

# 某停车场滑坡分析及治理措施

李继涛

(江苏省有色金属华东地质勘查局807队,江苏南京210007)

**摘要** 项目通过某停车场滑坡的特征进行分析,确定滑坡为牵引式土质滑坡,采用圆弧滑动法对滑体不同工况下的稳定性进行计算与反演,确定在不同区段采用抗滑桩、锚杆、格构梁抗滑及抗滑挡土墙,并结合排水工程对该处滑坡进行治理,提出了监测方案及监测内容,加强了对滑坡的信息化监测,通过治理达到消除滑坡隐患,保证人民财产安全的目的,具有重要意义。

**关键词** 滑坡 岩土结构 信息化监测

中图分类号:TU248

文献标识码:A

文章编号:1007-0745(2022)04-0103-03

近年来,随着城市建设的发展,人与环境的协调发展越来越受到重视,地质灾害防治问题逐渐进入到大众视野,滑坡、崩塌、泥石流是较为常见的地质灾害形式。滑坡又是为大众所熟知的,目前滑坡的预防与防治技术正在加速发展。本文以某停车场滑坡为例,介绍了滑坡防治中的分析过程、技术防治采用的措施以及信息化动态施工的技术要求,普及了有关地质灾害防治相关知识。

## 1 滑坡概况

滑坡位于南京市秦淮区明城墙后山体,中心位置地理坐标为:东经118°47′7.92″,北纬32°0′37.78″。

滑坡所在边坡沿走向长约350m,滑坡在平面上大致呈条带状“簸箕”形分布,滑坡沿走向约100m,滑坡主滑方向约为55°,沿主滑方向约30m。滑坡后缘标高28~30m,坡底前缘标高15~16m,高差12~15m,平均坡度约35°,最深滑动面深度约4m,为近似圆弧型滑动,滑坡总体积约6000m<sup>3</sup>,属于小型牵引式滑坡。根据场地滑坡形态及分布,滑坡体沿边坡走向两侧延展,受滑坡体所在边坡形态所限,基本沿坡体走向分布。现场滑坡体中部已经滑塌,滑塌区坡面植被倒伏严重,滑塌区东西两侧均已出现拉张裂缝,如再遇降雨滑坡体东西向延展区域很可能继续产生滑动,威胁坡体建筑及过往行人安全。

## 2 滑坡岩土结构特征

### 2.1 滑体

根据野外钻探结果,滑坡岩土层结构相对简单,滑坡的滑体主要为①-2层素填土。整个滑体平均厚约2.5m,根据调查,滑动面位于①-2层素填土内,总体呈近似圆弧型滑动。

### 2.2 滑带

从钻孔揭露情况来看,治理区①-2层素填土厚度普遍较厚,滑坡体坡顶素填土厚约9m,坡体中部素填土厚约2~5m。滑带主要位于素填土内,在坡体中部至滑坡前缘之间,滑带位于①-2层素填土底部和③层粉质粘土层顶。①-2层素填土垂直节理发育,且内含少量植物根茎,透水性较强,结构不均匀,暴雨天气水体沿土层下渗,至粉质粘土层顶面形成滞留,软化①-2、③层界面处滑带土,降低滑带土的强度参数,从而在与③层粉质粘土层接触面处形成滑动面<sup>[1]</sup>。

### 2.3 滑床岩土特征

滑床主要由③层粉质粘土、④层卵砾石粉质粘土、⑤-1层强风化砂岩和⑤-2中风化砂岩组成,沿主滑方向层顶埋深有下降趋势,整体坡度较规则,大体后部较缓,前部较陡。

## 3 滑坡成因分析

滑坡是由内外因素共同作用的结果,天然填土层是滑坡的内因,强降雨是滑坡的外因和诱发因素。降水对滑坡起控制作用<sup>[2]</sup>。

### 3.1 工程地质条件

滑带土①-2层素填土,松散、局部夹少量碎石、碎砖,在降雨条件下,雨水下渗至③粉质质粘土,硬塑状态,渗透性差,雨水会在①-2层素填土层底与③粉质质粘土层顶滞留,形成滑面;滑体土吸水增重,坡体下滑力增大,且土体遇水软化,抗剪强度降低,抗滑力减小,导致边坡中形成贯通剪切滑动面,最终导致滑坡灾害。

### 3.2 地形、地貌

滑坡位于南京市秦淮区,属于秦淮河漫滩平原地貌,山体植被茂盛。滑坡后缘高程约28~30m,前缘高

表1 滑坡稳定性分析结果

工况	2-2'	5-5'	6-6'	7-7'	8-8'	安全系数
天然工况边坡稳定系数	1.236	1.224	1.058	1.218	1.109	1.20
饱和工况边坡稳定系数	1.052	1.050	0.910	1.044	0.951	1.10
地震工况边坡稳定系数	1.174	1.161	1.011	1.153	1.055	1.10

程约 15~16m, 高程差约 12~15m, 平均坡度约 35°, 具有滑坡的地貌条件。

### 3.3 降雨诱发因素

滑坡灾害发生在南京地区暴雨季节的 6~9 月, 与降雨的时间关系密切。另外, 填土层结构松散, 成分不均匀, 易雨水渗透, 岩土层在雨水作用下浸泡软化, 粘聚力降低, 自重增加, 从而诱发滑坡灾害。

