

文章编号: 0494-0911(2011)11-0053-04

中图分类号: P258

文献标识码: B

地面沉降对地铁施工测量的影响及应对措施

耿长良 陈大勇 李承鹏

(北京城建勘测设计研究院有限责任公司, 北京 100101)

Influences and Measures of Surface Subsidence to Subway Construction Surveying

GENG Changliang, CHEN Dayong, LI Chengpeng

摘要: 以北京市地铁某线路为例, 介绍地面沉降对施工过程中测量工作的影响, 同时针对地面沉降的影响给出应对措施, 供相关工程参考。

关键词: 地面沉降; 地铁施工测量; 影响; 应对措施

一、前言

随着我国城市化进程的加快, 许多城市的城市轨道交通工程建设呈爆发式增长, 为了满足市民的出行需求, 一些线路不得不穿越城市的地面沉陷区。与此同时随着城市经济建设发展的需要, 城市用水量逐步增加, 地下水的过量超采导致地下水位持续下降, 近年来这些地面沉陷区的沉降量总体上呈逐年增长的趋势, 给城市的规划建设、国民经济造成了诸多影响。严重的地面沉降对地铁建设的影响也越来越显著, 一些城市在单条线路的建设周期里地面沉降可能达到 50 mm 以上, 差异沉降也会达到 30 mm, 个别地区这两个数值可能更大。这样的沉降量对地铁施工测量造成很大的影响: 如地面高程控制点高程出现变化, 高程闭合差超限; 建设中的隧道、高架桥、地面线路结构高程贯通误差过大或超限; 同一位置不同时间测量出现较大高程差异等。我国地面沉降比较显著的城市如北京、天津、西安、杭州等均面临这样的问题。本文以北京市某地铁线路为例, 介绍地面沉降的影响, 并提出相应的测量解决方案。

二、地铁线路沿线沉降情况介绍

该地铁线路基本呈东西走向, 穿越城市繁华区, 线路全长 30 km 以上。在工程开工之前, 于 2008 年初完成了首级 GPS 控制网、精密导线网及轨道交通二等水准网的测设工作。根据工程需要, 每

隔 1 年对上述 3 个控制网进行复测, 以确定控制网的稳定性。通过 2009 年、2010 年的复测, 对数据进行比较, 发现线路东部地面高程控制点有明显的区域性沉降变化, 自西向东沉降逐渐变大, 且沉降趋势和年沉降量基本相同。

通过对沉降区域地表沉降资料收集、分析, 认为造成水准控制点初测、复测结果相差较大的原因是由于线路东段处于北京市一个区域沉降中心, 即东郊八里庄一大郊亭沉降中心, 因此该区域地表沉降造成东段水准控制点普遍发生了沉降。

三、地面沉降对施工控制测量的影响

1. 对高程控制点的影响

受地面沉降影响, 本工程由终点向西约 10 km 范围内精密导线点和轨道交通二等水准点发生不同程度的沉降。其中受区域沉降影响的二等水准点共 21 个, 沉降最小的点沉降量为 0.017 m, 最大的点沉降量为 0.118 m; 精密导线点共 52 个, 沉降最小的点沉降量为 0.007 m, 最大的点沉降量为 0.096 m。全线精密导线沉降曲线如图 1 所示, 轨道交通二等水准点沉降曲线如图 2 所示。

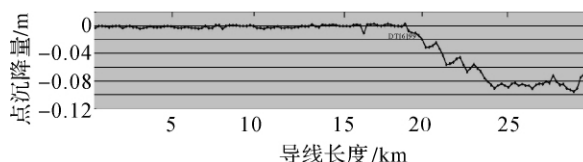


图 1 精密导线点沉降曲线图

收稿日期: 2010-12-02

作者简介: 耿长良(1979—), 男, 北京人, 工程师, 主要从事地铁工程测量、大型精密工程测量方法的研究及应用工作。

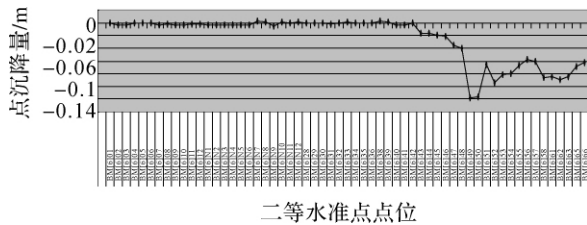


图2 轨道交通二等水准点沉降曲线图

2. 对施工测量的影响

水准控制点沉降对于地铁施工测量会造成一定的影响。首先,由于各工点一般使用不同的水准控制点,这些水准点之间的差异沉降将造成相邻工点之间的土建结构、轨道结构及设备的衔接出现偏差,如果差异沉降较大,衔接偏差有可能超出设计允许的范围。其次,在单体工程施工时,由于土建施工工期较长,所依据的水准点高程处于变化之中,如果水准点和结构本身发生差异沉降,有可能造成不同时期施工的土建结构出现错台现象。

