

城市滨江道路与防洪堤结合工程的设计探讨

杨 壮, 牛圣宽

(长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

摘 要: 滨江道路与防洪堤结合建设的模式已在滨江城市广泛应用, 但城市道路与防洪堤分属不同的专业领域, 目前尚未形成系统完善的工程设计方法或技术指南。结合岳阳市君山水利安保大道工程, 对城市滨江道路与防洪堤结合工程的总体设计方案和关键技术措施进行了探讨。在确定工程定位和主要建设内容后, 明确了“防洪为主、兼顾交通”的总体设计原则。对不同堤路结合形式与适用性进行分析, 提出道路主体采用堤脚帮宽, 局部条件受限段采用堤顶帮宽的堤路结合形式, 并结合功能需要提出了非对称布置的城市道路横断面。针对工程实际条件和待解决的相关问题, 对堤身防渗加固、路堤填料控制、堤路结合部处理、软土地基处理、穿堤构筑物保护等关键技术措施进行探讨, 可为类似工程建设方案提供参考与建议。

关键词: 城市道路; 滨江路; 防洪堤; 堤路结合; 软土地基处理

中图分类号: TV871; U412

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)05-0188-04

Discussion on Design of Combined Project of Urban Riverside Roads and Flood Control Embankments

YANG Zhuang, NIU Shengkuan

(Yangtze River Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: The combined construction form of riverside roads and flood control embankment has been widely applied in riverside cities, but the urban roads and embankments belong to the different professional fields. At present, no systematic and perfected engineering design methods or technical guidelines have been formed. In combination with the Yueyang Junshan Water Conservancy Anbao Avenue Project, the overall design scheme and key technical measures for the combined project of urban riverside roads and flood control embankment are discussed. After the engineering positioning and main construction contents are determined, the overall design principle of "prioritizing flood control while taking transportation into account" is clearly defined. The different combination forms and applicability of roads and embankment are analyzed. The combination form of embankment and roads is proposed that the main body of roads adopts the width of embankment foot side, and the sections with the limited local conditions adopts the width of embankment top side. Combined with the functional demands, an asymmetrically arranged cross-section of urban roads is proposed. In response to the actual conditions of the project and the related problems to be solved, the key technical measures such as the anti-seepage reinforcement of the embankment body, the control of the filling material of the embankment, the treatment of the junction of the embankment and the road, the treatment of soft soil foundation and the protection of the structures passing through the embankment are discussed, which can provide reference and suggestions for similar engineering construction schemes.

Keywords: urban road; riverside road; flood control embankment; embankment-road combination; treatment of soft soil subgrade

0 引 言

防洪堤通常是人工修筑的城市防洪屏障, 同时也是城市发展的边界线。近年来, 随着国民经济的

快速发展, 城市建设布局合理、功能完善、品质保障等要求的提高, 滨江城市更加注重滨水区域的系统开发建设。为完善城市道路网络, 修复滨水生态景观, 打造水、堤、路、城相融合的滨水生态体系, 滨江道路与防洪堤结合建设的模式已在滨江城市广泛应用, 有效提升了防洪、交通、景观、生态等方面的经济社会效益。

郝伟^[1]总结了建国之后不同时期的堤防道路建

收稿日期: 2024-08-16

基金项目: 长江勘测规划设计研究有限责任公司自主创新基金项目(CX2022S025)

通信作者: 杨壮(1993—), 男, 硕士, 工程师, 从事公路与城市道路设计工作。

设形式,具体可以分为堤顶路、堤前路和堤后路。李国林^[2]采用有限元数值模拟技术对哈尔滨松花江北岸滨江大道路堤加宽沉降处理和防裂效果进行了分析,并结合现场监测数据进行论证。汪小茂^[3]分析了道路与堤防结合形式对长江行洪的影响。胡晓红^[4]依托武汉市江北快速路、右岸大道工程的建设,对堤防道路路基改造和沉降处理进行了经验总结。

由于城市道路与防洪堤分属不同的专业领域,国内对堤路结合工程的研究较少,多从水利防洪、堤防道路管理、堤路结合形式、不均匀沉降处理等方面展宽研究,未形成系统的工程设计方法或技术指南。此外,由于影响因素众多,不同城市的滨江道路建设形式多样,与防洪堤的关系也各不相同。本文结合岳阳市君山水利安保大道工程的项目情况,研究探讨了城市滨江道路与防洪堤结合工程的总体设计方案和关键技术措施。

1 工程概况

君山水利安保大道工程位于湖南省岳阳市君山区,君山区作为湖南省长江经济带中游城市圈的重要组成部分,辖区内长江岸线约占湖南省长江岸线总长的 1/4。其中,君山垸内堤防全长 37.858 km(长江干堤 22.825 km,洞庭湖堤 12.508 km,君山间堤 2.525 km)。

