

川藏公路“102”滑坡群的基本特征

张晓刚 王成华 孔纪名 朱平一

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 “102”滑坡群位于川藏公路西藏波密县境内的通麦“102”地段。该地段滑坡成群分布,在约 3km 长的范围内,共有大小滑坡 22 处,其中直接危害川藏公路且规模较大的滑坡有 6 处。

关键词 川藏公路 “102”滑坡群 特征

“102”滑坡群位于川藏公路西藏波密县境内的通麦“102”地段,318 国道 K4078—4081 区间内。该滑坡群自 1991 年剧烈活动以来,经常出现交通事故,造成极其重大的损失,成为川藏公路上最突出的病害地段。

“102”滑坡群的形成是该地区自然环境综合作用的结果,其发育经历了一个较长的时期。据航片资料判译分析,“102”滑坡群一带历史上曾发生过一次较大规模的滑动,50 年代修筑川藏公路时,已发现此段斜坡有明显的变形迹象。从 1987 年开始,老滑坡体附近的斜坡变形加剧,公路内外边坡多处发生坍塌,路基每年下沉 0.5~1.0 m。至 1991-06-20,坡体突然失稳,大量物质快速下滑,堵塞帕隆藏布,形成大规模的 #2 滑坡。溃坝后导致 #1、#3、#4、#5、#6 滑坡的形成和扩大^[1]。

1 “102”滑坡群分布特征

“102”地段滑坡成群分布,在约 3km 长的范围内,共有大小滑坡 22 处,其中,直接危害川藏公路且规模较大的滑坡有 6 处。滑坡的分布具有以下几个特征:

1. 主要分布在第四纪松散堆积物覆盖较厚的地段 “102”地段地表广泛覆盖了一套厚约数十至数百米的第四系残坡积、冲洪积、泥石流堆积和冰碛等成因的松散堆积体。由于这套松散堆积体物理力学性能较差,所形成的高陡边坡稳定性也差。

2. 主要分布在河流的凹岸 帕隆藏布右岸的 6 处滑坡均处于河流的凹岸,反映了河流对凹岸的长期侵蚀作用,是“102”滑坡群发育的一个基本因素。

3. 滑坡主要分布在自然斜坡的中下部 “102”滑坡群分布在海拔 2 100~2 500 m 之间,即自然斜坡的中下部。除了河流侵蚀切割的影响外,斜坡的中下部常常是地下水和坡面径流集中活动的区域。此外,斜坡的中下部也是边坡地应力集中的地带。

2 “102”滑坡群内各主要滑坡的形态特征

收稿日期:1998-01-11, 改回日期:1998-03-31.

2.1 主滑坡(#2 滑坡)特征

#2 滑坡是“102”滑坡群的主滑坡,为一大型堆积层滑坡,体积达 510 万 m^3 。据航片分析,#2 滑坡发育在一个老滑坡的基础上。在老滑坡全面复活过程中,向东侧及后部扩展才形成了如今 #2 滑坡的规模(表 1)。

#2 滑坡堆积体表面呈不规则的长方形,前缘宽 420 m,中部(公路段)宽 350 m,后部宽 300 m,斜长 550 m。滑坡堆积体前缘最低海拔 2120 m,后缘最高海拔 2525 m,相对高差达 400 m 以上。堆积体表面平均坡度 32° 。滑坡主后壁呈东西向弧形展布,东段高 80~90 m,中段约 40~50 m,西段 60~70 m,后壁坡度 $45^\circ\sim 70^\circ$,在滑坡西侧后部,有一条平行于主滑壁的拉张裂缝,离后壁平均距离为 8 m,长约 130 m,裂缝水平位移一般 0.8~1.0 m,最宽 1.2 m,垂直位移 0.3~0.6 m。在滑坡东西两侧都发育有近南北向的裂缝,东侧裂缝宽约 0.40 m,长近 100 m,西侧裂缝宽 0.2 m,长 10 m 多。

表 1 “102”滑坡群主要滑坡基本情况统计

Table 1 The statistics of main landslides of “102” Landslide Group

滑坡编号	分布高程(m)	坡度($^\circ$)	长(m)	宽(m)	均厚(m)	体积(万 m^3)
#1	2180~2276	37	110	67	12	8.8
#2	2120~2525	32	550	380	25	510
#3	2111~2329	35	240	100	14	33
#4	2125~2327	38	150	110	7	12
#5	2135~2240	36	86	65	5	1.3
#6	2125~2215	36	150	62	5	4.6

自 1991 年大规模滑动后,在滑体后壁海拔 2330 m 一带有多处地下水出露,加之该区降水丰沛,滑体物质结构松散,致使滑体表层地表水切割侵蚀十分强烈。现在滑体表面发育有 5 条较大的冲沟,将滑体侵蚀切割得支离破碎(表 2)。冲沟一般切割深度为 5~15 m,最大切割深度超过 20m。在沟道两侧,特别是沟头位置,发育有大量小型坍滑体。雨季,冲沟内时有小型泥石流发生,经常阻断交通。

表 2 “102”滑坡群 #2 滑坡表面冲沟特征

Table 2 The gully characteristics on surface of #2 Landslide of “102” Landslide group

