

西藏樟木口岸特大型古滑坡形成机理分析

祝建,雷英,赵杰

(西安中交公路岩土工程有限责任公司,西安 710075)

摘要: 滑坡是樟木口岸主要的地质灾害,对樟木口岸古滑坡的研究是关系口岸可持续发展的最重要因素之一。通过口岸地质灾害整体勘察,以地质分析为基础,重新认识了古滑坡的规模、性质及机理。分析发现樟木口岸并非坐落在一个古滑坡体上,而是发育两个大型古滑坡,基岩顶面附近的残坡积粉质粘土或粉土与降雨是古滑坡形成的主控因素。古滑坡是由岩质崩滑形成的堆积物演变而成的碎石土滑坡,岩质崩滑的变形机制是弯曲—拉裂—压碎模式,古滑坡的形成机理为滑移—拉裂破坏模式。

关键词: 樟木;古滑坡;形成机理

中图分类号: P622.22

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2008)01-0049-04

西藏樟木口岸位于喜马拉雅南坡,是我国与尼泊尔王国之间唯一的陆路通商口岸。受地形条件的限制和对外贸易的需要,樟木口岸的主要办事机构和樟木镇政府及其大多数居民的房屋修建于古滑坡体中前部地形相对较缓处。近二十年来,随着城镇建设的迅猛发展,口岸局部坡体发生滑动,滑坡活动愈来愈频繁。1986年至2004年间原公安局、福利院等处地面多次出现变形,纵、横向裂缝大量出现,造成众多建筑物毁坏,樟木公安分局被迫搬迁;2005年8月,福利院处滑坡再次复活,造成19间民房毁坏,城镇的部分基础设施不能正常使用。滑坡变形已严重威胁到驻地党、政、军、民的生命财产安全,给口岸的经济建设、边境贸易和社会稳定造成严重影响,口岸的定位和可持续发展受到了质疑。前人的研究工作仅局限于局部的、浅层的新滑坡^[1],未对古滑坡是否复活和形成机制等问题进行研究。因此,对古滑坡进行深入研究十分必要。

1 滑坡区地质环境概况

喜马拉雅山脉南坡属高山峡谷区,山体海拔基本在3500m以上,波曲河海拔2000m左右,古滑坡发育在海拔2200~2700m的斜坡上,前后高差300~400m,坡度10~45°,波曲河流向由北向南,电站沟由东向西汇入波曲河,两河流以“人”字形流经斜坡坡脚陡崖。高陡地形为滑坡提供了强大的下滑势能和良好的临空条

件。

该区位于喜马拉雅造山带核部结晶基底复式背斜的北翼,构造运动和褶皱异常复杂,断裂和节理发育,地震活动频繁,属强震频发区,基本烈度为Ⅴ度。波曲河张扭性正断层是区内最大的断裂,走向NNE-SSW,倾向SEE,倾角65°左右;波曲—迪斯岗正断层为次一级断层,产状110~120°/65~75°,走向NEE,古滑坡恰位于两个正断层的上盘。主要的两组节理裂隙产状分别为280°/62°、190°/82°。

区内基岩以前震旦系达莱玛桥组(AnZd)灰—青灰色黑云斜长片麻岩、片岩为主,偶见石英片岩,岩层倾向NE,倾角20~40°,第四系地层主要为残坡积物、崩坡积物、滑坡堆积物和泥石流堆积物。

受印度洋季风气候的控制,樟木属亚热带季风潮湿湿润气候区,降雨丰富、集中,年平均降水量2820mm,雨季为6月至10月,夏季降雨量占年降雨量的80%。丰富的降雨是诱发当地滑坡、崩塌和泥石流的重要因素。

2 古滑坡的几点新认识

前人资料认为樟木口岸坐落在一个体积 $9.793.16 \times 10^4 \text{ m}^3$ 古滑坡体上,南、北分别以电站沟和樟木沟为界,西临波曲河,其性质属推移式滑坡^[2]。但经过口岸地质灾害的整体勘察,对古滑坡有了一些新的认识。

