Application of Supporting Seepage Ditch in Landslide Control of Highway Slope Embankment

Xiaobing Zhao

Sichuan Highway Engineering Consulting and Supervision Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

Based on the environmental and geological conditions of the landslide at the high-fill section of the Chengdu Ring Expressway (K251+160 to +280), and after analyzing the causes of landslide instability, a comparative study was conducted between the support seepage ditch and anti-slide pile solutions. The results demonstrated that the support seepage ditch offers superior drainage and protective effects while being significantly more economical. Long-term post-treatment observations confirmed no new deformation or displacement of the landslide, validating the rationality and feasibility of the treatment measures. Therefore, the support seepage ditch proves to be a more effective solution for managing landslides on soft-to-plastic slope embankments.

Keywords

slope embankment landslide; support seepage ditch; landslide control

支撑渗沟在公路斜坡路堤滑坡治理中的应用

赵小兵

四川公路工程咨询监理有限公司，中国·四川 成都 610000

摘　要

在成都环线高速公路K251+160～+280路基高填方段滑坡环境地质条件基础上、分析了滑坡失稳原因的基础上，通过支撑渗沟与抗滑桩方案比较，支撑渗沟具有良好排水和防护效果，同时经济性显著，根据处治后多年观测,未发现滑坡有新的变形和位移,该滑坡的处治措施和方法是合理和可行的。因此支撑渗沟对于软塑~可塑状斜坡路堤滑坡处治具有比较优势。

关键词

斜坡路堤滑坡；支撑渗沟：滑坡治理

1 引言

我国西南地区山区地形复杂，地质条件脆弱，滑坡等地质灾害频发，据统计，我国山区滑坡事故占全国公路滑坡事故的 80% 以上，给国家和人民生命财产带来巨大的损失。为了确保山区公路的安全与畅通，工程技术人员一直在探寻有效的滑坡治理方法，支撑渗沟作为一种传统的治理手段，因其工作简便、效果显著而在实际工程中广泛应用。

2 支撑渗沟的原理

支撑渗沟是一种兼具排水与支挡功能的复合型工程结构，在公路路堤滑坡治理中具有重要应用价值。它通过疏排坡体地下水降低土体含水率，并利用自身重量与基底抗力提供抗滑力，尤其适用于地下水丰富或软弱地层类型的滑坡治理。

支撑渗沟的核心作用机理是“排水固土”与“物理支撑”。其通过有效拦截和排出滑体内的地下水，降低土体孔隙水压力，从而提高滑带土及滑体的抗剪强度，增强坡体自身稳定性。同时，其结构本身也提供直接的抗滑力。

支撑渗沟成都环线高速公路 K251+160 ～ +280 路基高填方段右幅滑坡治理中的应用。

3 环境工程地质条件

（1）工程概况：滑坡段地属仁寿县大化镇青岗村。该段滑坡所处位置地形主要为低山丘陵地带，线路跨缓坡果园，沿线表部覆盖残坡积含砾粉质粘土，土体呈软 - 可塑状。滑坡处原设计为高填方路基，最大填方高度约 22m，填方前对原始斜坡进行了少量清表。路堤分三级边坡，从上至下坡率分别为 1:1.5、1:1.75、1:2.00。

2015 年 3 月该段路基填筑完成，于 2015 年 9 月 6 日发生大面积塌方，人工填土呈阶梯状多级开裂滑移，滑体俯冲将前缘便道拱起约 2m，原果林地内多处出现裂缝，对附近居民及水渠构成严重威胁。为了防止路堤边坡进一步的滑移破坏，施工单位组织临时处置措施，将滑坡体大面积清方，

