

堤坝防渗加固的控制理论与应用研究

林邦忠

韶关市捷邦建筑工程有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i12.5108

[摘要] 水库坝体由于设计、材料、施工以及后期维护不当等种种原因,可能存在渗流现象,严重威胁水库周边安全。本文对堤坝渗流相关理论进行论述,开展堤坝防渗加固方法研究,通过工程实例对水库堤坝的质量进行评定,并提出对应的防渗加固策略,对于堤坝防渗加固具有指导意义。

[关键词] 堤坝; 渗流; 加固; 质量评价

中图分类号: X8 文献标识码: A

Research on Control Theory and Application of Dam Seepage Prevention and Reinforcement

Bangzhong Lin

Shaoguan Jianbang Construction Engineering Co., Ltd

[Abstract] Due to various reasons such as improper design, materials, construction, and later maintenance, there may be seepage phenomena in the reservoir dam body, seriously threatening the safety of the surrounding area of the reservoir. This article discusses the theory of dam seepage, conducts research on dam seepage prevention and reinforcement methods, evaluates the quality of reservoir dams through engineering examples, and proposes corresponding seepage prevention and reinforcement strategies, which has guiding significance for dam engineering projects.

[Key words] Embankment; Seepage; Reinforcement; Quality evaluation

引言

堤坝是重要的水利设施,关系到人们的生命财产安全,然而,由于设计、施工、材料以及年久失修维护不当等原因,导致堤坝出现裂缝等安全隐患,对下游造成严重威胁。经查阅文献和资料,国内的土石坝事故中,水漫坝事故最多,其次为渗流对坝体造成破坏^[1]。我国大部分坝体为土石坝,渗流目前已成为影响土石坝体安全的重要因素,水流通过渗透力和坝体间的孔洞进行长时间的冲刷,造成坝身变形。虽然土石坝存在一些问题,但在我国仍然具有广阔的应用,主要是因为土石坝具有结构简单、抗震以及经济性价比高的特点,便于建造和管理。为确保其正常运行,需定期对土石坝开展监测和评估工作。

对土石坝的安全评估需采用试验的方法开展,通过长期监测数据对整个大坝的模拟分析与计算,获取大坝的不安全因素,并结合测量数据构建评估模型,有助于更好地理解 and 评估土石坝的安全性能。

1 堤坝渗流分析

1.1 堤坝渗流相关理论研究

水在空隙中流动被称为渗流,堤坝渗流相关理论研究大致可分为三个阶段,一是初期的水通过渗流砂得到的达西定律,为量化认识渗流作用的开始,二是不同的学者通过对水运动的不

稳定性推导出地下水非稳定渗流运动的相关公式,此阶段为严格定量的水动力学方法,三是计算机模拟阶段,通过有限元模拟获取地下水的运动本质,完善了渗透的各项理论^[2]。

堤坝渗流的主要计算方法可分为数值法和理论法,数值法又可分为有限单元法和差分法,有限单元法将真实的渗流场划分为一系列相互关联的单元体,可先求得每个单元体结点的渗流要素,并以每个单元体内的渗流要素呈线性变化为前提,然后通过计算得到渗流场中任意位置的渗流参数,差分法则是以差分方程的形式表示渗流,通过逐步逼近求得渗流场参数^[3]。

堤坝渗流的理论分析方法有两种,分别为流体力学法和水力学法。流体力学法是基于流体学基本原理和渗透理论,在满足条件下可获得渗流表达式,计算各位置值,虽计算过程复杂但结果较为准确,仅用于较为简单的计算过程。水力学法则是进一步简化渗流条件,做出假定,计算过程相对于流体力学法简单,但只能计算截面上的渗透参数,若假定条件设置不合理,则计算结果与实际相差较大^[4]。

渗流运动方程可通过液体上的作用力平衡获取,主要包括液体重力、表明水压力、所遇阻力以及加速力,其方程推导过程与流体力学运动方程类似,因此可直接用流体方程进行推导,将水质点流动看做空隙流动,将质点流动速度 v' 代替水截

面流动速度 v 。纳维-斯托克斯方程是流体力学运动方程,用函数表示为:

$$\begin{cases} \frac{dv'_x}{dt} = f_x - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \nabla^2 v'_x \\ \frac{dv'_y}{dt} = f_y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \nabla^2 v'_y \\ \frac{dv'_z}{dt} = f_z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \nabla^2 v'_z \end{cases} \quad (1)$$

