

某地铁区间盾构隧道施工监测技术

孙建超 刘 锦

(陕西铁路工程职业技术学院,陕西渭南 714000)

【摘要】 地面的沉降监测与控制是地铁隧道盾构施工中最关键的问题,以某地铁盾构隧道施工监测技术为例,分析了监测的项目、方法、频率、报警值、控制标准、数据处理及反馈等技术,探讨了盾构施工过程中地表沉降的影响因素及施工控制技术。研究结果对今后类似工程施工过程的施工监测及控制具有参考价值。

【关键词】 盾构隧道;施工监测;地铁区间

【中图分类号】 U 455.43

【文献标识码】 B

doi:10.3969/j.issn.1007-2993.2016.02.011

A Subway Shield Tunnel Construction Monitoring Technology

Sun Jianchao Liu Jin

(Shaanxi Railway Institute, Weinan 714000, Shaanxi, China)

【Abstract】 The subsidence of the ground monitoring and control is the most critical issues in the subway tunnel shield construction. Based on a subway shield tunnel construction monitoring technology as an example, analyzes the monitoring project, method, frequency, alarm, control standard, data processing and feedback, such as technology, discusses the factors influencing the surface settlement of shield construction process and construction control technology. The research results in the process of construction of similar projects in the future construction monitoring and control has a reference value.

【Key words】 shield tunnel; construction monitoring; the subway interval

0 引言

盾构法在地铁隧道施工中的应用越来越多,实践表明,盾构法具有对地面环境影响小、施工速度快、劳动强度低等优点,但是在盾构推进的过程中,会对周围土体及邻近的建筑物产生影响,从而引起地面沉降或隆起,影响隧道顶部及相邻建筑物的安全,因此,地铁隧道盾构施工中控制的关键是地面的沉降,信息化的施工监测技术是施工安全的保障。本文总结了某地铁区间盾构隧道施工过程的地表沉降监测技术,并对沉降影响因素及施工控制技术进行分析,对今后类似工程的施工监测有一定的参考价值。

1 工程概况

该区间隧道工程采用盾构法施工,期间要穿越多处建筑物,盾构隧道采用管片衬砌结构,每环管片数量为6块,管片厚度350mm,环宽1.2m,采用错缝拼装,盾构隧道外径6.2m,内径5.5m,区间长度1362.281m,区间线路最小曲线半径350m,左右线路中心距13.0~17.0m。区最大坡度23%,

隧道埋深10.2~19.0m。

2 工程地质、水文地质概况

该区间隧道洞身穿越地层主要为:⑤₁粉质黏土层;⑥₁黏土层,局部有④₁粉质黏土层、④₂粉砂或粉土层。区间底板主要位于⑤₁粉质黏土层、⑥₁黏土层。隧道穿越的土层④₂粉砂或粉土层为微承压含水层,水量较丰富,且具微承压性,地层统计见图1,主要为黏土层和粉质黏土层。