樟木口岸并非坐落在一个特大型古滑坡体上,而是2个古滑坡,即福利院古滑坡和帮村东古滑坡。滑坡周界也不是以波曲河、电站沟和樟木沟为界,而是以“圈椅”状负地形为界(图1),体积分别约 $860 \times 10^4 \text{ m}^3$ 和 $2700 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。其原因如下:

收稿日期:2007-04-09;修订日期:2007-06-22

作者简介:祝建(1979-),男,硕士,助理工程师,从事工程地质和地质灾害研究工作。

E-mail:zhujian25@163.com

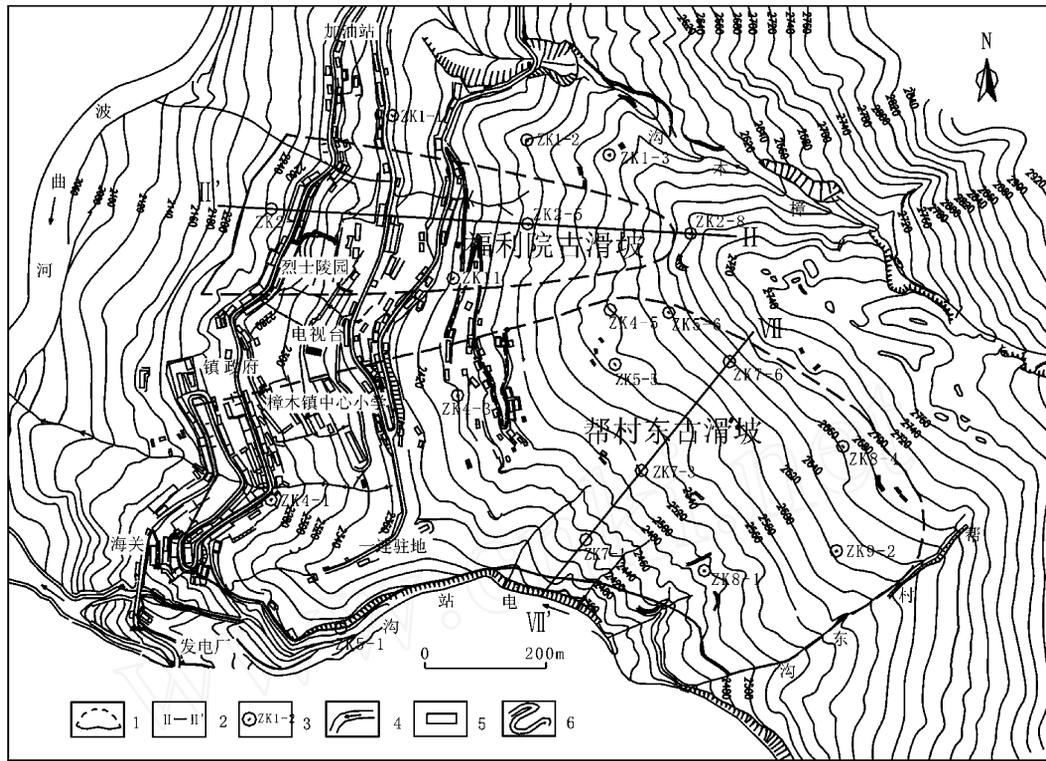


图 1 樟木口岸古滑坡平面图

Fig. 1 Engineering geological map of Zhangmu ancient landslide

1—古滑坡周界;2—勘察剖面;3—钻孔及编号;4—河流;5—建筑物;6—318 国道中尼公路

(1) 从卫星数字图片分析,樟木口岸山体是一个自然斜坡地形,坡面形态与周围坡体坡面形态基本相同,樟木沟的形态是受后期水流冲蚀下切而形成,而非拉张形成。

(2) 樟木沟两侧的松散层和下伏基岩之间为正常的地层接触关系,接触界面上没有滑动的迹象,沟底两侧基岩相连,产状一致,与区域产状相同,并且沟道两侧堆积物层理倾向沟内,反向樟木口岸山体。

