

# 长沙某高边坡支护设计优化

李仲秋<sup>1,2</sup>, 隆 威<sup>1</sup>

(1. 中南大学地学与环境工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 中国有色金属工业长沙勘察设计研究院, 湖南 长沙 410011)

**摘要:**结合长沙某高边坡支护工程实例,详细研究边坡岩土条件及环境条件,充分挖掘岩土参数潜力,对多种支护方案进行技术、经济对比分析,优选锚杆网格梁法进行边坡加固支护。实践表明,锚杆网格梁法是一种加固高边坡性价比很好的方法。

**关键词:**永久边坡;边坡支护;设计优化;锚杆网格梁

**中图分类号:**P642.22 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2006)10-0035-03

**Design Optimization for Slope Retaining in Changsha/LI Zhong-qiu<sup>1,2</sup>, LONG Wei<sup>1</sup>** (1. School of Geoscience and Environmental Engineering, Central South University, Changsha Hunan 410083, China; 2. China Nonferrous Metals Changsha Investigation and Design Research Institute, Changsha Hunan 410011, China)

**Abstract:** Rock and soil conditions and environment around a high slope was researched with engineering case, and analysis on several retaining plans and economical comparison was made. Anchoring net beam was optimized to retaining the slope and was proved to be an effective method.

**Key words:** permanent slope; slope retaining; design optimization; anchoring net beam

高边坡支护技术是目前岩土工程领域中较为复杂的技术之一,特别是对坡顶附近将新建重要建筑物的高倾土质边坡的加固支护更为复杂。如何采取技术上行之有效、经济上价廉的办法使高陡边坡的变形控制在容许的安全范围之内,一直是岩土工程界同行们关注的问题。

## 1 工程概况

某高边坡位于长沙市某住宅小区,边坡长约 100 m,坡顶标高 77.00 m,坡底标高 60.00 m,坡高 17.00 m,为永久边坡。根据规划,距坡顶边线 2.00 m 将拟建 3 栋 6 层住宅,坡底将拟建 8 层商住楼,商住楼 1~2 层为临街铺面,坡顶、坡底建筑物间外墙距离为 8.00 m。详见图 1 所示。

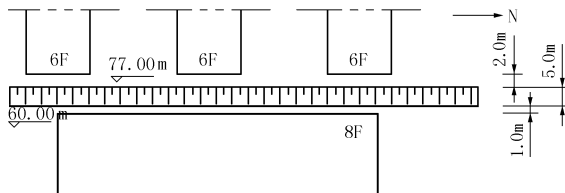


图 1 边坡与建筑物平面位置图

根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2002),该边坡工程安全等级为一级,且边坡塌方影

响区内将新建 3 栋住宅,在对此边坡进行支护设计时,一方面要考虑设计使用年限内永久边坡的安全稳定和坡顶、坡底建筑物的正常使用,还要兼顾业主的投资控制和工期要求等问题。

## 2 边坡岩土工程条件及稳定性评价

### 2.1 岩土工程条件

根据勘察报告,场地地貌单元属湘江 IV 级冲积阶地,西侧地势较高,由西往东逐级降低。场地揭露的地层自上而下依次为:①人工填土,由粉质粘土混少量碎石组成,厚度 2.80~3.40 m 不等,松散状态;②圆砾,厚 2.40 m,密实状态;③砾砂,厚 10.00 m,稍湿~饱和,密实状态;④残积粉质粘土,厚度 > 10.00 m,可塑~硬塑状态,下伏基岩为第三系泥质粉砂岩。

地下水为受大气降水补给的砂砾层中的潜水,稳定水位埋藏标高 63.60~64.50 m 之间,沿原始地形而变化,西高东低。地下水对钢筋砼无腐蚀性。

各地层的有关物理力学参数见表 1。

### 2.2 边坡稳定性分析

根据业主用地要求,确定本边坡的坡率为 1:0.30,代表性剖面如图 2 所示。应用瑞典条分法,不

收稿日期:2006-03-13

作者简介:李仲秋(1965-),男(汉族),湖南益阳人,中南大学工程硕士在读,中国有色金属工业长沙勘察设计研究院国家注册土木工程师(岩土),地质工程专业(岩土工程方向),从事岩土工程勘察、设计、施工管理和研究工作,湖南省长沙市韶山北路 81 号长沙勘察设计研究院,13974887577, lizqiu2006@163.com。

表1 各土层参数及边坡稳定系数

层号	土层性质	容重 $\gamma$ /( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	粘聚力 $c$ /kPa	内摩擦角 $\varphi$ /( $^\circ$ )	边坡稳定系数 (坡顶超载取 $q=0$ )	
					土层组成	稳定系数
①	人工填土	18.50	12	10	①	1.214
②	圆砾	19.50	0	35	①、②	0.749
③	砂砾	19.50	0	30	①、②、③	0.250
④	粉质粘土	19.80	25	20	①、②、③、④	0.368

