

文章编号 :1006 - 2106(2006)02 - 0079 - 04

信息化施工技术在地铁基坑施工中的应用

王连山^{*1} 焦 苍² 奚正平¹

(1. 中铁隧道股份有限公司, 河南 新乡 453000; 2. 中铁隧道集团有限公司, 河南 洛阳 471009)

摘要 研究目的 地铁基坑工程由于受多种因素的影响,已成为岩土工程中的重点和难点。为确保基坑安全,除了对深基坑的围护支撑设计和施工方案充分论证外,另一个重要方面是制定出周密而又系统化的基坑监测及周围道路管线、相邻建筑物的监测方案,实行信息化施工,即以监测数据指导施工。

研究方法 结合天津地铁 1 期工程营口道地铁站深基坑施工,通过全面应用监控量测技术,对地铁深基坑施工过程中的维护结构进行监测,掌握支护结构和周围环境的动态,使整个深基坑过程都处于安全可靠控制范围之内。主要介绍了深基坑变形监测的内容、监测点的布设、数据观测等,通过深基坑变形监测的实施及监测成果的分析,得出了必须依靠变形监测的动态信息反馈来保证深基坑施工安全和优化设计,在此基础上提出了相关的施工技术措施。信息化施工技术在天津地铁 1 号线得到广泛应用并且收到了良好的效果。

研究结论 在基坑施工过程中,需要根据现场的实际工程地质条件及选择的支护型式、建筑物的安全等级,对支护结构的变形进行监测和严格控制,对于地铁深基坑必须进行信息化设计和施工,以便在施工中通过加强监测及时反馈信息,修改调整施工方案,使施工始终处于安全可控状态。

基坑开挖过程中,必须加强监测,对监测成果进行及时、准确的分析,以确定支护系统的安全系数,进而对原有设计方案进行评价,在准确分析的基础上,提出对策,确保施工安全。

关键词 基坑工程;支护结构;变形观测;信息化施工

中图分类号: TU74 文献标识码: A

APPLICATION OF INFORMATIONAL CONSTRUCTION TECHNOLOGY IN DEEPLY FOUNDATION PIT EXCAVATION

WANG Lian - shan¹, JIAO Cang², XI Zheng - ping¹

¹Tunnel Engineering Group Stock Co. Ltd of China Railway;

²China Railway Tunnel Group Co. ,Ltd

Abstract **Research purposes**: Deeply foundation pit is affected by some factors and is the key problem of geotechnical engineering at present. In the course of the construction of foundation pit, the deformation of supporting structures must be surveyed and controlled strictly according to the engineering geological condition, style of the supporting and safety level of the building.

Research methods: Monitoring survey technique was applied in the monitoring of wall and supporting of the YingKouD-ao station construction in phase 1 project, the deformation of the supporting structure and the development of the surrounding was mastered. This paper introduces about the significance, content of urban deep pit deformation survey, the layout of survey spots, data survey, etc. By executing the survey of deep pit deformation, the paper recommends relying on the dynamic information feed back of deformation survey to ensure the construction safety and optimal design of deep pit. Subsequently, corresponding technologic measures of how to control deformation in pit were proposed and fully applied to the construction in phase 1 project. Good effects were achieved in guiding Tianjin Metro construction at the same

* 收稿日期 2005 - 11 - 05 王连山 工程师 男 1971 年出生

time some valuable conclusions were obtained.

Research conclusions : In the processing of deeply foundation pit , we need monitor and control strictly the deformation of supporting structure according to scene actual engineering geologic condition , the types of supporting choice and the safe degree of buildings. Deeply foundation pit of metro is designed and constructed by information way. It is convenient to strengthen the survey and teedback the information , amend and modulate the construction scheme to make the construction in the controlled condition. In the processing of deeply lbundation pit , we must strengthen survey , exactly analyze lhe survey result in time to ensure the safe coefficient of supporting system. And we can evaluate the fbrmer design scheme and put thward tile countermeasures to ensure the construction safety in the base of exac analysis.

