

文章编号: 1000-7598-(2004)11-1841-04

奉节白衣庵老苍屋新滑坡成因分析

张均锋, 丁桦, 白金泽

(DES 中国科学院力学研究所, 北京 100080)

摘要:通过对奉节白衣庵古滑坡体上发生在老苍屋附近的新滑坡的现场调查、地质钻孔勘探以及降雨坡面产流的调查情况, 结合对滑坡边界的演化、渗入坡体水的软化作用等因素的分析, 阐明了该滑坡发生的主要原因是降雨产流汇集形成冲沟, 而冲沟对坡体坡角的不断下切使其逐渐丧失了支撑。此外, 降雨坡面的入渗增加了上覆荷载以及土石介质遇水软化的效应, 也是滑坡发生的原因之一。滑坡前缘的冲沟坡降急剧下切也为滑动的持续提供了客观的地质条件。最后, 对滑后坡体的治理方案进行了初步地探讨。

关键词:土石混合边坡; 成因分析; 滑坡治理

中图分类号: U 416.1⁺4 文献标识码: A

Analysis of mechanism of a new landslide in Fengjie, Chongqing, China

ZHANG Jun-feng, DING Hua, BAI Jin-ze

(DES, Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: A new landslide occurred on July 22, 2003 in Fengjie, Chongqing, China. This new landslide is developed on Baiyi'an ancient landslide on which many old and new landslides exist. Because the landslide group is on the right left side of Yangtze River, once the hazard happened, it would be dangerous for not only the residents living on the slope but also the highway just through the landslide group, the docks along the river, and the normal running of the reservoir of the Three Gorges. Therefore, attention should be given to the landslides which occur possibly in the future and some measures must be taken. In this paper, the mechanism of the new landslide is analyzed after detailed surveying on the debris for the runoff and infiltration on the slope, the slope boundary, and its geological condition by drilling. Combining the analysis of the evolution of the slope boundary due to erosion by rainfall and the softening effect of the soil-rock media by infiltrated water, we conclude the main reason of the occurrence of this landslide is that the foot of the slope had been continuously eroded by the water-flow down from the up-reach during rainfall. The existence of the deep gully also provided well geological condition for continuing sliding. Though there is no life loss in the event, the distance between the resident house and west boundary of the slope is less than 10m, and some houses have been damaged with long cracks. Measures should be taken on the slope after slide to prevent larger hazard from happening, especially for the security of the local residents. A primary plan has been presented in this paper. It should note that these measures are identical with the scheme for treatment of whole Baiyi'an landslide group, which has been proposed in existed literature.

Key words: soil-rock slope; mechanism analysis; landslide treatment

1 引言

重庆奉节白衣庵滑坡位于长江三峡西端左岸奉节老县城上游约 1 km 处, 是一个集古、老、新滑坡于一体的滑坡群体^[1]。滑坡群主要包括白衣庵古崩滑体、二道沟老滑坡、钟家沟老滑坡、幸福沟老滑坡、李家湾新滑坡、柑子林新滑坡和鸡公梁新滑坡等组成。分布标高 160~430 m, 面积约为 0.8 km²,

总体积约为 3 600 万 m³。

白衣庵滑坡群的稳定与否直接关系到穿过滑坡群的沿江大道的安全畅通、三峡水库的正常运营和沿江港口的安全, 也关系到坡体上 200 多居民的正常生活和生命财产的安全。2003 年 7 月 22 日, 在白衣庵古滑坡坡体的中部、老苍屋正前方又发生了一次新滑坡。尽管该滑坡没有造成房屋倒塌和人员伤亡, 但也使部分房屋出现较大裂缝, 滑坡边缘

收稿日期: 2003-04-12 修改稿收到日期: 2003-05-20

基金项目: 自然科学基金项目 (No.10372104); 国家 973 项目资助 (No.2002CB412706); 中科院创新方向性重点项目 (No.KJCX2-SW-L1)。

作者简介: 张均锋, 男, 1966 年生, 博士, 1987 年毕业于复旦大学应用力学系, 高级工程师, 主要从事滑坡机理和砂土液化方面的研究工作。

已离现有房屋仅 10 m, 若再有变形或垮塌, 将可能危及住宅和当地居民生命。

本文阐述了对老苍屋新滑坡的地表调查、边界确定和地质勘探情况, 对滑坡的成因进行了分析, 并提出了滑坡的治理方案。

2 老苍屋新滑坡特征

老苍屋新滑坡位于白衣庵古滑坡的中后部, 介于白马沟和幸福沟之间, 该处整体上是西高东低 (见图 1)。滑体滑动前为相对平整的平台, 为崩塌堆积层, 表面植被发育茂盛, 主要为种植的柑树林。新滑体后缘坡度较陡 (大于 30°), 西侧边界紧邻白马村四组, 居民约 200 人。东侧有一条较深的冲沟平均宽为 6 m 多, 深为 2~15 m, 且沿高程的降低逐步加深、增宽, 直达前缘。滑体的前缘较为开阔, 主要是发育较大的冲沟。该冲沟随两侧边坡的逼近逐渐变窄, 且随高程降低急剧下切。滑体解体后沿冲沟方向滑动, 并伴随对滑程两侧边坡的牵引滑动如图 2。

