

# 黄土滑坡稳定性及其整治对策研究

——以明圣宫滑坡为例

郑书彦<sup>1,2</sup>, 李占斌<sup>1</sup>, 李喜安<sup>2</sup>

(1. 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 长安大学, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 位于骊山的明圣宫滑坡是一个古滑坡, 在现场调查的基础上, 为进行稳定性评价, 对滑坡的形成条件进行了详细的研究, 明圣宫滑坡活动的原因是地层、大气降水、地下水、地貌条件、滑动带贯通、拉张裂隙形成等综合因素作用的结果。应用极限平衡法进行分析得知, 明圣宫滑坡已处于不稳定状态而必须及时整治, 以防止灾害的进一步扩大。

**关键词:** 黄土滑坡; 明圣宫; 稳定性; 整治对策

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2002)03—0025—03

中图分类号: P642. 22

## A Study on Stability of Loess Landslide and Relative Countermeasures

——Exemplified by Mingshengong Landslide

ZHENG Shu-yan<sup>1,2</sup>, LI Zhan-bin<sup>1</sup>, LI Xi-an<sup>2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, Shaanxi Province, China;

2. Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** the Mingshengong landslide, which lies in Lishan mountain, is an old landslide. In order to study the stability of the Mingshengong landslide, the authors study in details the formation condition based on the plot investigation. The Mingshengong landslide is caused by synthetic factors, such as layers, precipitation, ground water, physiognomy, slipping belt and crannies. According to the limit balance method, the Mingshengong landslide is under an instability situation and has to be dealt with promptly.

**Keywords:** loess landslide; Mingshengong; stability; countermeasures

明圣宫滑坡是一个复活的古滑坡, 位于临潼县的旅游景点——明圣宫, 明圣宫建筑物主体框架及宫前道路基本完工后, 从 1996 年 6 月开始, 已近完工的主体工程下半部分出现了不同程度的破坏。灵宫殿西耳房西南角砖柱开裂, 西侧挡土墙从山门至灵宫殿西耳房段多处严重开裂, 最宽裂缝约 100 mm, 宫前道路中部严重下沉, 沉降量约 250 mm, 宫前道路外侧挡土墙多处开裂。临潼县位于渭河平原东部, 东经 109. 2°; 北纬 34. 3°。地形以渭河平原为主, 约占全县面积的 3/4。南部为骊山及带状黄土台塬, 地势南高北低。属暖温带, 多年平均温度为 13. 4℃, 多年平均降水量为 550 mm。

临潼县地处关中新生代汾渭断陷带东部接触地带, 深大断裂较集中, 具有长期活动性, 其特点以具垂直差异沉降为主, 新构造运动十分活跃。骊山处于临潼—长安大断裂附近, 山体四周分布数条次一级断裂, 局部具有分支, 整体为一小型的孤独地垒构造。

### 1 明圣宫滑坡工程地质条件

在滑坡东南角发育有一条张扭性正断层, 该断层产状为 330° 70' ~ 75°; 断层上盘出露第三系泥岩, 下盘出露太古界片麻岩, 断层破碎带宽约 3 m, 为较破碎的断层角砾岩, 在进殿公路拐弯处形成断层陡壁, 明圣宫滑坡就发生在断层上盘的第三系及以后的堆积层中。

明圣宫古滑坡位于临潼县骊山老母殿西南侧的山坡上, 东高西低, 自然坡面平均坡度 10° 左右, 滑坡的南半部分原始地形已整平, 北半部分地形具有 3 级台阶形态, 台阶高 1~3 m。滑坡的北侧, 东侧和南侧为山脊控制, 形成一个簸箕形滑坡地貌, 西边即为滑坡的出口方向。在该滑坡范围内, 南部和中部各有一近东西向延伸的冲沟, 并在滑坡出口下方交会。

据地面调查及钻孔、探槽揭露滑坡区地层及岩性为: 第四系人工填土(Q<sub>4</sub><sup>me</sup>); 第四系粉质黏土(Q<sub>4</sub><sup>dl</sup>);

收稿日期: 2002-03-21

资助项目: 中国科学院知识创新工程重大项目“西部生态环境演变规律与水土资源可持续利用研究”(KZCX1-10-04); 陕西省自然科学基金项目“黄土高原植被重建过程中的水文效应研究”(2000D08)