3. 对高程贯通测量的影响

地铁工程为线性工程,一般从车站或区间竖井进行开挖,不同开挖面之间存在高程贯通问题。由于地面沉降的不均匀,造成不同开挖面之间存在差异沉降。差异沉降对竖向贯通精度的影响体现在两方面,一方面贯通面的相邻工点所使用的水准点之间存在差异沉降,以各自水准点为依据所施工的土建结构、轨道结构、线路及设备的衔接将出现偏差,如果差异沉降较大,衔接偏差有可能超出设计允许的范围;另一方面,盾构接收环或贯通面预留结构在施工时虽然是按照设计高程施工的,但是由于隧道工程工期长,等到隧道即将贯通时,盾构接收环或贯通面预留结构本身已经发生了沉降,这部分沉降也会体现在竖向贯通误差之中。

4. 对铺轨测量的影响

地铁隧道铺轨前要进行铺轨基标测量工作,用以指导轨道的铺设。受地面沉降的影响,车站及区间结构底板高程发生了沉降,如果按原设计基标高程进行铺轨,轨道将高于设计位置,造成结构净空紧张或不满足行车要求。同时由于差异沉降导致车站及区间的沉降速率不一致,贯通后的隧道实际坡度与设计值不一致,对铺轨测量都将产生影响。

四、测量工作的应对措施

1. 总体思路

地铁工程建设周期往往在数年以上,在此期间地面沉降不断地影响着建设过程,而由于技术手段

及成本的原因,高程控制点数据难以做到实时更新,埋设稳固的基岩标石虽能保证控制点高程数据稳定,但是一方面在某些城市受地质条件所限埋设基岩标石的费用惊人;另一方面此方法不能解决已完工结构随着地面一起沉降造成衔接误差过大的问题。存在地面沉降的情况下,地铁建设面临的是控制点高程、已完工结构的高程不断变化的局面,因而需要针对这种情况提出专项对策。

按常规来说,高程控制点经过复测如果发现沉降,应及时更新施工所用的高程控制点数据。然而笔者认为施工所用的高程控制点数据既不应也无必要随着复测成果更新。理由如下:

1) 由于地面沉降是不断发展的,而高程控制网复测次数是一定的,复测成果只给出了复测当时控制点的准确高程,随着地面沉降的发展复测成果会逐渐失准,距上次复测时间越长,控制点的高程变化越大,而受到成本等因素的制约,复测的频次不可能无限加密,因此在施工的大部分时间里高程控制点的准确成果都是难以获得的。复测一次就更新一次显得意义不大。

2) 因为地铁工程的车站结构往往是分部施工的,不同部位的施工有一定的时间间隔,区间的掘进同样需要一段相当长的时间,如果施工使用的高程成果随着复测而更新,再用更新后的成果指导新建结构的放样,依据旧的控制网成果完成的既有结构与依据更新后的成果放样的新建结构之间就会出现矛盾,这种情况下不得不通过设计变更来解决矛盾,即需要调整未施结构的设计标高。施工控制成果更新一次,就需要进行一次设计变更,这显然是不经济的。

3) 即使高程成果能够做到实时更新,或者埋设了稳固的基岩标石,在整个施工期间能够提供稳固的、统一的高程基准,然而地铁结构修建在沉降区,结构本身会随地面一同沉降,在分部修建的结构进行衔接时,由于差异沉降存在,衔接还是会出现问题。

根据上述情况,笔者提出了“单体施工起算唯一,施工过程误差可控,贯通之前一次调整”的解决思路,下文对此思路进行详细论述。

2. 高程起算依据的选取

地铁高程控制网布设时一般在车站附近布设3个以上的控制点,在施工过程中每个车站选取一个高程控制点作为车站及附近施工竖井的起算依据,其他控制点作为检核使用,整个地铁建设过程中不因地面沉降而对控制点数据进行更新。这样保证

