

文章编号: 0451-0712(2005)06-0100-05

中图分类号: U418.52

文献标识码: B

浅谈山岭区高等级公路滑坡及治理

张国兵, 裘 嵩

(山西省公路局晋城分局 晋城市 048000)

摘 要: 滑坡是山岭区高等级公路的主要病害之一。简要介绍了滑坡分类、成因以及常用的防治措施,并以陵沁线杨寨河~西河底段一级公路建设过程中出现的滑坡为例,论述了山岭区高等级公路工程建设阶段滑坡的防治措施和施工要点。

关键词: 滑坡; 工程地质; 斜坡变形破坏; 综合治理

近年来,随着国民经济的飞速发展和县际公路、路网改造建设的不断深入,山西省的高等级公路建设如雨后春笋般蓬勃发展。由于高等级公路线形要求高,各项技术指标均高于一般公路,而受山岭区地形、地质条件限制,不可避免地会频繁出现大填、大挖方路段及隧道,相伴而来出现了较多的路堑边坡崩塌、坍塌及路堤边坡的沉降、滑坡等地质灾害现象,在工程地质学科中称之为斜坡变形破坏作用,常常给公路建设、运营带来巨大的经济损失,正确防治斜坡变形破坏是关系到工程造价、建设工期及运营安全等的重要问题。

1 滑坡的分类

滑坡形成于不同的地质环境,有多种表现形式和特征。其分类方法很多,根据滑动面与岩层层面的关系可分为均质滑坡、顺层滑坡和切层滑坡。均质滑坡在粘土岩、膨胀土和黄土中较常见;顺层滑坡一般沿着软弱结构层或与下部稳定岩层的不整合面发生滑动,是自然界分布最广的滑坡,一般规模较大,对路基边坡及构造物的危害严重;切层滑坡在工程建

设中出现较少,其滑动面常呈圆柱形或对数螺旋曲线。根据滑坡的动力学特征可分为牵引式、推落式、平移式和混合式,其中混合式滑坡比较常见。

2 滑坡成因及机理

影响边坡稳定性的因素十分复杂,这些因素综合起来可以分为 2 大类,即内因和外因。其中:内因包括坡体岩土的类型和性质、岩层或土体地质结构等;外因包括水文地质条件及地表水和大气降水的作用、岩土风化、地震以及其他因素等。

2.1 岩土类型及性质的影响

坡体岩层、土体的性质是决定斜坡抗滑力的根本因素。岩浆岩、石灰岩或深变质岩等坚硬完整岩石组成的路堑边坡虽很高很陡但不失稳定,只有在原生节理发育或强烈风化后节理发育时,风化带内的岩石强度降低,才会导致局部边坡崩塌或崩解。而由软弱岩石或均质土体组成,特别是由裂隙粘土和膨胀土组成的边坡,虽经放缓后,但在持续降雨或暴雨等外因强烈作用下仍会失稳,形成滑坡。

由沉积岩组成的路堑边坡,其层理面常夹有软

收稿日期: 2005-04-08

carried through. Some comparisons are also done by the observations of pavement cracking and by the structure capability evaluations. Both test and evaluation results reveal that the evaluation results from different sides are consistent, and the structure performance of different mix types from goodness to not good enough is Mix Type 3 > Type 4 > Type 5. The evaluation results open that base strength and proper structure composition have remarkable effects on the pavement service performance.

Key words: ultra-thin white topping; full-scale test; structure performance; deflection

弱岩层,极易形成滑动面,故其层理面常具有控制性的作用。在山西省广泛出露的古生代石炭系的泥岩、砂页岩及富含泥质的煤系地层,均为易滑地层。

2.2 地质结构的影响

除断裂带、采空区等不良地质构造外,路堑边坡中软弱结构面与边坡临空面的关系、路堤边坡下伏软弱结构面与原地面坡面的关系,对边坡的稳定性也有重要影响。

2.3 外因影响

(1) 大气降雨及地表、地下水。

大气降雨及地表、地下水对路基边坡的稳定影响很大,往往会诱发路基沉陷、滑坡等。其作用主要表现为对岩土体的软化、泥化作用,冲刷作用,静水和动水压力作用。每到雨季,崩塌和滑坡会频繁发生。

