

栾川县某中学滑坡地质成因分析及治理

罗璇¹ 姚娇娇¹ 黄令¹ 盛龚勇¹

1.河南省第三地质勘查院有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i7.8224

[摘要] 滑坡是栾川县常见的地质灾害,且危害巨大。滑坡不仅对基础设施有着重大影响,还严重危害了人们的生命和财产安全。本文以栾川某中学西南侧的一处滑坡为例,通过论述滑坡的地形地貌、水文地质条件、工程地质条件等特征,综合分析了该滑坡的特点;再结合理正岩土计算 6.5 软件,对滑坡稳定性进行了研究。结果表明当连续降雨时,滑坡体蠕变变形趋势均迅速加剧,滑动的可能性很大。对同类型滑坡稳定性提供了分析方法及解决方案。

[关键词] 滑体;滑动带;滑床;理正岩土计算 6.5 软件

Analysis of landslide geological causes and control in a middle school in Luanchuan County

Luo Xuan¹ Yao Jiaojiao¹ Huang Ling¹ Sheng Gongyong¹

1.Henan Province Third Geological Exploration Institute Co., LTD.

[Abstract] Landslides are a common geological disaster in Luanchuan County, with significant hazards. They not only severely impact infrastructure but also pose a serious threat to people's lives and property. This paper uses a landslide on the southwest side of a middle school in Luanchuan as a case study. It discusses the characteristics of the landslide, including its topography, geomorphology, hydrogeological conditions, and engineering geological conditions, to provide a comprehensive analysis of the landslide's features. The study also uses the Rizheng Rock Soil Calculation 6.5 software to investigate the landslide's stability. The results indicate that during continuous rainfall, the trend of creep deformation in the landslide body rapidly intensifies, significantly increasing the likelihood of sliding. The study provides analytical methods and solutions for stabilizing similar types of landslides.

[Key words] sliding body; sliding zone; sliding bed; Lizheng geotechnical calculation 6.5 software;

引言

栾川县某中心学校西南侧临近一处斜坡,属于中低山地貌。坡顶耕地、高约 15m 的坡体出现局部冲刷垮塌现象,后缘产生裂缝宽度 0.5~2.0cm。降雨时,难免诱发滑坡等地质灾害,对山坡下游在校师生的安全产生了严重的威胁。

1. 滑坡地质概况

勘察区斜坡坡面被开垦为耕地,形成 5~6 级平台与陡坎;斜坡前缘临空面是由于狮子庙中学扩建切坡形成,目前该临空面有素喷混凝土护坡及锚钉支护;勘察区北侧边缘临空面是由于 G344 东灵线公路修建形成,目前该临空面有石砌护坡挡墙支护;斜坡后缘为 G344 改建工程施工现场;斜坡前缘东南角处为通往该斜坡坡面的水泥硬化道路,该道路处西侧临空面以岩质边坡为主,目前为裸露状态,无支挡措施。

1.1 地形地貌

勘察区位于某中学西侧的斜坡上,属中低山地貌。根据勘察,坡面为耕地,坡脚为某中学,北侧为 G344 东灵线及小河主河道。边坡走向 160°,坡向 70°,坡度 20°~30°。地形南西高,北东低,最高点海拔 740.0m,最低 710.0m,相对最大落差约 30m,总体上陡下缓,坡面经人工改造形成 5~6 级平台与

陡坎,平台坡度 6°~15°,平台宽 5~25m,大部分平台、陡坎走向与地形等高线一致,陡坎高度 1~2m、坡度 50°~60°;该斜坡前缘切坡高度 15m 左右,上半部分为第四系粉质粘土,高 3~5m,坡度 50°~70°,下半部分为安山岩,高约 10m,近似直立。

1.2、勘察区地层

根据钻孔、探槽揭露,勘探区上部为全新统(Q4dl+p1)及上更新统(Q3dl+p1)冲坡积的粉质黏土,下部为中元古代(Pt2)安山岩。

1.3、水文地质条件

勘察区水文地质条件勘察区地下水类型分松散层孔隙潜水和基岩裂隙水。松散层孔隙潜水主要赋存第四系上更新统松散地层;基岩裂隙水主要赋存基岩裂隙密集带,以大气降水及第四系全新统松散地层中的孔隙潜水补给为主,水量多少受岩体裂隙发育情况、裂隙连通情况、岩石破碎程度及大气降水多少控制,以地下径流方式向远端排泄。勘察期间,各钻孔均见有地下水,稳定水位埋深 3.0~9.4m。

