

Occurrence Mechanism of Qingshan Landslide Geological Disasters and Its Risk in Laoshan Area

Jianwei Zhang^{1,2*}, Shuya Hu¹, Qing Gao³, Zhongcheng Lu^{2,4}, Hongzhi Song³, Yuliang Ma¹

¹School of Environmental Sciences and Engineering, Qingdao University, Qingdao Shandong

²School of Architecture and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou Zhejiang

³Qingdao Geology and Mineral Engineering Co., Ltd., Qingdao Shandong

⁴Water Supply Management Office of Qingdao City, Qingdao Shandong

Email: *dragonzjw@126.com, 93664399@qq.com

Received: Oct. 8th, 2016; accepted: Oct. 25th, 2016; published: Oct. 28th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

We have carried out the investigation of landslide characteristics and geological environment about the typical Qingshan landslide in Laoshan area, and analyzed the topography, hydrogeology, engineering geology and other conditions related to the occurrence of the landslide. Through comprehensive analysis of various factors, the mechanism of Qingshan landslide was concluded: under the condition of human engineering activity and heavy rainfall, the original mechanical balance of the slope with poor stability was destroyed, leading to landslide occurrence. The stability evaluation of the disaster body showed that its stability was poor, the probability of disaster occurrence was big again, and the risk was great.

Keywords

Landslide, Geological Disasters, Mechanism, Disaster's Risk

崂山地区青山滑坡地质灾害发生机理及其危险性

张建伟^{1,2*}, 胡舒娅^{1#}, 高擎³, 路忠诚^{2,4}, 宋红志³, 马玉亮¹

*通讯作者。

文章引用: 张建伟, 胡舒娅, 高擎, 路忠诚, 宋红志, 马玉亮. 崂山地区青山滑坡地质灾害发生机理及其危险性[J]. 水土保持, 2016, 4(3): 52-58. <http://dx.doi.org/10.12677/ojswc.2016.43008>

¹青岛大学环境科学与工程学院, 山东 青岛

²浙江大学建筑工程学院, 浙江 杭州

³青岛地矿岩土工程有限公司, 山东 青岛

⁴青岛市供水管理处, 山东 青岛

Email: dragonzjw@126.com, 93664399@qq.com

收稿日期: 2016年10月8日; 录用日期: 2016年10月25日; 发布日期: 2016年10月28日

摘要

针对崂山地区典型的青山滑坡地质灾害点, 开展滑坡发育特征和地质环境调查, 分析了与滑坡发生相关的地形地貌、水文地质、工程地质等条件。综合各因素分析得出青山滑坡地质灾害发生的机理为: 稳定性差的边坡在人类工程活动和强降雨条件下, 使原有的力学平衡状态遭到破坏, 导致滑坡灾害的发生。进行了灾害体稳定性评价, 结果显示其稳定性较差, 再次发生灾害的概率大, 危险性大。

关键词

滑坡, 地质灾害, 发生机理, 危险性

1. 引言

崂山是我国著名的滨海风景名胜区和 5A 级景区, 位于山东半岛南部、青岛市东南隅, 东、南濒黄海, 西邻青岛市区。崂山地区地质灾害易发程度较高, 历史上多次发生有人员伤亡的地质灾害, 威胁当地人民群众的生命财产安全[1]。近年来, 随着资源开发和工程建设活动的加剧, 以及极端气象条件的不断出现, 使滑坡地质灾害发生频率有所增高[2] [3] [4]。选取典型灾害点青山村滑坡, 进行灾害发育特征分析[5] [6] [7], 开展灾害治理工程。

2. 青山滑坡概况

2.1. 发育特征

青山滑坡位于崂山王哥庄街办 212 省道沿线的青山村, 地理坐标: 东经 $120^{\circ}41'03.3''$, 北纬 $36^{\circ}09'26.8''$ 。该滑坡体高约 30 m, 长度约 120 m, 平均厚度 4.9 m, 属于小型滑坡。滑坡体中有 212 省道穿过, 滑坡体主体位于省道北侧。滑坡体土质较松散, 其下部为坚硬花岗岩。灾害发生后, 上部仍有局部滑塌现象, 稳定性较差; 其西南方向约 100 m 处存在一处灾害隐患, 已有明显的滑动变形迹象, 存在着很大的安全隐患。

