

文章编号:1008-1534(2013)02-0063-03

## 雷达岗滑坡形成机理及稳定性分析

樊玉敬<sup>1</sup>, 钱龙<sup>1</sup>, 刘硕<sup>1</sup>, 梁小勇<sup>2</sup>

(1. 河北省环境地质勘查院, 河北石家庄 050021; 2. 河北科技大学建筑工程学院, 河北石家庄 050018)

**摘要:** 在详述雷达岗滑坡形成机理基础上, 对该滑坡在多种工况下的稳定性进行了计算。结果表明, I号滑坡均处于稳定状态, II号滑坡在饱和工况条件下整体稳定, 局部(上部)坡体欠稳定。研究结果为该滑坡的防治提供了重要的依据。

**关键词:** 滑坡; 地震; 形成机理; 稳定性

中图分类号: TU457 文献标志码: A doi: 10.7535/hbgjkj.2013yx0110

## Formation mechanism and stability of Leidagang landslide

FAN Yujing<sup>1</sup>, QIAN Long<sup>1</sup>, LIU Shuo<sup>1</sup>, LIANG Xiaoyong<sup>2</sup>

(1. Environmental Geological Exploration Institute of Hebei Province, Shijiazhuang Hebei 050021, China; 2. School of Civil Engineering, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang Hebei 050018, China)

**Abstract:** The formation mechanism of Leidagang landslide was analyzed, and the stability was calculated under different loading conditions. The results show that landslide I is in steady state, while under saturation condition landslide II is in global stability except local (upper) slope being unstable. The conclusion provides important basis for the treatment of the Leidagang landslide.

**Key words:** landslide; earthquake; formation mechanism; stability

### 1 滑坡概况

雁鹅村 14 社雷达岗滑坡位于大邑县金星乡西北侧约 4 km 的山坡的中上部, 地理位置处于北纬  $30^{\circ}42'03''$ , 东经  $103^{\circ}26'46''$ 。滑坡区为斜坡地貌, 坡度为  $20^{\circ}\sim35^{\circ}$ , 滑坡后缘至基岩陡壁, 侧边界至自然凹沟, 前缘至雁鹅村 14 社村民房屋后, 均有基岩出露, 共有 2 处滑坡。

I号滑坡主滑方向  $125^{\circ}$ , 滑坡宽约 137 m, 长约 122 m, 平均厚度为 10.5 m, 滑坡体积约  $17.55 \times 10^4$  m<sup>3</sup>。II号滑坡, 主滑方向  $73^{\circ}$ , 滑坡宽约 148 m, 长约 122 m, 平均厚度为 7 m, 滑坡体积约  $12.64 \times 10^4$  m<sup>3</sup>,

规模属于中型, 如图 1 所示。

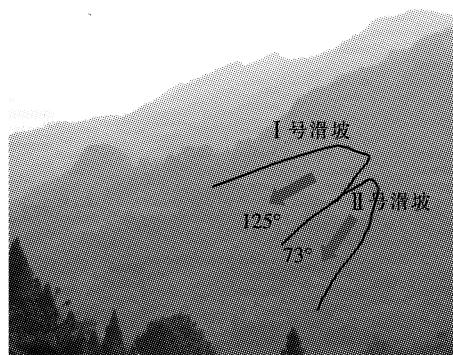


图 1 雷达岗滑坡全貌

Fig. 1 Figure of Leidagang landslide

收稿日期: 2012-10-15; 修回日期: 2012-11-05

责任编辑: 冯民

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51274079)

作者简介: 樊玉敬(1980-), 女, 河北石家庄人, 工程师, 主要从事水文地质与工程地质方面的研究。

E-mail: lixiayon\_2001@163.com

滑体物质主要为含大块石碎石土, 碎石粒径为 2~10 cm, 含量为 50%~70%, 块石块径为 2~4 m, 夹粉土, 厚度为 3~10 m。滑坡中上部坡体碎石土碎石、块石含量较高, 多含 1~2 m 的大块石。

I号滑坡坡体中部及后缘出现裂缝，并且经过雨季后，裂缝有轻微变形，变形迹象不太明显。Ⅱ号滑坡开始仅在上部发现裂缝，经过雨季后，滑坡裂缝变宽，由原来的约10 cm变为现在的约15 cm，局部坡体下挫，约6 cm。

## 2 滑坡形成机理

### 2.1 滑坡变形形成机制分析<sup>[1-7]</sup>

雷达岗滑坡地形坡度上陡下缓，坡体物质为崩坡积成因的碎石、碎块石土，前后缘均有基岩出露，从地形地貌上讲，坡体易产生下滑。

此外，“5·12”大地震时，由于地震作用，导致滑坡体土体结构、密实等性质发生变化，表层形成多处张裂缝。降水沿土体裂缝或土体表面入渗，导致坡体土自重、物理力学性质等发生变化，降水至岩土界面时，坡体易沿岩土界面产生滑动，坡体裂缝加剧，从而形成滑坡。

