

长江堤防防渗处理方案优选

陈娟, 马素俊, 潘盼

(常州市长江堤防工程管理处, 江苏 常州 213127)

摘要: 以常州市长江堤防防洪能力提升工程为背景, 针对多头小直径深搅桩防渗墙施工时遇到的桩机钻进困难问题, 依据地质勘察成果, 结合施工现场情况, 对堤身防渗措施提出迎水坡复合土工膜防渗和塑性混凝土防渗墙两种方案。这两种方案在技术上都是可行的, 且施工不受堤身碎石、灰土夹层及孤石的影响, 可以避免施工中桩机钻进困难的问题。在满足堤防渗透稳定、抗滑稳定规范要求的前提下, 从资金投入、江堤渗流及渗透稳定等方面进行数值计算和比较, 最终选出最适合工程实际的防渗处理方案。

关键词: 堤防; 防渗处理; 数值计算; 方案优选

中图分类号: TV871.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2019) 03-0061-04

Optimization of anti-seepage treatment plan for Yangtze River embankment

CHEN Juan, MA Sujun, PAN Pan

(The Yangtze River Levee Project Management Office of Changzhou, Changzhou 213127, Jiangsu)

Abstract: Based on the background of Changzhou Yangtze River embankment flood control capacity improvement project, aiming at the difficulties encountered in the construction of multi-head small diameter deep mixing pile cutoff wall, according to the geological survey results and combined with the construction site situation, two schemes for the composite geomembrane seepage prevention and plastic concrete seepage prevention wall on the water-facing slope were put forward. The schemes were technically feasible, and the construction was not affected by the gravel, lime-soil interlayer and solitary stone of the embankment body, which could avoid the difficult problem of piling machine drilling in the construction. On the premise of meeting the requirements of seepage stability and anti-sliding stability criterion of embankment, numerical calculation and comparison were made from the aspects of capital investment, river bank seepage and seepage stability, and finally the most suitable seepage treatment scheme for engineering practice was selected.

Key words: levee; anti-seepage treatment; numerical calculation; scheme optimization

1 基本资料

1.1 工程概况

常州市长江堤防防洪能力提升一期工程范围为常州市长江主江堤(CS196+884 ~ CS214+071),

共 17.187 km, 工程主要施工内容包括: 对长江堤防常州段主江堤采取加高防浪墙、堤身防渗处理、堤防断面覆土加宽、背水坡坡顶设置挡土墙等方式加固, 主江堤全线防洪线封闭, 主江堤全线堤顶道路翻修, 主江堤全线堤脚排水设施完善, 主

收稿日期: 2018-08-08

作者简介: 陈娟(1984—), 女, 硕士研究生, 工程师, 主要从事水利工程运行管理和维修养护工作。

江堤沿线5座涵洞穿堤部分拆除重建,肖龙港闸拆除重建,堤防配套管理设施完善。

本文所述江堤段在施工第六标段,位于澡港河以东段(CS211+649 ~ CS214+071),长2.42 km,主要施工内容包括江堤加高防浪墙、堤身防渗处理、堤防覆土加高、堤顶道路翻修、堤脚排水设施及沿线配套管理设施完善、堤防背水坡及护堤地绿化完善等内容。

1.2 原防渗处理设计方案

六标段现状堤身土渗透系数 $k=1.33 \times 10^{-4} \sim 1.4 \times 10^{-4}$ cm/s(注水试验),属中等透水性,同时根据渗透、渗流计算结果,堤防渗流量略偏大。原设计采用多头小直径深层搅拌桩截渗技术对堤身进行防渗处理。施工机械采用一机三钻头,单排布孔,钻头直径370 mm,钻杆间距320 mm,水泥掺入量15%,防渗墙成墙厚度180 mm,渗透系数 $k < 10^{-6}$ cm/s,防渗墙穿过堤身土深入相对不透水层不小于1 m。根据计算结果,经过多头小直径防渗处理后,浸润线降低,同时堤身、地基水平渗透比降、出逸比降及渗流量均明显降低,并满足允许渗透比降的要求,防渗处理后效果明显,经防渗处理后的堤防迎水坡抗滑稳定安全系数较未防渗处理时略小,但仍满足规范要求。

1.3 施工中遇到的问题

在六标段多个施工段进行多头小直径深搅桩防渗墙施工时,发现桩机钻进困难的问题。经过补充勘察,发现桩号CS211+649.5 ~ CS213+061.2段夹碎石范围较大,大部分堤身填土中均分布上、下两层碎石或灰土垫层,局部埋藏较深,对多头小直径防渗墙施工影响较大;桩号CS213+061.2 ~ CS213+907.2堤身填土上部普遍含有碎石层。通过加大配套电动机功率、改进钻头、增加操作时间等措施对多头小直径深搅桩防渗墙进行试桩,仍然沉桩困难。

