

黄墩湖地区洼地治理工程 民便河闸稳定性及基坑开挖变形研究

王同泰, 卞能飞, 王亚丽
(邳州市水利工程管理总站, 江苏 徐州 221300)

摘要: 根据民便河水闸的情况, 使用理论计算方法分析民便河闸的渗流、抗滑移稳定性情况, 经计算, 民便河闸渗流稳定性、抗滑移稳定性均满足相关规范要求。建立FLAC数值模拟模型分析民便河闸基坑开挖过程中的变形情况, 结果表明: 随着开挖深度的增大, 基坑变形量不断增大, 坑底回弹量也不断增加。在基坑开挖过程中需要加强变形观测工作, 控制分层开挖厚度。

关键词: 水闸; 稳定性; 基坑; 数值模拟

中图分类号: TV66

文献标识码: B

文章编号: 1007-7839(2023)03-0037-0004

Study on the stability of the Minbian River Sluice and the excavation deformation of the foundation pit of the Huangdunhu depression treatment project

WANG Tongtai, BIAN Nengfei, WANG Yali
(Pizhou Water Conservancy Project Management Station, Xuzhou 221300, China)

Abstract: According to the situation of Minbian River sluice, the seepage and anti sliding stability of Minbian River sluice are analyzed by theoretical calculation method. After calculation, the seepage stability and anti sliding stability of Minbian River Sluice meet the requirements of relevant specifications. FLAC numerical simulation model is established to analyze the deformation of foundation pit excavation of Minbian River Sluice. The results show that with the increase of excavation depth, the deformation of foundation pit and the rebound of pit bottom are also increasing. In the process of foundation pit excavation, it is necessary to strengthen the deformation observation and control the layered excavation thickness.

Key words: sluice; stability; foundation pit; numerical simulation

受地形影响, 洼地排水困难, 强降水情况下积水汇集导致内涝灾害频发, 制约当地经济发展。为了改善这一情况, 诸多城镇采取排涝治理工程, 通过疏通堵点、改善水力条件等措施, 提高区域防洪排涝能力, 改善内涝现象^[1-3]。通过在低洼区域新建水闸的方式可以改善水力条件, 提高排涝能力。水闸工程多位于河道内部, 地质条件相对较差, 软土

分布范围广、厚度大, 对水闸结构的稳定性有一定影响, 因此, 在水闸工程设计时需要分析水闸结构的稳定性^[4-6]。深基坑工程开挖、施工过程中会导致周边出现变形、沉降现象, 目前, 在基坑开挖变形分析中常用的方法是数值模拟方法。通过建立数值模型, 研究基坑开挖变形特征, 为基坑开挖、支护提供参考^[7-9]。

收稿日期: 2022-11-23

作者简介: 王同泰(1980—), 男, 工程师, 本科, 主要从事水利工程建设管理、规划计划工作。Email: ejhfcv@163.com

1 工程概况

民便河片汇水面积 399.67 km²,其中民便河机站排水区 44.4 km²,民便河节制闸以西地区地面高程 21.6~24 m,山丘区高程一般在 30~40 m,民便河机站排水区地面高程 20.2~22 m。民便河闸设计排涝流量为 49.2 m³/s,设计灌溉流量为 10 m³/s。闸室为 3 孔,单孔净宽为 3.0 m,净高 2.4 m 涵洞式水闸。闸室长 19.0 m,宽为 12.2 m~12.6 m。底板面高程 16.0 m。见图 1。

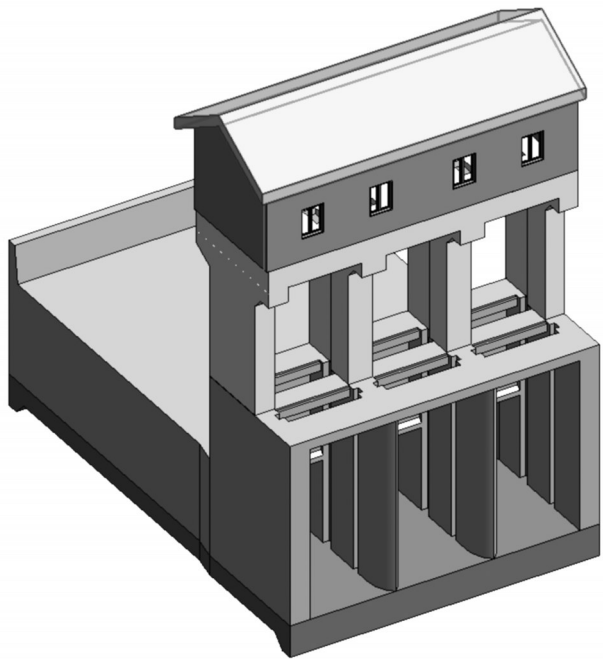


图1 民便河闸模型

2 水闸稳定性分析

2.1 渗流稳定性分析

采用式(1)计算防渗长度 L :

