

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.05.008

地铁车站深基坑围护结构变形监测与数据分析

陈小巍, 刘杰, 何杰, 王垠翔

(湖南工业大学 土木工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘要: 结合无锡地铁1号线梁东路地铁车站明挖法施工的具体情况, 介绍了车站深基坑监测方案, 并对围护结构水平位移和内支撑轴力监测数据进行分析, 探讨位移和内支撑轴力随施工工况变化的规律及机理, 为类似基坑作业提供借鉴。

关键词: 深基坑; 监测方案; 围护结构

中图分类号: TU94+2

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2012)05-0033-04

The Data Monitoring and Analysis on Deformation of Deep Foundation Pit Retaining Structure at Subway Station

Chen Xiaowei, Liu Jie, He Jie, Wang Yinxiang

(School of Civil Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: Combining with the specific circumstances of open-cut method construction of Liangdong Road subway station on Wuxi Metro line one, introduces station deep pit monitoring program. Analyzes the envelope horizontal displacement and subsidence monitoring data, and investigates the rules and mechanism of the displacement and the inner axial force changing in different construction conditions, providing reference for future similar pit constructing.

Keywords: deep foundation pit; monitoring program; enclosure structure

0 引言

随着城市建设的飞速发展, 地铁深基坑工程向规模更大、深度更深的方向发展, 深基坑开挖与支护问题已经成为建筑工程界的难点和热点问题之一。由于深基坑工程中的围护结构变形是引起深基坑工程事故的主要因素, 有效控制深基坑工程中围护结构的变形以确保施工安全, 已经成为人们的共识。

无锡尚无本地区的基坑工程设计规范, 而且在深基坑的作业过程中也不时发生基坑倒塌、围护结构位移过大等事故^[1]。如何保证车站深基坑的顺利建设是地铁建设中的关键课题之一。虽然地铁深基

坑围护设计及其稳定性评价研究已经取得了许多成果^[2-4], 但由于该课题的复杂性, 地铁深基坑变形规律及其稳定性分析仍需深入研究。本文依托无锡地铁1号线梁东路车站深基坑工程, 开展对无锡地区地铁车站深基坑变形规律的研究, 为无锡地区地铁车站深基坑稳定性评价提供参考。

1 工程概况

1.1 工程地质条件

梁东路车站位于无锡市扬名路与芦中路交叉口扬名路下, 车站主体结构为地下二层岛式站台, 箱

收稿日期: 2012-08-11

作者简介: 陈小巍(1987-), 男, 湖南娄底人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为地基处理,

E-mail: xxw312abc@126.com

形框架结构。现状的扬名工业大道宽 18 m，规划宽 30 m；规划芦中路宽 24 m，目前规划未实施；车站周边建筑物基本成型，主要有无锡乔晟机械制造有限公司、无锡市华阳科技有限公司、无锡科创机械设计制造有限公司、华洋滚动轴承有限公司等厂房及办公楼。扬名路路面标高为 4.42 m，道路下管线密布。

梁东路车站总长度为 266.7 m，标准段基坑宽度为 18.7 m，有效站台中心处基坑深度为 16.11 m，盾

构端头井最深为 17.95 m。从上至下土层分别为：(1) 2 素填土、(3)1 粘土、(3)2 粉质粘土夹粉土、(3)3 粉土夹粉质粘土、(4)层粉砂、(6)1-1 粉质粘土、(6)1 粘土、(6)2-1 粉质粘土夹粉土、(6)2 粉质粘土、(7)1 粉质粘土、(7)2 粉砂（粉土）、(7)4 淤泥质粉质粘土、(8)1 粉质粘土、(8) 2-2 粉质粘土夹粉土。车站结构底板座落在(6)1-1 层上，局部落在(6)1 层上；连续墙底主要落在(6)2 层上，局部落在(7)1 层上。各种土层力学指标见表 1。

