

路基沉降监测中几种监测方法的应用

贾亮 徐国双

(北京市勘察设计院有限公司,北京 100038)

[摘要] 某高速公路工程是北京地区高速公路修建中地质条件复杂的工程之一,我们对本工程重点路段进行了施工期和工后变形监测。在整个工程监测中我们采用了横剖测试法、沉降板测量法和分层沉降法等几种监测方法进行了路基沉降监测。这几种监测方法也都体现出了不同的特点,下面对几种监测方法在工程应用中的区别、特点进行分析总结,希望对类似工程的方法选择和设计优化有所帮助。

[关键词] 路基监测;沉降板;横剖;分层沉降

[中图分类号] P258

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-3000(2010)03-5

随着公路建设的不断发展以及测量技术的不断提高,更多更先进的测量技术应用于公路建设当中。其中沉降监测是路基监测的重点,目前,应用于路基沉降监测方法主要有沉降板法、横剖测试法和分层沉降法,在某高速公路工程中这几种方法都得到了全面的应用。根据在工程中几种监测方法的应用,本文总结出了每种监测方法的特点,将从每种监测方法的原理、特点,并结合工程应用中的实测数据进行对比分析,找出适合不同工程特点的最佳监测方法。

1 工程背景

该工程起点为五环路化工桥,沿东南走向经本市朝阳、通州两区,终点位于通州区半截河村与天津市界交界处,全线34.11公里,路基标准宽度41米,路面结构层总厚度为74cm,全线土方量约900万方,共设互通式立交6座,分离式立交12座,特大桥1座,跨河桥4座,通道桥18座。2007年4月起,我们对本工程的重点路段和复杂地质条件区段进行了综合监测,其中沉降监测是路基监测中的重点,本工程应用于沉降监测的方法有沉降板法、横剖测试法、分层沉降法。全线共安设沉降板67块,分别布设在23个监测断面上;安设分层沉降管8个;布设横剖监测断面10个。

2 基本原理

2.1 沉降板测量法的介绍

沉降板测量法是一种较为传统的监测方法,在公路监测中很常见。沉降板的设计型式如图1所示:

沉降板测量法即每次监测时用水准仪将内钢管头与基点联测,从而得到内钢管头的相对标高。其沉降管随着施工的进展逐渐接高,直至最终路面结构施工完成后露出路面,做保护筒成为永久性监测点。

2.2 横剖测试法的介绍

目前,横剖测试法在路基沉降监测中也有所应

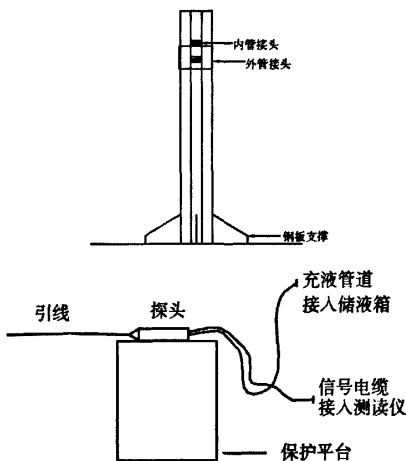


图1 沉降板设计型式示意图

用,尤其在小断面测量中应用较多。京津二通道工程中应用的是水压式横剖测试仪,即运用水压原理测量监测点高程变化,与静力水准测量类似。主要由探头、充液管道、信号电缆、储液箱及测读仪组成。如图2(a)、(b)所示,测头外形光滑呈鱼雷形状,内有高精度传感器,传感器的高差发生变化时,引起液压的变化,探头将此变化转为电子讯号传给测读仪,得到测量数据。横剖测试法最大的优势是易于保护,不影响路面施工,埋设完成后做好端头保护台,除了消坡时可能需要移动保护台以外,基本就不受施工影响。其次,横剖测试法可连续测读路基沉降量,最小间隔为0.5m。但横剖测试法的测试质量较难控制,这也是该方法尚未得到普遍应用的主要原因。

