

地震灾区新建蒲虹公路弃土泥石流 成灾特征与防治建议

崔纯纯¹, 陈宁生^{2,3}, 王元欢^{2,3}, 谢万银^{2,3}

(1. 中铁二十四局集团上海铁建工程有限公司, 上海 200070;

2. 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室, 成都 610041;

3. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘要: 蒲虹公路是地震灾区的一条灾后新建公路。公路外边坡堆放大量的弃土, 在强降雨的作用下易转化为泥石流。此类现象受到研究者的关注。本文通过对弃土场的分布、组成及成灾特征的研究, 提出了科学合理的处理方法。弃土泥石流形成模式包括: (1) 沟道内弃土场在沟道洪水侵蚀作用下产生泥石流或土体溜滑形成泥石流; (2) 坡面上弃土场滑动, 表面液化形成局部坡面泥石流; (3) 沟道两侧弃土场的基脚被侵蚀, 形成滑坡堵河后溃决形成泥石流。弃土泥石流的成灾特征主要为弃土泥石流翻越挡墙或摧毁挡墙, 堵塞涵洞或排水口, 淤埋公路, 威胁居民点等, 它的处置需要特别注意排水, 并平整压实, 恢复生态。

关键词: 泥石流; 弃土; 工程治理; 公路

中图分类号: P642.23 **文献标识码:** A

汶川地震灾区道路毁损严重, 为了保障虹口旅游景区公路畅通, 上海援建指挥部特新建都江堰蒲阳至虹口公路。该公路是汶川地震灾区的一条新建公路, 公路全长 26 km, 沿线分布有 20 个弃土场, 其中有发生泥石流灾害或存在发生隐患的弃土场 14 个。弃土场在降雨作用下, 大量弃土失稳破坏并转化为泥石流, 泥石流冲毁原有的拦挡工程, 淤埋道路, 堵塞排水通道, 严重影响灾区公路的建设并威胁部分地区居民的安全。为此, 笔者特别针对该路段弃土引发的泥石流成灾特征与防治策略进行研究, 为灾后重建中的类似工程提供防灾减灾经验。

弃土弃渣泥石流灾害问题十分严重, 如 2004 年 6 月 6 日, 重庆万盛区煤矿煤矸石爆炸导致山体滑坡, 并进一步转化为泥石流, 导致 21 人死亡和失踪; 2008 年 9 月 8 日, 山西省临汾市襄汾县陶寺乡塔山矿区因暴雨发生泥石流, 泥石流冲垮该矿废弃尾矿库, 造成 128 人死亡, 35 人受伤。弃土弃渣泥石流研究一直是学者关注的重要问题。部分学者曾对弃

土弃渣泥石流形成规律做了研究^[1], 另外一些学者对松散砾石土体启动形成泥石流进行了大量研究^[2~6]。然而蒲虹公路沿线弃土的细颗粒含量很高, 且该区域长期的强降雨使土体长期处于高含水状态, 特别是汶川地震后余震不断影响使得此区域的泥石流具有特殊性, 值得研究。

1 区域地质背景

1.1 地质特征

蒲虹公路是都江堰市蒲阳镇与虹口乡的第二交通要道, 中段地区出露地层主要为中泥盆系观雾山组的中厚层石灰岩, 西侧 K22 以西及东侧 K9 以东为三叠系须家河组的砂泥岩。区域内石灰岩和碎屑岩交界处发育 2 条断层, 道路经过区为一背斜构造, 道路西侧与都江堰-北川断裂相邻(图 1)。

1.2 构造与地震

本区构造上位于华夏系龙门山褶皱带东南缘与新华夏系四川沉降带的斜接部位, 地震活动十分频

收稿日期: 2010-03-17 改回日期: 2010-05-12

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-332), 中国科学院西部之光联合学者资助项目

繁。5 a 发生 $M_s>2.0$ 级地震共 103 次,其中有震感和强烈震感地震 18 次,境外波及本区的地震 12 次。2008 年以前,境内发生 4.0 级以上地震共 3 次,即 1787 年 12 月 13 日都江堰市东 4.7 级地震、1986 年 11 月 10 日虹口 4.2 级地震和 1993 年 12 月 30 日崇义-土桥 4.4 级地震。从各种资料分析可知,蒲虹公路附近的断层在第三纪以来活动较强,实地评估 2008 年以前该地区 50 年超越概率为 10% 的地震烈度为Ⅶ度。