2.2. 危害情况

滑坡发生时, 滑坡体下方公路损毁, 路面和路基均被破坏, 长度约 178 m, 造成交通中断; 滑坡体西南方向约 100 m 处的灾害隐患体, 导致公路路面出现 2~25 cm 宽的裂缝, 并有多处局部错断和下陷现象。滑动的岩土体先将公路侧的电线杆冲倒, 然后在高压电线和钢筋的拉动下, 滑坡体两侧的电线杆随之断裂倒地, 造成青山村全村断电, 影响了村民的日常生活(图 1)。

滑坡灾害还导致其后壁、侧壁等产生多处危岩体, 大多数危岩体前方已悬空, 若再次遇到强降雨天气, 发生滑塌的可能性很大, 因此, 迫切需要开展滑坡灾害治理工程。



Figure 1. The scene of geological hazards
图 1. 地质灾害现场

3. 地质环境条件

3.1. 地形地貌

崂山地区属中低山丘陵区，层峦叠障、地形复杂，以崂山山脉为轴心，中间高、东西两侧低，主峰海拔 1132.7 m。滑坡点地处崂山地区的东部，地貌类型为构造剥蚀丘陵区，四周山势陡峻，沟谷切割强烈，沟谷两侧边坡较陡，地形起伏较大，坡度一般大于 40° ，相对高差 50~185 m；表面为堆积物，厚约 0.1~3 m，植被较发育，上部岩石裸露较多。

3.2. 地质概况

出露岩石为花岗岩，浅红色，呈块状。

坡面覆盖的松散堆积物黄褐色，主要为砂质土夹碎石，自坡脚向上，厚度变薄，顶部趋于消失。

3.3. 水文地质条件

地下水主要接受大气降水补给。大气降水沿裂隙渗入地下，在沟谷底部汇集并向地下流动。

3.4. 工程地质条件

地层主要分为覆盖层和岩石层。

覆盖层较松散，力学性质较差；岩石层主要为花岗岩，力学性质较好；因此，总体工程地质条件良好。

4. 致灾因素及发生机理

4.1. 气象降雨

气象降雨是滑坡地质灾害发生的主要致灾因素[8] [9] [10] [11]。崂山地区降水量的时间分布极不均匀，主要集中在 6~9 月，占全年降水量的 65%~80%。根据以往崂山地区地质灾害所发生的时间及灾害点

情况,结合青岛市气象局提供的降雨量资料,分析得出:日降雨量在 75 mm~150 mm 内,地质条件较差、容易发生变形破坏的地段被大气降雨因子引发而发生地质灾害;而日降雨量大于 150 mm 时,地质条件相对较好、斜坡稳定性也相对较好的区域也极可能引发地质灾害。

发生滑坡当天的降水非常大,达到 126.3 mm;前 3 天的降水量为零;前 10 天中只有一天降大雨且雨量为 51.5 mm,有一天降小雨,其它几天降雨量为零。灾害发生的主要原因是当日降特大暴雨(图 2)。

4.2. 人类工程活动

崂山风景区的开发、频繁的工程活动对地质环境的破坏是滑坡地质灾害及隐患形成的不可忽视的重要因素。从已发生的灾害来看,有的是直接由人类的工程活动所造成,有的则是人类工程活动引发的次生地质灾害。

1) 山区公路施工建设,开挖路基形成不稳定斜坡,劈山、放炮等活动强烈振动,更使山坡岩土体受振而松动,这成为滑坡地质灾害的引发因素。

2) 削坡建房工程,除使斜坡岩土体振动外,还形成人工陡边坡,且兴建的房屋及堆渣、弃渣、填土等给斜坡增加荷载,导致斜坡支撑不了过大的重量,失去平衡而引发灾害。

3) 无序开发梯田,既没有统一规划,也没有统一配套集中排水设施;不仅破坏了原有植被,而且在降水强度较大、地表径流大的情况下,雨水更易蓄积、浸润、软化岩土体,加大了岩土体中的静水压力和动水压力,对下一级梯田造成冲击,形成从上而下的连锁反应,导致滑坡灾害的发生。

4) 崂山石材的开采,破坏了山体、植被,同时不合理的堆置矿渣、尾矿等,也极易引发地质灾害。

4.3. 灾害发生机理

青山滑坡地质灾害发生的机理为:

内因是边坡稳定性差[12];滑坡面堆积物渗透性能好,暴露地表,在长期降水作用下,边坡稳定性差,使滑坡体处于不稳定状态。人类工程活动进一步降低了边坡稳定性[13];资源开发、人工开挖边坡以及斜坡上部加载,增大了滑体的下滑力,减小斜坡的支撑力。在强降雨条件下,原有的力学平衡状态遭到破坏,最终导致滑坡发生[14]。