了各车站及竖井开挖过程中,单体结构衔接的准确性。但由于数据不更新,差异沉降也随之带入结构施工中,不同单体贯通时除了施工误差外,高程贯通误差中还包含了不同点位之间的差异沉降量。在贯通前可按本文贯通测量应对措施进行消除。

由于地面沉降,为工程布设的专用高程控制网也随之沉降,加之差异沉降的存在,控制点之间的沉降速率也不尽相同。在地铁建设过程中虽不对控制点高程数据进行更新,但应加强对控制网的复测工作,掌握高程控制点及地面沉降规律,利用数据分析地铁隧道结构可能发生的沉降量,这样就能保证施工过程中高程误差在可控范围内,对隧道贯通及设计线路调整提供参考依据。

3. 车站施工测量应对措施

地铁车站施工工法一般分为明挖法、暗挖法、盖挖法,不同的工法对应着不同的工序。为避免沉降导致车站结构错台,在车站一块结构底板施工完成时,通过高程联系测量将地面高程传递至地下埋设于结构体的水准点上,并在以后整个车站结构施工过程中始终以地下水准点的高程指导施工。由于地下水准点将随结构体本身一起沉降,这样单体工程施工将有一个相对稳定的、统一的高程放样依据,可以保证车站结构不同部位之间的衔接。在实施过程中,埋设于地下结构体的水准点数量应在3个以上,由于施工过程中始终以此控制点为高程施工依据,因此需要注意点位的保护,且定期对水准点之间的高差进行复测。

在与相邻工点贯通前需要对与其他工点进行衔接的已完成结构的关键部位高程进行复核,这里的结构关键部位是指车站底板、中板、顶板、出入口等预留结构开口位置、盾构洞门圈、马头门等部位。一旦发现关键部位由于沉降影响而使原有结构高程与设计值偏差过大,可能造成相邻工点的结构与原有结构不能顺利对接时,应与设计单位协商进行设计变更。

4. 区间施工测量应对措施

区间施工主要从车站或者施工竖井向前开挖,施工开始之前,通过高程联系测量将高程从地面传递至位于竖井或车站结构上的地下稳固水准点上,并以上述地下水准点指导施工掘进。每次在隧道内增设新的水准点时均从位于竖井或车站的地下稳固水准点开始起算,地下稳固水准点成果不随地面高程控制点的更新而更新,在距贯通面一定距离(盾构为200~300 m,暗挖为100~150 m)时,对存在贯通面的相邻工点之间的地下水准控制点进行

连测,统一两个工点之间的高程系统,然后利用统一后的高程数据测量开挖面以及贯通面预留结构(盾构洞门圈或暗挖隧道已完成衬砌)实际高程,根据实测结果调整开挖高程,以实现顺利贯通。

5. 附属结构施工测量应对措施

车站附属结构的施工,一般是在车站主体结构施工完成后进行的。在进行附属结构施工时,首先将原地下水准高程控制点高程引测至附属结构施工现场,附属结构施工时以引测的高程数据为准进行放样,实现主体与附属结构衔接部位高程的对接。

6. 高程贯通测量应对措施

贯通误差是施工过程中的测量误差和施工误差的综合反映,为了保证高程贯通精度,减小差异沉降对贯通精度的影响,可采取以下方法实施:

1) 盾构隧道施工至距贯通面200~300 m左右时(避免在贯通前由于可调整距离过短,在调整盾构机姿态过程中出现明显的环片错台)、暗挖隧道施工至距贯通面100~150 m左右时,或在预计贯通时间之前约一个月时,相关施工单位应及时对本工点地面高程控制点、地下高程控制点与相邻的存在贯通面的工点之间的高程控制点进行联测,统一两个工点之间的高程系统,保证贯通之前相邻工点的高程控制基准一致,减小由于控制点差异沉降带来的竖向贯通误差。

2) 根据联测结果对盾构接收环的中心高程进行测量,对隧道内指导盾构机掘进的高程控制点进行测量和成果更新,及时调整自动导向系统,减小由于施工误差以及结构体本身沉降所带来的贯通误差。

7. 其他措施

城市轨道交通从设计到土建结构竣工一般需要3~5年,由于地表沉降的影响,竣工后结构实际的高程与设计高程会出现明显差异,原设计车站覆土厚度、管线空间布置等也会发生变化;同时由于差异沉降的存在,造成后续施工的结构与既有结构之间不能正确衔接,区间隧道坡度与设计不符等,这些情况需要设计单位密切关注,必要时进行设计变更。

