

# 中央民族大学综合楼基坑 支护施工与监测研究

李振明 张连城 宋立益

(总参工程兵第四设计研究院, 北京 100850)

**【摘要】** 主要介绍深基坑支护中锚杆的应力、边坡位移、地面沉降的测试情况, 结合工程的实际, 对锚杆的应力状态、边坡位移、地面沉降等问题做了分析和探讨, 并得出相应的结论。

**【关键词】** 深基坑支护; 应力测试; 喷锚支护

**【Abstract】** This paper introduces measurement of stress of anchor, slope displacement and ground settlement, analyses and discusses the problems of stress state of anchor, and the slope displacement, ground settlement based on engineering cases. And obtained corresponding conclusions.

**【Key words】** protection of deep excavation; stress measurement; pin timbering

## 0 引言

喷锚支护是一个很复杂的课题, 它涉及到工程地质学、水文地质学、土力学、结构力学等多种学科的理论知识。由于地质条件复杂多变, 理论研究尚不成熟, 事故时有发生。目前设计单位多根据自己的经验进行设计计算, 并在施工中不断地进行试验、监测, 调整设计方案, 使支护结构达到受力合理, 安全可靠。

## 1 工程概况及工程地质条件

拟建的中央民族大学综合楼位于北京市海淀区白石桥路 27 号中央民族大学院内, 该建筑为六层框架结构, 地下两层, 基坑深度为 10.01 m。西侧距边坡 2.50 m 处有一六层教学楼, 框架结构, 十字交叉梁式基础, 埋深 3.2 m(见图 1)。该工程基坑于 1997-12-04 正式破土动工, 1998-01-09 竣工, 3 月 26 日通过验收。拟建场区地势平坦, 地层土质情况自上而下为: ①人工堆积房碴土, 厚约 1.80 ~

3.10 m, 局部厚 4.4 m; ②砂质粉土, 夹粉质粘土、粘质粉土、细砂, 其中粉质粘土仅分布在拟建场区西部。③砂质粉土, 夹粉细砂、中粗砂含砾, 灰-黑灰色, 含有机质。其中中粗砂厚约 1.5 m; ④卵石层, 夹粉细砂透镜体。未见地下水。

## 2 喷锚支护设计

设计的基本参数: 取土的重度  $\gamma = 19.96 \text{ kN/m}^3$ ; 土的粘聚力  $c = 10 \text{ kPa}$ ; 土的内摩擦角  $\varphi = 25^\circ$ ; 基坑周边附加荷载  $q = 30 \text{ kPa}$ ; 原教学楼基底荷载  $q = 200 \text{ kPa}$ 。

计算工作分为两部分:

1) 有教学楼基底荷载作用的边坡的喷锚支护的计算:

不同深度处的土压力计算:

$$p_i = (rH^2 K_a / 2 + \sigma_{hi}) A \quad (1)$$

锚杆的拉力计算:

$$T_i = (p_i - p_{i-1}) / \cos \theta \quad (2)$$

作者简介: 李振明, 1963 年生, 男。1985 年获华北水电学院工程地质专业学士学位, 1992 年获河海大学岩土工程专业硕士学位, 1995 年获博士学位。现从事岩土工程和工程地质方面的研究和设计工作。



根据上述公式计算的锚杆长度见表3。

表3 锚杆位置及长度

锚杆位置	锚杆参数 埋深 $H_i/m$	$T/kN$	锚杆计算 长度 $L_j/m$	锚杆选用 长度 $L_c/m$
第一排	2.0	67.51	9.52	10.0
第二排	3.5	69.77	8.74	8.0
第三排	5.0	91.63	6.27	8.0
第四排	6.5	113.52	6.46	6.0
第五排	8.0	135.44	5.71	6.0

抗滑安全系数  $K = 1.23$

抗倾覆安全系数  $K = 1.4$

### 3 锚杆的施工

在施工中采用洛阳铲成孔,最大孔深达15 m。为了保证钢筋与水泥浆的握裹力,每根钢筋都要做对中支架,间距2~3 m。注浆采用425<sup>#</sup>硅酸盐水泥的纯水泥浆,水灰比为0.45,注浆压力0.6 MPa,未掺入任何添加剂。钢筋网片的尺寸根据每层锚杆的间距确定,网片的钢筋为 $\phi 6.5$ ,网眼200 mm $\times$ 200 mm,挂网后网片与锚杆、锚头和上层网片焊成一体。喷射混凝土的材料为砂、豆石、425<sup>#</sup>硅酸盐水泥。喷射混凝土的标号为C20,配比为水泥:砂:豆石=1:2:2(体积比)。添加剂为巢湖产速凝剂,掺量4%(质量比);FD混凝土防冻剂,掺量5%(质量比)。施工期间气温很低,除在混凝土中采用添加剂外,还采用了一些冬季施工措施,诸如水加温、用草帘覆盖等,从而保证了施工质量。

### 4 边坡监测

边坡监测是确保边坡安全的重要措施,也是信息化施工的重要保证。这次边坡支护采用了三种手段进行监测,即锚杆受力的监测,边坡水平位移监测,教学楼沉降监测。测点布置见图1。