5. 边坡稳定性

边坡稳定性是指边坡的岩土体在一定条件下的稳定程度,是滑坡地质灾害发生的主控因素,采用极限平衡法中的传递系数法进行计算[15][16]。该计算结果将作为滑坡危险性评价和地质灾害治理工程设计的重要依据。

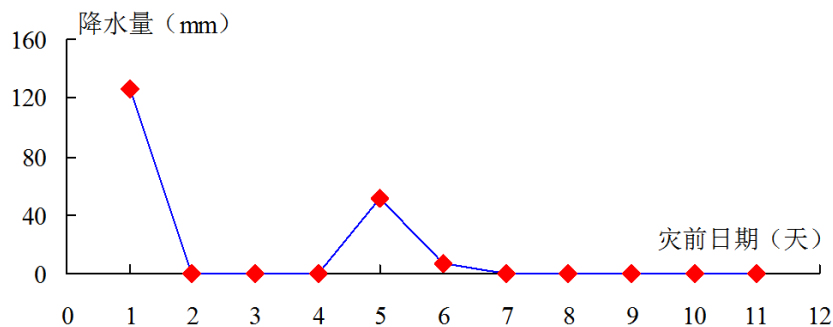


Figure 2. The rainfall curve chart of 10 days before the disaster

图 2. 灾前 10 天降雨量曲线图

5.1. 参数确定

根据滑坡点的边坡坡形，回填土为无粘性杂填土，取参数值：

$$\gamma = 14.58 \text{ kN/m}^3; c = 31.7 \text{ kPa}; \varphi = 14.17^\circ。$$

滑坡体高度为 27.96 m，长度为 160 m。

5.2. 滑坡推力计算方法

滑坡推力按折线型计算，计算公式为：

$$F_n = F_{n-1}\psi + K_t G_{nt} - G_m \text{tg}\Phi_n - c_n L_n$$

$$\psi = \cos(\beta_{n-1} - \beta_n) - \sin(\beta_{n-1} - \beta_n) \text{tg}\Phi_n$$

式中：

F_n 、 F_{n-1} —第 n 块、第 $n-1$ 块滑体的剩余下滑力；

ψ —传递系数；

K_t —滑坡推力安全系数；

G_{nt} 、 G_m —第 n 块滑体自重沿滑动面、垂直滑动面的分力；

Φ_n —第 n 块滑体沿滑动面土的内摩擦角标准值；

c_n —第 n 块滑体沿滑动面土的粘聚力标准值；

L_n —第 n 块滑体沿滑动面的长度。

根据受灾对象等级确定原则，滑坡体下方受威胁人数约 150 人，按地质灾害损失分级标准属二级，因此确定滑坡推力安全系数 K 为 1.15。

5.3. 计算结果

由于灾害点坡体长度小、坡度变化不大，将其分成 5 个块段进行计算(表 1)。

各块段剩余下推力：

第 1 块剩余下推力 69,984.90 KN；

第 2 块剩余下推力 46,221.64 KN；

第 3 块剩余下推力 49,696.88 KN；

第 4 块剩余下推力 42,045.45 KN；

第 5 块剩余下推力 37,967.54 KN。

Table 1. Calculation results of residual thrust

表 1. 边坡剩余推力计算结果

滑块号	重量	滑面长	滑面	粘聚力	内摩擦角
	Wi	Li	倾角	Ci	Φ_i
	(KN)	(m)	($^\circ$)	(KPa)	($^\circ$)
1	197,838	16.2	30	31.7	14.17
2	177,147	15	9	31.7	14.17
3	306,180	35	13	31.7	14.17
4	89,405	14	9	31.7	14.17
5	8748	5	1	31.7	14.17

5.4. 稳定安全系数验算

根据《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001)中关于滑坡稳定安全系数的计算公式:

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

$$\psi_j = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \sin(\theta_i - \theta_{i+1}) \tan \Phi_{i+1}$$

$$R_i = N_i \tan \Phi_{i+1} + c_i L_i$$

式中:

F_s —稳定系数;

R_i —作用于第 i 块段的抗滑力;

T_i —作用于第 i 块段滑动面上的滑动分力;

N_i —第 i 块段滑动面上的法向分力;

θ_i —第 i 块段滑动面与水平面的夹角;