### 3.4 人类活动的影响

早期工程建设活动对坡脚进行切坡活动, 使得坡脚位置土体临空, 应力得到释放, 虽然边坡坡底修筑挡墙, 但挡墙仅为尺寸较小的毛石挡墙, 且毛石间砂浆连接较弱, 不足以抵抗下滑推力, 以致发生挡墙开裂等变形破坏; 坡体顶部存在多条人行步道, 且部分坡顶人行步道旁存在已开挖待浇筑的平台, 加之坡顶景观工程施工作业, 在坡顶产生人为的汇水积水坑, 将增加雨水从坡顶渗入渠道, 在降雨工况下, 土体长期浸泡, 抗剪强度下降导致滑塌。

## 4 滑坡稳定性分析

本工程滑坡体为深厚填土, 填土成分不均匀, 滑坡局部产生过浅层滑移, 滑坡危险性较大, 故滑坡稳定分析采用 Bishop 圆弧滑动法及折线法自动搜索最危险滑动面<sup>[3]</sup> (滑坡稳定性分析结果见表 1)。

根据上述滑坡稳定性分析, 天然工况下, 2-2'、5-5'、7-7' 剖面处于稳定状态, 6-6'、8-8' 处于基本稳定状态。饱和工况下, 2-2'、5-5'、7-7' 剖面处于欠稳定状态, 6-6'、8-8' 处于不稳定状态。天然+地震工况下, 2-2'、5-5'、7-7' 剖面处于稳定状态, 6-6'、8-8' 处于欠稳定状态。

## 5 滑坡治理工程设计

由于该滑坡局部刚发生滑动不久, 目前在天然状态下基本稳定, 但在暴雨及久雨情况下, 会产生进一步的滑动, 直接威胁坡脚停车场、道路、建筑及人员安全, 为确保坡脚停车场、道路、建筑及人员安全, 急需对该滑坡进行地质灾害处理。

根据“安全可靠、经济合理、技术可行、施工方便”的原则, 对滑坡地质灾害进行了综合治理。该滑坡属于牵引滑坡, 因此, 治理措施应首先防止下部滑体的

滑动。根据斜坡的情况, 具体的防治措施如下。

### 5.1 抗滑桩支护及技术要求

根据勘察报告及稳定性分析计算, 该滑坡在天然工况下基本稳定, 饱和工况下会失稳, 因此, 有必要采取支护措施。在滑坡体下部垂直主滑方向设置一排抗滑桩<sup>[4]</sup>, 抗滑桩采用人工挖孔桩。

抗滑桩的内力和位移计算采用弹性地基梁法, 地基水平抗力系数采用“m 法”, 桩底支撑条件采用铰接。

在滑坡体中下部较平缓地段布置抗滑桩一排, 桩径 1.2m, 桩间距 2.5m, 桩长 12.0m, 桩端入中风化基岩, 桩顶设置圈梁。

人工挖孔灌注桩, 主要施工内容包括桩孔开挖、混凝土护壁施工、钢筋笼制作与安装及桩身混凝土浇筑, 按要求制作抗滑桩钢筋笼, 并进行吊放, 采用商品混凝土, 强度等级为 C30, 采用混凝土泵车进行桩身混凝土浇筑。

注意事项: 抗滑桩桩孔开挖应跳桩进行; 桩孔开挖时应及时制作护壁, 桩孔超挖深度不得超过 1.0m。

### 5.2 锚杆格构梁工程及技术要求

根据滑坡工程地质测绘, 该滑坡上部坡度较陡, 且勘察揭露坡体以深厚松散填土为主, 故为防止抗滑桩上部坡体会产生越顶, 在桩顶至坡顶之间采用锚杆格构梁进行处理, 格构梁之间进行植草绿化。

由于本滑坡断面上部较陡, 下部较平缓, 抗滑桩承担全部滑坡推力, 但为防止坡顶至桩顶较陡坡体产生越顶滑动, 在抗滑桩桩顶至坡顶设置锚杆格构梁进行坡面防护, 锚杆采用直径 130 钻孔, 主筋为 1 根 28mm 的钢筋 (HRB400), 锚杆水平间距 2.5m, 垂直间距 2.0 米布置, 锚杆长度分为 12m、9m, 格构梁间距同锚杆间距, 格构梁尺寸为 300×300mm, 格构梁间进行植草绿化。锚杆格构梁设计采用 Bishop 圆弧滑动法进行稳定性分析。

锚杆施工顺序为: 测量、放线定位→钻进至设计深度→插入锚杆→压力 (二次) 灌浆→养护→施工框格梁、锚杆锚头张拉锁定、施工框格梁、压顶梁。

锚孔位置偏差不得大于 20mm, 锚孔角度偏差不得大于 2%; 锚杆孔深长度应超过设计深度 0.5m; 在松散的填土中钻进时应采用跟套管钻进。

锚杆注浆采用二次注浆:第一次采用水泥砂浆注浆,水泥砂浆强度为M25,并添加10%的高效压浆膨胀剂,注浆压力宜控制在0.2~0.5MPa,直至水泥砂浆从锚杆孔中溢出。第二次采用纯水泥浆注浆,水灰比0.5,注浆压力宜控制在1.5~2.0MPa,维持注浆压力1~2分钟,直到锚杆孔口有水泥浆冒出,即可结束二次注浆。浆体强度检验用试块的数量每30根锚杆不应少于一组,每组试块应不少于6个。