2.3 分层沉降法的介绍

除了沉降板法和横剖测试法,路基沉降监测中还有一种较为常见的监测方法——分层沉降法,该方法

[收稿日期] 2010-03-11

[作者简介] 贾亮(1981—),男,汉族,黑龙江绥化人,大学本科,工程师,主要从事变形观测工作。

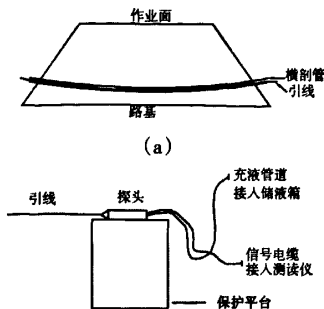


图2 横剖法测试示意图

可以了解不同地基深度的变形值,对影响深度和研究地基变形机理有很大帮助。

分层沉降法设备由分层沉降管、分层沉降标、测试仪等组成,如图3所示。其安设是通过钻机成孔后将分层沉降管带着分层沉降标下入孔内,每次测量时将测试仪的探头放入分层沉降管内,根据探头在分层沉降标处的感应信号读取标尺上的读数,即可计算出分层沉降标的高程,从而得出其沉降量。

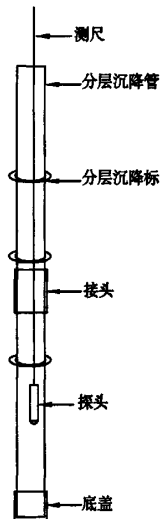


图3 分层沉降设计示意图

分层沉降法测试相对较简单,每次测量时用测尺测出分层沉降标至管口的距离,再根据管口与水准基点的联测标高计算出分层沉降标的标高即可。测量中注意管口联点标高即为反算分层沉降标的标高,所以该点也应该是测尺测量分层沉降标至管口距离的起点。

3 方法特点及工程应用中的关键因素

3.1 沉降板测量法

3.1.1 沉降板测量法的特点

沉降板测量法便于操作,容易实施,其观测精度容易控制。本工程沉降板监测精度满足垂直位移监测精度的二级监测精度,其监测闭合差控制在0.25mm,是一种高监测精度的监测方法,其监测数据也是最为

可靠的。但由于施工条件复杂,其沉降管的保护很难保证,根据我们统计,在本工程中沉降管在整个施工期破坏率很高,导致数据间断的破坏发生率为68.7%。

3.1.2 沉降板测量法工程应用中的关键因素

在工程应用中沉降板的埋设和保护十分关键,每一个埋设环节都要严格控制,从埋设时机的选择初始数据的采集、从土坑的开挖到沉降板的放置、从土坑的尺寸大小到回填土的夯实都要严格把关,这些都将直接影响到监测数据的可靠性。埋设时应注意以下几点:

(1)沉降板一般在填方50cm~80cm(压实2~3层土)时进行埋设;

(2)根据设计方案桩号位置精确放样,其观测点位置主要选择在有代表性的关键路段,一般安设于道路中桩位置(以后为路面的隔离带,便于运营阶段的测量和保护),本工程应用中每个监测断面分别在中桩及两侧路肩位置各安设一个沉降板;

(3)条件允许时最好人工开挖与沉降板底板大小相当的土坑,机械开挖时,坑不宜过大,否则将影响回填质量和观测数据;

(4)坑底清平以后,铺上5cm左右厚的砂垫层,将沉降板放在砂垫层上,保证底板平整、稳定,沉降管高于回填土50cm~80cm,并加盖保护盖;

(5)回填土时要分层回填,人工夯实;

(6)外露沉降管做明显标示,最好将沉降管用沙袋等做围护,以免沉降管受到破坏,施工单位每次对沉降管周边都人工夯实;

(7)夯实以后待沉降板稳定后采集数据。

沉降板埋设完成以后除按方案进行数据采集以外,还应常进行保护巡视。

各单位施工进度不同,视不同施工进度进行沉降监测。但路基填方工作路面作业复杂,大型车辆很多,沉降管的保护相当困难,这就要求监测单位与业主单位、施工单位等部门做好沟通并建立良好的协作关系和保护机制。总结起来,沉降管的保护与修复监测单位应解决好以下几个方面的问题:

(1)沉降管外露部分不宜过短或过长,严格控制在50cm~80cm;

(2)沉降管设计外保护套管,这样对于轻微的碰撞不会影响到沉降监测数据的可靠性;

(3)沉降管做明显测量点标示:贴反光模片、插施工彩旗、用沙袋做围护等;

(4)与各相关单位做技术交底,签订测量点保护协议;

(5)一旦发生破坏,施工单位及时通知监测单位,以便第一时间进行修复;

(6)当发生轻微碰撞只造成外管破坏的,除进行外管修复外,还应进行沉降管的检测,即进行该断面

的基点联测,以确保沉降数据的绝对可靠;

