

文章编号:1671-6833( 2003) 02-0026-03

桩锚与土钉联合支护结构的工程实例

郭院成<sup>1</sup>, 周同和<sup>2</sup>, 宋建学<sup>1</sup>

( 1. 郑州大学土木工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州大学综合设计研究院, 河南 郑州 450002)

摘 要: 桩锚和土钉支护结构是我国目前最常采用的两种深基坑支护形式. 根据土钉与桩锚支护结构的特点及设计计算方法, 通过河南省郑州市一大型深基坑工程实例, 研究了桩锚与土钉联合支护结构的受力和变形特点及其设计计算方法, 对类似工程具有一定的参考价值.

关键词: 桩锚支护; 土钉支护; 深大型基坑

中图分类号: TU 47 文献标识码: A

1 工程概况

本工程为高层住宅建筑, 地下 3 层、地上部分为 33 层的双子塔楼和 3 层商业用房. 建筑使用功能设计要求开挖基坑, 基坑工程南北长为 145 m, 东西宽为 45 m, 深度为自然地坪以下 12.9 m, 如图 1 所示.

建筑周围环境包括: 基坑东侧为某单位家属院, 沿基坑共有 5 栋 6 层住宅楼, 均为 70 年代建筑, 建筑外墙距基坑围护结构最近点 5 m; 西侧距基坑 13 m 为郑州市市区主干道, 城市雨水箱涵和污水管道等地理系统复杂, 距离基坑边沿为 18 m, 埋深均在 2~5 m 范围内; 北侧为城市次干道, 距离基坑边沿 15 m, 南侧为一市内加油站, 距离基坑 18 m. 地下水位稳定在自然地面以下 5.5~6.5 m.

工程地质条件如表 1 所示.

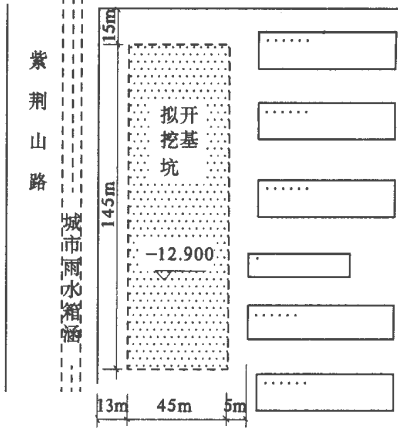


图 1 某工程基坑环境平面示意图

Fig. 1 Foundation pit environment plan sketch of Case Project

表 1 工程地质勘察报告

Tab. 1 Engineering geology reconnaissance report

分层 编号	岩性	土层 埋深/ m	天然含 水量/ %	天然 重度/ (kN·m <sup>-3</sup> )	饱和 度 S <sub>r</sub> / %	塑性 指数 I <sub>p</sub>	液性 指数 I <sub>L</sub>	内聚力 C /kPa	内摩 擦角 (°)	承载力 标准值 f <sub>ck</sub> /kPa	桩周摩擦 力标准值/ kPa
1	杂填土	0.0~1.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	粉土	1.5~ 5.4	24.3	17.5	79	7.2	0.931	10	18	120	20
3	粉土	5.4~ 9.5	18.5	18.7	90	8.1	0.874	15	20	135	25
4	粉土夹 粉砂	9.5~ 14.8	23.1	18.0	96	6.7	0.700	10	25	95	30
5	粉砂夹 粉土	14.8~21.2	23.3	18.5	98	6.6	0.400	0	30	130	35
6	粉砂	≥21.2	19.4	18.8	93	—	—	—	—	—	40

收稿日期: 2003-02-28; 修订日期: 2003-04-30  
基金项目: 河南省科技攻关项目( 0224620011) ; 河南省自然科学基金资助项目( 0211063200)  
作者简介: 郭院成( 1965-), 男, 河南省辉县市人, 郑州大学教授, 博士, 主要从事地基处理与深基坑工程理论与应用方面的研究.