表1 各土层物理力学综合指标

Table 1 The comprehensive index of physical mechanics in soil

土层	含水量 w/ %	重度 / (kN·m ⁻³)	孔隙比	土层 厚度/ m	基床系数 / (Mpa·m ⁻¹)				静止 侧压力 系数	三轴 (CU)		渗透系数 / (cm·s ⁻¹)	
					压缩性		垂直	水平		Φ _{cu} / (°)	C _{cu} / kPa	垂直	水平
					α ₁₋₂ / Mpa ⁻¹	E _{s1-2} / Mpa							
素填土		18.4		1.8		3.6				10.00	10.00		
(3)1 粘土	25.65	20.1	0.71	3.7	0.20	8.86	25	45	0.37	14.86	29.45	2.04×10 ⁻⁶	2.16×10 ⁻⁶
(3)2 粉质粘土夹粉土	29.47	19.3	0.82	3.6	0.27	6.96	20	25	0.45	19.56	19.15	2.14×10 ⁻⁵	6.90×10 ⁻⁵
(3)3 粉土夹粉质粘土	28.08	19.4	0.78	3.0	0.19	9.77	18	25	0.44			2.71×10 ⁻⁴	6.34×10 ⁻⁴
(4)粉砂	27.83	19.6	0.75	1.6	0.27	7.11	25	32	0.40			2.81×10 ⁻⁴	6.30×10 ⁻⁴
(6)1-1 粉质粘土	24.05	20.4	0.66	4.3	0.23	7.64	35	45	0.38	14.74	31.98	1.38×10 ⁻⁶	1.57×10 ⁻⁶
(6)1 粘土	24.27	20.4	0.67	5.0	0.20	9.06	48	60	0.36	15.53	36.58	8.30×10 ⁻⁸	2.92×10 ⁻⁷
(6)2-1 粉质粘土夹粉土	29.25	19.7	0.79	1.5	0.31	6.31	25	30	0.45	14.20	17.40	1.09×10 ⁻⁵	1.28×10 ⁻⁵
(6)2 粉质粘土	28.73	19.7	0.79	5.5	0.26	7.78	39	45	0.40	15.73	38.89	6.09×10 ⁻⁷	1.58×10 ⁻⁶
(7)1 粉质粘土	32.73	19.1	0.89	4.0	0.37	5.43	20	25	0.53	18.20	17.82	9.89×10 ⁻⁶	3.22×10 ⁻⁵
(7)2 粉土 (粉砂)	32.66	18.9	0.90	4.7	0.33	6.26	25	30	0.43	15.10	16.70	5.17×10 ⁻⁵	2.19×10 ⁻⁴
(7)4 淤泥质粉质粘土	35.13	18.8	0.96	1.4	0.47	4.55	10	15	0.65	17.30	36.30	5.96×10 ⁻⁶	9.85×10 ⁻⁷
(8)1 粉质粘土	26.29	20.0	0.72	4.7	0.23	8.19	37	40	0.40			2.46×10 ⁻⁶	2.80×10 ⁻⁷

1.2 基坑及围护体系

车站采用明挖顺作法施工，基坑围护结构是地下连续墙 + 内支撑的支护方式。车站地下连续墙作为施工阶段的围护结构，车站采用 800 mm 厚地下连续墙，标准段围护墙深 27.23 m（基坑开挖深度 16.11 m），基坑开挖底面位于第(6)1-1 层粉质粘土上，地下墙墙趾插入(6)2 层粉质粘土夹粉土中，插入比 0.69；端头井围护墙墙深为 30 m（基坑开挖深度为 17.95 m），基坑开挖底面位于第(6)1 层粘土上，地下墙墙趾插入第(7)1 层粉质粘土中，插入比 0.72；地下连续墙采用工字钢接头的形式。

内支撑采用 700 mm × 800 mm，700 mm × 900 mm 混凝土支撑和 Φ 609 钢管支撑作支撑体系。端头井第一道采用混凝土支撑，其余 4 道为钢支撑；标准段第一道采用混凝土支撑，其余 3 道钢支撑。

2 监测方案

地下工程中，由于地质条件、荷载条件、材料性质、施工条件以及外界其它因素的复杂影响，很难单纯地从理论上预测工程中可能遇到的问题，而且理论预测值还不能全面而准确地反映工程中的各种变化^[5]。所以，在理论分析指导下有计划地进行现场工程监测十分必要，对于实践较多的一般工程，可借助以往的经验，根据工程地质勘察资料和室内土工试验参数进行设计和施工；对于较为复杂的大中型工程或者环境要求严格的项目，就必须在施工组织设计中制定和实施监测计划。

本次监测的内容主要有：地下连续墙测斜、支撑轴力等。测点布置如图 1 所示。

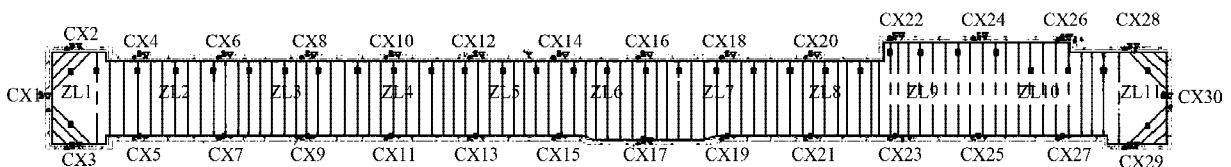


图1 监测布置图

Fig. 1 Monitoring plan

监测围护体侧向位移时,沿基坑每20~25 m设置1个测斜孔,测斜孔一般布置在围护体变形较容易发生且数值较大处。对端头井而言,每条边均考虑布置1个测点。本工程共埋设墙体测斜孔30个,编号为CX1~CX30。

