

连云港港氧化铝泊位围堰边坡稳定性分析

刘强^{1,2}, 曹师宝², 康洪健², 张盛行³

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100; 2. 江苏连云港港口股份有限公司, 连云港 222042;
3. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 连云港港氧化铝泊位北围堰和西围堰施工工艺不同, 其衔接段受力状况不明, 地质条件复杂, 为掌握当前围堰安全稳定性, 通过地勘试验实测了土层物理力学指标, 并基于毕肖普法对典型断面进行了数值计算。结果表明, 两类围堰最危险滑动面均在块石层中; 各典型断面滑块滑动中心和滑动半径较为接近, 且均满足规范稳定性要求; 在设计使用荷载和最终目标荷载条件下, 西围堰稳定安全系数略小北围堰。

关键词: 围堰; 边坡稳定; 数值模拟; 爆破挤淤

中图分类号: U656.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 02—0098—03

爆破挤淤法是将一定深度里的淤泥通过爆破填石形成复合地基的一种方法, 其施工速度快、效果好, 且无需清淤^[1,2]。连云港港氧化铝泊位后方堆场围堰结构型式为爆破挤淤抛石斜坡堤, 其中北、东、南围堰与西围堰施工工艺不同, 西围堰外侧有老防波堤无法进行端爆施工, 因此施工从内侧开始, 先在内侧抛填一定宽度后再向北爆破推进, 在爆破抛填 20m 后, 再进行外侧爆破加宽堤宽, 内外侧依次循环爆破逐步成堤, 西围堰

外坡采用施打塑料排水板加回填块石处理并采用袋装砂被压坡; 北围堰直接从端爆开始, 待北围堰完成端爆后再进行内外侧爆破, 北围堰内外坡均为 1:1.5, 外坡扭王字块体护面, 内坡铺设砂被和土工布作为倒滤结构, 其中西堤与北堤三角区过渡段长 38m。由于西围堰与北围堰施工工艺不同, 位于北围堰的衔接过渡段受力状况不明, 又因为该地区为淤泥质海岸, 地质条件复杂, 稳定性较差, 因此为了确保围堰结构在使用过程中安全稳

梁改造, 延伸亳州(大寺)上游段航道至河南, 打通豫皖水运。

6 主要借鉴的做法

6.1 坚持系统理念“港航闸”一体化发展

航道、船闸、港口是水运基础设施的三个环节, 其中航道起通道作用, 无收益、投资大; 船闸起节点作用, 降低航道建设难度, 沟通上下游, 有一定的过闸收益; 港口是航道、船闸建设的受益者, 位于水运基础设施的终端, 服务于物流企业, 通过生产赢得收益。三者一体化发展才是完整的、有机的内河水运系统。

6.2 建议进一步加大政策支持

涡河沿线现有 14 个泊位, 在建 10 个泊位, 总吞吐能力 900 万吨, 平均每个泊位 37.5 万吨, 分属 8 个经营主体, 集约化规模化程度低。缺乏对港口利用效率的有效评估和岸线开发的统一管控, 岸线资源管理粗放、利用效率低下等问题仍然普遍存在, 存在“边整合资源、边分散建设”的现象, 背离了省委省政府港口资源整合

初衷。

因此在已有支持港口发展政策的基础上, 推动省级层面出台支持全省港航一体化发展的扶持政策。在“整合存量”的同时, 推动“增量归口”, 由省港航集团统筹涡河沿线的港航闸一体化建设管理运营。

结束语: 通过研究涡河航道及港口投资建设出现的问题, 提出解决的措施, 为安徽省其他航道提供借鉴。

参考文献:

- [1] 亳州港总体规划(调整)[R]. 亳州市人民政府, 2020.
- [2] 胡飞, 涡河航道(大寺闸至入淮口段)整治工程设计特点[J], 水运管理第 43 卷第 2 期, 2021 年 2 月, 20—23.
- [3] 马洪康, 涡河治理工程的综合效益评价, 安徽师范大学硕士学位论文, 2007 年.
- [4] 亳州市统计局历年统计资料.
- [5] 亳州市城市总体规划.

定,有必要对该结构段稳定性进行进一步的分析。

目前,针对软土地基边坡稳定性不少学者已进行了相关研究,黄井武等^[3]针对广东沿海软基堤坝分析了海堤失稳原因及破坏机理;徐光明等^[4]对软土地基上堤防稳定性进行了研究,通过物理模型试验探明了不同状况下滑弧产生特点;李贺青等^[5]通过离心模型试验模拟了换填抛石斜坡堤的稳定性;贾恺等^[6]针对软土地基稳定性分析提出了堤脚受冲刷情况下的整体稳定性计算方法;在爆破挤淤围堰边坡方面,刘阳^[7]针对防渗设计时如何利用爆破挤淤产生淤泥包的问题,进行了防渗闭气土稳定性的数值模拟研究;张德恩^[8]结合某石化码头围堰工程项目,对工程场地土层地质条件、围堰处理方式的选取及断面稳定性进行了分析。目前关于爆破挤淤不同工艺边坡的稳定性研究尚少,本文采用有限元方法对西、北围堰的衔接过渡段不同断面进行了安全状态分析。

