

贵州山区高速公路边坡滑坡病害分析及治理

吴 辉

(贵州省交通规划勘察设计研究院, 贵阳 550001)

摘 要:根据贵州省高速公路建设过程中遇到各种滑坡问题,介绍了贵州山区高速公路边坡滑坡的主要类型、特征及形成条件,提出治理高速公路边坡滑坡的几种方法,一旦边坡失稳,必须采取综合措施,一次根治。

关键词:山区高速公路;边坡滑坡类型;形成条件;治理措施

中图分类号:P642.22

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)05-0221-04

Mountain Highway Slope Problem Analysis and Research in Guizhou

WU Hui

(Guizhou Communication Planning and Surveying Design Institute, Guiyang 550001, China)

Abstract: According to different kinds of slope problem of Guizhou highway construction, the author presents main type, characteristic and form condition of Guizhou highway slope, puts forward control methods of highway slope and measure to control it once slope problem may happen.

Key words: mountain highway; slope type; form condition; control measure

1 引言

滑坡是山区高速公路建设中最常见也是危害最大的地质灾害,由于其产生的条件、作用因素、运动机理的多样性、复杂性和多变性,一直是世界各国研究的主要地质和工程问题之一。贵州省位于云贵高原,地形地貌以山地为主,局部丘陵。群山绵延,沟壑交错,地表切割强烈,起伏较大。岩性复杂,种类众多。随着党中央西部大开发战略的实施,贵州高速公路建设取得了快速发展,在山区进行高速公路建设,由于复杂的地形地质条件,决定了其存在大量地质灾害的必然性。

2 滑坡的主要类型

贵州省属于地质灾害频发的省份,地质条件极为复杂,存在各种不良地质现象,在各种地质灾害中,滑坡是最为常见的也是危害最大的。在高速公路建设中边坡滑坡给施工、运营造成很大的影响。边坡的稳定逐渐成为影响山区高速公路建设投资和工期的关键工程,根据贵州省实际地质情况,在贵州山区高速公路建设中边坡滑坡主要有以下类型:

2.1 堆积层滑坡

2.1.1 黏性土—碎石滑坡

土层为黏性土夹碎石、角砾,属于坡积或残积成因,堆积于斜坡坡面,一般厚1~5 m,坡面凹槽处厚度较大,易风化岩石(砂页岩、玄武岩等)组成的缓坡厚度可达15~20 m。坡积层较厚时,可能产生土层内沿圆弧状滑面的滑动,但这种情况较少,一般规模也较小。坡积层较薄时主要沿基岩面滑动,滑坡体为堆积层,滑坡土体抗剪强度指标 φ 为2~5°,C为0.1~0.2 kg/cm³。滑坡形式常为牵引式,逐级滑动,向坡顶上溯。当基岩为隔水层,地形又是凹槽时,滑坡更易产

生,并可达到较大规模。

2.1.2 黏性土—块(碎)石滑坡

土层为黏性土夹块石、碎石,堆积于坡麓带,属于坠积物或坠积—坡积混合物。出现此种堆积的滑坡,上部一般有厚层状硬质岩(砂岩、石灰岩、白云岩等)组成的陡崖峭壁,下部为软质岩组成的缓坡。堆积层厚度较大,一般为15~20 m,厚者可达30~40 m。堆积物结构松散,稳定性差,透水性较好。当下伏基岩为隔水层时,堆积物下部常有地下水活动,滑面多在堆积层内。

2.1.3 红黏土滑坡

红黏土的原状土体收缩率超过20%,失水后会因体积收缩形成干缩裂隙,整体性降低。经过反复干缩循环,土体逐渐碎裂,饱水后常成塑流滑坡。红黏土在剖面上具有上硬下软的特点。由近地表的坚硬—硬塑状态,向下依次变为可塑、软塑以至流塑状态,天然含水量向下逐渐增大,体积收缩率也相应增大,由于下部土层较软,易受剪滑移。

2.2 基岩滑坡

2.2.1 均质软岩滑坡

斜坡主要由泥岩、页岩、板岩、泥质砂岩等软弱岩石组成,这类岩石富含泥质,容易风化,中—强风化带厚度可达20~30 m,当具有透水性时,更易产生滑动。层间滑动和风化营力作用往往在岩体中形成泥化夹层。当倾向有利于滑动时,可能产生大规模滑动。滑动面不完全受层面控制,不论岩层倾向与斜坡方向成何种关系,只要剪应力等于或大于抗剪强度,滑动均能产生。但层理、节理、软弱夹层亦起重要作用。当顺向坡时,滑移形式仍以顺层滑动为主;当岩层近

