

基于生态与土地资源再生的滑坡综合治理方法

杨 谦

(江苏地质基桩工程公司,江苏 南京 210008)

摘要:以较为典型的巫山县新城烟厂滑坡治理工程为例,探讨了此类地质灾害的综合治理方法.该方法力求将灾害治理与土地资源再生和提升城市环境相结合,体现了集保护环境、节约土地、合理规划利用于一体的综合治理新概念,在勘测、设计及施工全过程中得到应用,且取得了良好的社会效益和经济效益.

关键词:滑坡;综合治理;生态环境;土地资源再生

中图分类号: P694 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1980(2004)04-0421-04

为确保长江三峡库区蓄水后沿线各城市的安全,近年来有关部门开展了区内被称之为“飘在水上,挂在树上,钉在墙上”的众多的滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害的工程治理,并已取得了显著成效.然而,有些设计单位由于对该区特殊的地质地貌条件和特殊的地域经济环境认识不足,对综合治理中的新技术、新方法研究不够,加之时间偏紧,所提设计方案往往直接沿用过去滑坡治理过程中常用的“上截沟、中拦腰、下支挡”等方法.由于这些方法在施工中会不可避免地与新城区发展规划或农村特色的农业发展相矛盾,与节约土地资源和生态环境相冲突,于是不得不做大量的方案调整,既费时又耗资.为此,本文以地处长江一级阶地、以旅游业为主的重庆巫山新城烟厂滑坡综合治理为例,提出了在滑坡治理工程中如何保护环境、节约土地、合理规划利用的新方法.

1 滑坡体分布与地质成因分析

根据滑坡监测资料并综合分析区内地形地貌、地层、构造特征,得出巫山县烟厂滑坡形态为不规则四边形^[1].滑坡体长 195 m,宽 280 m,厚度 16.7~41.5 m,面积近 4 万 m².按其结构和运动方式可分为 2 个次级土层滑坡(A、B)和 1 个残坡积顺层滑坡(C),其平面分布特征如图 1 所示.

A 滑坡,宽 74 m,厚 9.50~13.45 m,面积 8 800 m²,体积 10.2 万 m³,主滑方向 126°,滑体前缘陡坎下坡度 5°~10°,中部 40°,后部 25°~36°,判断滑床前部坡角 11°,中部坡角 22°~24°,后部坡角 28°~53°,滑床标高 252.37~290.00 m,向南东方向倾斜.

B 滑坡,长 124 m,宽 124 m,厚 6.00~18.90 m,面积 15 376 m²,体积 19.9 万 m³.滑床标高 229.44~270.61 m,向南东方向倾斜,滑床面倾角前部 5°~8°,中后部 26°~38°,滑坡物质见大量擦痕.地表观察发现滑坡体前缘有多条张开裂缝.目前,雨季沿平湖路北侧坡体经常出现局部滑塌现象.

C 滑坡,长 100 m,宽 130 m,平均厚度 8.50 m,水平面积 14 300 m²,体积 11.0 万 m³.滑体中前部有张开裂隙多条,并伴有小型滑塌.

A、B 滑坡为次级土质滑坡.主要形成机制:一是覆盖层与基岩存在次级滑动面,滑带中蒙脱石类粘土矿物含量高,抗剪强度值低;二是连续降雨增加了土体侧压和地下水运移;三是近期人类活动的影响,如地面不断加载,修路时人工切坡以及发掘古墓的不合理开挖等.

C 滑坡属牵引式滑坡.形成机制是原始残坡积层形成斜坡并处于相对稳定状态,但由于人工切坡的不合理开挖造成高临空面,在雨水作用下粉质粘土抗剪强度低,向临空面滑动而产生滑坡.具体表现为先出现张拉裂缝,然后产生剪切面,剪切面逐步贯通,最后导致滑移.

收稿日期 2004-03-22

基金项目 三峡库区地质灾害防治基金资助项目(渝计投 2002-641)

作者简介 杨谦(1954—),男,江苏盐城人,高级工程师,主要从事岩土工程、地质灾害治理与研究.

2 滑坡体稳定性评价

2.1 滑坡体稳定性分析的极限平衡法

2.1.1 稳定性系数与推力计算

沿主滑方向选择多条代表性剖面,采用滑动面条分法和传递系数法计算滑体推力.计算时不考虑滑体阻力和内聚力,以作为计算中的安全储备.根据天然和饱和两种状态进行计算,并在开挖和附加建筑荷载条件下进行滑坡体稳定性评价.计算稳定性系数与推力的公式参照国家标准^[2].

