

深厚淤泥质粉质黏土河道生态护岸设计研究

郑宏伟,孙鹏明,李 昱

(江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司,江苏 苏州 215128)

摘要:江苏省苏州市吴江区水系连通及农村水系综合整治试点县工程中局部河段存在深厚淤泥质粉质黏土,该土层力学性能较差,对护岸稳定较为不利。工程位于长三角一体化示范区,为了避免传统河道护岸工程设计中存在硬质化严重、景观生态性差等缺点,本工程在保证护岸安全的前提下提出生态需求。通过对杉木桩护岸、仿木桩护岸与生态砌块挡墙等方案从安全稳定计算、工程造价等方面进行综合对比分析,阐述采用杉木桩作为生态护岸的优越性,为类似工程设计提供参考。

关键词:生态护岸;淤泥质粉质黏土;杉木桩

中图分类号:TV212

文献标识码:A

文章编号:1007-7839(2022)04-0037-0005

Research on ecological riverbank protection design of deep muddy silty clay

ZHENG Hongwei, SUN Pengming, LI Yu

(Jiangsu Taihu Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Suzhou 215128, China)

Abstract: Deep muddy silty clay is distributed over the river-systems-connected and rural river comprehensive treatment project in Wujiang District, Suzhou City, Jiangsu Province. The soil layer has poor mechanical properties and is not conducive to the stability of bank protection. The project is located in the Yangtze River Delta Integration Demonstration Zone. In order to avoid the shortcomings of serious hardening and poor landscape ecology in the design of traditional river bank protection projects, this project puts forward ecological requirements under the premise of ensuring bank protection safety. Through a comprehensive comparative analysis of the schemes of cedar pile revetment, imitation wood pile revetment and ecological block retaining wall from the aspects of safety and stability calculation, project cost, etc., the advantages of using cedar piles as ecological revetment are expounded, and a reference for similar engineering design is provided.

Key words: ecological riverbank protection; deep muddy silty clay; cedar pile

1 工程概况

江苏省苏州市吴江区水系连通及农村水系综合整治试点县工程针对吴江区黎里镇东部交界河湖面貌较差、生态功能退化等亟待治理的问题,紧抓推进乡村振兴、长三角示范区一体化发展有利契机,按照推进乡村振兴、促进生态文明建设、改善提升农村人居环境总体要求,围绕吴江“创新湖区、乐居之城”建设目标,结合吴江区农村水系整治已有工作基础、经验和长三角一体化示范区全面启动建设的现实需要,对项目区水系进行治理。工程等别

为Ⅱ等,建筑物级别为2级。

项目区部分河道生态护岸工程中存在深厚淤泥质粉质黏土。堤顶高程4.00~0.70 m分布土层为1~2层素填土,高程0.70~16.20 m分布土层为2层淤泥质粉质黏土,其中2层淤泥质粉质黏土力学性能较差,采取常规河道护岸型式难以满足规范要求。土层地质参数见表1。

2 河道护岸与边坡稳定分析方法

根据《水工挡土墙设计规范》SL379—2007相关理论,河道护岸稳定计算分析主要包括抗滑、抗倾

收稿日期:2021-04-24

作者简介:郑宏伟(1988—),男,工程师,硕士,主要从事水工结构设计工作。Email:zhw214@163.com

表1 土层地质参数

土层	容重/ ($\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$)	黏聚力/ kPa	内摩擦角/ ($^{\circ}$)
1~2	18.6	21.8	11.5
2	17.7	8.7	6.8

覆稳定等内容,抗滑稳定安全系数按照阻滑力与下滑力比值计算,抗倾覆安全系数按照抗倾覆力矩与倾覆力矩比值计算^[1]。

根据《堤防工程设计规范》GB50286相关理论,河道边坡稳定计算分析可采用瑞典圆弧滑动法^[2]。

本文将根据上述方法对不同护岸型式进行稳定计算分析。

3 河道生态护岸设计方案

河道在传统水利工程中需要满足防洪排涝的要求。随着社会的快速发展,河道还需要承载生态景观功能^[3]。然而随着我国经济社会的快速发展,河道的生态环境遭到了较为严重的破坏。