【作者简介】赵小兵（1968–），男，中国四川南充人，高级工程师，从事公路工程研究。

目前滑坡未见明显进一步滑动。

本工点位于四川盆地西部，属于四川盆地中南部低缓宽谷浅丘，属典型的丘陵地貌。平面整体呈舌形伸向沟渠，后缘呈弧形展布，呈“圈椅状”地貌（照 2-1）。滑坡整体走向为 12°，与公路走向基本垂直。滑坡位于丘陵缓坡之上，斜坡整体坡度约 8°，整体呈两级台阶状地貌，第一台阶主要位于原公路裂缝带以下，平均高程约 491m，地形较缓。第二台阶位于原果林一带，平均高程约 478m。

3.1 地层岩性：滑坡区出露及钻孔揭露的地层岩性如下：

人工填土层（Q_4^{me}）：褐灰色，较干燥，较松散，中～粗粒结构，组成物质以粉土为主，含碎石 35 ～ 50%，粒径一般 2 ～ 10cm，次棱角状，含角砾石 5 ～ 10%，粒径一般 2 ～ 6cm，次棱角状，石质成分主要为砂岩，岩芯碎粒状。

残坡积（Q_4^{el+dl}）：（含砾）粉质粘土：棕褐色、灰褐色，呈可塑状，粘性中等，可成 2 ～ 3mm 圆土条，偶含泥岩角砾。韧性中等，风干强度中等。零星分布于丘脊斜坡上部。

蓬莱镇组（J_{3p}）：泥岩：棕红色，矿物成分以粘土矿物为主，钙泥质胶结，粉粒泥质结构，薄～中厚层状构造。岩体破碎～较破碎，手捏易碎。具饱、脱水开裂特征。

3.2 地质构造及地震

测区处于新华夏系四川沉降盆地西部，滑坡范围内无大型断裂构造通过，岩层产状：308° ∠ 6°，主要发育一组陡倾角裂隙，裂隙产状为 145° ∠ 70°，裂隙延伸长度一般 3 ～ 8m。根据 GB 18306—2001《中国地震动参数区划图》，场地地震动峰值加速度为 0.1g，地震动反应谱特征周期为 0.45s，对应地震基本烈度为Ⅶ度。

3.3 水文及水文地质

场地内无大的地表水体，地表水主要为塘水。

松散层孔隙水赋存于第四系覆盖层中，主要接受大气降水、溪沟水以及农田灌溉用水的补给，地下水贫乏。场区环境水对混凝土结构及其中钢筋具微腐蚀性。

4 滑坡的特征

4.1 空间形态特征

滑坡位于成都经济区环线高速简阳至蒲江段建设项目 K251+160 ～ 280 路基高填方段右幅，滑坡顺公路长约 100m，横向宽约 70m，清方前滑坡平均厚度约 5m，总方量约为 2.5 万方，平面整体呈舌形伸向沟渠，后缘呈弧形展布，呈“圈椅状”地貌（照 3-1）。

滑坡主要为填方引起，滑坡属于典型中型土质工程滑坡，滑坡后缘边界位于原公路路基一带，目前路基边缘仍有变形拉裂缝；右侧边界位于 K251+160 一带，该处靠小桩号方向路基填方处可能由于软弱粉质粘土厚度较薄，因此未见明显变形迹象；左侧边界位于 K251+280 一带，该处位于陡缓交界处，靠大桩号侧主要为山包，覆盖层较浅，滑坡处原始地形呈“马鞍”状，中间底，两侧高，汇水较为丰富，滑坡的主滑方向主要沿原始的沟延伸方向，且该段粉质粘土厚度较厚，集水较多。前缘边界位于果林一带，滑坡发生后果林内原始地形被滑坡俯冲隆起 2m 高，果林内多处可见裂缝。