项目结合君山垸四面围堤的地势条件,考虑水利堤防、市政交通及生态景观等功能,打造城市滨江道路与防洪堤相结合的综合性工程(见图 1)。工程建设主要内容包含现有堤防防渗加固,并利用防洪堤新建一条总长 36 km,宽 30 m 的水利安保大道和滨江绿道。工程共分三期实施,目前已完成一期工程建设内容。

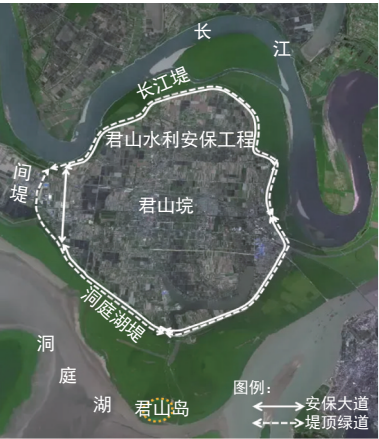


图 1 工程地理位置图

2 总体设计方案

2.1 设计原则

滨江道路与防洪堤结合工程是一个系统性工程,工程设计应遵循“防洪为主、兼顾交通”的总体原则,不仅要满足水利堤防的防洪安保功能,同时要满足城市道路的设计要求,并完善相应的市政配套设施。项目总体设计原则如下:

(1)对现状防洪堤进行系统性的查漏补缺,对历史出现过险情的堤段进行防渗加固处理,有效提升工程整体防洪安保能力;

(2)本着防洪安保、占补平衡、交通安全的原则,滨江路平面布置与防汛堤有机结合,道路尽可能布置在堤防背水侧,以减小对滩地和行洪断面的影响;

(3)道路设计应考虑现状防洪堤和已建成道路衔接关系,考虑沿线城市规划,在满足道路设计规范的前提下,选取适宜的技术指标,保证平纵设计的合理性和良好的视觉效果,提高行车舒适性;

(4)工程设计因地制宜,道路景观应与周围环境相协调,尽量减少对当地环境的破坏,沿线布置休闲驿站、景观平台及绿化节点,提升沿线景观效果,打造一条集堤固、通达、岸绿、景美于一体的滨水景观大道。

2.2 堤路结合形式与适用性分析

基于设计原则,滨江道路基本沿长江干堤和洞庭湖堤布线,道路总体采用“堤路结合”的设计思路,断面形式分为堤顶帮宽和堤脚帮宽两种。其中,堤顶帮宽形式将现状防洪堤整体帮宽为 30 m 的超级堤防、堤身同时作为滨江路路基,滨江路设计高程以路床顶面不低于现状堤顶高程为原则;堤脚帮宽形式将滨江路布置于堤脚戕台区域,结合现状堤防提出一种利用堤防改造的含绿道的市政道路结构^[5]。堤脚戕台帮宽至 21 m 宽作为滨江路路基,道路局部进行线形优化,满足城市次干路的线形要求,滨江路设计高程整体低于堤顶绿道 3~4 m,以路床顶面不低于现状戕台高程为原则。两种方案均预留好工后沉降值,工后沉降可根据堤地质质条件、堤身土质和填压实度等因素综合确认。

考虑到工程规模的经济性和实用性,堤路结合标准横断面采用非对称式设计,具体布置形式为:30 m=10 m 堤顶绿道+15 m 车行道+1.5 m 设施带+3.5 m 非机动车道。堤顶帮宽和堤后帮宽样式详见图 2。

对堤顶帮宽和堤脚帮宽的特点和适用性进行对

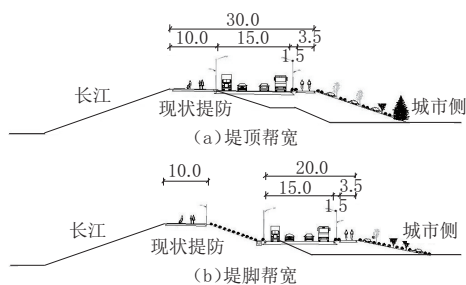


图2 滨江道路与防洪堤结合常用形式(单位:m)

比分析,详见表1。考虑到本项目所处位置为岳阳市新城区,滨江地块大多处于待开发状态,而区内填土资源相对匮乏,结合沿线地形地势条件、与城镇的关系、道路功能定位和经济性、安全性,确定滨江路采用堤路结合设计方案,道路主体设计为堤脚帮宽形式,局部条件受限路段设计为堤顶帮宽形式。

表1 不同堤路结合形式与适用性

堤路结合形式	堤顶帮宽	堤脚帮宽
适用道路等级	快速路、主干路	次干路、支路
占地规模	较小	较大
工程填方量	较大	较小
堤防加固效果	整体打造为“超级堤防”	稳固堤后戗台,有利于堤防安全稳定
景观效果	视野开阔,景观效果好	临水不见水,景观效果弱
交通路网转换便捷性	高差较大,便捷性弱	高差较小,便捷性强