### 5.3 抗滑挡土墙工程及技术要求

在整个滑坡体东侧,即2-2'剖面处,因目前该段坡体未产生明显变形,但根据勘查报告提供土体浸水饱和参数计算,在饱和工况下,该段坡体欠稳定,且原坡体坡脚采用砖砌挡墙,砖缝未见砂浆,挡土墙局部高达4m,故从永久边坡稳定考虑,需对该段挡墙进行加固,采用拆除原挡墙,新增重力式抗滑挡土墙进行处理<sup>[5]</sup>。挡土墙采用浆砌片石进行砌筑,石材强度等级不小于MU30,厚度不小于15cm,砂浆强度等级不小于M5.0。

因挡土墙基底位于填土上方,承载力不足,故需对挡土墙基底进行地基处理加固,地基处理方法采用压密注浆,注浆孔间距1m,成梅花形布置,注浆加固深度应进入填土下部3层土不小于2m,要求承载力不小于200kPa。重力式抗滑挡墙与原砖砌挡墙采用C20素砼回填,墙后设置反滤层,墙体设置 $\phi$ 100PVC泄水孔。

### 5.4 排水工程及技术要求

在整个滑坡区范围内,在滑坡体后缘,布设横向截排水主干沟,减少地表水、地下水对滑体充水,提高滑体软土层抗剪强度,使得久雨或暴雨时,坡体汇水沿排水沟流走而不进入滑体内。共设置1条截水沟和5条跌水排水沟,截水沟总长约470.0m,截水沟断面呈矩形,净断面规格300mm $\times$ 300mm,毛断面规格600mm $\times$ 450mm;跌水沟净断面规格400mm $\times$ 400mm,毛断面规格700mm $\times$ 800mm。采用钢筋混凝土进行浇筑,排水沟布置结合景观规划共同设置。

## 6 变形监测

### 6.1 监测内容

防治工程施工期间及结束后两年内应加强监测,实行信息化动态施工,具体监测内容如下:

1. 坡顶(桩顶、挡墙顶)水平位移、垂直位移监测点:沿支护结构顶部每隔30m布设一个水平位移、垂直位移观测点。

2. 周围建(构)筑物变形监测:坡顶城墙、坡脚建筑物可根据实际情况设置4~8个水平位移、垂直位

移观测点。

3. 深层水平位移监测:选择6根抗滑桩布置深层水平位移监测点,测斜管长应大于或等于抗滑桩桩长。

### 6.2 监测控制要求

1. 防治工程施工期间坡顶水平位移、垂直位移速率 $\leq$ 1mm/d;位移总量 $\leq$ 0.1%坡高;建筑物差异沉降 $\leq$ 1/1000。

2. 防治工程效果监测。本滑坡治理工程效果监测内容为大地形变监测、地表裂缝监测、截排水沟流量监测和降雨观测<sup>[6]</sup>。

### 6.3 监测年限及周期

1. 监测年限。施工安全监测从施工开工至治理工程结束;防治效果监测年限为治理工程竣工后不少于1个水文年。

2. 监测周期:(1)施工安全监测宜采用8~24h观测一次的周期进行,24小时不间断人工巡视。对于施工扰动变形明显的应施行24小时不间断监测。(2)防治效果监测后期应在治理工程竣工后不少于1个水文年。

## 7 结论

本文以某停车场滑坡工程背景,介绍了地质灾害防治工程中抗滑桩、锚杆、格构梁、挡土墙及排水沟等关键技术内容,通过项目的后期实施,解决了边坡的滑坡灾害隐患,保护了古城墙的安全,在一定程度上实现了防灾减灾的目的,体现了以人为本的理念,具有现实的社会意义。

## 参考文献:

- [1] 王凯,谢文辉.滑坡地质灾害勘查与治理设计分析[J].资源信息与工程,2018,33(04):177-180.
- [2] 邓亮.对滑坡地质灾害勘查和防治的思考[J].有色金属设计,2019,46(03):76-78.
- [3] 吴君平,杨黎萌,王士友,等.滑坡地质灾害勘查及治理设计分析与应用[J].世界有色金属,2018(15):259-261.
- [4] 周云涛,石胜伟,蔡强,等.预应力锚索修复变形抗滑桩模型试验与数值模拟分析[J].中国地质灾害与防治学报,2020,31(03):58-64.
- [5] 解明礼,巨能攀,刘蕴琨,等.崩塌滑坡地质灾害风险排序方法研究[J].水文地质工程地质,2021,48(05):184-192.
- [6] 胡惠霞,刘瑾,黄健.堡只村山体滑坡成因分析及防治对策[J].山西建筑,2018(22):55-56.