1.3 降雨特征

区域降雨十分丰富,年降雨量达 1 200 mm 以上,2001 年 9~10 月连续降雨达 40 多天,2009 年 7 月 17 日局地暴雨量达到 220 mm/3 h。区内地质灾害频繁发生,1964 年以来二王庙滑坡多次活动,2001 年的长降雨作用使灵岩寺一带大面积滑坡,2001~2006 年绕坝路多次发生滑坡泥石流灾害。

2 弃土场分布与规模

蒲虹公路沿线的弃土场主要分布于 3 种地貌区,即沟道、坡地和沟道两侧坡地(图 2)。由于弃土规模都不大,仅少数弃土场(3#、6#)的设计库容达

到 $20\times 10^4\text{ m}^3$,其余均小于 $10\times 10^4\text{ m}^3$ 。实地调查发现,弃土场的实际弃土量均小于 $10\times 10^4\text{ m}^3$ (表 1)。

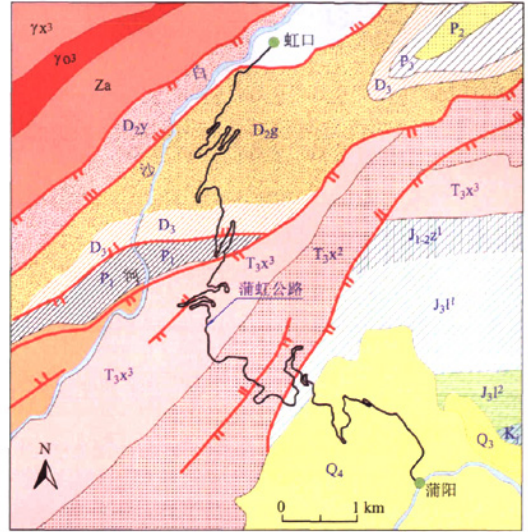


图 1 蒲虹公路区域地质图

Fig.1 Geological map near the Puyang-Hongkou highway

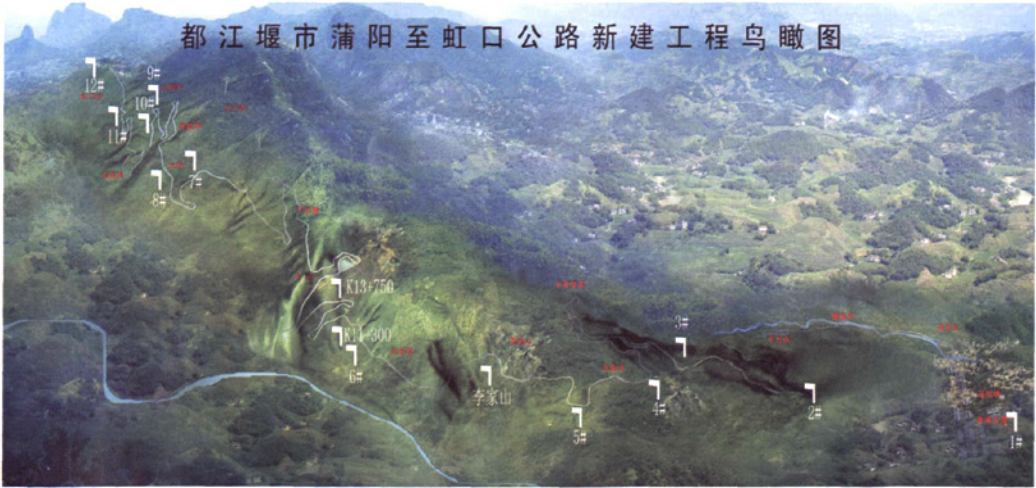


图 2 蒲虹公路沿线弃土场分布图

Fig.2 Distribution map of spoil ground along the Puyang-Hongkou highway

3 弃土泥石流形成模式与成灾特征

3.1 弃土泥石流形成模式

弃土场颗粒组成差异较大,以 6# 弃土场为例,其大于 2 mm 小于 60 mm 的砾石组含量不高,小于 2 mm 的砂粒含量很高,属宽级配土体(图 3),有利于泥石流的启动。级配较粗的土体,孔隙率较高,土

体渗透率大,难以形成较大的孔隙水压力;级配较细的土体,孔隙率低,土体渗透率小,渗透压力不足以侵蚀并搬运土体内的粘土颗粒,使得土体的抗剪强度不能有效降低;只有合适的宽级配土体,既能保证土体孔隙压力的增加,又能使土体内的粘土颗粒被侵蚀,这二者的相互作用使得土体的抗剪强度大大降低,促使土体发生滑动。