3 关键技术措施

滨江路与防洪堤结合工程的关键问题是根据水利堤防和城市道路的设计要求,做好滨江路路基和防洪堤的衔接设计,主要体现在堤身防渗加固、路堤填料控制、堤路结合部处理、软土地基处理、穿堤构筑物保护等方面。

3.1 堤身防渗加固

项目紧邻长江和洞庭湖。长江干堤为二级堤防,堤顶高程范围为36.3~37.6 m,堤顶宽10 m,设计洪水位33.2~33.88 m(1985国家高程,下同);洞庭湖堤为三级堤防,堤顶高程范围为35.1~36.6 m,堤顶宽度6 m,设计洪水位33.06 m。对现状防洪堤进行堤身防渗和帮宽加固,保证沿线防洪堤统一为堤顶宽度不小于10 m的达标堤防(见图3)。

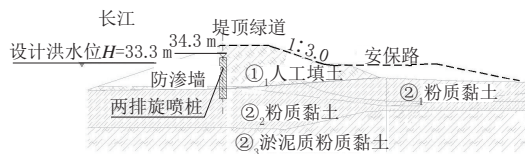


图3 防洪堤防渗加固典型横断面图

根据地质勘察和收集的历年堤防险情资料,从工程安全性、经济性等方面综合考虑,在工程区堤身

新建5段、总长1855 m的高压旋喷桩防渗墙,以保证防洪堤形成封闭的防渗体系。经计算,防渗墙设计桩径0.8 m,桩间搭接0.2 m,防渗墙顶部高出防洪设计水位1.0 m,防渗墙底部穿透粉质壤土层,进入堤基底部相对隔水层不小于1.0 m。各段防渗墙两端各延长20 m,防渗墙渗透系数小于 5.0×10^{-7} cm/s,28 d无侧限抗压强度不小于1.0 MPa。防渗墙施工时,需保证高压喷射注浆施工作业顺序为隔孔分序方式,相邻孔喷射注浆时间间距不小于24 h,旋喷桩钻孔孔位偏差不大于50 mm,垂直度偏差不大于1%。

3.2 路堤填料控制

在进行路堤填料设计时,考虑到堤路结合工程首先是城市防洪堤,其次是市政道路,因此路堤填料应满足水利堤防和城市道路路基的双重要求^[6]。根据《堤防工程设计规范》(GB 50286—2013)^[7]和《城市道路路基设计规范》(CJJ 194—2013)^[8]的条文规定,路堤填料宜选用黏粒含量为10%~35%、塑性指数为7~20的黏性土,不得使用强膨胀土、泥炭、淤泥、沼泽土、有机质土、含草皮土、生活垃圾、树根和含腐朽物的土。对于液限大于50%、塑性指数大于26的细粒土,以及含水量超过规定的土,不得直接作为路堤填料。

针对堤路结合区域路基压实度的取值,《堤防工程设计规范》(GB 50286—2013)是对堤身整体压实度进行要求,未分层分区细化,其中二级堤防压实度不应小于0.93,且为轻型击实标准;而《城市道路路基设计规范》(CJJ 194—2013)中对填方路基则是将路基工作区分为3个深度范围进行分段要求,为重型击实标准。在确认压实度标准时,根据“下限就高、上限就低”的原则^[9],对堤防和道路规范要求取大值。考虑到该项目二级堤防和城市次干路标准,故采用重型击实标准,路床压实度不得小于表2中的标准值。

表2 堤路结合路基填筑压实度标准

填挖类型	路床顶面以下深度/cm	压实度/%
	(次干路/二级堤防)	
填方路基/浅挖路基	0~80	94
	80~150	92
	>150	91

3.3 堤路结合部处理

在自然沉降和交通荷载的作用下,堤路结合部的不均匀沉降容易导致沥青路面开裂^[10]。在堤路结合部进行搭接处理时,应先对路床范围内的现状堤身内坡进行清表后挖台阶处理,并保证开挖面至路

面槽底 80 cm 以下,台阶宽度不小于 2 m,设置内倾 2% 的坡度。台阶开挖区域回填碎石土,铺设一层三向土工格栅,土工格栅长度为 3 ~ 5 m,搭接宽度不小于 30 cm。格栅铺设时,需保证格栅平顺,格栅不得起褶皱(见图 4)。