(7)沉降管采用接头螺旋连接,当发生严重破坏时,很有可能造成沉降管弯曲或者接头处折断。进行修复前首先尽量恢复沉降管原有状态进行整个监测断面的基点联测,以确定沉降数据是否可用;

沉降管受到严重破坏,大体分为以下几种情况:

①接头上部沉降管断裂的,如图4所示,只需将接头上部沉降管用相同型号的沉降管替换即可;

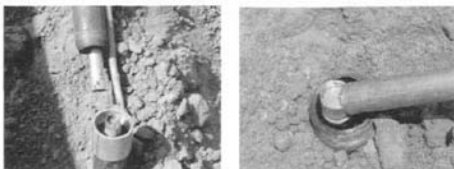


图4 接头上部沉降管断裂

②接头下部沉降管断裂的,如图5所示,须将下部沉降管拧出,更换相同型号的沉降管,如无法替换下部沉降管,就须将上部沉降管与下部沉降管进行硬连接,即进行焊接或者其它固定式连接;



图5 接头下部沉降管断裂



图6 沉降管发生弯曲

③沉降管发生弯曲的,如图6所示,须将弯曲部分用相同型号的沉降管进行替换。

3.2 横剖测试法

3.2.1 横剖测试法的特点

横剖测试法多应用于小断面测量,一般断面长度不大于30m。本工程的监测断面都较长,所以其监测精度不容易控制,但最终监测成果对变形趋势的反应较好。该监测方法便于保护,不影响路面正常施工,可以反应出断面的整体变形趋势。但是横剖测试法工程造价较高,其测试过程受环境因素影响也较大,其监测精度较低,不适用于高精度监测工程。

3.2.2 横剖测试法工程应用中的关键因素

横剖测试过程中必须严格按照要求进行,且外界

环境因素对测试质量影响明显,风力、温度、测试时断面上部施工情况等都会对测试质量产生影响。下面从几个方面具体介绍下横剖测试要点:

(1)人为因素影响,操作人员必须严格按照要求进行数据采集,根据不同客观条件采取相应测试对策。每次除了对工作平台进行基点联测外,还应该检视工作平台完好情况和横剖管内通畅情况;测量时不可操之过急,每点测试时都应等待数据稳定后记录,再进行下一测点的测试;拉线人员应慢匀速拉动,不可快速脉冲拉动。

(2)风力影响,当风力较大时不宜进行横剖测试,因为大风会导致储液箱内液面不稳,这将直接影响测试成果的可靠性。我们发现,一般小于3级风的天气比较适宜横剖测试。

(3)温度影响,通过工程应用中的多次实验我们发现:温度是影响横剖测试质量的重要因素之一,一方面是外部温度的影响,另外一方面是横剖管内外的温差影响。外部温度过高时不宜进行横剖测试,否则应先将探头放入凉水中浸泡几分钟后再进行测量,另外,最好将探头及充液管拉入管内稳定20分钟后再进行测量,尽量抑制横剖管内外温差的影响。

(4)仪器自身影响,使用一段时间后应对仪器进行标准高检查,即测试探头在不同固定高度的读数是否准确;使用的液体流动性要好,且不易蒸发,输液管内不能有气泡存在。

横剖测试法虽不影响路面正常施工,也不易被破坏,但测试过程对环境要求相对苛刻,测试质量不易控制,故在科研项目中应用较多,工程实践中尚未普遍应用,其测试技术也有待进一步提高,这也是测量工作者的一个研究方向。

3.3 分层沉降法

3.3.1 分层沉降法的特点

分层沉降法可以测试不同地基深度的沉降变形值,对分析理论计算和实际测值之间的差值有很大作用,对相似工程的变形计算和预测有一定的参考价值。根据对比在不同压实层沉降标的沉降量也可以检验填方本身材料的压实度。在工程应用中分层沉降法同样也存在着保护的问题,由于分层沉降管是采用专用的韧性较好的特殊材料,所以相对沉降管而言比较容易保护。但分层沉降法成本较高,实施起来相对较为复杂,尤其是安设过程较难控制。

3.3.2 分层沉降法工程应用中的关键因素

分层沉降管的安设是影响测试质量的关键因素,其安设过程中应注意以下几点:

(1)结合不同的分层沉降管规格,采用不同的钻机钻杆进行成孔,孔径不宜过大,一般为2倍分层沉降管管径大小即可。采用跟管式钻孔,一直跟至钻孔

底部。

(2)钻孔即将完成时组织人员及时进行分层沉降管及沉降标的组装,沉降标须根据地质情况进行定位,一般安设在地质大层层位置。底盖必须盖牢,且在必要时应加以保护,以免下管过程中受到破坏。