随着社会对水利工程建设要求的提高,河道护岸型式应该考虑诸方面因素,如河道土质土层条件、行洪能力、景观需求、周边生态环境以及用地情况等。河道护岸应该具有足够的稳定性与耐水流冲刷能力;此外,河道护岸需与周边环境相互协调,满足人民群众日益增长的景观需求;与此同时,河道护岸不应阻隔水域与陆域之间的物质、能量交换,能够维持生态系统的连贯性。在河道护岸建设过程中,生态护岸对周边生态发挥着重要的改善作用。生态护岸具有较好的力学性能和生态效应,不仅可以充分保障河道稳定,还能够净化空气、美化环境、改善居民生活质量^[4]。

本工程河道的迎水面长期遭受雨水的冲刷,周边生态遭受较大影响。由于城市的快速发展,工程区临近河道新建多处建筑物,传统大开挖施工可能影响周边建筑物安全;此外,由于拆迁、征地难度大。故采用护岸建设提升生态效果。

根据本工程总体布局,凸显自然生态风貌的需求,拟采用具有生态美观效果的直立护岸。根据以往工程经验,生态护岸主要包括杉木桩、仿木桩与生态砌块挡墙等。由于本工程沿线存在深厚软淤土层,本文对上述3种护岸型式结合地基处理进行综合比选。

3.1 方案一(杉木桩护岸+塑料土工格栅)

木材作为可再生资源,相比于其他建筑材料而

言,具有污染性小、环保性好、透水性强、生态亲和性好,施工简便快捷等优点^[5]。

塑料土工格栅是一种新兴的土工合成材料,是高分子聚合物通过挤板压延、冲孔、纵向拉伸、冷却定型等一系列工艺过程制作成的网片状结构。塑料土工格栅具有强度高、重量轻、弹性模量大、耐老化、韧性好、抗拉抗腐蚀与土体之间相互作用强等优点,可以发挥较好的加筋作用,因此被广泛应用于护岸工程中^[6-8]。

本方案在杉木桩护岸桩后设3层5 m长土工格栅进行2层淤泥质粉质黏土加固,施工期控制墙后填土高程不超过3.00 m。计算桩长5 m、梢径不小于15 cm,抗倾覆安全系数1.61,桩顶位移4.56 mm,稳定安全系数满足规范要求。

护岸断面为:河道两岸采用单排杉木桩草坡入水护岸,高程3.00~2.00 m设置密排杉木桩,桩长5 m,前后错落布置,梢径不小于15 cm,桩后设1层350 g/m²无纺土工布、3层5 m长土工格栅。高程3.00 m以上设置缓坡绿植护坡,坡比为1:3.5,坡面高程3.00~4.00 m处设置土工格室坡面防护。杉木桩护岸前高程2.00 m设置1m宽平台,平台高程2.00 m至河底高程0.00 m之间设置1:3边坡。

3.2 方案二(仿木桩护岸)

仿木桩护岸为仿木制品,在保证强度的前提下凸显生态效果。仿木桩护岸上部通过特殊木纹处理使外观与原木桩相似,具有一定的亲近自然效果^[9]。此外,仿木桩是一种新型的混凝土预制桩,结合预应力混凝土管桩的成熟工艺,承载力较高、耐久性较好。混凝土仿木桩还可批量采购,现场压桩施工,机械化程度高、速度快,密排的护岸结构外观美,亲水性和挡土性均较好,使环境生态化、人性化,达到实用美观的目的。

本方案施工期控制墙后填土高程不超过3.00 m。计算桩长8 m,桩径30 cm、壁厚7 cm,抗倾覆安全系数1.55>1.50,桩顶位移5.37 mm,稳定安全系数满足规范要求。

护岸断面:河道两岸采用单排仿木桩草坡入水护岸,高程3.00~5.00 m设置密排仿木桩,桩长8 m,桩径30 cm,壁厚7 cm,桩后设1层350 g/m²无纺土工布。高程3.00 m以上设置缓坡绿植护坡,坡比为1:3.5,坡面高程3.00~4.00 m处设置土工格室坡面防护。仿木桩护岸前高程2.00 m设置1m宽平台,平台高程2.00 m至河底高程0.00 m之间设置1:3边坡。