(3) ZK1-1、ZK1-2、ZK1-3、ZK4-5、ZK5-5、ZK5-6 (图 1) 等几处脊梁上的钻孔揭示块碎石土之下为强风化基岩、弱风化基岩,岩土接触面上未见扰动现象,在靠近山体顶部附近的钻孔 ZK2-8 和 ZK7-6 中也未见到滑动面。

(4) 加油站南侧一带公路内侧基岩大范围连续出露,产状均与区域上的基岩产状一致。ZK11 揭露松散层仅 9.8m 厚,且调查分析两滑坡之间的脊梁也未见滑动迹象,据此可认为是两个古滑坡。

基岩顶部附近广泛发育的数厘米至数米厚的残坡积粉质粘土或粉土,硬塑—可塑,中密—密实,是构成滑带的主要物质。

滑坡地处高山峡谷区,斜坡高陡,坡体物质较松

散,前缘时常坍塌形成向后部逐渐牵引之势,所以古滑坡运动形式既有推移性质,又有牵引性质,属混合式滑坡。

3 古滑坡基本特征

福利院古滑坡位于樟木口岸西北角,在平面上呈长舌形,周界较明显,为圈椅状地形,滑体长约 720m,宽约 300m,平均厚度约 40m,体积约 $860 \times 10^4 \text{ m}^3$,主滑方向 273° ,前缘剪出口高程 2 260m~2 270m,高于波曲河约 160m,基本沿波曲岸边基岩陡崖顶部剪出,后缘位于陡坡处,高程 2 630m~2 660m,前后缘高差 360m~400m,地面坡度 $25 \sim 35^\circ$ 。滑面形态总体为中前部缓,后部较陡,角度 $28 \sim 40^\circ$ (图 2)。

帮村东古滑坡位于樟木口岸东南侧,紧邻福利院古滑坡,滑坡地形呈沟槽相间,周界已被后期的崩坡积物覆盖有所改造,平面上呈不规则形态,地势总体东南高,西北低。滑体长 600~760m,宽 660~840m,厚度 $10 \sim 72.5\text{m}$,西部较厚,东部较薄,体积约 $2\,700 \times 10^4 \text{ m}^3$,主滑方向 $217 \sim 241^\circ$,具分块滑动特征,前缘剪出口高程 2 200m~2 460m,高于电站沟和波曲河约 150m,基本沿波曲和电站沟岸边基岩陡崖顶部剪出,后缘位于

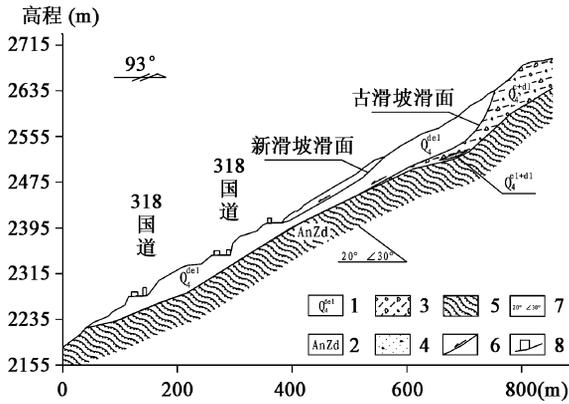


图2 福利院古滑坡工程地质剖面图

Fig. 2 Engineering geological profile of Fuliuyan ancient landslide

- 1—滑坡堆积层; 2—前震旦系达莱玛桥组; 3—块碎石土;
- 4—粉质粘土或粉土夹角砾; 5—片麻岩、片岩;
- 6—滑动面及滑动方向; 7—岩层产状; 8—房屋

环状缓坡平台附近, 高程2 550m~2 700m, 前后缘高差340m左右, 地面坡度15~35°, 滑面角度总体上是25~31°, 后缘较陡, 约45°(图3)。