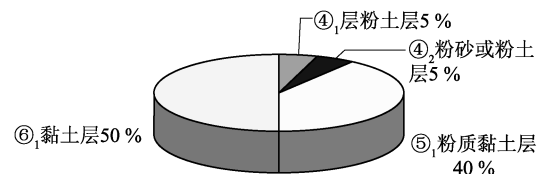


图1 区间隧道地层统计

3 施工监测方案

3.1 监测项目

根据设计文件,结合现场实际情况,本监测技术由周围环境监测和工程安全监测两部分组成,主要

目的是随时掌握隧道及周围环境在隧道施工期间的变形量及变化规律,及时反馈给设计和施工,确保隧道及邻近建筑物的安全^[1]。

按照设计要求,本工程监测项目见表1,主要的项目是地面沉降、地面建(构)筑物、管线沉降、盾构管片收敛、拱顶下沉。

表1 监测项目表

序号	监测项目	监测目的	测点布置	测点数量
1	地表沉降	监测地表沉降情况	端头井加密区沿隧道中线每10 m左右布置一个断面,一般掘进段每30 m左右布置一组长约60 m垂直于线路的断面,每断面设11点,河堤等重要地段加密至5 m左右布置一点	约800点
2	地下管线变形	监测地下管线变形情况	根据工程附近管线分布,对隧道施工影响范围内的管线进行监测,管线沉降测点沿管线每15 m左右设一点	根据实地情况结合地表沉降点布设
3	建、构筑物沉降及倾斜监测	监测建、构筑物沉降及倾斜监测情况	隧道施工影响范围内的建筑物四角、大转角、长边中点;约每隔15~20 m布置一点;电塔设置1点	150点
4	拱顶下沉	监测管片垂直变形情况	隧道内每50m设一测点,进、出洞口100 m范围加密至10 m左右布设一点	157点
5	收敛变形	监测管片收敛变形情况	隧道内每50m设一测线,进、出洞口100 m范围加密至10 m左右布设一点	168点

3.2 监测方法

1) 地表沉降监测

地表沉降可以反映盾构掘进过程中围岩变形的全过程,特别是在下穿既有建筑物或在其附近有建筑物时必须对地表沉降情况进行严格的监控^[2],建立地面沉降监测网,按二等水准测量的要求进行精确测量,监测基点埋设在沉降影响范围以外的稳定区域内,以基点为标准水准点进行沉降监测,并绘制沉降随时间变化曲线、沉降随距掌子面距离的变化曲线,据此可以判断围岩的稳定状态,注意在施工过程中要定期对监测基点进行联测、复核,确保起算点的准确。

2) 地下管线变形监测

地铁施工所经处管线一般较多,荷载的改变会引起土层的位移,不均匀位移可造成地下管线的变形,管线变形过大会导致管线的破坏,要严格控制,按照地下管线位置图,探明地下管线的具体位置,每隔一定距离或在管线重点接头处埋设抱箍式标志,施工过程中保护好测点,在不宜开挖的地方,用钢筋直接打入地下,其深度与管底平齐,用水准仪直接量测测点标高,计算管线沉降量和差异沉降量。

3) 建筑物沉降监测

盾构隧道的施工会引起地面的下沉,从而导致地面建筑物的不均匀沉降,因此将造成地面建筑物的倾斜,甚至开裂破坏,变形监测点牢固设于建筑物上,根据建筑物变形结构分析所需要的关键部位进行观测点的布设,基点的埋设与地表下沉监测方法的埋设相同,利用监测网中的控制点,用精密水准仪

对变形点进行观测。

根据所测建筑物的变形值,可以据以判断是否超限,特别是要判断倾斜、隆沉是否超限,若超限,则应对建筑物进行加固处理,改良影响设施周围的土层,以提高其抵抗不均匀沉降的能力,并采取措施尽可能控制盾构掘进引起的地表隆沉值^[2]。

4) 拱顶沉降监测

隧道开挖后,量测管片沉降,来判断管片稳定情况,管片拼装完毕后,将预埋件埋设于拱顶中部(或拱底),量测各测点与基准点之间的相对高程差。根据量测的数据绘制 t (时间)- s (沉降)及 l (距离)- s (沉降)曲线,并结合施工情况对所测数据进行分析。

5) 收敛变形

隧道开挖后,周边点的收敛是围岩和支护力学形态变化的最直接地反映,根据设计图纸要求,管片拼装完成后,将收敛预埋件埋设于拱腰位置,应使预埋件位于同一轴线上,测线同管片拱顶沉降布设在同一断面,根据量测数据作出 t (时间)- s (沉降)及 l (距离)- s (沉降)曲线,以此判断隧道的稳定性。如果数值变化过大,应采取措施改善周围岩体或土体的稳定性,改变开挖方法,以减小开挖对周围土体的扰动,调整施工参数,加强支护等措施,以确保收敛值在允许的范围内^[3],监测仪器及精度见表2。

