

# 三峡库区兴山县柑子沟滑坡治理工程

谢俊, 彭桂玲, 李敏

(武汉地质工程勘察院, 湖北 武汉 430051)

**摘要:**介绍了三峡库区湖北省兴山县柑子沟滑坡治理设计情况和施工内容,对设计报告和实际施工进行了综合分析。根据相关监测与检测资料,证明了治理手段基本满足设计目的与要求。

**关键词:**三峡库区;地质灾害;滑坡治理

**中图分类号:**P642.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2008)04-0060-04

**Landslide Treatment in Ganzigou of Three Gorges Reservoir Area/XIE Jun, PENG Gui-ling, LI Min** (Geo-engineering Investigation Institute of Wuhan, Wuhan Hubei 430051, China)

**Abstract:** The paper introduced the design and construction of landslide treatment in Three Gorges reservoir area in Hubei Province and analyzed the design report and construction in field. Monitoring and test data proved that the treatment met the need of design.

**Key words:** Three gorges reservoir area; geo-hazard; landslide treatment

## 1 滑坡基本情况

三峡库区兴山县柑子沟滑坡治理工程,位于湖北省宜昌市兴山县峡口镇白鹤村。东经  $110^{\circ}40' \sim 110^{\circ}48'$ , 北纬  $30^{\circ}50' \sim 31^{\circ}02'$ 。峡口镇位于兴山县南部,地处长江一级支流香溪河两岸,紧靠宜秭公路和白峡公路,素有兴山县南大门之称。东接建阳坪,南邻秭归县,西连高桥乡,北靠高阳镇,距汉明妃王昭君故里昭君村约 13 km。

柑子沟滑坡项目,共有 I、II、III 等 3 个滑坡体,总面积  $12.78 \text{ 万 m}^2$ ,总体积为  $1700.43 \text{ m}^3$ 。滑坡危害对象主要为移民复建高阳—峡口公路及公路两侧移民住户,且将对香溪河河道造成危害,滑坡一旦失稳,将造成巨大的经济损失,并严重影响当地居民的正常工作和生活。

2005 年,经国家发改委授权中国国际工程咨询公司,对设计单位初设报告进行评估后,在初设基础上进行了施工图设计。2006 年 5 月正式投入治理施工。

## 2 区域地质条件

### 2.1 粉质粘土夹碎石

防治工程布置部位滑体的主要组成物质为粉质粘土夹碎石。支挡线位置滑体厚度一般为  $6.1 \sim 8.4 \text{ m}$ ,粉质粘土,呈黄色~黄褐色,湿~饱和,软,可

塑。碎石含量  $20\% \sim 30\%$ ,分选性及磨圆差,次棱角状。滑体天然含水量  $\psi$  为  $17.05\% \sim 23.02\%$ ,天然重度  $\gamma$  为  $19.87 \sim 20.08 \text{ kN/m}^3$ ,干重度  $\gamma_d$  为  $16.15 \sim 17.32 \text{ kN/m}^3$ ,孔隙比  $e$  为  $0.53 \sim 0.65$ ,饱和度  $S_r$  通常为  $87\% \sim 97\%$ ,液性指数  $I_L$  为  $0.0 \sim 0.42$ 。

### 2.2 滑带土岩性

防治工程布置部位土岩性特征为粉质粘土夹碎石,粉质粘土呈黄色~黄褐色,土石比 7:3。碎石成分为砂岩,泥质粉砂岩,直径  $0.3 \sim 2 \text{ cm}$ ,次棱角状,有磨圆挤压现象。软,可塑。原位大剪结果平均值为:天然状态下  $c$  为  $35 \text{ kPa}$ , $\varphi$  为  $28^{\circ}$ ,饱和状态下  $c$  为  $30 \text{ kPa}$ , $\varphi$  为  $27^{\circ}$ ,渗透系数为  $1.5 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ 。

### 2.3 滑床岩性

滑体下伏地层为 2 种:一种为侏罗系下统香溪组灰黄色砂岩,粉砂岩与紫红色粉砂质泥岩互层,局部为夹层,岩层产状为  $273^{\circ} \angle 44^{\circ}$ ,倾向香溪河上游,呈单斜构造,未见明显的断裂破碎带;另一种为侏罗系中上统聂家组( $J_{1-2n}$ ),厚到中厚层长石石英砂岩夹泥岩,呈单斜构造,岩层产状  $280^{\circ} \angle 44^{\circ}$ 。

