

山体滑坡原因分析及处治措施

宾志杰

(广西桂通公路工程监理咨询有限责任公司, 广西 南宁 530012)

[摘要] 对滑坡山体的地形地貌、岩石产状、岩性结构等地质条件及滑坡的形成过程进行了描述,在此基础上分析了路基边坡滑坡产生的原因,通过滑坡体下滑力计算,提出了抗滑桩综合处治措施。

[关键词] 山体滑坡; 原因分析; 处治措施

山区高速公路穿梭于崇山峻岭之间,地形、地质情况复杂,深切方路基施工中,往往会遇到山体滑坡现象。我们在湖南省常张高速公路第六监理处施工监理过程中,遇到两处由于路基施工开挖诱发的巨型深层推移式山体滑坡。本文根据地质勘察资料,全面分析了造成 K136+500—K136+750 桃垭山体滑坡的原因及采取的相应处治措施。

一、地形地貌特征

本滑坡位于慈利县甘堰乡桃垭村,滑坡主要为 K136+570—K136+696 段路基左侧山体,地表主要为菜地、水田及灌木。该段路基设计高程为 215.60~216.50m。在路基开挖前,该段路基左侧有 4 个山坡,坡顶高程分别为 K136+630 左 30m(255.0m),K136+630 左 95m(256.8m),K136+570 左 176m(261.10m),K136+690 左 153m(262.8m),各山坡由垭口相连形成连续山体,山体走向与线路呈大角度相交,从左至右与岩层倾向略呈一致,山坡坡度一般约为 25°~35°,高速公路正好为垭口地段。

二、滑坡形成过程

路基边坡开挖前该山体及附近均未有滑坡发生。路基开挖施工接近设计标高后,且路基边坡已成型,路堑左侧山体开始发生开裂滑移,形成滑坡。主滑方向略顺岩层倾向滑向路基,路堑边坡临空面上总体未见大规模坍塌碎落,但明显向

路基方向产生 1~2m 的挤压变形。滑坡后壁距中线 105m,后壁高约 1~2m,产生张拉裂缝。滑坡前沿滑坡舌穿过路基中线 3~4m,呈两个较大的三角形剪出隆起鼓丘。经一场暴雨后,滑坡蠕动下滑速度较快,滑坡后壁坎高明显加大达 3~4m,滑坡前沿三角形鼓丘高达 2.30~2.8m。种种迹象表明该滑坡一直在缓慢的动态发展变化之中。

滑坡形成后,滑坡区地貌形态发生明显变化,有以下四个方面:滑坡体表面出现较多裂缝,分布有剪切裂缝、扇形裂缝、膨胀裂缝、张拉裂缝,裂缝宽约 0.3~2m,延伸走向和长度不一;滑坡前部出现变形和鼓胀;滑坡后出现后壁陡坎;地面高程出现变化,滑坡前部(路基中线至左侧 25~35m),高程上升约 0.02~2.8m,滑坡中后部(路基左侧 50~105m)高程下降约 0.02~4m。

三、滑坡体滑动原因分析

(一) 根据地质钻探资料结果分析

1. 岩性原因分析:岩性是构成滑坡的物质基础,本滑坡的滑动体岩性主要为以泥质为主的页岩,该岩石岩性较软,暴露地表后易风化崩解碎落,岩体易破坏且稳定性差,当受雨水浸湿后易形成表面错落,从而使岩层层间抗剪强度降低,易引起岩石发生顺层滑动。本段边坡顺岩石层面或节理裂隙面普遍分布不均的压碎岩或断层岩,厚度达 0.5~1.7m 不等,经雨水浸泡易导致岩体顺软弱面产生滑动。

2. 岩体结构分析:岩体结构及结构面的发育特征是岩体

边坡破坏的主要控制因素,结构面的发育程度及其组合关系决定岩体滑移破坏的几何边界条件。本滑坡区岩石产状为 10°~15°~24°~26°,岩石走向与线路(方位角 225°~31°12′)总体呈大角度相交,但左边坡为顺向坡,右边坡为略反向坡,故总体产状对右边坡有利,对左边坡不利,易形成顺层滑坡。

