

页岩地层滑坡治理设计实践

瞿地成¹, 余运卿²

(1. 湖南省湘南工程勘察公司, 湖南 郴州 423000; 2. 湖南省郴州市审计局, 湖南 郴州 423000)

摘 要: 页岩地层中开挖施工应先护后挖; 滑坡治理设计应准确查明滑动面和岩土物理力学性能, 保证抗滑工程的可靠性。

关键词: 页岩地层; 滑坡治理; 抗滑桩; 变形控制; 边坡开挖

中图分类号: P642.22 文献标识码: B 文章编号: 1672-7428(2008)10-0055-05

1 工程概况

某房地产公司在斜坡地兴建 2 栋 18 层住宅, 为框剪结构和嵌岩群桩基础。土方开挖施工中诱发北侧边坡土体滑坡, 引起上部公路及住宅、围墙等建筑物相继出现变形开裂, 后迅速采取了回填片石反压坡脚、卸荷、撤离危险区居民等应急措施, 初步控制了滑坡的进一步发展。受政府部门委托, 我单位进

行滑坡地质灾害防治工程设计。

建筑场地位于山坡凹槽部位, 滑坡区前缘地坪标高 179.00 m, 其后缘公路标高 195.00 ~ 196.50 m (至场地边界建有围墙); 滑体前后缘水平距离约 35.00 ~ 40.00 m, 滑动土体量约 1.5 万 m³, 为小型浅层牵引式地体滑坡, 反压后滑坡整体处于相对稳定状态中。滑坡形态、规模如表 1 及图 1 所示。

表 1 滑坡区主要滑动体形态、规模特征表

段号	坡角/(°)	规 模	地层构成	现 状	备 注
滑坡区	东西 23~27	滑坡区面积 2182 m ² , 滑体体积 1.5 万 m ³	填土、含碎石粘土、 泥质或碳质页岩	前缘采用片石反压, 滑体有多处渗水现象, 地形呈现 3 级平台, 级差 4~6 m	原场区自然坡度 16°~25°, 建有多级矮挡土墙
两侧边坡	南东-北东 35~50	长约 80 m, 高 5~12 m	填土、含碎石粘土、 粘土、泥质页岩	局部设有片石墙, 下段切土 3~7 m, 坡脚有轻度渗水	作边坡支护设计

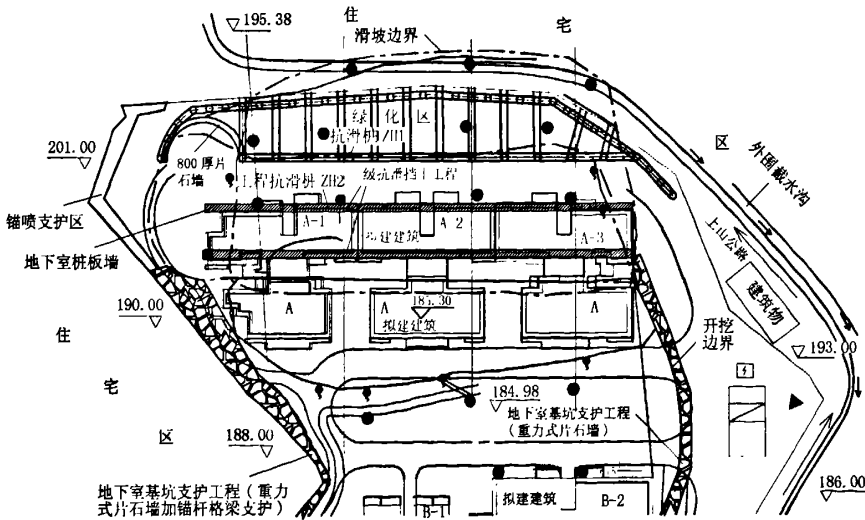


图 1 滑坡治理工程平面图

收稿日期: 2008-03-09

作者简介: 瞿地成(1964-), 男(汉族), 湖南邵阳人, 湖南省湘南工程勘察公司总工程师、高级工程师、注册岩土工程师, 探矿工程专业, 从事岩土工程勘察与基础施工工作, 湖南省郴州市七里大道四〇八队, hndk408-qtc@163.com; 余运卿(1969-), 男(汉族), 江西凤新人, 湖南省郴州市审计局工程师, 工民建专业, 从事工民建专业审计与技术工作, 湖南省郴州市。

2 滑坡区地质环境条件概述

2.1 地形地貌

滑坡区属于低山丘陵地带,侵蚀剥蚀堆积地貌,地势为北高南低,周边为建筑密集区,原场地西、北两面多处建有片石挡土墙,墙高 4.00~5.00 m。开挖后,东、西、北三面高,均存在陡坎,呈圈椅形,其中南面一侧为拟建场地主出口。场地 195.0~220.0 m 为建筑及公路 191.00、186.00、179.00 m 三个开挖平台,平台间近直立,宽 5.00~15.00 m,已滑坡区相对高差约 17.00 m。