1 工程场地土层地质条件

位于围堰堆场抛填层下方土层通过钻探进行原位测试和室内试验,根据《岩土工程勘察规范》^[9]统计围堰及堆场各主要土层物理力学指标,抛填块石物理参数依据《工程地质手册》,取重度 $\gamma=19.6\text{kN/m}^3$,粘聚力 $c=10\text{kPa}$,内摩擦角 $\phi=35^\circ$,各土层物理指标如表 1 所示。

表 1 主要土层物理力学指标统计表

岩土名称	天然含水率 (%)	天然密度 (g/cm^3)	干燥密度 (g/cm^3)	天然孔隙比	黏聚力 kPa	内摩擦角 ($^\circ$)	压缩系数 MPa^{-1}	压缩模量 MPa
块石		19.6			10	35		
黏土(冲填土)	44.5	1.77	1.23	1.234	30	3.2	0.68	3.39
中砂(冲填土)		1.8			3	30		
淤泥质粉质黏土(冲填土)	45.8	1.7			18	8		
粉砂(冲填土)		1.8			10	20		
粉质黏土(冲填土)	26.0	1.88	1.49	0.823	20	10	0.37	4.93
粉土(冲填土)	25.3	1.96	1.56	0.726	17	26.4	0.12	14.21
中砂		2			5	33		
黏土(软)	52.3	1.72	1.14	1.378	32	7.3	0.57	4.30
黏土	24.1	2.03	1.64	0.671	64	16.8	0.16	10.90
粉土	24.0	1.96	1.58	0.708	11	27.5	0.09	18.04

2 围堰稳定分析

2.1 研究对象

采用数值模拟的方法对围堰的稳定性进行评估。

基于钻孔勘探得到的围堰各断面形状和土层分布情况,共设置 5 条断面,断面位置如图 1 所示,1# 断面、4# 断面、5# 断面位于北围堰处,2# 断面、3# 断面位于西围堰处。

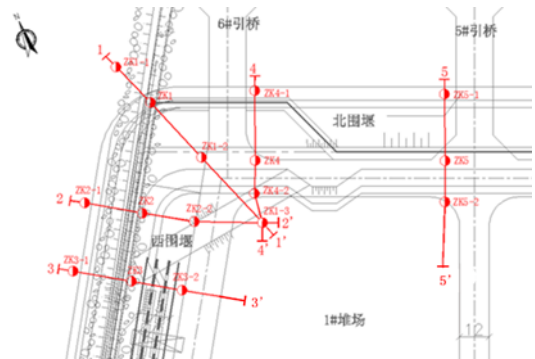


图 1 计算断面位置示意图

2.2 有限元模型

《海堤工程设计规范》^[11]指出爆破挤淤堤宜采用简化毕肖普法进行稳定计算,选择毕肖普法作为稳定性计算方法^[12]。

几何模型:依据实际工程勘察的钻孔资料和工程地质资料,计算边界大小定义为 $80\text{m} \times 40\text{m}$,左侧边界距坡脚 20m ,右侧围堰顶部宽度约 50m ,可以避免边界效应的影响,北围堰坡比为 $1:1.5$,西围堰坡比 $1:1$ 。

材料参数:北围堰各断面均以抛石层为主,从上至下各层分别为块石、软黏土和黏土,围堰外侧为淤泥层,5# 断面最内侧分布有少量粉土层;西围堰各断面浅层均以抛石层为主,从上至下各层分别为块石、软黏土和黏土,围堰海侧水平面以下为淤泥层,3# 断面最内侧分布有少量黏土(冲填土)层,相对于北围堰,西围堰块石层厚度较小,海侧淤泥层离坡脚较近。各层岩土体物理参数由原位试验和室内试验获得(表 1),各断面深层厚度较小、离边坡较远的土层对围堰稳定性的影响极小,因此在建模过程中进行了简化处理;模型中水位根据最低设计水位进行计算,水位以下采用浮重度;岩土体本构关系采用摩尔-库伦模型。