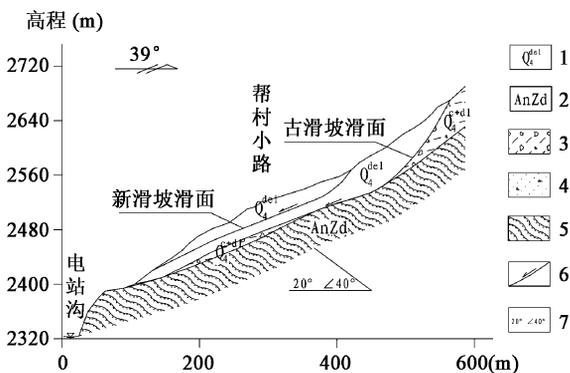


图3 帮村东古滑坡工程地质剖面图

Fig. 3 Engineering geological profile of Bangcundong ancient landslide

- 1—滑坡堆积层; 2—前震旦系达莱玛桥组;
- 3—块碎石土; 4—粉质粘土或粉土夹角砾;
- 5—片麻岩、片岩; 6—滑动面及滑动方向; 7—岩层产状

福利院和帮村东古滑体主要由早期岩体崩滑形成的崩坡积松散块碎石土组成, 块碎石分选差, 存在架空现象。滑带为基岩顶面附近广泛分布的浅灰—青灰色残坡积粉质粘土或粉土夹角砾, 硬塑—可塑, 层厚数厘米至数米不等, 可见明显的擦痕和光亮的镜面, 部分镜面上出现暗绿色绿泥石薄膜。据X射线衍射分析, 其矿物成分主要为石英、斜长石、云母(或伊利石), 其次为绿

泥石, 可见少量矽线石。滑床为碎块石土和黑云斜长片麻岩、片岩, 片麻岩、片岩呈强风化, 节理裂隙发育。

4 古滑坡形成过程及机理分析

古滑坡是由弯曲—拉裂—压碎变形的岩质崩滑形成的崩坡堆积体演变而成的一个滑移—拉裂变形的碎石土滑坡^[3~5]。在地质演化过程中, 早期波曲张扭性正断层的活动对樟木口岸低洼地形的形成有一定影响, 给崩滑堆积提供了场所。受构造运动、活动断裂和卸荷回弹等影响, 陡峻山体节理发育, 产状 $280^{\circ} 62^{\circ}$ 、 $190^{\circ} 82^{\circ}$ 的两组陡倾节理走向与弧形两侧坡面走向平行; $210^{\circ} 55^{\circ} \sim 65^{\circ}$ 的小型阶状正断层和与之平行的大节理走向也与坡面走向基本平行, 形成构造顺向坡。樟木沟道中部直径50m左右的巨石岩层产状 $145^{\circ} 48^{\circ}$ 与区域产状大体相反。依此推断, 在上述不利结构面和产状 $10^{\circ} \sim 30^{\circ} 20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 的反坡层理控制下(图4), 变形早期岩层在自重作用下向坡下慢慢弯曲, 层间出现错动并伴有拉裂。随着变形的发展, 陡倾节理与层理之间形成阶状裂隙。当变形进入累进破坏阶段, 阶状裂面成为剪应力集中带, 陡缓转角处的嵌合体逐个被剪断、压碎, 岩体开始向临空方向发生失稳, 受顺坡向陡节理和反坡向缓层理的影响, 岩体失稳不单纯是崩塌, 还兼有滑移, 为崩滑性质的运动。崩滑的岩体坠落于缓坡覆盖于残坡积粉质粘土或粉土层上构成了随后的古滑坡雏形。

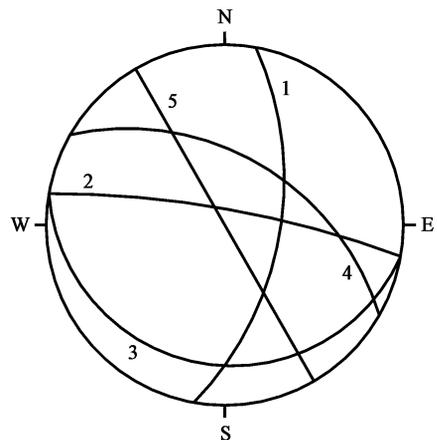


图4 结构面赤平投影图(上半球投影)

Fig. 4 Stereographic projection of structure plane (upper hemisphere)

