

文章编号:1673-0836(2005)07-1014-03

土体降雨滑坡中细颗粒运移及效应*

矫滨田¹, 鲁晓兵¹, 王淑云¹, 陈晓清², 崔鹏²

(1. 中国科学院力学研究所, 北京 100080;

2. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘要:针对土体中细颗粒迁移对滑坡泥石流启动的影响开展了实验, 比较了不同纵横剖面的颗粒级配在不同位置及实验前后的结果。研究发现, 沿土体深度方向均是细颗粒下移, 中部聚集程度最高; 沿坡面方向, 在离土面相同距离的位置, 后部细颗粒多, 前部细颗粒少。可以初步认为, 随着降雨入渗, 细颗粒逐渐汇集到土体下部和土坡坡角, 从而使相应位置的渗透性降低, 孔压上升, 孔隙水聚集于该处, 形成滑动面, 最后导致滑坡泥石流。

关键词: 降雨; 滑坡; 泥石流; 细颗粒

中图分类号: P642.2

文献标识码: A

The Movement of Fine Grains and Its Effects on the Landslide and Debris Flow Caused by Raining

JIAN Bing-tian¹, LU Xiao-bing¹, WANG Shu-yun¹, CHEN Xiao-qing², CUI Peng²

(1. Institute of Mechanics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, P. R. China;

2. Institute of Mountain Hazard and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, P. R. China)

Abstract: Experiments are carried out to study the movement of fine grains in soil and its effect on the landslide and debris flow. The grain series at different sections before and after experiments are compared. It is shown that the fine grains move downwards in the direction vertical to the slope surface and mostly are assembled in the middle. The fine grains are more at the tail than at the foreside at the same parallel to the slope surface. It may be thought that the fine grains are assembled at the lower part and foreside of the slope due to the raining and penetration of water, which causes decrease of the permeability at these places. Therefore, the pore pressure increases and pore water are blocked at these places, loading to formation of the sliding face and the landslide or debris flow occurs.

Key words: raining; landslide; debris flow; fine grains

1 前言

中国是一个多山的国家, 滑坡泥石流等山地灾害分布广泛。其中, 由暴雨引发的滑坡泥石流灾害在数量上和造成的损失分别要占这类灾害的 90% 和 95% 以上。滑坡泥石流严重制约着山区社会经济的发展, 威胁着山区城镇、村庄、交通、水电工程以及矿山等。限于政府和山区经济的限制, 不可能一下子将这些灾害完全采用工程的措施进行治理,

深入广泛开展滑坡泥石流的预测预报研究是减灾的重要手段。

虽然滑坡泥石流的预测预报研究取得了大量的成果^[1-3], 但是还没有获得一种精度高、经济、可以广泛应用的滑坡泥石流预报方法。对于降雨条件下的滑坡泥石流启动, 目前人们更多关注的是降雨入渗速度、深度等^[6-9], 关于水入渗引起的细颗粒迁移及导致的土体性质的变化对滑坡泥石流启动的影响很少考虑。在野外试验观测中, 发现降雨

* 收稿日期: 2005-08-05 (修改稿)

作者简介: 矫滨田 (1980-), 男, 1980 年生, 硕士研究生, 主要从事岩土工程方面的研究。

过程中,细颗粒逐渐从土体表面和土坡上部向坡角运移,堵塞渗流通道,这样可能使坡体内孔压增加,有效应力降低,土坡强度降低,导致滑坡。这引起了我们的兴趣,为了更细致地考察这种效应,在实验室开展了试验研究,主要关注降雨入渗引起的颗粒迁移情况。

2 试验及讨论

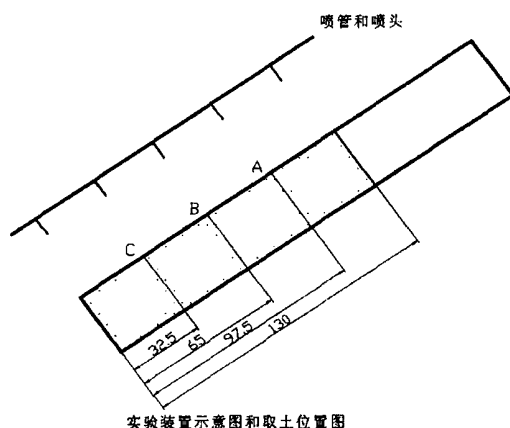
实验土体倾角为 35°,喷管至土体垂直高度为 44 cm,降雨量为 202 × 5 = 1 025 ml/min。实验装置和取样土位置图 1:数字 1~7 代表 7 个取土的位置,A,B,C 代表实验前在此位置中央沿垂直方向分别放了 3 条红线,以观察降雨前后土沿垂直面各位置的移动。实验采用粉细砂,颗粒级配曲线如图^[2]。模型槽尺寸为 30 × 20 × 200 cm³。

