

雅砻江上游某巨型滑坡成因机制及稳定性评价

厉成武¹, 唐兴君², 王光良³

(1. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 成都 610059; 2. 国家电力公司华东勘测设计研究院, 杭州 310014;
3. 山东正元资源勘查研究院, 山东 烟台 264002)

摘要:通过对位于雅砻江上游的某巨型滑坡的实地调查, 对其成因机制进行分析, 滑坡是顺层蠕动—滑移—弯曲变形长期发展的结果, 目前滑坡上的变形迹象是滑体土蠕滑—拉裂的产物。在对滑坡进行定性分析的基础上, 选取安全储备明显较低的 A2 区, 对其在天然、暴雨和地震 3 种工况下的整体和局部稳定性分别进行了计算分析, 并对整体稳定性进行评价, 结果表明 A2 区在天然工况下整体稳定性较好, 在暴雨工况下稳定性较低, 地震条件下稳定性会更低。

关键词:巨型滑坡; 成因机制; 稳定性评价

中图分类号: P642. 22

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)05-0273-03

Analysis of the Origin Mechanism and Stability Evaluation to Some Giant Landslide in Upper Course of Yalong River

LI Cheng-wu¹, TANG Xing-jun², WANG Guang-liang³

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. East China Investigation & Design Institute, Hangzhou 310014, China; 3. Shangdong Zhengyuan Resource Investigation Institute, Yantai, Shandong 264002, China)

Abstract: According to the analysis of some giant landslide in upper Yalong river, it belongs to the creep-sliding-bending type. At present, the landslide distortion sign is the slippery body earth creep-tension. In this foundation, the selection of safety margin obviously is lower A2 area, carried on the appraisal to it under the different conditions stability, the results indicated A2 area is better under the natural condition, could not satisfy the safety request under the rainstorm condition, the earthquake condition can be lower.

Key words: giant landslide; origin mechanism; stability evaluation

1 滑坡概况

该滑坡位于雅砻江右岸, 整体地形为北高南低, 呈“M”型, 略向下游方向展布, (见图 1)。前缘高程 1 894 m, 后缘高程 2 900 m。滑坡体内地形起伏整体呈前缓后陡的特点, 局部存在负地形。滑坡后缘可见基岩主断壁, 高 20~30 m, 其岩性为灰绿色薄—中厚层绢云母千枚状板岩和灰绿色变质玄武岩。南侧以常年流水冲沟为界; 北侧边界以 2 100 m 高程为界, 以上为一基岩山脊, 以下为一泥石流沟; 滑坡前缘直抵雅砻江。滑坡纵向最长 1 800 m, 横向最宽 1 900 m, 平均厚度约 67 m, 体积约 $1.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

2 滑坡的形成条件及成因机制分析

2.1 滑坡的形成条件

滑坡的形成需要具备一定的环境地质条件, 受地形地貌、岩土体性质等多种因素综合影响控制。该区地处中国自然地势的第一级阶梯东部边缘斜坡地带, 雅砻江河谷下切作用十分强烈, 致使该区形成深切峡谷地貌, 岸坡高陡。伴随两岸坡体急剧抬升, 岩体中的地应力释放, 卸荷作用也在加速, 边坡浅表部岩体发生卸荷回弹, 使得岩体中部分原生及

次生结构面产生横张拉裂, 同时前波断裂在滑坡体内的通过导致岩体完整性遭到进一步的破坏。且区内为软硬相间的岩层, 地处河流冲蚀的凹岸, 一旦河流切穿软岩, 在前缘深切的有效临空面组合下, 物理化学风化作用、河流侵蚀、地震等内、外营力的长期共同作用, 极易产生顺层滑动。