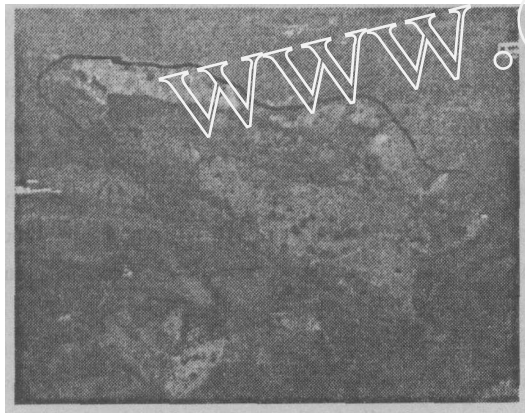


图 1 奉节白衣庵老苍屋新滑坡
Fig.1 A new landslide in Fengjie

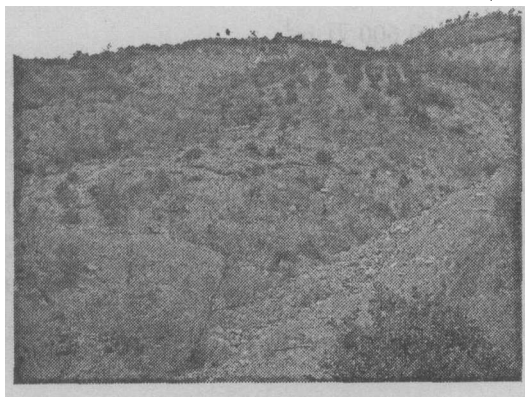


图 2 老苍屋新滑坡产状
Fig.2 The profile of slope after sliding

现场勘察表明, 滑体总体上是崩塌堆积形成的土石混合体, 其中, 所含的石块多为灰岩和泥灰岩块石或碎块石, 次棱角状, 表面光滑; 滑体最上层覆盖 1 m 厚的黄色亚粘土。滑体厚度在 3~35 m 之间, 平均厚度为 25 m, 体积约为 300 万 m^3 。滑体滑动方向初始为东稍偏南, 到达冲沟东边界后沿冲沟向东南滑动, 总体的滑动方向为 $SE130^\circ$ (图 2)。滑坡停止后整体坡度在 $20^\circ \sim 30^\circ$ 之间。

在滑体的北侧, 多处出现拉裂缝, 仅出露部分的深度就达 6 m (如图 3), 西侧也可见宽 5~10 cm 的张拉裂缝, 长达十几米。

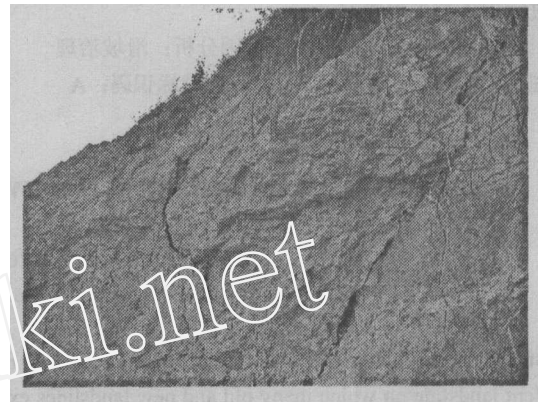


图 3 滑坡后壁上出露的竖向拉裂缝
Fig.3 Tensile cracks on the back of slope

由于滑体主要沿冲沟滑动, 滑坡前缘、冲沟东侧的边坡急剧收拢, 形成瓶颈状, 这也是滑坡滑动受阻而停止的原因 (见图 1)。整个滑坡过程从 2003 年 7 月 22 日上午 11 点开始, 共持续近 5 h, 滑程几十米。

3 新滑体的土力学参数

根据文[2]对白衣庵滑体三号桥北边坡 III 级阶地上部 (该处距离新滑坡较近) 的现场野外土石混合体水平推剪实验结果 (高程 220 m), 土石混合坡体介质的含石率按重量和按体积分别为 54% 和 47%, 重度为 21.6 kN/m^3 , 剪应力与剪切位移曲线见图 4。

