

# 泰宁县梅口乡吊桥新村滑坡稳定性分析及其治理

池永翔<sup>1</sup>, 吴振祥<sup>2</sup>, 黄志强<sup>3</sup>

(1. 中国地质大学环境学院, 湖北 武汉 430074 2. 福州大学岩土工程与工程地质研究所, 福建 福州 350002  
3. 福建岩土工程勘察研究院, 福建 福州 350001)

**摘要:** 分析了吊桥新村滑坡体的规模、类型、成因, 通过定性、定量方法探讨其稳定性, 并提出相应的治理方案. 研究表明, 该滑坡的滑坡类型属土质、浅层、牵引式工程滑坡. 滑坡体目前处于极限平衡状态, 在连续降雨或暴雨等的影响下, 有可能造成整体快速下滑. 建议采取排水、支护护坡等综合治理方法进行治理, 并进行滑坡体位移监测.

**关键词:** 吊桥新村; 滑坡; 稳定性; 泰宁

中图分类号: O317; TU311.2

文献标识码: A

## Study on the stability and treatment of the landslide at Diaojiao village of Meikou, Taiping county

CHI Yong-xiang<sup>1</sup>, WU Zheng-xiang<sup>2</sup>, HUANG Zhi-qiang<sup>3</sup>

(1. College of Environment, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China 2. Institute of Geotechnical and Geological Engineering, Fuzhou University, Fuzhou, Fujian 350002, China 3. Fujian Institute of Geotechnical Investigation, Fuzhou, Fujian 350001, China)

**Abstract** In this paper the scope, style, cause of the landslide at Diaojiao village of Meikou, Taiping County, is analyzed, and the stability is researched by means of qualitative and quantitative methods, the treatment scheme is put forward. The mode of landslide belongs to a kind of soil-shallow-draught slide. At present the slope is in the state of limit equilibrium, it is possible to slide fast under the influence of continuous rainfall or rainstorm. It is suggested that the treatment techniques such as drainage and retaining and protecting be taken for the landslide treatment, and it is necessary to monitor the slope displacement.

**Keywords** Diaojiao village; landslide; stability; Taiping

## 1 滑坡概况

### 1.1 滑坡体形态及主要特征

吊桥新村滑坡位于泰宁县梅口乡梅口村悬索桥的东北侧山体斜坡的中下部, 地势西北高东南低, 自然坡度  $27^{\circ} \sim 32^{\circ}$ , 见图 1. 滑坡主滑方向约为  $130^{\circ}$ , 主轴方向长 60m, 平均长约 50m, 其黄海高程在 325~365m 之间, 高差约 40m, 上窄下宽, 后缘宽约 80m, 前缘宽约 125m, 平均宽约 100m, 滑动带处于残积层与坡积层之间及残积层中, 滑坡面积为  $5000\text{m}^2$ , 滑体厚 3~5m, 总土方量约 2.0 万  $\text{m}^3$ . 滑坡土方量较大, 将直接影响泰宁-龙安道路、梅口村吊桥新村 14 户人口约 70 人、梅口村村部和金湖旅游管理处等机构, 总财产约 200 万元的安全, 一旦滑动, 后果不堪设想. 在滑坡体西侧局部已发生滑动, 滑坡面积为  $1800\text{m}^2$ , 土方量约 0.45 万  $\text{m}^3$ . 在斜坡后缘有一条拉张裂缝长约 60m, 宽 10~45cm, 平均

收稿日期: 2005-11-03

作者简介: 池永翔 (1981-), 男, 硕士; 通讯联系人: 吴振祥, 讲师.

