

某公路顺层滑坡的整治及对该区段选线的反思

袁从华, 章光, 杨明亮, 倪俊

(中国科学院武汉岩土力学研究所, 湖北 武汉 430071)

摘要: 通过对某顺层古滑坡的现场调查, 分析判断了古滑坡的滑动范围、滑动面, 并对滑动面抗剪强度参数进行了反分析计算。据此对古滑坡体进行了初步整治设计, 实际整治时未采取防水措施, 抗滑指标进一步下降, 笔者对此时软化后滑动面抗剪强度进行了计算分析。结合对 K89~K95 段的调查分析, 对此区段的切方边坡违背工程地质选线原则导致的后果进行了反思。

关键词: 古滑坡; 抗剪强度; 软化特性; 计算

中图分类号: TU 753.8 **文献标识码:** A

A way of harnessing an old landslide of a highway and thinking about the selected route of the zone

YUAN Cong-hua, ZHANG Guang, YANG Ming-liang, LI Jun

(Institute of Rock & Soil Mechanics, Chinese Academy of Sciences, wuhan 430071, China)

Abstract: The paper analyzes the sliding range and sliding surface of an old landslide by investigating an old sliding slope. In addition, back analysis is used on shear resistance parameters of slide surface. Primary treatment design of the old slope is carrying out. Measure for preventing water is not carried out at present. The quota of anti-slide come down further. Calculation analysis of stress of soften sliding surface is carried out. According to the investigation on K89-K95, the consequence resulted from disobeying the principle of selected route of engineering geology is thought again.

Key words: old landslide; shear resistance; softening characteristics; calculation

在高速公路的选线中, 对于不良地质现象和将出现严重不良后果的地段, 应由有经验的工程地质人员和工程专业人员共同进行选线工作, 并应研究对不良地质条件的对策, 包括绕避的可能性。对于比选意见或通过的方案, 决不可马虎大意。否则, 不良地质现象与工程组合将会造成严重的后果。

1 K89~K95 区段边坡工程地质条件

根据工程地质选线要求^[1]: 应十分重视工程地质条件, 当区域稳定性条件差, 有不良地质现象和特殊岩土存在、山体有可能失稳时, 尤应衡量地质条件对工程稳定、施工条件和安全及营运养护的长期影响。合理选定路线方案, 对规模大、分布广、治理难的不良地质和特殊岩土地带, 路线应尽量绕避; 路线应布设在逆倾向坡的一侧; 路线通过滑坡区时, 应力求不恶化滑坡体。通过滑坡上缘, 一般以挖方路基为宜; 通过下缘, 以路堤为宜。

K89~K95 为低山丘陵地区, 主要岩性为二叠系灰岩、泥灰岩、页岩等, 局部夹有劣质煤层; 泥盆系石英砂岩和泥质砂岩; 还有部分为较厚第四系松散残坡积层。此区域岩层大多为单斜构造, 岩层产状一般为 $290^{\circ}\sim 340^{\circ}\angle 25^{\circ}\sim 45^{\circ}$, 砂岩层中夹有薄层泥质粉砂岩, 局部夹有薄层泥岩, 另外, 加之有泥质页岩夹劣质煤层等极软弱控制层以及陡峭的节理, 这些岩层条件在长期地质营力作用和雨水、地下水作用下, 容易导致坡体失稳。因此, 在 K89~K95 区段山体西北侧发现多处古滑坡体, 在切方路基时, 同时也出现多处残留的古滑坡面。例如 K92+080 古滑坡面为一明显光滑曲面, 从上至下, 滑坡面倾角从 $63^{\circ}\rightarrow 47^{\circ}\rightarrow 31^{\circ}\rightarrow 6^{\circ}$ 逐渐过渡。K89~K95 区段在自然山坡中容易产生滑坡。如果在自然山坡下进行切方开挖: ① 切方坡脚, 容易导致坡体产生滑坡。② 使古滑坡复活。③ 改变地下水渗流场, 导致边坡失稳。

收稿日期: 2002-06-12

作者简介: 袁从华, 男, 1961 年生, 副研究员, 主要从事岩土力学测试, 路基及边坡工程研究与设计工作。

因此，根据工程地质选线要求^[1]，K89~K95 区段公路选线应选在山体的另一侧即逆倾向坡的一侧，从而避开区域稳定性条件差、存在古滑坡体等不利条件。而实际高速公路通过 K89~K95 段时，没有按工程地质选线要求选线。或许由于其它原因选择了目前施工的线路，造成了明显不良的后果，下面结合一个古滑坡整治过程进行说明。