其余参数符号同前述推力计算公式。

滑坡稳定性验算参数取值参考表 1 中边坡剩余推力计算结果的数据, 得安全系数 0.94, 小于该地区实际安全系数 1.15 (经验值)。

5.5. 边坡稳定性评价

根据滑坡推力计算及稳定性验算结果, 当滑动面取土层与基岩接触面, 对边坡稳定性评价如下:

滑坡体 5 个块段的剩余推力均为正值, 边坡安全系数为 0.94, 小于 1.15, 说明滑坡稳定性较差, 该处滑坡体仍处于不稳定状态。

6. 结论

1) 通过对崂山地区青山滑坡灾害的分析, 得出灾害发生的机理为: 稳定性差的边坡在人类工程活动和强降雨条件下, 使原有的力学平衡状态遭到破坏, 导致滑坡发生。

2) 根据上述青山滑坡地质灾害发生机理, 外力因素可引发滑坡的发生; 降雨尤其是大暴雨, 使滑坡体在雨水的浸泡下易产生滑动。又据上述边坡稳定性计算结果, 发生灾害后的青山滑坡体仍不稳定, 再次发生灾害的概率较大, 存在着严重的安全隐患, 对青山村居民及过往行人的生命财产安全造成很大的威胁, 危害性大。因此, 需要采取一定的加固、排水措施进行治理。

基金项目

国家自然科学基金(41202175)。

参考文献 (References)

- [1] 王治良, 张永伟. 青岛市崂山区建立地质灾害自动监测预警示范工作的探索[J]. 山东国土资源, 2011, 27(1): 16-19.
- [2] 王孔伟, 张帆, 林东成, 等. 三峡地区新构造活动与滑坡分布关系[J]. 世界地质, 2007, 26(1): 26-32.
- [3] 樊晓一. 区域滑坡频度预测和趋势研究[J]. 水土保持通报, 2010, 30(3): 92-95.
- [4] 唐春, 罗吉祥, 汪梅. 大关县滑坡灾害发育特征及成因分析[J]. 中国水土保持, 2009(7): 35-36.

- [5] 王治华, 郭兆成, 杜明亮, 等. 基于数字滑坡技术的暴雨滑坡、泥石流预警、监测模型研究[J]. 地学前缘, 2011, 18(5): 303-309.
- [6] 宫清华, 黄光庆, 郭敏, 等. 地质灾害预报预警的研究现状及发展趋势[J]. 世界地质, 2006, 25(3): 296-302.
- [7] 谢谟文, 柴小庆, 贾宁, 等. 滑坡实时监测网络地理信息系统研发及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2011, 30(10): 2090-2102.
- [8] 陈国浒, 王海芝, 任凯珍. 北京市戒台寺滑坡稳定性评价及预警模型研究[J]. 城市地质, 2011, 6(3): 17-21.
- [9] 郑书彦. 滑坡侵蚀定量评价模型及应用研究[J]. 水土保持通报, 2007, 27(3): 47-51.
- [10] 杨则东, 鹿献章, 李良军, 等. 安徽省石台县城关同心滑坡调查评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2000(4): 53-55.
- [11] Yin, Y.P., Zheng, W.M., Liu, Y.P., *et al.* (2010) Integration of GPS with InSAR to Monitoring of the Jiaju Landslide in Sichuan, China. *Landslides*, **13**, 359-365. <http://dx.doi.org/10.1007/s10346-010-0225-9>
- [12] 李逵, 吴吉民. 清江水布垭库区南潭村滑坡特征及其稳定性[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2011, 22(3): 16-20.
- [13] Yu, Q.Y. and Nie, L. (2006) Study on Distribution Rule of Sliding Pushing Force and Remnant Resistant Sliding Force Acting on Anti-Sliding Pile. *Global Geology*, **25**, 227-231.
- [14] 林玲玲, 于晓辉, 刘晓燕. 安宁河东岸西昌段蛇尾巴村滑坡、泥石流成因分析[J]. 防灾科技学院学报, 2011, 13(3): 25-29.
- [15] Brunetti, M.T., Peruccacci, S. and Rossi, M. (2010) Rainfall Thresholds for the Possible Occurrence of Landslides in Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, **32**, 447-458. <http://dx.doi.org/10.5194/nhess-10-447-2010>
- [16] 祝立人, 毛光水, 李康东, 等. 浙江省新昌县下山村滑坡地质特征与稳定性评价[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(4): 18-22.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojswc@hanspub.org