

杭州某基坑施工地铁保护监测方案研究

吴敏慧

(杭州市交通运输执法大队轨道大队, 浙江 杭州 310004)

摘要: 随着轨道交通的与日俱新, 越来越多的地下项目尤其是基坑项目无可避免地会靠近既有或新建地铁区域。这就对有关地铁保护的监测提出了更高的挑战。现以杭州地区某基坑为例, 重点介绍该项目施工期间, 对地铁保护区范围内的隧道、车站等进行监测设计, 以通过严密的监测, 自动监测与人工复测表明方案的可靠, 为地铁的安全运营提供了保障。

关键词: 基坑施工; 地铁保护; 监测方案

中图分类号: TU753、U231

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2021)06-0217-04

1 工程概况

杭州市城东某地块项目基坑平面尺寸为 $265\text{ m} \times 130\text{ m}$, 项目地下3层, 地上7层, 局部11层, 建筑高度 50 m 。基坑开挖深度约 $12 \sim 15\text{ m}$, 采用 800 mm 厚地下连续墙加混凝土支撑的围护形式。为了保护盾构隧道的安全, 基坑北侧围护全部采用地连墙结构。并在东北角, 于连续墙施工前打设三轴水泥搅拌桩槽壁加固。

该工程基坑临近地铁一侧开挖深度 15 m , 地下室外墙距离盾构线外(1号线右线)边沿最近处为 16 m , 与地铁车站最近距离约 13.1 m , 与车站出入口最近距离约 13.8 m 。按照杭州市城市轨道交通运营管理办法, 该项目位于地铁车站与隧道结构外边线外侧 50 m 内为控制保护区内。正对基坑相应某运营地铁A右线隧道的长度约 240 m , 正对基坑相应某拟开通地铁B右线隧道的长度约 118 m 。临近地铁一段采用隔离桩将整个基坑分为I、II两个区块, 根据施工工序安排, 先开挖I区块, 待施做至 $\pm 0.0\text{ m}$ 标高, 再开挖II-1、II-2区块, 以减少对地铁的影响。

目前临近的地铁A正常运营中, 地铁B车站及隧道内正在进行设备安装、装修施工, 预计半年后具备通车条件。目前该基坑正在进行地下连续墙及桩基施工, 现场情况如图1所示。

为确保地铁运营的安全, 必须对地铁隧道进行信息化监测, 及时反馈监测数据, 为该项目基坑开挖



图1 基坑现场情况之实景

的信息化施工提供技术支持及可靠依据^[1-3]。因此, 其监测方案研究, 主要针对该项目施工期间, 对地铁保护区范围内的隧道、车站等进行监测设计, 以通过严密的监测, 为地铁的安全运营提供可靠的保障。

2 地质条件概述

该工程基坑施工开挖所涉及的地层有①层杂填土、②层黏质粉土、③层砂质粉土及⑤层砂质粉土夹粉砂, 各土层渗透能力较强, 地下水位较高。

根据外业勘探和室内土工试验成果、结合场地土成因类型, 在地表向下 68.0 m 勘探深度范围内岩土层可划分为8个工程地质层, 细分为13个工程地质亚层, 现将各地基岩土层的特征自上而下分述如下:

①杂填土: 杂色、灰褐色, 松散, 性质不均, 土性为黏质粉土为主, 含碎石、碎砖、石块、混凝土基础等建筑垃圾, 局部含生活垃圾。层厚 $2 \sim 3\text{ m}$ 。

②黏质粉土(Q34): 灰色、灰黄色, 很湿, 稍密, 含云母片和氧化铁, 局部为砂质粉土。层厚约 3 m 。

③砂质粉土(Q34): 灰色、灰黄色, 湿, 稍密~中密, 含云母片及氧化铁。层厚约 5 m 。

⑤砂质粉土夹粉砂(Q24): 灰色, 湿, 中密, 含云母片及氧化铁, 局部夹粉砂。层厚 $8 \sim 10\text{ m}$ 。

收稿日期: 2021-03-03

作者简介: 吴敏慧(1980—), 女, 学士, 高级工程师, 从事地铁工程运行安全管理工作。

⑥₁ 淤泥质粉质黏土(Q14):灰色,流塑,含云母片,夹薄层状粉土,含腐植质和未完全分解的植物残骸。层厚 12~14 m。

⑥₂ 淤泥质黏土(Q14):灰色,流塑,含云母片,夹少量薄层状粉土,含腐植质和未完全分解的植物残骸。层厚 5~7 m。

⑧黏土(Q23):灰色,软塑,含腐植质和少量贝壳碎片,夹少量薄层状粉土,底部夹少量粉砂。层厚 6~8 m。

孔隙潜水主要赋存于杂填土及黏质粉土、砂质粉土层中,勘察期间统一测得场地各勘探点的潜水含水层的地下水位一般埋深于地表下 1.2~2.9 m 左右,水位年变幅在 1.0~2.0 m 左右。该潜水水位升降主要受大气降水、周边河道等影响明显,并随季节性变化。