2.2 滑坡的成因机制分析

2.2.1 影响因素分析

滑坡所处岸坡位于单斜构造带内, 岩层总体上中倾左岸偏上游。伴随地壳抬升, 岩体中的构造应力释放, 在浅表层发生卸荷回弹变形, 研究表明特别是沿层面产生的差异卸荷回弹变形比较明显, 导致层间接触带上的剪切应力集中, 剪应变增大, 最终可能使这部分岩体发生剪切破坏。同时, 卸荷变形使得浅表部岩体沿陡倾坡外节理产生拉张破裂, 原有结构面扩展破坏, 并产生新的表生结构面, 为地下水的入渗提供了良好的通道, 使得结构面的强度进一步恶化, 随着抬升运动的不断进行, 岸坡高度不断增加, 上述作用的影响将更加突出。在自重应力的长期作用下, 上部岩体追踪软弱结构面发生蠕滑

收稿日期: 2006-10-20

作者简介: 厉成武(1979—), 男, 硕士研究生, 主要从事环境工程地质科研工作。

变形,并产生与滑移方向近于正交的拉裂缝,使得变形体与母岩脱离滑动破坏,从而发生滑动破坏。另外,地震是滑坡产生的诱发因素。研究区位于构造活动频繁、地震强度高的川滇地震带边缘,邻近地区区域性断裂构造较发育。对该区的最大影响烈度达Ⅶ度。在高强度的地震作用下的边坡岩体结构面极易松动破裂,进而引起错位,在高频率地震的反复作用下结构面遭受累积破坏,处于临界状态的坡体,在地震力的触发下最终导致右岸边坡的崩滑失稳。

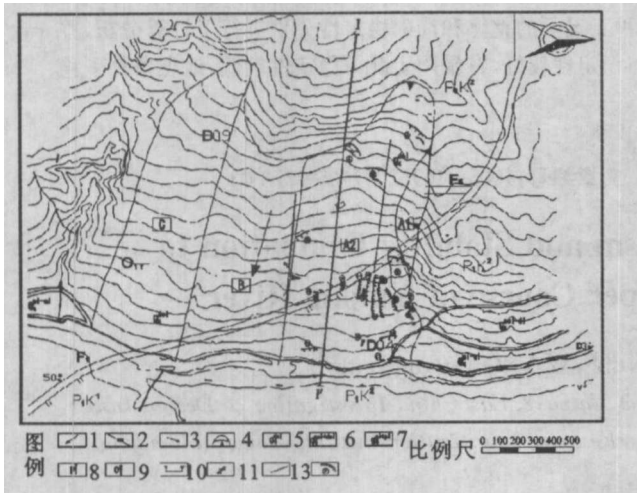


图 1 滑坡工程地质平面示意图

2.2.2 成因机制分析

滑坡体位于雅砻江右岸,前波断裂自滑坡体中部斜穿,断面倾坡内,岸坡以顺向坡为主,略倾上游,据滑坡区临近的上下游斜坡地貌,前缘为雅砻江深切,形成临空面,坡体呈凸型,岩层倾角大于岸坡原始坡角,有利于岩体滑移一弯曲变形的发展。断层两侧基岩岩性不同,断层下盘(即斜坡前部)主要为三叠系杂谷脑组的灰绿色变质砂岩和炭质板岩。断层上盘(即斜坡中后部)为下村岩群的千枚状板岩,岩质均较软,且岩体中存在陡倾坡内的结构面,有利于降雨入渗和风化作用的进行。这种构造特征为岩层的滑移拉裂变形提供了有利边界、力学条件。滑坡是斜坡表层岩体顺层蠕动一滑移一弯曲变形长期发展的结果,分为两期滑动;目前滑坡上的变形迹象是滑体土蠕滑一拉裂的产物。

由于斜坡基岩主要为板岩,板理面强度较低,易于剥蚀,在雅砻江强烈下切过程中,斜坡前缘位于江水或地下水位以下,板理面受水的长期浸润而软化,强度降低,易变形,它在上覆岩体的重力作用下逐渐向河谷方向产生剪切蠕动,当斜坡下伏的板岩向河谷方向发生剪切蠕动或破坏时,就会导致中倾坡外的板理面上的剪应力增大,导致上覆岩体沿这一面产生滑移,随着上覆岩层沿板理面的滑移,势必在这些部位产生拉应力,加之断层破碎带在后缘边界的控制作用,降水易于入渗软化板理面强度。由于岩层倾角大于斜坡坡度,前缘受阻,但因为原始斜坡长达 1 km 以上,在强大的自重应力