1.4、工程地质条件

勘察区工程地质分组可分为第四系(Q)粉质粘土岩组和安山岩(Pt2)岩组。

1.5 地质构造

本区在大地构造位置上位于华北地台南缘与秦岭褶皱系北侧衔接部位，即华熊台隆；马超营大断裂横贯全区，为本区主要构造。

2. 滑体特征及成因分析

2.1 滑体

该滑坡潜在滑动面为一折线型，钻孔揭露厚度2.0~8.8m，平均厚约4.0m。滑体坡面总体上陡下缓，坡面经人工改造形成5~6级平台与陡坎，平台坡度 $6^{\circ}\sim 15^{\circ}$ ，平台宽5~25m。大部分平台、陡坎走向与地形等高线一致，陡坎高度1~2m、坡度 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

2.2 滑动带

滑坡后缘变形以开裂为主，前部变形以局部蠕动为主。该滑坡处于蠕变变形阶段，为潜在滑坡，暂未形成明显的滑动带。当坡体内各局部剪切面（蠕滑面）贯通，且与坡顶拉裂缝也贯通时，即演变为滑坡。

2.3 滑床

滑床主要为风化安山岩，该层主要为下伏安山岩风化形成的砾石及砾砂颗粒，间隙由少量粉质黏土填充空隙。根据经验该层内摩擦角 ϕ 取 $25^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，大于该场地坡面及潜在滑动面坡角，因此该层发生滑动可能性不大。

2.4 边界特征

该滑坡为潜在滑坡，并未形成明显滑坡周界特征，斜坡顶部及两侧均未见明显拉张裂隙及剪切裂缝；坡顶及坡面个别陡坎栽种有树木，未见“醉汉林”、“马刀树”等现象。

2.2 滑坡成因分析

根据工程地质、钻探及室内土工试验分析该滑坡形成的原因如下：

(1) 边坡残坡积层较发育，下部风化岩体破碎，边坡稳定性较差；

滑坡区土体渗水能力较强，受暴雨或长期降水影响，降雨易渗透到基岩面，因基岩渗透能力差，土体内地下水沿基岩面向下游渗透，既增大了地下水的渗透压力，又使土体抗剪强度降低；导致土层发生蠕变变形或滑移。地下水对滑坡的影响主要有两个方面，一是导致滑带土体软化、泥化，降低岩土体抗剪强度，二是加大坡体自重，形成静水压力和滑坡体中的动水压力，从而增大下滑力。

(2) 由于学校建设开挖，使得山体坡脚角度近直立，处于不稳定状态；

坡面土壤裸露，遇到强降雨该处地势易汇水成流，且坡面周围无有效的排水通道，对该处斜坡稳定性造成不良影响。

3. 滑坡稳定性计算和分析

3.1 计算模型的确定

将滑动面按折线型考虑，并用传递系数法进行滑坡稳定性评价和滑坡推力计算。

3.2 计算工况的选取

(1) 工况 I：指勘察期间所查明的滑坡现实状态，其滑体、滑带、滑床物理力学参数等以勘察实测和原状土岩土试样试验结果为主要依据；

(2) 工况 II：指滑坡体在最不利条件下，如遇暴雨、地下水位大幅上升、地表水大量下渗等状态下，滑体和滑带含水量达到可能的最大饱和状态，此时滑带抗剪强度最低、滑体重

力密度最大，是滑坡最不利工况状态。

3.3 计算剖面

本次计算选择了勘察区范围内1-1'剖面、2-2'剖面、3-3'剖面，剖面位置见勘察平面图。采用理正岩土计算6.5软件中的边坡稳定分析模块进行边坡稳定分析，自动搜索出最危险滑动面。