## 3 气象特征

兴山县隶属亚热带大陆季风湿润气候区,冬短夏长,四季分明。多年平均气温  $18.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,多年平均

收稿日期:2007-07-09

**作者简介:**谢俊(1958-),男(汉族),湖南娄底人,武汉地质工程勘察院高级工程师、国家一级建造师,探矿工程专业,从事岩土工程施工与管理工作,湖北省武汉市汉阳十里铺夏家湾特 1 号,liminwdk@126.com;彭桂玲(1963-),女(汉族),辽宁黑山人,武汉地质工程勘察院工程师,探矿工程专业,从事岩土工程施工与管理工作;李敏(1972-),男(汉族),湖北荆州人,武汉地质工程勘察院,探矿工程专业,从事岩土工程施工与管理工作。

降雨量 984 mm,雨季多集中在 4~10 月,其降雨量占全年总降雨量的 88% 以上。同时,由于兴山地处鄂西北强降雨区,故夏季多暴雨,日最大降雨量 193.3 mm(1982 年 7 月 5 日),最大降雨量 75.2 mm/h(1981 年 8 月 6 日),1983 年 5~10 月降雨量高达 1329.7 mm,占全年降雨总量的 87%。西南风较多,风速平均 1 m/s,最大风速 34 m/s。兴山县水文站观测资料表明,香溪河多年平均流量 42.2 m<sup>3</sup>/s,洪水的最大流量 3920 m<sup>3</sup>/s,最枯流量 7.73 m<sup>3</sup>/s,最高洪水水位高程 54.77 m,洪枯水位差达 56.83 m。

#### 4 滑坡特征及地质条件

滑坡特征及工程地质条件见表 1。

表 1 柑子沟滑坡工程特征表

| 地质灾害名称   |         | 兴山县柑子沟 I、II、III 滑坡体   |   |
|----------|---------|---|---|
| 滑坡体规模    |         | 面积 12.78 万 m <sup>2</sup> , 体积 170.43 万 m <sup>3</sup>                            |   |
| 危害对象及人数  |         | 1200 m 移民复建公路, 39 户居民 136 人, 耕地, 柑桔园及香溪河航道  |   |
| 直接经济损失   |         | 3948 万元   |   |
| 自然条件     |         | 一般  |   |
| 防治工程等级   |         | III 级   |   |
| 水文地质     |         | 地表水为大气降水, 地下水主要为第四系孔隙水及岩裂隙水   |   |
| 水文气象特征   | 多年平均气温  | 18.2 ℃  |   |
|          | 多年平均降雨量 | 983.6 mm  |   |
|          | 多年最大降雨量 | 1357 mm   |   |
|          | 日最大降雨量  | 162.9 mm  |   |
| 地形地貌     |         | 滑坡主要以斜坡为主, 且坡度较大, 约 22°~26°, 地表为耕地及柑桔园, 通行和通视均较为困难                                |   |
| 地层岩性     |         | 侏罗系下统香溪组(J <sub>1m</sub> ) 灰黄色、灰色、紫红色粉砂岩、泥质粉砂岩, 上部为粉红色、灰绿色粉砂岩夹粉砂质泥岩及多种成因的第四系松散堆积物 |   |
| 工程地质     |         | 地质构造  | 位于坚硬的碳酸盐地层与软弱砂泥岩结合部位, 未见大型断裂                                  |
|          | 滑坡体结构特征 |   | 滑坡体前缘高程和后缘高程依次为 130、405 m, 纵向长 375 m, 前后缘厚度最大 125 m, 最小 5.1 m |
| 治理措施     |         | 抗滑桩 + 挡土墙 + 排水工程 + 危岩体清理  |   |
| 滑带岩性结构构造 |         | 滑带物质组成为粉质粘土夹碎石及角砾, 有磨圆压碎迹象  |   |
| 工程内容     | 抗滑桩     | 共分 5 种桩型, 最小 1.5 m × 2.0 m, 最大 2.0 m × 3.0 m, 总方量 3514.6 m <sup>3</sup>           |   |
|          | 挡土墙     | 约 4400 m <sup>3</sup>   |   |
|          | 排水工程    | 截面尺寸 b × h = 400 mm × 500 mm, 总长约 1906 m  |   |
|          | 危岩体     | 约 2817.5 m <sup>3</sup>   |   |
| 工程总投资    |         | 468.5297 万元   |   |