2.1.2 计算荷载组合

a. 荷载 p . 作用于滑坡条块滑动面上的力,包括条块重量以及上覆建筑物荷载.不考虑地震作用,设计时可按烈度 0.05 进行校验.设想滑坡体上未来修建房屋和道路的加载,第 3 块和第 5 块分别为 10m 长均匀分布荷载,荷载密度 q 为 100 kN/m.同时要求设计基础采用桩基,桩长应超过滑带深度的 1/3,荷载按 1/3 折减,荷载密度 q 为 100 kN/m.

b. 荷载组合与 R_i 和 S_i 的计算.滑块自重产生的荷载

$$R_i = W_i \cos \alpha_i \tan \varphi_i + c_i L_i$$

(1)

$$S_i = W_i \sin \alpha_i$$

(2)

式中: R_i 、 S_i ——计算条块的抗滑力与滑动力; W_i ——滑体重量; α_i ——滑动面倾角; φ_i ——滑动面内摩擦角; c_i ——滑动面内聚力; L_i ——计算条块滑动面的长度.

当考虑上覆建筑物荷载时,有

$$R_i = (W_i + Q) \cos \alpha_i \tan \varphi_i + c_i L_i$$

(3)

$$S_i = (W_i + Q) \sin \alpha_i$$

(4)

式中 Q 为上部建筑物荷载.

2.1.3 计算参数

a. c 、 φ 值.根据已有资料, c 值枯季取 0~53 kPa,均值为 31.5 kPa,变异性很高; $\varphi = 13.0^\circ \sim 27.0^\circ$,变异中等.雨季 c 值取 9~48.1 kPa,平均值为 28.6 kPa,变异性仍高; $\varphi = 11.4^\circ \sim 20.0^\circ$,变异中等.说明 φ 值对滑坡稳定系数的影响较大, c 值对滑坡稳定系数的影响相对小一些.本文按稳定系数 $K = 1.10$ 并假设雨季条件下处于相对稳定状态进行了试算,结果滑动带土雨季状态下内摩擦角 $\varphi = 18.9^\circ$.反求所得内聚力 $c = 22.67$ kPa.

b. 天然密度.次级土质滑坡(A、B 滑坡)在天然状态下,滑体重量计算全采用现场大密度试验平均值 $\rho_{\text{大}} = 2060 \text{ kg/m}^3$.考虑饱水状态下土的密度有所增加,故 ρ 值取为 2110 kg/m^3 .对于 C 滑坡, ρ_{p} 测定为 1980 kg/m^3 ,饱水状态按岩土 4:6 取值为 2010 kg/m^3 .

c. 条块计算数据的确定.利用 AutoCAD2000 作圆划分条块面积,滑面倾角、滑面长度按图取值.

2.1.4 稳定性评价

将各数据代入上述有关公式后计算各滑坡体稳定系数并评价稳定状态,如表 1 所示.

2.2 有限元数值分析

本文采用有限元软件 ANSYS5.6 对滑坡体进行数值模拟分析,以了解滑坡体的应力、变形情况^[3],进一步验证条分法和传递系数计算的成果.