表2 监测仪器及精度表

序号	监测项目	监测仪器	监测精度
1	地表沉降	S1级水准仪、钢钢尺	1 mm
2	地下管线变形	S1级水准仪、钢钢尺	1 mm

续表

序号	监测项目	监测仪器	监测精度
3	建、构筑物沉降及倾斜监测	S1 级水准仪、钢钢尺	1 mm
4	拱顶下沉	S1 级水准仪、钢钢尺	1 mm
5	收敛变形	收敛仪	0.02 mm

3.3 监测频率及周期

根据设计文件及相关规范要求,各监测项目的监测周期、监测频率见表 3^[4],监测频率可根据实际施工和变形情况作相应调整。

表 3 监测频率表

序号	监测项目	监测频率
1	地表沉降	距盾构机前、后 < 20 m, 1~2 次/d; 距盾构机前、后 < 50 m, 1 次/2 d; 距盾构机前、后 > 50 m, 1 次/周至稳定
2	地下管线变形	距盾构机前、后 < 20 m, 1 次/d; 距盾构机前、后 < 50 m, 1 次/7 d; 距盾构机前、后 > 50 m, 1 次/10-15 d 至稳定
3	建、构筑物沉降监测	距盾构机前、后 < 20 m, 1 次/d; 距盾构机前、后 < 50 m, 1 次/2 d; 距盾构机前、后 > 50 m, 1 次/周至稳定
4	管片变形监测	距盾构机后 < 20 m, 1~2 次/d; 距盾构机后 < 50 m, 1 次/2 d; 距盾构机后 > 50 m, 1 次/周至稳定
5	收敛变形	

3.4 控制指标

采用Ⅲ级监测管理并配合位移速率作为监测管理基准,即将控制值的 2/3 作为警告值,控制值的 1/3 作为基准值(Ⅲ级),将警告值和控制值之间称为警告范围(Ⅱ级),超过警告值(Ⅰ级)应引起重视,采取相应措施,监测控制标准表见表 4^[5]。

表 4 监测控制标准表

序号	监测项目	控制标准	
		总量/mm	报警速率/(mm·d ⁻¹)
1	地表沉/隆	+10~-30	3
2	建筑物沉降	20	3
3	地下管线沉降	+10~-30	3
4	建筑物倾斜	2/1000L (L 为两测点间距)	
5	拱顶下沉	50	3
6	净空收敛	0.5%B (B 为隧道跨度)	3

3.5 监测资料的处理和信息反馈

3.5.1 监测数据处理方法

①对围岩(土体)及支护状态进行观测,详细记录洞内各项作业时间与进尺,绘制每一开挖断面的工程地质断面和水文地质断面,记录支护厚度、质量等情况。

②对洞内变形,记录填写日变化量和累计量的

日报表,绘制累计变化量与时间、累计变化量与进尺关系曲线。

③对观测的变形值和应力值进行回归分析,得出其变化规律,对下一阶段的变形及支护状态进行预测和判断。

④对于地表沉降观测,绘制各断面最大沉降点 t (时间)- s (沉降)及 l (距离)- s (沉降)关系曲线,并进行回归分析,还需绘制最大沉降点沿隧道纵向的沉降关系曲线^[6]。

3.5.2 监测的成果资料的提交

对各项测试数据进行计算分析,及时将测试结果送交委托方及业主、监理、设计分析使用,每次观测提供日报表,按阶段提供阶段性报表和最终报告^[7],监测成果的提交要求见表 5。

表 5 监测成果资料的提交

序号	资料文件名称	份数	资料内容	提交时间
1	监测日报	4	各监测成果表、基坑状况分析	按日
2	监测周报、月报	4	每周/月监测结果汇总及结论	每周 5/ 每月 25 日
3	监测最终资料	6	全部监测成果资料汇总	交工移交

4 沉降影响因素及施工控制技术分析

盾构施工中影响地面沉降变形的因素很多,开挖深度,开挖断面的大小,地层条件,施工条件及方法对地面的沉降变形都有影响,在施工中加强沉降变形监测,同时采用同步注浆、二次注浆与跟踪注浆、盾尾防漏、径向注浆等相结合的施工控制技术,掘进过程中始终维持开挖土量与排土量的平衡,以保持正面土体稳定,维持土压力在一定范围内,根据现场监测数据及时调整施工参数,运用信息化的施工监测技术,确保施工安全顺利完成。

