

铁路路基小型滑坡的特征分析及简易防控措施

王晓佳

中铁三局集团桥隧工程有限公司, 安徽 池州 247200

[摘要]铁路路基地表岩土体小型滑坡具有规模小、隐蔽性强、频发性高的特点,在铁路运营中始终处于一种潜在威胁状态,基于已有成果以及工程实例,对铁路路基地表各类小型滑坡的规模形态特征、变形过程、滑动面结构等进行详细归纳总结,并从地质、水文气象、工程扰动三方面解析其形成原因,通过对这些影响因素的分析可知,坡麓相煤系地层斜坡软土地质中炭质页岩风化软化造成的地质条件是内部原因;雨水渗透则是外部原因;边坡施加荷载与坡脚卸载是导火线。对于这种类型的滑坡,我们可以通过观察监测的方法来进行早期预报:通过巡视和裂缝变形简易检测两种方法可以达到这一目的。根据小范围滑坡的特点,给出地表排水、地下排水、坡面防护、浅层加固、坡脚支撑及反压六种简易防治办法。利用微型桩组合结构来加以处治,在监测中发现边坡稳定状况良好,线路无任何变化。研究结果可以供铁路工务单位做参考。

[关键词]铁路路基;小型滑坡;特征分析;简易防控

DOI: 10.33142/sca.v9i5.19750

中图分类号: U213.1

文献标识码: A

Characteristics Analysis and Simple Prevention and Control Measures of Small Landslides in Railway Roadbeds

WANG Xiaojia

Bridge and Tunnel Engineering Co., Ltd. of China Railway No.3 Engineering Group, Chizhou, Anhui, 247200, China

Abstract: Small landslides on the surface rock and soil of railway subgrade have the characteristics of small scale, strong concealment, and high frequency. They are always in a potential threat state in railway operation. Based on existing achievements and engineering examples, this paper summarizes in detail the scale and shape characteristics, deformation process, and sliding surface structure of various small landslides on the surface of railway subgrade, and analyzes their formation reasons from three aspects: geology, hydro meteorology, and engineering disturbance. Through the analysis of these influencing factors, it can be concluded that the geological conditions caused by weathering and softening of carbonaceous shale in the soft soil geology of coal bearing strata slopes at the foot of the slope are internal reasons; Rainwater infiltration is an external factor; The application of load on the slope and unloading at the foot of the slope are the triggers. For this type of landslide, we can make early predictions through observation and monitoring methods: this can be achieved through two methods: inspection and simple detection of crack deformation. Based on the characteristics of small-scale landslides, six simple prevention and control methods are proposed, including surface drainage, underground drainage, slope protection, shallow reinforcement, slope foot support, and back pressure. By using a micro pile combination structure for treatment, it was found during monitoring that the slope stability was good and there was no change in the route. The research results can serve as a reference for railway engineering units.

Keywords: railway subgrade; small landslides; feature analysis; simple prevention and control

引言

我国铁路网不断向山地蔓延,路基边坡地灾问题愈发明显,在各种各样的边坡病害当中,小型滑坡由于数量最多、覆盖面最广、最隐秘而成为影响铁路运行的关键隐患。相对于大块状滑坡而言,小型滑坡虽然体量较小,但是紧邻轨道,发生的突然性强,容易危及行车的安全,根据实

际工程项目,铁路路基出现的小型滑坡有显著的特征,滑体厚度一般不超过 3m, 体积多数在几千方以内,滑动速率慢但持力时间较长。此种滑坡的发展会有一个漫长的蠕变过程,只要早发现及时处理就可以防止其进一步扩大危害。但是目前工务巡查对于小范围滑坡的判断没有相应的体系标准来指导,防范措施也常常是按照大范围滑坡来进

行设计,有过于重视或者忽视的现象发生。本文主要针对铁路路基的小规模滑坡这一特殊类型开始研究,从小规模滑坡的特点出发,探讨产生原因以及解决办法,给出可以在现场实际应用的辨识检测手段和简单防患措施,为铁路路基防护边坡提供借鉴作用。

1 铁路路基小型滑坡的特征分析

1.1 规模与形态特征

铁路路基小型滑坡在尺度上有确定的标准,通过现场调查得知,其滑体厚度一般小于 3m,每次发生滑动方量不超过 5000m³ 左右,平面形态多为舌状或半圆型。小型滑坡滑体的长宽比大致在 1:1 之间,呈现出比较规整的形态特点。其坡面形态一般有舌状滑坡、半圆形滑坡,滑床坡度普遍在 15°~30° 之间,滑体后侧易形成明显的弧形拉裂缝,裂缝宽度在几毫米到十几厘米之间。坡麓相煤系地层斜坡软土有普通软土的一般特性,在斜坡地形的影响下存在地表水、地下水汇集现象,软土组分复杂及下伏基岩面倾斜等因素叠加在一起的作用使自稳性较差。该类滑坡滑体物质成分混杂,通常包括了全风化残块,坡积黏土层,以及碎石等,结构松散,透水能力强,在空间位置上小规模的滑坡大多出现在路堑边坡顶或路堤边坡的斜坡部位,因为规模小所以滑动的范围一般只限于一个斜坡的区域,很少穿越不同工程段落。