#### 5 滑坡稳定性评价

##### 5.1 主滑方向的确定

根据钻孔及物探相关资料,综合滑坡体情况,滑坡体分为 I、II、III 3 个独立滑体。从施工情况综合分析,滑体 I 处于临界状态,相对稳定,而滑体 II、III 处于极限状态,且状态极不稳定,滑体 II 呈锅底状,滑体 III 呈波浪状。岩体产状在小范围内产生急剧变化,受外力挤压时,变形较为明显,尤以滑体 II 为甚。主滑方向呈南北向,滑体整体向长江支流香溪河推移。而早期滑动变形后,体积内聚势能已部分释放。而 I、II、III 情况亦有所不同,滑坡体 I 应为土滑,滑坡体 II、III 应为岩滑,似与设计报告略有不同。施工过程中就此与业主、监理、设计等多次交换过意见,但各有不同意见。

##### 5.2 稳定性综合评价

柑子沟 I 滑坡目前处于天然状态下基本稳定。

柑子沟 II 滑坡因受天然形成的自然雨水冲刷沟的冲刷作用,处于极限稳定状态,正在活动变形。且在施工过程中,II Z4、II Z5、II Z6 不同程度地证实了这一结论的正确性。其中尤以 II Z5 孔为甚,受桩孔东北向流塑状粉质粘土挤压,护壁砼屡次变形至垮塌。

柑子沟 III 滑坡因受外力作用,亦有整体滑移迹象。

在自重 + 地表荷载 + 135 m 水位工况下处于临界状态。

在自重 + 地表荷载 + 175 m 水位 + 20 年一遇暴雨工况下,处于失稳状态。故此急需治理。

#### 6 滑坡治理方案

##### 6.1 治理环境工程设计目标与原则

###### 6.1.1 治理工程设计目标

柑子沟滑坡治理工程设计目标是在三峡库区蓄水并正常运营过程中,确保国家终极治理至 175 m 水位高程以上,其滑体保持长期稳定、滑体两侧沿线人民生命财产安全,以抗滑桩 + 挡土墙 + 截排水沟等 3 种施工手段相结合,起到阻滑作用,使防治地段不发生大面积滑移,确保沿线居民的正常工作和生活,水陆交通畅通无阻,库区治理长治久安。

###### 6.1.2 治理工程设计原则

(1) 设计必须安全可靠,杜绝危及设施及人员安全的地质灾害。

(2) 滑坡治理必须与滑坡体上的交通设施相适应,并最大限度地保护和改善工作区域内原有的自然环境条件。

(3) 必须采取有针对性的治理方案,分清主、次

手段,并将不同手段有机地结合起来,达到治理目的。

(4)选用抗滑桩阻滑支挡为主,辅以挡土墙稳固,排水沟引流,杜绝原有山体水流冲刷及外力入侵。

(5)应最大程度地降低工程成本,获取最大的经济效益。

## 6.2 设计标准与安全系数

治理工程级别为Ⅲ级。

设计情况:自重+地表荷载+156 m水位回落至135 m水位+20年一遇暴雨。

设计安全系数  $K_s = 1.10$ 。

治理工程为永久性工程。

## 7 治理工程简述

柑子沟滑坡体Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ分别由2个设计单位设计,其主体工程均为抗滑桩,滑体Ⅰ原设计为17根,后因2个桩孔位于山体半坡,露头即为岩石而取消;滑体Ⅱ设计12根,滑体Ⅲ设计11根,共计38根。其截面尺寸分别为1.5 m×2.0 m、1.5 m×2.5 m、1.8 m×2.5 m、1.8 m×2.8 m、2.0 m×3.0 m等总共5种桩型,桩长原设计最短为9 m,最长为24 m。实际施工最短为8.6 m,最长为30.9 m(ⅡZ11号)。

### 7.1 抗滑桩

抗滑桩采用人工挖孔桩。主要施工内容为基坑开挖及护壁、钢筋笼制作安装、桩体砼浇注等。根据《滑坡防治工程设计与施工技术规范》(DZ/T 0219-2006)规定,必须采用间隔方式开挖,以保证设计安全。另外,按由浅至深,由两侧向中间顺序施工。柑子沟三个滑体施工基本遵循上述总的施工原则,较好地保证了施工安全,并取得了良好的效果。