此外本滑坡区有 3 组陡倾角节理发育,其中最主要的两组“X”构造剪

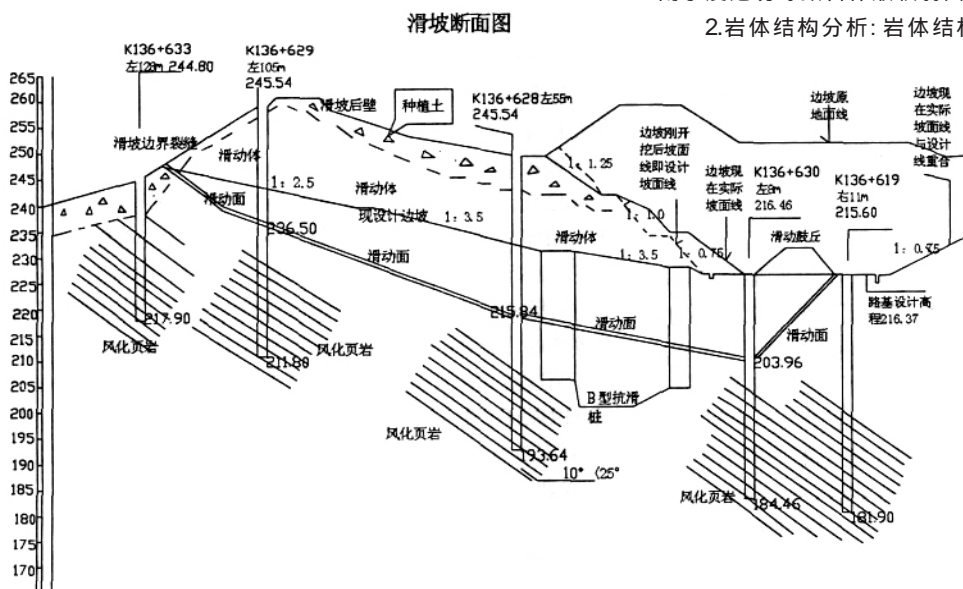


图 1

节产状为 85°-90°、70°-85°以及 190°-80°;另一组次生构造节理产状为 130°-45°;该几组节理面将岩体切割成巨大的楔形体,对本滑坡的形成起着关键的控制作用。

3.断层构造及天然应力的影响:该滑坡区南侧 100-120m 为一逆断层,断层切角约 35°左右,受断层的影响,滑坡区内页岩中次生构造节理发育较密集,局部小的次生的断层破碎带断续发育,岩体因而破碎,在节理裂隙及断层破碎带发育密集的区域抗剪强度显著降低,构成软弱面,呈与坡向一致而又位于坡底部时,易沿此面形成滑坡。此外,受倾角 35°的逆断层的影响,岩体中应力状态基本以垂直方向作用接近最小主应力,以水平方向作用接近最大主应力,该最大水平主应力使路堑边坡坡体应力重分布作用加剧,从而使坡体内拉应力及剪应力分布范围加大,易引起边坡变形破坏。

4.地下水原因分析:本滑坡区的地基岩土主要为碎石土及页岩,由于碎石土较松散,厚度不大,透水性较好,暴雨季节,雨水可以顺土中的孔隙下渗,而页岩节理裂隙发育,这些地下水加大了岩体的质量,进而使滑动面的滑动力增大,并且在岩石中形成动水压力和静水压力,同时对节理面上的薄层压碎岩及断层泥起了软化作用,从而进一步降低了岩石顺节理裂隙面的抗剪强度,为产生深层岩体滑坡提供了充分条件。

(二) 人为因素分析

由于人工开挖路堑边坡导致山体形成陡峭的临空面,破坏了原有的平衡条件,在减荷方向的临空面上必然产生应力释放而导致卸荷回弹,最初在坡体前沿产生拉裂隙,在坡体后沿产生张裂隙。由于岩体中顺大的构造节理面一般附有较薄的软弱夹层(断层泥或压碎岩),因而起先在软弱夹层处产生剪切破裂,随着时间的延长,破裂面渐渐贯通,坡体产生蠕变,暴雨季节,剪切破坏加剧,蠕动速度加快形成滑坡。