作者简介: 郑书彦(1958—), 男(汉族), 甘肃宁县人, 在读博士生。主要从事水土保持、地质工程、水资源及相关领域的教学和科研工作。电话 (029) 7011786。

第三系泥岩(N);震旦系砂砾岩(Z);太古界片麻岩(A<sub>r</sub>)(图 1)。

由于明圣宫滑坡坡范围内原自然坡面较陡,地表排水条件较好,地下水只在局部低洼地段下渗,以上层滞水的囊状形式局部分布。调查发现,在临潼县联合建筑公司工地指挥部房屋前后各有一眼水井,水量不大,稳定水位埋深 3.70 m,标高 734.76 m。在明圣宫建设指挥部前有 2 口水井,稳定水位埋深为 1.75 m,标高 728.75 m,在 30 m 范围内水位差达 6.01 m,从而说明其为囊状上层滞水。个别钻孔中见到了地下水,水量很小,该区上层滞水的补给形式主要为大气降水入渗。

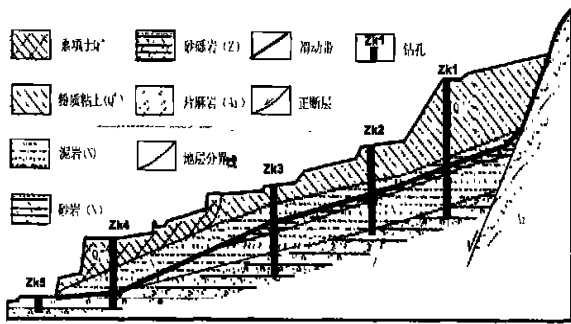


图 1 明圣宫滑坡地质模型

## 2 明圣宫滑坡特征及活动原因

明圣宫滑坡周界非常明显,南边界下部基本沿冲沟方向延伸至进殿的公路拐弯处,上部基本受断层崖控制,延伸至明圣宫的三清殿后边斜坡顶部的陡坎处,周界走向由此逐渐过渡延伸至村民李平安家外北西(NW)向的侧壁错台位置,再向西延伸至村民闫晓民家厢房北端,再沿近东西向至公路拐弯处。在宫前道路挡墙下部,在通往老母殿新公路边的探槽中,见到了明显的滑坡擦痕,滑坡的出口就在这里。

明圣宫滑坡纵向(东西向)长 230 m,横向(南北向)长 200 m,平均厚度约 12.00 m,面积约 46 000 m<sup>2</sup>,如果滑动将形成 1.08 × 10<sup>5</sup> t 的侵蚀量。明圣宫滑坡范围原自然坡面较陡,约 10°;东高西低,滑坡体南北两侧边缘地带各发育有一条冲沟,并在滑坡出口下部交会,在滑坡东南侧有一正断层沿走向 240 通过,整个滑坡形成在其上盘上,在滑坡体的西北部,自然地形较陡。古滑坡体形成在晚更新世前,在第四纪较长期地质作用下所形成的更古老的黄土斜坡基础上(有相当宽度,切深,斜坡前缘,临空等形态),由于自然原因使沟谷经河水长期侵蚀下切,古老黄土斜坡左岸被冲刷,侧蚀,边坡临空失稳,斜坡中后部在重力作用下,地下水作用以及基岩风化壳表面残积层或砾卵石

底部软弱岩层等综合因素影响下,经多次滑动形成现在的规模。

根据现场调查资料综合判断分析,明圣宫滑坡是古滑坡,现已复活,明圣宫滑坡产生及活动原因是多方面的。

(1) 地层和岩性方面。滑坡上部为第四系粉质黏土堆积层,不整合于第三系泥岩和砂岩互层上,下部为震旦系砂砾岩。风化泥岩遇水形成软泥,抗剪强度降低,使上部地层沿软弱面滑动,这是滑坡活动的物质基础。

