

基于PLAXIS的土石坝塑性混凝土防渗墙有限元分析

朱景胜

广东省水利水电科学研究院 广东广州 510610

摘要:我国大部分水库兴建时代久远且建设条件较差,挡水建筑物多为土石坝,普遍填筑质量差且存有防渗处理不到位的情况,在汛期或台风天常出现各类险情,如管涌、埋管接触冲刷、滑坡等。近年来大规模集中开展了病险水库的除险加固工作,塑性混凝土防渗墙作为目前常用防渗处理的加固手段。本文依托某实际水库除险加固工程,对土石坝塑性混凝土防渗墙进行有限元分析,为相关人员了解塑性混凝土防渗墙在除险加固工程中的力学特性提供一定技术参考。

关键词: PLAXIS; 塑性混凝土防渗墙; 除险加固; 有限元分析

Finite Element Analysis of Plastic Concrete Cutoff Wall of Earth-rock Dam Based on PLAXIS

JingSheng ZHU

Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangzhou 510610, Guang Dong, China

Abstract: Most of the reservoirs in my country have been built for a long time and have poor construction conditions. Most of the water-retaining structures are earth-rock dams. The filling quality is generally poor and anti-seepage treatment is not in place. Various dangers often occur during flood seasons or typhoon periods, such as pipe surge, buried pipe contact erosion, landslides, etc. In recent years, large-scale reinforcement work has been carried out for dangerous reservoirs, and plastic concrete cutoff walls are currently a commonly used reinforcement method for anti-seepage treatment. Based on an actual reservoir risk relief and reinforcement project, this article conducts a finite element analysis of the plastic concrete cutoff wall of an earth dam, providing a certain technical reference for relevant personnel to understand the mechanical characteristics of the plastic concrete cutoff wall in the risk relief and reinforcement project.

Keywords: PLAXIS ; plastic concrete cutoff wall; dam reinforcement; finite element analysis

前言:

我国大部分水库兴建时代久远且建设条件较差,挡水建筑物多为土石坝,普遍填筑质量差且存有防渗处理不到位的情况,在汛期或台风天常出现各类险情,如管涌、埋管接触冲刷、滑坡等^[1]。近年来大规模集中开展了病险水库的除险加固工作并取得一定成效。为了降低土石坝浸润线,增强坝体渗透稳定性和坝坡稳定性,塑性混凝土防渗墙常作为除险加固的防渗处理手段^[2]。防渗墙的应力变形特性常为工程设计的重要指标,以往学

者对新建工程的防渗墙的力学性能研究为主^[3-8],而除险加固工程中由于土坝基本已完成固结沉降,防渗墙受力学特性与完全新建工程的防渗墙力学性能有较大差异。为探究除险加固工程中新建防渗墙的力学特性,本文依托某实际水库除险加固工程,对土石坝新建的塑性混凝土防渗墙进行有限元分析,为相关人员除险加固设计提供一定技术参考。

1 研究对象及研究方法

1.1 研究对象

某水库位于某市某县西部山区,属于Ⅲ等中型水利工程,其主要建筑物为3级,次要建筑物为4级。水库校核洪水位为113.08m,总库容为2763万m³。其中,主坝为土坝,坝顶长531.00m,坝顶宽6.00m,坝顶高程

作者简介: 朱景胜(1991-),男,硕士,主要从事水工岩土数值仿真研究及水工设计工作, E-mail: brianzhu_gwh2022@163.com

115.00m, 防浪墙顶高程115.30m, 最大坝高30.30m, 上游坝坡采用预制砼六角块护砌, 下游采用草皮护坡, 坝脚采用干砌石反滤棱体。上游坝坡坡比自上而下分别为1: 3.25、1: 3.0、1: 2.75, 下游坝坡坡比自上而下分别为1: 2.5、1: 2.75、1: 2.0。大坝筑坝土料系采用花岗岩风化土, 绝大部分由棕红色花岗岩风化土组成, 局部夹冲积粘性土, 偶夹强风化花岗岩块。坝基岩性为第四系砂卵石层和花岗岩风化土。本次拟对第一副坝进行塑性砼防渗墙进行施工加固。塑性砼防渗墙渗透系数小于 1×10^{-6} cm/s, 塑性砼强度C5, 弹性模量取为2000MPa。本次主要对塑性混凝土墙修建后蓄水的力学性能进行研究。