1.2 变形发展规律

小型滑坡的变形发展有显著的分期规律。第一时期为蠕变变形期。蠕变变形期的时间长短可从几个月到几年之间都有可能。蠕变变形期间表现为坡面上出现间歇性的纵向裂缝,随着时间的延长裂缝宽度慢慢发展,每天变形量小于几毫米甚至更小。特殊岩土比如黄土、膨胀土、泥岩等本身就有较强的遇水膨胀变形特性以及振动变形特性,这种灾害前期征兆较弱,成因机理也较复杂,在这个时期内坡体内应力渐渐变化,滑带土强度开始下降了。第二时期为常速变形期。蠕变变形后期,整个裂缝体系已经贯通,形成了一个比较完整的拱形拉裂面,坡体前缘可能产生一定的鼓胀或者出水浑浊现象。这个时期的变形速度是比较稳定的,一天几个毫米左右。通过使用倾角计加摄像头进行实时观测分析判定铁路两侧山坡的滑坡、崩塌等滑坡地质灾害微变状况并及时发出预报警报信号;第三时期为快速变形阶段,变形速度大大加快,坡体后部出现明显拉张裂隙、前缘剪出口基本完成,滑坡即将产生整体转动。需要指出的是,小型滑坡常常是在连续性雨天或者短时间内大雨时从匀速变形状态直接转变为滑动状态,快速变形阶段持续时间较短,留给预警的时间很短。

1.3 滑动面与滑体结构特征

小型滑坡的滑动面有浅层性及不规则等特点,滑动面深度均小于 3m,主要出现在覆盖层与基岩相接部位、不同土层间以及风化岩体中的软弱夹层中等。其滑动面形状受原地形影响较大呈现出近似圆形或者折线状。斜坡地表被封盖层破裂之后,地表水直接渗透进以炭质页岩全风化层为主,并含有大量的硬质碎屑、块石构成的斜坡土体中,造成炭质页岩成分吸水膨胀变软,抗力急剧下降,从而产生山麓斜坡软土层。其反映出小型滑坡滑动面形成的原理就是由于水的入侵使某一处层位发生力学性能衰减而产生出一薄弱面来。在滑体构造方面,小型滑坡滑体一般呈碎屑状结构,保持一部分原来的层理构造,滑体内发育二级裂隙,把滑体分成大小不同的块体,滑带土的物理力学性质具有很大的空间变异性,在垂直滑移方向上其粘粒含量、天然含水量、抗剪强度参数具有明显的规律性变化。

2 铁路路基小型滑坡的成因机理

2.1 地质条件因素

地质环境是产生小型滑坡的基础。从岩石类型来说,如膨胀土、炭质页岩、泥岩、页岩等软质岩土层是小型滑坡的发育部位。而膨胀土经干湿交替后体积变化大,顺层岩体呈楔形结构,导致斜坡岩土体易沿贯通的剪切破坏面下滑成为滑动体发生滑坡事故,也是山区铁路施工中常见的一种不良地质体。地层构造影响着滑坡的发生发展。上部松散堆积物、下部相对隔水层的双层结构是最不利的组合,这样的结构容易使地下水聚集在接触带附近,软化接触带物质,形成潜在滑动面。基岩产状与坡向的关系也非常重要,在顺层坡条件下发生小型滑坡的概率远大于逆层坡。斜坡软土是由炭质页岩软化的地质特性以及倾斜的基岩面都是形成滑坡的内因,其说明决定滑坡发育的内在地质因素起着决定性的作用,即是岩性和地形组成的小型滑坡成生的地质条件。

2.2 水文气象因素

水是引起小型滑坡活动最活跃的外部条件之一。降雨对于边坡稳定的影响可以从三个方面来概括:增大滑体重量;降低滑带土抗剪强度;产生动水压力。而对于小型滑坡来说,滑体薄渗透途径短,对降水反应十分灵敏。降雨对地下水进行补给属于外因。连续性的降水造成地下水位上涨,浸润面积加大,导致滑带土含水量上升,抗剪强度大幅度减弱。对于黏性土边坡而言,在降水的作用下,它的黏聚力与内摩擦角均会比天然状态下减少 30%~50%,安全系数也会减小。而短时间内发生的大降水平,其引发机理又有不同之处。降水量大于土壤入渗能力之后产生坡