实验时模型槽底面与地面底倾角为 35°,在一根直管上每隔 10 cm 布置一个喷头,经试验,喷出底水滴可以较均匀落下,直管与土面平行且到土体表面底垂直距离为 44 cm,每个喷头的出水量为 1.2 l/min。

实验表明,由于降雨速度大于入渗速度,产生土坡表面积水,形成表面流,由于土体表面不是很均匀,表面流产生相对集中,其冲刷作用使坡体表层产生了大的沟壑。3 条红线的移动结果:A 线中部下移了 5 cm,B 线中部下移了 3.5 cm,上端由于土体被冲走,无法测量,C 线上端下移了 4 cm,下端下移了 2 cm。这说明在雨水入渗范围内的一定深度内,土体由于强度降低而发生了滑动和变形,而且沿深度不同位置的下滑量是不同的,即不是整体移动。

由于本实验重点关注的是细颗粒的迁移对滑坡的影响,我们分别测量了实验前土体的颗粒级配,以及实验后三个不同剖面 7 个点的颗粒级配。实验结果表明,实验后在不同剖面处,沿土体深度方向均是细颗粒下移,中部聚集程度最高(图 2~4),这是细颗粒随雨水入渗下移,上部水压梯度大,携带细颗粒的能力强,到下部时,水压梯度小,携带细颗粒能力减小。这样在土体中部细颗粒聚集处容易形成水流堵塞,引起该位置的孔压增加,土体强度降低,引起沿坡面方向的滑动,这可能是一般滑坡体中部滑动位移大的一个原因。沿坡面方向,在离土面相同距离的位置,后部细颗粒多,前部细颗粒少(图 5~6)。这可能是前部的细颗粒被水流带到坡角处,而中后部的细颗粒还来不及被带走的