2.2 滑坡区工程地质条件

滑坡区位于背斜一翼,地层倾向与坡向基本一致。岩层倾向 180°,倾角 52°;未见基岩出露及断裂构造等现象。滑坡区上覆土层主要为第四系残坡积堆积物,下伏基岩为风化较严重的页理状泥页岩或薄层状炭质页岩及灰岩。自上而下依次为:

①人工填土,主要分布于场地北部公路一线及 191.00 m 平台处,成分以粘性土为主,局部夹有碎石、砖块等杂物,土体结构较松散,天然重度 $\gamma = 18.1 \sim 18.6 \text{ kN/m}^3$,层厚 0.80~3.60 m, $c = 24.0 \sim 29.3 \text{ kPa}$, $\varphi = 9.0^\circ \sim 14.0^\circ$ 。

②含碎石粘土,稍湿,硬塑状,含少量铁锰质结核及 10%~40% 硅质岩碎石,碎石粒径最大 10 cm;上部土质相对较纯,下部碎石含量增多;土体结构较紧密。主要分布于滑坡区北部,层厚 1.40~6.20 m。土样试验结果为 $\gamma = 17.8 \sim 19.4 \text{ kN/m}^3$, $c = 22.7 \sim 28.6 \text{ kPa}$, $\varphi = 9.0^\circ \sim 19.0^\circ$ 。

③粘土,稍湿,硬~可塑状,土质较纯,粘性较好,土体结构较紧密,局部地段底部夹杂有硅质岩碎石,该层分布于整个滑坡区,层厚 0.90~5.50 m,土样试验结果为 $\gamma = 18.7 \sim 19.8 \text{ kN/m}^3$, $c = 23.3 \sim 33.0 \text{ kPa}$, $\varphi = 22.5^\circ \sim 28.1^\circ$ 。

④泥质、碳质页岩,土黄或灰黑色,呈页理或薄层状构造,泥质或炭质胶结,裂隙散体结构,强~中风化状,该层位于土层之下,结构松散,厚度 2.0~4.0 m,层面多与坡向或滑坡方向同,滑动面(带)多沿此层间或面形成。

⑤栖霞组灰岩,灰黑色,细粒结构,中厚层状,钙质胶结,局部含炭质较高,呈相间接触,呈中~微风化状,其产状为倾向 180°,倾角 50°,其倾向与滑坡体主滑方向一致,灰岩是场地较稳定的岩体,抗压强度 30~40 MPa,其内部产生滑动可能性小,但其上部与页岩接触处有可能产生顺层滑坡。

2.3 滑坡区水文地质条件

滑坡区无常年地表水体,主要由降雨和居民生活用水转化为地表水、地下水。由于周边居民密集区又未规划排水系统,勘查资料显示,在 179.00、186.00 m 平台东西两侧滑坡边界处或滑动面均有多处渗水点,流量 5~60 m³/d;实测地下水位埋深 2.10~6.40 m,地下水迳流方向与滑坡区坡向一致,水力坡度较大,迳流明显;地下水对混凝土及其内的钢筋无腐蚀性,但水文地质条件对滑坡极为不利。

2.4 滑坡形态特征

滑体组成物质由坡残积含碎石粘土、粘土、填土及强风化泥质、炭质页岩组成;滑床形态较复杂,强风化泥质或炭质页岩及与粘土接触带、含碎石粘土与粘土、填土接触带。

滑坡变形破坏主要为:坡体崩滑、裂缝;公路地面下陷或隆起;挡土墙变形,杂房倾倒;后缘最大裂缝宽度约 30 cm。

3 主要设计参数的确定

3.1 岩土参数

根据勘察报告,综合 φ 值反算法确定,如表 2。

表 2 设计岩土参数表

岩 土	天然重度 $\gamma/(\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$		粘聚力 c/kPa		内摩擦角 $\varphi/(^\circ)$		备注
	工况 II	工况 III	工况 II	工况 III	工况 II	工况 III	
滑体粘性土	19.2	20.0	20	17	25	21	土样分析
滑动带	19.5	20.0	0	0	18	16	反算法确定
泥质、炭质页岩	22.0		0		20	18	强~中风化
灰岩	27.0		500		60		中微风化

