

关于基坑监测中常用自动化测量方法的比较研究

薛刚

重庆两江建筑工程质量检测有限公司

DOI:10.18686/bd.v2i10.1742

[摘要] 基坑监测中,多种几何量都会受到精度要求、测量条件、技术方法等因素的影响,因此自动化测量难度非常大。本文结合工程实际对电水平尺、净力水准以及全站仪自动化测量方法的数据特点、使用特点予以科学分析,从而为其他工程的基坑监测提供一定的借鉴。

[关键词] 基坑监测;自动化测量;精度要求;技术方法

1 基坑监测的目的

在工程项目施工中,首先应保证基坑变形监测工作的质量,充分对比监测数据与设计值,同时在此基础上加强工程进度的控制。可以说基坑监测对改善基坑及附近环境的安全性、提高施工水平有着非常积极的作用。

2 基坑监测的设计原则

基坑监测工作是城市建设的重要环节,应在基坑监测中制定完善的监测方案,同时结合监测方案的要求配置监测设备。以工程实际为依据,根据工程的具体情况科学选择监测项目,且在监测工作中加强重点区域的工作力度,从而强化基坑监测的效果。

3 常用方法

3.1 电水平尺自动化测量

(1) 测量原理

电解质倾斜传感器是电水平尺最为核心的元件,该元件测量倾斜角的灵敏度为1秒,在空心直尺当中安装电解质倾斜传感器,就形成了电水平尺。电水平尺的尺身长度为2~4m,并使用合适的锚栓将其设置在隧道的道床上。之后再对倾斜角传感器进行调零处理,将指针设定在此处。道床沉降的转变会使梁的倾斜角发生较为明显的变化。沉降量的计算公式为: $L(\sin 1 - \sin 0)$ 。式中L表示梁的长度,1表示当前的倾角数值,0代表初始的倾角值。如果将多个电水平尺的首尾接地安装,并将其设置在纵向的隧道结构当中,构成一条较长的尺链,就可得知尺链范围内的竖向位移曲线。

(2) 工程实例

某地铁车站基坑呈三层岛式,基坑开挖的深度为23.5~25.5m,车站的整体长度为190m,外包宽为22.13m。车站设置了两个出入口和三个风亭,且基坑的南侧布设电水平尺自动化监测点,处于运营状态的另一条地铁站台的轨道内部。另外还采用了国外进口的电解质式梁式传感器。该传感器通常应用于建筑物不均匀沉降的监测当中。传感器标准里程为 $\pm 40'$,分辨率达1"($\pm 0.005\text{mm/m}$),灵敏度达 $\pm 3''$ ($\pm 0.005\text{mm/m}$),且在每一个水平尺传感器周围适当位置处,设置人工沉降测量点。以精密水准仪为主要测量工具,且测量中应严格遵照二级水准测量要求完成相关工作。此外

还要采取有效措施对电水平尺线路的开端数值进行适度调整。

(3) 数据统计

整个线路累计沉降量及特征点的不同历时沉降量数据统计,如表1、表2所示,沉降变化曲线图如图1、图2所示。

表1 电水平线路数据汇总(单位/mm)

点号	DS1	DS2	DS3	DS4	DS5	DS6	DS7	DS8
自动化数据	4.0	4.6	6.8	7.8	7.7	7.7	6.7	4.7
人工点数据	4.0	5.8	7.8	8.1	7.6	7.3	5.9	3.9
误差	0.0	-1.2	-1.1	-0.3	0.1	0.5	0.8	0.8
相对误差	0.0%	20.1%	13.6%	3.6%	1.6%	6.3%	13.4%	20.3%

表2 电水平特征点 DS5 历时数据(单位/mm)