由于雨水渗入或路基排水不畅会引起地下水位上升、孔隙水压力提高以及土体抗滑力降低,可造成边坡失稳。当周围地表水或地下水位快速下降时,水从边坡土体中排出,形成动水压力,增加了沿地下渗流方向的滑动力,亦会导致边坡失稳。即使趋于稳定的古滑坡,在持续的降雨或暴雨作用下,也可能被触发复活。

(2) 其他外因。

除去地震可以大规模触发地质滑坡外,人类工程、经济活动的影响也不同程度地影响路基边坡的稳定,采空区和矿区掏挖路基坡角、在已趋稳定的滑坡体上增加建筑物、路堤边坡外缘倾倒建筑和生活垃圾等人工加载现象、边坡周围生活或生产用水的渗入等均会给边坡的稳定造成隐患。

3 常用的滑坡处治措施

常用的滑坡处治方法有绕避、抬高线位、削坡卸载、支挡及排水等措施。因为滑坡的成因及影响因素复杂,滑坡防治常采用多种措施综合治理。

3.1 路线绕避

路线绕避主要应用于可行性研究阶段和设计阶段,在详细的工程及水文地质勘察后进行地质选线,对采空区、断裂活动带等地质不良地段应尽量绕避或尽量少地穿越;在施工阶段因全线施工的展开,在中途改线一般经济损失较大,但在特殊情况下仍可在进行经济技术比选后决定是否绕避。

3.2 抬高线位

路堑边坡滑塌可在不降低路线标准的情况下,将滑坡处线位抬高,减少挖方边坡高度,并使滑坡得

到加载反压,起到抑制滑坡发生的作用,一般可与削坡卸载、防护及其他治理措施配合使用。对一些规模较小、不产生连续效应的滑坡,亦可采用降低线位或原地面的措施进行处理,一次性挖除滑坡体,避免后患。

3.3 削坡卸载及支挡构造物

削坡卸载的目的是减小滑坡体荷载,从而降低下滑力。方法是将边坡放缓或将滑坡体后缘的岩土体削去一部分,常与支挡、排水等措施联合使用。设置支挡构造物是目前防治滑坡最常用、最有效的措施之一,其主要形式有抗滑挡墙、抗滑桩、锚杆(索)、支撑等。

3.4 表里排水

表里排水包括排除地表水和地下水。首先要拦截流入滑坡变形区的地表水流,在变形区外设置环形截水沟和排水渠,将水流引走。在变形破坏区内,也应充分利用地形和自然沟谷,布置截水盲沟、排水渗沟等排水系统。

3.5 其他措施

为防止岩土风化及地表水对坡脚的冲刷作用,常采用表面喷浆、草皮护面、框架锚、浆砌片石护脚等,以增加边坡的整体稳定性,或采取压力注浆、砂桩、粉喷桩、化学加固等措施改善坡脚处岩土的性质。

4 滑坡治理介绍

笔者就陵沁线杨寨河~西河底段一级公路发生的滑坡为例,浅析施工阶段滑坡的治理方法及施工要点。

4.1 总体工程地质条件

陵沁线杨寨河~西河底段一级公路属山岭重丘地形,地貌少部分为洪积台地,多为侵蚀、剥蚀小起伏中山。全年平均气温为 7.9°C ,年平均降雨量为 600 mm,最大冻土深度为 0.9 m。

路线经过地区主要出露古生界石炭系地层,新生界第四系洪积、冲积层分布于河谷与山间盆地。其中石炭系地层为太原组和山西组,太原组由海相石灰岩与页岩、砂岩、煤层交互成层,上部主要为石灰岩、页岩及煤层,中部为煤层夹黑色页岩,下部为页岩、砂岩和薄层砂岩、石灰岩;山西组整合于太原组之上,下部为粗粒砂岩,上部为数层石灰岩及煤层。