3.2 荷载及组合

(1)按 I 级防治工程工况 II(自重+地下水)设计。

(2)按 I 级防治工程工况 III(自重+地下水+地震或暴雨)校核。

(3)按工况 II 设计, $K_{\text{设}} \geq 1.25$;以工况 III 校核, $K_{\text{核}} \geq 1.10$ 。

4 滑坡防治工程方案设计

4.1 设计总原则

保已滑坡区及周边长治久安。

(5) A-1~A-3 栋基础与桩板墙完工后,局部拆除重建或加固后沿公路外侧挡土墙,修复公路地面及周边排水沟,开裂住宅、围墙等,修建公路安全防护工程。

(6)合理布置和维护滑坡区外围截、排水沟及场区内排水系统,防止地表水、地下水(特别是暴雨、井下集中抽排水)危害滑坡区稳定;实现人与环

境和谐友好。

(7)加强滑坡监测预警和动态设计施工,严格分步实施和施工管理,维持滑坡稳定,避免触发滑坡和施工安全事故

4.3 设计计算

根据勘察报告主滑Ⅱ-Ⅲ剖面线,按设计状态,用理正岩土软件设计与校核,其结果见表4。

表 4 滑坡推力设计与校核值

分项工程	设计参数				校核参数			
	$\varphi/(^{\circ})$	$\gamma/(kN \cdot m^{-3})$	$K_{\text{滑}}$	$F/(kN \cdot m^{-1})$	$\varphi/(^{\circ})$	$\gamma/(kN \cdot m^{-3})$	$K_{\text{滑}}$	$F/(kN \cdot m^{-1})$
一级抗滑支护工程	30/18	19.2	1.25	400	25/16	20	1.10	480
二级抗滑挡土墙	30/18	19.2	1.25	250	25/16	20	1.15	300

5 分项工程设计

5.1 一级抗滑桩(支撑式)支护工程

5.1.1 基本情况

滑坡后缘公路外侧建有高 4.00~6.00 m 的重力式片石挡土墙,基础埋深 1.20 m 左右,下宽约 2.00 m,上宽 0.80 m,已滑移开裂变形;原墙顶高 2.00 m 砖砌围墙已拆除;公路路基滑移变形严重,垂直位移 10~20 cm,沿挡土墙脚有光缆横穿。公路至 186.0 m 开挖平台坡角坡度达 35°~45°,直立陡坡 5~6 m,并有滑动面渗水现象。

5.1.2 工程方案

在标高 191.00 m 平台距墙边 2.00 m 处布设桩径 1.20 m、间距 2.50 m 的人工挖孔排桩抗滑支护并采用片石墩加固挡土墙基础;在主滑区 186.00 m 区内公路内侧抗滑挡土墙形成联合支护体系,以防止公路及上部建筑沿 186.00 m 面崩滑及 179.0 m 面整体滑移。

5.1.3 抗滑桩设计

(1)依据滑坡推力计算结果和排桩支护结构,设计和校核滑坡推力为 400 和 480 kN/m,校核安全系数 1.10。采用理正软件计算,抗滑桩 ZH1 桩径为 1.20 m,桩长 12.0 m,桩顶标高 191.0 m。

(2)抗滑桩采用 C25 钢筋混凝土,为半刚性桩,配筋 18Φ22~36Φ22,配筋满足抗弯、抗剪要求。

(3)抗滑桩采用孔内支模护壁,护壁混凝土 C20,厚度 15 cm,滑动面以上地段可配主筋 Ø8@200,箍筋 Ø6@200,并上、下搭接 100 mm,予以加强护壁。

(4)钢筋笼可采用井下制作或地面制作,井下制作加劲筋必须焊接。

(5)抗滑桩进入完整微风化灰岩不小于 1.00

m,或桩长≥12.0 m,满足抗滑和稳定性要求。

(6)桩顶设 LL1 串梁(高×宽=600 mm×1200 mm)联结各桩,形成排桩支护体系;对已变形公路挡土墙段抗滑桩采用 ZL1(高×宽=600 mm×400 mm 支撑梁与 186.0 m 标高抗滑挡土墙相联予以加强。

5.1.4 抗滑片石挡土墙工程设计

桩顶(墙顶)标高 188.8 m,墙高 2.00 m,为重力式片石挡土墙,埋深>0.5 m,墙宽 1.20 m。

5.1.5 片石墙加固工程

(1)在墙角支撑桩顶与片石墙间设厚 1.20 m、高 1.50 m 片石支撑墩与桩顶柱 Z1(800 mm×800 mm)并在桩间填土反压以加固片石墙脚。

(2)对原墙体泄水孔予以疏通或重新布设,间距 3 m×2 m(横×纵)、直径为 70 mm 的 PVC 泄水孔,加强挡土墙泄排水。

(3)在一级抗滑桩及串梁工程完成以后,再对局部已变形挡土墙予以修复加固。

5.2 二级抗滑挡土工程设计

5.2.1 基本情况

现地坪标高 185.60~187.00 m,平台宽 10~15 m 左右,前缘已采用片石反压,地面有牵引裂缝现象,与 191.00 m 切土平台间为直立陡坎,高 5.00 m 左右。规划设计滑坡区 A 栋建筑地面标高 185.30 m,与地下室(地面标高 179.90 m)间为桩板墙挡土,A 栋为 Ø0.8 m 群桩嵌岩桩基础,建筑区内公路宽 7.00 m,标高 186.80 m 左右。