Key words : deeply fotmdation pit engineering ; supporting structure ; deformation survey ; informational construction

为确保基坑安全 ,除了对深基坑的围护支撑设计和施工方案充分论证外 ,另一个重要方面是制定出周密而又系统化的基坑监测及周围道路管线、相邻建筑物的监测方案 ,实行信息化施工 ,即以监测数据指导施工。对在施工过程中引发的土体性状、环境、邻近建筑物、地下设施变化的变形监测已成了工程建设必不可少的重要环节。当前 ,基坑变形监测与工程的设计、施工同被列为深基坑工程质量保证的 3 大基本要素。

1 工程概况

天津地铁 1 号线改建项目营口道站位于天津市繁华闹市区 ,南京路与赤峰道、营口道交口处 ,为 1、3 号线的换乘车站(见图 1)。

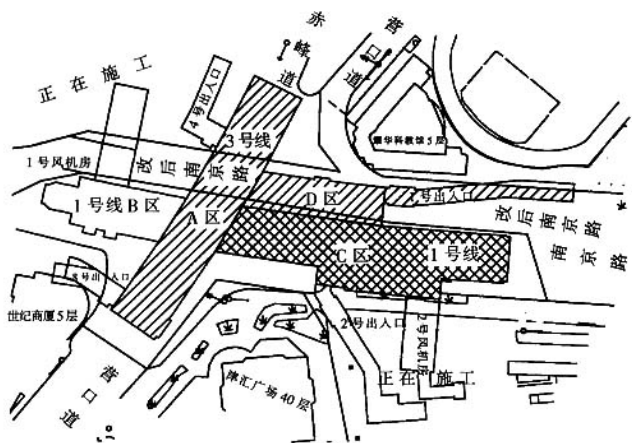


图 1 营口道车站工程平面图

车站四周建筑物密集 ,距离 3 号线基坑较近的有世纪商厦、耀华中学、津汇广场、吉利大厦等建筑 ,其中世纪商厦高 35 m ,地上五层为钢结构 ,地下一层扩大基础 ,距离 3 号线基坑仅 9.9 m ,靠基坑一侧为玻璃幕墙 ,该建筑物对变形非常敏感 ,对差异沉降要求高 ,是施工保护的重中之重 ,耀华中学科技馆高 16 m ,砖混四层结构 ,距 3 号线基坑 25 m ,地下 14 m 长磨擦桩基础 ,地表下沉和地下水位变化都有可能对桩体承载力产生影响 ,进而危害楼体安全 ,该建筑物也是施工保护

的重点。

1 号线基坑长 194.52 m(中心里程 K14 + 159.882) ,一般地段宽 19.9 m ,窄处 11.9 m ,宽处约 44.55 m ,埋深 7.698 m(结构高 6.01 m ,覆土 1.688 m) 。C 区宽度两端为 19.9 m ,中间为 28 m ,基坑开挖需破除既有营口道站箱体 ,基坑北侧为导行后的南京路 4 车道路面 ,南侧为 40 层津汇广场大楼。采用 SMW 工法水泥土搅拌桩围护结构 ,桩径为 850 mm ,搅拌桩间搭接 250 mm。桩长分别为 13.9 m(普通 8 m 深基坑)和 17.9 m(跨线风道及泵房) ,桩顶标高为 2.5 m。型钢间隔插 ,型钢规格为 700 mm × 300 mm × 13 mm × 24 mm ,惯性矩为 201 000 cm⁴ ,型钢间中心距为 1 200 mm。桩顶设 1.1 m × 0.8 m 的混凝土压顶梁结为整体 ,桩间立面为 C20 网喷混凝土。在开挖 0.8 m 处架设 1 道(局部 2 道)φ600 × 12 mm 的钢管横支撑 ,支撑中间设一道 2[28a]纵向支撑梁(宽的地段设二道)及一系列竖向 φ402 × 12 mm 的钢管工具柱(工具柱在基坑以下为 φ800 mm 桩长 8 m 的钻孔灌注桩)。

其中 3 号线基坑长 116.96 m、宽 22.2 ~ 25.2 m、深 15.6 m ,采用钢筋混凝土灌注桩外加高压旋喷桩止水帷幕的围护型式。基坑在压顶梁中心高度位置及向下 3.75 m、6.75 m 和 11.45 m 处共设 4 层 φ600 × 14 mm 的钢管横支撑。

营口道车站工程处于冲积平原上 ,施工范围内地质条件为第四系海陆相交替层 ,围岩分类为 I 类 ,土质松软 ,结构松散 ,工程地质条件很差。在第 II、III 陆相层中含 7 m 左右的粉细砂层夹粉土层。