水平时,产生切层滑动,滑移面受最大剪应力面控制,或沿层面与节理成追踪式破坏;当为反向坡时,滑移形式以切层滑动为主。

2.2.2 软硬相间层状结构岩体滑坡

由碳酸盐岩、砂岩、玄武岩等硬质岩与泥灰岩、泥页岩、凝灰岩等软质岩组成互层。软质岩主要的软质结构面、层面,尤其是软弱夹层,往往是控制滑移面。岩层与坡面形成一定的组合关系方能产生滑坡,多为顺层滑坡,也可能产生切层滑坡。顺层滑坡主要取决于以下条件:

(1)岩层倾向与坡面相同。

(2)岩层倾向大于或等于岩层的摩擦角,且小于地面坡度倾角。

(3)斜坡受横向切割,软弱结构面暴露于临空面,使坡体失去平衡。

(4)两侧有切割面(冲沟、节理),滑动所要求的岩层倾角取决于软弱夹层的抗剪强度,一般为 $8\sim 35^\circ$ 。

切层滑坡主要取决于以下条件:

(1)软弱岩层位于下部,且厚度较大。

(2)倾角缓,二者互相配合,即可在下部软岩中形成控制滑移面(滑动面下段),上段陡倾滑动面一般沿垂直层面的节理面滑动,下部软岩形成软弱基座,上部有厚硬质岩形成陡坡段的坡体结构易产生压碎拉裂型破坏。

2.2.3 硬岩层状结构岩体滑坡

斜坡由中厚层至厚层状石灰岩、白云岩、砂岩等组成。由这类岩石组成的斜坡一般为陡坡、峭壁,稳定性较好,一般以崩塌为主,滑坡较少。所见滑坡多沿陡倾节理错落,规模较小。

2.2.4 碎裂结构岩体滑坡

属于碎裂结构岩体的主要有中—强风化的玄武岩和胶结不紧密的构造角砾岩。当地形条件适宜时,玄武岩碎裂结构风化带厚度可达 $30\sim 50\text{ m}$,岩石破碎成几厘米至几十厘米的岩块,上部有红色黏性土充填,岩体整体性几乎完全丧失,强度低,透水性好,易受侵蚀切割,形成深切冲沟。其下的微风化带或新鲜岩石完整性好,整体强度高,透水性较差,具有阻水作用,接触带常常成为软弱结构面,尤其是当下伏岩层为软化(泥化)的凝灰岩或喷发间断的软弱沉积物时,软弱结构面的特征更为明显。滑动可能在碎裂状风化岩体内产生,滑动面位置受最大剪应力面控制,形状一般为弧形,滑体规模较小。滑动也可能受下伏软弱结构面控制,碎裂岩体沿软弱结构面滑动,其滑移条件为:

(1)软弱结构面强度较低。

(2)软弱结构面倾向与斜坡倾向一致,并有一定的倾角。

(3)前方受切割,软弱结构面临空,或使斜坡平衡条件破坏。这种情况下一般可产生较大规模的滑坡。构造原因形成的碎裂岩体,具类似的结构特征。

3 滑坡形成的条件

贵州高速公路滑坡形成的地质条件包括地形地貌、岩性、地质构造等因素及其组合;触发条件为冲刷、降雨、工程活动等。

3.1 地形地貌

贵州处于高原—丘原间次级斜坡地带,溯源侵蚀作用强烈,河谷深切,河谷与谷坡之间的坡面常被冲沟切割成鸡爪地形,形成圈椅地貌。谷坡陡峻,山体巨大,易滑岩组分布广泛,是大型滑坡最发育的主要地区。平面斜坡主要产生基岩的顺层、切层滑坡;斜坡凹槽是片流和线性流共同作用在斜坡面上形成的浅切割沟槽,常与软质岩分布有关,凹槽中常堆积较厚的堆积层,基岩面上常有地下水活动,故极易产生黏性土—碎石滑坡,滑动带常为牵引式,一般不会产生基岩滑坡。

顺向谷河流与岩层走向一致,谷坡较缓,岸坡常为单面上,一岸为同向坡,另一岸为反向坡,基岩滑坡(顺层及切层)多产生于这种地貌类型。横向谷河流横切走向,谷坡较陡,常形成峡谷。岩层走向垂直河流,谷坡一般较稳定。