因路线经过地区广泛出露石炭系地层泥页岩、煤层夹黑色页岩、煤线等软弱结构层,加之 2003 年

年降雨量达 1 000 mm 以上,地质灾害气候频繁,极易诱发大规模滑坡。

4.2 滑坡治理介绍

4.2.1 K21+300~K21+390 段滑坡

K21+300~K21+390 段滑坡平面如图1所示。路线左侧山体出露节理深度发育的石炭系灰岩,中部为薄层砂岩、泥页岩,原地地面为第四系洪积物。按设计进行原地地面处理后开始开挖台阶,进行路基填筑。路基填方基本完成后,在连日降雨作用下发生滑动,出现填方边坡沉陷,顶面出现宽 15~20 cm 的张裂隙(如图2所示),并逐渐加剧。沿路堤右侧坡脚开挖后发现,路基原地面向上填筑分层情况良好,否定了填筑质量原因。继续开挖至原地面以下 4 m 深时发现滑动面,原地面向下伏石炭系泥页岩及煤层(如图3所示),其走向与路线方向夹角为 12° ,坡脚处倾角为 $26^\circ\sim 35^\circ$,产生滑坡的主要原因是长期大量降雨造成左侧山体的裂隙水渗透到连续性较好的泥页岩和煤层后,导致内部孔隙水急剧增多,内摩擦力和内聚力随之减弱,液限指数增大,泥、页岩发生软化、泥化,造成边坡土体抗剪强度的降低,加之路基填筑加大了上部荷载,故发生顺层滑坡。开挖至滑动面以下时,可见有间水从煤线及泥、页岩交界处析出。

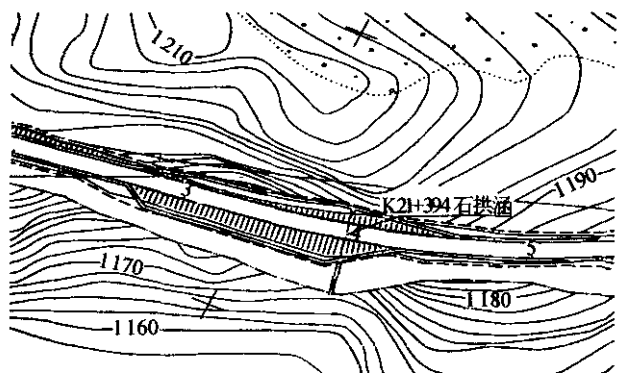


图1 K21+300~K21+390 滑坡段平面



图2 滑坡顶面张裂隙



图3 填方坡脚滑动面开挖

治理措施:(1)沿滑坡坡脚开挖至原地面向下滑动层,分析其上部荷载,经抗滑验算后增设抗滑挡墙,开挖坡脚时为防止滑动面长期暴露,引发大规模滑坡,最大开挖长度不超过 10 m,挡墙砌筑采用高标号砂浆以便早日形成强度;(2)地下排水工程,在路线以外滑坡周界处的滑动层面(泥、页岩隔水层)以下设置环形截水渗沟,并在低处通过横向盲沟排至墙体外侧低地,彻底隔断左侧山体地下渗水(如图4所示);(3)地表排水,在滑坡周界外靠近山脚处地表设置环形排水沟,上游与挖方边沟相接,下游排至 K21+394 涵洞内,避免地表水下渗影响边坡稳定;(4)把已滑动路基挖除,重新分台阶逐层填筑;(5)在填方两侧边坡植树种草,防止边坡土体流失及地表水下渗。