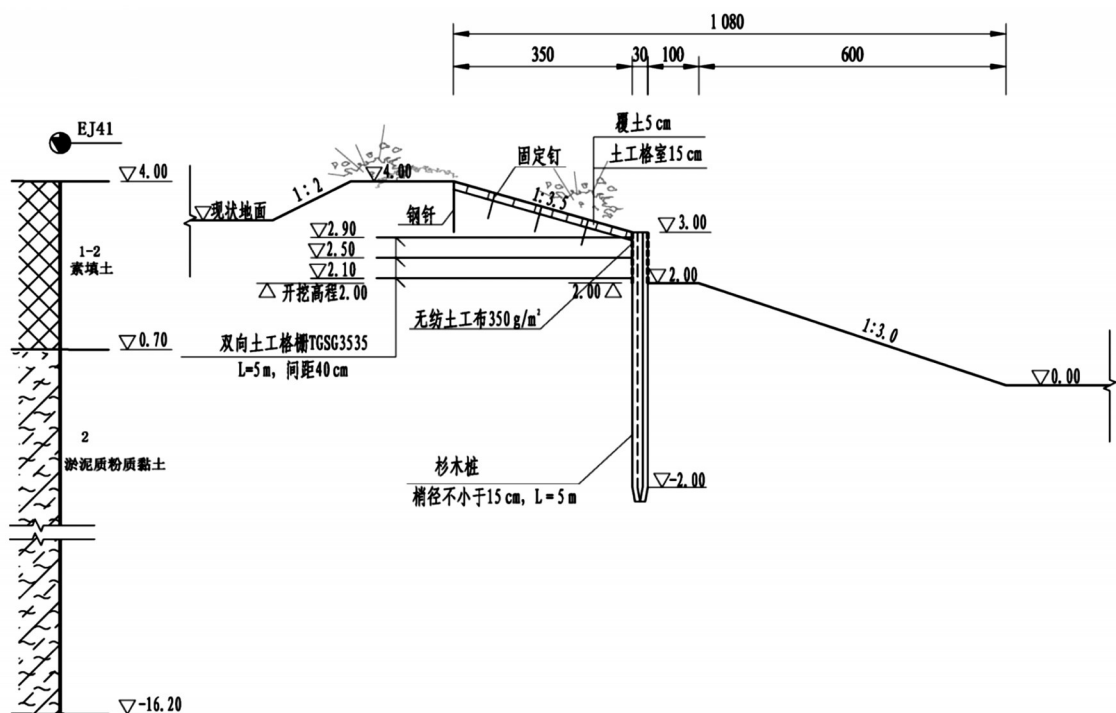


图1 生态护岸方案一(杉木桩护岸+塑料土工格栅)(单位:m)