在靠近新滑坡的西马家沟上游处 (高程 380 m), 对滑带上影响带的亚粘土进行的水平挤出法实验得出重度为 22.4 kN/m^3 , 剪应力与剪切位移曲线见图 5。

文[3]在室内对白衣庵滑坡土体的渗透实验结果, 平均渗透系数为 $4.02 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$, 而另外资料^[1]

的结果为 2.56×10^{-4} cm/s, 说明堆积层的渗透性稍差。

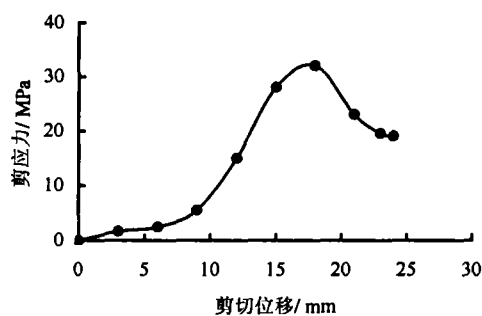


图 4 水平剪切法得到的剪应力-位移曲线^[2]

Fig.4 Shear stress displacement curve from in-situ testing

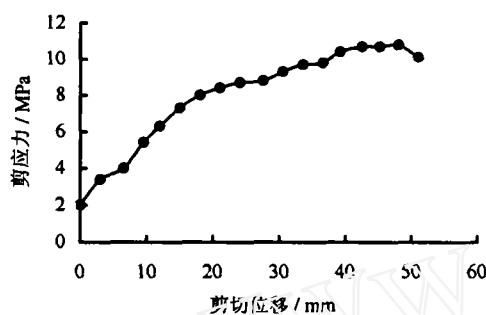


图 5 水平挤出法得到的剪应力-位移曲线^[2]

Fig.5 Shear stress displacement curve from in-situ testing

4 滑坡成因分析

4.1 降雨产流形成冲沟

由图 1 可见, 滑坡横向为西高东低, 滑体东边界的冲沟以东则相对平坦。奉节地区多年平均降雨量 1 107.3 mm, 最大日降雨量为 106.7 mm (1979 年 9 月)^[1], 而白衣庵滑坡又属巴东四组的坡积层, 其上植被较为茂盛, 因此, 整个白衣庵古滑体上冲沟发育, 除了几条大的冲沟如白马沟、幸福沟、钟家沟等外, 还有许多小的冲沟, 新滑坡东侧的冲沟就是其中之一。该冲沟从几十年前的小溪(不足 1 m 宽)逐步下切、变宽, 到滑坡发生前已达 6 m 宽、十几米深, 使得西侧较高的坡体(即新滑体)处于临空状态。

在滑坡下游, 由于冲沟急剧转向, 坡体前缘不断受到冲刷, 使得该处较为开阔, 两侧边坡较缓, 形成峡谷, 但前缘部分坡度较陡。

4.2 降雨入渗及软化

新滑坡发生前 2 d (即 7 月 19~20 日), 当地连续降雨, 雨量不大, 但由于滑前坡体地形较为平缓、植被相对发育、加上当地居民种植的果园、菜地等,

土壤较为松散, 表面土比较容易入渗, 达到田间持水量。其结果是不仅增加了坡体重量, 还对土体起到了软化效果, 降低了土体的抗剪强度, 尤其对土石混合介质来说, 这种软化效果更为强烈^[4-6]。

5 滑坡现状及可能的后果

滑坡发生后, 尽管没有人员伤亡, 但与其毗邻的西侧平台上, 居住着 200 余人, 有的房屋已经出现裂缝, 不再适合居住。距离新滑坡边缘最近的房舍不足 10 m, 若再有垮塌, 危及房屋及居民安全。此外, 由于是冲沟转向、变窄形成瓶颈才阻止了解体后坡体的下滑, 若坡体后壁持续塌落, 则意味着后缘加载, 使得坡体进一步下滑, 阻挡前缘的峡谷口受力增加。而由图 1 可见, 峡谷口西侧又是处于临空状的陡坡, 这样必然会引起西侧坡体的滑动, 从而诱发更大规模的滑坡, 其结果是对西侧坡体上的居民生命构成了威胁, 且一旦西侧坡体发生滑坡, 将沿白马沟冲下, 毁坏沿江大道乃至危及长江沿岸港口和库区的正常运营。

6 滑坡治理方案初探

该滑坡位于白衣庵古滑体之上, 是白衣庵滑坡群的一部分, 局部滑坡的治理应结合整个滑坡群的治理方案, 相互协调。此外, 该滑坡与当地居民生活息息相关, 还要考虑其局部的独特性。