$$L = CH \quad (1)$$

式中: C 为允许渗径系数; H 为水位差。

根据地质报告,该闸室闸基位于粉质黏土层,

C 取为 4, H 为 1.78 m,经计算基础防渗长度不得小于 7.12 m。本工程中基础防渗长度为 32.0 m,大于 7.12 m,满足防渗要求。

2.2 抗滑移稳定性分析

闸室稳定安全分析主要为抗滑稳定计算,民便河闸底板底高程为 15.2 m,基础位于粉质黏土上,根据地质勘察成果,粉质黏土 $C=34.5$ kPa, $\varphi=14.0^\circ$,地基允许承载力为 160 kPa。

$$K_c = \frac{f' \sum G + C_0 A}{\sum H} \quad (2)$$

式中: K_c 为抗滑安全系数; $\sum G$ 、 $\sum H$ 分别为作用于闸基础全部竖向、水平向荷载; A 为闸基底面面积; f' 为摩擦系数,取 $\tan 14^\circ$; C_0 为黏结力。

经计算,各工况抗滑稳定成果如表 1。根据计算结果可知:民便河闸抗滑安全系数满足相关规范要求,地土承载力大于地基反力,承载力亦满足要求。

3 基坑开挖变形分析

3.1 数值模拟模型建立及参数选取

深基坑工程开挖是一项危险性较大的工程,在实际工程中,有较多的深基坑开挖事故,造成了严重的经济损失甚至是人员伤亡。因此,需要重视深基坑工程开挖的安全性分析工作。水利工程建筑往往修筑于河道等软土厚度较大的区域,地质条件相对较差为了准确分析民便河闸基坑开挖过程中基坑变形情况,建立 FLAC 数值模拟计算模型。FLAC 软件是岩土工程分析、研究中常用的软件,模型建立简便、计算速度快,结果准确^[10-11]。基坑设计长度为 20.0 m,宽度为 13.0 m,深度 4 m。数值模拟计算参数根据地质勘察成果选取,详见表 2。每层开挖深度均为 1.0 m。

3.2 数值模拟计算成果分析

3.2.1 总体变形分析

民便河闸基坑分层开挖数值模拟计算成果如

表1 抗滑移稳定性计算结果

计算情况	水位组合		地基反力/kPa			偏心距/m	抗滑移安全系数	
	上游/m	下游/m	平均	最大	最小		计算值	允许值
完建期			109.14	111.74	106.53	0.08	/	/
设计工况	19.50	21.07	94.64	104.15	85.14	0.32	10.87	1.25
校核工况	19.50	21.28	93.90	104.12	83.67	0.34	9.32	1.10
地震期	19.50	19.50	100.25	109.32	91.17	-0.29	4.74	1.05

表2 土层参数								
参数	厚度/m	材料模型	水位以上土体 容重/(kN·m ⁻³)	水位以下土体 容重/(kN·m ⁻³)	弹性模量/ MPa	泊松比	内聚力/kPa	内摩擦角/ (°)
杂填土	5.0	摩尔-库伦	18.9	19.3	3.5	0.27	12	6
淤泥质粉质黏土	4.0	摩尔-库伦	18.0	18.5	4.0	0.27	10	5
粉质砂壤土	3.0	摩尔-库伦	18.8	19.2	5.5	0.26	15	8
中砂	1.0	摩尔-库伦	19.5	19.8	12.0	0.25	0	24

图2所示。根据图2可知,在基坑不断开挖过程中,基坑两侧位移从1.7 mm,不断增大至21.3 mm。一层、二层、三层、四层开挖结束后,基坑坑底处的位移变形量分别为0.75 mm、1.66 mm、4.21 mm和6.22 mm。在基坑不断开挖过程中,基坑变形位移量不断增大,在基坑开始施工后,需要加强观测、预警工作。