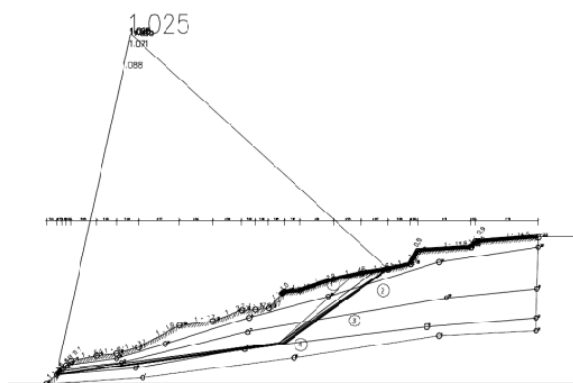


图1 1-1'剖面最危险滑动面搜索结果

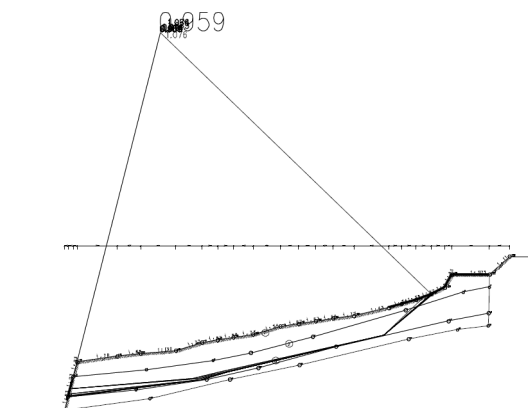


图2 2-2'剖面最危险滑动面搜索结果

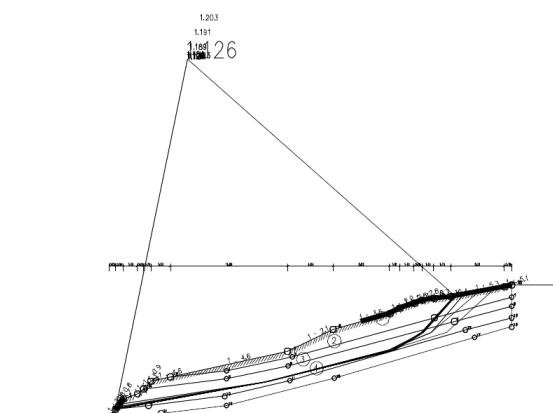


图3 3-3'剖面最危险滑动面搜索结果

3.4 滑坡防治工程分级与抗滑稳定安全系数的圈定

计算参数的选取以室内分析为基础，根据滑坡现状稳定性进行反演计算，综合判定。稳定性计算和滑带土抗剪强度反演遵循以下假定：

①滑坡现状处于稳定状态，遇降雨欠稳定状态，I工况稳

定系数大于等于1.15，II工况稳定系数为1.00-1.05。

②反演抗剪强度应不低于试验强度最小值。反演过程：选择2-2'剖面，II工况下稳定系数为1.00、1.05进行计算，以不同的C值反求 ϕ 值；根据最危险滑动面搜索结果，最危险滑动面主要在③层粉质黏土底部，与④层全风化安山岩交界

表1 滑坡稳定性计算参数建议值统计结果

岩土体/滑面	天然状态			饱和状态		
	重度	内聚力C	内摩擦角C	重度	内聚力C	内摩擦角
	(kN/m ³)	(kPa)	(kPa)	(kN/m ³)	(kPa)	ϕ (°)
滑体 (①粉质粘土)	18.6	15	14.8	19.5	8	8
滑体 (②粉质粘土)	18.9	16.1	14.4	19.7	9	7.9
滑体/滑面 (③粉质粘土)	19.3	20.8	13.6	19.8	11	6.53

3.6 滑坡稳定性计算结果

在滑坡稳定性计算中，滑动面按折线型考虑，并用传递系数法进行滑坡稳定性评价，计算中滑坡体重度和滑带c、 ϕ 值采用上述综合分析结果，计算公式如下：

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (R_i \prod_{j=1+i}^n \Psi_i) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} (T_i \prod_{j=1+i}^n \Psi_i) + T_n}$$