水位条件:考虑设计最低潮位(0.49m)为最不利水位情况(采用连云港零点)。

荷载设置:依据《港口工程荷载规范》^[13]分别对堆场在设计使用荷载(10kPa)和最终目标荷载(50kPa)两种荷载工况下围堰各断面的稳定性进行了数值计算。

2.3 计算工况

根据断面位置和施加荷载情况设置 10 个工况,工

况数值计算结果见表2。

表2 数值模拟工况及安全系数

工况编号	断面	荷载	安全系数
工况1	1#断面(北围堰)	设计使用荷载 10kPa	1.927
工况2	4#断面(北围堰)	设计使用荷载 10kPa	1.886
工况3	5#断面(北围堰)	设计使用荷载 10kPa	1.904
工况4	1#断面(北围堰)	最终目标荷载 50kPa	1.748
工况5	4#断面(北围堰)	最终目标荷载 50kPa	1.748
工况6	5#断面(北围堰)	最终目标荷载 50kPa	1.759
工况7	2#断面(西围堰)	设计使用荷载 10kPa	1.865
工况8	3#断面(西围堰)	设计使用荷载 10kPa	1.812
工况9	2#断面(西围堰)	最终目标荷载 50kPa	1.590
工况10	3#断面(西围堰)	最终目标荷载 50kPa	1.563

2.4 计算结果

对围堰不同工况进行计算,计算得到安全系数见表2,由计算结果可知:

(1)北围堰在堆场设计使用荷载条件下,最危险滑动面均在块石层中,由于3个断面边坡要素和各土层分布较为类似,各断面滑块滑动中心和滑动半径较为接近,边坡稳定安全系数在1.9左右;在堆场最终目标荷载条件下,各断面滑动中心和滑动半径也较为接近,边坡稳定安全系数在1.7以上,均大于规范要求的最高值1.5,北围堰安全稳定。

(2)西围堰在堆场设计使用荷载条件下,各断面最危险滑动面均在块石层中,由于2个断面边坡要素和各土层分布较为类似,各断面滑块滑动中心和滑动半径较为接近,边坡稳定安全系数在1.8以上;在堆场最终目标荷载条件下,各断面滑块滑动中心和滑动半径也较为接近,边坡稳定安全系数在1.5以上,均大于规范要求的最高值1.5,西围堰整体上安全稳定。

(3)西围堰相较于北围堰坡比较大且工艺不同,因此西围堰边坡在设计使用荷载和最终目标荷载条件下稳定安全系数略小,滑动半径也较小。

3 结论

(1)连云港氧化铝泊位西围堰和北围堰施工工艺不同,衔接段受力状况不明,本文通过有限元方法对该结构段进行分析,结果表明北围堰和西围堰各典型断面最危险滑动面均在块石层中。

(2)西围堰和北围堰各断面边坡要素和土层分布较为类似,各断面滑块滑动中心和滑动半径较为接近,各围堰断面的安全系数在1.5以上,满足规范稳定性要

求。

(3)在设计使用荷载和最终目标荷载条件下,北围堰各断面的安全系数在1.7以上,西围堰各断面的安全系数为1.5以上,西围堰稳定安全系数略小于北围堰,特别是在最终目标荷载下的安全系数仅为1.56,因此后期运营过程中要注意加强位移和沉降监测,确保结构安全。

参考文献:

- [1] 莫釜,郑世武.基于爆破挤淤填石法的抛石堤地基处理施工技术及应用[J].珠江水运,2020(24):86-87.
- [2] 范公俊,贾延权,王艳红.几种围堰施工技术在连云港滩涂区的应用[J].水利水电科技进展,2011,31(01):62-65.
- [3] 黄井武,陈晓平,陈华,黄明波,朱仲,吴珈莹.广东沿海软基堤坝破坏机制及工程对策[J].岩石力学与工程学报,2006(S2):3393-3399.
- [4] 徐光明,高长胜,张凌,杨守华.软土地基上堤防稳定性研究[J].岩石力学与工程学报,2005(13):2315-2321.
- [5] 李贺青,葛栋林,潘良鹤.深水防波堤软土地基离心模型试验[J].水运工程,2018(03):14-20.
- [6] 贾悦,杨光华,汤连生.软土地基堤围稳定性计算方法[J].工程科学学报,2019,41(05):573-581.
- [7] 刘阳,刘家才.爆破挤淤堤防渗气土的稳定性研究[J].中国港湾建设,2017,37(12):37-41.
- [8] 张德恩.某石化码头干法施工围堰稳定性分析及数值模拟[J].中国水运,2016(07):41-42.
- [9] 中华人民共和国建设部.岩土工程勘察规范:GB 50021-2001[S].中国建筑工业出版社,2002.
- [10] 中华人民共和国交通部.水运工程地基设计规范:JTS 147-2017[S].人民交通出版社,2018.
- [11] 中华人民共和国水利部.海堤工程设计规范:GB/T 51015-2014[S].北京:中国计划出版社,2014.
- [12] 刘阳.爆破挤淤堤稳定性计算方法的适用性[J].水运工程,2018(06):170-174.
- [13] 中华人民共和国交通部.港口工程荷载规范:JTS 144-1-2010[S].北京:人民交通出版社,2014.

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC0407102);中央级公益性科研院所基本科研业务费专项(Y421006;Y421008;Y418005;).