DS5	3/1	4/1	4/15	4/21	4/28	5/5	5/9	5/12	5/16	5/26	6/2
自动化数据	-0.4	-0.5	3.3	5.5	6.3	5.6	5.3	5.9	8.0	7.2	7.7
人工点数据	0.7	-1.3	4.1	6.8	7.9	7.4	6.9	6.9	7.8	7.4	7.6
误差	-1.1	0.8	-0.8	-1.3	-1.6	-1.9	-1.6	-0.9	0.2	-0.2	0.1
相对误差	160.3%	62.1%	18.6%	19.5%	20.6%	25.1%	23.6%	13.5%	2.2%	3.4%	1.6%
平均误差	-0.76										
方差	0.69										
标准差	0.83										

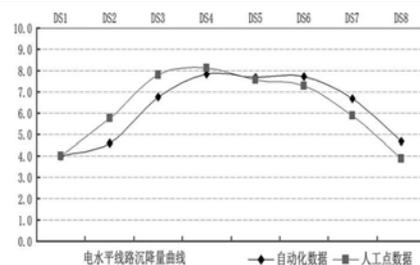


图1 电水平线路沉降曲线图

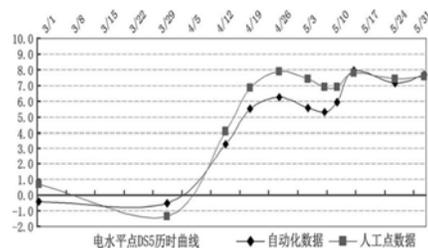


图2 电水平特征点 DS5 历时沉降曲线图

3.2 静力水准自动化测量

(1)测量原理

这种测量方式借助了连通管的原理,得出不同测点容器的底面安装高程以及液面的基本情况,之后再经过计算得到各点与基点之间所存在的相对沉降量。测量时主体容器、连通管和电容传感器为主要元件。如果主体容器安装墩的高程较以往发生了改变,则主体容器的液面位置也会出现较为明显的变化,进而改变浮子与电容极板之间的相对位置。之后计算出装置电容比发生的变化,就可得出测点的相对变化数值。

(2)工程实例

某项目基坑开挖面积为38650平方米,基坑延长为813m,开挖深度为11.56mm-18.87mm,地基工程主要采取地下连续墙维护结构,三道钢筋混凝土水平支撑为主要的支撑形式,实施一级环境保护。同时还应在基坑的共同管沟内埋设静力水准自动化监测点。传感器的标准量程为150mm,精度为 $\pm 0.1\%F \cdot S$,灵敏度为 $0.025\%F \cdot S$ 。而且还应在静力水准传感器周围适当位置处,布设人工沉降测量点,测量时采用精密水准仪保证测量的精度。在测量工作中应充分满足二等水准测量的基本要求,并在初始端做好数据调整工作。

(3)数据统计

表3表4为线路累计沉降量及特征点不同历时的沉降量数据统计,图3、图4为变化曲线。

表3 静力水准线路数据汇总(单位/mm)

点号	JS1	JS2	JS3	JS4	JS5	JS6	JS7
自动化数据	-2.4	-4.4	-6.3	-10.1	-7.5	-6.3	0.4
人工点数据	-2.4	-3.4	-4.5	-8.3	-9.1	-4.2	-1.3
误差	0.0	-1.0	-1.8	-1.8	1.6	-2.1	1.7
相对误差	0.0%	29.4%	40.0%	21.7%	17.6%	50.0%	130.8%

表4 静力水准特征点 JS5 历时数据(单位/mm)

JS	2/1	2/21	3/1	3/14	3/19	3/27	4/4	4/15	5/1	5/15	6/6
自动化数据	1.0	-0.7	-1.5	-4.2	-5.1	-5.8	-8.0	-8.0	-7.6	-6.3	-7.5
人工点数据	0.3	-0.2	-1.0	-2.9	-4.8	-7.7	-9.9	-10.2	-9.2	-8.6	-9.1
误差	0.7	-0.5	-0.5	-1.3	-0.3	1.9	1.9	2.2	1.6	2.3	1.6
相对误差	233.3%	200.0%	50.0%	44.8%	6.3%	24.7%	19.2%	21.6%	17.4%	26.7%	17.6%
平均误差	0.57										
方差	1.53										
标准差	1.24										

