

盾构隧道通缝拼装管片错台的监测方法

张 强¹, 陈奕帆²

(1.成都市市政工程设计研究院有限公司,四川 成都 610000; 2.成都设计咨询集团有限公司,四川 成都 610000)

摘 要: 随着盾构法隧道施工技术的发展和众多问题的解决,错台引起的管片开裂、拼装困难和防水隐患等问题对施工和运营的影响开始凸显出来。研究者以上海轨道交通二号线西延段为背景,开创性地提出了一种简单直接可行的测量管片错台的方法——百分表—角钢片测距法。用该法采集的数据能很好地反映管片错台发生发展的规律,对错台的深入研究和施工控制具有深远的实践意义。

关键词: 盾构隧道;管片;错台;监控;百分表—角钢片测距法

中图分类号: U456.3

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)10-0261-04

0 引 言

盾构管片的错台是一直困扰盾构隧道施工和维护的一个问题(见图 1)。由于该问题在较长一段时间内没有得到足够的重视,而且随着盾构法隧道施工技术的发展和众多问题的解决,错台引起的管片开裂、拼装困难和防水隐患等问题对施工和运营的影响开始凸显出来。至今的研究表明盾构隧道管片发生错台的因素很多,如管片的顶力、制造尺寸有误、拼装不当、注浆不均及盾构姿态控制等^[4]。尽管如此,对于此问题的研究仍处在起步的阶段,而且就测试方法来说就更鲜有文献。这为错台的实际研究带来了操作上的问题,许多研究就是因为测试的问题而停滞不前。故现以上海轨道交通二号线为背景,以管片不均匀的顶力为切入口,通过现场测试的数据分析进而得到顶力与错台之间的关系。并且开创性地提出了一种简单直接的测量管片错台的方法。用该法采集的数据能很好地反映管片错台发生发展的规律,对今后错台的进一步研究具有深远的实践意义。

1 测试仪器及测点布设

测试的内容其实很简单,仅是在若干环管片上的纵向接缝处安装测点,连续监测脱离盾尾的目标管片的错台情况。对每环布设两个百分表,做沿开挖方向的右侧(或左侧)半环错台的量测,并记录四个



图 1 施工现场产生的一个典型的错台之实景

顶力区域的顶力值。对所测得的数据进行整理,列表并作图,对测试数据及其反映的错台规律及特点进行归纳总结。但是由于管片上没有预留仪器安装的设施,而且测试还会受到现场的各种相关因素的影响,所以整个测试过程就会相对复杂许多。

1.1 测试仪器

仪器的选择对于整个测试有着至关重要的作用。但是由于施工现场恶劣的测试环境,对于仪器的选型还应考虑如下技术因素:

(1)对错台大小的真实反映。在进行错台量测时,首先应注意到被测量是一个长度或位移。最好是做到被测量的直接反映,故采用长度计或位移计为宜。

(2)对错台大小的实时反映。因为错台的测试是一个连续性的量测,每一环的总共量测时间将近 20 个小时,每两小时读取数据一次,以采集到不同时间不同工况下足够的数量。所以希望测量仪表能够安装在所需位置,以便随时进行数据采集。

(3)测量的过程不影响正常的施工。在施工的过程中,刚脱离盾尾的几环管片还发挥着堆放下一环管

收稿日期: 2022-11-24

作者简介: 张强(1981—),男,工学硕士,高级工程师,从事岩土工程设计研究工作。

片和其它衬砌材料的作用,见图2所示。所以测试布设的测点所占面积不能过大而影响管片的堆放。但也不宜过小,使得寻找测点和读数的不便。测点的净空高度也应尽量降低,保证管片吊装的顺利进行。同时这也是为了保护测点不受正常施工的影响,因为在开挖过程中,工作人员的走动、材料的堆放和管片的吊装都有可能使测点受到破坏。



图2 施工现场管片吊装情况之实景

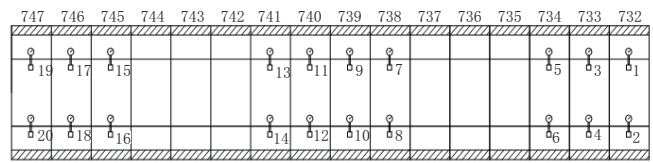
综合以上的技术因素和经济性因素等多方面的原因,课题组设计了百分表—角钢测距法,以适应盾构特殊的轮廓和恶劣的现场环境。测试器材也很简单,仅需要:百分表、磁性表座、角钢片、502 胶水、砂布和粉笔,每个测点包括的器材的详细资料见表1所列。

