

麻栗坝水库混凝土防渗墙塌槽处理

张天明

(云南省德宏州麻栗坝水库管理局, 德宏 陇川 678700)

摘要 介绍了麻栗坝水库超深含砾砂土夹黏土基础中混凝土防渗墙施工塌槽的处理过程, 通过认真分析坍塌段的地质情况以及塌槽的原因, 在充分考虑基础组成物含水量高、自稳能力不强、物理力学性质差的基础上, 采用回填低标号混凝土的方法迅速稳固槽孔, 然后缩短并调整槽段划分长度, 重新造孔浇筑成槽。施工后墙体经过严格的钻孔取芯及无损检测, 墙体质量良好, 满足设计要求, 表明高承压水砂性地基土中塌槽问题的处理是成功的。

关键词 槽孔塌壁 坝基防渗 含砾砂土 混凝土防渗墙 麻栗坝水库

中图分类号 TV543+.82

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2006)S1-0121-03

麻栗坝水库坝址区物质组成以含砾砂土夹黏土为主, 其埋深超过 500 m, 由于没有其他可比选的坝址供选择, 只能在此基础上建坝。因此, 麻栗坝水库基础防渗处理也就成为建坝的关键所在。作为超深厚软弱透水基础, 渗流稳定是水库建设过程中需重点解决的难点, 在设计、施工环节也都做了认真分析研究, 力求在严格的施工控制下使之满足设计和规范要求。大坝渗流破坏共有两类, 一是渗流量太大引起对坝基和坝体冲刷造成的破坏; 二是因孔隙水压力太高引起坝基承载力降低乃至崩塌造成的破坏^[1]。麻栗坝水库基础埋藏深厚, 砂土与黏土互层, 水文地质条件复杂, 坝基中承压水较高; 另一方面其组成物质的物理力学性质亦较差^[2], 这就使得防渗措施的选择要有针对性。设计部门通过有限元求解, 并与河海大学渗流实验室合作, 借助三维渗流数学模型验证设计方案的合理性, 在经济技术比较的基础上采用塑性混凝土防渗墙方案来解决坝基防渗问题。

1 防渗处理措施

由于坝基为上第三系含砾砂土和黏土互层, 埋藏深厚。达到相对不透水层条件的黏土厚度一般仅为 2~4 m, 它的走向大至平行地面, 正常水位与其相交延伸很长, 为此, 两岸坝端和绕渗段的防渗范围按地下水与正常水位的交点为防渗处理的边界点确定。坝基各处的防渗深度以满足渗流稳定要求为原

则确定。根据三维渗流稳定分析成果^[3], 河床段的垂直防渗体深度小于 20 m 时坝基渗透比降大于允许渗透比降($J=0.1$), 不能满足坝基渗流稳定要求; 当垂直防渗体深度大于 20 m 时, 坝基渗透比降小于允许渗透比降, 防渗处理深度大于 22 m 时, 渗流逐渐趋于稳定, 此深度接近渗透比降变化的临界点, 进一步加深防渗处理的深度, 渗透比降减小不明显, 而随着防渗处理深度的增加工程投资相应增加, 进一步加深防渗处理深度在经济上不合理, 技术上亦不必要。结合防渗要求及计算结果, 选择防渗墙处理深度为 22 m。

在确定防渗处理的深度和范围后, 初拟高压旋喷、混凝土防渗墙、薄壁混凝土塑性防渗墙这 3 种防渗方案。在满足渗流稳定要求的前提下, 经技术经济比较, 在不同的部位采取不同的防渗处理方案。河床段坝体承受的水头较高, 坝基采用适宜于高水头的混凝土防渗墙, 长 676.80 m, 厚 60 cm, 采用 C10 混凝土, 抗渗标号大于 W6; 左岸 15 m 以下坝高绕渗段及右岸绕渗段坝体承受的水头较低, 在高压旋喷和薄壁混凝土塑性防渗墙方案之间作比较后, 采用工程造价相对较低、技术可靠的薄壁混凝土塑性防渗墙防渗, 长 252.85 m, 厚 40 cm, 采用 C10 混凝土, 抗渗标号大于 W6。河床防渗墙段与两岸薄壁混凝土塑性防渗墙段的连接采用薄壁混凝土防渗墙段增加 10 m 长度与防渗墙段搭接的方式。混凝土防渗墙设计纵剖面见图 1。