作用下,斜坡岩体有向下滑动的趋势,随着上覆岩层沿板理面的滑移,势必在前缘形成应力集中,岩层向临空方向发展,即弯曲变形,前沿受阻弯曲过程中产生一组共轭剖面 X 节理,一旦缓倾坡内的 X 节理与层面和后缘拉裂面贯通就产生滑移一弯曲型滑坡(见图 2),形成了第一期滑坡。第一期滑坡形成后,后缘基岩暴露临空,加之岩层倾角较陡,导致发生累进性的第二期破坏。此后漫长年代中,滑坡体表层后期改造作用巨大,雨水的冲刷以及破碎松散的堆积物使得坡体上泥石流沟和陡坎较发育,当滑体土由于沟谷临空或局部滑动临空后,在降雨诱发下,即形成了表层的拉裂缝。

3 滑坡体稳定性研究

3.1 定性分析

通过地面调查,发现滑坡存在变形主要是 A 区,有 18 处之多,而且自后缘至前缘均有分布,裂缝的形成主要有两方面的原因,一部分是倾向沟内的局部垮塌,这类变形在滑坡前部分布较广,且多为纵向裂缝,还有一类裂缝是横向展布的长、大拉裂缝,其主要分布在滑坡中后部,从目前的判断其与整体联系的可能性甚大。主要原因有:(1)A 区中部的横张弧形裂缝发育是明显下挫所造成的,而滑坡体钙质胶结较好,裂缝的表象与平砌的整体稳定性(平砌成砌条件好,不需支撑,如若裂缝是局部滑动引起,则在浅表部成砌条件很差)说明:是由于裂缝直插入主滑带上,然后主滑带以整体更深层的蠕动可能性更大;另外,亦说明滑坡目前正处于整体蠕动阶段;(2)在滑坡前缘可见四处常年出水的泉眼,流量 0.05 L/s,雨季亦不浑浊,表明此水来自于地下深处,而在目前已开挖的平砌内,大多干燥,表明地下水沿着更深层在运移;(3)据调查访问资料,滑坡体上的裂缝不但分布广,而且每年都在进一步产生、扩大,如若次级滑带引起,则在平砌和钻探内可见明显软塑或可塑等具有滑动性状物质,然而目前无此证据,表明拉裂缝延伸到深层底部的可能性非常大。据访问资料,B 区和 C 区在 100 多年的历史中(居住此地已有 4 代人)无任何变形破坏迹象,表明该区稳定性较好,且蓄水对该滑坡无影响,不会改变这两个区的赋存状况。

综上所述,滑坡的 A1 区、B 区和 C 区从现有调查访问及无变形破坏历史信息、加之不受蓄水影响,不改变 B 区和 C 区现有赋存状况来看,安全储备较高。不稳定部分主要集中在 A2 区,A2 区在暴雨状况处于欠稳定状态,地震条件下稳定性会进一步降低。

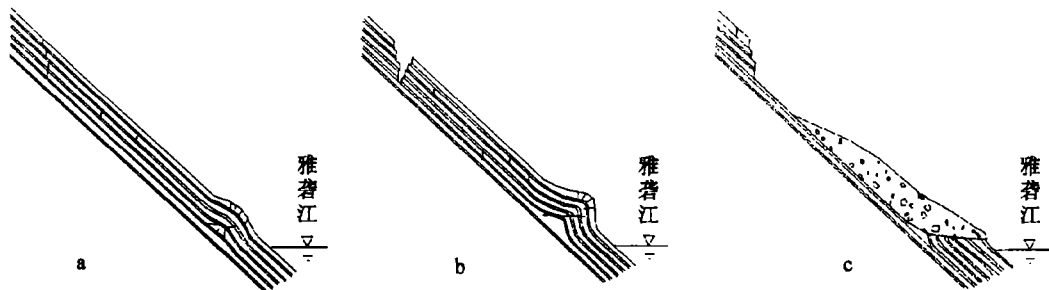
3.2 定量计算

3.2.1 计算剖面的选取

根据各勘探剖面在滑坡中的位置及其代表性,本次稳定性计算选取安全储备明显较低的 A2 区中 I—I' 剖面作为计算模型。计算模型如图 3 所示,其中剖面在坡体的位置见平面图。