缘故。



实验装置示意图和取土位置图

图 1 模型布置图

Fig. 1 The layout of the model

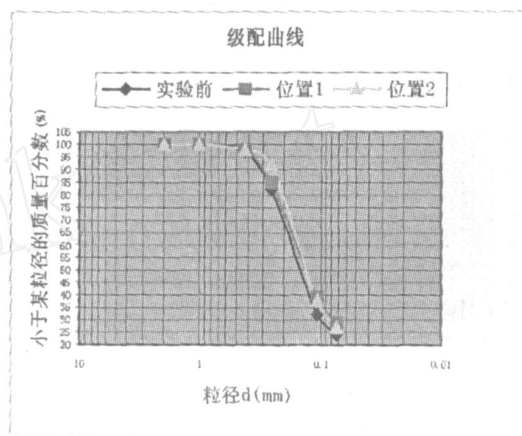


图 2 A 剖面处的粒径对比

Fig. 2 The comparison of grain series at section A

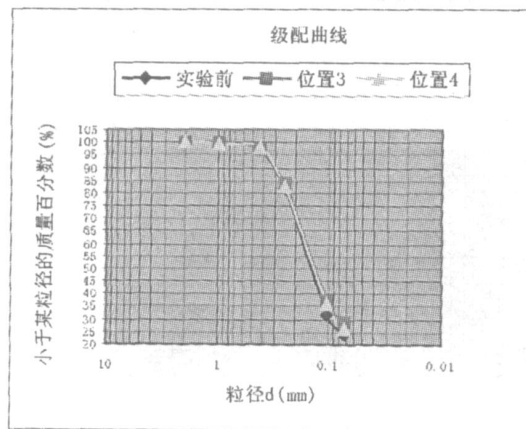


图 3 B 剖面处的粒径对比

Fig. 3 The comparison of grain series at section B

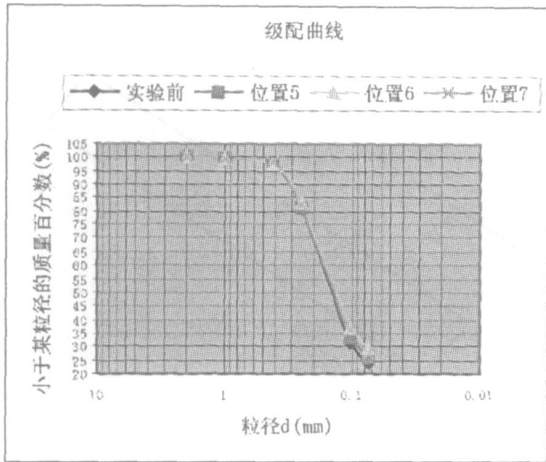


图4 C剖面处的粒径对比

Fig. 4 The comparison of grain series at section C

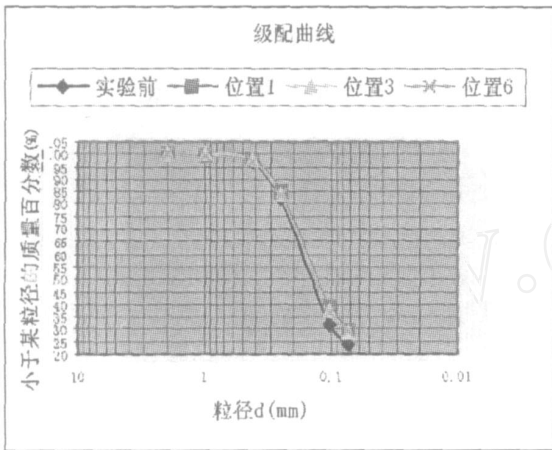


图5 1-3-6剖面处的粒径对比

Fig. 5 The comparison of grain series at section 1-3-6

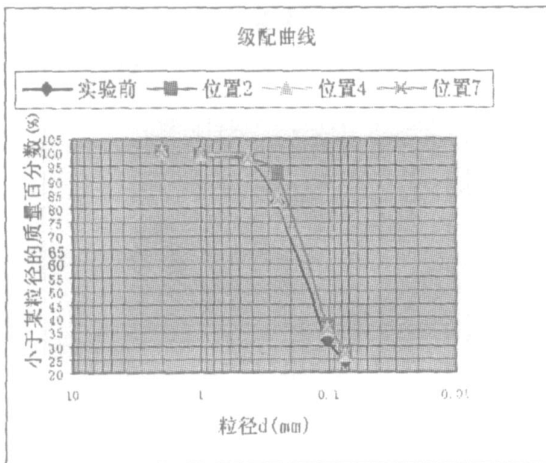


图6 2-4-7剖面处的粒径对比

Fig. 6 The comparison of grain series at section 2-4-7

3 结语

总之,通过实验,可以初步认为,随着降雨入渗,细颗粒逐渐汇集到土体下部和土坡坡角,从而使相应位置的渗透性降低,孔压上升,孔隙水聚集于该处,形成滑动面,最后导致滑坡泥石流。

参考文献:

- [1] 崔鹏,刘世建,谭万沛. 中国泥石流监测预报研究现状与展望[J]. 自然灾害学报, 2000, 9(2): 10 - 15
- [2] 谭万沛,王成华等. 暴雨泥石流滑坡的区域预测与预报[J]. 成都:四川科学技术出版社, 1994
- [3] Aleotro, P. A warning system for rainfall-induced shallow failures[J]. Engineering Geology, 73(2004): 247 - 265
- [4] Cui P. Study on condition and mechanisms of debris flow initiation by means of experiment[J]. Chinese Science Bulletin, 1992, 37(9): 759 - 763
- [5] Cui, P. 1992b. A study on theoretical methods of forecasting debris flow[M]. Interpraevent 1992 - Bem, Tagungspublikation, Band 5. 307321
- [6] Reid, M. E., LaHusen, R. G., Iverson, R. M. Debris - flow initiation experiments using diverse hydrologic triggers. In: Cheng - Lung Chen, (Id) Debris - flow hazards mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment. ASCE. 1997, 1 - 11
- [7] Iverson, R. M., Reid, M. E., LaHusen, R. G. Debris - flow Mobilization from landslides. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 1997. 25:85 - 138
- [8] Dai Fuchu, Lee C. F., Wang Sijing, Analysis of rainstorm induced slide-debris flows on natural terrain of Lantau Island. HongKong. Engineering Geology, 51(1991)279 - 290
- [9] 胡明鉴,张平仓,汪稔. 降雨对缓坡的激发作用实验研究—以蒋家沟流域滑坡堆积地为例[J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 116 - 118
- [10] 唐邦兴,周必凡,吴积善. 中国泥石流[M]. 北京:商务印书馆, 2000
- [11] 吴积善,康志成,田连权,等. 云南蒋家沟泥石流观测研究. 北京:科学出版社, 1990
- [12] 王景荣. 云南东川蒋家沟泥石流发育的地质基础[C]. 见:中国科学院兰州冰川冻土研究所集刊(第4号), 北京:科学出版社, 1984, 80 - 87
- [13] 陈晓清,崔鹏,李泳,等. 滑坡转化泥石流启动的人工降雨试验研究[J]. 岩石力学与工程学报, 已投稿. 2004
- [14] Fredlun, D. G., Morgenstem, N. R., Widger, R. A., The shear strength of unsaturated soils. Canadian Geotechnical J., 1978, 15:313 - 321