进行方案比选。综合考虑, 梁垛河整治工程护岸设计采用悬臂挡墙、水泥搅拌桩地基处理方案。

关键词: 梁垛河; 护岸工程; 方案比选; 边坡稳定; 结构

中图分类号: TV131 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839 (2019) 01-0007-05

Analysis on the comparison and selection of the design project of Liangduo River revetment engineering

XU Jing¹, SU Kai², SU Yeping³

(1. Yangzhou Surveying and Design Institute of Water Resource Co., Ltd., Yangzhou 225007, Jiangsu;
2. Jiangsu Engineering Surveying Institute Co., Ltd., Yangzhou 225002, Jiangsu;
3. Jiangsu Provincial Water Conservancy Survey and Design Institute Co., Ltd., Yangzhou 225127, Jiangsu)

Abstract: The cantilever retaining wall and diaphragm wall were proposed to be adopted in the revetment design of Liangduo River regulation project, in which the foundation treatment of cantilever retaining wall was treated with cement mixing pile and precast pile. Through the calculation of relevant codes, the schemes were mainly compared and selected in the aspects of structural stability, overall slope stability and project investment. Considering comprehensively, the foundation treatment scheme of cantilever retaining wall and cement mixing pile were adopted in the bank protection design of Liangduo regulation project.

Key words: Liangduo River; revetment engineering; scheme comparison; slope stability; structure

1 工程概况

梁垛河位于江苏省东台市的堤东地区, 是一条 20 世纪 70 年代人工开挖的东西向区域骨干河道, 西起梁垛镇的通榆河, 向东流至弼港镇的海堤村折向东北, 至笆斗山梁垛河闸注入黄海, 总长 53.1 km。经过几十年的运行, 梁垛河河道淤积,

河道设计排涝能力降低, 再加上受海岸变迁、滩涂围垦、关闸蓄淡、潮波变形加剧等因素影响, 闸下港道淤涨延长, 外排能力明显削弱。按照防洪 20 年一遇、排涝 10 年一遇标准, 全线疏浚整治梁垛河, 恢复河道设计标准, 提高区域的防洪排涝能力^[1]。

梁垛河整治工程沿线护岸长度 10.16 km, 其中悬

收稿日期: 2018-11-21

作者简介: 徐静 (1989—), 女, 本科, 主要从事水利设计与环境评价相关的设计工作。

臂挡土墙护岸 4.06 km, 具体位置为: 河道缩窄段桩号 17+020~17+400 段两侧、桩号 23+110 ~ 24+850 段北侧、桩号 23+100 ~ 24+760 段南侧、桩号 29+070 ~ 29+150 段北侧。加固缘由是现状河口狭窄, 不能满足堤东地区规划要求, 拟采用工程措施增加河道过水断面。

2 工程地质

2.1 护岸工程地质条件

梁垛河桩号 9+400 ~ 29+400 段拟采用挡墙或地连墙护岸, 该段位于第一 a 工程地质亚段, ①、②₁、③₂、④为砂性土。挡墙护岸, 底板底高程 1.4 m, 主要位于②₁、③₂层, 局部位于①、④层。①层填土, 土质不均, 不宜直接作为挡墙基础持力层, ②₁、③₂、④层允许承载力建议值分别为 120 kPa、100 kPa、140 kPa, 且②₁、③₂层为液化土层。

2.2 地震动参数

查 GB18306—2015《中国地震动参数区划图》, 梁垛镇 (1+350 以西) II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.10 g, 相应的地震基本烈度为 VII 度; 其余场地 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.15 g, 相应的地震基本烈度为 VII 度^[2]。

3 工程规模及建筑物级别

根据江苏省防洪规划, 梁垛河近期防洪标准为 20 年一遇, 排涝标准 10 年一遇。根据《堤防工程设计规范》GB50286—2013, 河道堤防工程等级为 4 级, 河道护岸建筑物级别为 4 级^[3]。