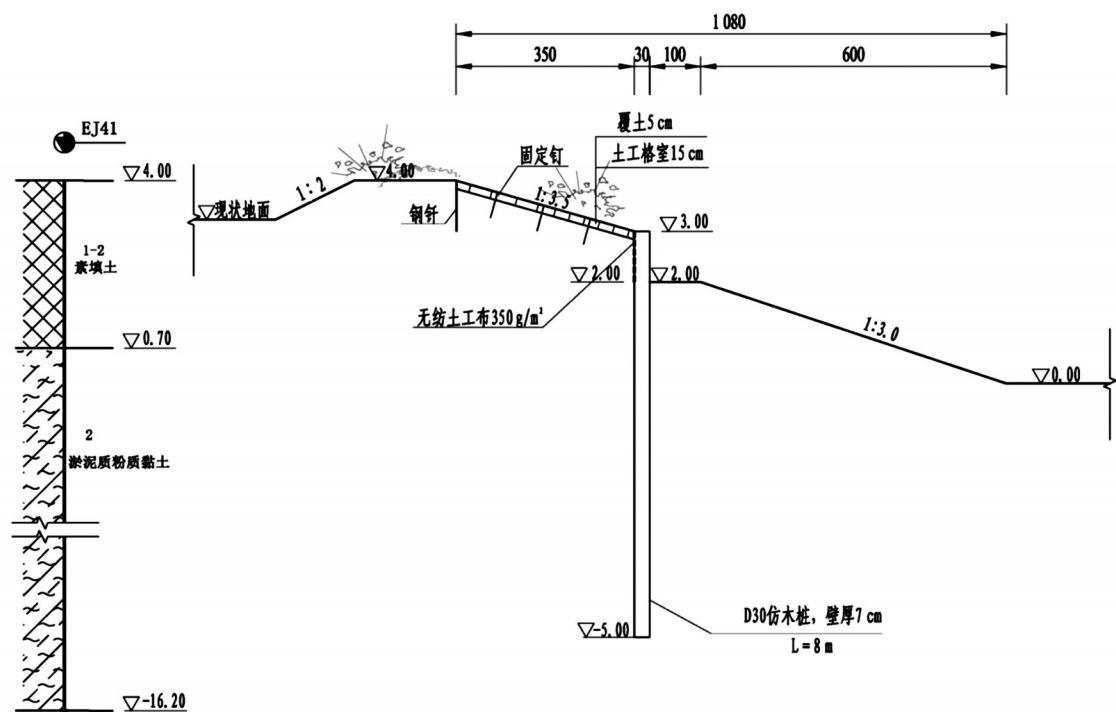


图2 生态护岸方案二(仿木桩护岸)(单位:m)

3.3 方案三(生态砌块挡墙)

生态砌块挡墙采用工字型生态砌块组合体作为挡墙的墙体,砌块由前后挡板、加强肋、植物空腔等组成。生态砌块挡墙是一种柔性挡土结构,通过生态砌块干垒形成,同时依靠生态砌块块体自重等使挡墙稳定^[10]。块体主要分水下块、水上块和压顶

等类型,其中水下块,设置在常水位或高水位以下,其断面尺寸较大,具有挡土和较好的水土保持功能。水上块增设了植物根系孔,使得植物腔内的土体与后方土体有效连接,保证挡墙上的绿化植物根系能深入后方坡地中,一般设置在常水位或高水位以上。压顶块,设置在挡墙顶部。砌块护岸渗透性

好,能够为水体和水岸之间物质提供一个天然“通道”,能够提高水体自净能力,改善水质。砌块形成的网格外观整齐,线型柔美,提高护岸结构的生态性和景观性,生态效益显著。

本方案施工期控制墙后填土高程不超过3.00 m。计算底板宽2.5 m,抗滑稳定安全系数1.32,抗倾覆安全系数1.70,稳定安全系数满足规范要求。

护岸断面:河道两岸采用生态砌块挡墙护岸,高程3.00~1.43 m设置生态砌块,1.425~1.025 m设置钢筋混凝土底板,底板宽2.5 m。高程3.00 m以上设置缓坡绿植护坡,坡比为1:3.5,坡面高程3.00 m~4.00 m处设置土工格室坡面防护。生态砌块挡墙护岸前高程2.00 m设置1.26 m宽平台,平台高程1.53 m至河底高程0.00 m之间设置1:3边坡。