2 堤身防渗处理方案优选

依据地质勘察成果,结合施工现场情况,针对施工六标段堤身防渗措施提出迎水坡复合土工膜防渗^[1]和塑性混凝土防渗墙^[2]两种方案。这两种方案在技术上都是可行的,且施工不受堤身碎石、灰土夹层及孤石的影响,可以避免施工中桩机钻进困难的问题。

2.1 迎水坡铺设复合土工膜防渗(方案一)

保留迎水侧坡面护坡,坡面上铺设5 cm砂石找平层后铺设复合土工膜,在复合土工膜上浇筑15 cm厚C25现浇混凝土护坡,复合土工膜顶部采用M12螺栓锚入堤防防浪墙,复合土工膜底部自底格埂顺坡向前平铺2 m后再向下垂直插至堤防相对不透水层1.0 m,并锚入现浇混凝土槽内。复合土工膜采用两布一膜复合土工膜,渗透系数 $k < 10^{-11}$ cm/s。

各码头道口等无法实施迎水坡铺设复合土工膜的区段改用劈裂灌浆垂直防渗处理,劈裂灌浆处理范围与复合土工膜的搭接长度不小于10 m。劈裂灌浆采用水泥浆,水泥掺入量15%,水灰比1.5,布置2排孔,梅花型布置,单排孔距2.5 m,排距2.0 m,第一排孔距迎水侧防浪墙1.5 m,第二排孔距迎水侧防浪墙3.5 m,孔底高程与原多头小直径防渗墙墙底高程相同。

2.2 塑性混凝土防渗墙(方案二)

利用专用的造孔设备营造孔槽,采用泥浆护壁,用导管在注满泥浆的槽孔中浇注塑性混凝土并置换出泥浆,形成墙体。防渗墙顶高程为8.70 m,防渗墙厚度0.3 m,渗透系数 $k < 10^{-6}$ cm/s,防渗墙穿过堤身土深入相对不透水层不小于1 m。塑性混凝土的水泥用量不小于80 kg/m³,膨润土用量不小于40 kg/m³,水泥与膨润土的合计用量不小于160 kg/m³,胶凝材料总量不小于240 kg/m³,砂率不小于45%。

各码头道口等无法实施塑性混凝土防渗墙的区段改用劈裂灌浆垂直防渗处理,劈裂灌浆处理范围与塑性混凝土防渗墙的搭接长度不小于10 m。劈裂灌浆采用水泥浆,建议水泥掺入量15%,水灰比1.5,布置2排孔,梅花型布置,单排孔距2.5 m,排距2.0 m,第一排孔距迎水侧防浪墙1.5 m,第二排孔距迎水侧防浪墙3.5 m,孔底高程与原多头小直径防渗墙墙底高程相同。

2.3 方案优选

两种方案技术经济分析比较如下:

方案一:迎水坡复合土工膜防渗仅在迎水坡侧施工,对堤顶路面、背水坡及护堤地的施工干扰较小,对工期影响较小,但对施工质量要求高。

方案二:塑性混凝土防渗墙墙体连续性好,防渗性能可靠,墙体耐久性好,墙体为塑性,可适应堤防的变形与堤身土结合紧密。但施工时需构筑

满足防渗墙施工需求的施工平台,施工速度较慢,对工期影响较大,同时,需将已完成的堤顶覆土部分开挖并将已铺设完成的加筋土工格栅卷起,待防渗墙施工完成后重新铺设并回填土。

以上两种方案投资对比见表 1。

表 1 六标段堤身防渗方案投资对比表			
方案	项目	投资(万元)	备注
迎水坡复合土工膜防渗 塑性混凝土防渗墙	迎水坡复合土工膜防渗	513.7	原设计方案多头小直径防渗墙投资为 129.93 万元
	塑性混凝土防渗墙	598.9	

上述两种方案在技术上均可满足堤身防渗要求,在堤防设计使用年限内可保证堤防的防渗安全。方案一施工可与堤顶道路、背水坡及护堤地绿化施工同步进行,相互间干扰小,对六标段工期的影响较小,且无需对堤顶覆土和加筋土工格栅进行返工;方案二防渗墙施工速度较慢,对工期影响大,开槽施工对六标段已完成的堤身覆土

和加筋土工格栅的影响较大,且投资较大。因此,本次六标段堤身防渗处理变更推荐方案一,即迎水坡铺设复合土工膜防渗方案。

3 堤防稳定计算

3.1 计算程序

堤防稳定计算采用河海大学水工分析软件 Autobank7.0^[3],其中边坡稳定计算采用瑞典圆弧法^[4],稳定渗流期边坡稳定计算采用有效应力法,施工期边坡稳定计算采用总应力法,水位骤降期边坡稳定计算采用总应力法与有效应力法^[5],并以较小的安全系数为准。