4.2 岩土体结构特征

滑坡体主要由人工填土构成，其物质成分主要为碎石土，碎石土粒径一般 2 ～ 10cm，含量 40% ～ 55%，漂石粒径一般 20 ～ 30cm，最大约 50cm，含量约 5% ～ 10%，砾石粒径一般 0.5 ～ 2cm，含量约 15%，次棱角状，母岩成分主要以砂岩为主，中风化，局部含粉砂质泥岩，填土较均匀，局部可见少量泥。滑坡中部主要为原始的（含砾）粉质粘土，红棕色，稍湿，可塑状，手搓可成条状，岩芯呈土柱状。表部可见少量砾石，棱角状，岩性主要为泥岩或粉砂质泥岩，粒径一般 0.3 ～ 1.5cm，底部粉质粘土较纯，具有一定的胶结，含水量较高，局部呈软塑状，力学性质较差。滑坡底部为侏罗系上统蓬莱镇组（J3p）泥岩，棕红色，矿物成分以粘土矿物为主，钙泥质胶结，粉粒泥质结构，薄～中厚层状构造。岩体破碎～较破碎，手捏易碎。具饱、脱水开裂特征。地表多出露在斜坡缓坡带及陡坡砂岩露头下部。强风化厚度一般 3 ～ 6m，岩体破碎，工程性质差，中风化层岩体完整性较好。

4.3 变形特征

受特殊岩体结构的控制，加之人工扰动及降雨等因素，滑坡变形特征主要表现为人工填土的大面积垮塌，后缘拉裂缝及前缘鼓胀变形裂缝。滑坡裂缝特征如下：后缘拉裂缝呈锯齿状，弧形延伸，总体走向 187°，延伸长度约 10m，裂缝宽度一般 0.5 ～ 3.6cm，最大 5cm，垂直错距一般 0.4 ～ 1cm，局部 2cm，沿公路走向发育，上宽下窄，中部大两头逐渐尖灭；果林裂缝呈锯齿状，弧形延伸，总体走向 316°，延伸长度约 20m，裂缝宽度一般 3 ～ 6cm，最大 20cm，垂直错距一般 2 ～ 5cm，局部 15cm，间续延伸，上宽下窄，两侧羽状裂纹发育；机耕道裂缝呈锯齿状，近直线延伸，总体走向 350°，延伸长度约 8m，裂缝宽度一般 1 ～ 2cm，最大 4cm，垂直错距一般 1 ～ 2cm，最大 3cm，上部宽，下部窄，向下逐渐尖灭，宽度较均匀。根据访问调查，2015 年 3 月该段路基填筑完成，于 2015 年 9 月 6 日发生大面积塌方，人工填土呈阶梯状多级开裂滑移，滑体俯冲将前缘便道拱起约 2m，道路受损严重。原果林地内多处出现裂缝，对附近居民及水渠构成严重威胁。随后施工单位组织临时处置措施，将滑坡进行大面积清方卸载，并修筑截水沟及排水沟对坡体进行排水，目前滑坡未见明显进一步滑动。

5 滑坡成因机制

根据钻探揭露，滑坡内未见明显基岩出露，属于土质边坡，上部结构主要为厚 3 ～ 20m 的人工填土（Q4me），人工填土物质成分主要为碎石土。中部含一层 3 ～ 8m 厚残坡积（含砾）粉质粘土，底部为侏罗系上统蓬莱镇组（J3p）

泥岩。



照 3–1 清方前填方土大面积垮塌（镜向下）

受上述结构控制，斜坡在自然状况下处于稳定状态。据访问，斜坡原始地形为两侧高，中间低的“马鞍”形状地形，坡体利于汇水。填土时未对较厚的（含砾）粉质粘土进行根本性处理。填土于 2015 年 3 月完成，根据气象资料，仁寿县 4 ~ 8 月正值雨季，人工填土透水性较好，大量雨水渗入坡体，中部一层（含砾）粉质粘土起相对隔水作用，该层上部土体处于相对饱水状态，土体抗剪强度降低。填方土坡脚未采取任何支挡措施，积水半年后，处于饱和状态的土体沿（含砾）粉质粘土开始蠕滑，前缘土体开始滑动，后部较重的人工填土向前挤压。填土第一级开始滑动，随之第二级开始变形滑动，便形成了多级牵引滑动模式。

