

深基坑上部土钉墙土钉轴力监测及分析

刘安宁, 来庆专, 吴瑞刚, 苏长毅

(长安大学公路学院, 西安 710054)

摘要:以某建筑深基坑工程为例,对基坑开挖各阶段上部土钉墙土钉轴力进行实测,分析并研究了基坑开挖及支护过程对土钉轴力的影响,具体考虑了基坑开挖时间与土钉轴力、土钉轴力变化速率以及同一土钉不同节点位置处轴力变化趋势之间的关系。对今后类似的基坑工程中的上部土钉墙的设计和分折提供借鉴和参考。

关键词:开挖与支护;土钉墙;土钉轴力

中图分类号:TU472.3+4

文献标志码:A

西安作为西部地区经济发展的中心之一,城市化步伐逐渐加快,因而在城市化用地日益紧张的今天,地下空间的开发已成为一种必然趋势^[1]。为充分挖掘地下空间的利用率,深基坑的规模和深度均在不断加大。近些年上部土钉下部桩锚联合支护体系在西北地区发展十分迅猛,其优点是占用空间小、受地下水影响小、施工速度快、受力性能较好、可有效控制基坑开挖过程中产生的变形,适合大型深基坑开挖支护^[2-4]。然而由于下部支护结构及不同地区地质条件等因素的影响,土钉墙中土钉轴力的发展规律以及设计方法还处于探索之中^[5-10]。本文通过西安高新区某建筑深基坑工程的监测数据对该问题进行了分析及讨论。

1 工程概况

拟建场地位于西安市高新技术产业开发区内,基坑支护长度约 530 m,开挖深度约为 14.5 ~ 18.8 m,总支护面积约 9000 m²。拟建的场地呈东南低(开挖深度 4.5 ~ 7.0 m)。勘探点孔口标高介于 405.58 ~ 411.18 m 之间,地貌单元属皂河 I 级阶地。

根据岩土工程勘察报告,基坑支护设计影响范围内主要地层自上至下具体参数见表 1。

场地地下水属于孔隙潜水类型,稳定水位深度 2.30 ~

表 1 土层物理力学参数

土类名称	$\gamma / (\text{kN}/\text{m}^3)$	c / kPa	$\varphi / ^\circ$
①层素填土(Q_4^{al})	18.0	10.00	15.00
②黄土状粉质黏土(Q_4^{cl})	19.0	21.00	16.30
③中砂(Q_4^{s})	21.0	0.00	35.00
④粉质黏土(Q_4^{cl})	19.6	22.40	18.90
⑤粉质粘土(Q_3^{cl})	20.1	23.80	20.50
⑥粗砂(Q_3^{s})	22.0	0	36.40
⑦粉质粘土(Q_3^{cl})	20.0	24.5	20.8

8.00 m,相应标高为 402.94 ~ 403.36 m。场地内水位变化幅度大于 2 m。

1.1 基坑支护设计

本文所依托的深基坑工程形状呈现近似正方形,基坑采用上部土钉墙下部桩锚联合支护体系,支护形式如图 1 所示。上部土钉墙高度为 6 m,坡度为 1:0.2,设置四排土钉,土钉长度自上而下均为 6 m,土钉布置采用梅花形布置,垂直间距和水平间距皆为 1.5 m,土钉孔径 120 mm,土钉倾角 15°;土钉孔内灌注水泥浆体强度等级为 M15,采用 C20 的喷射混凝土面层厚度为 100 mm。在下部桩锚联合支护体系中,护坡桩采用混凝土灌注桩,桩长为 22.5 m,镶固深度为 10.5 m,上部浇筑冠梁,在基坑开挖过程中,设置 4 排扩大头预应力锚索,锚索倾角为 15°间距为 1.5 m,并施加预拉张荷载 350 -