表1 器材详情表

器材	数量	规格	备注
百分表	1	量程 10 mm 为宜	
磁性表座	1		附百分表固定杆和表夹
角钢片	2	L45 × 45 × 4, 长 8 mm 左右	
502 胶水	若干		
纱布	若干	粗糙度较细为宜	
粉笔	若干		环号

1.2 测点布设位置

为了保证安装位置不能影响正常施工,又要方便读数的原则。每环管片仅做沿开挖方向的右侧半环错台的量测,每环布设两个测点,每个测点使用一个百分表。两个测点分别布置在邻接块和标准块的接缝、标准块和拱底块的接缝上,如图3~图6所示。



注:接缝1为邻接块和标准块的接缝;接缝2为标准块和拱底块的接缝;本图为测试方案变更后的示意图。

图3 隧道纵剖面测点布置示意图

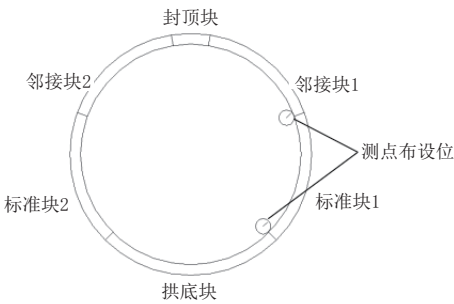


图4 隧道横断面测点布置示意图

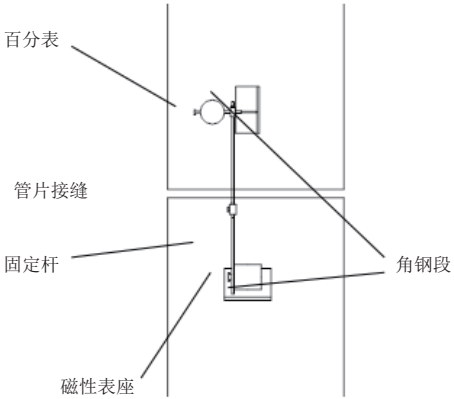


图5 单个测点布置详图



图6 邻接块与标准块接缝测点的现场状态图示

1.3 测点安装方法

由表1中得到每个测点包含一个百分表、两块角钢(规格为L45 × 45 × 4,每段8 cm左右)、一个与百分表配套的磁性表座(附百分表固定杆和表夹)。辅助用品为砂布、粉笔和502胶水。其中,百分表用于量测错台的大小。两块角钢用502胶水粘贴于管片上面,两块垂直粘贴于接缝的上下两块管片上;其中下方的角钢用于将磁性表座固定在管片上,上方的角钢则是一个百分表触头的挡板,使得错台发生时挡板压缩触头产生与错台相符的读数。磁性表座则是一个带有磁性的百分表固定装置,将百分表安置于表夹,然后吸附于下方的角钢上面。安装具体方法如下:

- (1)首先,用砂布在管片上将测点布设区域和两块角钢外表面打磨平整,使角钢易于粘贴于管片上。
- (2)然后在接缝两侧管片的测点布设区域内用502

胶水粘贴两块角钢。下方的角钢水平粘贴,上方的角钢竖直粘贴。

(3)接下来,将磁性表座放于下方的角钢片上面。在将百分表安装在表座的固定杆上之后,调整固定杆姿态和表座的位置使得百分表的出头触头压于上方的角钢片上,并产生一定的初读数。