编号	长度(m)	宽度(m)	切割深度(m)	沟床比降($\%$)	流量(L/S)	坍滑体发育情况
1	220	10~15	5~10	622	/	较发育
2	370	10~65	7~25	586	0.189	发育
3	443	18~55	10~30	598	/	极发育
4	390	8~30	10~23	615	0.518	极发育
5	455	5~30	7~22	589	/	发育

根据物探、地形测量及野外调查资料,#2 滑坡最厚超过 35m,均厚 25m,滑体中部较厚(20~35m),向上逐渐变薄(10~20m)。滑动面发育在巨厚的第四纪松散堆积物内部,略成弧形,前部倾角 $15^\circ\sim 20^\circ$,后部倾角 $30^\circ\sim 45^\circ$ 。滑坡剪出口在海拔 2147 m 附近,高出

现代河床 40 m 左右。

1991 年大规模滑动时,滑坡体积达 510 万 m^3 ,其前缘伸进帕隆藏布河床,直达对岸,曾堵断帕隆藏布 40 分钟。现在这部分物质已基本被河水带走,再加上后期滑体表面沟谷侵蚀的体积,目前 #2 滑坡残留堆积体体积为 267 万 m^3 。

滑坡物质主要为第四系坡崩积、冲洪积、冰碛等松散堆积物,由浅灰至深灰、浅黄色的块石、碎石、亚粘土及砂组成。

2.2 其它滑坡的特征

#1 滑坡规模较小,仅数万立方米,后壁坡度达 $50^\circ\sim 60^\circ$,滑体表面坡度为 37° ,属基岩风化层及坡积层的滑动。

#3 滑坡前、后缘海拔分别为 2 111m 和 2 329m,高差 218 m。滑坡下滑后即解体,滑体顺坡面堆积长 240 m,前舌宽 60 m 并形成陡坎,高出水面 15 m,中部宽 160 m,后缘宽 >120 m,均宽 100 m,滑体表面坡度 35° ,平均厚度约 14 m,滑坡体积 33 万 m^3 左右。滑动后壁高陡,坡度达 $65^\circ\sim 70^\circ$ 。滑壁由结构紧密的第四系沉积物组成。据物探资料和野外调查分析,#3 滑坡为第四纪松散物质沿下伏基岩风化带顶面的滑动。

#4 滑坡前缘海拔 2 125 m,后缘 2 127 m,高差 202 m,下滑后解体。堆积体前缘宽 200 m,中部宽 100 m,长 150 m,平均厚 7 m,滑体表面坡度 38° ,滑坡体积 12 万 m^3 左右,滑壁坡度约 $50^\circ\sim 70^\circ$ 。滑面仍位于表层崩积物与下伏基岩风化层的接触带上。

#5、#6 滑坡发育在两个老滑坡的前部,为老滑坡受帕隆藏布的侧蚀及加马其美沟的下切侵蚀作用产生的局部复活,滑坡体积分别为 3.3 万 m^3 和 4.6 万 m^3 。其滑动面主要位于表层残坡积层与下伏老泥石流堆积物的界面上。

3 川藏公路“102”滑坡群的形成

3.1 “102”滑坡群形成的基本因素

1. 高陡的斜坡地形

滑坡地段属典型的深切峡谷地形。帕隆藏布自东向西流经本区,两岸谷坡高陡,相对高差近 2 000 m,平均坡度 $>34^\circ$ 。“102”滑坡群发生在帕隆藏布右岸海拔 2 450 m 处平台至河床间的陡坡上,相对高差近 400 m,平均坡度达 41° 。如此地形,为滑坡的发育提供了十分有利的临空条件。

2. 巨厚的松散物质

据钻探、物探资料,沿帕隆藏布的“102”地段,地表广泛覆盖了一套厚度超过 400m 的第四系松散堆积物,成因主要为冰碛、冲洪积等^[2],由浅灰至深灰色、浅黄色的块石、碎石、亚粘土及砂组成。经测试,这套松散物质抗剪强度峰值 ϕ 为 $35^\circ\sim 42^\circ$, C 为 110~131 KPa,而残余值 ϕ_r 为 30° , C_r 为 37 KPa,此类碎石土组成的斜坡,在变形初期能维持较陡的坡度而不产生滑移,一旦力学指标降低或接近残余值时,其稳定性急剧下降,坡体将产生加速变形,直至垮塌滑动。

3. 强烈的构造活动

“102”滑坡群发育于北东向的林芝断裂与北西向的波密断裂相交的复合部位,构造活

动十分强烈. 受其影响, 该区岩层十分破碎, 节理裂隙发育, 为滑坡的形成提供了有利的地质构造环境. 同时, 该区第四纪以来, 地壳隆起的速率和幅度都较大. 据有关资料, 该区地壳年平均上升速度为 6.2 mm/a. 这些强烈的新构造运动, 不仅使得河流切割迅速, 加大了地形高差, 为滑坡提供了良好的临空面, 更重要的是不断改变了自然斜坡的应力状态, 导致斜坡的稳定性降低. 频繁的地震也是该区新构造运动强烈的极端表现形式. 据统计, 1900~1996 年间, 滑坡区附近, 发生中强地震 47 次. 每次地震, 均使帕隆藏布两岸坡体受到不同程度的破坏, 加大了斜坡的不稳定程度.

