

# 江堤边滩平台塌陷原因分析及防治对策 ——以常熟长江边滩整治为例

钱 波<sup>1</sup>, 祁 影<sup>2</sup>

(1. 常熟市长江河道管理处, 江苏 苏州 215513; 2. 镇江市水利建筑工程有限公司, 江苏 镇江 212000)

**摘要:**在江堤边滩平台日常维管过程中,发现存在较多埋石混凝土镇墩沉降断裂和边滩二级平台塌陷现象。分析了江堤埋石混凝土镇墩沉降断裂和边滩平台塌陷进行成因分析,总结了采用压密注浆方案进行修复的情况,对长江沙滩围堤填筑及江堤边滩的管护及修复等方面提供借鉴作用。

**关键词:**边滩平台; 塌陷; 混凝土镇墩; 沉降断裂; 压密注浆

**中图分类号:**TV871.2      **文献标识码:**B      **文章编号:**1007-7839(2021)06-0050-04

## Cause analysis and prevention countermeasures of riverside beach platform collapse

### ——Taking the Yangtze River Beach Improvement in Changshu as an example

QIAN Bo<sup>1</sup>, QI ying<sup>2</sup>

(1. Yangtze River Management Division of Changshu City, Suzhou 215513, China;

2. Zhenjiang Water Conservancy Construction Engineering Co., Ltd., Zhenjiang 212000, China)

**Abstract:** In the daily maintenance process of riverside beach platform, it's found that there were many subsidence fracture of buried stone concrete pier and collapse of secondary platform of riverbank. The causes of the settlement fracture of the stony concrete pier and the collapse of the riverbank platform were analyzed, and restoration situation by using pressure grouting scheme was summarized, which could provide a reference for the filling of the riverbank embankment and management and repair of riverbank embankment.

**Key words:** beach platform; collapse; concrete pier; subsidence fracture; pressure grouting

## 1 工程现状及问题分析

近年来,随着国家对重大水利工程的推进建设,尤其是长江防汛防洪工程建设项目实施,对原有江堤的改建加固已逐见成效。2007 年开工建设的常熟段长江边滩整治工程,新建围堤长度 5.0 km,围堤断面形式选定为袋装砂填筑的斜坡堤,工程等别确定为 II 等,防洪标准为 50 年一遇,工程主要建筑物围堤等级确定为 2 级,围堤设计标

准为 50 年一遇高潮位加 50 年一遇设计风速。

长江江堤常熟段全长 46.1 km,在日常维护过程中,发现存在部分埋石混凝土镇墩沉降断裂和边滩平台塌陷现象,已成为长江大堤的安全隐患。针对这一安全隐患,常熟市水利部门及市长江河道管理处组织业内相关专家及勘察、设计、施工等方面的专业人员同赴实地进行调研考察,研究讨论其成因并商讨处置对策。经分析认定埋石混凝土镇墩沉降断裂和边滩平台塌陷的直接原因是江堤边滩

收稿日期:2021-03-24

作者简介:钱波(1976—),男,工程师,本科,主要从事水利工程运行与管理工作。E-mail:919518128@qq.com

平台下部填筑砂袋破损,引起填筑砂因江水水流冲刷流失形成底部淘空所致。通过现场巡查、勘察探访,并经管理单位、勘察、设计、监理、施工等相关专家共同商讨确定了处置方案<sup>[1]</sup>。

### 1.1 抛石棱体基层损坏

在对部分埋石混凝土镇墩坍塌部位进行处理时,发现镇墩外侧抛石棱体同时出现沉降现象。按照原设计方案,抛石棱体下方采用袋装碎石结合丙纶机织布和无纺土工布布置。现场对沉降区域抛石棱体进行部分清理后,发现下部袋装碎石已经破损,碎石流失,丙纶机织布和无纺土工布局部破损,镇墩及抛石棱体下方砂土流失情况严重。继续清理后发现,上层一期袋装砂已与下层破损袋装砂同时下沉。最终,上部袋装碎石及袋装瓜子片连同浆砌块石面层,因底部淘空造成边滩平台整体沉降塌陷<sup>[2]</sup>。

### 1.2 埋石混凝土镇墩及格埂底部与顶层袋装砂接触部位损坏

现场处置边滩平台两侧埋石混凝土镇墩及混凝土格埂段沉降断裂过程中,在拆除镇墩及格埂并开挖清理后,发现埋石混凝土镇墩及混凝土格埂下部出现较大孔洞。顶层一期袋装砂上部跑砂情况严重,且主要集中在一期袋装砂顶部埋石混凝土镇墩及格埂基础部位。