2 基坑支护结构的选型

2.1 桩锚支护结构<sup>[1]</sup>

桩锚支护结构由竖向钢筋混凝土灌注桩和斜向(水平)预应力锚杆构成。在基坑开挖过程中,预应力锚杆可有效提高支护结构的抗倾覆稳定性,显著地缩短桩体在土中的嵌固深度,降低施工难度和工程投资。

实际工程中,锚杆预应力水平较高时常要求较大的锚杆长度,而通常情况下城区地理系统非常复杂,地下水位较高,且坑外可使用空间较小,给设计和施工带来极大困难。

2.2 土钉支护结构<sup>[3]</sup>

土钉支护随挖随支,施工速度快、工程造价低,且土性适用性强,开挖过程中通过土钉使边壁土体强度得到加强,使基坑工程中产生荷载的土体成为支护结构的一部分,随着基坑开挖支护过程中,边壁邻空高度的增加,土体侧压力和支护结构的承载力水平均相应提高,从而使边壁土体强度得到最大限度的利用。但土钉内拉力的提高是以基坑边壁的水平侧移为代价的,导致土钉支护结构的侧移量通常较大,这在一定程度上制约了此类支护形式的应用。

2.3 联合支护结构

将桩锚结构与复合型土钉支护结构联合起来使用,在基坑边壁土压力作用下,桩锚和土钉作为一个整体结构共同抵抗荷载和变形。通过合理设计可实现桩锚结构水平侧移小和土钉结构受力合理。

对上部桩锚支护部分而言,下部土钉加固部分的底部与下层土体接触,在水平土压力作用下,在土钉结构与土体间可被动地产生较大的水平摩擦力,从而有效地减小主动区土压力作用下桩体对被动区土体施加的水平压力,降低上部桩体的水平侧移量,并显著地提高支护结构的抗倾覆稳定性,缩短桩体在土中的嵌固深度和降低锚杆预应力水平。

对下部土钉支护部分,由于桩体抗剪强度较高,且存在较高水平的锚杆预应力,使土钉支护结构内部稳定性更易于满足规范设计要求,同时可显著提高土钉工程施工速度,进一步缩短施工工期。

3 桩锚与土钉联合支护结构的设计计算

图2所示为单支点桩锚结构与土钉支护结构的联合支护结构形式。上部为单支点桩锚结构,下部为土钉支护结构。为简化计,图中土体分为上下

两层,对复杂多层土分别计算各层土土压力后再进行合成即可。

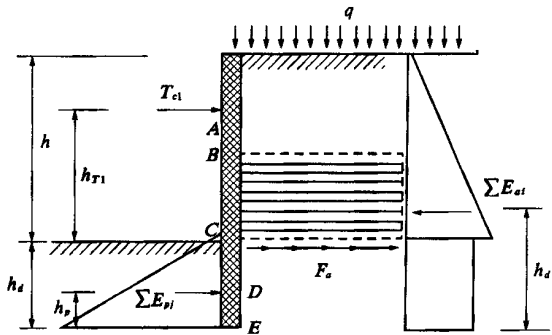


图2 单支点桩锚与土钉联合支护结构  
Fig.2 Composite retaining system of soil nail and anchorage pile with single support

3.1 锚杆预应力计算

单支点锚杆预应力水平按式(1)计算:

$$T_{c1} = \frac{h_{a1} \sum E_{ac} - h_{p1} \sum E_{pc} + h_{c1} \eta F_a}{h_{T1} + h_{c1}} \quad (1)$$

式中:  $\sum E_{ac}$ ,  $\sum E_{pc}$  分别为设定弯矩零点位置以上基坑外侧和内侧土层水平土压力之和;  $h_{a1}$ ,  $h_{p1}$  分别为合力  $\sum E_{ac}$ ,  $\sum E_{pc}$  作用点距弯矩零点的垂直距离;  $h_{c1}$  为弯矩零点距基坑底面的垂直距离;  $F_a$  为土钉底部水平摩阻力标准值;  $\eta$  为土钉底部水平摩阻力发挥系数。通常情况下取为 0.4 ~ 0.6。

3.2 桩体嵌入深度的确定

嵌固深度按式(2)确定:

$$h_p \sum E_{pj} + h_d \eta F_a + T_{c1} (h_{T1} + h_d) - 1.2 \gamma_0 h_a \sum E_{ai} \geq 0 \quad (2)$$

3.3 土钉内部稳定性验算

按基坑底面以下可能滑动面采用圆弧滑动简单条分法进行整体稳定性验算。

$$\sum_{i=1}^n c_{ik} L_{is} + \sum_{i=1}^n (w_i + q o_i) \cos \theta \tan \varphi_k + \sum_{j=1}^m T_{\eta j} [\cos(\varphi_j + \theta) + 0.5 \sin(\varphi_j + \theta) \tan \varphi_k] + T_c [\cos(\varphi_1 + \theta_c) + 0.5 \sin(\varphi_1 + \theta_c) \tan \varphi_k] - s \gamma_k \gamma_0 \sum_{i=1}^n (w_i + q o_i) \sin \theta \geq 0 \quad (3)$$