4 护岸工程方案

4.1 护岸河道标准断面设计

护岸河道断面设计标准为: 护岸河道设计河底高程为 -1.5 m, 设计河底宽度为 15 ~ 25 m, 高程 2.0 m 处设置 2 m 宽平台, 平台以上采用直立边坡, 平台以下边坡 1:3.5, 局部缩窄段河坡调整为 1:2.5, 典型设计断面详见图 1。

4.2 护岸方案拟选

根据梁垛河整治工程河道护岸布置情况, 护岸结构挡土高度 2.0 m, 挡土顶高程 4.0 m。护岸结构布置在河道开挖标准断面高程 2.0 m、宽 2.0 m

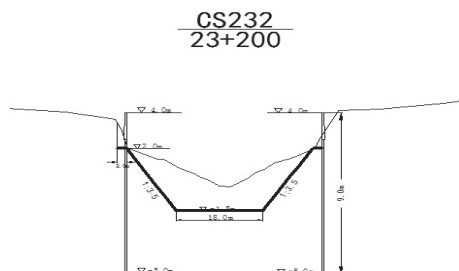


图 1 护岸河道设计典型断面

平台, 按照现状地形、地貌和地质情况, 本工程可采用钢筋混凝土悬臂式挡墙和地下连续墙。

钢筋混凝土悬臂式挡墙底板和墙身混凝土标号 C25, 前墙顶标高 4.0 m, 墙身厚度由顶部 0.5 m, 底板宽度 2.5 m, 厚 0.6 m。挡土墙底板主要位于②₁、③₂层, 局部位于①、④层。由于河道平台宽仅为 2.0 m, 河道边坡②₁、③₂层为液化土层, 拟采用水泥搅拌桩、预制桩地基处理。

4.2.1 方案一

方案一挡土墙地基处理拟采用水泥搅拌桩, 水泥掺量为被加固土体质量的 16%, 水泥选用强度等级为 42.5 级及以上的普通硅酸盐水泥, 采用湿法施工。根据东南大学交通学院岩土工程研究所研究成果, 搅拌桩加固地基, 桩径 500 mm 在桩距大于 1.5 m 时, 加固效果不佳^[4]。取搅拌桩桩身水泥土无侧限抗压强度不得小于 1000 kPa; 桩身直径为 0.6 m, 纵横向布置间距均为 1.5 m, 桩底高程 -5.0 m, 详见图 2 所示。

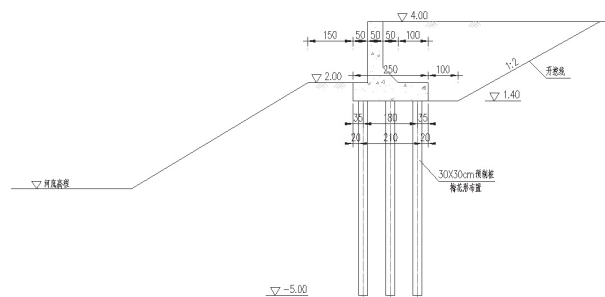


图 2 方案一

方案一悬臂式挡土墙抗滑稳定系数、地基反力按《水工挡土墙设计规范》SL379—2007 条文 6.3.3、6.3.5 计算; 挡土墙所在土层综合摩擦系数 f 按《水工挡土墙设计规范》SL379—2007 条文 6.3.8 计算^[5], 其中复合地基土层粘聚力、内摩擦角按《建筑地基处理技术规范》JGJ79—2012 条文 7.3.2 第 8 条计算^[6], 计算结果见表 1。

| 表 1 地基土综合摩擦系数 f | |
|-----------------|-------------|
| 地基土 | 综合摩擦系数 f |
| ① | 0.355–0.378 |
| ② ₁ | 0.385–0.411 |
| ③ ₂ | 0.374–0.398 |
| ④ | 0.403–0.429 |
| 水泥搅拌桩复合地基 | 取极限值 0.50 |

根据近年来相关工程局部河道挡土墙失稳倒塌案例以及总结的经验教训,水泥搅拌桩地基处理对提高复合地基综合摩擦系数 f 数值有限,保守取值综合摩擦系数 f 为 0.35。