- 1—节理产状 $280^{\circ} 62^{\circ}$; 2—节理产状 $190^{\circ} 82^{\circ}$;
- 3—片理产状 $10^{\circ} \sim 30^{\circ} 20^{\circ} \sim 40^{\circ}$; 4—阶状断层与构造节理产状 $210^{\circ} 55^{\circ} \sim 65^{\circ}$;
- 5—山体走向 $150^{\circ} \sim 330^{\circ} \sim 180^{\circ} \sim 360^{\circ}$

更新世以来地壳快速隆升,波曲河与电站沟强烈下蚀,造成樟木口岸斜坡坡脚形成陡壁岸坡。起初早期发生崩滑的块碎石堆积于坡面,以天然休止角维持其稳定,坡度较陡,一般在 $35 \sim 45^\circ$ 之间。但该处气候环境特殊,降雨量大,受雨水作用的影响强烈。一方面,粉质粘土相对于下伏基岩为隔水层,基岩中的地下水在接触面上形成承压水流,粉质粘土层底面产生孔隙水扬压力,使软弱面的有效应力降低,抗剪强度削弱;另一方面,粉质粘土上覆的块碎石土空隙大,透水性强,雨水下渗不仅软化了粉质粘土,还形成动水压力,增大下滑力。粉质粘土或粉土软弱层在雨水的浸泡和孔隙水扬压力作用下抗剪强度慢慢降低,其一经被河流揭露临空,便向临空方向开始蠕动,后缘逐渐出现拉张裂缝,裂缝不断向深处扩展,使粉质粘土层剪应力发生集中,成为剪应力集中带,而地表水沿拉裂面渗入坡体更促进了滑面抗剪强度的降低,当滑面的抗滑力不足以维持高陡斜坡的下滑势能,滑面上的剪应力带贯通,便发生滑坡,形成了 $15 \sim 35^\circ$ 的较缓地形。

5 结论

(1) 樟木口岸古滑坡是在特殊的地形地质条件下

形成的,为两个大型古滑坡,滑坡周界以圈椅状负地形为界。

(2) 古滑坡是由弯曲—拉裂—压碎变形机制的岩质崩滑形成的崩坡堆积体演变而成的碎石土滑坡,属二次滑动,其破坏方式为滑移—拉裂破坏模式。

(3) 残坡积粉质粘土或粉土与雨水对滑坡发生起控制作用。

(4) 下滑过程是一个重力势能降低的过程。

参考文献:

- [1] 李云贵,温清茂.西藏樟木滑坡变形机理与趋势分析[J].水文地质工程地质,1995,22(5):32-35.
- [2] 李云贵,张作辰.西藏樟木滑坡及综合治理[J].中国地质灾害与防治学报,1998,9(4):19-24.
- [3] 张倬元,王士天,王兰生.工程地质分析原理[M].2版.北京:地质出版社,1994:321-363.
- [4] 徐邦栋.滑坡分析与防治[M].北京:中国铁道出版社,2001.
- [5] 黄润秋,赵松江,宋肖兵,等.四川省宣汉县天台乡滑坡形成过程和机理分析[J].水文地质工程地质,2005,32(1):13-15.

Mechanism analysis of the outsized ancient landslide of Zhangmu port in Tibet

ZHU Jian, LEI Ying, ZHAO Jie

(Xi'an Geotechnical Engineering CO., LTD of China Highway, Xi'an 710075, China)

Abstract: Landslides are the main geological hazards in Zhangmu port in Tibet. Researching on Zhangmu port ancient landslide is one of the most important factors relevant to the sustainable development of Zhangmu port. On the basis of geologic analysis, authors realized dimensions, nature and mechanism of the ancient landslide through the whole reconnaissance of the geological hazard again. It was discovered that Zhangmu port doesn't located on one ancient landslide, but two ancient landslides. The rainfall and eluvial silty & silt near the top surface of bedrock are the two major factors of the ancient landslide formation. The ancient landslide is a debris landslide which was evolved from the rock collapse, whose deformation pattern included bend, tension and crush. The failure mechanism of the ancient landslide included two steps: glide and tensile failure.

Key words: Zhangmu; ancient landslide; formation mechanism

责任编辑:张明霞