围护体外侧的侧向土压力由围护墙及支撑体系所承担,当实际支撑轴力超过设计值或与设计值不一致时,将可能引起支撑体系失稳。为了监控基坑施工期间支撑的受力状态,需设置支撑轴力监测点,支撑轴力监测点主要设置在支撑受力较大且相对不利的部位。本工程共埋设11组混凝土支撑轴力监测点,编号为ZL1~ZL11。钢支撑布置是由端头井4道钢支撑,标准段3道钢支撑,共埋设33个轴力监测点构成,编号为ZL-n-i(n表示第n道支撑,i表示第i层)

3 数据分析

3.1 围护结构水平位移分析

围护结构的水平位移是反映基坑运行安全与否最直观、最可靠的指标,也是基坑监测当中最重要的指标之一,基结构的变形程度是基坑施工过程中监测的关键。围护结构的水平位移变形见图2~3,图2中CX14是基坑中部监测点,图3中CX30是盾构井监测点。从图2和图3可以看出,整个围护体水平位移随着基坑深度有明显变化。第一层土体开挖,连续墙水平位移变化相对较小,但随着第二层土体开挖,位移最大值有明显变化,CX30的最大值从0.843 mm到3.387 mm,而CX14的最大值从4.123 mm到9.220 mm。比较CX14与CX30监测点可知,基坑中部的变形明显大于盾构井的变形,基坑中部的最大变形量达到15.23 mm,而盾构井的最大变形为8.78 mm,这是由于处于基坑后施工阶段变化相对较小,体现了基坑开挖的时空效应。综上所述,基坑开挖初期,

水平位移相对不大,开挖面上,测斜值随开挖深度增大而增加,最大值随开挖深度增加不断下移,测斜值的最大值发生在开挖面附近;支撑处测斜值变化很小。

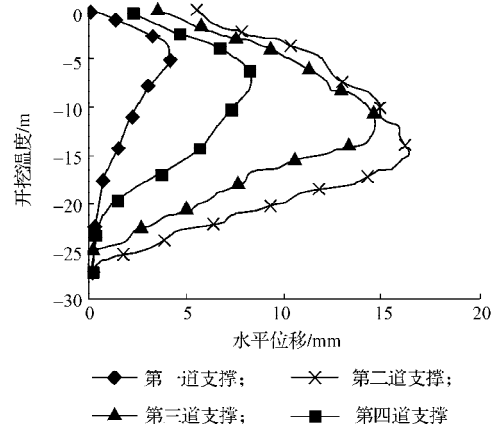


图2 CX14测斜曲线

Fig. 2 The dip curve of CX14

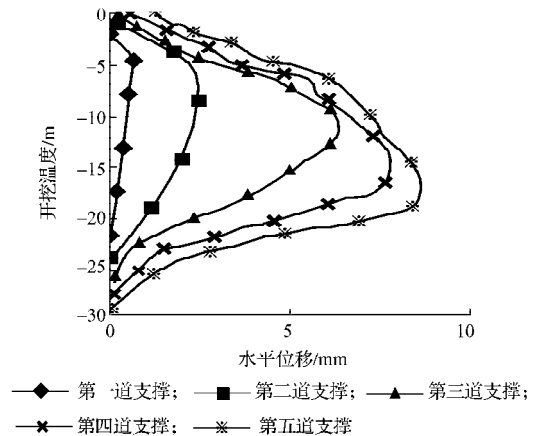


图3 CX30测斜曲线

Fig. 3 The dip curve of CX30

3.2 支撑轴力分析

支撑轴力也是地铁车站深基坑监测的一项重要内容,它与围护结构的稳定性有密切的联系,图4~5是混凝土支撑与钢支撑轴力变化曲线图。

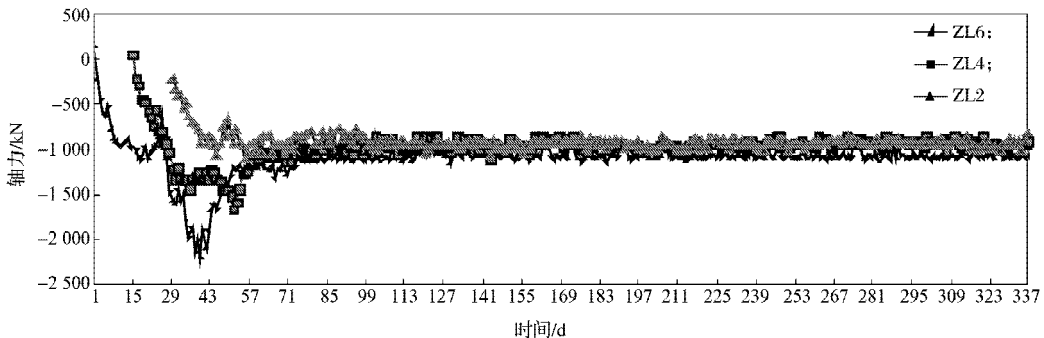


图4 混凝土支撑轴力监测断面累计变化曲线

Fig. 4 The accumulated change curve for the monitoring section of concrete strut axial force