1.2 研究方法

除险加固土坝材料型式复杂且传统计算方法难以计算坝体应力变形结果, 故采用非线性有限元法分析, 本次采用计算软件为PLAXIS岩土有限元软件, 其中主坝及防渗墙均按实体单元进行划分模拟, 材料参数采用地质报告建议参数。有限元基本方程由力平衡方程、几何方程、本构关系及边值条件组成。依据有限元理论, 由虚功原理可得单元平衡方程可表示为

$$[k]\{\delta\}^e = \{F\}^e \quad (1)$$

式中 $\{F\}^e$ 为单元上的等效结点力; $\{\delta\}^e$ 为单元结点位移列阵; $[k]$ 为单元刚度矩阵, 由下式计算:

$$[k] = \int_v [B]^T [D_{ep}] [B] dv \quad (2)$$

将单元平衡方程集合在一起, 得到总体平衡方程组, 利用矩阵方程数值解法可以求得各单元节点物理量。

$$[K]\{\delta\} = \{F\} \quad (3)$$

式中 $[K]$ 为总体刚度矩阵; $\{\delta\}$ 为结点位移列阵; $\{F\}$ 为结点等效载荷列阵。

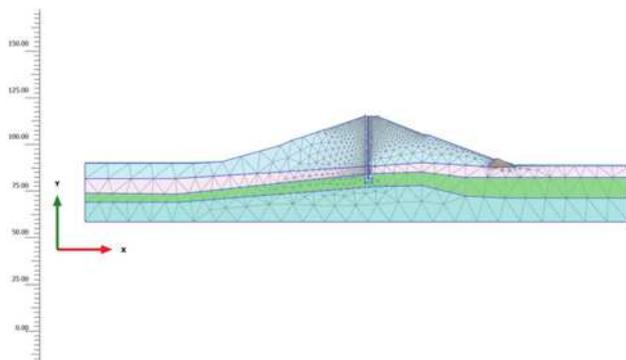


图1 主坝有限元网格模型

2 研究工况与计算结果

2.1 研究工况

本次对模型先进行地应力平衡后分层填筑至坝顶

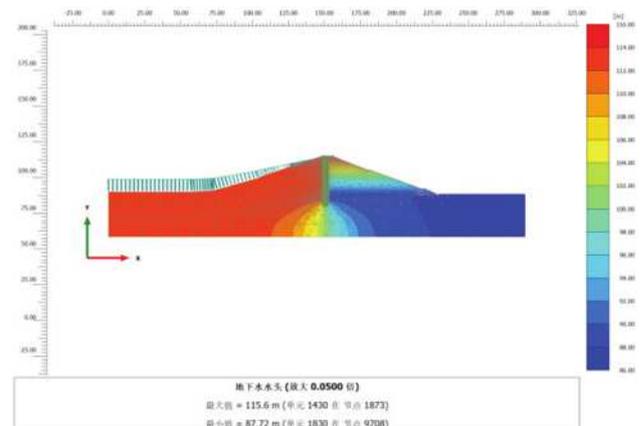
(考虑旧坝体已经多年固结、位移清零) 并施工防渗墙。分别考虑正常蓄水位、设计洪水位和校核洪水位三种水位工况(分析结果以校核洪水位为例)。

2.2 计算结果

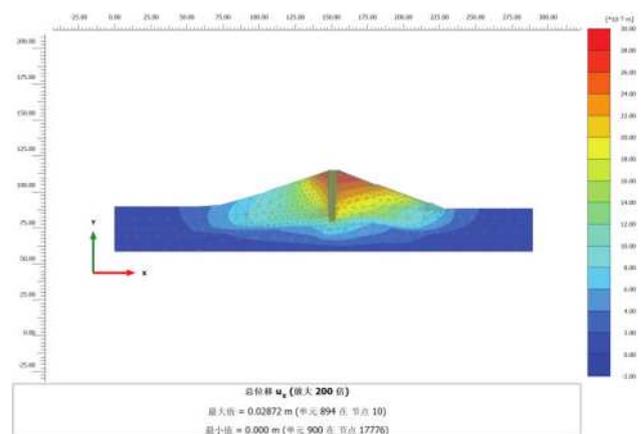
(1) 渗流分析结果, 通过其水头分布可知在进行坝体和坝基防渗处理后坝体渗流得到有效的控制; 最大水力梯度为10.08, 主要在塑性混凝土墙墙底且均小于允许渗透比降100。