3.2.2 计算参数的确定

本次计算的参数主要包括滑体重度,滑带土的抗剪强度,以试验成果为基础,反算为主,并参照《工程地质手册》综合确定。在本次稳定性计算中深层滑带土抗剪强度参数取值如表 1 所列,该区地震基本烈度为Ⅶ度区。



(a)滑移—轻微弯曲;(b)滑移—强烈弯曲—隆起;(c)滑面贯通—整体失稳

图 2 滑坡变形破坏演变过程示意图

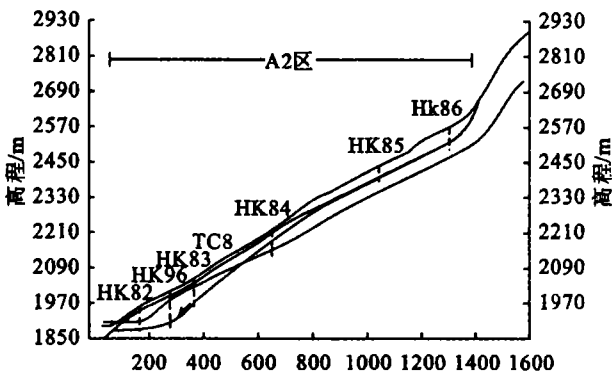


图 3 滑坡 I—I' 剖面计算条分图

3.2.3 整体稳定性计算分析

应用上述计算程序首先对滑坡 I—I' 剖面所确定的计算模型的整体稳定性进行验算,然后对各期滑坡的期次稳定性分别进行校核,其稳定性计算结果见表 2:

从表 2 可以看出:天然状况下,滑坡稳定性系数大于 1.15,处于稳定状态;暴雨条件下,深层滑面稳定性系数略高于 1.0,处于基本稳定状态,浅层滑面处于稳定状态;地震对滑坡稳定性影响最大,Ⅶ度烈度条件下深层滑面稳定性系数降低 0.25 左右,滑坡存在失稳的危险性。

表 1 滑坡岩土体参数综合取值

参数 岩土体	天然状态			饱水状态		
	内聚力/ kPa	内摩 擦角/ (°)	容重/ (kN· m ⁻³)	内聚力/ kPa	内摩 擦角/ (°)	容重/ (kN· m ⁻³)
滑体	75	34	23	60	31	24
滑带	140	26	—	105	22	—

表 2 滑坡稳定性计算成果汇总

水库运行水位	计算工况	计算方法	I—I'剖面	
			深层滑面	浅层滑面
基本组合	天然	Bishop	1.179	1.588
		Janbu	1.165	1.488
		M-P	—	1.490
	暴雨	Bishop	1.046	1.245
		Janbu	1.010	1.170
		M-P	1.056	1.180
特殊组合Ⅱ (设计地震状况)	地震	Bishop	0.938	1.268
		Janbu	0.923	1.185
		M-P	—	1.193

4 结 论

(1)该滑坡为巨型滑坡,根据对该滑坡的成因机制分析,该滑坡是顺层蠕动—滑移—弯曲变形长期发展的结果,目前滑坡上的变形迹象是滑体土蠕滑—拉裂的产物。

(2)通过对各分区的定性分析和定量计算,A1 区、B 区和 C 区各种工况下的稳定性储备较高,A2 区天然工况下稳定性较好,在暴雨状况下稳定性较低,地震条件下稳定性会更低。

参考文献:

[1] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理(第二版)[M]. 北京:地质出版社,1994.

[2] 张咸恭,王思敬,张倬元,等. 中国工程地质学[M]. 北京:科学出版社,2000.

[3] 《工程地质手册》编写委员会. 工程地质手册[S]. 北京:中国建筑工业出版社,1992.

[4] 石豫川,冯文凯,叶志平,等. 金沙江上游某巨型复合型滑坡的基本特征及稳定性分析[J]. 地质灾害与环境保护,2003,14(4):11—15.