拟建场地承压水含水层主要分布于圆砾层中,顶部埋深约 38 m,随季节变化,水位年变幅在 1.0~2.0 m 左右,对基坑开挖有一定影响。下部基岩裂隙水主要赋存于强~中等风化基岩裂隙层中,地下水连续性差,水量较贫乏,对工程桩基础施工无影响。

3 监测方案目的及关键点

3.1 目的及意义

该项目基坑距离目前运营中的地铁 A 隧道、车站及出入口均较近,由于地质条件、荷载条件、施工条件的复杂性,很难从理论上完全预测出施工中可能出现的种种问题,可能对地铁结构造成不利变形,进而影响运营线路的安全。

为保证基坑施工期间地铁的安全运营,应对其进行全方位监测^[4-5]。通过监测工作的实施,掌握在该项目施工过程中既有地铁工程结构的变化,为建设方及地铁相关方提供及时、可靠的数据和信息,评定施工对既有地铁工程结构的影响,及时判断既有地铁工程的结构安全,对可能发生的事故提供及时、准确的预报,也能为基坑施工工序的调整和优化提供及时的监测数据,做到真正的信息化施工,避免恶性事故的发生^[6]。

3.2 关键

(1)系统性:所设计的监测项目有机结合,并形成有效四维空间,测试的数据相互能进行校核。

(2)可靠性:设计中采用的监测手段是已基本成熟的方法;在设计中对布设的测点进行保护设计。

(3)与施工设计相结合:对施工设计中使用的关

键施工参数进行监测,达到进一步优化设计的目的。

(4)关键部位优先、兼顾全面:对敏感的区域加密测点数和项目,进行重点监测;除关键部位优先布设测点外,在系统性的基础上均匀布设监测点。

(5)经济合理:监测方法的选择,在安全、可靠的前提下结合工程经验尽可能采用直观、简单、有效的方法;监测点的数量,在确保全面、安全的前提下,合理利用监测点之间联系,减少测点数量,提高工作效率,降低成本。

4 主要监测方案研究

4.1 监测项目设置

根据项目特点及地铁集团相关要求,该工程主要设置以下监测项目:

(1)地铁出入口沉降监测:临近基坑有两座地铁出入口,一座为已使用,一座为预留。与基坑最近距离约 13.8 m,拟布设沉降监测点,采用人工监测的方式测量其沉降变形。

(2)地铁车站监测:与基坑最近距离约 13.1 m,拟在 A 号线右线、B 号线入段线、4 号线出段线、预留延伸段的道床布设沉降及位移监测点,测点间距 10 m,测量沉降及水平位移。其中:A 号线右线布设小棱镜测点,采取自动化监测;其余测段埋设小棱镜与沉降钉,采取人工测量的方式分别监测其水平位移与沉降。

(3)地铁 A 号线右线、B 号线入段线隧道:隧道边线与基坑边线最近距离约 16 m,拟按 5 环间距布设沉降、位移、收敛监测断面;采用钻孔的方式,将监测小棱镜埋设于隧道道床及管壁位置,布设详情见图 2 所示;使用全站仪进行自动化监测。

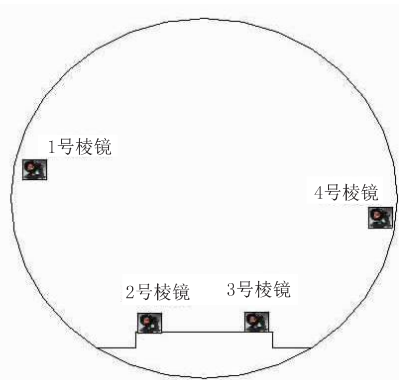


图 2 保护区连接口工程断面棱镜布置图

(4)地铁 B 号线出段线、A 号线出段线、A 号线左线隧道:与基坑最近距离分别为 48.8 m、63.9 m、73 m,拟按 10 环间距,采用钻孔埋设小棱镜,以及沉降钉的方式作为位移及沉降测点,并在隧道管壁左右两