(3)钻至预定埋设深度后检查孔内地质情况:如孔底较为干燥时即可将已组装好的分层沉降管及沉降标迅速下至孔底,下至孔底后应在分层沉降管顶做垂直承压,以防分层沉降管松动或反弹,一般压1小时左右方可提拉套管;如孔底地下水活跃,涌砂等情况时,钻孔深度应大于预埋深度30cm~50cm,且在下管前须将孔内地下水抽空,抽空地下水后应立即将分层沉降管及沉降标下至预埋深度,此种情况一般应在管顶承压6小时左右才可以提拉套管。

(4)套管提出后,以粗、中砂进行孔隙回填,须将回填料捣实。

(5)安设完成后应在之后的几天内进行稳定性测试,一般稳定期在3~5天,故3~5天以后方可进行监测数据的采集。

工程应用中分层沉降管的保护也很重要,路面施工复杂,难免会发生刮蹭。一旦发生破坏,首先要将断

口封好,以免杂物掉入分层沉降管内,致使探头无法下放。处理时只需将上下断口锯平,用专用的接头对接即可。本工程的分层沉降管破坏率为25%,是工程施工中保护相对较好的一种监测手段。

4 几种监测方法的对比分析

4.1 实测数据的可靠性

我们在监测过程中布置了几种方法的对比实验,以下表1是部分监测断面监测数据的对比统计情况。通过分析我们得出,沉降板与分层沉降的监测数据比较一致,其沉降量相差不大,横剖测试法的监测数据稳定性不好,各别监测断面的监测数据与其它监测方法监测数据相差较大。且在工程监测中发现,横剖测试过程中的测试数据容易发生漂移,其测试精度也是最难以保证的。故从精度的控制上来说,横剖测试不适宜高精度监测工程。但图7显示,几种监测方法对监测断面的路基沉降趋势反应是一致的,路基沉降在路基填筑初始阶段较慢,当路基填筑达到一定高度时,沉降随着填筑高度的增加迅速增大,当路基填筑即将竣工和竣工后,路基沉降又呈缓慢增加形式,直至路基完全稳定下来。

4.2 应用领域的选择性

表1 几种监测方法的监测数据统计表

	3#	4#	12#	15#	18#	25#
沉降板测量法	26.651cm	17.272cm	/	23.953cm	17.165cm	25.501cm
横剖测试法	/	/	47.515cm	32.479cm	26.694cm	34.000cm
分层沉降法	27.500cm	17.700cm	48.900cm	/	17.100cm	28.000cm

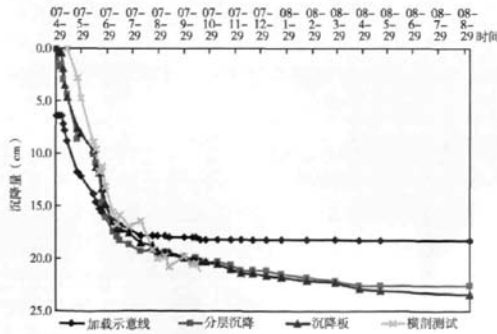


图7 某监测点沉降曲线对比图

根据几种监测方法的不同特点,它们在不同的公路工程中都有所应用,并将应用于多种沉降监测领域。

对于普通的路基沉降监测以及其它简单填方工程的地基沉降监测,无论是从监测精度角度还是工程造价上,沉降板法仍是首选,但应注意到其应用过程中的保护问题。沉降板法的精度较高,且容易控制,但该方法测试成果较为单一,对其它工程的可借鉴性很小。对于需了解地基土变形机理,分析理论计算数据以及掌握填方压缩变形的工程最好选择分层沉降法

进行沉降监测,如普通的路基沉降、工民建地基及边坡沉降、滑坡地下体沉降监测工程等。而如需掌握小监测断面连续变形趋势的工程或者施工作业面无法进行监测点保护的工程则宜选择横剖测试法,但该方法不适宜高精度的监测工程。

4.3 监测方法的展望

通过工程的实际应用和理论分析,这几种监测方法都存在着不同程度的问题这也是值得进一步思考和研究的方向。

沉降板法的点位保护就是一个应用中的难题,如果能解决好这一问题将大大提高监测质量和工作效率,解决这一问题可以从两个方面考虑。一方面是材料的选择,是否可以选择一种不易破坏的材料进行监测,另外一方面就是人为的监测实施,除了外露沉降管还可以采用暗埋沉降管进行监测,还须建立良好的工作机制以保证监测点的完好。