3.2 “102”滑坡形成的诱发因素

1. 丰富而集中的降水

“102”滑坡群地段多年平均降水量达 1 086.1 mm, 1988 年高达 1 364.6 mm, 高出多年平均降水量 278.5mm. 同年最大日降水量达 52.9 mm. 且降雨集中在 5~10 月, 占年降水量的 70% 以上. 从年降水量的变化周期看, 自 80 年代以来, 本区逐渐进入了多降水周期. 滑坡发生的当年(1991 年)的年降水量为 137.3 mm. 大量的降水不断渗入坡体, 这不仅降低了土体的抗剪强度, 更重要的是, 丰富的降水在短时间内集中渗入坡体内部, 增加了坡体的自重和孔隙水压力, 从而导致斜坡的失稳.

2. 洪水的冲刷

“102”滑坡群地段岸坡横向呈凹型, 帕隆藏布洪水直冲坡体前缘. 据调查, 1988 年后的多次特大洪水冲刷“102”滑坡群前缘, 使坡脚退缩 20~40 m, 其中, #2 滑坡前缘的冲刷量经计算达 71.3 万 m³. 河流的强烈冲刷作用导致岸坡坡脚支撑减弱而引起大规模的滑坡.

4 “102”滑坡群发展趋势预测

“102”滑坡群自 1991 年活动后, 坡体内部聚集的能量得到大量释放, 斜坡的自然坡度有所降低. 随着滑坡堆积物的逐渐压实, 滑坡的抗滑力也逐渐增高. 目前, “102”滑坡群处于基本稳定状态, 整体再次出现大规模滑动的可能性不大.

“102”滑坡群的部分滑坡, 如 #6 滑坡及 #2 滑坡的部分块体(滑坡前缘和滑坡后缘), 由于受河流的掏蚀作用与后期降水的切割侵蚀, 存在着进一步发展或产生次级滑坡的危险. 此外, 滑坡滑动后, 其滑体表面岩土裸露, 加之该区降水丰富, 滑坡灾害有向坡面泥石流灾害转化的趋势.

参 考 文 献

- [1] 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所等编. 川藏公路南线(西藏境内)山地灾害及防治对策. 北京: 科学出版社, 1995, 1—251.
- [2] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏第四纪地质. 北京: 科学出版社, 1983, 1—179.

第一作者简介 张晓刚, 男, 32 岁, 1986 年毕业于北京大学地理系, 主要从事滑坡研究工作, 发表文章十余篇. 现为中科院成都山地所助理研究员.

ANALYSIS ON CHARACTERISTICS OF “102” LANDSLIDE GROUP IN SICHUAN-TIBET ROAD

Zhang Xiaogang Wang Chenghua Kong Jiming Zhu Pingyi

(*Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences*

& *Ministry of water Conservancy Chengdu 610041*)

Abstract

“102”Landslide Group is located at the Tongmai Section of Sichuan—Tibet Road in the area of Bomi County of Tibet. In the section of 3km long, there are 22 landslides distributed, of which, 6 bigger landslides directly endanger the road. This paper analyzes the origin and distribution characteristics of the landslide group.

Key words Sichuan-Tibet road, “102” landslide group, characteristics

《山地研究》征订征稿启事

《山地研究》由中国科学院、水利部成都山地所和中国地理学会山地分会合办,系中国自然科学核心期刊之一,被评为全优秀地理期刊、中国科学院优秀期刊、四川省优秀科技期刊。

《山地研究》是目前我国唯一专门报道山地科学研究理论与山区开发、整治、建设实践相结合的综合性科技期刊。内容涵盖自然科学与人文科学两大门类中与山地研究、开发有关的多学科知识,主要包括山地资源开发与环境保护、山区经济建设与国土整治、山区工程建设与山地灾害防治(滑坡、泥石流、水土流失、山洪等)、山区社区发展与城镇规划、山区持续发展与产业结构调整等领域的理论文章、应用技术、研究和实验方法、管理经验和政策法规等内容。适合于从事上述工作的科技人员、决策者、管理干部和大专院校师生阅读、参考;适合于各级综合图书馆(室)、政府的国土、水电、农林牧部门资料(情报)室收藏。欢迎订阅,欢迎赐稿。

《山地研究》为季刊,每期定价 10 元,由四川省德阳市邮电局总发行,全国各地邮局均可订购。

此外,本刊尚存少量过刊。欲购者请与编辑部联系。1996 年 1~4 期,合计价 20 元;1995 年 1~4 期,合计 15 元;1990~1994 年,每年 4 期价 10 元,5 年 20 期合计 50 元;1983~1989 年共 28 期,合计价 30 元。本部现尚有部分过刊目录,需者请直接与成都市 417 信箱中科院成都山地所《山地研究》编辑部冯海燕联系;联系电话:(028)5228296,(028)5223826;邮编:610041。

《山地研究》编辑部