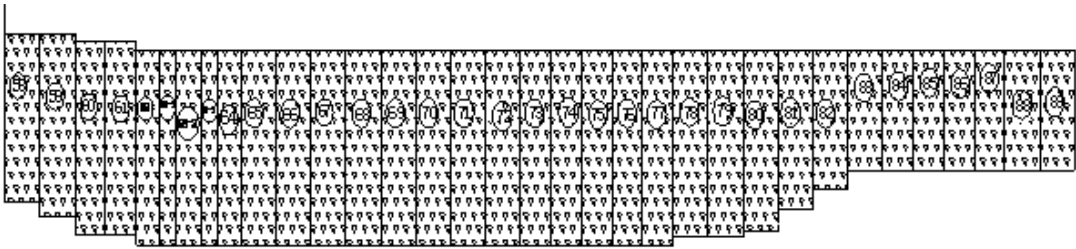


图1 主河床段混凝土防渗墙设计剖面

施工中采用的主要控制指标如下:使用 32.5 号普通硅酸盐水泥;Ⅰ级混凝土碎石配比,最大粒径小于 20 mm;河沙细度模数为 2.4~2.8;抗渗标号大于 W6;混凝土相对渗透系数小于 10^{-8} cm/s;混凝土允许水力坡降为 50;28 d 抗压强度大于 6 MPa;弹性模量小于 13 000 MPa。

理论分析计算表明,基础在施工加坝过程中坝基的沉降量为 $1.64 \text{ m}^{[2]}$,沉降量较大,考虑到防渗墙具备一定的塑性,能够协调和适应基础的变形。弹性模量取值小于 13 000 MPa,就是为了通过适当控制该指标,使防渗墙在发挥作用的同时不至于因变形而影响其使用效果。

2 塌槽原因分析

为了控制好混凝土防渗墙的施工质量,有效提高槽孔的自身稳定,避免出现塌孔、塌槽等意外事故,槽段划分长度一般都不超过 8 m,对地质条件差、承压水活动强烈的个别地段则进一步缩短槽段的长度,约 7 m。另外,针对开挖后涌水量较大的特点,一方面尽量安排在枯水季节造孔,以减小地下水的影响;另一方面设法增加固壁泥浆的浓度,必要时加入适量的膨润土,提高固壁效果,减小坍塌的可能性。尽管在施工中进行了严格的控制,施工至主河床段 63 号槽段时还是出现了塌槽。而此段防渗墙施工前为了满足施工度汛的要求,已先期完工了位于上游侧的抬头坝,坝高 13.07 m,坝料为含砾砂土料,填筑方量 $65 \times 10^4 \text{ m}^3$,若处理不及时,将诱发抬头坝的连锁坍塌。

塌槽的 63 号槽孔长 8 m、深 29.77 m,造孔成槽,完成清孔换浆后按要求浇筑到孔底以上 10 m 时发生塌槽,坍塌物高出浇筑面 8 m,说明周围土体也由于塌槽而出现了下滑。分析原因,主要有以下几个方面:① 63 号槽处在河床中心部位,下伏含砾中粗砂层,层厚超过 20 m,沿河床下游方向倾斜,属于稳定性较差的地段;② 从渗流形态看,由于两岸防渗墙完工,河床段地下水相对集中,槽孔较深,在承压水的作用下,砂土层容易出现流沙,稳定性降低,在外部的扰动下极易失稳;③ 渗水的大量涌出使固壁泥浆浓度降低,在