5 结语

在该区间盾构施工过程中,精心组织,严格控制施工参数,运用现代化的信息监测技术,同时采用同步注浆、二次注浆与跟踪注浆相结合的技术措施,加强地面的沉降监测,根据监测数据动态指导施工,取得了较好效果,按期顺利完成了该区间的施工任务,并把地面累积沉降值控制在可控的范围内,该盾构区间的施工监测技术,可为类似工程的施工提供一定的借鉴和参考。

参 考 文 献

- [1] 接道波,等.江苏某地铁盾构法施工地表沉降分析[J].西南公路,2012(2):278-282.

- [2] 郑向红. 浅埋暗挖法隧道穿越城市污水干管施工风险控制[J]. 西部探矿工程, 2007(5):118-121.
- [3] 中华人民共和国国家标准. GB 50026—2007 工程测量规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [4] 周慧等. 地铁隧道施工监控量测技术的应用[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(4):3003-3006.
- [5] 中华人民共和国国家标准. JGJ B—2007 建筑变形测量规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2007.
- [6] 白素珍. 浅谈广州地铁二号线鹭中区间隧道施工监测[J]. 西部探矿工程, 2004(3):101-102.
- [7] 阳军生, 刘宝琛. 城市隧道施工引起的地表移动及变形[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2002.

收稿日期:2016-01-15

(上接第93页)

求是难以考量的。

鉴此,为使基坑工程施工监测工作能高效、高质量、全面、系统地进行,必须要处理好当前存在的问题,以保证基坑工程施工及其监测工作有序地进行,达到安全稳定的要求。

4 结论与建议

1)基坑工程施工监测是保证基坑工程本身施工及周边环境安全和稳定必不可少的工作,必须全面、系统而有序地进行,它不仅能及时反映和发现在基坑开挖施工过程中,围护结构体本身及周边环境条件的变化和发展趋势,在出现异常情况时能做到及时反馈,并采取必要的工程应急措施,而且还可以利用所得到的监测信息进行分析计算,提供和预测围护结构和周边建(构)筑物的状态,以便采取必要的技术措施,同时还可验证设计参数和施工工艺,提高基坑工程的设计和施工的整体水平,应该引起各方重视。

2)鉴于当前基坑工程施工监测中的问题,提出几点参考建议如下:

①要加强岩土工程监测单位资质的认定工作。对参与岩土工程监测的单位,在人员资格的考核确认时,要严格把关,确保具有固定的双专业人员(测量、测试)组成的监测工作组织,从事岩土工程监测工作,确保认定的资质符合规定,满足监测要求。

②在当前情况下,由于参与监测工作的单位,其

资质是由不同主管部门认定并颁发的。因此建议建设方在委托第三方开展基坑工程施工监测时,必要时应同时委托具有工程测量资质和具有岩土工程测试(检测、监测)资质的单位共同参与第三方监测工作。

③要加强第三方监测的管理工作,任何一项监测工程,建设(委托)方都要加强监测纲要的审查认定,并在实施过程中要加强监督和成果的校核,以保证所提供的成果数据信息符合规定的要求,以便能及时正确地指导施工。当需要同时进行几何性、物理力学性监测时,必须由双资质监测单位按照设计要求共同制定监测纲要和监测方案,统一制定作业模式与作业周期,协调监测的范围和内容及监测步骤,使两类监测所提供的成果信息做到相互协调。

参 考 文 献

- [1] GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范[S].
- [2] GB 50497—2009 建筑基坑工程监测技术规范[S].
- [3] GB 50202—2002 建筑地基基础工程施工质量验收规范[S].
- [4] JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S].
- [5] GB 50026—2007 工程测量规范[S].
- [6] JGJ 8—2007 建筑变形测量规范[S].
- [7] 上海市工程建设规范. DG/TJ 82001—2006 基坑工程施工监测规程[S].

收稿日期:2015-06-23