### 2.2 滑坡主控条件及影响因素

1) 地震因素 地震是雷达岗滑坡发生变形的诱因之一，“5·12”大地震的震动使得滑坡体更加松散，造成土体力学性质改变，产生变形，局部出现裂缝，在降雨等作用下，裂缝变形进一步加剧。地震是雷达岗滑坡产生变形迹象的初始因素。

2) 地质构造因素 本区地处大邑雾中山褶断带，雾中山褶断带由一系列北东向展布的褶曲、断裂、飞来峰群组成。地层为三叠系——第三系地层。雷达岗滑坡位于雾中山背斜的东翼边缘。所处砂岩、砾岩互层地层，局部地层变化较大，斜坡上形成了厚度较大的残坡积层，在各种不利条件组合下容易失稳造成滑坡灾害。

3) 地形及物质因素 该区为斜坡地貌，斜坡平均坡度为20°~35°，斜坡上部较陡，坡度为30°~35°，局部为45°；下部坡度较缓，坡度为20°左右。斜坡上松散碎石土较厚，前缘较陡，有较高的临空面，为滑坡的形成创造了有利条件。同时，滑坡区表层为第四系残坡积物，岩性为碎石土、碎块石土，下伏基岩为白垩砾岩及泥质砂岩，泥质砂岩属于亲水岩，抗风化能力弱，也极易被水软化。碎石土含水且透水，而泥质砂岩弱透水，在碎石土与千枚岩接触面形成润湿渗流，降低了上覆碎石土的抗滑力，这为滑坡的变形失稳创造了有利条件。

4) 降水影响 降雨频繁，接受大气降雨后，地表水渗透至土体，既增大了土体重度，又降低了土体的抗剪强度指标。滑体主要为碎石土，碎石含量较高，坡体物质透水性较好，降雨多在重力作用下入渗至坡体内，增加了坡体自重，软化了土体，影响坡体的

稳定性。特别是“5·12”大地震后，滑坡体多处部位出现张裂缝，降水更易沿裂缝进入滑坡体内，为滑坡形成创造条件。

5) 人为因素 坡体前缘为雁鹅村14社村民房屋，房屋的修建切坡，以及村民对前缘部分坡体进行开挖都是人为因素。另外滑坡体上农业耕种，导致了坡体降雨入渗的加快，对滑坡的稳定产生一定影响。

## 3 滑坡稳定性分析及评价<sup>[8-10]</sup>

结合该滑坡的特点，采用刚体极限平衡法的传递系数法定量分析计算其稳定性与剩余下滑推力。

### 3.1 稳定性计算

1) 计算剖面的选取 选取原则是剖面尽可能与地形等高线垂直或与滑坡运动主方向平行；计算评价已有严重变形的岩土体稳定性为主，适当考虑未破坏但存在潜在不稳定部位；剖面经过部位要求数据可靠，能真实反映岩土体的情况。由此确定本次计算的剖面共2个。

2) 计算工况 考虑到滑坡目前稳定状态，结合当地的气候特点，同时兼顾滑坡所处的地质构造部位，拟订以下工况：天然状态（自重）、饱和状态、天然+地震。

3) 计算参数的选取 根据室内试验结果、工程类比和参数反演确定雷达岗滑坡计算参数，见表1。

表1 计算参数

Tab. 1 Design conditions

位置	天然状况		暴雨饱和状况	
	黏聚力 C/ kPa	内摩擦角/ (°)	黏聚力 C/ kPa	内摩擦角/ (°)
I—I'	18.5	28.0	15.0	25.0
II—II'	17.5	26.0	14.0	23.5

4) 计算方法 采用极限平衡法中的不平衡推力法。

5) 计算结果 雷达岗滑坡稳定性计算结果见表2和表3。

表2 滑坡稳定性计算表(岩土界面滑动模式)

Tab. 2 Computation of landslide stability  
(slide between rock and soil)

计算剖面	工况条件	稳定性系数
I—I'	天然状态	1.544 8
	饱和状态	1.336 1
	天然+地震	1.347 7
II—II'	天然状态	1.334 2
	饱和状态	1.140 2
	天然+地震	1.191 6

表3 滑坡整体稳定性计算表(局部滑动模式)

Tab. 3 Computation of landslide stability  
(local sliding)

计算剖面	工况条件	稳定性系数
I-I'	天然状态	1.544 8
	饱和状态	1.336 1
	天然十地震	1.347 7
II-II'	天然状态	1.226 7
	饱和状态	1.042 0
	天然十地震	1.109 1

