

地震作用下地裂缝的形成机理研究

易朋莹¹, 吕涛², 吴韩³

(1. 重庆市高新工程勘察设计院有限公司, 重庆 401121; 2. 重庆市交通规划勘察设计院, 重庆 401121;
3. 西北综合勘察设计院重庆分院, 重庆 400014)

摘要:根据对南部县龙背石山地质构造环境和地震波作用原理的分析,通过龙背石山地震裂缝形成的内部条件和外部因素,进一步分析了山体变形破坏特征和发展趋势,为地震裂缝的认识和灾害防治提供了理论分析依据。

关键词:地震;地裂缝;变形特征;机理

中图分类号:TU 457

文献标志码:A

2008 年 5 月 12 日汶川地震后,四川省南部县龙背石山脊发生山体开裂,裂缝走向与山脊走向基本一致,为北东—南西走向,其产状为 $132^{\circ} \sim 140^{\circ} \angle 76^{\circ} \sim 88^{\circ}$,主要分布在山脊中间,裂缝长 230 m,张开为 50 ~ 100 mm,局部超过 400 mm,通过简易探测,裂隙深度超过 3 m,裂缝面大部分陈旧,局部位置为新鲜断面。

龙背石山体变形体严重威胁到西北侧坡脚的碑院镇街道内 40 多户、200 余名居民以及学校生命财产安全,同时影响到省道 101 线的交通安全运营以及东南侧的大片农田,山体变形引起了广泛的社会恐慌,严重影响了当地的农业生产、经济发展和社会稳定。为了正确认识山体变形根源,科学的防灾减灾,必须对山体地震裂缝的形成机理进行研究。

1 龙背石山地质环境特征

1.1 地形地貌

龙背石山变形体位于碑院镇东北部的龙背石山,属低山丘陵地貌,山体成条带状突出,为北东—南西走向,南西端为斜坡,北东端为垭口斩龙垭,与七里铜山断开,如图 1 所示。龙背石山相对高差 40 ~ 60 m,山脊两侧大致对称,西北侧坡度一般为 65° ,坡脚为街道居民房及 101 省道,由于城镇建设,在坡脚切坡形成了高 15 ~ 25 m 的岩质边坡,斜坡上部位置局部有小台阶,东南侧坡

度稍缓,坡度为 $60^{\circ} \sim 65^{\circ}$,坡脚为农田。山脊宽 10 ~ 20 m,局部宽度小于 3 m。

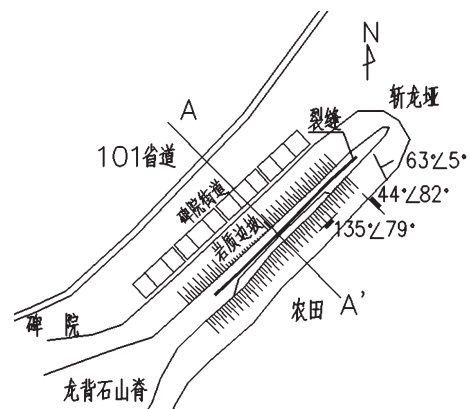


图 1 龙背石山变形体平面图

1.2 地层岩性

经地质测绘,区内分布地层为蓬莱镇组(J_3P)泥岩、砂岩组成(图 2)。

泥岩:紫红色,夹灰绿色粉砂质条带、团斑,泥质结构,厚层状构造,主要由粘土矿物组成,砂质含量不均,部分过渡为泥质粉砂岩。强风化带岩石,风化裂隙发育,岩质较软;中等风化层岩石较完整,层间裂隙发育,岩质较软,该层分布于整个场地内,为本场地主要岩层。

砂岩:灰黄色、灰白色,主要由长石、石英,次为云母

收稿日期:2012-09-20

作者简介:易朋莹(1977-),男,四川平昌人,高级工程师,主要从事地基处理及地质灾害防治预警方面的研究,(E-mail)yipyyipy@126.com

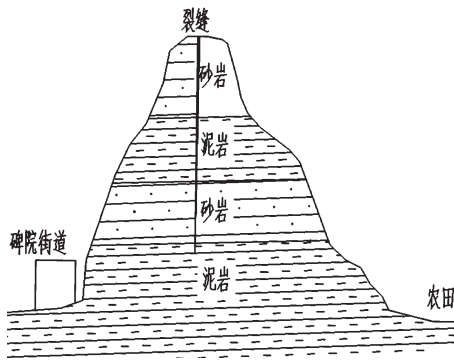


图 2 龙背石山变形体剖面图

及少量暗色矿物等组成,中细粒结构,泥质胶结,中厚层状构造,与泥岩互层。强风化带岩石,风化裂隙发育,岩质较软;中等风化层岩石较完整,层间裂隙发育,岩质较软,该层分布于整个场地内,为本场地主要岩层。