3.2 岩性

滑坡与岩性及岩体结构关系十分密切,滑坡主要发生在软弱的土层和软质岩及软硬相间层状结构岩体中。基岩滑坡之所以产生,软质岩的存在是一个重要条件。

3.3 地质构造

(1)褶皱核部产状平缓,滑坡较少,翼部岩层倾角较陡,容易产生滑坡。

(2)断层是影响区域稳定的重要因素,它使岩层的连续性遭到破坏,使其物理力学强度降低。断层的规模决定滑坡的规模,一般沿断层破碎带易产生滑坡(由于断层带上岩体十分破碎)。

(3)节理裂隙发育为地表水的下渗和富集提供了较好的条件,其连通性好时常常形成楔形滑体或构成切割面,成为滑坡的滑移边界。

3.4 触发条件

贵州山区由于雨量充沛,受水流冲刷的作用易触发滑坡形成。(1)切割斜坡坡脚,在前方形成临空面,使斜坡失去平衡。(2)侧向切割,造成切割面,两者共同构成滑移边界。大多数滑坡产生于雨季,有的产生于连续降雨之后,有的则产生于暴雨期。降雨的作用是增加滑体的重量,浸润滑动面,极大地软化了裂隙面和基岩面,降低其抗剪强度,产生动水压力,浮托减重等。有时暴雨引起山洪暴发,可加剧水流冲刷作用,植被遭到严重破坏,加剧滑坡的产生。

3.5 工程活动

斜坡经过若干地质年代调整,多数处于稳定状态,少量处于极限平衡状态,由于公路工程活动,路槽开挖,往往使处于极限平衡状态的斜坡应力失衡产生滑动,如开挖基岩路堑,使已软化的岩层面临空,产生顺层牵引式滑坡,开挖富水的覆盖层时,形成的路堑边坡大于覆盖层的内摩擦角或覆盖层与基岩接触富水带临空而产生覆盖层牵引式滑坡。另外,路基开挖产生大量弃方不合理堆放在处于极限平衡状态的斜坡上部,增加了潜在滑体的自重,使下力增加,破坏了斜坡的应力平衡,从而诱发了推移式滑坡。贵州山区高速公路滑坡90%以上是由公路工程活动触发而造成的。

4 山区滑坡综合治理措施

由于滑坡崩塌具有高速运动的特征,其冲击能量很大,突发性很强,发生位置和时间随机性很大,难以预测,加之贵州山区高速公路路基土石边坡高,一旦发滑坡可能造成重大伤害和损失,因此治理应以根治为本,当不能清除或根治时,应采取综合防治措施。根据贵州省的实际地质情况和在高速公路建设中遇到的各种滑坡类型提出以下几种治理方案:

4.1 清除滑坡体

对无上部及两侧发展可能的小型滑坡,可考虑清除滑坡体。

4.2 治理地表水和地下水

(1)在滑坡体周围做截水沟,使大量地表水截流在滑坡体以外,不进入滑坡体范围。

(2)在滑坡体范围内修筑各种排水沟,使地表水排出于滑坡体外。

(3)整平地坪,填塞滑坡裂缝和夯实松动地面,筑隔渗层,减少地面水下渗并排出滑坡体外。

(4)针对出露的泉水和湿地等,设置支撑盲沟和渗沟,将水引出滑坡体外。

(5)在滑坡体前缘,应作渗沟、盲沟的统一排水工程。

(6)在整个坡面上植树,加大蒸发量,保证坡面干燥。

4.3 减压和反压

(1)上部减压:对推移式滑坡,在上部主滑段减载,起到根治滑坡的效果,在主滑地段减载也能起到减小下滑力的作用。

(2)下部反压:在滑坡的抗滑段滑坡体外前缘堆土石加载,能增加抗滑力而稳定边坡。

(3)减压与反压相结合:对于某些滑坡可根据设计计算后,确定减少的下滑力大小,同时在其上部进行部分减载和在下部进行反压。

4.4 采用抗滑挡土墙

抗滑挡土墙是目前中小型滑坡中应用最为广泛而且较为有效的措施之一,采用抗滑挡土墙时,应根据滑坡的性质、类型、自然地质条件、当地的材料供应情况等条件,综合分析,合理确定挡土墙的类型,以期达到整治滑坡的同时降低整治工程的费用。采用抗滑挡土墙整治滑坡,对于小型滑坡,可直接在滑坡下部或前缘修建设抗滑挡土墙,对于中、大型滑坡,抗滑挡土墙常与排水工程、刷土减重工程等整治措施联合使用。但在修建抗滑挡土墙时,应尽量避免对滑坡体前缘的开挖。必要时,可设置补偿形抗滑挡土墙,在抗滑挡土墙与滑坡体前缘土坡之间填土。