其中：

$$R_i = [(W_i + V_i) \cos \alpha_i - U_{bi} - Q_i \sin \alpha_i + P_i \sin(\alpha_i + \beta_i)] \tan \phi_i + c_i b_i \sec \alpha_i$$

$$T_i = (W_i + V_i) \sin \alpha_i + Q_i \cos \alpha_i - P_i \cos(\alpha_i + \beta_i)$$

$$\Psi_i = \cos(\alpha_{i-1} - \alpha_i) - \sin(\alpha_{i-1} - \alpha_i) \tan \phi_i / F_s$$

$$E_i = T_i - \frac{R_i}{F_s} + \Psi_i E_{i-1}$$

式中：

F_s —滑坡安全系数；

R_i —第i滑动条块抗滑力，单位为千牛(kN)，；

Ψ_i —第i-1滑动条块对第i滑动条块的传递系数；

E_i —第i滑动条块下滑力，单位为千牛(kN)，第n滑动

条块下滑力 T_n

根据滑坡稳定性计算结果表明：斜坡各剖面在工况I稳定，在工况II下1~1'剖面基本稳定、2~2'剖面欠稳定、3~3'剖面稳定。

表1-1 滑坡稳定性计算结果

计算剖面	工况I		工况II	
	稳定系数	稳定状态	稳定系数	稳定状态
1-1'剖面	2.08	稳定	1.05	基本稳定
2-2'剖面	1.88	稳定	1.00	欠稳定
3-3'剖面	2.30	稳定	1.16	基本稳定

仅对工况II下的1~1'剖面、2~2'剖面、3~3'剖面剩余

处，因此主要对③层粉质黏土C值、 ϕ 值进行反演。

3.5 计算参数

通过地质调查测绘和勘探成果，根据反算法、室内土工试验数据和当地工程经验，滑坡稳定性计算参数建议值见表1。

下滑力进行计算，经计算：1~1'剖面剩余下滑力 $F=-1\text{KN/m}$ ；

2~2'剖面剩余下滑力 $F=420\text{KN/m}$ ；3~3'剖面剩余下滑力 $F=-7\text{KN/m}$ 。

综上，在天然状态下，最不利组合剖面为2-2'，滑坡体稳定性系数为1.88，处于稳定状态；饱和状态下，最不利组合剖面为2-2'，滑坡体稳定性系数为1.00，处于欠稳定状态；当连续降雨时，滑坡体蠕动变形趋势均迅速加剧，滑动的可能性很大，剩余下滑力 $F=420\text{KN/m}$ 。

4. 结语

1)从滑坡变形特征来看，本滑坡目前处于蠕动变形阶段。该滑坡前部土体蠕动变形导致后部土体蠕滑。当坡体内各局部剪切面(蠕滑面)贯通，且与坡顶拉裂缝也贯通时，即演变为滑坡。

2)对滑坡稳定性计算可知，该滑坡体工况I处于稳定状态，遇长时间连续降雨、强降雨等工况II状态下为欠稳定状态。该滑坡目前为潜在形成阶段，根据调查及勘察，并未形成明显的滑坡周界和滑动带；根据勘察，④层全风化安山岩中赋存有地下水，使上层③粉质粘土层底部含水量较高，土体强度有所降低；在连续降雨等不利因素共同作用下，④层全风化安山岩中的地下水水位会上升、浸泡冲刷③粉质粘土，进一步降低该层土体强度，滑坡变形会加剧、使滑坡进入发展阶段，对滑体下方中学师生的生命财产造成威胁。

3)为消除滑坡隐患，下一步应当对滑坡治理进行设计。

[参考文献]

[1]刘传正.秦岭某隧道出口滑坡分析及治理方案[J].地质评论,2014,60(4):858-868.

[2]崔永杰,张浩,樊朝向,等.秦岭某隧道出口滑坡分析及治理方案[J].公路,2021(11):53-56.

[3]魏清华,刘丽,孙彬,等.童家湾滑坡诱因分析及治理措施[J].山东交通学院学报,2020,8(1):69-73.

作者简介：罗璇(1984-)，女，河南洛阳人，工程师，主要从事地质工程及地质灾害研究工作。