1.3 地质构造

变形体地处洪山场向斜轴部,轴线似北西向呈“S”形,长 35 公里,区内岩层呈单斜状产出,产状: $63^{\circ} \angle 3 \sim 5^{\circ}$ 。主要发育三组裂缝:

LX1 产状为 $42^{\circ} \sim 50^{\circ} \angle 78^{\circ} \sim 85^{\circ}$,间距 2 ~ 5 m,延伸一般为 3 ~ 5 m,张开 10 ~ 30 mm,裂面较平直,结合程度差,局部泥质充填,属硬性结构面。

LX2 产状为 $132^{\circ} \sim 140^{\circ} \angle 76^{\circ} \sim 88^{\circ}$,间距 0.5 ~ 2 m,延伸一般长度为 8 ~ 10 m,张开 10 ~ 30 mm,局部超过 50 mm,裂面较平直,贯通性好,结合程度差,局部泥质充填,属硬性结构面。

LX3 为层间裂隙,产状为 $63^{\circ} \angle 3 \sim 5^{\circ}$,间距 2 ~ 5 m,延伸一般为 3 ~ 5 m,张开 3 ~ 8 mm,裂面较平直,结合程度差,局部泥质充填,属硬性结构面。薄层砂岩、粉砂岩、泥页岩层间裂隙发育,并与构造裂隙、风化裂隙连通。

2 地震作用原理分析

地震波通过地球内部介质传播的称为体波,体波经过反射、折射而沿地面附近传播的波称为面波^[1]。

体波分为纵波(P波)和横波(S波)。纵波是由震源传出的压缩波,质点振动方向与波的前进方向一致,一疏一密地向前传播。纵波在固态、液态、及气态中均能传播。纵波的速度快,是最先到达震中的波,所以又称为 P 波。它周期短,振幅小^[2-3]。

横波是震源向外传播的剪切波,质点振动方向与波的前进方向垂直,传播时介质体积不变,但形状改变,周期较长,振幅较大。由于横波是剪切波,所以它只能在固体介质中传播。横波是第二个到达震中的波动,又称为 S 波^[1,4]。

面波是体波到达地面后激发的次生波,它只在地表传播,向地面以下迅速消失。面波波长大,振幅大,传播

的速度最慢。当横波和面波到达时,地面振动最强烈,对建筑物的破坏性最大^[5-7]。

3 地震对龙背石山体开裂的影响

3.1 内部因素

地形地貌:由于变形体在山脊(北东—南西)方向长度较大,且两端有斜坡和垭口约束,变形体在地震及其他外部条件作用下沿北东—南西方向的变形受到限制,故变形体在北东—南西方向上变形较小;在西北和东南两侧均为陡斜坡,坡度一般为 $60^{\circ} \sim 65^{\circ}$,临空条件好,为变形体在向西北和东南方向上产生变形提供了客观条件。变形体为条状突起的山体,属抗震不利地段,在地震作用下,容易产生山体变形。

岩层岩性:变形体主要地层为蓬莱镇组(J₃p)泥岩、砂岩互层,泥岩主要由粘土矿物组成,泥质结构,厚层状构造,岩质较软;砂岩主要由长石、石英等组成,中细粒结构,泥质胶结,中厚~厚层状构造,与泥岩互层,岩质较软,上部灰黄色砂岩手捏呈粉状。由于变形体岩质较软,岩体强度低,在外界条件作用下容易发生变形和破坏,这种特殊的地层为变形体变形提供了前提条件,尤其是砂泥岩接触面位置,由于地下水的长期作用,强度较低,为变形体提供了潜在滑动面。

内部构造特征:变形体地处洪山场向斜轴部,岩层呈单斜状产出,产状: $63^{\circ} \angle 3 \sim 5^{\circ}$ 。主要发育三组裂缝,LX2 较发育,为场地的主控裂隙,破坏了岩体的完整性,为变形体变形提供了先决条件。三组裂隙裂面较平直,结合程度差,局部泥质充填,均属硬性结构面。其中 LX3 层间裂隙发育,并与构造裂隙和风化裂隙连通。层间裂隙,尤其是砂泥岩接触面在地下水等长期作用下强度较低,削弱了变形体底部约束,提供了潜在滑动面。

3.2 外在因素

水的因素:龙背石山变形体地表水和地下水的主要补给来源是大气降雨,而暴雨或持续降雨时地表水下渗,使变形体饱水程度增大,砂岩体内赋存了大量裂隙水,岩体强度降低。由于变形体为砂泥岩互层结构,在大气降水时砂岩层内赋存了大量裂隙水,而泥岩具有相对的隔水作用,因此在砂泥岩接触带附近赋存了大量地下水。砂岩和泥岩在地下水长期的干湿交替作用下容易风化、崩解和泥化,使砂泥岩接触带强度降低,为变形体提供了潜在的滑动面。另外裂隙水对岩体产生侧向水压力和土压力,对变形体的稳定性产生了不利影响。