面径流,冲刷坡脚,造成在坡体内部产生瞬时饱和区,产生较大的孔隙水压力,特别是对人为开挖的路堑边坡更加显著,而季节性的冻融交替是不容忽视的因素之一,结冰的时候导致坡体开裂增大了坡体的稳定性问题,在解冻的时候水流向下浸润增加了滑坡的概率。

2.3 工程运营扰动因素

铁路工程建设活动对边坡稳定的影响是立体的、全方位的。路堑开挖破坏了边坡原来的平衡应力状态,坡底卸载引起应力集中,坡体朝向自由空间方向发生恢复性变形。如果开挖坡度太大或者没有及时加固支撑,那么边坡就会处于不断发生的蠕变过程中。边坡受压以及坡脚减压等外部扰动因素就是产生滑移的根本原因。填筑路堤增加坡体荷载量,在地基处理方法不合适或者填筑速度过快的情况下容易造成路堤本身及地基的整体滑动失稳。列车行驶产生的动力荷载也会对边坡稳定性造成一定的负面影响,在长期反复的动力作用下使坡面结构变得越来越疏松,从而形成裂缝,也为地下水下泄创造了条件。另外,沿线人为干扰行为,例如坡脚挖土、坡顶弃渣以及排水沟淤塞等等,也是造成小型泥石流的一个重要因素。这些干扰都表现出突发性及隐秘性的特点,在日常检查过程中需要注意防范、尽早察觉。

3 铁路路基小型滑坡的识别与监测

3.1 现场巡查与简易识别

现场巡视是最直接有效的查出小规模滑坡的方式,对路堑边坡坡顶边、平台以及路堤边坡坡脚和坡面、涵洞进出口处及两侧排水沟进行仔细检查,注意坡面裂缝、局部隆起沉降、渗水点与水质变化、植被变形等几个方面。经实践归纳总结出来简易有效的方式就是:坡顶弧形拉裂缝呈弧状分布、两端向坡下凹陷,为滑坡后缘特征;裂缝贯穿形成“圈椅状”的地方边界基本明确。坡面上树木倾倒成“醉汉林”,预示着坡体已明显发生位移;坡脚渗水由清变浊,流量骤增,往往是滑动面贯通的表现。卫星跟踪、MEMS 传感器、视频监控等现代化手段能全方位监测位

移、倾斜、滚石、降水量,但是人工巡视作为基本保障的地位不能被替代,两者要相辅相成。

3.2 裂缝与变形简易监测

简易观测是日常巡检及精密观测之间成本较低的一种方法,对于小型滑坡进行长期观察很有意义。

以上简易监测方法各具优势,在监测实践中要依据具体边坡选择合适的方法相结合,主要裂缝应用钉桩法与简易裂缝计相结合的方法进行量化测试,滑面整体变形可配合使用简易倾斜仪。监测频率需视季节及气候情况而定,梅雨、暴雨等特殊天气应加大监测频次,系统的整个过程变形监测是有必要的也是十分有效的。简易监测资料也应当妥善保存,发生变形突变要及时上报并加强观察。

4 铁路路基小型滑坡的简易防控措施

4.1 地表与地下排水措施

排水措施是小规模滑坡防治的基本方法,主要是为了减少雨水浸入以及地下水位下降。地表排水设施主要由坡顶截水沟、坡面排水槽及坡脚排水沟三部分组成;坡顶截水沟设在滑动后方之外,沟底纵坡度不低于 5‰,使水流能迅速排出坡面之外;坡面排水槽沿着坡面垂直方向设置,间距依据坡面汇水分幅大小计算得出,一般是 10~15m 左右;支挡加固,削坡卸载,堵水引流等进行治理;对地下水的防治可以设立简易式渗沟或者盲沟。渗沟开挖深度需达到设计要求的排水层次,沟底铺上一层反滤层后再填入碎石,封顶以防地表水流入沟内^[1]。盲沟用于排除深层地下水,它的构造与渗沟相似但是截面要大一些^[2]。在坡脚处挖集水井配合平洞排水孔可以很好地降低坡体地下水位。排水设施的维护很重要,截水沟和排水槽应该经常进行清理,使其畅通,如发现沟体出现裂缝、漏水要及时修缮,避免水流往下渗透进入坡体内。