(4)最后用粉笔在测点附近按顺序标记测点号(如:1,2,3,……)。至此,测点的安装完成(详情见图3~图6)。

测点安装好之后的情况如图7所示。



图7 安装好后的实景

2 测量步骤及测量组织

上面已经详细地介绍了器材的选型及测点的安装,只要按既定的步骤进行测量即可得到错台的数据。

2.1 测量步骤

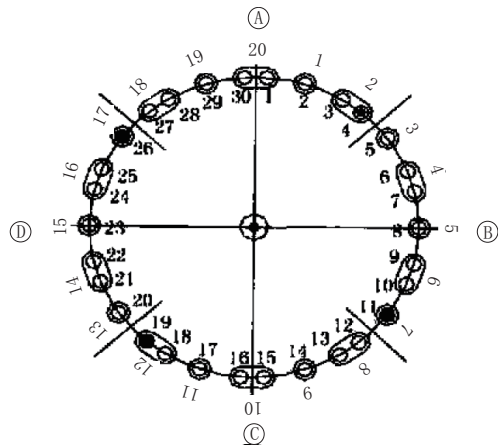
(1)为了不妨碍管片的吊装,对于刚脱离盾尾的第三环管片实施仪器的安装,安装完毕即读取初始值并记录。

(2)在新的一环即将脱离盾尾时,即可对所布置的测点进行数据采集,并在新的一环脱离盾尾后实施新一组仪器的安装,即对此时处于脱离盾尾的第三环管片进行仪器的安装。如此重复直到这一系列的环片均被布置了测点(至此,应该有20个测点布置,有连续的最新的10环处于监测状态,而全部布设好这20个测点需要时间20小时左右)。

(3)接下来,当新的一环脱出盾尾时,仅对3~20号测点进行读数,并拆除1号和2号测点,将拆下的设备放置于驾驶室。接着当又一环管片脱离盾尾时,对5号~20号测点进行读数,并拆除3号~4号测点,将拆下的设备放置于驾驶室。以此类推,直到所有的测点全部被拆除(完成这个步骤需要20小时左右)。

(4)顶力的量测由盾构司机直接从盾构机上读出。

图8为千斤顶和顶力分区示意图。



注:1.交接班的时候,一般都处于新的一环管片脱离盾尾的时刻,这时应将所有处于工作状态的测点进行读数并记录。

2.一环管片的两个测点从布置到拆除这段时间约为16小时。在刚布置好该组测点时,该组测点离盾构的驾驶室有约10环(约12m)的距离。随着开挖的进行和盾构机的推进,这个距离将逐渐减小。当测点将要与驾驶室及其轨道相遇前,为了量测仪器的安全,应当记录该组测点的最后一组数据后,将该组测点拆除。以免仪器于驾驶室相碰,落下损坏。

3.该测试使用的百分表都有一定的量程。如果在某次读数时,发现量程在下次读数时有可能被超出的情况,应当做适当处理。处理内容为:首先记录当时的读数;然后向后调整表座的位置,使百分表的读数处于一个较小的位置,让接下来发生的错台不至于超过量程。调整表座的位置后应读取当时的表头示数,该示数将作为该测点接下来几次读数的初始读数。

4.由于地下施工的照明局限,若光线太暗影响读数,应辅以其它光源(如:电筒)进行读数。

图8 千斤顶和顶力分区示意图^[6]

2.2 测量组织

从上述的量测步骤来看,量测总共的时间将近40个小时。其中包括:布设安装测点的时间、采集读数的时间和拆除测点的时间。

由于施工方的交接班时间为每天早晚的七点左右,有两个工作班进行开挖和管片的拼装。根据这些情况,测量也由两个班来承担,每班2人即可。一人分别负责测点的布设和拆除,另一人负责数据采集。两个测试班的交接时间和施工交接班的时间一致。直至量测的完毕,即拆除最后一个测点。

3 工程应用

上海轨道交通2号线西延伸工程(VI标)包括出入段线区间盾构隧道(含一个旁通道和一个盾构工作井)、暗埋段和敞开段。隧道外径为6 200 mm,内径为5 500 mm,衬砌为环宽1 200 mm的通缝管片,环纵向均设有凹凸槽。管片采用通缝拼装,M30双头直螺栓联接;环缝及纵缝间防水材料采用三元乙丙弹性密封垫。在施工过程中,管片受顶力作用向后压

缩弹性密封垫并产生一定位移。具有差异性的顶力势必造成管片间的相对错动,从而形成了错台,如图1所示。

采用该方法得到的错台数据如表2所列及图9所示。

表2 所测管片的总体错台大小一览表

时间	测点号		
	745	746	747
2 小时	1.995	0.435	1.470
4 小时	3.260	1.845	1.120
6 小时	3.285	3.845	1.680
8 小时	4.250	7.905	4.270
10 小时	6.260	10.565	5.570
12 小时	8.990	11.855	8.250
14 小时	9.480	12.245	9.220