3 号线基坑标准断面如图 2 所示。

2 监测成果分析

天津地铁营口道站包含 1 号线、3 号线 ,其中 3 号线先于 1 号线开挖 ,下面对监测成果进行说明。

2.1 3 号线

3 号线基坑监测如图 3、4、5 所示。

在施工过程中 ,对桩(墙)体的位移以及土体的沉

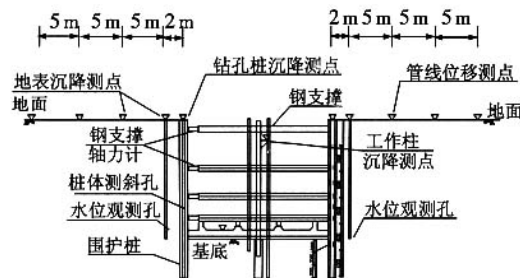


图2 基坑标准断面监测示意图

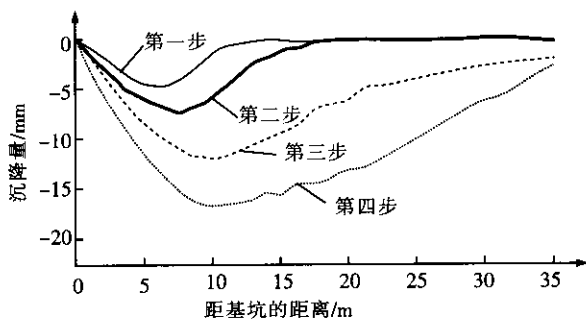


图3 基坑外地表沉降图

降进行了监测,给出了地表沉降和桩(墙)水平位移的实测结果。进行地表沉降监测时,在地表下距基坑不同的位置埋置了多个监测点,而在进行桩(墙)体的水平位移监测时,在围护结构的东侧和西侧的不同深度分别也布置了若干个监测点(具体位置见图2)。围护结构东侧基坑边的地表沉降最大达到13.6 mm,围护结构西侧最大沉降值为17.8 mm。总的沉降来看所有观测值都在控制范围内^[3],在施工阶段没有发生过大的地表沉降,沉降曲线比较平缓,说明基坑围护结构在设计范围内工作,没有发生异常现象。

此次针对某基坑外地面的纵向沉降如图4所示。分析结果表明:

(1) 沉降量呈现与基坑距离呈反比的趋势,距离基坑越远,沉降量就越小。

(2) 基坑内侧围护结构背后为开挖深度 H ($H=16.5\text{ m}$)的地带,自地面以下0~30 m的沉降幅度及不均匀性与地面基本一致,因此需要对基坑周边平行于基坑长边方向管线的保护问题应给予充分重视。

(3) 由于开挖而引起的基坑两侧地层不均匀竖向位移对于平行与基坑侧墙的地下管道线的安全影响至关重要,如特别是随开挖顺序不同,附近管线沉降、平移随开挖施工有先后顺序,而且距离基坑近的地方位移量大,距离基坑远的地方位移量小,对于这方面的问题的研究和相关的施工对策,在国内文献中尚少见,通过天津地区地铁工程的实践,已经对此取得了预测和治理的相关对策。

从桩体的位移曲线看(见图5),在基坑开挖已达设计深度,第二道支撑做好后桩身的最大位移发生在

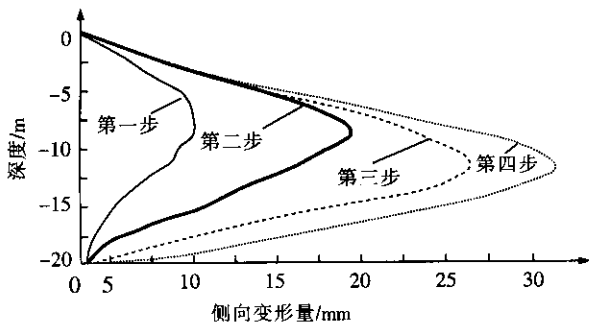


图4 某桩的不同时期位移曲线图

9.5 m处,只有33 mm,远小于规范允许值 $0.0025H$ (35 mm),桩体变位与开挖深度之比0.18%,满足规范要求的 $F2 \leq 0.2\%$ 的安全性判别标准,开挖深度以下的桩身最大位移也只有不到10 mm,表明围护桩的嵌入深度也是足够的;从测斜曲线的形状看,当开挖深度较小时,桩的变形曲线表现为桩底位移小、桩顶位移大的“扫把形”,而当开挖深度较大,加上钢支撑以后,由于钢支撑的刚度大,对桩体位移起了很大的限制作用,桩的变形曲线表现为底部和顶端小、中间大的“鼓肚子形”,跟理论和经验的判断吻合得较好。