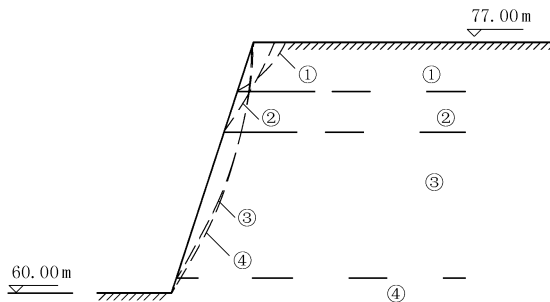


图2 边坡剖面图

计坡顶超载值,长沙市的抗震设防烈度为Ⅵ度,不考虑地震作用。由计算结果可见(表1),该边坡必须采用有效支护措施才能维持卸荷后坡体的稳定。

### 3 边坡支护优化设计

#### 3.1 支护设计参数优化

本边坡为土质边坡,坡高 17.00 m,边坡工程安全等级为一级,坡顶拟建 3 栋 6 层住宅。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2002)第 3.4.9 条,该边坡属复杂边坡,边坡的设计与施工应进行专门论证。

##### 3.1.1 岩土参数优化

根据场地所处地貌特征和地层的物质组成及力学性质特点,结合工程经验,分布于长沙市Ⅲ级及其以上湘江冲积阶地的冲积地层为晚更新世及其以前堆积的地层,其碎石土多呈密实~超密状态,因此,勘察报告所提参数可以提高,优化设计参数见表 2。

表2 边坡优化设计参数

层号	土层性质	容重 $\gamma$ /( $\text{kN}\cdot\text{m}^{-3}$ )	粘聚力 $c$ /kPa	内摩擦角 $\varphi$ /( $^\circ$ )	层厚 /m
①	人工填土	18.50	12	10	3.0
②	圆砾	19.50	5	40	2.4
③	砂砾	19.50	5	35	10.0
④	粉质粘土	19.80	25	20	10.0

##### 3.1.2 地下水位的确定

根据勘察报告,场地地下水埋藏标高介于 63.60~64.50 m 之间,且沿原始地形而变化,具西高东低特点。边坡土方工程达到设计坡底标高

60.00 m 后,因地形形态发生变化,地下水稳定水位还会下降,考虑在坡体内设置排水孔,在边坡形成后,坡体内地下水稳定水位会下降至砾砂与残积粉质粘土层界面附近。因此,边坡设计计算水头高度取 1.60 m(砾砂层底)。

#### 3.1.3 坡顶超载

坡顶超载视支护结构型式确定,采用桩锚支护结构时,取坡顶建筑物荷载为超载值;采用喷锚网支护结构或土钉墙支护型式,而坡顶建筑物采用桩基时,按规范要求,最小取均布荷载  $q=10$  kPa,考虑本边坡坡顶建筑荷载由桩基传递至下部地层,且其它荷载较小,计算时不计建筑物的超载,取附加荷载  $q=10$  kPa。

#### 3.2 设计方案对比分析

根据边坡岩土工程条件及环境工程条件,参照《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330-2002),结合工程经验,本边坡支护可考虑 3 种支护型式,即排桩式锚杆挡墙支护、格构式锚杆挡墙支护和土钉墙支护。各种支护型式的技术、经济对比分析如下。

##### 3.2.1 排桩式锚杆挡墙支护

该支护型式适应于坡顶有建筑物需要保护,场地狭窄,边坡高度大,对挡墙变形有较高要求的土质边坡。

###### 3.2.1.1 具体设计

经计算,采用排桩式锚杆挡墙支护,具体设计如下。

(1)坡面垂直开挖,沿坡顶线延伸方向布置一排人工挖孔桩,桩径 1.20 m,间距 2.00 m,桩长 26.50 m,桩身主筋 22 $\Phi$ 32。

(2)桩顶设置冠梁,尺寸为:高 $\times$ 宽=600 mm $\times$ 1200 mm。

(3)设置 4 排锚索,水平间距 2.00 m,垂直间距 3.00 m,锚索设计拉力从上到下分别为 630、480、440、360 kPa;锚索规格分别为 7 $\times$ 7j $\Phi$ 5L26000、5 $\times$ 7j $\Phi$ 5L24000、5 $\times$ 7j $\Phi$ 5L22000、4 $\times$ 7j $\Phi$ 5L20000,锚固体直径 D130 mm,入射角 12 $^\circ$ 。

(4)坡体设置泄水孔,泄水孔每 6 m $^2$ 设置一个,采用  $\Phi$ 80 mm 软式透水管,长 5 m。

###### 3.2.1.2 技术经济特点

(1)能有效控制边坡的变形,坡顶建筑物基础可采用条基,节省建筑物基础造价约 27 万元;