改写为向量表达式如式2所示。

$$\frac{dv'}{dt} = f - \frac{1}{\rho} \text{grad}p + \nu \nabla^2 v' \quad (2)$$

1.2 堤坝防渗加固

堤坝病害是不同因素相互影响的结果,为了对其进行加固,可以采用以下几种主要的加固方法:一是在坝体前防渗方法,即在坝体邻水部分采用遮挡材料,如土工膜,可防渗部分渗流,但可能会受水的影响,效果会受影响;二是在坝体后防渗,在大坝后侧采用减压井等措施防止水库渗流;三是坝体中间防渗,采用劈裂灌浆技术加固坝体,将裂缝注满填缝材料。

2 水库堤坝防渗加固工程

本文所研究的对象为广州市周边一座中型水库,该水库一方面供给城市用水,是城市生活用水的保障,另一方面,则在上游停水、清淤、水闸维修时为下游提供水源。该水库已正常运行了约25年,为当地的经济及生活保障做出了巨大贡献,但目前坝体存在着较多的裂缝、堤基地震液化、出现渗透破坏等现象,严重影响水库及周边安全。

2.1 堤坝概况

水库由堤坝、泵站以及涵闸等几部分组成,堤坝长约14.5km,高为7.5m,宽为6.8m,顶部设计有防浪墙,防浪墙高为8.2m。堤坝采用碾压式土地,上游为浆砌石护坡,下游为草皮护坡,在堤坝上下游分别设有两个泄水闸口。水库在地形地貌上属于冲积平原的洼地,地势平缓,为中型平原水库,工程等级为三级,泄水闸为三级建筑物。

堤坝土地主要成分为黏土、粉质黏土,质地不均匀,透水性为一般透水,部分区域达到中等透水性。

2.2 堤坝质量评定

对堤坝状态进行测定,获得堤坝存在的渗透破坏严重、坝体存在裂缝、地震液化以及截渗沟淤积严重等问题。

2.2.1 渗透破坏严重

堤坝的大部分区域都存在渗透稳定问题,许多堤段和堤基的渗透稳定性未达到规定标准。由于水库在雨季经常处于高水位状态,同时堤坝明渠和截渗沟的水位也偏高,淤积问题严重,导致明渠及截渗沟都失去其原作用。此外,部分管涌出现损坏,导致水持续流出,严重区域达到9.5L/s。

2.2.2 裂缝问题

坝体在修建之初就存在土质不均匀问题,加之施工工艺较为落后,堤身未做到充分压实,并且在修坝之初,基础并未清理干净,因此堤坝及地基出现了幅度较大的不均匀沉降,导致坝身出现较多裂缝,渗透水量较多。

2.2.3 地震液化

根据对堤基土体灌入试验液化进行判定,当地震达到7级时,坝体的局部区域的粉土及粉砂土将产生液化效果,其中中等液化现象长度大约为0.6km,轻度液化长度约4.2km,不同区域液化厚度不同,堤坝的外堤脚是液化影响的严重部位。

2.2.4 渗沟淤积严重

渗沟是将渗水集中并排出以降低浸润线,由于长时间的淤泥及维护不及时造成渗沟已不满足原设计功能。

2.3 堤坝加固设计方案

防渗加固的主要目的是降低渗流破坏能力,确保堤坝安全。在各种防渗加固方案中,粘土铺盖防渗、上游铺塑防渗、混凝土防渗墙、深层搅拌桩和高压喷射灌浆防渗墙是较为常见的选择^[5]。

黏土铺盖防渗就是在坝体迎水面铺设大量黏土层,增加水流渗出难度,该方法较为简单,但需要放空水库实施;上游铺塑防渗是在迎水面铺设防渗膜,建立完善的不透水层,该方法防渗水效果明显,施工需要破坏原坝体防渗层;混凝土防渗墙则是在原坝体上开槽浇筑混凝土墙幕,实现新坝体代替旧坝体,该方法防渗效果好,但施工成本较高;深层搅拌桩则是采用多水泥桩组成水泥墙以达到防渗效果,该方法防渗不如混凝土防渗墙,但成本相对较低;高压喷射灌浆则是用高压喷射地层,形成新的凝固体以达到加固地基的目的,经过检查,其防渗效果表现良好。

3 水库堤坝防渗加固模拟

3.1 目标选取

根据水库管理处提供的各项参数,使用有限元分析软件SEEP/W对水库堤坝防渗加固工程的防渗效果进行了计算和研究。通过比较分析堤坝加固前后的渗流指标变化情况,我们深入探讨了各种因素对防渗效果的影响。结合实际测量数据,我们对水库的防渗加固效果进行了综合评价。这些研究结果为堤坝防渗加固工程的设计、施工和管理提供了科学依据。