表 1 蒲虹公路弃土场一览表

Table 1 Parameter of spoil ground along the Puyang-Hongkou highway

序号	弃土场名称	桩号	设计库容 /×10 ⁴ m ³	目前堆积总量 /×10 ⁴ m ³	场地特征
1	1* 川苏工业区	K00+000	0.5	不能弃土	—
2	2* 尹家山弃土场	K03+500	7.5	4	坡面
3	3* 弃土场	K04+520	20	10	沟道内
4	4* 高家坪弃土场	K07+950	3	3.2	坡面
5	5* 李家山弃土场	K08+700	3	2.8	冲沟内
6	李家山弃土场	K09+700	2	2	冲沟内
7	6* 弃土场	K11+600	20	10	沟道内
8	新增弃土场	K11+300	0.5	0.2	冲沟内
9	新增弃土场	K13+750	0.5	0.3	冲沟内
10	7* 弃土场	K17+350	8	0.05	沟边坡地
11	8* 弃土场	K18+900	5	2	坡地
12	9* 弃土场	K20+850	2	1.5	沟边坡地
13	10* 弃土场	K21+050	2.4	2.4	坡地
14	11* 弃土场	K23+150	4	4	沟边坡地
15	12* 弃土场	高原村	9	9	河岸坡地

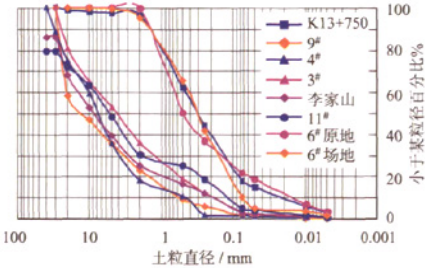


图 3 公路弃土颗分曲线图

Fig. 3 Particle size distribution curve for the discarding soil

土体粘粒含量对土体转为泥石流具有重要影响,具有一定粘土颗粒含量(最有利的粘粒含量为5.00%~10.00%)的宽级配弃土具有转化为泥石流的危险性^[3]。弃土的天然密度或干密度普遍较小,强度较低,在降雨作用下,容易湿陷收缩,同时土体中的粘粒吸水膨胀并阻塞孔隙,使孔压增加且长时间不消散,同时土体内的粘土颗粒被侵蚀,土体强度大大降低,促使土体发生滑动并在滑动中液化产生泥石流。弃土产生泥石流的危险性由区域地质、地形地貌、降水、土质、土体数量、土体坡度、沟道、坡面水文条件和弃土场规模影响和控制。不同的弃土堆积场所,其成灾的方式不同。弃土场主要有3类:沟道、坡面和沟道两侧。不同的堆积场所其形成模式不同:(1)对于沟道内的弃土场,其形成模式主要表现为在沟道洪水侵蚀作用下产生泥石流或土体溜滑形成泥石流;(2)对于坡面上的弃土场,其形成模式主要是坡面上弃土场滑动,表面液化形成局部坡面泥石流;(3)对于堆积于沟道两侧的弃土场,形成模

式主要是沟道两侧弃土场的基脚被侵蚀,形成滑坡堵河后溃决形成泥石流。

3.2 弃土泥石流成灾特征

弃土泥石流翻越挡墙或摧毁挡墙,堵塞涵洞或排水口,淤埋公路,威胁居民点。蒲虹公路沿线的多个弃土场曾多次发生泥石流灾害(表2)。6*弃土场坡面前半段平均坡度28.6°,2009年7月17日,弃土形成的泥石流翻越原来的挡墙(图4);11*弃土场2009年7月17日形成坡面泥石流,威胁下游居民、公路和桥涵(图5);李家山弃土场的弃土泥石流翻越挡墙,同时,使原有挡墙开裂(图6);13*弃土场泥石流自从2010年2月堆土以来,弃土泥石流不断向下流动,2010年3月28日弃土淤埋公路,淤积排水隧洞。

4 结语

对弃土泥石流的易发性应按规范进行评价。其

表 2 典型弃土场泥石流危险性特征

Table 2 Risk characteristics of debris flows in typical spoil ground

弃土场名	发生时间	危险性特征
6* 弃土场	2009.7.17	泥石流翻越原挡墙
11* 弃土场	2009.7.17	泥石流威胁下游居民、公路和桥涵
李家山弃土场		泥石流翻越原挡墙,使原挡墙开裂
13* 弃土场	2010.3.28	泥石流淤埋公路,淤积排水隧洞



