

公路工程高边坡自动化监测技术分析

吴昌旺

昭通高速工程试验检测有限公司 云南昭通 675100

摘要: 针对昭通市绥江县某公路高边坡施工过程中挡墙与平台开裂的问题,以保障边坡安全,为边坡施工提供准确指导为目标,对边坡进行了地表位移、深层位移、雨量、地下水位、倾角等要素的自动化监测,分析了典型监测数据成果。经监测数据指导边坡治理加固后,边坡基本处于稳定状态,局部个别监测点仍处于等速缓慢变形状态,监测成果为公路边坡后续施工提供了重要指导。

关键词: 边坡;公路工程;监测

公路边坡自动化监测技术^[1-3]是现代交通建设中不可或缺的一环。随着科技的发展,传统的人工监测方式已经逐渐被自动化、智能化的监测系统所取代。这种转变不仅提高了监测的效率和准确性,还大大降低了人力成本和安全风险。自动化监测系统通常包括传感器、数据采集单元、数据传输网络以及数据处理和预警中心等部分。传感器负责实时收集边坡的位移、裂缝宽度、地下水位等关键数据;数据采集单元则对这些数据进行初步处理;通过有线或无线网络,数据被传输到中心服务器;最终,专业人员在数据处理和预警中心对收集到的数据进行分析,并根据分析结果采取相应的预防或应急措施。此外,一些先进的监测系统还能利用人工智能算法对数据进行深度学习,从而预测边坡未来可能出现的问题,实现预警功能。这种预测性维护不仅能够提前发现问题,避免潜在的危險,还能为公路的长期维护提供科学依据。本文介绍了昭通市绥江县某公路高边坡自动化监测点的布置及数据分析成果,研究成果为边坡的安全施工与运行提供了重要参考。

一、公路工程边坡概况

ZK48+585 ~ ZK49+107段左幅左侧边坡位于昭通市绥江县南岸镇木槐村东侧,金沙江西岸。地貌单元属于山前坡地地貌,山坡坡向约90°,斜坡段顶部多为村庄和农林耕地,两侧植被发育,该工程边坡后缘以上分布有民居,属于木槐村,其他路段为施工填挖区,原地形地貌大多已破坏。边坡所在区域为单斜构造,边坡区岩

层产状一般为95° ∠ 15°。岩体多被切割呈块状或碎块状,砂泥岩交互分布且抗风化能力差异较大,易出现隔层风化现象。边坡区未见影响区域稳定的地质构造通过,区域地质稳定。

1.1 气候及水文地质条件

气候: 绥江县属于亚热带季风型气候,多年平均降水量为1073.1mm,雨量多集中在6 ~ 9月,年降水日数为255天,秋冬季节则阴雨连绵。

地表水: 项目区降雨充沛,地表水主要以大气降雨为主,汇水面积较小,径流量受区内降雨量和季节性控制。边坡上方有村庄分布,生活用水和农业灌溉用水等人工表水部分下渗到坡体内,水量受季节和耕种需求控制。工程边坡位于斜坡段,坡面有冲沟分布,坡体下部压覆古冲沟,冲沟呈东西向,地表汇水及覆盖层渗水经冲沟向下汇入金沙江。

地下水: 地下水主要为第四系孔隙水和基岩裂隙水。**第四系孔隙水:** 主要接受大气降雨补给,赋存于地表松散土体中,并向周边沟渠及冲沟排泄或地表蒸发。**基岩裂隙水:** 主要赋存于侏罗系中统沙溪庙组(J2s)泥岩、砂岩中,基岩裂隙水弱发育。边坡区总体富水性较弱,接受地表水补给。一般就近排泄于沟渠、冲沟内。勘探期间地下水位0.3 ~ 8.2m。

由于覆盖层内土石混杂空隙较发育,渗透性相对较好,导致一部分上游地表水从孔隙下渗至相对隔水层界面后,沿界面渗流至开挖切割面排出坡体,地下水长期软化黏性土层,降低抗剪强度,易形成滑动带。

1.2 施工期变形过程

1. 2019年8月19日,ZK48+830~ZK48+850段 挡 墙

作者简介: 吴昌旺(1985-),男,云南昆明人,专科,工程师,从事公路工程勘察技术研究。

(ZK48+845处涵洞跌水两侧挡墙)出现斜向45度裂缝(裂缝宽度1~3mm)。

2. 2019年8月24日, ZK48+825~ZK48+865段涵洞跌水位置, ZK49+040~ZK49+090段挡墙出现斜向裂缝、在施工缝位置出现横向裂缝。

3. 2019年9月11日

(1) ZK48+815~ZK48+840段挡墙开裂并有推移现象;

(2) ZK48+800~ZK48+845段二级平台出现鼓起纵向裂缝, 二级平台截水沟与三级边坡坡脚剥离; 三级边坡平台横向裂缝较多, 纵向裂缝较少;

(3) 四级边坡平台未施工截水沟, 已混凝土封闭, 无裂缝;

(4) 对应桩号ZK48+740, 距离边坡开挖线65米处村民围墙开裂;

(5) 对应桩号ZK48+840, 距离边坡开挖线约60米处村民院落出现平行于路线方向的裂缝;