(三) 综合分析

高速公路开挖后,左右两侧山坡均形成临空面,左边坡略为顺向坡,右边坡略为反向坡,该滑坡体岩石中有 3 组陡倾角节理面将岩石切割成巨大的楔形体,岩石层面与节理面相互之间及与坡面的组合关系使路基左边坡山体成为不稳定状态,右边坡山体成为较稳定状态,左边坡山体在路基开挖后最初发生回弹和蠕变。暴雨季节,雨水渗入节理面上的破碎岩石和压碎岩或断层泥,使岩体间抗剪强度降低,并且在岩石中形成动水压力和静水压力,从而使蠕变加速,山体失稳形成较大范围的推移式滑坡,向路基方向滑动。

四、滑坡体的特征分析

本滑坡区滑坡体以弱风化页岩为主,滑动面主要位于弱风化页岩中,主要顺层面或节理面产生。滑动面与岩层的关系以切层为主,局部为顺层,且主要呈折线,滑动面距地面最大滑入深度达 29.5m,距路基面以下最大深度达 11.8m,如上图 1。滑动面的物质成分主要为由压碎岩、破碎页岩及断层泥形成的泥夹角砾或页岩碎石。

五、山体滑坡的处治措施

(一) 由于本滑区为施工开挖路基诱发的巨型的深层岩层推移式滑坡,经计算滑坡前沿典型断面下滑力约为 588-1650KN/m,完全卸载是不行的,因为滑动面侵入距路基顶面以下最大深度有 11.8m,滑坡体土方约 58 万 m³,只能部分卸载。部分卸载后设计坡面线以下路基边缘(处治构造物)

还剩下部分滑移力约 303-2262KN/延米,典型计算断面如图 2(图尺寸单位:cm)。这部分下滑力还能引起山体的进一步滑坡,危害路基,必须采取相应的合理的措施综合处治。

$$(二) \text{ 下滑力计算公式: } F = F_{n-1} + K(T - N \cdot \tan \phi - cL) \\ = \cos(\alpha - \alpha_1) - \sin(\alpha - \alpha_1) \cdot \gamma \cdot L$$

式中: F — 剩余下滑力; F_{n-1} — 上段剩余下滑力; α — 下滑力系数; T — 下滑力; N — 滑动土块法向分力; ϕ — 内摩擦角; c — 粘聚力; K — 安全系数, 1.2; α 、 α_1 — 滑动面倾角。

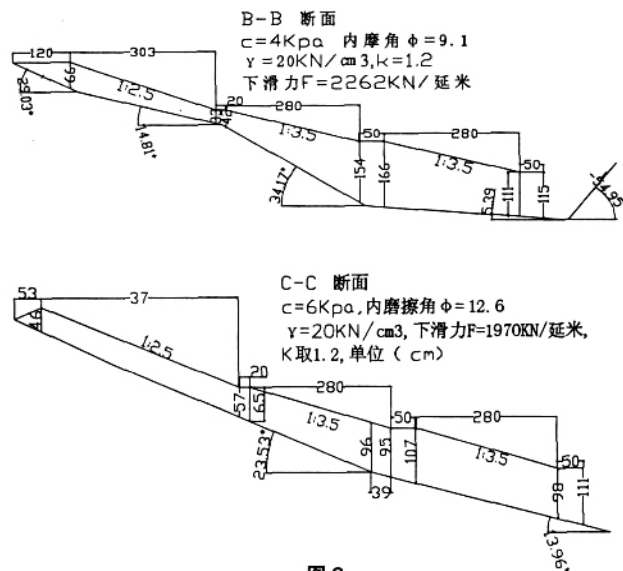


图 2

(三) 处治方案。对比几种处治措施并结合现场实际情况,从经济和施工安全的角度对滑坡体采取抗滑桩处治措施,即根据计算滑坡体剩余下滑力,采用对滑坡部分卸载加双排抗滑桩方案处治,以抗滑桩抵抗剩余下滑力,达到稳固边坡的目的。