槽孔侧壁的挤压作用下出现坍塌现象;④ 槽段划分偏长,成槽时靠近上游侧形成较大临空面,使槽段稳定性降低;⑤ 由于是夜间施工,光线较差,浇筑时对槽段内的情况观察不足,应急准备不够充分。

3 处理措施

塌孔所处位置正好位于河床段抬头坝的后坡脚,若不及时处理,将进一步引起抬头坝的塌陷,从而给工程建设带来严重的后果。塌孔处理分两步进行。

3.1 现场应急处理

首先采取适当的工程措施遏制住坍塌的趋势,待稳定后再作后续处理。结合塌槽出现的原因,控制住中粗砂层中渗流量,避免出现更多的流沙,尽可能地封闭水下临空面,使槽孔能够维持基本稳定状态。提出了 3 种处理方法:① 进行表层开挖,减少槽孔深度,优点是直观易行,但存在人为加大临空面、加速抬头坝后坝坡下滑的危险,因此不可取;② 投入黏土坯子、加重晶石,该方法只能对坍塌堆积体至孔口部分起一定固壁作用,处理不了深部的问题,显然不能起到有效的作用;③ 迅速清除松散堆积物后浇筑低标号混凝土,由于混凝土标号超过 C8 不利于重新造孔时使用抓斗等高效施工设备,一般选择 C3~C5 低标号混凝土进行水下回填,先施工其他槽段,待孔内混凝土与槽壁充分结合、槽孔稳定、地表也没有裂缝等异常情况后再造孔成槽。分析得知第 3 种处理方法比较稳妥可靠,在回填 C3 混凝土后槽孔稳定 3 周后再造孔成槽浇筑混凝土。

3.2 造孔浇筑成槽

很显然,如果沿用原来的槽孔划分成槽,在地表以下情况比较复杂条件,容易将已经封堵的临空面再次牵引,对工程施工不利。为此,对邻近的 62 号、64 号槽段的地质资料作了认真的分析。这两个槽段下卧的砂土层相对较薄,地质条件比 63 号槽段好,3 个槽段总长 24 m,都没有施工,将 63 号槽段一分为二,左侧 4 m 与原 62 号槽段中的 2 m 组成一个新的槽段;右侧 4 m 与原 64 号槽段中的 2 m 组成另一个新槽段,这样原来的 3 个 8 m 长的槽段调整成

了4个6m长的槽段。通过调整,由63号槽独立承担变成了3个槽共同负担,槽孔的稳定性得到提高,避免再次发生槽孔塌壁的现象。按照上述思路实施后,该槽段的混凝土防渗墙施工取得了成功。

4 效果检验

为了检验处理后的效果,选择钻孔取芯和无损检测综合检测墙体质量。

4.1 钻孔取芯

钻孔取芯进行混凝土抗压强度、抗渗等级和弹性模量的试验,试验结果为:混凝土芯样的抗压强度为7.2~12.3 MPa,抗渗等级大于W6,弹性模量为7368~10454 MPa。

4.2 无损检测

无损检测委托郑州河海科技有限公司完成,分别采用多道瞬态面波法、高密度地震映像法和垂直反射法3种方法进行检测,检测成果见图2~4。由检测成果可知,该槽段经过及时回填成槽浇注混凝土后,底界达到设计深度,没有出现夹泥、天窗、混凝土不均匀等质量问题,也未发现大面积短墙或断墙;