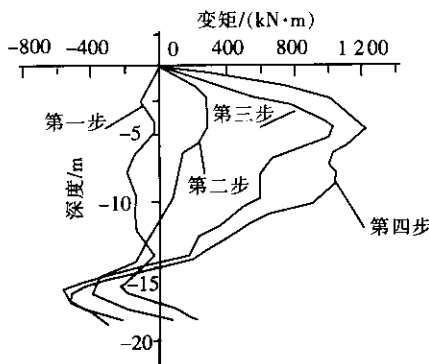


图5 不同开挖步骤桩弯矩

从桩身的内力来看,此时最大弯矩仅约为1200 kN·m,发生在第二道支撑的位置(如图5所示),进一步观察还会发现,弯矩曲线的形状和前面描述的位移曲线形状对应得也很好,而且桩体所承受的弯矩能满足规范要求,并且还有很大的安全储备。

2.2 1号线

天津地区地处华北平原,每年的4~5月间,该地区昼夜温差较大。如2004年4月23日,由图5可以看出,当天最高温度为26℃,昼夜温差将近15℃。当时,C区开挖已经接近基底,第二道支撑尚未架设。

天津地铁1号线桩体受温度影响如图5、6所示。

实测桩体变形曲线如图3所示。

由当日桩体测斜曲线(图6)可以看出,受钢支撑“热胀冷缩”效应影响,支撑所处位置(桩顶向下2 m处)夜间围护结构变形量约为9 mm,白天温度上升后,受钢支撑膨胀影响,其变形量约为2.5 mm,往复变化

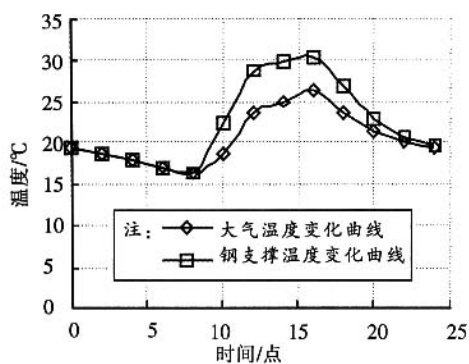


图 6 温度变化曲线(2004-04-23)

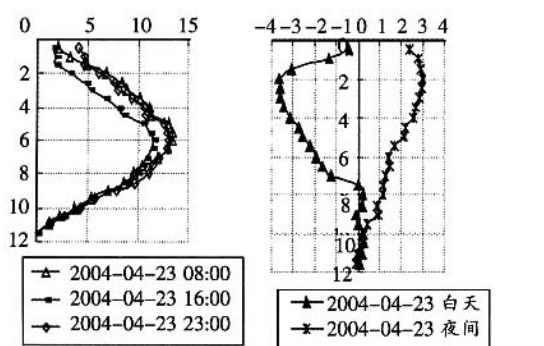


图 7 ccx01 测点桩体侧斜变化曲线(2004-04-23)

累计达 6.5 mm。而夜间围护结构最大变形量约为 14 mm,白天温度上升后,受钢支撑膨胀影响,其最大变形量约为 11 mm,往复变化累计 3 mm。

(1)从实测结果来看,对于软土地区超宽基坑来说,使用的支撑长度超过 20 m 时,由于温度骤升、骤降而产生的围护结构附加变形是不能忽视的,一般占到总变形的 20%~30%左右,对于昼夜温差较大地区的超宽基坑设计来说具有借鉴意义。

(2)当坑周地层为硬土时,由于支撑受到约束,围护结构附加变形不明显,但是因温升导致支撑轴力会增大。特别是对于长支撑来说,如果支撑中部无约束,

或者支撑架设有偏差时,有可能导致支撑产生弯曲变形,造成严重的后果。

(3)为避免温度变化产生的围护结构的附加变形和支撑的次应力,在设计和施工中必须加强施工监测,同时合理优化施工工序,采取措施减少支撑次应力,以确保围护结构和施工的安全。

3 结论


在基坑施工过程中,需要根据现场的实际工程地质条件及选择的支护型式、建筑物的安全等级,对支护结构的变形进行监测和严格控制,对于地铁深基坑必须进行信息化设计和施工,以便在施工中通过加强监测及时反馈信息,修改调整施工方案,使施工始终处于安全可控状态。