(6) 对应桩号ZK48+800, 距离边坡开挖线110m处房屋与乡村路截水沟分离开裂。

1.3 监测点布设

1. 地表位移监测

根据设计文件及相关规范要求, 本方案共设计7个地表位移监测断面, 共计11个GNSS地表位移监测点, 并在两公里范围内选择一处地基稳固, 且开阔无遮挡位置布设1套GNSS基准站。

2. 深层位移监测

本方案分别在ZK48+758、ZK48+860及ZK48+966布设1个深层位移监测断面。其中ZK48+758断面布设2个深层位移监测孔, ZK48+860断面布设3个深层位移监测孔, ZK48+966断面布设1个深层位移监测孔, 共计6个深层位移监测孔。

3. 地下水位监测

在ZK48+758、ZK48+860及ZK48+966监测断面分别选一深层位移测斜孔做地下水位监测。

4. 抗滑桩顶水平位移监测

本方案共布设5个桩顶水平位移监测点。布设在ZK48+680断面、ZK48+758断面、ZK48+800断面、ZK48+866断面、ZK48+960断面。

5. 雨量监测

本方案在坡顶开阔无遮挡处布设1套雨量监测站。

二、监测数据分析

在该段边坡范围内, 我单位根据坡体现状、周围

环境情况及相关规范要求, 在坡体上布设了11个GNSS地表位移监测点, 6个深层位移监测孔、3个地下水位监测点、5个支护桩倾斜变形监测点及1套雨量监测站。地表位移监测点编号分别为BD01~BD11, 深层位移监测孔编号为ZK01~ZK06, 地下水位监测孔编号为SW01~SW03, 倾角监测点编号为QJ01~QJ05, 雨量监测站编号为YL01。地表位移监测的累计位移量是以第一次测量坐标值为参考值进行计算的, 分为累计水平位移及累计沉降; 地下水位监测孔是以第一次测量水面深度作为初始值。

2.1 GNSS地表位移典型监测数据分析

截止到2022年6月30日, BD01地表位移监测点水平方向位移累计变形量为120.21mm, 高程方向累计沉降量为-45.35mm。本监测周期内, 该监测点水平方向及高程方向沉降量无明显变化。基本处于稳定状态。

2.2 深层位移监测典型数据分析

ZK5深层位移监测孔截止到2022年6月30日, 累计地表位移量1291.92mm, 从累计位移-深度-时间曲线图上分析, 该监测孔28m深度范围内所有监测点均处于变形状态, 整体变形量较大。本监测周期内(2022年6月1日-6月30日)监测深度范围内各监测点数据变化小, 基本处于稳定状态。

2.3 倾角监测典型数据分析

截止到2022年6月30日, QJ02倾角监测点X方向累计倾斜角度为0.31°, Y方向累计倾斜角度为0.24°。本监测周期内, 该监测点X方向角度变化量和Y方向角度无明显变化, 基本处于稳定状态。

2.4 地下水位监测典型数据分析

本监测周期内SW02水位监测孔数据变化相对较大, 液面埋藏深度为3.14~4.28m, 液面最大变幅为1.14m。

2.5 降雨量监测典型数据分析

本监测周期内(2022年6月1日-6月30日), 降雨量天数为15天, 占总天数的50%, 累计降雨量108.40mm, 最大日降雨量为36.360mm(2022年6月23日)。

三、结论与建议

1. 通过本期监测数据分析, 本监测周期内, 各GNSS地表位移监测点数据无明显变化, 基本处于稳定状态。

2. 本监测周期内ZK01~ZK06深层位移监测孔监测深度范围内各监测点数据变化小, 未见明显的突变趋势及变形拐点, 基本已处于稳定状态。

3. 本监测周期内QJ01~QJ05倾角监测点数据变化

较小，各抗滑桩及桩板墙未见无明显的角度倾斜变化趋势，基本处于稳定状态。

4. 本监测周期内SW02水位监测孔数据变化相对较大，液面埋藏深度为3.14 ~ 4.28m，液面最大变幅为1.14m。

5. 本监测周期内（2022年6月1日-6月30日），降雨量天数为15天，占总天数的50%，累计降雨量108.40mm，最大日降雨量为36.360mm（2022年6月23日）。通过对降雨与各监测参数的变化比对分析，降雨量对整个坡体的稳定性影响不明显。

根据监测数据分析成果对边坡提出了如下治理意见：

1. 该边坡所处地貌为金沙江冲刷阶地，地势相对低洼，坡上为村镇，人类活动较强烈，易受地表水渗透、冲刷，强降雨天气下建议加强现场巡查工作。

2. 对边坡上已安装完毕的监测点予以保护，防止因人为扰动或者破坏，影响对监测数据的真实性的判断。

3. 边坡地下水赋存丰富，水位埋藏较高，建议加强边坡的截排水工作。

4. 根据监测数据分析，边坡治理加固后，基本已处于稳定状态，局部个别监测点仍处于等速缓慢变形状态，仍需继续加强监测及现场巡查工作。

参考文献

[1] 郑家毓, 李帆, 何耀夫. 某高速公路边坡监测及稳定性模拟分析[J]. 地质灾害与环境保护, 2024, 35(02): 36-41.

[2] 王宏伟. 全站仪在公路高边坡监测中的技术要点及运用[J]. 中国高新科技, 2024, (11): 136-138.

[3] 杨水生, 易杨, 邓凌燕, 等. 基于北斗技术的高速公路边坡位移监测系统研究[J]. 山东交通科技, 2024, (02): 41-44.