依据《堤防工程设计规范》GB50286–2013 相关规定,①、②₁、③₂、④土层硬度为中等密实。方案一悬臂式挡土墙各工况抗滑稳定计算结果如表 2 所示,其计算结果均满足《水工挡土墙设计规范》SL379–2007 要求。

表 2 方案一悬臂式挡土墙抗滑稳定计算成果表

| 工况 | 水位 | | 偏心 e (m) | 地基反力 (kPa) | | | 不均匀系数 η | 抗滑安全系数 | |
|-------|------|------|---------------|------------|-------|-------|-----------------|--------|----------|
| | 墙前 | 墙后 | | P | Pmax | Pmin | | Kc | 允许值 [Kc] |
| 完建期 | 2.00 | 2.30 | 0.060 | 42.36 | 45.60 | 39.13 | 1.17 | 1.91 | 1.20 |
| 设计高水位 | 3.00 | 3.30 | 0.137 | 36.62 | 42.80 | 30.44 | 1.41 | 1.68 | 1.20 |
| 洪水位 | 3.80 | 3.80 | 0.075 | 29.46 | 32.34 | 26.59 | 1.21 | 2.95 | 1.20 |
| 地震期 | 2.00 | 2.30 | 0.147 | 45.94 | 54.20 | 37.69 | 1.43 | 1.33 | 1.00 |

4.2.2 方案二

方案二挡土墙地基处理拟采用预制桩。预制桩为 0.3 m×0.3 m,混凝土强度等级 C30,纵横向布置间距均为 1.1 m,桩底高程 -5.0 m,详见图 3 所示。方案二预制桩单桩水平力特征值、竖向承载力特征值及桩顶最大竖向反力按《建筑桩基技术规范》JGJ94–2008 条文 5.7.1、5.7.2 第 6 条、5.7.5 计算^[7]。取预制桩单桩在地面处水平初位移为 10 mm,经计算制桩单桩水平力特征值为 30 kN 左右,最大水平力标准值为 21.96 kN;桩顶最大竖向反力为 81.5 kN;单桩竖向承载力特征值为 185 kN,满足规范要求,见图 3。

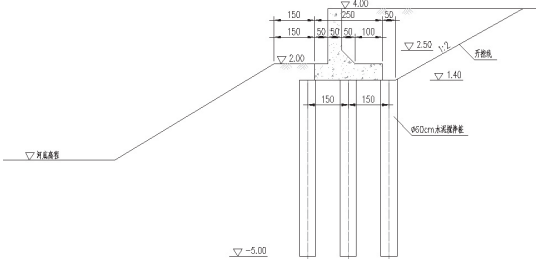


图 3 方案二

4.2.3 方案三

方案三为钢筋混凝土地下连续墙结构,帽梁、墙身混凝土标号 C30。帽梁高 2.50 m,帽梁底高程 1.50 m,尺寸为 0.4 m×0.6 m;在高程 2.20 m 处设置一道 $\phi 10$ 排水孔,间距为 10 m,墙后设置反滤层;地连墙墙身厚度 0.42 m,桩长为 9 m,桩底高程 -5.0 m,详见图 4 所示。地连墙桩身深度计算按《板桩码头设计与施工规范》JTS167–3–2009^[8],桩长计算结果为 9 m。

4.3 护岸工程边坡稳定

4.3.1 计算工况

正常工况:常水位 2.2 m;设计洪水位为 4.0 ~ 3.5 m;骤降期水位由设计洪水位骤降至常水位或最低水位。梁垛河属于通海河道,在梁垛河闸排水入海时闸上河道受潮汐影响,最低水位经模型