结合原设计图查阅了解施工方案及施工工艺可知,原施工单位在对镇墩及格埂进行施工前,因袋装砂面高程高于格埂及镇墩设计基底高程,按施工方案对此区域砂袋进行裁剪,清除镇墩及格埂基础位置多余砂土,再进行缝合,其缝合接缝处留下隐患,实际跑砂部位正是在此缝合区域。另外,发现有部分采用土工布冷搭接处理后引起砂土的流失情况<sup>[3]</sup>。在建成投入使用后,格埂及镇墩下处理部位因长江潮汐形成强烈水流冲刷,导致砂土流失从而形成孔洞,终因承载力不足发生沉降断裂。

### 1.3 顶层袋装砂缝合部位破损

在处置部分边滩二级平台坍塌部位时,拆除浆砌块石面层及下部基层后,发现一期袋装砂表面有明显塌陷沉降情况,且此部位袋装砂表面同样存在缝合迹象。通过与原施工单位沟通得知,实际在顶层袋装砂施工过程中,考虑后期顶层袋装砂含水量而预留沉降量,实际施工时预留量偏多所致。为此,需挖除多余砂量,于是需要打开并裁剪缝合土工布砂袋,故缝合部位成为薄弱环节造成砂土流失。在投入运行使用后,终因砂土累积流失造成上

部边滩平台出现整体塌陷<sup>[4]</sup>。

### 1.4 地基排水效果不佳

在现场处置部分沉降范围较大的边滩平台时,在表面浆砌块石及基层拆除后,并未发现有明显砂土流失和形成水流通道的情况<sup>[5]</sup>。但对边滩平台进行测量后,发现在堤顶及一级平台、二级平台均同时出现沉降,只是坍塌部位较之其他部位沉降量大。反复排查原因后确认此区域沉降是在大堤正常投入运行后形成,确切原因为原施工过程中塑料排水板底部并未完全穿透此含水层,导致施工期间整个地基排水不理想。在后期投入运行后,未能在预定时间内沉降到位,后期随水流排出造成江堤出现大面积轻度沉降情况。

2010年和2020年边滩堤顶及一、二级平台高程对比见表1。

## 2 处置方案

针对上述埋石混凝土镇墩沉降断裂和边滩平台等出现的沉陷情况,经水利勘察、设计、施工、管理等方面专家的研究讨论,认为防止埋石混凝土镇墩沉降断裂和边滩平台塌陷的关键是防止因水流冲刷引起的基础部分泥沙及砂石流失。因此,最终确定对损坏严重的无纺土工布砂袋进行修复,对塌陷及断裂部位的平台拆除重建并采取压密注浆方案进行修复处置,以提高其抗冲刷能力,保障埋石混凝土镇墩和边滩平台的稳定<sup>[6]</sup>。

### 2.1 方案概述

实际边滩平台坍塌注浆方案分两种方式进行实施。

对边滩平台连同下部基层共同坍塌沉陷的,先拆除浆砌块石面层、下部袋装碎石、袋装瓜子片基层,清理损坏无纺土工布,按原设计图纸填补一期袋装砂,恢复上部边滩平台结构层,再进行压密注浆。该方案施工每块平台(6 m×8 m)费用约为10万元。

对边滩平台面层及基层完好,但下部出现空隙、孔洞、砂土流失的,按设计要求埋置好灌浆孔后直接进行压密注浆。注浆流程详见图1。

### 2.2 注浆材料

现场注浆浆液采用水泥与水玻璃混合浆液,水泥采用P42.5普通硅酸盐水泥。内掺膨胀剂12%,替代等量的水泥。外掺水玻璃为水泥加膨胀剂的3%,水灰比为0.48。浆液7 d抗压强度≥4.5 MPa,施工中实际配合比及压力由现场试验