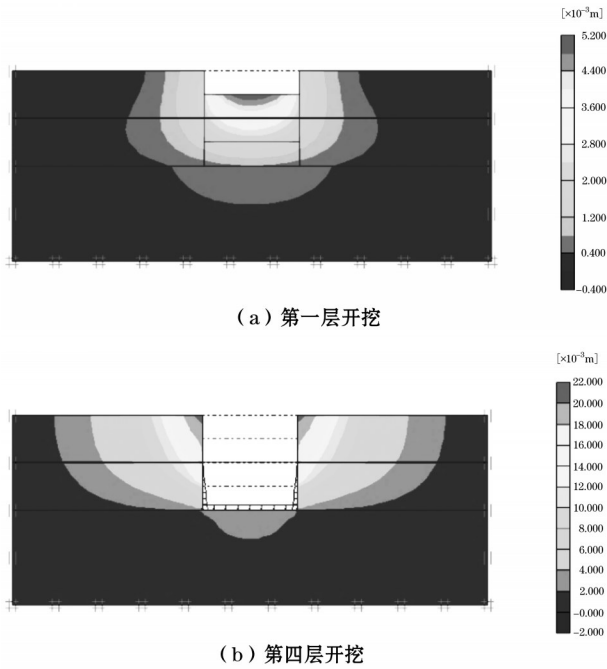


图2 基坑开挖总体变形云图

3.2.2 竖向变形分析

竖向变形分析主要是为了研究基坑开挖后周边土体的沉降变形以及坑底的回弹变形情况,竖向变形云图见图3。在基坑分层开挖过程中,基坑两侧竖向位移从-1.64 mm不断增大至-6.43 mm。坑底在开挖过程中出现了一定程度的回弹现象。在基坑一层开挖后,坑底竖向回弹量为1.12 mm(方向向上),基坑二层开挖后,坑底竖向回弹量增大至2.36 mm(方向向上),三层开挖后,坑底竖向回弹量增大为2.72 mm(方向向上),四层开挖后,坑底竖向

回弹量增大为3.44 mm(方向向上)。基坑开挖后,基坑周边土体侧向作用减小,周边土体出现了一定程度的沉降变形,根据数值模拟云图可知,基坑周边土体沉降变形范围较小,距离坑顶距离越远沉降变形量越小,当距离超过一倍基坑深度范围后,基本上无沉降变形。基坑坑底回弹变形量较为显著,在基坑开挖过程中,坑底上部土体开挖卸荷导致土压力减小,坑底出现回弹。在施工过程中,需要严格控制分层开挖厚度和施工速度,尽可能减小对基坑坑底土体的扰动,在基础及上部结构施工时需要考虑坑底土体回填对构筑物最终沉降量的影响。

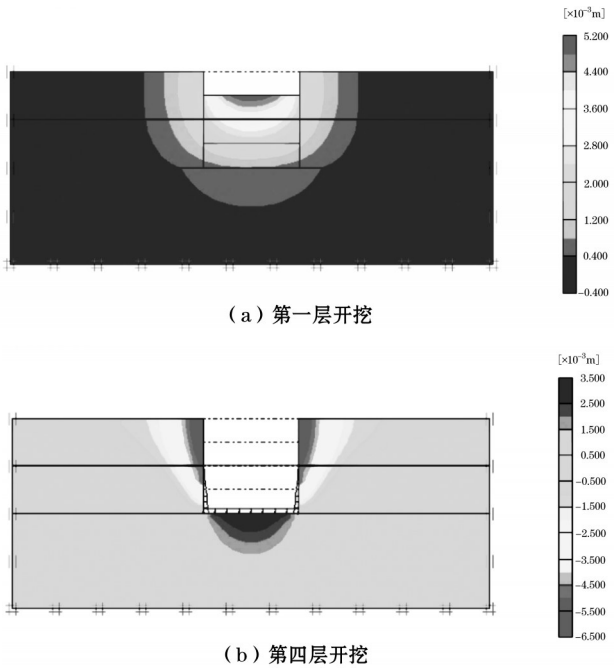


图3 基坑开挖土体竖向变形

3.2.3 水平向变形分析

水平向变形模拟结果见图4。从图4中可知,在基坑分层开挖过程中,基坑两侧水平位移量从0.68 mm不断增大至16.43 mm。水平方向变形量远

大于竖直方向变形量。在一层、二层、三层、四层土体开挖后,基坑坑底处水平位移分别为0.13 mm、0.61 mm、2.04 mm和4.22 mm。随着基坑开挖深度不断增大,民便河闸基坑水平方向最大位移量也不断增大,水平方向影响范围同坑顶竖直方向变形影响范围基本一致。距离基坑开挖范围越近,变形量越大。