分层沉降法的沉降标稳定性是该方法一个值得思考的问题,首先埋设过程能否改进是一种解决途径,其次,沉降标自身能否改良也是一种解决途径。从实施单位的角度考虑,第一种途径将是应用中的一个突破点。

横剖测试法则主要限制于仪器自身的精度问题,其应用过程中最好能解决好测试与环境因素的问题。

参考文献

[1] 中华人民共和国交通部.《公路软土地基路堤设计与

施工技术规范》(JTJ017-96)

[2] 中国有色金属工业协会.《工程测量规范》(GB50026-2007).中国计划出版社,2008

[3] 《京津高速公路第二通道路基沉降监测方案》

[4] 胡伍生,潘庆林,黄腾.《土木工程施工测量手册》.人民交通出版社,2005

The Application of Several Monitoring Ways in Roadbed Settlement Monitoring

JIA Liang, XU Guo-shuang

(BGI Engineering Consultants LID, Beijing 100038, China)

Abstract: There is one highway project with complex geological conditions, and we have conducted the deformation monitoring on the key sections of this project. We adopted various ways to conduct the quality control of settlement monitoring, including the cross cutting test, the settlement plate measurement and the stratification and sedimentation. All of these methods have their respective features, and this article will focus on the analysis and conclusion of the different features of these ways of measurement.

Key words: Roadbed settlement monitoring; settlement plate; cutting section; stratification and sedimentation

(上接第 21 页)

XXXVI, PART 5/W8 [C].Berlin: Proceedings of the ISPRS working group V/5 Panoramic Photogrammetry Workshop,2005.24-25.

[2] 臧春雨. 三维激光扫描技术在文保研究中的应用[J]. 建筑学报,2006,(12):54-56.

[3] Corumluoglu O,Kalayci I, Altuntas C,et al. GPS Virtual Station Technique And Its Challenge In Terrestrial Photogrammetric Applications. [C]. Istanbul:XX.ISPRS Congress,2007.494-497.

[4] 王晏民,郭明,王国利等. 利用激光雷达技术制作古建筑正射影像图 [J]. 北京建筑工程学院学报,2006,22(4):19-22.

[5] JiaChong Du, HungChao Teng. 3D laser scanning and GPS technology for landslide earthwork volume estimation[J].Automation in Construction, 2007(16):657-663.

[6] Kraus K,Pfeifer N. Advance DTM Generation from Lidar Data[J].International Archives Of Photogrammetry and Remote Sensing.2001,34 (3/ W4) :23-35.

[7] 郭甲腾,吴立新.栅格空间中三维地学实体拓扑关系表达的 K6N92I 模型[J].地理与地理信息科学,2008,24(1):6-9.

[8] ESRI.ArcGIS Engine Developer Guide [R].Red lands: ESRI,2004.

[9] 张笑楠. 河南地区明清会馆建筑及其室内环境研究 [D].南京林业大学研究生博士论文,2007:155-156.

[10] 尚涛,孔黎明.古代建筑保护方法的数字化研究[J].武汉大学学报(工学版),2006,39(1):72-75.

[11] 余周佑.安庆振风塔倾斜测量与数据分析[J].安徽建筑,2003,10(5):34.

[12] 罗福午. 比萨斜塔和虎丘塔的启示 [J]. 建筑技术, 2001,32(12):839-840.

Research on Ancient Architecture Conservation Based on Digital Technology

FAN Zhang-wei, XING Yu

(1. Anyang Academy of Planning & Design, Anyang 455000, China; 2. China-Australia Cooperative Research Center for Geographic Information Analysis and Applications, Henan University, Kaifeng 475004, China)

Abstract: Based on the technical advantage of 3D laser scanner, GIS and other hi-tech solutions, the paper delves into the conservation project on historic buildings. By taking as an example the Iron Pagoda in Kaifeng, which is one of the key National Cultural Relics Preservation Unit, the author obtains its point cloud from 3D laser scanner and from which an ancient architecture database is established using geo-database and 3D modeling technology. Meanwhile, secondary developing technique is employed to develop a digital reservation system for ancient architectures running in ArcGIS Engine environment. The system integrates the functions of multi-dimensional demonstration, database management, monitoring analysis and decision support, which can enhance the protection of ancient architectures in technical level.

Key words: ancient architecture conservation; TSR; Geographical Information Systems