3.2 断面及工况水位组合

选取该标段桩号 CS212+045 断面进行稳定计算,计算水位组合见表 2、表 3。

3.3 计算参数

根据地质勘探报告,计算断面各土层物理力学性质参数见表 4。

表 2 江堤渗流及渗透稳定计算水位组合

计算工况	迎水坡水位(m)	背水侧水位(m)
设计洪水位	8.16(设计洪水位)	背水坡坡脚地面高程下 0.5 m
水位降落	8.16 降至 2.91(历时 8 h)	

表 3 江堤抗滑稳定计算工况及其水位组合

运用情况	计算工况	计算边坡	迎水坡水位(m)	背水坡水位(m)
正常运用情况	稳定渗流期	背水坡	8.16	背水坡地面高程下 0.5 m
	水位降落	迎水坡	8.16 降至 2.91	
非常运用情况	施工期	迎水坡	无水	无水
		背水坡		

表 4 地质勘探参数

土层 编号	土层 描述	天然 含水量 (%)	湿密度 (g/cm ³)	抗剪强度						渗透系数 (cm/s)
				慢剪		直接快剪		固结快剪		
				C(Kpa)	Φ (°)	C(Kpa)	Φ (°)	C(Kpa)	Φ (°)	
A	堤身填土	30.6	1.87	20.4	13.1	19.1	10.9	24.0	13.4	1.3e-4
①	粉质黏土	37.7	1.87	15.0	11.9	14.4	11.6	16.5	13.5	2.8e-5
②	淤泥质粉质黏土	40.7	1.81	14.5	12.7	14.1	9.5	16.9	13.2	2.9e-5
③	粉质黏土	24.8	2.02			34.6	15.2	37.7	18.1	3.6e-7
④	重粉质砂壤土	34.7	1.87			6.2	21.6	10.3	23.9	3.1e-3

3.4 计算结果

江堤采用复合土工膜防渗处理后渗流及抗滑稳定计算成果见表 5、表 6。

江堤防防渗处理方案比较和分析结果具有较强的应用价值, 不仅适用于长江沿线江堤, 也适用于港堤和内河堤岸, 对同类型的其它工程均有重要

表 5 堤防渗流、渗透稳定计算结果对比表

防渗方案	逸出高度 (m)	逸出高程 (m)	渗流量 (m ³ /d·m)	堤体、堤基水 平渗透比降	出逸坡降	允许比降 (水平/出口)
多头小直径防渗墙	0.14	5.16	0.236	0.04/0.03	0.04	0.40/0.60
迎水坡复合土工膜	0.12	5.14	0.066	0.06/0.05	0.05	0.40/0.60

表 6 堤防抗滑稳定计算结果对比表

防渗方案	正常运行工况安全系数				施工期安全系数		
	背水坡 (稳定渗流期)	迎水坡(水位降落期)		允许 安全 系数	迎水坡	背水坡	允许 安全 系数
		有效应力法	总应力法				
多头小直径防渗墙	1.26	1.35	1.38	1.25	1.57	1.56	1.15
迎水坡复合土工膜	1.61	1.46	1.55	1.25	1.85	2.01	1.15

根据上述计算成果, 复合土工膜防渗处理方案可有效降低浸润线, 减小渗漏量, 防渗处理后效果明显, 堤防渗透稳定、抗滑稳定满足规范要求, 且不低于原设计标准。

4 结语

通过比较分析, 迎水坡铺设复合土工膜防渗方案防渗效果较好, 可满足堤防防渗要求, 施工可与堤顶道路、背水坡及护堤地绿化施工同步进行, 相互间干扰小, 对六标段工期的影响较小, 且无需对堤顶覆土和加筋土工格栅进行返工。六标段长江堤防加固提升实施后, 其防洪标准由原来的 50 年一遇提高到 100 年一遇, 防洪效益显著。本工程的实施将有力促进该地区社会经济的健康发展, 具有显著的社会效益和环境效益。文中对长

的借鉴和参考价值。

参考文献:

[1] 孙志东. 复合土工膜在堤防防渗处理工程中的应用[J]. 工程技术: 引文版, 2016(7): 225.

[2] 沈志全, 冯国平, 巫东辉. 塑性混凝土防渗墙施工技术 在长江干堤加固工程中的应用[J]. 中国煤炭地质, 2005, 17(1):36-38.

[3] 梅强, 李春雷, 柯贤金. Autobank7 在河道堤防渗流 稳定分析中的应用[J]. 水利科技与经济, 2016, 2 (12):100-102.

[4] 卢玉林, 薄景山, 陈晓冉, 王丽, 卢滔. 瑞典圆弧法积 分模型的边坡稳定性解析计算[J]. 应用力学学报, 2017, 34(2):257-263.

[5] 陈祖煜. 土质边坡稳定分析 原理·方法·程序[M]. 北 京: 中国水利水电出版社, 2003.