5.2.2 工程方案

根据滑坡及开挖现状,利用 A 栋建筑基础工程桩及地下室间桩板墙,调整北侧基础桩结构与配筋,先期施工 A 栋基础工程,形成抗滑工程桩(ZH2)、基础工程桩及地下室桩板墙二级联合抗滑挡土工程

体系,满足后期大面积施工与永久性安全,达到降低滑坡防治造价的目的。

5.2.3 工程抗滑桩(ZH2)

根据建筑基础平面图,设计桩基为 $\varnothing 0.80$ m 嵌岩群桩,调整滑坡侧基础桩为 $\varnothing 1.20$ m 工程抗滑桩,同时满足抗滑及建筑基础要求。

5.2.4 基础工程桩及承台工程

根据建筑设计资料,基础桩桩顶标高 183.3 m 左右,承台标高 185.3 m,分期实施,达到共同抗滑的目的。

5.2.5 地下室桩板墙工程

在 A1~A3 栋电梯井位置布设 300 mm 厚钢筋混凝土桩板墙,墙顶标高 185.3 m,底标高 179.9 m。A 栋桩基础完成后分段施工,达到挡土抗滑目的。

5.3 综合防治工程设计

综合防治工程包括周边及场区截排水工程、边坡与基坑支护工程、安全防护工程等。

5.3.1 截排水工程

5.3.1.1 基本情况

北侧居民区及桂门岭山顶区排水明沟多开裂老化现象,渗漏后沿坡体向场地内排泄;公路内侧建有 400 mm $\times$ 500 mm 排水明沟;西侧铺有外围变形明沟截排水管;179.0 m 标高面西侧有临时排水明沟,日渗水量 80 t 左右。

5.3.1.2 排水系统设计

(1)外围仍利用东侧地表排水沟,场区内在地下室两侧设置排水明沟,并适当设置集水井。

(2)滑坡施工区渗水点附近几个桩基开挖抽水设置集水井,保证滑坡区无积水。

(3)遇雨天特别是大~暴雨时及时采用彩条布对滑坡区进行覆盖防水,防止施工期雨水对滑坡危害。

5.3.1.3 建筑边坡及基坑支护工程

(1)建筑边坡及基坑工程应满足滑坡等地质灾害防治要求,统筹规划与施工,达到防灾的目的。

(2)基坑或直立高度 <6 m 采用钢筋混凝土桩板墙或重力式抗滑片石墙。

(3)东西两侧边坡小于 25° 的以固脚和绿化作边坡防护; $25^\circ\sim 40^\circ$ 的以重力式抗滑片石墙、拱格加绿化作坡面共同防护;大于 40° 的采用锚喷或抗滑桩挡土墙支护。

5.4 信息化设计、施工与监测

(1)施工前建立坡上住宅地基与墙体、公路挡土墙、滑坡体变形观测网,观测点点距 >20 m,同时对东西两侧边坡及基坑进行观测。

(2)建立滑坡防治施工期间预警机制。施工中发现异常情况,应及时查明原因,并有效处理后再施工。

6 施工技术要求与组织管理

(1)施工前应编制详细施工方案,并报设计、监理审核后实施。

(2)防治工程施工应在充分利用现有反压措施的基础上按一级抗滑支护桩 $\rightarrow$ 二级工程抗滑桩 $\rightarrow$ A1~A3 基础桩及承台 $\rightarrow$ 分段拆卸反压片石与施工地下室桩板墙 $\rightarrow$ 大面积基础施工,建筑边坡与基坑同步施工。

(3)人工挖孔桩应分 2~3 批跳挖施工,及时完成浇注,确保施工安全与质量。

(4)各分项工程应严格按相关规范施工。各项材料按市质监部门规定先检后用。

(5)按滑坡抢险工作要求,井下作业或边坡施工均应设专人负责观测及安全工作。

7 治理效果

(1)滑坡治理施工基本是遵循设计要求和程序进行。

(2)因灰岩面起伏变化较大,部分抗滑桩小于设计桩长时,采用静态爆破方法入完整灰岩 2 m,以保证桩基抗滑性。

(3)施工期间观测,滑坡区建筑开裂程度及范围未见进一步发展,治理施工安全顺利完工。

(4)通过治理后滑坡区稳定,规划建筑未改变设计,建筑施工进展顺利。

8 结语

(1)为控制项目经费,该治理工程本着“综合规划,防治结合”的原则,解决滑坡区隐患排查、施工期安全和建筑永久性安全问题。

(2)滑坡及支挡工程及危险区内建筑设立永久性变形观测网,进行不定期监测并在建立预警机制。

(3)页岩地层中抗滑桩应进入稳定持力层。