试算低至 1.5 m;靠近通榆河段的河道在正常排涝至 2.5 m 时,抽水泵站停止抽排。

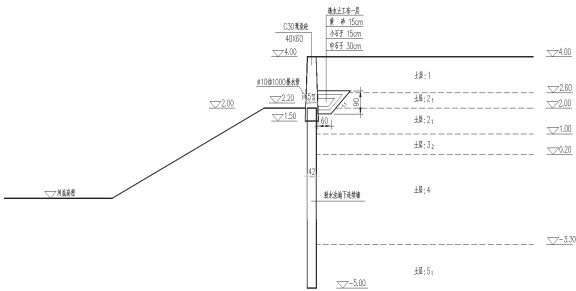


图 4 方案三地下连续墙

非常工况:施工期的河坡稳定选用河道内无水、河道外平地下水位渗透工况。长期降雨河道内为常水位条件下遭遇长期降雨,河道外土体饱和。

4.3.2 计算结果

护岸工程 3 个方案各工况抗滑稳定计算结果如表 3 所示,其计算结果均满足《堤防工程设计规范》GB50286–2013^[3] 要求。

护岸工程 3 个方案各计算工况下圆弧滑动面

表3 护岸工程边坡整体抗滑稳定计算成果表

| 支护方案 | 河道断面 | 工况 | 水位组合 | | 抗滑安全系数 | | |
|------------------|-------|------|------|-----|--------|------|------|
| | | | 临水侧 | 背水侧 | Kmin | [K] | |
| 悬臂挡土墙 (水泥搅拌桩) | CS174 | 正常工况 | 水位骤降 | 2.5 | 4 | 1.65 | 1.15 |
| | | 非常工况 | 长期降雨 | 2.2 | 满坡 | 1.69 | 1.05 |
| | | | 完建期 | 河底 | 2.2 | 1.36 | 1.05 |
| 悬臂挡土墙 (预制桩) | CS174 | 正常工况 | 水位骤降 | 2.5 | 4 | 1.41 | 1.15 |
| | | 非常工况 | 长期降雨 | 2.2 | 满坡 | 1.28 | 1.05 |
| | | | 完建期 | 河底 | 2.2 | 1.95 | 1.05 |
| 地连墙 | CS174 | 正常工况 | 水位骤降 | 2.5 | 4 | 1.92 | 1.15 |
| | | 非常工况 | 长期降雨 | 2.2 | 满坡 | 1.88 | 1.05 |
| | | | 完建期 | 河底 | 2.2 | 1.42 | 1.05 |

如图5、图6、图7所示,圆弧滑动面未穿透悬臂式挡墙、地连墙,满足规范要求。

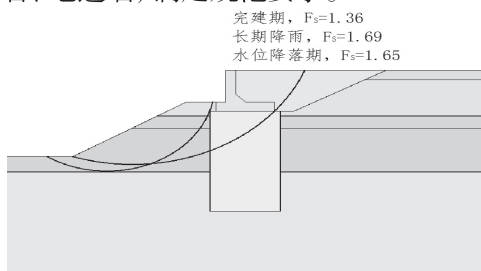


图5 CS174 断面水泥搅拌桩挡墙方案

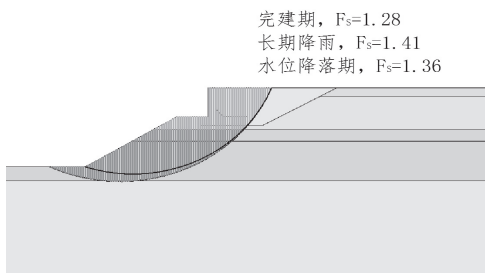


图6 CS174 断面预制桩挡墙方案

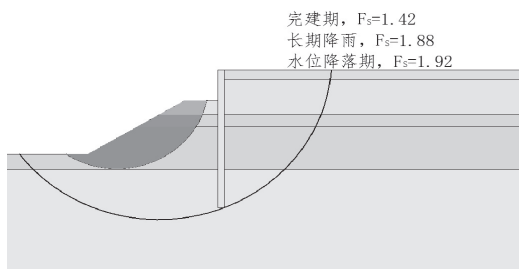


图7 CS174 断面地下连续墙方案

4.4 方案比选

钢筋混凝土悬臂式挡墙由底板、墙身组成,施工方便,其受力特点是依靠墙后填土和结构自重来维持结构的稳定,同样对地基承载力有一定要求。地下连续墙有帽梁、墙身组成,结构简单,