式中:  $m$ ,  $n$  分别为滑动体内土钉数及滑动体分条数;  $\varphi_1$  为预应力锚杆与水平面间的夹角;  $\theta_c$  为预应力锚杆与可能滑动面交点所属滑动条中点与水平面间的夹角;  $\varphi_k$  为预应力锚杆与可能滑动面交点处土体固结不排水快剪内摩擦角标准值。

4 联合支护结构设计与施工检测

4.1 联合支护结构设计

周围环境条件要求基坑开挖施工过程中,不允许产生较大水平侧移和地面沉陷,支护结构拟采用桩锚结构.考虑到地下水位较浅,基坑深度较大,桩锚结构在自然地面下 5.5 m 和 9.5 m 处设置两层预应力锚杆.按规范规定的等值梁法计算,第二层锚杆预应力设计值为 407 kN,相应地锚杆锚固长度为 32 m,显然施工难度过大,现场条件不允许.

实际工程中采用单支点桩锚与土钉联合支护结构<sup>[3]</sup>,如图 3 所示.排桩直径为 0.8 m,间距为 1.5 m,桩长 12.4 m,纵筋配置为 10Φ20,箍筋为 Φ8@200;预应力锚杆位于自然地面下 5.5 m 处,间距为: $s=1.5$ ,锚杆预应力设计值为: $T_{c1}=156$  kN,采用 Φ53×3.5 无缝钢管,总长度为  $L=25$  m.

土钉支护结构采用同排间距为 1.5 m,竖向排距为 1.2~1.5 m,土钉采用 Φ48×3.0 无缝钢管,长度为 12 m,自自然地面下 7 m 开始,共设置 5 排土钉.

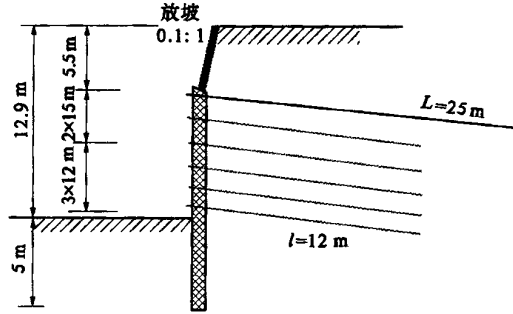


图 3 深基坑支护结构示意图

4.2 基坑施工检测结果

基坑施工过程中采用测斜仪、高精度水准仪、经纬仪、深层沉降仪等精密仪器对施工全过程进行监控,以验证设计方法的合理性和施工方案的可行性.

自基坑开挖施工至地下 3 层地下室出地面,共历时 9 个月,测得基坑施工过程中,附近地面最大沉降量为 17.6 mm,基坑顶部土体最大水平侧移量为 12 mm,桩顶压梁水平侧移量为 5 mm,开挖至设计标高时坑底最大反弹位移量为 7 mm.基本与计算值相符,符合规范对基坑变形控制的设计要求.

5 结束语

本文以河南省郑州市东部软弱地区上的大型深基坑支护工程为例,对桩锚和土钉的联合支护结构进行了有益的实践,现场检测结果显示,本工程设计计算和现场监控相结合取得了良好效果,验证了本文所采用设计计算方法的合理性和工程适用性.

参考文献:

[1] 黄强.建筑基坑支护技术规程应用手册[M].北京:中国建筑工业出版社,1999.  
[2] 曾宪明,黄久松,王作民.土钉支护设计与施工手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2000.  
[3] 郭院成,宋建学,周同和.桩锚与复合土钉联合支护结构的工程设计[J].建筑施工,2001,23(6):375~376.

Example Projects on Composite Ht Retaining System with Anchorage Pile and Composite Soil Nail

GUO Yuan-cheng<sup>1</sup>, ZHOU Tong-he<sup>2</sup>, SONG Jian-xue<sup>1</sup>

(1.College of Civil Engineering,Zhengzhou University,Zhengzhou 450002,China; 2.Comprehensive Design Institute of Zhengzhou University,Zhengzhou 450002,China)

**Abstract**: Anchorage pile and soil nail retaining structures are the two types of deep foundation pit retaining system most frequently used in China. Based on the structure features and analysis approaches on soil nail and anchorage pile pit retaining system, the loading and deforming property, together with the designing and calculating method of composite retaining system are studied in detail and ratified by the practice of a larger-scale deep foundation pit project. It can be used as a reference for the similar projects.

**Key words**: anchorage pile retaining; soil nail retaining; large-scale foundation pit