抗滑挡土墙的布置应根据滑坡位置、类型、规模、滑坡推力大小、滑动面位置和形状以及基础地质条件等因素,综合分析确定,一般按以下要求布置:

(1)对于中小型滑坡,一般将抗滑挡土墙布设在滑坡体前缘。

(2)对于多级滑坡或推力较大时,可分级布设抗滑挡土墙。

(3)对于滑坡中,小部有稳定岩层锁口时,可将抗滑挡土

墙设在锁口处,锁口以下部分滑体另作处理,或另设抗滑挡土墙等整治工程。

(4)当滑坡的前缘面向溪流或河岸时,抗滑挡土墙可设置于稳定的岸滩地,并在抗滑挡土墙与滑坡体前缘留有余地,填土压重,增加阻滑力,减少抗滑挡土墙的圬工数量。

(5)对于地下水丰富的滑坡地段,在布设抗滑挡土墙前,应进行辅助排水工程,并在抗滑挡土墙上设置好排水设施。

采用抗滑挡土墙治理边坡滑坡时,在施工过程中应注意以下事项:

(1)抗滑挡土墙应尽可能在变形前设置,或在坡脚土体尚未全部开挖前,以较陡的临时边坡分段开挖设置,在雨季施工时要有切合实际的防范措施,防止雨水的侵蚀加剧滑坡的发展。对于变形剧烈的滑坡,宜从两端向中间分段施工,逐段稳定滑坡,减小滑坡规模,控制滑坡运动。要防止大面积开挖(尤其是在坡脚)而造成土体滑动,加剧滑坡体运动,影响抗滑的稳定性,甚至破坏已修建的挡土墙。

(2)在滑坡地段修建挡土墙,应事先作好排水系统,施工时应先给滑坡土体上(后)部进行刷方减载,以减小滑坡产生的下滑力,刷方减载应按自上而下的原则进行。

(3)当地下水丰富时,除按设计要求作好主体工程的施工外,对辅助工程,如挡土墙排水沟、墙身泄水孔等,也应切实注意其质量事故,防止墙后积水。

(4)对墙后的回填土必须分层夯实,达到设计要求。

(5)施工时,应保证基础埋置到最深的可能滑动面以下的稳定岩(土)中,并满足设计深度,挡墙的基底面严禁做成顺坡。

4.5 采用抗滑桩

边坡治理工程中的抗滑桩是通过桩身将上部承受的坡体推力传给下部的侧向土体或岩体,依靠桩下部的侧向阻力来承担边坡的下推力,而使边坡保持平衡或稳定。采用抗滑桩时要能满足以下要求:

(1)抗滑桩提供的阻滑力要使整个滑坡体具有足够的稳定性,即滑坡体的稳定安全系数满足相应规范规定的安全系数或可靠指标,同时保证坡体不从桩顶滑出,不从桩间挤出。

(2)抗滑桩桩身要有足够的强度和稳定,即桩的断面要有足够的刚度,桩的应力和变形满足规定要求。

(3)桩周的地基抗力和滑体的变形在容许范围内。

(4)抗滑桩埋深及锚固深度、桩间距、桩结构尺度和桩断面尺寸都比较适当,安全可靠,施工可行方便,造价较经济。

采用抗滑桩时在施工过程中特别要注意以下问题:

(1)孔位:在现场地面设十字形控制网,基准点随时复测、校核,确保孔位准确。

(2)成孔:成孔设备就位后,必须平正、稳固,确保在施工中不发生倾斜和移动、松动。

(3)钢筋笼制安:采用卡板成形法或支架成形法,加强钢筋直径,适当加大或加密,采取措施加大钢筋笼的刚度。在钢筋笼主筋外侧设钢筋定位器,以控制主筋的保护层和钢筋笼的中线偏差。

(4)混凝土灌注:混凝土的配合比严格按混凝土施工规

范进行,严格控制其坍落度,一般采用直长导管法(孔内水下灌注)或串筒法(孔内无水灌注)连续灌注。浇注时应采取有效的振捣措施,以提高桩的浇注质量。

(5)检测:桩施工后,为检查桩的质量,应进行必要的检测。

4.6 采用锚杆(索)加固

岩土锚固技术是把一种受拉杆件埋入地层中,以提高岩土自身的强度和自稳能力的一门工程技术,由于这种技术大大减轻结构物的自重,节约工程材料,并确保工程的安全和稳定,具有显著的经济效益和社会效益,因而目前在贵州高速公路边坡工程中得到极其广泛的应用。岩土锚固的基本原理就是利用锚杆(索)周围地层开挖面的自身稳定,由于锚(索)的使用,它可以提供作用于结构物上以承受外荷的抗力,可以使地层产生压应力区并加固地层起到加筋作用,可以增强地层的强度,改善地层的力学性能,可以使结构与地层连锁在一起,形成一种共同工作的符合体,使其能有效地承受拉力和剪力。