依据现场勘探试验结果和剖面实测资料按二维即平面应变问题进行求解.整个模型采用两种单元类型,

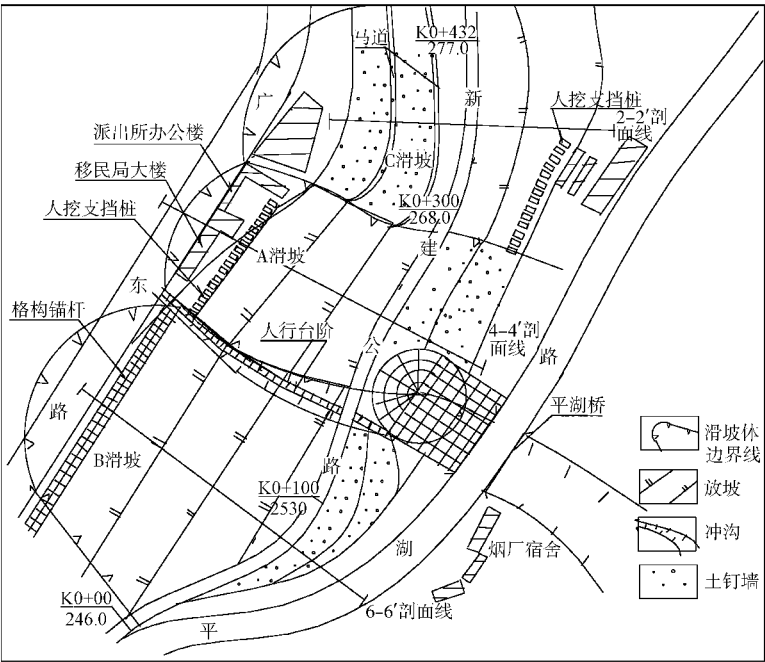


图 1 滑坡体平面分布
Fig.1 Plan view of landslide

滑体采用 6 节点三角形等参单元 ,滑床采用 8 节点四边形等参单元 .计算中考虑了坡体自重应力场 .相应的边界条件是 :右边界为 x 方向约束 ,即铰支约束 ,底边界为 y 方向约束 ,而左边界施加自重应力场的水平分力 .坡面为自由边界 .坡体上按实际的建筑荷载、公路动荷载、雨水渗透力及人类活动荷载考虑 ,右边界的土体侧压力作为安全储备 .

数值模拟结果表明 ,不同剖面单元的应力和应变矢量图均显示前部变形比较大 ,即应力向前滑体前缘集中 .这与稳定性推力计算结果一致 .即区内滑坡体在雨季条件下 ,坡面层普遍存在应变和应力集中现象 ,且超过岩土体的抗拉强度 ,易产生滑坡 .

3 滑坡治理方案对比分析

3.1 方案 1

根据 A、B、C 3 个滑坡具体情况 ,结合平湖路规划线确定 ,在 A 滑坡上部修建抗滑桩 ,中部进行减载 ;在 B 滑坡上部进行减载 ,下部修建抗滑桩 ;在 C 滑坡上部进行削方减载 ,下部修建抗滑桩 .

在 3 个滑坡体的周界修建截水沟 ,中部修建排水沟 ,以加强地表水的排泄 .

3.2 方案 2

根据 A、B、C 3 个滑坡具体情况 ,结合平湖路规划线确定 ,在 A 滑坡上部修建抗滑桩 ,中部进行减载 ;在 B 滑坡后缘布设集束性锚杆 ,中下部按 1:1.5 放坡削方减载 ;在 C 滑坡上部进行减载 ,下部修建抗滑桩 .

边坡减载后做成阶梯形并修建挡墙 .利用本次滑坡治理穿越滑体连接广东路和平湖路修建一公路通道 ,路宽 $B=7.0\text{ m}$,路基边坡配合减载工程边坡用挡土墙和土钉墙支护 .

在 3 个滑坡体的周界修建截水沟 ,中部修建排水沟 ,以加强地表水的排泄 .

对以上两种方案进行的对比分析(表 2、表 3)表明 ,方案 2 优于方案 1 .

表 2 滑坡治理方案

Table 2 Schemes for landslide remediation				
方案	特征	方 案 概 化		
		A 滑坡	B 滑坡	C 滑坡
1	支挡 + 排水沟	抗滑桩 ,周界排水沟	减载 + 抗滑桩 ,周界排水沟	减载 + 抗滑桩 ,周界排水沟
2	支挡 + 锚杆支护 + 减载 + 排水沟	抗滑桩 ,周界排水沟	锚杆支护 + 减载 ,周界排水沟	减载 + 抗滑桩 ,周界排水沟

表 3 两种方案主要工作量对比分析

Table 3 Comparison of main work load of two schemes					
方案	主要工作量/m³	工程造价/万元	工期/d	综 合 评 述	
1	抗滑桩	10 280.0	1 170	180	(a)该方案以统一施工工艺 ,人工挖孔桩支挡辅以排水沟为主要特点 ;(b)原高边坡地形地貌无实质性改变
	挡土墙	8 606.0			
	排水沟	1 898.0			
	减载工程	218 776			
2	抗滑桩	4 226.0	1 150	180	(a)该方案对 B 滑坡治理进行整合处理 ,滑体后缘广东路采用集束锚杆格构支护 ,使其与 A 滑坡支挡桩下坡面形态趋于一致 ;(b)B 滑坡通过削方减载形成 1:1.5 坡度的大面积放坡地形 ,坡面面积 1.5 万 m² 作为绿化带或可利用二期土地开发资源 ;(c)一条自 B 滑坡经 A 滑坡、C 滑坡至文化广场的新建公路穿越而上 ,成为平湖路至广东路的新通道
	挡土墙	1 957.2			
	锚杆	29 776.0			
	排水沟	903.9			
	减载工程	252 326.0			
	绿化工程	23 725.0			

上述两种方案经现场专家论证后选定方案 2 .施工中该方案又得到进一步优化处理 ,即除新增公路与拟建文化广场道路相连接、B 滑坡坡面绿化外 ,A 滑坡前缘原陡坎地形相应成为可供城市规划使用的土地资

源. A 滑坡与 B 滑坡交界处的原冲沟地形相应地设计成步行台阶, 方便了交通.