(1)测量放线。根据控制点,采用全站仪极坐标法直接于工作区内侧测放每个桩位中心点及边角点。

(2)布孔施工。开挖前,孔口上方采用钢管搭设雨阳棚支架,支架上覆盖彩条布遮阳避雨,以保证能全天候作业,且下雨时孔口无雨水下流冲刷孔壁,孔口周边布设简易排水沟,防止积水和雨水流进孔内。

(3)锁口施工。滑体主要岩性多为碎石土,采用人工开挖后,孔口作锁口处理,桩身作倒挂护壁处理。

(4)孔内爆破。孔内爆破采用毫秒微差控制法,采用高精度毫秒雷管对爆桩孔点实施一次点火,

多点引爆。布眼方式采用“环形梅花布点法”,自周边至中心布成掏槽眼、辅助眼、周边眼,先掏槽,后辅助,再周边的顺序点火起爆,从而实现微差控制爆破,孔内爆破必须小药量、多炮眼,从而确保桩孔及护壁砼安全。

(5)渣土出运。在开挖过程中,渣土要及时外运,不得堆积于滑坡体上,以免引发次生灾害。柑子沟抗滑桩开挖时,我们根据不同的地形地貌区别情况对待,在征地范围内尽可能堆积于安全地带,有效地避免了次生灾害的发生。

(6)护壁砼浇注。护壁厚20 cm,砼设计强度为C20,坍落度控制在5~7 cm之间,考虑到每次浇注砼方量较小,在浇注时,将护壁模板顶部用3 mm厚铁板铺平,用串筒将砼下滑至铁板上,人工移入模板内,并用 $\varnothing 30$  mm振捣棒振捣密实。砼浇注必须连续,避免中间产生施工缝。

(7)钢筋笼制安。终孔验收后方可进行钢筋笼制安,受场区施工条件限制,箍筋采用地面制作,主筋采用人工搬运到孔内安装,亦即钢筋笼孔内成形,依据设计标高和平面位置,采用定位钢筋固定至牢固稳定。

(8)桩砼浇注。桩身砼采用串筒浇注,砼设计强度C30,并连续浇注0.5~0.7 m时,使用插入式振动器振捣密实。对已浇注完毕的抗滑桩,派专人于桩顶面覆盖麻袋或草帘,并以清水淹没桩顶约20 cm高进行养护。由于施工期间,气温较高,需不断补给水,故此工作需2名专职养护工进行。

### 7.2 挡土墙

挡土墙工程布置于复建公路右侧边坡,地表以上高度最高8 m,最低2 m,为仰斜式重力挡土墙。后变更为2~2.5 m高。

(1)基础开挖严格按照设计及放样的平面尺寸和标高施工。先用挖掘机开挖出来,尔后采用人工整平基底,报监理及业代表对基底标高、平面位置、几何尺寸检查及地基力检验,合格后转入下一道工序。

(2)施工前必须做好场地排水,土质基坑应防止雨水浸泡。

(3)挡土墙基础设置于岩石横坡上时,应清除表面风化层,并做成台阶形状,其高度比 $\geq 2:1$ ,宽度 $\leq 50$  cm,沿挡土墙长度地面有纵坡时,应沿纵向做成台阶。

(4)砌筑时头尾两端立杆挂线或折板挂线,外面线应顺直整齐,逐层收坡,内面线可大致顺直。

(5) 砌体分层砌筑。

(6) 砌体应砌成直线,每层应大致打平,底层或基层必须采用较大的精选块石,所有层次的铺砌都应使承重面和块石的天然层面平行。

(7) 挡土墙沉降缝、伸缩缝、防水层、泄水孔等,严格照图施工。

(8) 片石砌筑具体要求:片石厚度  $< 15$  cm,其中一边不小于 30 cm,整体体积  $< 0.01$  m<sup>3</sup>,强度  $< 25$  MPa,无风化,无裂缝,要保证厚度和坡度,座浆砌筑,砂浆必须饱满无空洞,按先座浆后垒石的原则施工。片石应保证相互咬合,每 10~15 m 设置一道沉降缝,要求整齐垂直,缝宽 3 cm,缝隙填塞麻絮或沥青木条。所有水泥及砂石原材料必须满足质量要求。