2 顺层古滑坡概况

在某高速公路 K90+900~K91+080 切方边坡中，最高切方约为 30 m，切方地段上部为中等风化节理发育的石英砂岩，下部有煤系地层，切方接近于路基标高时，引起山体滑坡。纵向开裂长度达到 140 m，裂缝距公路中轴线 50~140 m(图 1)，在切方路基坡脚处，劣质煤层被挤出，山体上出现了一条 30~80 cm 滑坡拉裂缝，此拉裂缝主要受到砂岩节理面控制。节理倾角一般为 75°~90°，拉裂缝亦基本直立。水平平移速度为 2~30 mm/d，雨天时平移更明显。

由图 1 可知，劣质煤层等软弱层构成此滑坡的滑动面，它的深度目前最大约 30 m，山体上裂缝为垂直裂缝，可测深度大于 6 m，从滑坡山体裂缝到坡脚均没有发现其它破裂裂缝。由此可推测，此滑坡为深层滑坡，滑坡控制面为炭质页岩下的劣质煤层。滑坡是由于公路切方时削去了坡脚，滑坡体失去坡脚支撑，暴露了滑动面，劣质煤层上的岩体在重力作用下失稳而产生滑坡。

此处区域岩层为单斜构造，产状一般为 320°~340°∠25°~31°，图 1 中第④层硅化炭质，泥质页岩与区域产状一致，而劣质煤层上的砂岩产状为 34°~64°∠9°~19°，与周边砂岩产状明显不一致，另外，据现场调查，在修公路之前，此处建有民房，民房普遍有拉裂，说明此处在没有进行公路切方时，坡体处于蠕滑状态。据此，综合分析判断，此滑坡为一古滑坡体，滑坡体上的砂岩产状，由于滑坡移动而改变。导致滑坡体上砂岩与区域及附近其它相

同岩层产状发生较大变化。民房的开裂系由于滑坡体蠕滑岩层移动的结果。

3 边坡稳定性计算分析及初步整治措施

软岩边坡进行稳定性计算时，首先，要解决三个关键性的问题：一是准确确定滑动面的形式与位置；二是测定滑动面岩土体的抗剪强度参数及其变化规律；三是分析地下水渗流场。

图 1 所示切方边坡接近于路基标高时，明显可见滑体顺劣质煤层层面滑动。根据现场岩层产状调查和实测裂缝。推测滑坡体滑动面位于倾角约为 13°的劣质煤层炭质页岩软弱体中。

滑动带抗剪强度参数采用反算法得出多组抗剪强度指标，然后根据现场滑坡实际条件及周边地形地貌、地下水情况和类比选用一组抗滑指标值。

K90+900~K91+080 滑坡，根据实测滑坡范围和分析判断的滑动面进行了 6 个断面的反分析计算，综合结果见表 1。

表 1 削坡减载前滑动面抗剪强度计算结果
Table 1 Computational solution of shear resistance of sliding slope before deloading

$\varphi / (^{\circ})$	10	10.5	11	11.5	12	12.5	13
c / kPa	16.4	13.6	11.0	8.2	5.5	2.9	0

根据古滑坡体滑动面岩层条件，根据经验及类比^[2~4]等资料选定此滑坡面抗剪强度指标为 $\varphi = 11.5^{\circ}$ ， $c = 8.2 \text{ kPa}$ 。

K90+900~K91+080 左侧山坡产生滑坡后，在该山体上部产生 50~80 cm 宽的裂缝，切方边坡后，地下水改变了渗流方向，且滑坡体上部地表水容易顺砂岩渗到滑带，滑带下部泥岩、页岩为相对隔水层。因此，其它更高山体的雨水可沿裂缝经滑动带在切方坡脚处渗出，为了防止滑带软岩土抗剪强度进一步下降，需在滑坡裂缝外侧设置截排水沟，对裂缝用粘土回填等措施。

根据实际滑坡形态，结合反算抗滑指标值，若对边坡采用加固处理，其加固力最小为 970~1400 kN/m，采用抗滑桩加固，直接加固费用超过 600 万元。若结合该场地附近填方需要，采用图 2 所示的削坡减载方式，在滑动面抗滑指标不再下降条件下，削坡后边坡稳定性系数 $K = 1.30$ 。

由于该边坡的控制岩层为炭质页岩下的劣质煤层，而劣质煤层的厚度分布呈透镜体状，不均匀。古滑坡体在切方边坡后滑动面抗剪强度指标一般处在残余强度状态，长期强度受岩层性质、周边环境

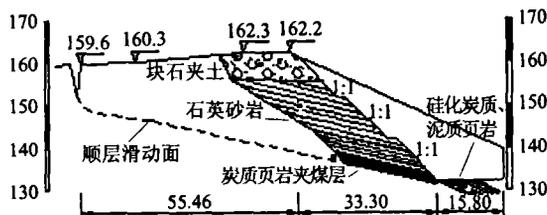


图 1 K90+940 处横剖面图 (单位: m)

Fig.1 Cross-section of K90+940 (unit: m)