人类工程活动:在碑院镇城镇建设过程中,边坡坡脚切成了 15 ~ 25 m 高的岩质边坡,削弱了变形体坡脚的约束作用,且劣化了变形体的稳定性。

地震作用:汶川地震后,龙背石山体出现了山体变形,变形体特定的地形地貌、地层岩性和地质构造构成了龙背石山体变形客观条件,龙背石山变形体为条状突出山脊,从抗震的角度来讲,属于抗震的不利地段,容易产生地震破坏。汶川地震为龙门山地震带,走向为北东—南西向,与变形体走向大致相似。变形体在地震波的作用下,尤其是横波和面波的作用下,容易产生沿东南—西北方向的变形。因此,地震是山体变形的直接原因。

4 变形破坏特征分析

4.1 变形破坏模式

龙背石山变形体地层较平缓,岩体强度低,砂泥岩接触带强度低,LX2 裂隙较发育,岩体完整性差,在暴雨作用下,地表水通过裂隙下渗至砂泥岩界面位置,弱化了界面的抗剪强度,东南和西北两个方向临空条件好,变形体底部约束差,如图 3 所示。在地震作用时,纵波率先作用到山体上,使条状山脊发生东北~西南方向的晃动,由于 LX2 的切割作用,山体如积木堆积体内部发生相互撞击和分离,使 LX2 发生张开和闭合变形。随后横波到达,使山体发生竖直方向的震动,减小了山体底部的约束,使纵波作用效果加强,面波和横波到达后,对突出的山脊作用更加强烈。由于地震破坏力强,作用复杂,地震时变形体可能沿岩层层面向滑移变形,地震后在陡崖临空侧可能发生岩体崩塌。

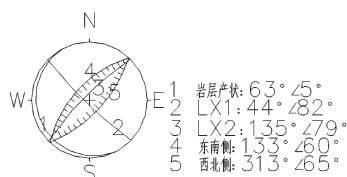


图3 岩体结构赤平投影分析图

4.2 发展趋势

地震前,未见山体开裂和变形。地震发生后,在龙背石山脊发生山体开裂,裂缝长 230 m,张开为 50 ~ 100 mm,局部超过 400 mm,且部分区段有下挫现象,裂隙深度超过 3 m。

根据 4.1 节分析,地震时山体沿软弱界面滑动,变形将进一步加剧;地震后,在山体受 LX2 作用,在两侧临空面处可能发生岩体崩塌,建议采取必要的措施进行防护。

5 结束语

龙背石山变形体主要为地震诱发的地质灾害。由于地震破坏力强,对变形体危害大,在地震期间,变形体影响区内居民严禁在变形体影响区内滞留。地震后,山体两侧临空侧可能产生崩塌,建议采取专业预警监测和群防群测相结合的监测措施进行防灾减灾。

参考文献:

- [1] 黄今.水工隧道围岩微地震监测信号分析与研究[D].绵阳:西南科技大学,2007.
- [2] 林晓斌,周健,王仕传.振冲影响范围的理论探究[J].安徽建筑,2002(1):69-70.
- [3] 张义平,吴桂义.爆破地震波特性研究[J].矿业研究与开发,2007,27(6):68-72.
- [4] 徐树焯.路堑边坡开挖稳定性及其控制技术研究[D].北京:北京工业大学,2010.
- [5] E.W.斯滨塞,著.朱志澄,蒋荫昌,单文琅,译.地球构造导论[M].北京:地质出版社,1981.
- [6] 《工程地质手册》编委会.工程地质手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [7] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].北京:地质出版社,2009.

Study on the Formation Mechanism of Ground Fissures Under Seismic Action

YI Peng-ying¹, LV Tao², WU Han³

(1. Chongqing Hi-Tech Engineering Reconnaissance & Design Institute, Chongqing 401121, China; 2. Chongqing Communications Planning Survey & Design Institute, Chongqing 401121, China; 3. Chongqing Branch Institute, Northwest Research Institute of Engineering Investigations and Design, Chongqing 400014, China)

Abstract: According to the analysis of geological tectonic environment and mechanism of seismic waves on Longbeishi Mountain in southern city, internal conditions and exterior factors of the development on earthquake cracks are studied. Furthermore, the deformation failure characteristics and development tendency of mountain are analyzed, which can provide theoretical basis for disaster prevention and cognition of earthquake cracks.

Key words: earthquake; ground fissure; deformation characteristics; mechanism