6.1 地表排水

为防止地表水入渗^[7, 8], 应依据坡体的走向, 充分利用天然冲沟在白马村四组的后部设置截水沟和排水沟, 以拦截引导上游汇流而下的地表水; 在已滑坡体上设置若干排水沟使其汇入东侧的天然冲沟。对天然冲沟应采用浆砌块石, 水泥砂浆抹面。

6.2 设置挡土墙

新滑体西侧、居民房屋东侧的坡面很陡, 为防止该处经常的垮塌或被雨水冲刷, 应设置挡土墙并进行护坡。

6.3 削坡减载

对滑坡后缘处可采取削坡减载的方式, 使其与滑后坡体平顺过渡, 其上设置排水沟, 以消除后缘的不断垮塌。

文[1]对整个白衣庵滑坡的防治进行了较为细致地研究, 通过对几种方案的比较, 提出了以地表排水、后缘削方减载和前缘填方反压的综合治理方案。本文提出的老苍屋新滑坡的治理方案与文[1]的研究结论是一致的, 只是由于新滑坡沿天然冲沟滑动, 冲沟的转向变窄自然阻止了新滑坡的运动, 因

此无需前缘填方反压。此外,为保证居民的生命和财产安全,增加了局部的挡土墙和护坡。

7 结 语

白衣庵老苍屋新滑坡发生的根本原因,是降雨后地表水汇聚对冲沟的冲蚀,从而造成了对坡脚的下切以及地表水入渗后,增加了荷载,土石混合材料被软化,降低了抗剪强度。滑坡解体后沿冲沟方向滑动过程中,又对滑程两侧的坡体形成了牵引,使冲沟东侧部分坡体下滑。因此,该滑坡的滑动机制是清晰的,其边界也非常明了。由此提出的治理方案与对白衣庵滑坡群的治理方案也是一致的。

参 考 文 献

- [1] 刘传正,李瑞敏,李铁锋,等.三峡库区白衣庵滑坡防治工程研究[J].中国地质灾害与防治学报,2003,14(1): 48-54.
LIU Chuan-zheng, LI Rui-min, LI Tie-feng, et al. Study on Baiyi'an landslide control engineering in the Three Gorges Reservoir area[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2003, 14(1): 48-54.
- [2] 油新华,汤劲松.土石混合体野外水平推剪实验研究[J].岩石力学与工程学报,2002,21(10): 1 537-1 540.
YOU Xin-hua, TANG Jinsong, Research on horizontal push-shear in-situ test of soil and rock-mixture[J]. *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, 2002, 21(10): 1 537-1 540.
- [3] 油新华,李晓,马凤山,等.白衣庵滑坡原状土的渗透性实验研究[J].岩土工程学报,2001,23(6): 769-770.
YOU Xin-hua, LI Xiao, MA Feng-shan, et al. Study on permeability test of in-situ soil from Baiyi'an slide[J]. *Chinese Journal of Geotechnical Engineering*, 2001, 23(6): 769-770.
- [4] 周翠英,彭泽英,尚伟,等.论岩土工程中水-岩相互作用研究的焦点问题[J].岩土力学,2002,23(2): 124-128.
ZHOU Cui-ying, PENG Ze-ying, SHANG Wei, et al. On the key problem of the water-rock interaction in geoen지니어ing: mechanical variability of special weak rocks and some development trends[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2002, 23(2): 124-128.
- [5] 刘长武,陆士良.泥岩遇水崩解软化机理的研究[J].岩土力学,2000,21(1): 28-31.
LIU Chang-wu, LU Shi-liang. Research on mechanism of mudstone degradation and softening in water[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2000, 21(1): 28-31.
- [6] 詹良通,吴宏伟,包承纲,等.降雨入渗条件下非饱和膨胀土边坡原位监测[J].岩土力学,2004,24(2): 151-158.
ZHAN Liang-tong, NG Wang-wai Charles, BAO Cheng-gang, et al. Artificial rainfall infiltration test on a well-instrumented unsaturated expansive soil slope[J]. *Rock and Soil Mechanics*, 2004, 24(2): 151-158.
- [7] 吴宝和.地表水和地下水对岩质边坡稳定性影响及防渗措施[J].中国地质灾害与防治学报,2003,14(3): 140-141.
WU Bao-he. The influence of surface and underground water on the stability of rock slope and seepage-proof measure[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2003, 14(3): 140-141.
- [8] 骆银辉,邓星理,王兴安.试论疏排水在红层地区滑坡治理中的重要作用[J].中国地质灾害与防治学报,2003,14(3): 58-60.
LUO Yin-hui, DENG Xing-li, WANG Xing-an. Elementary discussion on the function of water draining for landslide remediation in red beds area[J]. *The Chinese Journal of Geological Hazard and Control*, 2003, 14(3): 58-60.