(2) 降雨是滑坡活动的触发因素。据当地居民讲,当降雨集中,下雨时间稍长时,滑坡的后壁和侧壁会产生拉张裂缝,形成一定高度的错台,这是滑坡近期活动的明显迹象。

(3) 滑坡地貌。根据现场调查结果,该滑坡周界明显,后壁及侧壁错台清楚,出口处微鼓,呈典型的簸箕状滑坡地貌。

(4) 滑动带。在勘探布置的各钻孔中,不同程度地见到了滑动擦痕,在探槽中见到滑动光面,且均在泥岩地层中,说明滑坡曾有多次活动,滑动带位于第三系泥岩地层之中。

(5) 拉张裂隙。目前,滑坡体地表见有近南北向延伸的裂缝,宫前道路挡墙开裂,环形道路因破坏严重被迫拆除,这些病害是滑坡活动的结果。

(6) 地下水。在滑坡出口一带,局部有泥岩,砂岩出露,并曾伴有泉水出露,1997 年春季降水集中时,在宫前道路挡墙下,即滑坡出口处,经开挖发现有明显的擦痕和光滑面,并伴有泥水流出。在滑坡中、下部仙祖殿至宫前道路挡土墙间,回填了厚度 5~12 m 的压密填土为非渗水的粉质黏土处于饱水状态,Z<sub>4</sub> 号孔水位埋深仅 2.8 m。由于宫前道路挡土墙的排水孔不起作用,使地下水不能顺利排出,滞留于填土中。地下水进一步渗至滑动带,引起滑动带土抗剪强度降低,导致滑坡中、下部产生蠕动。

综上所述,明圣宫滑坡活动的原因是地层、大气降水、地下水、地貌条件、滑动带贯通、拉张裂隙形成等综合因素作用的结果。

## 3 极限平衡法计算与分析

明圣宫滑坡纵向长 230 m,横向长 200 m,面积约 46 000 m<sup>2</sup>,在滑坡体的西北部,自然地形较陡,对整个滑坡体下滑起了局部支撑作用,为此,我们确定滑坡主轴方向为滑坡体中偏南部。滑坡主轴位置的确定,反映了滑坡活动的主导方向,该主轴断面可作推力计算断面,为了使滑坡推力计算更接近实际,我们在主

轴断面上布置了 5 个钻孔(图 1), 全部钻到稳定的滑床地层上, 现场鉴定地层岩性, 在上部土层中采取原状土样, 做土工常规试验, 在滑动软弱带采取撬动土样模拟现场古滑坡特点, 做重塑土抗剪试验, 使获取的地质参数接近实际, 保证推力计算的可靠性。

根据滑动带主轴断面上的标高, 将主轴断面划分为 6 个滑动块(图 2), 作推力计算的依据, 各滑动块地质参数的选取, 综合考虑滑坡形成过程、性质、特点、现场鉴定及土工试验数据等, 以求接近现场实际, 保证推力计算的科学性和合理性。上部第一块为滑坡后端拉张部分, 该滑动块是由于滑坡下滑而被下拉形成的, 主要发生于粉质黏土层中, 故此块选取的地质参数采用粉质黏土的有关试验数据, 天然重度  $\gamma$  值为  $18.55 \sim 22.06 \text{ kN/m}^3$ , 平均值为  $19.63 \text{ kN/m}^3$ , 计算值选  $\gamma = 20.00 \text{ kN/m}^3$ , 土的内聚力  $C$  及内摩擦角  $\Phi$  值分别为  $20 \text{ kPa}$ ,  $16.5^\circ$ 。第 2—6 块滑动块, 在整个古滑坡的形成历史过程中, 滑动带土上、下部受挤压错动的的时间和次数应有所区别, 下部滑动带土受挤压错动的的时间和次数较上部的长, 强度较低, 因此, 我们在选取地质试验参数时, 上部第二、三滑动块的滑动带土  $C$ ,  $\Phi$  值取试验数据的大值, 分别选  $15 \text{ kPa}$ ,  $13.5^\circ$ 。第 4—6 滑动块的滑动带土  $C$ ,  $\Phi$  值取试验数据的中间值, 分别选取  $11 \text{ kPa}$ ,  $11.50^\circ$ 。