5.1 滑坡参数的计算

结合《青岗村滑坡工程地质勘察报告》及滑体反算后综合分析，该地基土的 C、ϕ 取值分别为：

天然工况：碎石土：容重 γ ＝ 19KN/m^3，粘聚力 C ＝ 17Kp，内摩擦角 ϕ ＝ 25° ；（含砾）粉质粘土：容重 γ ＝ 18KN/m^3，粘聚力 C ＝ 18Kp，内摩擦角 ϕ ＝ 13° 。

暴雨工况：碎石土：容重 γ ＝ 21KN/m^3，粘聚力 C ＝ 15Kp，内摩擦角 ϕ ＝ 22° ；（含砾）粉质粘土：容重 γ ＝ 20KN/m^3，粘聚力 C ＝ 16Kp，内摩擦角 ϕ ＝ 11° 。

5.2 处治方案

根据地勘报告以及设计对滑坡的试算，提出了 2 个处治方案。方案 1：设抗滑桩支挡＋挖方回填压实；方案 2：支撑渗沟＋挖方回填压实。

（1）抗滑桩方案

在滑坡体前缘坡脚设 27 根埋入式抗滑桩，桩长 20m，截面尺寸 2×3m，嵌固段为粉砂质泥岩。桩间距 6m，桩间设挡板。

（2）支撑渗沟方案

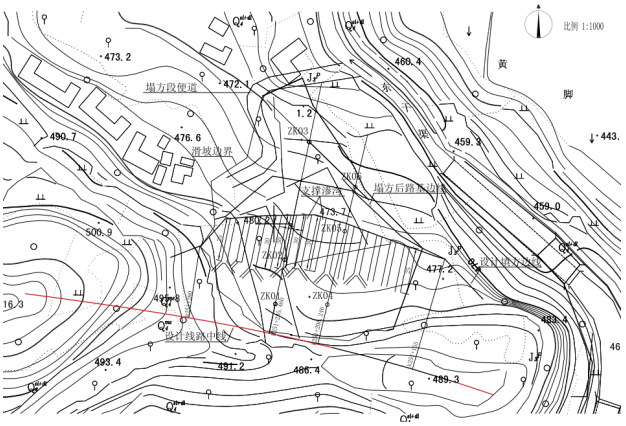
顺填方体坡脚向坡体内设支撑渗沟，支撑渗沟宽 3m，间距 6m，支撑渗沟位于原状土内，基座埋入基岩。

（3）方案比选

抗滑桩方案的优点在于施工相对简单，工程实践中常用，缺点为支挡结构工程量较大，造价较高。

支撑渗沟方案的优点在于施工简单，造价较低；缺点为需设地下渗沟排水。

经过综合比选，设计推荐采用支撑渗沟方案。



高路堤滑坡支撑渗沟处治平面布置图

5.3 滑坡治理成效

成都环线高速公路简蒲段 K251+160 ~ +280 路基高填方段右幅滑坡采用技撑渗沟＋挖方回填压实处治，效果良好，经历 10 多年的运营，高路堤未出现开裂、滑移现象。

6 结论

支撑渗沟对于软塑～可塑状斜坡地基土处治，其造价较低，效果好，可以作为其它类型工程处治借鉴方案。

路堤地基从安全、稳定、工程造价综合分析比较，选取最经济的安全可靠的处治方案。

参考文献

[1] 周倩,杨世刚,廖永润.支撑渗沟在山区公路滑坡治理中的应用研究[J].公路与汽运,2024,40(06):76-80.DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2024.06.014.

[2] 霍志刚.论支撑渗沟在斜坡路堤滑坡处治中施工阶段的应用[J].科技创新与应用,2014,(15):174.DOI:10.19981/j.cn23-1581/g3.2014.15.158.

[3] 黄宁. 浅谈支撑渗沟在滑坡治理中的应用[J]. 城市建设理论研究（电子版）,2016,6(8):2176-2176. DOI:10.3969/j.issn.2095-2104.2016.08.515.

[4] 冯靖. 支撑渗沟在滑坡处治中的应用[J]. 西南公路,2009, (2):5-7.