在基坑开挖过程中,必须加强监测,对监测成果进行及时、准确的分析,以确定支护系统的安全系数,进而对原有设计方案进行评价,在准确分析的基础上,提出对策,确保施工安全。

参考文献:

- [1] 刘建航,侯学渊. 基坑工程手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1997.
- [2] 陈肇元,崔京浩. 深基坑支护技术综述[R]. 广州:广州地铁总公司,1997.
- [3] JGJ120-99,建筑基坑支护技术规范[S].
- [4] Goodman R E, Taylor R L, Brekke T L. A model for the mechanics of jointed rock[J]. J. Soil Mech. Found. Div., ASCE, 1968, 94(3): 637-659.
- [5] 汤永净,谢乐才,柳玉进. 软土地区高层建筑逆作法施工理论分析与实测比较[J]. 上海铁道大学学报,1999, 20(4): 95-100.

(编辑 王英娜)

作者: 王连山, 焦苍, 奚正平, WANG Lian-shan, JIAO Cang, XI Zheng-ping
作者单位: 王连山, 奚正平, WANG Lian-shan, XI Zheng-ping(中铁隧道股份有限公司, 河南, 新乡, 453000), 焦苍, JIAO Cang(中铁隧道集团有限公司, 河南, 洛阳, 471009)
刊名: 铁道工程学报 
英文刊名: JOURNAL OF RAILWAY ENGINEERING SOCIETY
年, 卷(期): 2006(2)
被引用次数: 6次

参考文献(5条)

1. 刘建航;侯学渊 基坑工程手册 1997
2. 陈肇元;崔京浩 深基坑支护技术综述 1997
3. JGJI 20-1999. 建筑基坑支护技术规范
4. Goodman R E;Taylor R L;Brekke T L A model for the mechanics of jointed rock 1968(03)
5. 汤永净;谢乐才;柳玉进 软土地区高层建筑逆作法施工理论分析与实测比较[期刊论文]-上海铁道大学学报 1999(04)

本文读者也读过(10条)

1. 张庆华, 陈爱云 神经网络在深基坑监测中的应用[期刊论文]-安全与环境工程2004, 11(2)
2. 李均, 曾国柱, LI Jun, ZENG Guo-zhu 基坑工程监测及预警指标研究[期刊论文]-工程建设与设计2009(10)
3. 崔颖哲, 范鹏 天津地铁营口道车站深基坑信息化施工技术研究[期刊论文]-岩土工程界2007, 10(7)
4. 丁跃, DING Yue 试析地铁项目深基坑施工安全的若干问题[期刊论文]-山西建筑2005, 31(17)
5. 李明峰, 曹必武, 卜建阳 抗差拟合推估在基坑支护结构变形监测中的应用[期刊论文]-现代测绘2003, 26(1)
6. 律文田, Lv Wentian 深基坑支护的信息化施工[期刊论文]-岩土工程技术2007, 21(3)
7. 高明军, 庞有师 九华山隧道基坑信息化施工[会议论文]-2006
8. 陈宗培, 张健超 深基坑开挖, 支撑与《上海地铁基坑工程施工规程》[期刊论文]-上海地质2004(4)
9. 奚正巧, 焦苍 天津地铁车站深基坑信息化施工技术[会议论文]-2007
10. 张哲 地铁工程中防水施工技术探讨[期刊论文]-科技资讯2009(3)

引证文献(5条)

1. 施志业 某地铁车站深基坑变形监测分析[期刊论文]-浙江建筑 2013(7)
2. 刘芬 福田站深基坑信息化施工及安全监控系统[期刊论文]-河南科技 2013(22)
3. 李俊虎, 周龙翔, 童华炜, 陈雷 地下连续墙加内撑基坑变形监测分析[期刊论文]-广州大学学报(自然科学版) 2010(1)
4. 高立新, 王强, 李国杰 地铁车站深基坑变形规律现场监测[期刊论文]-铁道工程学报 2011(11)
5. 李俊虎, 周龙翔, 童华炜, 陈雷 地下连续墙加内撑基坑变形监测分析[期刊论文]-广州大学学报(自然科学版) 2010(1)

引用本文格式: 王连山, 焦苍, 奚正平, WANG Lian-shan, JIAO Cang, XI Zheng-ping 信息化施工技术在地铁基坑施工中的应用[期刊论文]-铁道工程学报 2006(2)