#### 1) 锚杆的受力监测

锚杆受力的监测断面布置在东边坡的中点位置上。测量断面上有5排锚杆,共布置钢筋计测点8个(见图1)。锚杆受力状态见

图2,测量结果见表4。

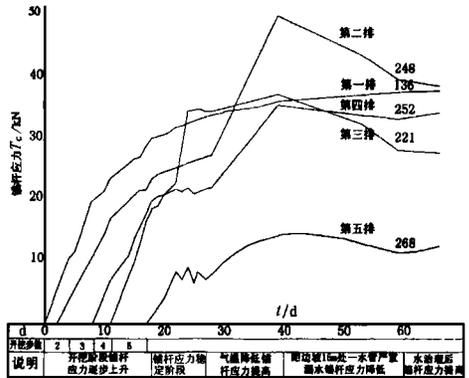


图2 时间与锚杆应力关系曲线

表4 锚杆拉力计算值与实测值

锚杆位置 锚杆拉力	第一排	第二排	第三排	第四排	第五排
锚杆拉力计算值 $T_j/kN$	67.51	69.71	91.63	113.52	135.44
锚杆拉力实测值 $T_c/kN$	38	50	37.4	36.4	15
计算值/实测值	1.78	1.39	2.45	3.12	9.03

从表4可以看出:①锚杆的受力实测值与计算值相差较大,随深度的增加,差别越来越大。主动土压力分布规律不是随深度而增加的三角形而是接近梯形。除了理论条件与实际条件的差别外,锚杆插入土中,引起土的物理力学性质的变化也是一个重要原因。本次计算为了安全起见未计入 $c$ 值的影响。②每开挖一步,锚杆的拉力就增加一次,基坑开挖及支护完毕后,锚杆的拉力增长缓慢,趋于稳定。第一、二、三、四排锚杆受力较大,其大小相差不多。第五排锚杆受力最小;③边坡泡水后锚杆的拉力降低,边坡受冻后锚杆的拉力增高;④第一排锚杆的拉力随锚杆入土深度的增加而减小缓慢。第二排、第三排锚杆的拉力,随锚杆入土深度的增加,拉力衰减

较快。

## 2) 边坡水平位移

边坡水平位移的量测,采用 QJ85 型收敛计(89003 部队研制)。该测点于 1998—12—24 设置,此时基坑开挖深度为 7.4 m(0~7.4 m 的水平位移未测到)。边坡水平位移与开挖深度和时间的关系见图 3。

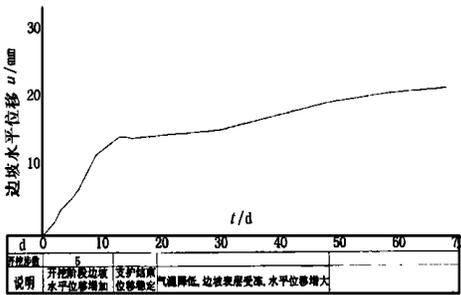


图 3 时间与边坡水平位移关系曲线

从图 3 中可以看出:①边坡水平位移最大值为 21.69 mm,约为深度的 0.2%,这个数值与经验值基本相符;②边坡位移随开挖深度的增加而增加,边坡开挖与支护完毕后边坡的变形趋于稳定;③边坡受冻后其位移增加,化冻后又趋于稳定。

## 3) 教学楼沉降观测

沉降观测的基准点设在中央民族大学东大门南侧,“华讯”西门的北墙上。在教学楼的东、西两角各设一个沉降观测点。测量结果见图 4。从图 4 中可以看出,最终沉降量为 10 mm。

## 5 结语

1) 此次基坑支护是成功的,保证了边坡的稳定和教学大楼的安全。缩短了施工周期,降低了成本。经监测,教学大楼最终沉降量为 10 mm。与灌注桩护坡相比,工期可缩短 1/3,造价便宜 25%~30%。

2) 实测表明,目前采用的朗肯-库仑理论计算的主动土压力比实测结果偏大 1.4 倍以上,且分布规律不是随深度而增加的三角形,

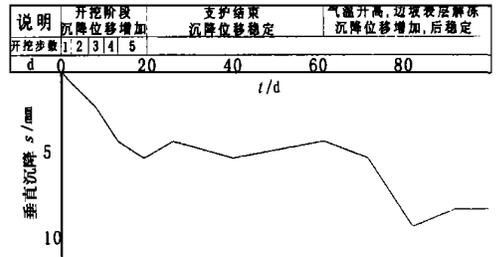


图 4 时间与沉降位移关系曲线

而是接近于梯形。

3) 喷锚支护具有较大的柔性,该工程经过一冬的考验,由于边坡的冻胀和混凝土的收缩,支护结构不同程度的出现裂缝。在靠马路一侧边坡处,由于载重车辆的通行,在距边坡 3.0 m 处地面出现裂缝,边坡水平位移增加到 32 mm,加固后裂缝得到控制。但位移过大可能引起其它的问题,在设计时要引起足够的重视。

4) 水浸入边坡后,使土层与锚固体之间的粘结强度迅速降低。图 2 中第三排锚杆,由于水渗入基坑,结果测得锚杆的拉力下降了 36%。水治理后,锚杆的拉力恢复稳定。

5) 从测量结果可以看出,第一排锚杆受力大,且沿深度衰减慢,设计时锚杆长度可比计算长度适当增长;第二排、第三排锚杆受力大,沿深度衰减快,设计时锚杆长度可酌量减小。

综上所述,采用喷锚做为护坡结构,具有周期短、造价低、补强灵活、信息化施工、操作简便等优点,具有广泛前景。

## 参 考 文 献

- 1 余支成等. 深基坑支护设计与施工. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997
- 2 刘建航等. 基坑工程手册. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997

收稿日期: 1999-06-02