收稿日期:2014-10-11

作者简介:刘安宁(1987-),男,陕西西安人,硕士生,主要从事基坑设计与监测方面的研究,(E-mail)429439365@qq.com

450 kN。在支护结构施工和基坑开挖期间,采用人工井点降水法降低地下水位,施工不受地下水干扰。

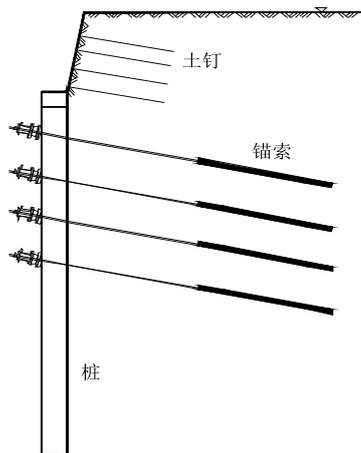


图1 桩锚与土钉墙联合支护体系

1.2 土钉轴力监测方案

选择了上部土钉墙的一个剖面布置监测点,在1,2排土钉上布置3个轴力监测点,在3,4排土钉上布置4个轴力监测点。第一以及第二排土钉各个监测点距离为1.5 m。第三、第四排各监测点距离为1.2 m。图2、图3为现场监测的HXG型振弦式土钉钢筋计和读数仪,图4为本工程基坑北侧土钉监测仪器布置图,后文均以此剖面为例进行说明。



图2 土钉轴力监测计



图3 振弦式频率读数仪

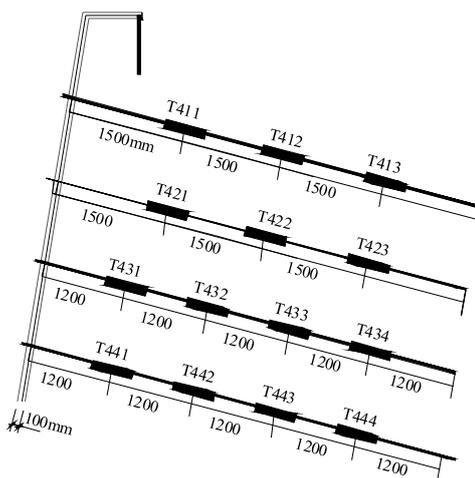


图4 土钉监测仪器布置图

2 监测结果分析

2.1 基坑开挖情况下的土钉轴力变化分析

从土钉轴力曲线图5可以看出:随着下部土体的开挖,土钉墙中各排土钉的轴力是呈逐渐增大的趋势。从施工开始到挖至基坑底部的过程中,1,2排中的土钉轴力增长幅度较小,最大土钉轴力不超过6 kN,其中T411L及T423L土钉监测器它们的轴力不超过1 kN,这可以认为在该仪器所在位置土体的变化幅度很小。由于基坑土体的开挖,导致土钉墙中的应力发生变化。应力主要集中在土钉墙中第三排以及第四排土钉所处的位置。在基坑开挖初期,同一排不同位置的轴力曲线存在交叉现象,这种交叉现象表明了土钉墙正逐渐朝稳定状态发生转变。

2.2 沿钉长分布的土钉轴力变化分析

土钉轴力沿钉长分布曲线如图6所示。在基坑开挖的初期,第一、二排土钉中土钉轴力呈现钉头受力大,中部受力次之,钉尾小的受力形式。第三排土钉在仪器埋设初期(0~21 d左右)钉头处的土钉轴力变化幅度较大,受力主要集中于土钉中部,土钉端尾处受力相对较小,而第四排土钉在仪器埋设初期,轴力主要产生在土钉尾部,土钉中部及钉头处相对于尾部受力较小。在基坑开挖初期各排土钉所受轴力很小,挡土墙中土体处于稳定状态。随着基坑开挖的进行(开挖到35 d左右),土钉的受力出现较大变化,具体表现在:第三、四排土钉轴力呈现出钉头及中间部位大钉尾小的受力形式,这表明下部桩锚支护部分土体开挖及支护导致基坑产生变形及上部土体沉降,上部土钉墙中土体滑移破坏面发生变化,使土钉轴力受力状态产生改变。