整体稳定性较好,施工技术成熟。

结构方面: 正常使用工况下,两种方案结构形式都有较好的稳定性,但河道边坡土层存在重粉质砂壤土以及液化土层,且河道平台宽仅为2.0m,易受到长时间水流冲刷和掏空墙前土体颗粒导致局部挡土墙失稳倒塌,需要进行地基处理,方案一采用水泥搅拌桩地基处理方案,设计、施工技术成熟,应用广泛,能提高地基承载力和整体边坡稳定性,能防止液化土层对地基承载力的影响。方案二采用预制桩地基处理方案,施工对周边房屋振动扰动大,还具有挤土效应,且施工过程振动导致液化现象。方案三地连墙方案无需地基处理,抗滑稳定性更佳,还具有优异的防渗性能,能提高河道边坡整体稳定性。方案一、方案三在整体边坡稳定比较可靠,方案二、方案三在结构稳定性上比较可靠。

施工技术方面: 方案一、方案二需要进行立模后绑扎钢筋后浇筑混凝土;方案三采用射水法,施工工艺成熟,方案三较方案一更易实施。

工程投资方面: 方案一工程费用经估算约5300元/m,方案二约6400元/m,方案三为7600元/m。方案一悬臂挡土墙水泥搅拌桩地基处理方案工程投资最低。

施工进度控制方面: 方案一水泥搅拌桩方案桩身成形需要养护,达到设计强度方可立模板、绑扎钢筋及浇筑混凝土,施工工期较长;方案二预制桩方案需要专用打桩机,场地需要碾压平整,保证桩机的移动和稳定垂直,施工之前还必须打实验桩,工期较长。方案三采用射水法施工,该施工工艺成熟,施工速度快,工期较短,较方案一、方案二有较大的缩短。

综上所述,方案三在工程投资上成本最高,方案一最低;另外方案一采用水泥土搅拌桩进行地基处理,设备体积较小,施工过程中无噪音污染,对堤身边坡及周边建筑物的扰动小。另外缩窄段占本工程比例不大,缩窄段施工工期对工程总工期影响不大,所以可以采用挡墙加地基处理的结构形式。故本工程拟采用方案一悬臂式挡土墙结构、水泥搅拌桩地基处理方案,以达到增加河道过水断面,不增加工程永久占地的目的。

5 结论与建议

5.1 结论

梁垛河整治工程护岸设计方案通过相关规范计算及比选,在结构稳定性方面,方案二、方案三更加牢固,不易倒塌;在整体边坡边坡稳定方面,方案一、方案三具有优异的防渗性能,整体边坡稳定更佳;在工程投资方面,方案一、方案二比方案三更节省投资,符合最优费用原则。综合考虑,梁垛河整治工程护岸设计采用悬臂挡墙、水泥搅拌桩地基处理方案。

5.2 建议

河道护岸工程技术有多种方案,其优缺点和适应性都不一样^[9]。梁垛河整治工程缩窄段是否

考虑其他更好更经济的护岸方案,防止局部河段失稳,做到长期河道驳岸稳定,是一项认真思考的课题。

参考文献:

- [1] GB50707-2011. 河道整治规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2011:9-11.
- [2] GB18306-2015. 中国地震动参数区划图[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2015:242.
- [3] GB50286-2013. 堤防设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2013:4-6.
- [4] 邓永锋, 洪振舜, 等. 高速公路工程搅拌桩设计最大桩距探讨[J]. 路基工程, 2008,5: 56-58.
- [5] SL379-2007. 水工挡土墙设计规范[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007:18-22.
- [6] GJG79-2012. 建筑地基处理技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012:42.
- [7] GJG94-2008. 建筑桩基技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008:26-70.
- [8] JTS167-3-2009. 板桩码头设计与施工规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2009:11-15.
- [9] 余文畴, 卢金友. 长江中下游河道整治和护岸工程实践与发展[J]. 人民长江, 2002(33) 8:15-17.