宽约 20 cm, 深可达 30~ 40 cm, 裂缝裂面新鲜, 平面上呈弧形展布, 说明滑体已经不断向下滑动, 目前正处于阶段性滑动阶段。

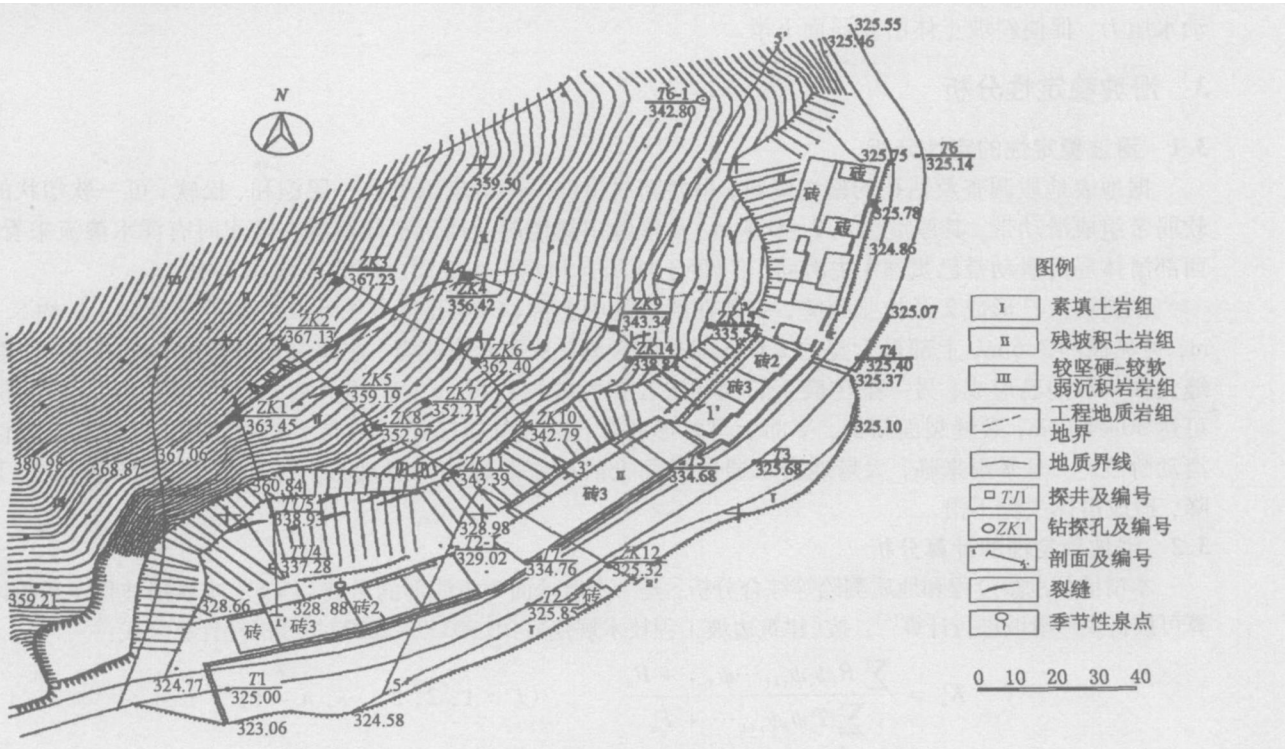


图 1 吊桥新村滑坡位置平面图

Fig 1 Location plan of the landslide at Diaobao village

### 1.2 滑坡类型分析

根据滑坡的物质组成, 形成原因及滑动形式等<sup>[1]</sup>, 可进行滑坡类型分析, 从而为滑坡的治理提供依据<sup>[1, 2]</sup>. 按其组成物质分, 梅口乡吊桥新村滑坡体岩性为坡积土及残积土, 属堆积层滑坡; 按其滑动体厚度分, 滑坡平均厚度 4.0m, 属浅层滑坡; 按其滑动的力学性质分析, 该滑坡是由于开挖坡脚, 使上部斜坡失去支撑而变形滑动, 坡面张性裂隙较发育, 形成 2 条明显的拉张裂隙, 就其特征可以看出, 属牵引式滑坡; 按它的形成原因分析, 滑坡是由于开挖斜坡坡脚引起的山体斜坡变形、滑动, 故属人工诱发工程滑坡. 因此, 梅口乡吊桥新村滑坡的滑坡类型综合起来属土质、浅层、牵引式、工程滑坡。

### 2 滑坡成因分析

滑坡的产生受多种因素的综合影响<sup>[2, 3]</sup>. 吊桥新村滑坡产生的主要因素同样有几个方面:

#### 2.1 地质环境因素

场地处自然坡度 27°~ 32°, 坡高约 40m, 人工斜坡高约 12~ 20m, 坡度 55°~ 65°, 较为陡峻.

场地第 ②层坡积粉土层, 结构松散, 含较多的坡积块石、碎石, 渗透性较好, 渗透系数约  $7.6 \times 10^{-4}$  cm/s 有利于地表水的入渗补给地下水; 第 ③层残积砂质粘性土, 结构较松散, 透水性也较好, 渗透系数约  $1.50 \times 10^{-4}$  cm/s 下伏为强风化岩, 渗透较差.