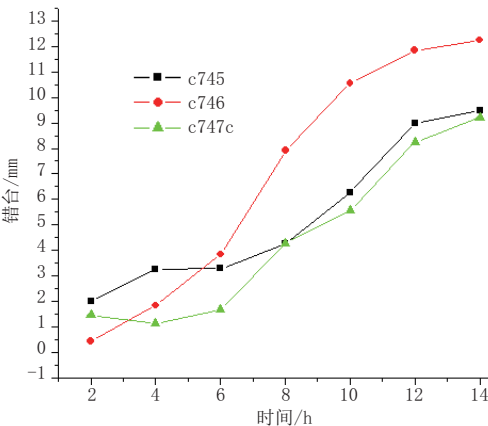


图9 管片错台随时间的变化图

从上述图表中可以清楚地看出管片错台随时间逐渐增大,在持续增大一段时间后,又趋于稳定。

4 结 语

所介绍的百分表—角钢片测距法针对盾构隧道通缝拼装管片的错台问题,测量的数据能够真实地反映管片的发生和发展规律。而且具有器材简单和易操作等优点,为错台的研究开创性地提出了一种测试的方法。这对错台的深入研究具有深远的实践意义。同时也为施工监测提供了一种行之有效的方法。

尽管该测试方法在设计上考虑了诸多施工现场的不利因素,但是也存在一些不足之处。虽然已经在测点的布设位置和仪器的选型上做了许多改进,但是仍存在有测点较易被损坏等问题。这就有待我们今后的进一步研究,以完备该管片错台的测试。

参考文献:

[1] 程晓,盾构施工技术[M].上海:上海科学技术文献出版社,1990.
[2] 施仲衡,地下铁道设计与施工[M].西安:陕西科学技术出版社,1997.
[3] 刘建航,侯学渊,盾构法隧道[M].北京:中国铁道出版社,1991.
[4] 秦建设等,盾构姿态控制引起管片错台及开裂问题研究[J].施工技术,2004,33(10):25-27.
[5] 朱世友,国内地铁盾构区间隧道管片结构设计的现状与发展[J].现代隧道技术,2002,39(6):23-28.
[6] 沈征难,盾构掘进过程中隧道管片上浮原因分析及控制[J].现代隧道技术,2004,41(6):51-56.
[7] 张强,盾构隧道通缝拼装管片的上浮和错台研究[D].上海:上海交通大学硕士学位论文,2007.

(上接第248页)

(3)对于路桥过渡段的后续沉降预测,双曲线模型相比指数曲线模型更适合。

(4)根据沉降预测,洪家桥桥头的最终沉降量为50~100 mm。

参考文献:

[1] 柏鲁甬.DGR技术在桥头跳车处治中的应用研究[J].公路交通科技(应用技术版),2017(5):266-268.
[2] 吴承霞,姬同庚,许红.压力注浆处治公路软基技术的试验研究与应用[J].路基工程,2005(5):48-53.
[3] 刘文永.注浆材料与施工工艺[M].北京:中国建材工业出版社,2008.
[4] 周德泉,杨帆,周毅.路基病害处治技术与应用[J].中外公路,2010,30(6):17-21.

[5] 成尚锋,黎剑华.高填方桥台病害分析及钢管注浆技术应用[J].南昌工程学院学报,2007,26(1):26-29.
[6] 曹强凤.注浆技术在公路路面基层加固中的研究与应用[D].浙江:浙江大学,2013.
[7] 吴顺义,金爱兵,高永涛.袖阀管注浆技术改性土体研究及效果评价[J].岩土工程,2007,28(7):1353-1359.
[8] 蔡宏庆.路基注浆加固方案的实施[J].公路与汽运,2004(6):46-48.
[9] 李博.注浆加固技术在桥头跳车病害防治的应用[D].西南交通大学,2005.
[10] Asaoka A. Observational procedure of settlement predication[J].Soil and Foundations, 1978, 18(4): 87-101.
[11] 孙董.宁波地区运营国道软土地基桥头跳车处治技术研究[D].西安:长安大学,2017.