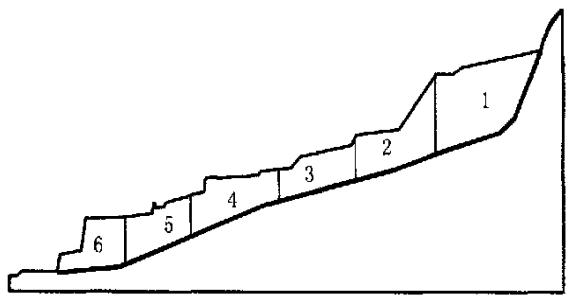


图 2 明圣宫滑坡计算分块图

$K$  值的选用主要考虑如下因素。(1) 滑坡变形: 变形有迹象, 经现场调查, 滑坡块性质已清楚, 滑动面可信, 故  $K$  值应降低; (2) 滑坡危害性: 滑坡病害直接危害明圣宫建筑物, 而明圣宫是重要的、永久性建筑物, 故  $K$  值应加大; (3) 场地工程地质条件: 宫前道路堆积有较厚的填土, 且位于滑坡前缘, 本来对滑坡起反压支撑作用, 而且前填土层中下部饱水, 使天然重度增大, 抗剪力降低, 反不利于滑坡的稳定性, 故  $K$  值可选用中值。综合分析取  $K = 1.05 \sim 1.25$ 。

第  $i$  块的剩余下滑力  $E_i$ :

$$E_i = k W_i \sin \alpha + \Psi E_{i-1} - W_i \cos \alpha \tan \Phi - C_i L_i$$

若所得某条块的剩余下滑力为负值时, 则说明自该条块以上的滑体是稳定的, 并考虑对下一条块的推力为 0; 若所得某条块的剩余下滑力为正值时, 则说明自该条块以上的滑体是不稳定的。经极限平衡法计算得  $k = 0.98$ ,  $k < K$ , 计算结果表明明圣宫滑坡目前处于不稳定状态。

## 4 明圣宫滑坡整治对策

(1) 消除或减轻大气降水和地下水对滑坡的危害。水是促使滑坡发生和发展的主要因素, 应尽早消除或减轻地表水和地下水对滑坡的危害。截: 在滑坡体可能发展的边界  $5 \text{ m}$  以外的稳定地段设置环形截水沟(或盲沟)以拦截和旁引滑坡范围外的地表水和地下水, 使之不能进入滑坡区域。排: 在滑坡区内充分利用自然沟布置排水系统, 或修筑盲洞, 布置垂直孔群及水平孔群等排除滑坡范围内的地表水和地下水。在原宫前道路挡土墙上增设渗水洞, 排出疏干填土中水分。填: 用黏土填塞滑坡体上的裂缝, 防止地表水渗入滑坡体内。

(2) 改善滑坡体力学条件, 增大抗滑力。在宫前道路挡土墙外设一排抗滑桩, 以达到滑坡治理与道路改建一举两得的目的。另外在明圣宫建筑物前设置一排抗滑桩和一排锚索工程, 对滑坡的南北半块根据不同情况, 布置不同桩型的抗滑桩。

(3) 改善滑带土的性质。采用焙烧法, 灌浆法, 孔底爆破灌注混凝土, 砂井, 砂桩, 电渗排水及电化学加固等措施, 改变滑带土的性质, 提高其强度指标, 以增强滑坡的稳定性。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 徐茂其, 等. 九寨沟流域突发性重力侵蚀初步研究[J]. 水土保持学报, 1991, 5(2): 1—7.
- [2] 郑书彦, 李占斌. 黄土区滑坡侵蚀防治决策研究[J]. 国土开发与整治, 2001, 11(3): 44—48.
- [3] 李占斌, 沈晋. 黄土高原降雨侵蚀产沙研究[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1999. 109—237.
- [4] 周择福, 等. 五台山南梁沟风景区重力侵蚀调查研究[J]. 水土保持学报, 2000, 14(5): 141—143.
- [5] E. B. Eckel. Landslides and Engineering Practice[M]. Highway Research Board, Special Report 29, 1958.
- [6] B. B. Broms, 11, landslides[M]. Foundation Engineering Handbook. Van Nostrand Reinhold Company, 1975. 89—103.
- [7] 山田刚二, 渡正亮, 小桥澄治. 地すべり・斜面崩壊の实态と対策[M]. 日本: 山海堂, 1971. 69—84.