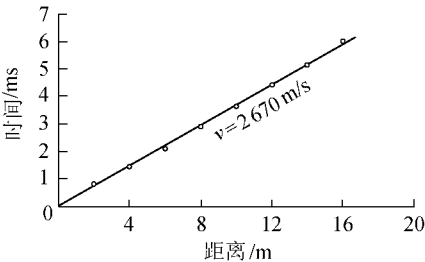


图2 63号槽段波速测试曲线

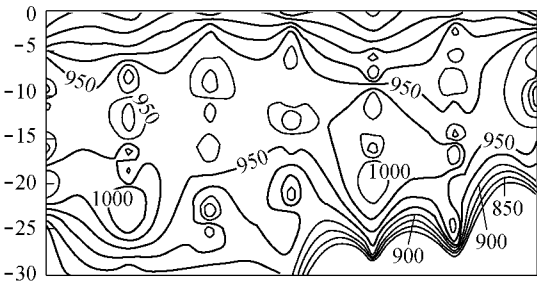


图3 防渗墙剪切波速等值线(单位:m/s)

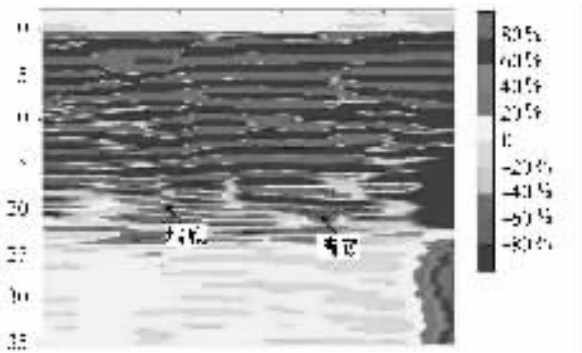


图4 高密度地震映像法检测成果

墙体的剪切波速均在800~1050 m/s之间,大多在900~975 m/s之间,波动幅度不算太大,表明所检测段防渗墙的均匀性整体上较好。而63号槽段,由于龄期较短,其波速较低,大多在850~875 m/s之间,也属正常范围。

5 结 语

麻栗坝水库在超深软基上筑坝,坝基的渗流稳定是一个关键性的技术难题,由于高地下水以及砂土、黏土互层的地层特点,承压水的存在给混凝土防渗墙的施工带来了困难,确保施工满足设计目标是建设、施工各方的共同目标。面对复杂地质条件,塌孔处理取得成功,有以下几个方面的体会:①砂性土具有透水性强、稳定性差的特点,在开槽过程中通过认真分析,完整、准确地理解地质资料,熟悉基础的工程地质、水文地质条件,有利于掌握基础处理的主动权,对顺利完成混凝土防渗墙施工非常重要;尽量选择枯季地下水位较低时进行施工,这样在地下水活动相对较弱时不易出现塌槽等意外事故。②出现塌孔、塌槽等意外事故时,先回填再重新成槽,不失为一种稳妥可靠的处理方法。在选择回填材料时,可根据槽段的深度分别用回填低标号混凝土、加大固壁泥浆浓度、抛入黏土坯子等不同的方式来处理,20m以上深度的槽孔使用回填C5左右标号的混凝土来处理较为有利^[4]。③对地质条件差、透水性强、物理力学指标低的地段,适当降低槽段的长度,对保障成槽的稳定性是有利的。④黏粒含量低、固壁泥浆质量较差的地方,可采取添加适量的膨润土来提高泥浆的固壁能力。⑤在防渗墙槽孔施工的同时应对可能出现的险情作必要的分析,并有针对性地进行准备,一旦出现情况立即处理。⑥防渗墙施工尽可能先施工深墙或主河道段,然后再加载地表建筑,这样对施工安全有利。

参考文献:

[1] 张景秀. 坝基防渗与灌浆技术[M]. 北京: 中国水利出版社, 2002.
[2] 张天明. 深软基筑坝设计: 以云南麻栗坝水库工程为例[J]. 应用基础与工程科学学报, 2004, 12(1): 80-85.
[3] 速宝玉, 詹美礼. 麻栗坝深厚复杂地基上坝体整体三维渗流控制分析[R]. 南京: 河海大学, 2002.
[4] 张天明, 苏红兵. 滑坡堆积体上坝基防渗处理设计研究[J]. 土木工程学报, 2005, 38(4): 129-133.

(收稿日期: 2006-04-10 编辑: 骆超)