2.3 土钉轴力变化速率分析

随着下部桩锚支护部分土体开挖和基坑支护的进

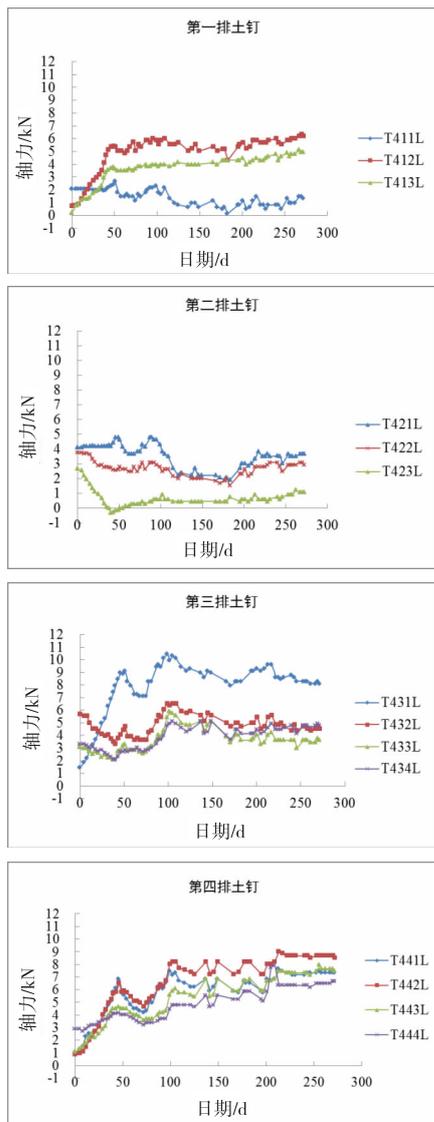


图 5 各排土钉各测点轴力曲线图

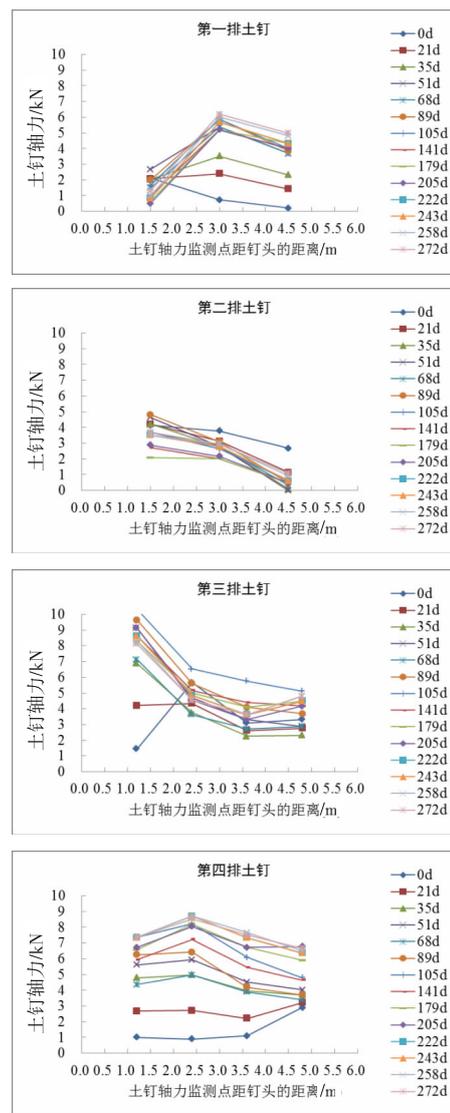


图 6 沿钉长分布的土钉轴力曲线图

行,土钉轴力变化速率曲线(图 7)呈现波浪式的形态,基坑开挖完成后土钉轴力变化速率趋于稳定。尤其对于第三、四排土钉,每次基坑进行开挖作业后,土钉轴力的变化速率都具有明显上升的趋势。而在每次锚索施工张拉后土钉轴力的变化速率又有明显的下降趋势,因此桩锚与土钉联合支护中,上部土钉墙设计过程中应当考虑下部土体开挖对其上部的影响。

2.4 土钉墙设计分析

土钉墙属于被动受力结构,只有土体产生了一定的变形才能发挥土钉抗拉作用。本文土钉墙内力监测值总体偏小,其中最大值为 10.48 kN,土钉的内力没有完全发挥,尤其是第一、二排土钉所受轴力最大值更是仅为 6 kN 左右,所以在今后类似的基坑支护土钉墙设计中可以适当减少第一、二排的土钉杆体直径。

3 结论

本文根据详细的土钉监测资料,得出了以下结论:

(1) 基坑开挖支护过程中,土钉墙中各排土钉的轴力是呈逐渐增大的趋势。基坑开挖初期上部土钉墙轴力增长速率比较显著,随着基坑开挖进行,土钉轴力变化逐渐趋于缓和,并在开挖到基坑底部后趋于稳定状态。

(2) 基坑开挖初期,各排土钉轴力均较小,第一、第二排土钉轴力呈钉头大、中间次之、钉尾小的受力形式,第三排土钉轴力表现为中间大两端小的受力形式,而第四排土钉轴力在钉尾处呈现最大值。由于下部桩锚支护部分土体开挖对上部土钉墙整体稳定性造成影响,使上部土体中应力发生转移,引起土钉轴力逐渐发展为钉头及中间部位大钉尾小的受力形式。