数值模拟计算结果表明,该基坑整体位移变形量满足相关要求,施工时需要加强监测,快速施工回填,基坑基本无需采取支护桩等支护措施。

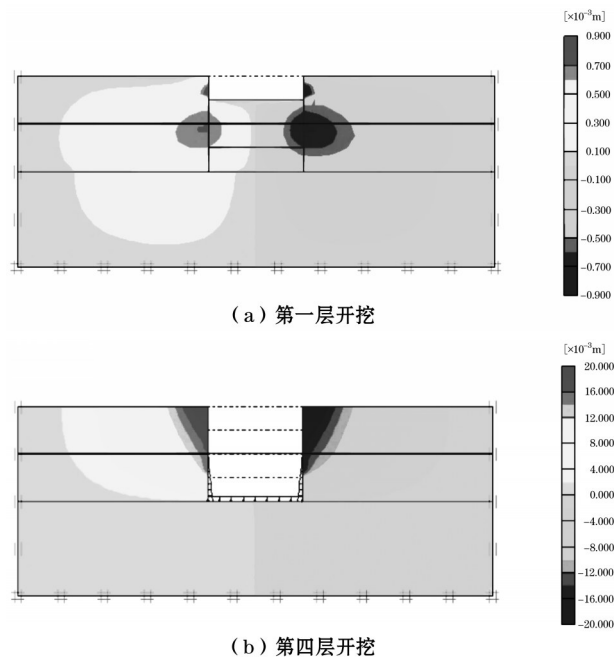


图4 基坑开挖土体水平向变形

4 结 语

(1)根据民便河闸地质条件,利用理论计算方法分析了民便河闸的稳定性,民便河闸防渗、抗滑移稳定性均满足要求。

(2)民便河闸基坑开挖深度大,建立FLAC数值

模拟模型分析民便河闸基坑开挖后的变形特征。随着基坑开挖深度的增大,基坑的水平向、竖向位移均有所增大,距离坑顶距离越远变形越小,基坑施工后需要加强观测措施,做好预警工作。

(3)坑底处存在较为明显的回弹变形量,在基坑开挖时需要控制分层开挖厚度,以保障基坑的稳定。

参考文献:

- [1] 柳发根,丘汶卉,李文钰. 基于韧性治理理论的城市内涝治理路径研究——以郑州“7·20”特大暴雨灾害为例[J]. 中国西部,2022(2):47-56.
- [2] 梁文芝. 基于MIKE水动力模型研究内涝风险及治理方案效果[J]. 珠江水运,2021(21):50-52.
- [3] 唐明,周涵杰,许文涛,等. 蓄涝水面率选择对城市内涝治理效果的影响及分区研究[J]. 水利水电技术(中英文),2021,52(12):12-24.
- [4] 于正洋,苏静波,黄绍磊,等. 基于三维有限元的异型底板水闸整体稳定性分析[J]. 河南科学,2022,40(2):192-199.
- [5] 陈立峰,陆继东,李玥璿. 基于ANSYS有限元分析法的松软地基节制分水闸整体结构稳定性分析[J]. 地下水,2021,43(1):136-137.
- [6] 韩正元. 松软地基节制分水闸整体结构稳定性模拟分析[J]. 水利科技与经济,2016,22(7):52-54.
- [7] 张明聚,万伟子,李鹏飞,等. 基坑与暗挖地铁站同期施工相互影响三维数值模拟分析[J]. 铁道勘察,2022,48(3):1-9.
- [8] 王爽. 基于监测与数值模拟的深基坑开挖对周边建筑物的影响分析[J]. 陕西水利,2022(1):11-13.
- [9] 李冕,李思吟,袁航. 深中通道伶仃洋大桥东锚碇基坑开挖数值模拟及施工技术研究[J]. 公路,2021,66(10):130-134.
- [10] 徐忠涛. 富水软弱土层地铁站深基坑降水开挖与数值模拟分析[D]. 南昌:南昌大学,2021.
- [11] 孙超,岳广泽,李明熹. 基于FLAC3D数值模拟的基坑支护桩桩顶位移影响研究[J]. 吉林建筑大学学报,2020,37(2):28-32.