4.2 坡面防护与浅层加固

坡面防护主要目的是使坡面表面具有较强的抗冲刷强度以及较高的整体稳定性。植物防护是最经济的坡面防护方式,适用于坡度不大于 1:1.5 的土质边坡,草、灌

表 1 常见裂缝与变形简易监测方法对比

监测方法	监测对象	所需工具	测量精度	适用条件	主要优点	局限性
钉桩法	裂缝宽度	钢钉、钢尺	±1mm	各类边坡	简单直观、成本极低	易被人畜破坏
贴纸法	裂缝扩展	纸张、胶水	定性	干燥坡面	无需工具、痕迹清晰	无法定量
石膏饼法	三维位移	石膏、标识钉	±2mm	稳定坡段	可反映多方向位移	易碎裂
简易裂缝计	裂缝位移	滑尺、钢板尺	±0.5mm	长期监测	可定量记录	可定量记录
简易倾斜仪	坡体倾斜	量角器、铅垂线	±0.5°	整体变形监测	反映整体趋势	受风力影响
示踪桩法	位移方向	钢筋桩	定性	覆盖层边坡	可确定滑动方向	埋设需钻孔

结合的植被组合既可以通过草本植物进行迅速覆盖护坡,又可以利用其灌木根系对坡面进行加固。对于冲刷剧烈或者坡度较大的部位,应该使用土工格栅结合植被或者三层网垫结合植被等综合治理的方法。表面加固是针对防治小型崩塌滑坡表层滑移而采取的一种有效方法^[3],土钉或者短锚杆穿过潜在滑动带插入稳定岩土体内,通过注浆材料与岩土体之间的黏接力来产生反作用力。土钉长度一般在3~6m之间,间距在1~2m左右,呈梅花状布置。针对土质边坡则可以使用打入式钢筋土钉,施工方便而且经济。使用微型桩组合体系对这个滑坡进行处理,经过一段时间的监测后发现边坡的稳定性良好,路基也没有发生改变。微型桩既具有抗滑的作用又同时有锚固的功效,特别适合一些空间限制比较大或者大型机械不能进入的地方。桩的直径大概在100~300cm之间,在桩体内放入钢筋笼或者是钢管用人工或者是小型机械设备开挖桩孔并灌注水泥砂浆而成。

4.3 坡脚支撑与反压措施

坡脚支撑是最直接有效的增强边坡自身抗滑稳定性的措施,在坡脚处发生风化剥蚀或者由于开挖产生的突水突泥等造成的临空面,应采取堆载反压来恢复支撑条件。反压材料以透水性好的碎石土为佳,反压体要分层夯实并保证其下部与原地表紧密结合,反压体前沿可以设置干砌石护坡以防因水流过大而导致冲刷破坏。预制混凝土块挡墙是较简单实用的一种坡脚支挡设施。挡墙高度不宜超过2m,基础嵌入深度不得小于0.5m,墙体内侧需设置泄水孔保证良好的排导效果。在空间狭小难以布置挡墙的地方可用格宾网箱挡墙,这种结构柔韧性大适应能力较强易于施工。基于工程勘察与滑坡治理设计实例,介绍有关斜坡

软土产生的原因、特点以及工程性状等问题,并对滑坡的发生机理、防治方法进行研究;实际工作中各种方法通常是联合使用的,以坡脚支撑为主,再加上坡面防护、排水排洪等相结合构成一个完整的防排水系统,防排水方案的选择需从滑坡大小、地质环境、施工条件、经济效益等各方面统筹考虑,使防治成本与其带来的防患效益相一致。

5 结语

铁路路基小范围滑坡是经常出现的一种滑坡现象,给铁路运行安全带来威胁,本文从滑坡特点、成因机理、识别检测以及简易预防这几个方面进行了详细的阐述。研究发现铁路路基小范围滑坡有浅层性、渐变性和水敏感特性,滑体厚度大多小于3m,滑动变形呈蠕滑、匀滑、快滑的过程变化。地质是滑坡发生的内在条件基础,水是诱发的主要原因,人为工程扰动是直接诱因,在控制预防上要以排水为主、坡面防护和浅层加固为辅,适当采取坡脚支撑的方法,建立综合防治体系。简易监测方式简单明了适用性强,在铁路工务维修中可以广泛应用。小规模崩塌监测要成为铁路工务日常检查的一项重要内容,设置不同等级的警报系统,做到防患于未然,保证铁路行车的安全。

[参考文献]

- [1]连继峰,罗强,魏明,等.雨水入渗下非饱和黏性土路基边坡浅层稳定分析[J].铁道学报,2021,43(9):109-117.
 - [2]魏兴国,曹家瑞.重载铁路边坡稳定性分析及加固处理[J].运输经理世界,2021(14):31-33.
 - [3]王东.基于蒙特卡洛方法的降雨条件下非饱和土边坡稳定性研究[J].铁道建筑,2021,61(3):74-78.
- 作者简介:王晓佳(1990—),现就职于中铁三局集团桥隧工程有限公司,毕业于西南科技大学土木工程专业。