表 1 2010 年和 2020 年边滩堤顶及一、二级平台高程对比

| 桩号   | 1+168-1+188 |      |       |      | 1+188-1+208 |      |       |      | 1+208-1+228 |      |       |      | 1+228-1+248 |      |       |      |
|------|-------------|------|-------|------|-------------|------|-------|------|-------------|------|-------|------|-------------|------|-------|------|
| 吴淞高程 | 原高程/m       |      | 现高程/m |      | 原高程/m       |      | 现高程/m |      | 原高程/m       |      | 现高程/m |      | 原高程/m       |      | 现高程/m |      |
| 二级平台 | 1.70        | 1.70 | 1.64  | 1.62 | 1.72        | 1.70 | 1.63  | 1.64 | 1.70        | 1.73 | 1.63  | 1.62 | 1.71        | 1.70 | 1.62  | 1.62 |
|      | 1.68        | 1.68 | 1.63  | 1.61 | 1.70        | 1.71 | 1.64  | 1.63 | 1.72        | 1.70 | 1.62  | 1.61 | 1.70        | 1.72 | 1.60  | 1.62 |
| 一级平台 | 4.00        | 4.02 | 3.95  | 3.93 | 4.02        | 4.00 | 3.93  | 3.92 | 4.00        | 4.01 | 3.90  | 3.90 | 4.00        | 4.00 | 3.93  | 3.92 |
|      | 4.02        | 4.00 | 3.98  | 3.94 | 4.04        | 4.03 | 3.92  | 3.94 | 4.00        | 4.02 | 3.92  | 3.92 | 4.01        | 3.98 | 3.95  | 3.92 |
| 堤顶   | 6.81        | 6.82 | 6.75  | 6.72 | 6.80        | 6.80 | 6.70  | 6.72 | 6.81        | 6.81 | 6.71  | 6.72 | 6.80        | 6.80 | 6.72  | 6.73 |
|      | 6.80        | 6.80 | 6.72  | 6.73 | 6.82        | 6.80 | 6.74  | 6.73 | 6.80        | 6.82 | 6.70  | 6.72 | 6.82        | 6.82 | 6.73  | 6.72 |

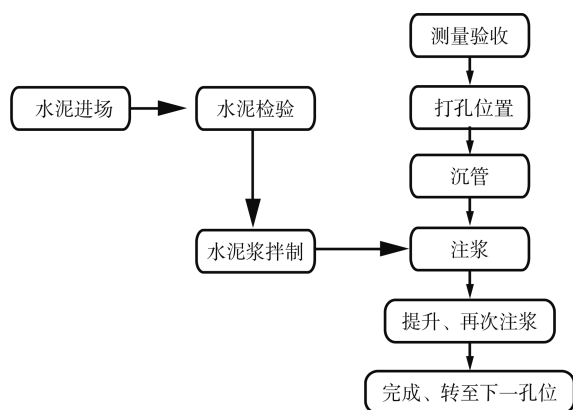


图 1 注浆施工流程

确认。

### 2.3 钻灌设备

#### (1) 钻孔设备

一般注浆孔采用震动锤直接打入钻杆。

#### (2) 注浆设备

制浆采用 UB120 型水泥搅拌机,注浆机械可采用 UBH3 型活塞式灰浆泵。

#### (3) 记录设备

现场注浆过程统计数据采用 GJY-III 型记录仪进行数据收集。

### 2.4 注浆方案

#### (1) 孔位布置

从埋石混凝土镇墩向外侧格埂共计布置 5 排注浆孔。靠近镇墩 2 排注浆孔呈交错布置,相邻孔位间距 1 m,排距 0.9 m,孔深 8.0 m。内侧布置 3 排注浆孔,相邻孔位间距 1.5 m,排距 1.5 m,孔深 6.0 m。

#### (2) 施工顺序

注浆过程按照施工方案先外围再中间,从外向

内进行灌注。施工灌注浆液时,先灌注外围 2 排,作为间隔帷幕层,防止浆液泄露至长江。采用跳注法进行浆液灌注,相邻孔位注浆间隔时间 $\geq 3$  h,防止相邻孔位发生窜浆情况。相邻注浆孔施工时,后续孔位灌注应在先前施工孔位浆液凝固后再进行。