#### 2.2 人为因素

由于泰宁—龙安公路及吊桥新村修建改造, 向山边拓宽约 15~ 20m, 形成高约 12~ 20m 人工边坡, 出现了临空面, 破坏了山体力学平衡状态, 人工边坡出现滑塌, 继而牵引上部土体变形失稳.

#### 2.3 降雨—地下水作用

场地有一定汇水面积, 且滑坡后缘出现长约 60m, 宽 10~ 45 cm, 深可达 30~ 40 cm 的裂缝, 汇水

区降雨作用下形成的地表水流基本全部入渗补给地下水, 但遇透水性较差的岩体, 潜水位逐渐增高, 饱水带渐厚, 起到软化表层土体作用, 表层土体抗剪强度明显降低, 同时在土体中产生一定的静水压力和动水压力, 促使斜坡土体沿软弱面下滑.

### 3 滑坡稳定性分析

#### 3.1 滑坡稳定性的定性分析

据地表地质调查及钻孔的勘探资料, 吊桥新村滑坡局部滑床以上有一层饱和、松软、可一软塑状的软弱带组成滑动带, 其厚度为 0.2~0.4m. 从裂缝出露情况及西部滑体前缘在降水时有浑水渗流来看, 西部滑体局部滑动带已贯通. 主滑面(带)处于坡积土和残积土层之间或在残积土中.

在斜坡上已形成 2 条拉张裂缝, 一条在滑体的中上部、ZK6 孔上方约 5m 处为近南北向, 长约 5.5m, 可见深约 3.6m, 上部最大宽约 1.0m 的拉张裂缝, 从裂缝痕迹看, 裂缝裂面较陈旧, 说明该拉张裂缝为多年以前已形成; 另一条在最上部(后缘)拉张裂缝长约 60m, 宽 10~45cm, 平均宽约 20cm, 深可达 30~40cm, 裂缝裂面新鲜, 平面上呈弧形展布, 说明滑体已经不断向下滑动, 目前正处于阶段性滑动阶段. 一旦暴雨来临, 大量地表水通过滑面上的拉张裂缝渗入滑动带, 有可能导致滑块稳定性下降, 造成滑体失稳下滑.

#### 3.2 滑坡稳定性的计算分析

本滑坡从勘察过程和地质测绘等综合分析, 是一个滑动面为折线形的滑坡, 因此, 本次滑坡稳定系数计算可按折线形滑坡进行计算<sup>[4]</sup>. 按《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2002)折线滑动计算公式:

$$K_s = \frac{\sum R_i \phi_i \phi_{i+1} \dots \phi_{n-1} + R_n}{\sum T_i \phi_i \phi_{i+1} \dots + T_n} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n-1) \quad (1)$$

$$\phi_i = \cos(\theta_i - \theta_{i+1}) - \sin(\theta_i - \theta_{i+1}) \tan \varphi_i \quad (2)$$

其中:  $K_s$  为边坡稳定性系数;  $\phi_i$  为第  $i$  条计算条块剩余下滑推力向第  $i+1$  计算条块传递系数;  $R_i$  为第  $i$  条计算条块滑动面上的抗滑力 (kN/m);  $T_i$  为第  $i$  条计算条块滑体在滑动面切线上的反力 (kN/m);  $\theta_i$  为第  $i$  条计算条块结构面的倾角 ( $^\circ$ );  $\varphi$  为第  $i$  条计算条块滑动面上岩土体的内摩擦角标准值.

选择场地 1-1' 剖面、2-2' 剖面、3-3' 剖面为计算剖面. 图 2 所示为典型的工程地质剖面图.

