

# 汶川地震在甘肃省的次生典型边坡灾害特征

邢爱国<sup>1</sup>, 吴志坚<sup>2</sup>, 陈龙珠<sup>1</sup>, 车爱兰<sup>1</sup>, 王兰民<sup>2</sup>

(1. 上海交通大学安全与防灾工程研究所, 上海 200240; 2. 中国地震局兰州地震研究所, 甘肃兰州 730000)

**摘要:**汶川大地震时在甘肃省南部山区造成了大量的边坡灾害。本文对调查区公路沿线典型次生边坡灾害的类型、特征及发展趋势进行了研究, 同时对一特大型黄土滑坡的现状进行了初步分析。针对调查过程中发现的问题提出了相应的建议。

**关键词:**次生边坡灾害; 崩塌; 落石; 表面溜坍; 黄土滑坡; 汶川地震

**中图分类号:** P642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0844(2010)01-0095-04

## Characteristics of Secondary Typical Slope Disaster in Gansu Province Induced by the Wenchuan Earthquake

XING Ai-guo<sup>1</sup>, WU Zhi-jian<sup>2</sup>, CGEN Long-zhu<sup>1</sup>, CHE Ai-lan<sup>1</sup>, WANG Lan-min<sup>2</sup>

(1. Institute of Engineering Safety & Disaster Prevention, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;

2. Lanzhou Institute of Seismology, CEA, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** The great number of the slope disaster were caused by the Wenchuan earthquake in 2008 in the southern Gansu province. In this paper, the types, features and developing tendency of the secondary slope disaster in this region are studied. Meanwhile, the current status of a huge loess landslide is analyzed preminarily. Finally, several suggestions are proposed in accordance with the problems.

**Key words:** Secondary slope disaster; Avalanche; Rock fall; Collapse; Loess landslide; Wenchuan earthquake

## 0 引言

2008年5月12日四川汶川县发生 $M_s 8.0$ 地震, 甘肃省全境强烈有感, 与四川相邻的甘肃东南部地区震害十分严重。灾区主要分布在甘肃省东南部的陇南地区, 位于秦巴山区、青藏高原、黄土高原三大地形交汇区域, 境内的秦岭、岷山山系形成了高山峻岭与峡谷盆地相间的复杂地形。全区按地貌的大体差别和区域切割程度可分为南部中高山地貌区、北部全切割中高山地貌区和东北部的黄土高原地貌区。灾区总面积为11.35万 $\text{km}^2$ 。

为了开展震后房屋结构以及地震诱发地质灾害的特点和破坏机理调查, 更好的为灾后重建工作服务, 甘肃省地震局和上海交通大学联合组成了汶川 $M_s 8.0$ 地震科学考察队, 于2008年6月3日至8日

对甘肃省震区进行了现场地震科学考察。本次汶川地震次生地质灾害的调查重点是公路沿线边坡次生灾害的类型、特征及其发展趋势。

## 1 公路边坡灾害的类型、特征

### 1.1 崩塌、落石灾害

调查区公路沿线崩塌落石是数量多、危害严重的灾害, 对公路运输威胁较大, 在此重点介绍。

#### 1.1.1 黄土崩塌

黄土由于垂直节理发育, 因而在黄土分布区河谷两侧往往形成高达数十米至上百米的崖、坎地形, 在地震附加水平力的作用下极易产生崩塌。图1为发生在陇南市武都区马街镇蒿坪村的黄土崩塌, 崩

收稿日期: 2008-12-08

基金项目: 国家片段科学基金(40602035)

作者简介: 邢爱国(1971-), 男(汉族), 博士, 副教授, 主要从事地质灾害预测与防治方面的研究。

塌单体厚 1~3 m,高 5~10 m,形成崩塌物十余到百余立方米。



图 1 黄土崩塌

Fig. 1 The loess collapse.

1. 1. 2 岩质崩塌

调查区公路沿线岩质崩塌按形成机理可划分为倾倒式崩塌和滑移式崩塌 2 类<sup>[1-2]</sup>。

(1) 倾倒式崩塌

这类崩塌体多是柱状和板状岩体,其形成机理是水平外力作用或强烈震动时岩体失稳,绕根部一点发生转动性倾倒失稳,一旦岩体重心偏离到坡外,岩体就会突然崩塌。

图 2 所示为发生在国道 212 线东峪口至文县段左侧边坡的崩塌灾害。边坡位于白水江左岸,坡高 30~40 m,崩塌体由厚板状灰岩组成,岩层产状 130°∠45°,岩层厚度 1~1.5 m。属于倾倒式崩塌。在 G212 线文县至碧口公路段多处可见与公路平行的近直立产状厚层板岩发生倾倒式崩塌。



图 2 倾倒式崩塌灾害

Fig. 2 Dump-style collapse.

图 3 所示为九寨沟至文县公路边坡,坡体由厚层状灰岩组成,岩层近直立,可能产生倾倒式崩塌。建议对最外层潜在的崩塌体进行清除。

(2) 滑移式崩塌

这类崩塌的形成机理是崩塌体首先沿已有的层面或其他结构面产生滑移,一旦崩塌体重心滑出坡



图 3 潜在崩塌体

Fig. 3 Latent collapse mass.

外,这类崩塌就会发生。

图 4 为发生在九寨沟风景区的崩塌灾害,其中坡体上部为 5·12 地震新产生的崩塌,下部则为 2003 年已治理好的滑坡。新生崩塌发生后留下楔形槽,楔形槽最宽 10 m,顶部最窄处 2.5 m,坡度 70°左右。崩塌时落石砸坏了路面及其相关设施,最大落石尺寸 1.7 m×0.9 m×0.6 m。



(a) 边坡灾害全貌



(b) 崩塌后留下的楔形槽

图 4 九寨沟风景区边坡灾害

Fig. 4 The slope hazard in Jiuzhai valley.