采用有限元分析法对断面进行渗流量分析,对7+000断面进行分析,7+000断面的基本情况如图1所示。

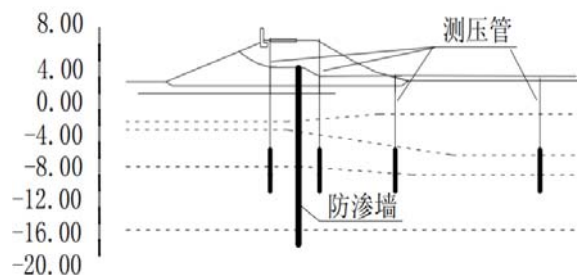


图1 大坝截面及测压管布设图

3.2 影响因子分析

对断面进行分析, 在无防渗墙时可获取加固前的渗流情况, 可与加固后的情况进行对比分析, 可得到加固后的防渗效果。在断面处布置着4根测压管, 测压管布置如图1所示, 测压管底端埋入强透水性的粉砂层中。计算模型中位置水头为50m, 由压力水头=总水头-位置水头来计算压力水头。

在未做防渗墙时, 经测量位于防渗墙位置下游侧的总水头曲线如图2所示。

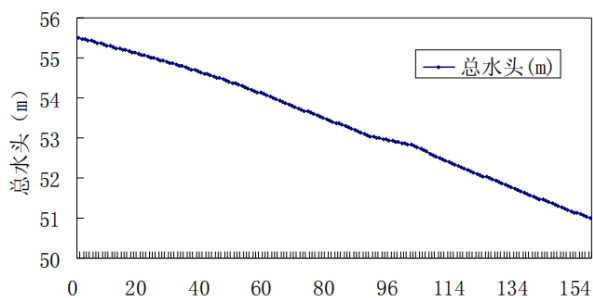


图2 未做防渗墙总水头

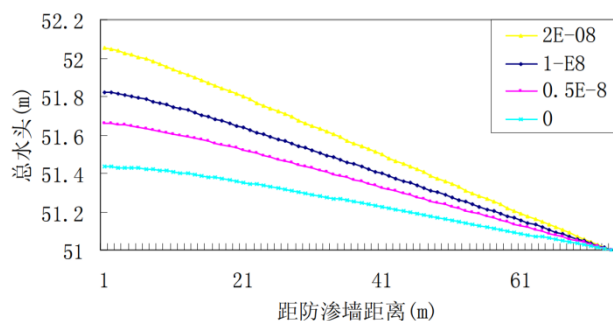


图3 不同渗透系数下的总水头

通过设置不同的渗透系数对比不同的类型渗透材料的防水效果, 设置0(完全不透水)、 5.0×10^{-9} cm/s(设计值)、 10×10^{-9} cm/s、 20×10^{-9} cm/s四种情况, 试验结果如图3所示。

由图3分析可知, 渗透系数越低, 流速减小, 上游渗流较难通过防渗墙流到下游, 渗流量减少, 导致下游水头也不断降低。

4 结束语

堤坝是关系到民生的建设项目, 但由于年久失修、缺乏维护等原因, 部分年代较为久远的堤坝容易产生裂缝, 导致渗流等问题, 严重威胁人们的生命财产安全。本文对堤坝渗流相关理论进行介绍, 并对加固方法开展详细阐述, 通过对工程实例进行研究, 对目标堤坝进行质量评价应提出加固设计方案, 通过模拟分析, 得出不同渗透系数材料对坝体防渗的影响。

[参考文献]

- [1]王小茹,张世安.水利工程施工中堤坝防渗加固技术探析[J].东北水利水电,2023,41(11):14-16+49.
- [2]钟国胜.塑性混凝土防渗墙赋存状态对堤坝稳定性影响研究[D].安徽建筑大学,2023.
- [3]邹文胜.水利工程堤坝防渗漏技术探究[J].城市建设理论(电子版),2022,(34):130-132.
- [4]姜红斌.劈裂灌浆技术在水库堤坝防渗加固施工的应用[J].水利科学与寒区工程,2022,5(09):131-133.
- [5]严维.堤坝防渗及加固技术的应用[J].东北水利水电,2022,40(08):48-52+72.

作者简介:

林邦忠(1981--),男,汉族,广东省汕头市潮阳区人,大学本科,工程师,毕业于西北工业大学,从事水利水电和建筑类工作。