(2) 变形分析结果, 防渗墙施工后水库蓄水至校核洪水位最大水平位移为0.02872m, 主要发生在大坝下游侧, 墙体与坝体变形协调。防渗墙在校核洪水位工况下, 发生防渗墙顶部向下游侧最大位移为0.0284m且发生5.6mm的隆起。

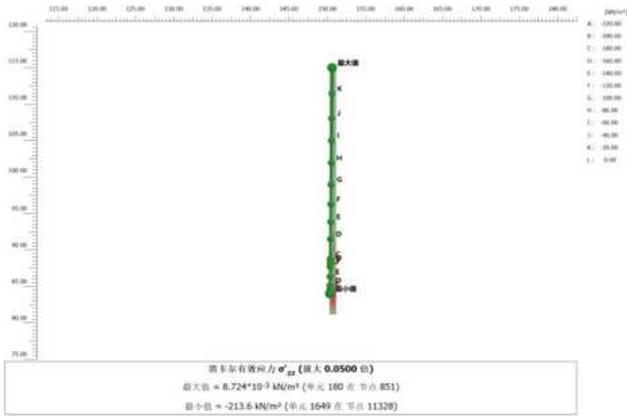
(3) 应力分析结果: 塑性混凝土防渗墙各工况下垂直有效正应力(213.6kPa)大于零, 远小于塑性混凝土抗拉强度故不会发生水力劈裂, 且主压应力最大值约为680.4kPa, 发生在防渗墙与基岩接触部位小于基岩抗压强度与塑性混凝土防渗墙强度。



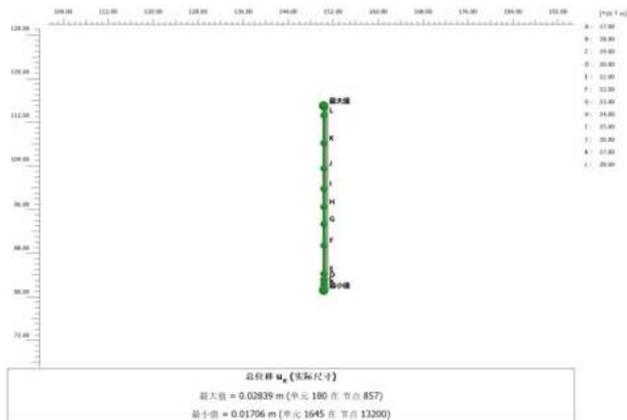
(a) 渗流场分析水头云图 (m)



(b) 水平向位移云图 (m)



(c) 防渗墙应力分布 (kPa)



(d) 防渗墙位移分布 (m)

图2 校核洪水位工况土坝防渗墙有限元分析结果图

3 结论

本文利用PLAXIS软件对某除险加固工程土坝及防

渗墙进行弹塑性有限元分析, 分析不同水位工况下新建防渗墙蓄水后力学特性变化, 表明防渗墙对渗流控制的有效性以及本工程采用防渗墙的力学性能参数满足强度及变形协调的要求。本次对除险加固防渗墙设计进行计算复核, 为日后相关除险加固工程设计提供一定技术参考。

参考文献:

- [1]袁明道, 徐云乾, 史永胜, 等. 广东地区小型水库大坝安全评价分析与探讨[J]. 大坝与安全, 2019 (4): 4.
- [2]王清友, 孙万功, 熊欢. 塑性混凝土防渗墙[M]. 中国水利水电出版社, 2008.
- [3]章为民, 沈珠江. 混凝土面板堆石坝三维弹塑性有限元分析[J]. 水利学报, 1992 (4): 4.
- [4]胡黎明, 濮家骝. 施工及运行期三峡二期围堰防渗墙有限元分析[J]. 水利水电技术, 1999, 30 (5): 3.
- [5]孙明权, 魏景瑞. 对土坝防渗墙有限元分析时墙体单元划分排数对墙体的影响[J]. 水利科技与经济, 2005, 11 (12): 3.
- [6]介玉新, 周厚德. 防渗墙的弯矩计算[J]. 岩石力学与工程学报, 2009, 28 (006): 1213-1219.
- [7]曾碧坤. 土石坝塑性混凝土防渗墙应力变形数值模拟研究[D]. 华南理工大学, 2009.
- [8]曾祥磊, 李密, 田均兵, 孟泽宇. 基于土石坝防渗墙应力变形有限元数值模拟研究[J]. 黑龙江水利科技, 2018, 046 (009): 51-54.