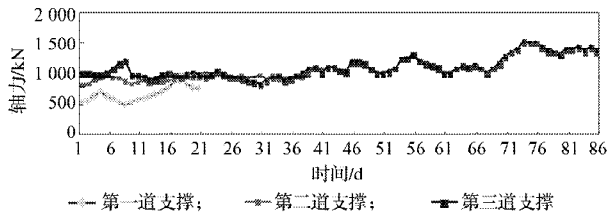


图5 典型钢支撑轴力监测断面累计变化
历时曲线 (ZL7-2)

Fig. 5 The accumulated change duration curve for the monitoring section of typical steel strut axial forces (ZL7-2)

由图4可知,基坑施工过程中,混凝土支撑的轴力不是单调递增的,有反复变化的现象,这是由于施工情况和气候影响造成的。第一道混凝土支撑受力和土方工程施工影响明显,其突变值一般发生在开挖深度10 m左右。不同断面轴力最大值不同,ZL6断面最大值达到2 167 kN,而ZL2最大轴力只有1 189 kN,这是由于ZL6断面处于基坑中部,由于开挖时间和空间的影响,基坑中部变形最大,使得混凝土支撑轴力最大。

由图5可知,第3道钢支撑对地下连续墙变形在空间上的抑制作用,其变化呈现出徐变、温变和施工工艺引起的渐变特点,由钢管支撑轴力变化曲线可知,最大轴力在第3道支撑处。

4 结论

前面通过对基坑围护结构变形数据的分析,可得出以下主要结论:

1) 地下连续墙最大变形位置不是出现在基坑地表附近,而是位于基底附近,并且地下连续墙的顶部不是向基坑内变形,而是向基坑外移动。

2) 由于基坑开挖产生卸载作用,围护体向坑内侧移,围护体的变形增量主要发生在基坑深层土的开挖阶段,开挖完成后围护体变形逐渐趋于稳定。

3) 平面内围护体的侧向变形位移峰值一般发生在基坑长边中心附近,基坑拐角部位墙体的变相相对较小,表明基坑围护结构的变形具有明显的空间效应。

4) 基坑施工过程中,混凝土支撑、钢支撑的轴力不是单调变化的,有反复变化的现象,这是因为施工工艺和温度的变化造成的。

5) 沿深度方向支撑轴力的大小与围护体系的侧向变相相关,墙体的侧向变形越大,支撑轴力越大。

参考文献:

- [1] 葛琪.组合支护体系在无锡深基坑中的应用[D].上海:同济大学,2007.
Ge Qi. The Application of Combined Support System in Deep Excavation of Wuxi City[D]. Shanghai: Tongji University, 2007.
- [2] 于建忠,范鹏,焦苍.基坑开挖引起的围护结构变形监测分析[J].山西建筑,2005,31(23):90-92.
Yu Jianzhong, Fan Peng, Jiao Cang. Analysis on Deformation Observation of Maintenance Structure Due to Digging of Foundation Pit[J]. Shanxi Architecture, 2005, 31(23): 90-92.
- [3] 高华东,霍达,陶连金.北京光彩大厦深基坑开挖现场监测与理论分析[J].地下空间与工程学报,2005,1(3):423-427.
Gao Huadong, Huo Da, Tao Lianjin. Field Measurements and Theoretical Analysis in Deep Excavation around Beijing Brilliance Edifice[J]. Chinese Journal Underground Space and Engineering, 2005, 1(3): 423-427.
- [4] 张明聚,由海亮,杜修力,等.北京地铁某车站明挖基坑施工监测分析[J].北京工业大学学报,2006,32(10):874-878.
Zhang Mingju, You Hailiang, Du Xiuli, et al. Construction Monitoring Analysis for an Open Excavated Foundation-Pit of a Subway Station in Beijing[J]. Journal of Beijing University of Technology, 2006, 32(10): 874-878.
- [5] 刘国彬,王卫东.基坑工程手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2009:809-810.
Liu Guobing, Wang Weidong. Foundation Pit Engineering [M]. 2nd ed. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009: 809-810.

(责任编辑:邓光辉)