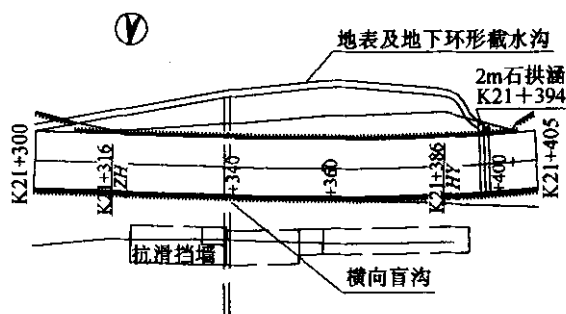


图4 滑坡治理平面

4.2.2 K21+750~K22+120 段滑坡

K21+750~K22+120 段路基中线挖方深达 27 m,右侧边坡高度达 32 m,是陵沁线杨寨河~西河底段一级公路全线挖方最高的路堑。其上层覆盖着较厚的黄色粘土,最厚处达 16 m,孔隙率较大;K21+970~K22+120 边坡中部为泥、页岩,下伏砂岩,产状接近水平;K21+880~K21+970 段中部为灰岩,岩层走向与路线方向夹角为 $27^\circ\sim 30^\circ$,倾角为 $20^\circ\sim 35^\circ$ (如图5所示)。原设计边坡坡率自下到上为

1 : 0.3、1 : 0.5 和 1 : 0.75。在施工过程中受 2002 年及 2003 年长期降雨影响,土方边坡时常滑塌,发生了均质滑坡,于是变更设计,改缓一级边坡,改为 1 : 0.5、1 : 0.75 和 1 : 1。

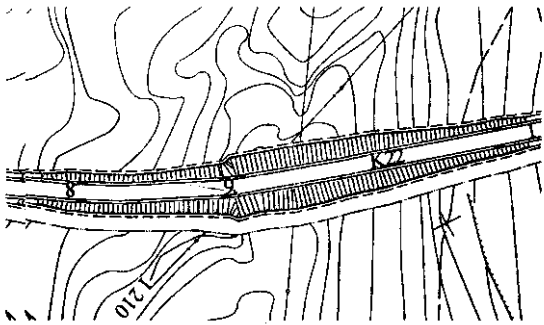


图 5 K21+750~K22+120 滑坡段平面

当开挖至土层与泥岩、页岩、灰岩交界处时,边坡土体开始沿岩层交界处向路基内侧临空方向缓慢剪切蠕滑,边坡顶面土体产生大量环状张裂隙,裂隙最宽处达 38 cm(如图 6 所示)。在经过详细勘察及抗滑验算后,采取了下列措施:(1)对已经产生张裂隙的土体进行削坡减荷;(2)在 K21+880~K22+100 段土体与岩层交界处设置 3 m 平台,平台后设抗滑挡墙,在墙顶再设 4 m 平台,对平台后的土体按 1 : 1 边坡刷坡减载(如图 7 所示);(3)配合设置综合排水设施。



图 6 滑坡后缘张裂隙



图 7 K21+880~K21+970 山体滑坡

在抗滑挡墙的施工中,基坑开挖困难较大,往往刚开挖基坑,土体就顺层面滑出,造成多次开挖基坑。实际工作中,采用隧道中开挖马口的方法,不进行长段连续的基坑开挖(不超过 10 m,局部危险段采用 5 m 作为 1 个工作面),从两边向中间跳跃、阶段性开挖和砌筑,并在基坑开挖后对滑动面采取临时支护措施再进行砌筑。同时,挡墙采用高标号砂浆砌筑,以加快抗滑强度的形成。在削坡卸载和抗滑挡墙完成后该滑坡体基本稳定,未见滑移迹象。

待开挖 K21+880~K21+970 段灰岩以下土层时,出现 2 层厚约 30 cm 的煤线,2 层煤线中间夹有 1 层黑色泥岩或页岩,岩层走向为 NE50°,与路线走向夹角为 30°,倾角为 35°~40°,于 K21+880 处倾伏于路基设计线以下。考虑到此段地质情况复杂,于是采取隧道开挖的方法,边开挖、边用高标号砂浆砌筑施工,但在当年 5 月连续降雨及 5 月 19 日暴雨作用下, K21+860~K21+970 段右侧边坡发生了大规模山体滑坡,导致原先砌筑的 K21+880~K21+970 段抗滑挡墙及大批边坡岩体崩塌及土体滑塌(如图 7、图 8 所示)。