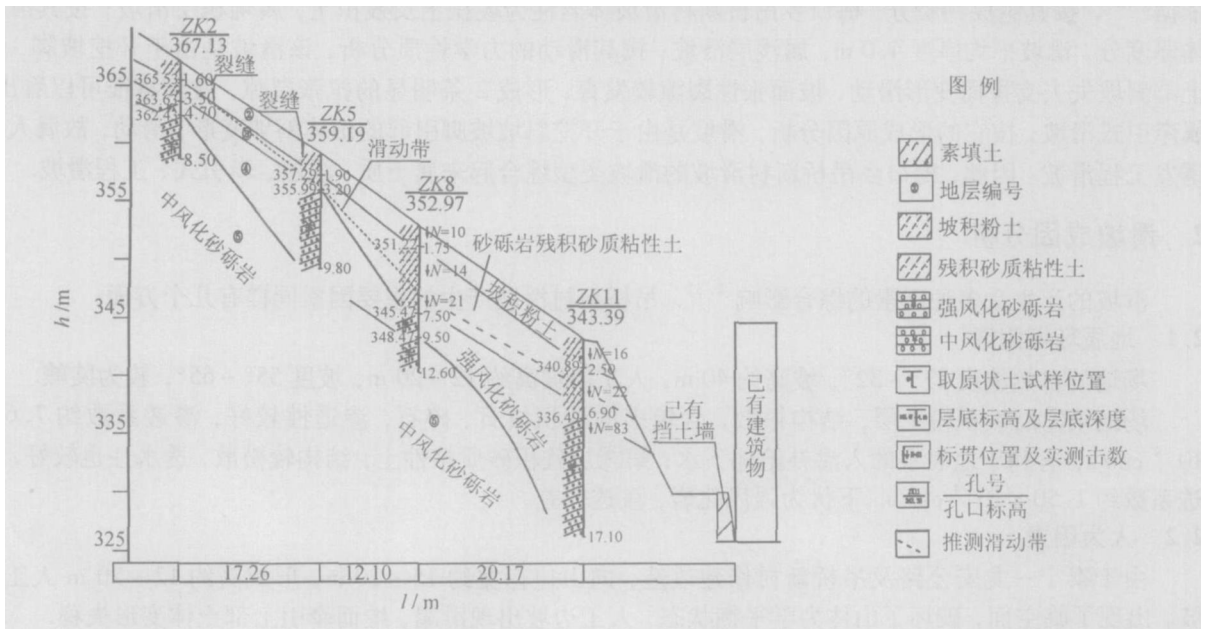


图 2 典型的滑坡体工程地质剖面图

Fig 2 Engineering geological cross section of the landslide

地下水是边坡失稳的重要因素<sup>[4]</sup>。因此, 计算中分别按在天然状态和降雨地表水下渗造成土体饱和和状态的条件下进行模拟计算。由于滑坡后缘已形成较长裂缝, 降雨形成的坡面流基本沿裂缝入渗补给滑体, 故按饱和状态计算时考虑浮托力和动水压力, 边坡稳定性计算参数见表 1, 计算结果见表 2

表 1 滑坡稳定性计算参数一览表

Tab 1 Calculated parameter stability of landslide

地层	天然容重 $\gamma / \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	饱和容重 $\gamma_w / \text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$	天然条件下		降雨致地表水下渗土体饱和条件下	
			粘聚力 $C / \text{kPa}$	内摩擦角 $\varphi / (^{\circ})$	粘聚力 $C / \text{kPa}$	内摩擦角 $\varphi / (^{\circ})$
坡积粉土	17.2	17.7	18.0	16.0	10.6	11.5
砂砾岩残积 砂质粘性土	17.4	17.9	20.0	27.0	8.0	22.7
强风化砂砾岩	21.0	21.5	100	35.0	80.0	30.0

注: \* 为经验数据

表 2 滑坡计算稳定系数数值对照表

Tab 2 Calculated safety coefficients of the landslide

地质状态	1-1'剖面		2-2'剖面	3-3'剖面	备注
	下部	上部			
天然状态	1.789	1.325	1.144	2.006	滑坡稳定安全系数 $F_{st}$ 取 1.30
饱和状态	1.200	1.059	0.942	1.414	

从表 2 计算结果可以看出, 在天然状态条件下, 滑坡稳定系数  $F_s$  大于 1.15, 但滑坡处于相对稳定状态; 在饱和状态下, 1-1'剖面和 2-2'剖面处于极限平衡状态。在没有降水的天然状态下, 本滑坡是相对稳定的; 但在降雨地表水入渗补给滑体时, 滑坡体的中、西部处于极限平衡状态, 一旦滑坡的滑面贯通后, 滑坡将快速下滑, 对坡体下部的财产造成极大的危害。

### 3.3 反分析方法分析

选用主滑剖面 2-2', 稳定系数采用 1.0。根据室内土工试验给定内摩擦角  $\varphi = 22.7^{\circ}$ , 代入式 (1), 反求内聚力  $C$  的方法, 得到内聚力  $C = 10.06 \text{ kPa}$  与室内土工试验实际的内聚力  $C = 8.0 \text{ kPa}$  比较相近, 说明滑坡目前处于极限平衡状态。