3.3 考虑生态与土地资源再生的治理措施

因为滑坡体处于巫山县新城码头至主城区干道旁, 所以在综合治理的同时不但要考虑新城发展规划问题, 而且还要考虑周边的景观环境问题. 山体上大面积的挂网喷浆破坏了植被, 给人一种很糟的视觉现象, 同时依山傍水而建的新城区, 土地资源也十分珍贵. 基于以上两点考虑, 在具体施工过程中根据现场实际采取了如下一些优化措施.

a. 结合城市规划, 利用滑坡体中部放坡马道修筑了一条连接平湖路与广东路的便捷公路, 为缓解城市交通压力、疏导车辆运行起到了积极作用.

b. 注重具有山城特色的生态环境. (a) 在放坡坡面上植草, 形成大面积草坪; 在锚杆格构内种植草本植物. (b) 利用 A 滑坡前缘原陡坎地形并填平冲沟底部, 获得约 $1\,600\text{ m}^2$ 地面场地. 该场地可做成与平湖路连接的市民休闲广场. 利用 A 滑坡、B 滑坡之间的冲沟地形, 按放坡坡面比结合广场和草坪做成步行台阶, 给游人 and 市民提供交通便利. (c) C 滑坡顶部已有移民局、派出所等建筑物, 上部不宜削方减载而采用锚杆土钉墙 + 下部抗滑桩方案. 为取得较好的景观效应, 在土钉墙面上进行一些展示巫山新城风貌的石雕塑艺术造型, 在分级马道上种植长青藤类植物.

c. 充分考虑土地资源再生, 整体布局力求严谨, 使 A、B、C 3 个滑坡体治理后形态上尽可能统一, 将 B 滑坡抗滑桩方案优化为后缘格构锚杆, 整体削方减载按 1:2 坡比做放坡处理, 以与 A 滑坡中上缘削坡面趋于一个整体. 这样不仅较好地解决了原 3 个滑坡体地貌形态各异的问题, 同时新增可利用土地面积达 1.5 万 m^2 .

4 结 语

本文实例研究表明, 地质灾害治理已不再是传统意义上的单纯治理, 而是现实环境中的多元综合整治; 治理方案要与该地区的发展规划相一致, 任何有悖于周边环境甚至不惜损害公众利益的有碍规划的方案内容, 都应该在方案的具体实施中予以剔除. 对于城市的地质灾害治理, 力求节约土地资源、生态环境保护与地质灾害治理并重, 要求勘察设计单位提供的方案有更多的可选择性, 让国土、环保、城建等部门共同研讨, 择优选用. 针对降水入渗对滑坡体的影响, 如何侧重于研究滑坡面以上地下水的运移规律及滑动面岩体的固结问题, 则是摆在设计、施工单位面前的具体应用课题.

参考文献:

- [1] 罗小杰, 黄胜华. 滑坡活动强度与几何要素之关系探讨[J]. 水文地质工程地质, 2001, 28(1): 10—15.
- [2] GB 50021—94 岩土工程勘察规范[S].
- [3] 申力, 刘晶辉, 江智明. 倾倒滑移变形体的基本特征及力学模型研究[J]. 水文地质工程地质, 2000, 27(2): 20—22.

Comprehensive method for landslide remediation based on recovery of ecological and land resources

YANG Qian

(Jiangsu Geology and Pile Foundation Corporation, Nanjing 210008, China)

Abstract: With the typical landslide remediation project at the Xincheng tobacco factory in Wushan County as an example, a new method for comprehensive remediation of the geologic calamity is discussed. The method tries to combine the landslide remediation with the recovery of land resources and improvement of urban environment, and reflects a new conception, which integrates the environment protection, land saving, and reasonable planning together. The method has been applied to the whole process of survey, design, and construction, and good social and economic benefits have been achieved.

Key words: landslide; comprehensive remediation; ecological environment; recovery of land resources