图 8 山体滑坡后阶梯状地貌

结合外业勘察资料分析,考虑了多种治理方案:(1)绕避方案,考虑到滑坡前后路基、桥涵基本完成,挖方路堑也基本成型,虽然治理彻底但工程造价最高;(2)削坡减荷、设置抗滑桩及抗滑挡墙,并配合综合排水设施方案,其治理结果不一定彻底,且挖方边坡很高导致抗滑桩桩体埋深较大,抗滑桩工程量大,工程造价较高;(3)局部抬高线位结合削坡减荷的综合治理方案。

对 3 种方案进行比选后,选用了第 3 种方案,即抬高设计线位结合减荷的综合治理方案:在接近煤线倾伏至设计标高且滑坡最严重的 K21+900 处增设 1 个变坡点,在不降低路线标准的前提下抬高设计线位;对两侧边坡进行二次削坡减荷,用推土机等

机械设备横向、纵向推坡卸载;利用卸载土方虚填路堑后采用 $2\,000\text{ kN}\cdot\text{m}$ 强夯法夯实加固(如图 9 所示),最后分层填筑 1.5 m 高度,达到新的设计标高;在路线右侧加设简单的防护措施,在滑坡周界及滑坡体内设置综合排水设施;在两侧边坡上植树种草,绿化了边坡也防止冲刷。



图 9 强夯法加固路堑填方

其优点为:(1)最大抬高线位处抬高近 8 m ,使所下伏的软弱结构层(煤线、泥岩、页岩)均处在路基设计线以下,借助回填土体及左侧边坡对滑坡起到回填加载反压作用,解决软弱滑动面问题;(2)施工简单快捷,能迅速完成,避免山体滑坡长期暴露受其他因素影响而引发更大的滑坡;(3)充分利用了第二次削坡减载时清理的岩土体,减少弃方占地;(4)避免在危险的滑坡体及崩岩处施工作业;(5)治理结果比较彻底,不易复发且工程造价相对低廉。

5 结语

(1) 滑坡的防治应从工程可行性研究阶段、初步设计阶段做起,要在设计阶段做好地质选线的工作,尽量避开地质构造带、断裂带。路线确实不能绕避时,在施工图外业阶段应对其进行详细的工程地质勘察,就平面、纵断面进行多方案比选、优化,尽可能减少在高挖、深填段穿越地质不良地段,以减少顺

层滑坡发生。

(2) 设计阶段应完善路基、路面排水设施,在路基挖方段或地下水位较高地段应设置地下截水盲沟,有条件的可在路堤边坡坡面及坡脚增设防护、排水工程,防止地表径流冲刷坡脚。

(3) 由于滑坡的成因机理复杂、影响因素较多,具体防治方法需根据其工程地质条件、水文地质资料及工程实际情况,进行多方案比选而定。另外,滑坡的防治应贯彻动态设计的原则,一些地质构造只有在实际开挖过程中才能够真正得以暴露,地表的勘探及钻孔只具有代表性,不一定能真实反映地质情况。

(4) 路堑开挖较深的地段要警惕牵引式滑坡发生,施工时应注意边坡有无顺层现象和软弱夹层、岩层节理是否发育,并对爆破药量进行控制,有条件的尽量采用预裂光爆,避免“唤醒”可能失稳的边坡,引起坡体滑坡。

(5) 滑坡治理必须完善地表、地下排水设施,在滑坡发生后也应先做好临时排水系统,以免地表水下渗促进滑坡发展,而后再针对其成因采取相应措施治理。

(6) 支挡构造物的基坑开挖最好采用隧道开挖马口的方法施工,采用高标号砂浆砌筑,以免长距离开挖导致牵引式滑坡的发生。

(7) 在有弃方及加载反压的地形条件下,应尽量采用加载反压,可明显提高滑体稳定性,且较为经济。

(8) 滑坡治理应与绿化工程相结合,既能够美化环境,又可稳定边坡,防止水土流失。

参考文献:

- [1] 李智毅,等. 工程地质学基础[M]. 中国地质大学出版社,1990.
- [2] 南京大学水文地质工程地质教研室. 工程地质学[M]. 地质出版社,1982.