侧标记收敛监测断面,分别测量其水平位移、沉降与水平收敛。以上三条隧道均采用人工监测的方式测量。

(5)车站与隧道、出入口与车站主体的差异沉降:分别在车站与隧道、出入口与车站主体的分界处,布设差异沉降测点,测点间距小于1 m。

主要监测项目统计见表1所列。

表1 主要监测项目统计表

位置	监测项目	测点数量	布设间距	测量方式
地铁附属结构	垂直位移	12		人工监测
车站 (A号线右线道床)	水平位移	6×2	每10 m布 设1个断面	自动化 监测
	垂直位移	6×2		
车站(B号线入段线、 出段线、预留段道床)	水平位移	42	每10 m布 设1个断面	人工监测
	垂直位移	42		
A号线右线隧道	水平位移	43	每5环布设 1个断面	自动化 监测
	垂直位移	43×2		
	水平收敛	43×2		
B号线入段线隧道	水平位移	23	每5环布设 1个断面	自动化 监测
	垂直位移	23		
	水平收敛	23×2		
B号线出段线隧道	水平位移	11	每10环布 设1个断面	人工监测
	垂直位移	11		
	水平收敛	11×2		
A号线出段线隧道	水平位移	14	每10环布 设1个断面	人工监测
	垂直位移	14		
	水平收敛	13×2		
A号线左线隧道	水平位移	14	每10环布 设1个断面	人工监测
	垂直位移	14		
	水平收敛	13×2		

4.2 监测频率

该工程监测项目取三次稳定的测值作为初始值,正常监测频率如表2所列。

表2 正常监测频率统计表

序号	监测类别	监测项目	监测频率			
			基坑围护施工期	基坑开挖施工期	底板完成2周后	地下结构施工完成后
1	自动化监测	地铁隧道管片垂直位移	1次/1天	2次/1天	1次/1天	监测数据持续稳定,停测
		地铁隧道管片水平位移	1次/1天	2次/1天	1次/1天	
		地铁盾构管片水平收敛	1次/1天	2次/1天	1次/1天	
		地铁盾构管片水平收敛	1次/1天	2次/1天	1次/1天	
2	人工监测	地铁隧道管片垂直位移	1次/7天	1~2次/7天	1次/7天	监测数据持续稳定,停测
		地铁隧道管片水平位移	1次/7天	1~2次/7天	1次/7天	
		地铁盾构管片水平收敛	1次/7天	1~2次/7天	1次/7天	
		地铁盾构管片水平收敛	1次/7天	1~2次/7天	1次/7天	

以上人工监测频率主要受地铁运营施工限制,须满足地铁集团相关要求。

出现下列情况之一时,提高监测频率:(1)监测数据达到或超过设计报警值;(2)监测数据变化较大或者速率加快;(3)遇恶劣天气,长时间连续降雨、基坑及周边大量积水;(4)盾构结构出现开裂。

5 监测结果分析

为了检验监测方案的效果,进行了自动监测和人工复测结合。自动监测典型点监测结果如表3所列和图3、图4所示,可知各项监测数值变化正常,均在可控范围之内。

表3 典型点监测结果表

项目	本次最大变化量/mm		累计最大变化量/mm		报警值/mm	
	监测点号	变化量	监测点号	变化量	预警值	累计值
道床沉降	SCJ1349	0.4	SCJ1349	4.8	±6	±8
道床差异沉降	SCY1349	0.3	SCY1340	1.8	±3.5	±4
道床水平位移	CZSP07	-0.4	CZSP03	-5.6	±6	±8
隧道收敛	SSL1320	0.2	SSL1310	14.3	±6	±22.3
车站与附属结构交接处差异沉降	CZSDCYCJ	0.1	CZSDCYCJ	2.5	±6	±9