具体做法为:第一,卸载并放缓边坡,将滑坡体上部部分土体转移,减轻滑体重量,降低下滑力,放缓边坡如上图 1,现设计边坡线;第二,加强边坡面的排水措施,使地表水尽量不下渗到岩体中;第三,在边坡上采取双抗滑桩,以抵抗滑体剩余下滑力。抗滑桩布置如上图 1。

六、抗滑桩施工及监测

(一) 抗滑桩施工

抗滑桩施工在边坡卸载放缓完成后进行。抗滑桩材料采用 C20 砼,纵向受力钢筋焊接接长,由于抗滑桩所用钢筋为大直径钢筋,在焊接时最好采用闪光对焊或药渣对焊,施工方便,焊接接头的类型及质量均应符合规范要求。

滑坡处治防排水是关键。首先,在滑坡边界外沿设置一圈带渗沟的截水沟,截断来自滑体上方的地表水;其次滑体坡面骨架护坡及平台排水沟将坡面水截流,排入边沟;最后,部分由坡面下渗的水和地下水由坡面的平式排水孔及边沟下方的渗沟排出。

滑桩应由两侧向中间靠,跳桩施工。桩施工可采用人工开挖施工方式。应按设计及规范要求施工。开挖过程要及时做好支撑和护壁,并及时浇筑混凝土。该边坡抗滑桩护壁厚 30cm,每层高为 1m,竖向钢筋长 130cm,两端做弯钩,以便上下两级护壁竖向钢筋相互拉接,保证护壁的整体性,避免护



壁因自重而拉裂。在护壁两侧设置斜撑、横撑,以防止护壁的变形,确保施工安全。桩孔开挖过程中,每浇筑一层护壁都应检查桩孔的中心位置和宽度尺寸及护壁垂直度,确保桩孔位置正确。

抗滑桩的施工应抓紧在晴天连续开挖施工,避免出现安全事故。桩孔开挖完成后,及时清除孔底浮土,排除地下水,按设计图纸安装钢筋,混凝土施工要求一次性连续浇筑,并且要振捣密实。桩施工应控制好桩顶标高,施工完成后应全部埋入地表不留痕迹,确保边坡美观。抗滑桩施工完毕,连续观测桩顶变形值在允许范围之内后,才能对滑坡产生路基剪切破坏三角形鼓丘范围进行清除换填处理。

(二) 施工监测

为确保滑坡整治施工的安全,随时掌握滑坡整个过程中的边坡动态变化,通过施工监测包括对整治工程的监测,及时预报施工中出现的問題,以此来指导施工。

检测的内容:滑坡对公路的危害观测;滑坡体深层水平位移观测(测斜);抗滑桩结构位移与沉降观测。

监测要求:观测基准点至少为一个,且必须确保稳固,基点距滑坡边线不少于 30m。

监测范围:主要监测抗滑桩结构位移,每个抗滑桩监测点数量不少于 2 个,具体布置情况根据现场情况确定。

观测精度要求:沉降观测误差 $< 0.5\text{mm}$;位移观测误差 $< 5.0\text{mm}$ 。边坡应进行至少两次初值观测,在抗滑桩开挖初期和维持间隔时间为 2-3 天,如变形阶段,监测间隔时间为 3-7 天。开挖卸荷载急剧阶段,速率接近警戒值,应局部加密至 0.5-1.0 天。观测资料要及时整理出变形量及沉降速率等绘制位移 D—时间 T 关系曲线图,沉降 S—时间 T 关系展开

曲线图,及时预报各种信息。

监测预警值:抗滑桩顶总变形为 30mm,或连续 2 天以上变形速率达到 5mm/d。

七、结束语

抗滑桩开挖施工过程中应有应急处治措施,在位移、沉降过大区域根据产生原因,或加设锚杆,或坡顶卸载,或对破碎边坡体采用小范围小压力注浆加固。并配备足够的抢险物资,以便能够对现场应急情况做出正确处理,确保施工的安全。