在区间贯通及贯通数据更新前,建议不要进行轨行区的站台板施工、设备安装等工作。因为由于沉降影响,贯通前后的高程数据会相差较大,相差过大时可能引起设计变更。提前进行轨行区的施工可能会导致无法对接或位置偏差过大。

五、结束语

随着各个城市地铁建设规模的不断扩大,加之城市建设导致地面沉降的加剧,地面沉降对地铁施工及运营的影响会越来越明显。

本文介绍了地面沉降在地铁建设过程中对测量工作的影响,并针对沉降特性,提出了相应的解决措施,对保证地铁线路正确贯通,结构正确衔接具有指导作用。同时对其他穿越沉降区域的地铁线路也具有一定的参考意义。

参考文献:

[1] 贾三满,王海刚,罗勇,等.北京市地面沉降发展及对

城市建设的影响[J].分析研究,2006,1(2):13-18.

[2] 刘德成,何静.北京市通州区地面沉降危险性评价与区划[J].中国地质灾害与防治学报,2008,19(3):158-162.

[3] 缪林昌,王非,吕伟华.城市地铁隧道施工引起的地面沉降[J].东南大学学报:自然科学版,2008,38(2):293-297.

[4] 葛世平,廖少明,陈立生,等.地铁隧道建设与运营对地面房屋的沉降影响与对策[J].岩石力学与工程学报,2008,27(3):550-556.

[5] 张莉,文汉江.天津地区地面沉降分析[J].测绘通报,1995(1):16-19.

(上接第10页)

数的设置、GPS网拓扑结构图和结果查询窗口。用户可以通过右上角的下拉框来查看相关结果内容。

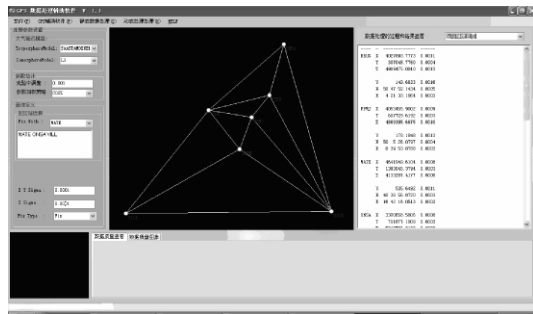


图7 AUTO-BGPS数据自动解算系统运行界面

六、结束语

本文基于Bernese5.0的GPS数据自动处理系统AUTO-BGPS,实现了GPS网络数据的无人值守的自动化处理。它可以自动下载与观测数据相关的其他数据,然后按照选定模式实现自动解算,使繁琐的人工手动处理转换为自动化的无人操作的自动处理。

通过对试验数据的解算,证明了AUTO-BGPS软件在数据的自动解算中,其处理过程是流畅的,参数设置与数据处理模块的交互是有效的,拓扑结构图的显示比例及点位相对位置是合理的,数据解

算结果也是准确的,同时其附带的GPS数据处理工具运行也是正确的。该软件可以准确完成对GPS数据的自动化处理,十分适合于GPS参考站网络日常数据的准实时处理和参考站网络的日常监测,也适合于工程GPS控制网的自动解算。但是,软件也存在一些不足之处,在以后的工作研究中将继续改进。

参考文献:

[1] 张彩虹,聂桂根,熊熊,等.基于Internet的GPS数据自动处理系统的研究[J].测绘通报,2007(8):26-28.

[2] HUGENTOBLE U, SCHAER S, FRIDEZ P. Bernese GPS Software Version 4.2 [M]. Berne: University of Bern, 2001.

[3] 张彩虹,朱波,张黎.应用Bernese软件进行高精度GPS定位解算[J].测绘信息与工程,2006,31(3):8-9.

[4] 邓迪祥,张孟军.应用Bernese软件进行高精度的定位解算[J].人民长江,2006,37(6):38-40.

[5] DACH R, HUGENTOBLE U, FRIDEZ P, et al. Bernese GPS Software Version 5.0 [M]. Berne: University of Bern, 2007.

[6] 黄丁发,熊永良,袁林果.全球定位系统(GPS):理论与实践[M].成都:西南交通大学出版社,2006.

[7] 郭英.基于Bernese V4.2软件的GPS动态定位研究[D].青岛:山东科技大学,2004.