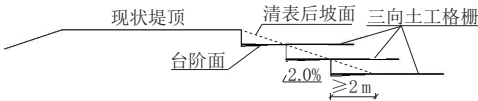


图4 堤路结合部位处理图

3.4 软土地基处理

由于项目所在洞庭湖区地质环境复杂,地基结构为上部一般性黏土和淤泥质软土,下部为砂壤土或粉细砂等组成的“双层结构”,具中等~高压缩性,容易出现沉降变形问题。

采用分层总和法对滨江路路基进行主固结沉降计算,计算剖面选取高填方及软土地基段。总沉降量分施工期沉降和基准期内工后残余沉降,施工期按 18 个月考虑,基准期按沥青混凝土路面使用年限 15 a 考虑。根据《城市道路路基设计规范》(CJJ 194—2013),工程沿线需要满足路基设计标准,容许工后沉降:桥台路堤相邻处≤20 cm;涵洞通道处≤30 cm;一般路段≤50 cm。

根据路基沉降计算结果,对工程沉降超标准的软土地基路段进行加固处理。在进行软土地基处理设计时,以工程造价经济、满足设计工期要求和沉降达标为原则,选取变桩长的水泥土搅拌桩加固措施,处理后的单桩承载力特征值为 100 kN,复合地基承载力应不小于 120 kPa。具体设计为:采用水泥土双向搅拌桩进行软基加固,桩体直径为 0.6 m,正三角形布置,经计算搅拌桩设计长度分为 12 m (A 型) 和 24 m (B 型),间距 $D=1.3$ m,其中 A 型桩主要作用是提高复合地基承载力,B 型桩主要作用是控制路堤整体沉降,桩底应深入粉细砂层不小于 1 m。桩顶设 0.5 m 厚石灰土褥垫层,并在路床顶面满铺一层土工格栅,有效控制路基不均匀沉降。水泥土搅拌桩施工前,应进行成桩试验,确保桩体长度、垂直度和桩身强度满足设计要求。施工采用“二喷四搅”工艺,成桩后及时做好质量检测(见图 5)。

3.5 穿堤构筑物保护

工程沿线共经过 5 处电排闸,为避免滨江道路建成后车辆荷载对水利设施穿堤构筑物造成不利影响,以不扰动现状设施为设计原则,采用“水泥土搅拌桩+钢筋混凝土传力板”的非开挖方式对箱涵进行

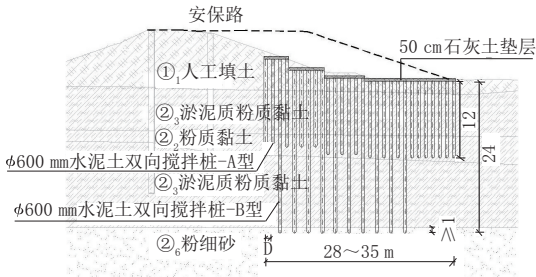


图5 软土地基处理典型断面图

保护处理。在结构保护设计时,采用水泥搅拌桩对现状结构物两侧地基进行土体加固,保证地基承载力满足要求,传力板结构尺寸需根据各构件的受力情况计算确认,满足结构使用功能及防水要求。本文选取南闸传力板结构设计举例说明。

南闸穿堤箱涵为 3.5 m×3.8 m 混凝土结构,箱涵结构壁厚为 400 mm。对箱涵进行保护的传力板结构尺寸设计为 15.7 m×8.7 m,根据经验取板厚 400 mm 进行试算,保证传力板挠度和跨中最大裂缝满足规范要求。传力板采用台阶式设置,位于路基顶面以下 2.0 ~ 3.9 m,传力板两侧采用桩径 600 mm、间距 400 mm、长 21.2 ~ 25.5 m 的三轴水泥搅拌桩进行土体加固,传力板置于两侧加固土体上方,板底设有级配碎石垫层及 C15 水泥混凝土垫层(见图 6)。

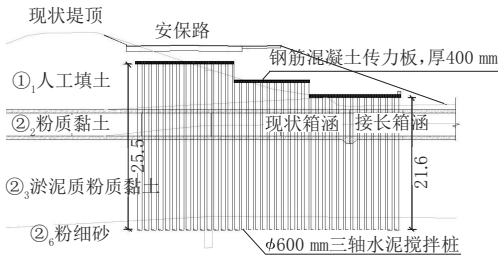


图6 南闸传力板典型剖面图

4 结 语

本文以岳阳市君山水利安保大道工程为例,介绍了城市滨江道路与防洪堤结合工程的总体设计方案和关键技术措施,总结了不同堤路结合形式和适用性,提出道路主体采用堤脚帮宽,局部条件受限段采用堤顶帮宽的堤路结合形式,并结合功能需要提出了非对称布置的城市道路横断面。对堤路结合设计中堤身防渗加固、路堤填料控制、堤路结合部处理、软土地基处理和穿堤构筑物保护等关键技术措施进行探讨,可为今后类似工程的设计施工提供参考和借鉴。

参考文献:

[1] 郝伟,樊恒辉,张争奇.我国堤防道路研究与技术进展[J].长江科