在边坡工程中,当潜在的滑体沿剪切滑动面的下滑力超过抗滑力时,将会出现沿剪切面的滑移和破坏。在坚硬岩体中,剪切面多发生在断层、节理、裂隙等软弱结构面上。在土层中,砂性土的滑面多为平面,黏性土的滑面一般为圆弧状。有时也会出现沿上覆土层和下卧基层间的界面滑动。为了保持边坡的稳定,一种办法是采用大量削坡来达到稳定的边坡角,另一种办法是设置支挡结构。在许多情况下单纯采用削坡或挡墙往往是不经济或难以实现的,这时可采用锚杆(索)加固边坡,采用锚杆(索)加固边坡,能够提供足够的抗滑力,并能提高潜在滑移面上的抗剪强度,有效地阻止坡体滑移。

在岩体中,由于岩石产状及软硬程度存在严重差异,岩石边坡可能出现不同的失稳和破坏模式,如滑移、倾倒、转动破坏等。锚杆(索)的安设部位,一般锚杆(索)轴线应当与岩石主结构面或潜在的滑移面呈大角度相交。在边坡加固过程中与其他支挡结构联合使用会取得更好的效果。

(1)锚杆(索)与钢筋混凝土桩联合使用,构成钢筋混凝土排桩式锚杆挡墙。

(2)锚杆(索)与钢筋混凝土格架联合使用形成格架式锚杆挡墙。

(3)锚杆(索)与钢筋混凝土板肋联合使用形成肋板式挡墙,这种结构主要用于直立开挖的 III、IV 类岩石边坡或土质边坡支护。

(4)锚杆(索)与钢筋混凝土板肋、锚定板联合使用形成锚定板挡墙,这种结构主要用于填方形成的土质边坡。

4.7 采用格构加固边坡

格构加固边坡技术是利用浆砌块石、现浇钢筋混凝土或预应力混凝土进行边坡坡面防护并利用锚杆或锚索加以固定的一种边坡加固技术。格构技术一般与公路环境绿化相结合,利用框格护坡,同时在框格内种植花草可以达到美观的效果。

格构的主要作用是将边坡坡体的剩余下滑力或土压力,岩石压力分配给格构结构点处的锚杆或锚索,然后通过锚杆或锚索传递给稳定地层,从而使边坡坡体在由锚杆或锚索提供的锚固力的作用下处于稳定状态。因此就格构本身来讲仅仅是一种传力结构,而固的抗滑力主要由格构结点处的锚杆或锚索提供。

边坡格构加固技术具有布置灵活、格构形式多样、截面调整方便、与坡面密贴、可随坡就势等显著优点。特别适用于坡度较陡、坡体岩土均匀且较坚硬的公路边坡或公路滑坡,但应当注意,对于不同稳定性的边坡应采用不同的格构形式和锚固形式的组合进行加固或坡面防护。例如,当边坡稳定性好,但前缘表层开挖失稳出现滑坡时,可采用浆砌块石格构护坡,并用锚杆锚固,如果边坡稳定性较差,可用现浇钢筋混凝土格构加锚杆(索)进行加固;而对于稳定性差、下滑力大的滑坡,可用现浇钢筋混凝土格构加锚杆(索)进行加固,且所有这些锚杆(索)都必须穿过滑动面并使锚固段位于稳定可靠的地层中,方能起到阻滑作用。

5 结束语

山区高速公路深挖路堑随处可见,应对可能产生滑坡路段有预见性。尽量在勘察设计阶段勘察清楚可能产生的潜在滑坡的规模、性质、危害性。治理应以预防为主,对于实在无法绕避的滑坡地段,一旦开挖诱发滑坡时,就应以科学的态度,严肃认真地进行工程地质和水文地质勘察工作,查明产生滑坡的诸多因素及其主导因素,只有在详实可靠的工程地质、水文地质勘察资料的基础上才能制定出经济、合理、有效、安全、可靠的滑坡治理方案。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国交通部. 公路工程地质勘察规范 (JTJ064—98)[S]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [2] 交通部第二公路勘察设计院. 公路路基设计手册[M]. 北京:人民交通出版社,1997.
- [3] 蒋蔚光. 铁路工程地质学[M]. 北京:中国铁路出版社,1999.
- [4] 赵明阶,何光春,王多垠. 边坡工程处治技术[M]. 北京:人民交通出版社,2004.