K136+500—K136+750 路段滑坡处治结束一年以来,对边坡及抗滑桩进行了监测,桩顶总变形小于允许变形值,位移观测值在允许值内,且现已处于稳定状态。但由于滑坡形成后才进行地质勘察分析并采取抗滑桩处治方案,耽搁了处治时间,影响路基成型及路面施工进度。如果在边坡开挖过程中发现岩石结构破碎时,在坡顶进行位移、沉降观测,则能及时防治滑坡,减少或避免滑坡对路基的损害,确保施工安全及工程的施工进度。

[参考文献]

- [1] 湖南省交通规划勘察设计院.工程地质勘察报告[R].2004.
- [2] 陈云敏等.工程地质及土力学 [M]. 武汉大学出版社出版,2001.
- [3] 沈从周.公路工程建设标准强制性条文实施手册[M].吉林科学出版社出版,2003.

[作者简介]宾志杰,助理工程师,广西桂通公路工程监理咨询有限公司,从事公路桥梁施工及监理工作。

[上接第 36 页]

摊铺,通常摊铺速度不超过 3m/min,混合料的摊铺温度应不低于 165 $^{\circ}\text{C}$ 。当气温低于 10 $^{\circ}\text{C}$ 时,不宜作改性沥青混凝土施工。当改性沥青混合料在运输或等待过程中,如出现有沥青析漏现象,应分析原因,立即采取降低温度、减少沥青用量等措施解决。

7.注意碾压的方式方法,务必按施工规范进行,以确保压实度。特别是改性沥青层,压路机必须紧跟摊铺机后采用高频、低振幅的方式,在尽可能高的温度状态下碾压。不得在低温状态下反复碾压,以防止磨损石料棱角,压碎石料及破坏集料嵌挤。一般宜用 10t 以上钢轮压路机初压,如发现初压有明显推拥,应检查混合料的矿料级配及油石比是否符合要求,复压宜采用 12t 以上压路机或钢轮压路机碾压,碾压速度不超过 5km/h,终压宜采用 10t 以上钢轮压路机紧接复压后进行,应严格控制碾压次数,使压实度不小于 98%,现场空隙率小于 6%。

8.尽量少用冷接缝,铺装时出现冷接缝时,第一幅铺装时宜铺宽 5-10cm,第二幅铺装前用切割机切除超宽部份,清理干净后涂上粘层油。

9.选段加铺沥青混凝土罩面层时,为减少沥青路面与水泥路面颜色的太大反差,可在刚铺好的沥青混凝土面层上撒布水泥,并用扫把扫均匀,可起到新铺沥青路面与水泥路面颜色相似的效果。

10.两端接头铺装沥青混凝土厚度小于 5cm 时,要凿毛至大于 5cm 的程度。

五、结束语

沥青混凝土加铺罩面层不宜太薄,一般应大于或等于 9cm,若小于 5cm,则容易在铺好后 2-3 年出现反射裂缝现象。加铺沥青混凝土罩面层,最好在原水泥混凝土路面病害出现较少时铺筑,一般在水泥混凝土路面正常使用 5 年内效果较好。在原水泥混凝土板分缝处的沥青混凝土面层上切割分缝后再灌缝,可减少不规则反射裂缝。增加设置了“马钉”钢筋的裂缝,经正常处理后反射到面层上的相对比较少。油石比宜选用 5%-5.6%。铺好沥青混凝土面层后洒水泥的路面,经过行车作用虽无早损现象,但表面显示比较贫油。采用石灰石作碎石,不耐磨,一般经行车作用 2-3 年即发现表面有磨损现象。

[参考文献]

- [1]公路沥青路面施工技术规范(JTG F40)[S].

[作者简介]梁荣志(1972-),男,广西岑溪人,工程师,广西贺州市公路管理处副主任,研究方向:公路与桥梁工程管理及研究工作;韦永恒,男,广西马山人,工程师,南宁创宁市政管廊投资建设管理有限公司工程部经理,研究方向:市政工程及公路与桥梁工程管理及研究。