(3) 基坑的开挖以及锚索的张拉均对土钉轴力产生

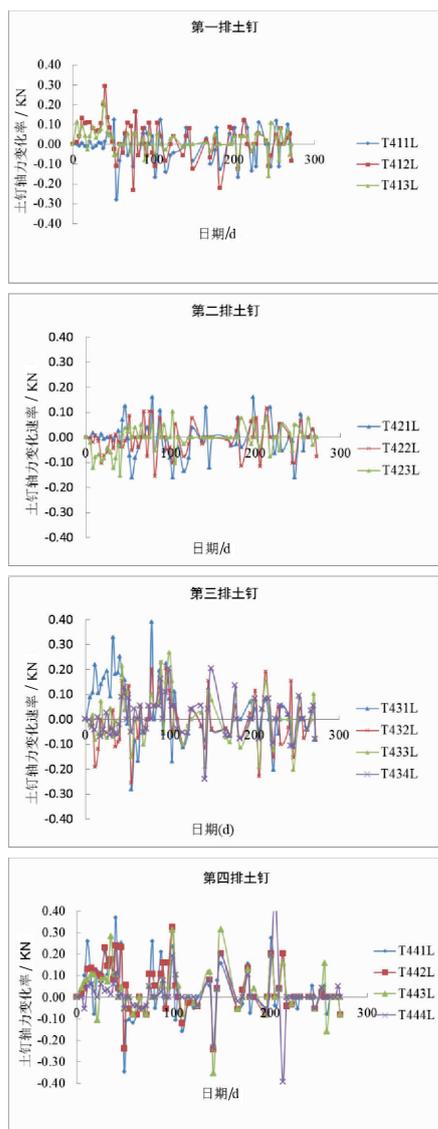


图7 土钉轴力变化速率曲线

影响,开挖导致土钉轴力变化速率增大,下部预应力锚索张拉导致土钉轴力变化速率减小,因此上部土钉墙设计时

应当考虑下部土体开挖及支护对上部土钉墙的影响。

(4)各排土钉的土钉轴力均不大,考虑到土钉墙为被动受力结构,因此,可以推测本次土钉墙整体变形较小。所以,对于类似的基坑支护工程,上部土钉墙的设计可以考虑通过适当增大各排土钉距离,以减少土钉墙中的土钉的排数或者适当减少土钉的直径以达到节约成本的目的。

参考文献:

- [1] 曾波,王文华,吴建华,等.21世纪居住区地下空间的开发利用[J].地下空间学报,2002,22(4):350-351.
- [2] 刘立兵,徐平,付强,等.深基坑支护设计理论与实例[M].郑州:黄河水利出版社,2013.
- [3] 黄雪峰,杨校辉,朱彦鹏,等.西宁地区常用基坑支护结构对比分析[J].岩土工程学报,2012,34(增刊):432-439.
- [4] 付文光,杨志银.土钉墙技术的新进展及前景展望[J].岩土工程学报,2010,32(增刊1):17-21.
- [5] 张志平,陈学军.某超深基坑组合支护体系上部土钉墙内力监测及分析[J].建筑结构学报,2011,41(10):105-107.
- [6] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [7] 马平,孙强,秦四清.桩锚与土钉墙联合支护土钉轴力监测[J].工程勘察学报,2008(1):20-22.
- [8] 王曙光,段启伟,王艳永.某土钉墙工程现场实测研究[J].建筑科学学报,2010,26(1):90-93.
- [9] 杨育文.复合土钉墙实例分析和变形评估[J].岩土工程学报,2012,34(4):734-741.
- [10] 吴九江,程谦恭,孟祥龙.黄土高边坡土钉-预加固桩复合支护体系性状分析[J].岩土力学学报,2014,35(7):2029-2041.

Monitoring and Analysis of Soil Nail Axial Force on the Upper Part of a Soil Nail Wall for the Deep Foundation

LIU Anning¹, LAI Qingzhuan², WU Ruigang³, SU Changyi⁴

(School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710054, China)

Abstract: With a deep foundation pit engineering an example, for each stage of excavation, the soil nail axial force of upper soil nail wall is monitored. The effect of the process of foundation pit excavation and support on soil nails axial force is analysed and studied, specially, the relationship between excavation time and axis-force of soil nailing, changing rate of axis-force, as well as changing trend of axial force in different positions with the same soil nail, is considered. It can provide a reference for the design and analysis of top soil-nailed wall in those similar foundation pit engineerings.

Key words: excavation and support; soil nail wall; soil nail axial force