1. 1. 3 落石灾害

落石是指个别块石因某种原因从地质体表面失稳后经过下落、回弹、跳跃、滚动或滑动等运动方式中的一种或几种的组合沿着坡面向下快速运动,最后在较平缓的地带或障碍物附近静止下来的一个动

力学过程<sup>[3]</sup>。

图5为国道212线武都区至文县段的落石灾害,落石在跳跃、滚动过程中导致坡体上的树木损毁,甚至拦腰折断;落石将正在通过的一辆面包车砸翻,导致10人死亡、14人受伤;许多大块石滚到路边的玉米地,最大块石达20多立方米。



图5 灰岩落石灾害

Fig. 5 The limestone rockfall.

### 1.2 表层溜坍

图6为东峪口至九寨沟公路右侧(东峪口)边坡溜坍病害点。坡高20 m,坡度35°左右,平面上呈上窄下宽,最宽30 m左右。坡体由土和灰岩组成的土石混合体边坡。



图6 边坡溜坍灾害

Fig. 6 The slide slump hazard.



图7 加油站旁护坡毁坏

Fig. 7 The damage of slope protection near the gas station.

### 1.3 道路设施破坏现象

调查时很多护坡工程和路基边坡在地震过程中都有变形破坏的迹象。图7为九寨沟至文县公路加油站旁护坡在地震过程中产生破坏。

图8为国道212线文县至青川段路基边坡开裂。



图8 路基边坡开裂

Fig. 8 The crack of the subgrade slope.

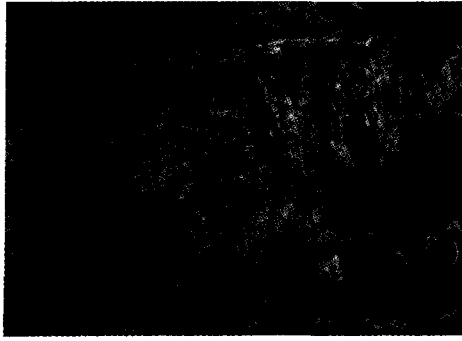
## 2 巨型黄土滑坡

甘肃省武山县邓家堡黎坪自然村位于一黄土老滑坡平台上,地震后发现其上方周围及村中出现了多道平面呈不规则弧形的拉张裂缝。目前滑坡仍在蠕变活动阶段,危险性大,严重威胁两个自然村96户400多名村民的生命财产安全(图9)。其中滑坡后缘主裂缝宽2~4 m,深3~6 m,裂隙延伸长度900 m左右。坡顶与坡脚之间高差约为700 m。拉张裂隙由坡顶向下有逐渐变窄的趋势。

## 3 调查发现的问题及建议

(1) 考察区山大沟深,自然环境恶劣;公路沿线由于坡体陡峻,边坡岩体松散破碎;公路等级低,绝大多数未任何防护措施;地质灾害发生频率高,地震及其余震时容易引起地质灾害,交通中断或人员伤亡事故时有发生。山区群众建房由于可供选择的场地很少,房屋基本沿斜坡建造,受地震产生的次生地质灾害(包括山体崩塌、滑坡、泥石流等)侵袭的潜在危害性极大。为提高民众防灾意识和能力,建议加强地质灾害防治知识的科普教育,而且在灾后重建前必须查清不适宜居住的地方,并考虑占用必要的平整耕地来作为农民的宅基地。

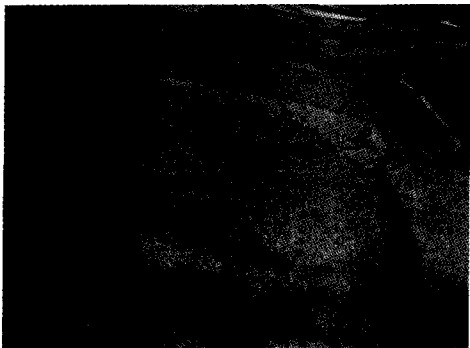
(2) 甘肃省武山县邓家堡黎坪自然村位于一黄土山坡,该山坡在汶川地震波及烈度中等的情况下出现了如此大规模的滑动迹象,其成因是否涉及临



(a) 滑坡后缘拉张裂缝



(b) 滑坡中部横向裂缝



(c) 滑坡前缘裂缝

图9 武山黎坪村老滑坡

Fig. 9 Liping old landslide in Wushan county.

近地下断层活动或古滑坡复活、后续演变趋势如何等问题,值得进一步观察和研究。

致谢:感谢中国地震局兰州地震研究所葛伟鹏硕士、王恒知硕士和上海交通大学马宏旺副教授、刘玮博士在现场工作中给予的大力协助。

#### [参考文献]

- [1] 胡厚田. 崩塌与落石[M]. 北京:中国铁道出版社,1989:33-43.
- [2] 胡厚田,邢爱国,黄少强. 清连公路典型边坡灾害分析[J]. 公路交通科技,2000,17(5):1-5.
- [3] 张路青,杨志法,许兵. 落石与落石灾害[J]. 工程地质学报,2004,12(3):225-231.
- [4] 徐郝明,王家鼎,张雨晴. 广东清连高速公路岩质边坡岩体结构面特征及其组合研究[J]. 西北地震学报,2007,29(1):45-48.
- [5] 何丽君,石玉成,杨惠林,等. 地震动作用下黄土边坡稳定性分析[J]. 西北地震学报,2009,31(2):142-147.