(2)可垂直开挖,支护结构占地少,节省空间约 500 m $^2$ ;

(3)施工周期相对较长,总造价约 210 万元。

### 3.2.2 格构式锚杆挡墙支护

采用本支护方式,靠近坡顶建筑物的半个单元采用人工挖孔桩,将建筑物的荷载传至边坡潜在破裂面以下足够深度的岩土层内,既减少建筑物荷载对边坡的影响,又控制了建筑物的变形。另外为控制边坡的变形,对锚杆施加一定的预应力。

#### 3.2.2.1 具体设计

(1)坡顶建筑物靠近边坡侧的半个单元采用人工挖孔桩基础,桩径800 mm,桩长12.00~16.00 m;

(2)边坡坡率1:0.30,并以格构式锚杆挡墙进行加固支护;

(3)锚杆水平间距1.80 m,排距1.80 m,共设置8排,锚固体直径D130 mm,锚杆杆体 $\varnothing$ 32,长度分别为18.00、18.00、15.00、15.00、15.00、12.00、12.00及15.00 m,各排锚杆施加一定的预应力;

(4)坡面喷射砼C20,厚度为100 mm;

(5)坡体内每6 m<sup>2</sup>设置排水孔一个,排水孔采用 $\varnothing$ 80 mm软式透水管,长5 m;

(6)格栅梁砼C25,尺寸为300 mm(宽) $\times$ 350 mm(高),布置6 $\varnothing$ 18钢筋。

#### 3.2.2.2 技术经济特点

(1)能有效控制边坡的变形;

(2)不能垂直开挖,支护结构占地较多;

(3)施工周期较短,总造价较低,与坡顶建筑物的桩基(半个单元)造价合计共约150万元。

#### 3.2.3 土钉墙支护

土钉墙支护,具有施工周期短、造价较低的特点,但对本工程,尽管对坡顶建筑物采用如上述格构式锚杆挡墙支护措施一样,对靠近坡顶的建筑物半个单元采用桩基,既消除建筑物荷载对边坡的影响,又确保建筑物的安全稳定,但工程经验及计算表明,土钉墙支护不能有效地限制边坡土体的变形,坡顶的变形相对较大,将会影响坡顶建筑物上、下水管道的正常使用。因此,对安全等级为超一级的高倾永久边坡慎用土钉墙支护型式。

#### 3.2.4 支护方案选定

根据技术、经济以及工期的对比,优选格构式锚杆挡墙支护型式。

## 4 质量控制及支护效果观测

施工前制定了详细的施工组织设计方案,从土方施工到边坡加固施工完成,期间同时施工坡顶建

筑物桩基,历时45天,在开挖过程中始终坚持及时支护边坡。土方工程严格采用分层分段开挖工艺,每层开挖深度为相应层的锚杆设计深度再加深0.50 m,以方便现场锚杆施工作业,同时根据施工流水节拍,控制每段开挖长度10.00~15.00 m,以减少土体的自由变形时间和空间。

在边坡坡顶处每隔25.00 m设置一个观测点,以观测坡顶的位移。施工期间每日上、下午各测一次,边坡竣工后在1年内进行了12次观测。施工期间,边坡最大水平位移为16.80 mm,最大垂直位移为13.50 mm。边坡竣工后,边坡处于稳定状态,最大位移发生在雨季,水平位移为3.20 mm,这说明,本边坡支护达到了预期的效果。

## 5 结语

(1)长沙地区湘江Ⅲ级阶地及其以上砂、卵石地层属超密实状态,与一般砂、卵石层相比其强度指标相对较高,边坡设计可以适当挖掘其潜力。

(2)复杂的超高型边坡支护设计与施工必须进行专门论证,采用多种支护方案进行对比分析,最后确定既能确保边坡安全稳定,又能节省造价,缩短工期的最优方案。

(3)边坡工程是一项系统工程,边坡的施工与设计要密切的配合。施工前,要详细地向施工人员进行技术交底,施工单位须制定切实可行的施工组织设计方案,施工过程中要严格遵守相关的施工操作规程,同时要注意记录边坡的工程地质、水文地质条件,并建立边坡变形观测系统,一旦发现与设计要求不符,及时反馈给设计人员,及时调整设计方案。

(4)锚杆网格梁法是一种加固高陡土质边坡价廉工省技术先进的支护手段,在高大土质边坡加固方面有广阔的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 林宗元. 岩土工程治理手册[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1993.
- [2] GB 50330-2002, 建筑边坡工程技术规范[S].
- [3] DB 43/009-1999, 长沙市挡土墙及基坑支护工程设计、施工与验收规程[S].
- [4] 范鸣玉,等. 最优化技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 1982.
- [5] 程良奎,等. 岩土锚固[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [6] CECS 22:90, 土层锚杆设计与施工规程[S].