#### (3) 成孔

用专用振动机械按照原先放样位置将第一节注浆管连同注浆头打入土层,上部预留 180 mm。再逐一连接其他注浆管,并打入设计高程。成孔施工示意图如图 2。

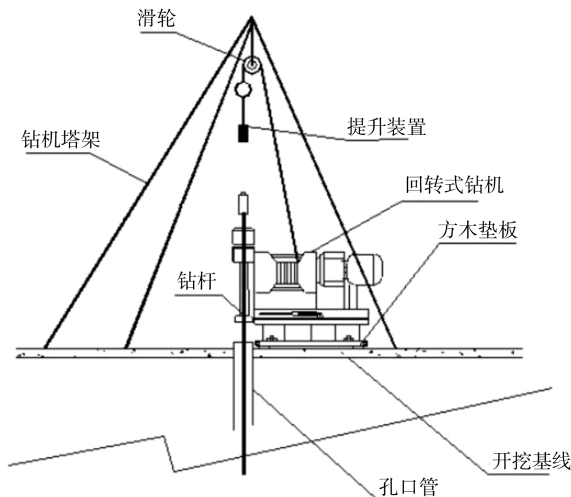


图 2 成孔施工示意图

#### (4) 注浆

注浆过程中,安排专人对注浆顺序逐一进行记录。现场仔细检查注浆材料、浆液质量、注浆设备等,确保整个注浆过程连续进行,不得随意中断。

注浆前,按照设计要求调试机械压力值,并将水泥浆液拌制均匀。现场注浆管采用 100 cm 长钢管,确保连接紧密。注浆过程中,对专职记录人员

做好交底工作,详细记录现场沉孔深度、高程测量数据及注浆管提升高度等数值。

注浆过程中,要仔细关注实时注浆压力数据,当发现有边滩平台突然隆起或压力表数值急速增大的情况,需要立刻暂停注浆施工,待原因查明并解决后方可继续施工。整个注浆过程注浆压力按 $0.1 \sim 0.3 \text{ MPa}$ 进行控制,如果整个注浆过程压力数值不及设计压力的80%,则应重新钻孔注浆。注浆时密切关注边滩平台邻近孔位是否窜浆、冒浆,如果发现应及时处置。

### 2.5 实验检查

参照《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB50202—2002),注浆完成28 d后,采用轻型动力触探试验和静载荷实验对压密注浆部位进行检测。

## 3 保障施工质量的几点启示

### 3.1 抛石棱体实施过程控制

在抛石棱体施工时,应在砂石袋材料质量选择、块石原材料控制方面严格把关,对浮吊作业施工更要做到规范操作。业主及施工监理要对第一个环节进行认真监督,严格把控,严格质量要求,不留安全隐患,防止被冲刷淘空等情况的发生。

### 3.2 镇墩及格埂与顶层袋装砂接头质量控制

设计单位切实摸清情况,有针对性地进行设计,施工单位应严格按照设计要求组织实施。对施工过程中的每一个步骤均必须严格把关,确保质量。严格控制砂土含水量,控制砂土预留量,尽可能一步到位,不在砂袋上留下接缝,确实需要缝合搭接的部位必须严把质量关,杜绝安全隐患。对出现安全隐患质量问题的要追究相关责任,建设单位在后期项目使用管护过程中加强现场巡查,保证项目正常运行。

### 3.3 基层排水质量控制

对因底层塑料排水板排水效果不理想而造成边滩出现较大面积沉降的情况,需要特别予以重视。增加勘察的频率,细致掌握地质资料,在基层塑料排水板施工时应细致观测。对出现排水异常的情况,应及时与建设、勘察、设计单位进行沟通,必要时进行复勘,并优化设计方案。结合事前、事中控制,把因基层排水不到位造成的江堤沉降风险降低到最小,不给后期运营留有隐患。

## 4 结 论

项目建设时,设计、施工、监理以及业主单位要各尽其职,对出现的突发情况要慎重对待,集体商讨进行决策,要严格按照设计图纸和施工及验收规范组织实施,保证每道工序施工质量,做好检查验收工作,确保工程质量。对于在后期工程中发现的问题,做好原因分析,对策研究,过程处理也要做好原始资料的搜集整理和保存,避免类似问题再次出现。

### 参考文献:

- [1] 陈沈良,谷国传,虞志英.长江口南汇东滩淤涨演变分析[J].长江流域资源与环境,2002,11(3):239-244.
- [2] 华南理工大学,东南大学,浙江大学,等.地基及基础[M].北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [3] 周镜.软土沉降分析中的某些问题[J].中国铁道科学,1999(2):1-6.
- [4] 龚晓南.广义复合地基理论及工程应用及岩土[J].工程学报,2007,29(1):1-13.
- [5] 中国建筑科学研究院.JGJ79—2012 建筑地基处理技术规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2013.
- [6] 龚晓楠.地基处理手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2008.