因此, 综合考虑各种分析结果, 吊桥新村滑坡正处于稳定-不稳定交互状态, 处于极限平衡状态。该滑坡在诱发因素(如大暴雨及连续降雨)促使下, 进一步发展可能造成滑坡快速下滑。

## 4 滑坡治理方案

根据梅口乡吊桥新村滑坡目前的实际情况和场地条件, 宜采取综合治理的方法, 重点是治水和支挡<sup>[5]</sup>。

### 4.1 治水

梅口乡吊桥新村滑坡之所以形成, 水是导致山体滑动的关键, 治水是治本。建议采取上部堵源截流, 中部排水疏干。

1) 截流堵源。滑坡后缘裂缝地表水入渗是危害滑坡的主要因素, 宜在滑坡后缘的滑坡体外设置防渗的截、排水沟, 以拦截和旁引滑坡范围外的地表水, 使之不进入滑坡区。

2) 坡面整平、排水疏干。依据地形地势, 平整坡面, 设立纵、横排水沟槽; 由于滑坡中部的裂缝对滑坡危害极大, 建议在这一带修建横垮和垂直滑体两个方向的支撑排水盲沟或盲洞排水系统, 将水排出滑坡体外, 以达到排水疏干的效果。

3) 夯填现有裂缝。对于滑坡上裂缝区域宜采用粘性土充填裂缝, 避免地表水的入渗补给滑体,

引起滑坡体有过大的动、静水压力,诱发滑坡体的变形失稳,该方法可以增加滑动带的抗滑能力.该方法施工简单,效果良好,但该方法宜与其它方法综合使用,才能达到理想效果.

#### 4.2 支挡方案

根据地形地质情况、岩性、施工条件、滑坡的性质、推力及安全等因素综合考虑,提出以下防治治理方案,以便取得最经济、最可行、最安全的治理方案.

1) 抗滑桩. 采用人工挖孔灌注桩的优点是: 每根桩可以深入滑面以下稳定层, 能达至设计目的, 保证工程质量; 能承受较大土压力; 适应于各种地层; 施工不影响交通; 可以清晰地判别地层岩性及滑动带的情况.

2) 锚索挡墙. 采用板肋式或格构式锚索挡墙方法对于施工期稳定的滑坡体具有良好的效果, 因此, 必须在滑体处于相对稳定阶段使用该方法.

综上所述, 结合本滑坡的地形地质条件、施工的难易程度、治理的效果, 本滑坡的治理宜采用: 坡顶设置防渗的截、排水沟、滑体内设置支撑排水盲沟或盲洞排水系统, 先对裂缝进行夯填处理, 而后采用抗滑桩方法; 对西侧已滑动部分进行分段治理, 下部已滑动部分前缘采用抗滑桩方法, 上部可采用板肋式或格构式锚索挡墙方法对本滑坡进行综合处理.

### 5 讨论与建议

1) 梅口乡吊桥新村滑坡是一个多次活动的滑坡, 属土质、浅层、牵引式工程滑坡. 滑动带为残积层与坡积层交界处.

2) 滑坡整体目前处于稳定—不稳定的极限平衡状态, 一旦遇外因(连续降雨或暴雨等)的影响, 滑坡必将失稳.

3) 建议采取综合治理的方法治理, 上部截流堵源, 中部排水疏干, 下部支挡护坡(先对裂缝进行夯填处理, 而后采用抗滑桩的方法)等综合治理方法进行治理.

4) 建议对滑坡进行动态监测.

#### 参考文献:

- [1] 建设综合勘察研究设计院, 北京市勘察设计院, 上海市岩土工程勘察设计院, 等. GB 50021—2001 岩土工程勘察规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002
- [2] 殷跃平, 康宏达, 杨华林, 等. 三峡库区云阳五峰山滑坡防治工程方案研究[J]. 水文地质工程地质, 2003, 30(6): 25—29
- [3] 任幼蓉. 五峰山斜坡变形破坏机制及稳定性分析[J]. 水文地质工程地质, 2003, 30(2): 56—58
- [4] 简文彬, 姚环, 焦述强, 等. 漳(州)—龙(岩)高速公路石崆山高边坡稳定性评价[J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21(1): 43—47
- [5] 简文彬, 唐宗鑫, 焦述强. 某岩体结构面特征与桥墩稳定性评价[J]. 岩土工程界: 基础工程, 2002, 5(11): 30—31