图3 上行线水平位移沿里程分布曲线图-累计变量

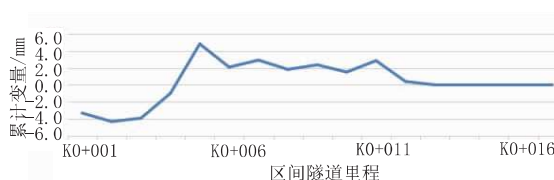


图4 上行线道床沉降沿里程分布曲线图-累计变量

人工复测情况:2017年8月30日对车站及区间上行线自动化监测范围进行人工监测,并与当天仪器自动化数据进行对比,具体数据如下。

(1)沉降监测复核(见表4),从表4可以看出,自动化和人工监测成果基本吻合。部分测点因与自动化测点不同、方法不同且有测量误差,和人工差异约有±1.6 mm。

表4 沉降复核情况一览表

点号	自动化累计 /mm	人工累计 /mm	较差 /mm	里程
SCJ1310	-5.6	-7.2	-1.6	K22+750.842
SCJ1320	-5.3	-6.9	-1.6	K22+756.342
SCJ1330	-6.7	-8.0	-1.3	K22+762.342
SCJ1340	-4.5	-2.9	1.6	K22+768.342
SCJ1349	1.5	3.0	1.5	K22+774.342
CZCJ01	-1.7	-3.1	-1.4	K22+780.342
CZCJ02	0.3	-1.2	-1.5	K22+786.342
CZCJ03	-1.6	-2.4	-0.8	K22+792.342
CZCJ04	0.0	-1.4	-1.4	K22+798.342
CZCJ05	-0.4	0.5	0.9	K22+804.342
CZCJ06	1.4	0.4	-1.0	K22+810.342
CZCJ07	-1.6	-0.1	1.5	K22+816.342
CZCJ08	-1.8	-0.2	1.6	K22+822.342
CZCJ09	-0.1	0.9	1.0	K22+828.342
CZCJ10	0.0	0.9	0.9	K22+834.342
CZCJ11	0.6	1.5	1.0	K22+840.342
CZCJ12	-1.5	-0.1	1.4	K22+846.342
最大较差	1.6	最小较差	-1.6	

(2)收敛监测复核(见表5),从表5可以看出,自动化和人工监测成果基本吻合。部分测点因与自动化测点不同、方法不同且有测量误差,和人工差异约有 ± 0.8 mm的误差。

表5 收敛复核情况一览表

点号	自动化累计 /mm	人工累计 /mm	较差 /mm	里程
SSL1310	13.7	13.7	-0.6	K22+750.842
SSL1320	11.9	12.9	0.4	K22+756.342
SSL1330	11.8	11.3	-0.7	K22+762.342
SSL1340	6.8	8.2	0.8	K22+768.342
SSL1349	1.0	0.6	-0.8	K22+774.342
最大较差	0.8	最小较差	-0.8	

根据人工复测数据表明,上行线自动化监测成果和人工监测成果基本一致,两者累计变化量最大差值约 ± 1.6 mm,自动化数据真实可信。

根据城市轨道交通工程策略规范及其他城市地铁隧道监测经验,该项目的监测变形控制值可参考表6所列。实际情况表明该监测方案监测值均在小于控制值的70%,有效地保障了地铁运营的安全,取得了预期的效果。

表6 变形控制值一览表

序号	监测项目	次控制值	年控制值
1	轨道线路沉降监测(地下隧道和高架)	± 5 mm	± 20 mm
2	联络隧道沉降监测	± 5 mm	± 20 mm
3	结构隧道断面收敛监测	± 5 mm	± 10 mm

6 结 语

针对近邻地铁基坑复杂施工条件下的监测重难点,本文提出了一套自动化监测与人工复核相结合的监测方案,互相校核。实践表明满足变形控制标准,有效地确保了地铁运营的安全。其成果希望能给其他类似工程施工监测提供一定的经验和有益的参考。

参考文献:

- [1] 李书群,华建兵.简述变形监测在地铁施工中的应用[J].赤峰学院学报(自然科学版),2015,31(23):37-38.
- [2] 邹本春.地铁基坑变形监测及利用灰色马尔科夫链进行沉降预测的工程应用[D].沈阳:沈阳建筑大学,2016.
- [3] 高盟,高广运,冯世进,等.基坑开挖引起紧贴运营地铁车站的变形控制研究[J].岩土工程学报,2008,30(6):818-823.
- [4] 张立伟.地铁线路穿越沉降区域施工测量方法的研究[J].测绘通报,2015(S1):141-144.
- [5] 赵伟.变形监测在地铁施工中的应用研究[J].工业设计,2016(3):183-184.
- [6] 俞建霖,龚晓南.基坑工程变形形状研究[J].土木工程学报,2002,35(4):86-90.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: cdq@smeli.com