### 3.2 稳定性评价

I号滑坡无论天然状态、饱和状态还是天然十地震工况条件下均处于稳定状态,稳定性系数大于1.3,比较稳定。II号滑坡在岩土界面滑动模式的天然状态及天然十地震工况条件下,稳定性系数分别为1.334 2和1.191 6,滑坡处于稳定状态;饱和工况下,整体稳定系数为1.140 2,整体处于基本稳定状态。在局部滑动模式时,II号滑坡天然状态下稳定,稳定性系数为1.226 7;饱和工况条件下欠稳定,稳定性系数为1.042 0;天然十地震工况条件下基本稳定,稳定性系数为1.109 1。

由此可见,无论何种工况条件下,I号滑坡均处于稳定状态;II号滑坡天然状态下处于稳定状态,地震工况条件下稳定-基本稳定;饱和工况整体基本稳定,局部欠稳定,有可能局部失稳定。

## 4 结语

通过对该滑坡的区域环境进行论述并对滑坡的形成机理进行分析得出以下结论。

1)地震是雷达岗滑坡产生变形迹象的初始因素。暴雨是滑坡变形的主要影响因素,暴雨使滑坡稳定性降低,饱和状态下有可能整体失稳或局部出现变形。

2)雷达岗I号滑坡在天然状态、饱和工况和地震工况下均处于稳定状态。II号滑坡在天然状态下整体稳定,饱和工况条件下整体稳定,局部(上部)坡体欠稳定。

## 参考文献/References:

- [1] 高军.复合土钉支护技术在软岩高边坡防护中的应用及其作用机理[J].河北科技大学学报,2004,25(2):69-73.  
GAO Jun. Study on the composite soil nailing working mecha-

nism and its application on high slope and soft rock[J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2004, 25(2):69-73.

- [2] 汪旭光.中国工程爆破新进展[J].河北科技大学学报,2009,30(1):1-7.  
WANG Xuguang. New progress and development of engineering blasting in China [J]. Journal of Hebei University of Science and Technology, 2009, 30(1):1-7.
- [3] 许冲,戴福初,徐锡伟.汶川地震滑坡灾害研究综述[J].地质论评,2010,56(6):861-874.  
XU Chong, DAI Fuchu, XU Xiwei. Wenchuan earthquake-induced landslides: An overview[J]. Geological Review, 2010, 56(6):861-874.
- [4] 戚宗舸.青海麦秀山滑坡形成机理分析[J].中国地质灾害与防治学报,2007,17(3):6-10.  
QI Zongke. Mechanism analysis of Maixiushan landslide in Qinghai province[J]. Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2007,17(3):6-10.
- [5] 关晓峰,周汉民.高台阶排土场滑坡机理研究及稳定性计算分析[J].有色金属(矿物部分),2012,64(2):67-69.  
GUAN Xiaofeng, ZHOU Hanmin. Study on landslide mechanism and stability analysis of high bench waste dump[J]. Non-ferrous Metals(Mining Section), 2012,64(2):67-69.
- [6] 陈国荣,池永斌,李红健,等.堤塘实际滑坡机理及稳定性分析[J].工程地质学报,2003,11(1):25-29.  
CHEN Guorong, CHI Yongbing, LI Hongjian, et al. Mechanism for sea embankment landslide and stability analysis[J]. Journal of Engineering Geology, 2003,11(1):25-29.
- [7] 王成华,陈永波.武隆滑坡形成机理与成灾分析[J].自然灾害学报,2002,11(1):108-112.  
WANG Chenghua, CHEN Yongbo. Mechanism and cause of disaster of Wulong landslide[J]. Journal of Natural Disasters, 2002,11(1):108-112.
- [8] 曾超,李曙平,李群.地震灾区公路滑坡发育特征及形成机理分析[J].公路工程,2009,34(3):143-146.  
ZENG Chao, LI Shuping, LI Qun. Analysis of growth characteristics and mechanism of landslide of road in the earthquake-stricken area[J]. Highway Engineering, 2009, 34 (3): 143-146.
- [9] 陈刚,李世民,蔡敏.高川陈家坡滑坡的形成机制及稳定性评价[J].南水北调与水利科技,2011,9(1):134-138.  
CHEN Gang, LI Shimin, CAI Min. Formation mechanism and stability evaluation of Chenjiapo landslide in Gaochuan county [J]. South-to-North Water Diversion and Water Science & Technology, 2011, 9(1):134-138.
- [10] 杨文东,谢全敏,李新平,等.三峡库区童家坪滑坡机理与稳定性评价[J].土工基础,2006,20(1):21-23.  
YANG Wendong, XIE Quanmin, LI Xinping, et al. Formation mechanism and stability analysis of Tongjiaping landslide in the Three Gorge Reservoir area[J]. Soil Engineering and Foundation, 2006, 20(1):21-23.