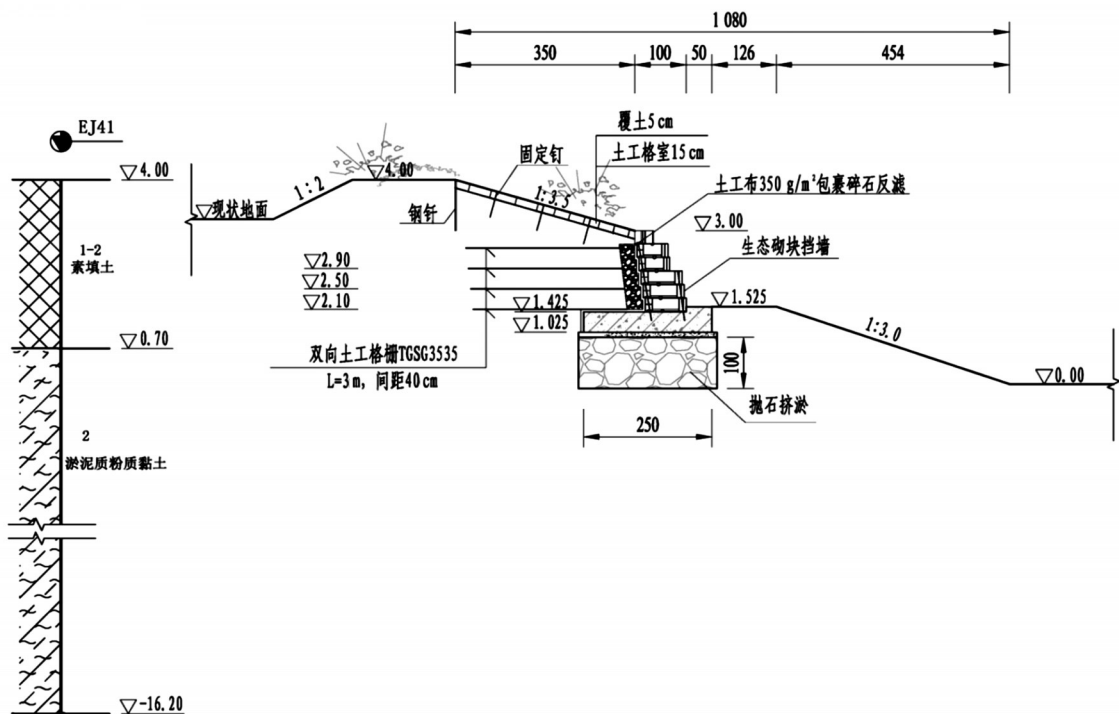


图3 生态护岸方案三(生态砌块挡墙)(单位:m)

3.4 河道生态护岸设计比选

根据规范采用上述计算分析结果,采用杉木桩护岸+土工格栅、仿木桩护岸与生态砌块挡墙等生态护岸型式均满足稳定安全要求,且均符合工程的生态需求。本文将从工程投资方面对上述河道生态护岸型式进行比选。

方案一(杉木桩护岸+塑料土工格栅):考虑杉木桩、土工格栅、土工布及土方等主要工程量,该护岸型式估算延米单价3124.33元。

方案二(仿木桩护岸):考虑仿木桩、土工布及土方等主要工程量,该护岸型式估算延米单价4 050.83元。

方案三(生态砌块挡墙):考虑生态砌块、混凝土、抛石、钢筋、土工格栅、土工布及土方等主要工程量,该护岸型式估算延米单价4 506.99元。

综上所述,方案一、方案二与方案三从技术上

均可实施。方案二与方案三存在硬质化、景观性差与造价高等缺点,而且割裂了水体与土体之间的联系,隔断了水域生物、微生物等与陆域的接触,生态效果比较差。方案一中杉木桩护岸材质轻、工序比较简单、运输比较方便、造价低,且对施工排水、土层含水量、土质颗粒粗细等要求比较低,具有亲近自然、施工机械化程度高、施工速度快、施工质量好控制等优点,密排杉木桩施工完成后外形美观,整体生态效果好。故本文采用方案一即杉木桩护岸+土工格栅进行生态护岸建设。

4 结 论

本文通过对江苏省苏州市吴江区水系连通及农村水系综合整治试点县工程中局部深厚淤泥质粉质黏土河段生态护岸进行多方面分析,综合比选了杉木桩、仿木桩与生态砌块挡墙等生态护岸方

案。通过综合分析,最终确定采用力学性能好、生态性佳、结构简单、施工技术成熟且造价最低的杉木桩作为深厚淤泥质粉质黏土河段河道生态护岸。

参考文献:

- [1] SL379-2007, 水工挡土墙设计规范[S].
[2] GB50286-2013, 堤防工程设计规范[S].
[3] 陈浩, 胡超, 史大为. 城市河道护岸类型及适用条件探析[J]. 工程建设与设计, 2020(5): 120-123.
[4] 刘堂莉. 试论中小河道整治中生态护岸的建设和作用[J]. 居舍, 2019(6): 1.
[5] 顾鑫, 黄浩浩. 生态护岸的技术应用[J]. 防洪排水,

2019(3): 124-127.