(9) 须勾缝的砌石面,待砂浆初凝后,将灰缝抠深 3~5 cm,洗净湿润后进行勾缝。回填工序必须待墙体满足回填要求后分层回填,碾压至密实,压路机碾压达不到处须用人工夯实。

### 7.3 排水沟

地表排水工程施工,首先应按设计要求,选定位置,确定轴线,然后依设计图纸尺寸、高程、走向,量定开挖基础范围,准确测量出基脚尺寸,开挖地基进行施工。

由于本工序为人工操作,质量不易均匀,其总体质量要求应为平、稳、紧、满。平即层面大致平整,稳即支挡密实,紧即石块贴紧,满即砂浆满实。

### 7.4 危岩体

柑子沟滑坡体Ⅲ左侧山体上,蛰伏一处危岩体,严重影响了公路通行,暴雨过后,间或有块石或松散泥沙流滑至路边,给出行居民带来危险。因此在柑子沟滑体Ⅲ设计时,将此危岩体一并考虑到治理范围内,该危岩体面积万余平方米,相对高差 49 m,一般坡度 65°,总体积  $2.2 \times 10^4$  m<sup>3</sup>,上部极不稳定,体积约占  $1.8 \times 10^4$  m<sup>3</sup>,由于结构面的切割作用,危岩体上部块石交错,相互镶嵌。1984 年曾于此产生

过崩塌,致使坡下居民房受损。

对危岩体上部危险部分进行人工清除。清理时,采用控制爆破。但实际清方量与设计不符,且远远大于设计方量,以施工实际情况综合分析,单采用人工清理,耗时长,成本高,投入大,若辅之以锚喷手段固化,效果更佳。

## 8 滑坡治理效果

### 8.1 监测情况分析

根据设计要求,施工期间共布设了 11 个监测点,分别设置于 3 个滑坡体上,由专人负责巡视各监测点情况,每 3 天对上述监测点进行测量,以严密注视滑体位移变化,除在滑体Ⅱ Z5 号孔护壁施工时,敷设的相应监测点发生显著变化外,余皆正常,且在变形较大的点观测过程中,发现若继续施工时则变形加大,停止施工几天后变形渐缓至稳定。分别对邻近民居,桩孔及堆体,实施系统的变形监测,为施工提供预警。

### 8.2 滑坡治理效果分析

检测结果表明,当桩体成型后,抗滑桩逐渐在发挥阻滑作用,阻止上部滑体的滑动,而随着滑坡推力的逐渐增大,测得的应力亦相应增大。检测证明,抗滑桩正在发挥阻滑作用。治理效果满足设计要求,值得一提的是,Ⅲ滑体设计 11 根抗滑桩,均为高出地表不等的悬臂桩,悬臂高度最大 9 m,最小 2.6 m,各桩之间设计了基础埋深 2 m,其高度与桩顶平齐,与桩体相连处采用牛腿结构的 35 cm 厚的挡土板,与桩体共同作用阻滑,效果更为显著。

## 9 结语

柑子沟滑坡治理工程,时间紧,任务重,且客观难度大。施工单位科学管理,精心组织,保证了治理工程的顺利竣工,且一次性通过了国家验收。通过施工与监测的综合分析,证明治理效果显著。

## 全国水井钻机情报网 2008 年年会将在海口召开

**本刊讯** 全国水井钻机情报网 2008 年年会将于 2008 年 5 月 12~16 日在海南省海口市举行。会议将特邀该网首席顾问中国地质科学院勘探技术研究所的教授级高级工程师许刘万做《水井钻探中钻具的选配及损坏预防措施》专题报告。

本届年会将就大家关心的地热井,农用水井的钻凿、洗井和修井方面的施工技术、施工方法、施工经验和相配套的

钻探设备、机具的使用,化学泥浆的使用等进行交流。

本次会议由河北省地矿物资总公司协办,联系方式:

地址:河北省石家庄市中山西路 891 号,邮编:050081

电话:0311-83601204,0311-83639455

联系人:胡志广(13013233411)

也可直接联系:13931877675(赵明杰),13503207611(马凤山),13831158967(何旭)