图 4 6* 弃土场全貌

Fig. 4 Overall perspective of the 6 th spoil ground



图 5 11* 弃土场下部

Fig. 5 Lower parts of the 11 th spoil ground



图6 李家山弃土场老坝开裂

Fig. 6 The old dam in Lijiashan spoil ground has cracked
危险性评价应考虑对下游居民、道路以及旅游设施的影响,划定危险区范围,确定危害对象,进行危险性分级。采用的拦挡工程需要进行工程稳定性计算和评估,避免溃决。

弃土场泥石流的形成模式分为3类:堆积于沟道区的弃土其危害方式主要为沟道洪水侵蚀作用下产生泥石流或土体溜滑形成泥石流;堆积于坡面上的弃土的主要危害为土体滑动并液化产生泥石流;堆积于沟道两侧的弃土的危害主要为崩塌滑坡堵河后溃决形成泥石流。

5 防治建议

(1) 依据弃土场的危险性和位置特征进行分类防治;对于危险性较大的弃土场,需要注意处置。堆积于沟道内的弃土场由于存在转化为泥石流的危

害,应实行总量控制,并采用以拦为主,拦排结合的方案;堆积于边坡的弃土以拦挡为主,注意排水;堆积于沟道的弃土建议采用谷坊工程控制土体启动。

(2) 确定弃土场规模及数量,并及时采取碾压措施,增加土体的密实度,提高土体强度。

(3) 挡墙内部注意排水,可在挡墙内开孔,如 50×40 的方形孔,孔的内侧用粗大颗粒填塞,孔的比降采用5%左右,利于排水并防止堵塞。

(4) 设计需要考虑生态工程建设需要,要改变局部框格结构,并控制弃土场表面坡度,便于生态恢复,可以选择一些藤本植物进行示范。

参考文献

- [1] 张永双,金逸民,吴树仁,等.人工弃渣诱发泥石流的动力学研究[J].地球学报,2005,26(6):571-576.
- [2] 陈宁生,张军.泥石流源区固结砾石土的渗透规律[J].山地学报,2001,19(1):189-171.
- [3] 陈宁生,崔鹏,高延超,等.粘土颗粒含量对泥石流启动的影响作用分析[A].第二十五届全国土工测试学术研讨会论文集[C].浙江大学出版社,2008:216-221.
- [4] 胡明鉴,汪稔,孟庆山,等.坡面松散砾石土侵蚀过程及其特征研究[J].岩土力学,2005,26(11):83-86.
- [5] 胡明鉴,汪稔,张平仓.蒋家沟流域松散砾石土斜坡滑坡频发原因与试验模拟[J].岩石力学与工程学报,2007,21(12):1831-1834.
- [6] 白志勇.泥石流松散物质启动条件的分析与计算[J].西南交通大学学报,2001,36(3):318-321.

CHARACTERISTICS AND PREVENTION STRATEGY OF SPOIL DEBRIS FLOW ALONG NEWLY-BUILT PUYANG-HONGKOU HIGHWAY IN EARTHQUAKE-STRICKEN AREA

CUI Chun-chun¹, CHEN Ning-sheng^{2,3}, WANG Yuan-huan^{2,3}, XIE Wan-yin^{2,3}

(1. China Railway 24th Bureau Group Shanghai Railway Construction Co., Ltd., Shanghai 200070, China;

2. Key Lab of Mountain Hazards and Surface Processes, CAS, Chengdu 610041, China;

3. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China)

Abstract: Debris flows induced by the Wenchuan Earthquake greatly affect the reconstruction in earthquake-stricken area. Puyang-Hongkou highway is one newly-built in the earthquake-stricken area. A lot of discarding soil is piled up on the slope, which may be transferred into debris flow under heavy rains. This phenomenon and hazards are very attractive for researchers. In this paper, the distribution of the sites of discarding soil, the formation and hazards characteristics and control measures are studied. In conclusion, the debris flows are triggered by 3 types of model: (1) the discarded soil in the gullies is triggered by flood or liquefied into debris flows; (2) The discarded soil landslides and the soil on surface liquefied partially into debris flow; (3) the foot of discarded soil at both sides of gullies is eroded and the soil collapses to block, and then bursts to form debris flows. The hazards appear to be turning over or destroy the wall, blocking the culvert, covering the road and endangering the residents. When settling down this problem, it is important to drain, flat the surface and plant trees.

Key words: debris flow; discarding soil; engineering control; highway

作者简介: 崔纯纯(1974—)男,工程师,都江堰灾后重建常务副指挥长,目前主要从事道路规划建设、管理与道路病害整治工作。