- [6] 范家暖. 塑料土工格栅用聚丙烯改性研究[D]. 济南: 山东大学, 2016.
[7] 宋立彬, 郑超, 王征, 等. 土工格栅用聚丙烯原料的高温拉伸特性[J]. 理化检验(物理分册), 2015, 51(10): 688-692.
[8] 刘杰. 塑料土工格栅拉伸性能及工艺研究[D]. 济南: 山东大学, 2015.
[9] 王捷. 浅析上海市几种常用生态护岸型式的设计思路[J]. 水资源开发与管理, 2019(11): 42-46.
[10] 杨庆庆, 王桂智, 张慧, 等. 多种生态护岸型式在高邮横泾河整治工程中的应用[J]. 中国水运, 2020(11): 111-113.

(上接第13页)

表1 最优方案

参数	m	b/m	h/m	$Q/(m^3 \cdot s^{-1})$	A/m^2
方案1	1.0	2.5159	2.0085	2.9999	6.3480
方案2	1.5	3.0022	2.1220	2.9998	6.1556
方案3	2.0	2.8840	1.7842	2.9998	6.6645
方案4	2.5	2.6238	1.6551	2.9996	6.8720
方案5	3.0	1.8858	1.7488	3.0001	7.0977

5 结 论

在洪泽区灌溉渠道断面设计时, 结合项目重点介绍了灰狼优化算法的基本原理以及其在洪泽区灌溉渠道断面设计中的应用, 主要结论如下:

(1) 将灰狼优化算法引入到灌溉渠道断面优化设计中, 极大地提高了断面设计的效率, 获得了较好的应用效果。

(2) 坡比对断面工程造价影响较大, 在设计时应注意坡比的选择, 控制工程成本。

(3) 灰狼算法的收敛速度较快, 在断面优化时需优化参数较多, 结果表明灰狼算法对于多目标优化问题同样有较好的适用性。

参考文献:

- [1] 王志斌. 基于 Rao-1 算法的抛物线形渠道断面优化设计[J]. 节水灌溉, 2020(12): 64-67.
[2] 肖让, 陈海龙, 张永玲, 等. 不同断面类型混凝土垫层渠道抗冻胀设计优化研究[J]. 水利规划与设计, 2020(7): 124-128.

- [3] 张晓凤, 王秀英. 灰狼优化算法研究综述[J]. 计算机科学, 2019, 46(3): 30-38.
[4] 田志杰. 新疆某灌区输水渠道横断面优化设计[J]. 中国水运(下半月), 2018, 18(8): 164-165.
[5] 弋昭媛. 基于 PSO 算法的抛物线形渠道断面优化[J]. 水利规划与设计, 2018(6): 157-160.
[6] 郭振洲, 刘然, 拱长青, 等. 基于灰狼算法的改进研究[J]. 计算机应用研究, 2017, 34(12): 3603-3606, 3610.
[7] 罗佳, 唐斌. 新型灰狼优化算法在函数优化中的应用[J]. 兰州理工大学学报, 2016, 42(3): 96-101.
[8] 尚关蕾, 刘东, 胡宇祥. 基于猫群算法的渠道断面优化及设计参数分析[J]. 排灌机械工程学报, 2016, 34(2): 128-132.
[9] 龙文, 赵东泉, 徐松金. 求解约束优化问题的改进灰狼优化算法[J]. 计算机应用, 2015, 35(9): 2590-2595.
[10] 刘刚, 滕凯. 梯形断面均匀流水深的近似计算公式[J]. 水利与建筑工程学报, 2012, 10(1): 39-42.
[11] 钱坤, 苏国韶. 人工蜂群算法在渠道断面优化设计中的应用[J]. 水利水电科技进展, 2011, 31(3): 57-60.
[12] 余长洪, 周明耀, 姜健俊, 等. 灌区节水改造中防渗渠道断面的优化设计[J]. 农业工程学报, 2004(1): 91-94.