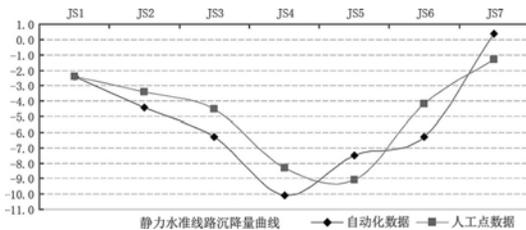


图3 静力水准线路沉降曲线图

3.3 全站仪自动化测量

测量原理

测量机器人可实现自动搜索,掌握动态变化,同时其还

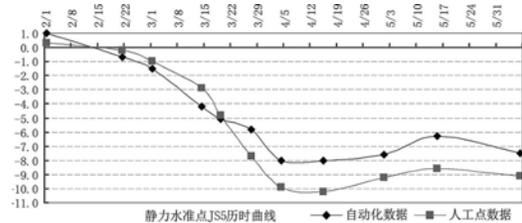


图4 静力水准特征点 JS5 历时沉降曲线图

可以目标为基础,获取更为关键的数据信息。这一测量方式将全站仪作为实现测量工作的基础,而且在使用全站仪的同时还充分利用了进步马达等多种新型技术和装置。在系统运行过程中,还加入了智能化控制技术和应用软件。在形变率较高的位置安装棱镜,运用软件结合具体的要求和方法,定期测量棱镜所在地的三维坐标。并以数据为基础确定变形位移量,提高监测精度。另外测量中应严格依照其运行的原理利用全站仪来确定观测位置,观测后结合数据信息获取不同观测点位置的三维坐标。在其他的观测环节应充分利用最小二乘法,从而取得最为合理的观测值。

4 工程实例

某项目为试验段,在某高架路下采取管幕法钢管顶进施工,同时在工作井、接收井开挖施工和钢管的幕顶施工中,做好重点路面的监测工作。采取全站仪观测,测量精度为0.5,100m内允许的最大测角误差在 $\pm 0.12\text{mm}$ 以内。且仪器测量的精度为 $1\text{mm} \pm 1\text{ppm}$,100m以内允许最大测距误差为 $\pm 0.1\text{mm}$,仪器引起的误差为 $\pm 0.5\text{mm}$,该工程项目比较关注垂直方向的基本情况,所以在不同测点棱镜的周围都布置了人工沉降测量点,并且使用精密水准仪和其他辅助设备完成测量,测量中应充分满足二等水平测量标准的要求。全站仪设点的过程中,要做好数据修正工作。

5 数据统计

表5、表6为测量断面累积沉降量和特征点的不同历时沉降量数据统计,图5和图6为变化曲线。

表5 全站仪测量断面数据汇总(单位/mm)

点号	L2-1	L4-1	L6-1	L8-1	L2-2	L4-2	L6-2	L8-2	L2-3	L4-3	L6-3	L8-3
自动化数据	-4.9	-3.0	-1.7	-2.1	-5.4	-3.0	-2.1	-2.1	-4.7	-3.2	-1.9	-1.9
人工点数据	-3.3	-3.4	-2.1	-1.5	-7.5	-4.8	-3.1	-2.4	-7.1	-5.4	-3.1	-2.4
误差	-1.6	0.4	0.4	-0.6	2.1	1.8	1.0	0.3	2.4	2.2	1.2	0.5
相对误差	48.5%	11.8%	19.0%	40.0%	28.0%	37.5%	32.3%	12.5%	33.8%	40.7%	38.7%	20.8%

表6 全站仪测量特征点 L2-2 历时数据(单位/mm)

L2-2	5/14	5/16	5/18	5/24	5/27	6/2	6/5	6/9	6/12	6/15	6/18
自动化数据	0.7	0.5	-0.7	-1.5	-2.0	-2.6	-3.5	-3.5	-4.2	-4.5	-5.4
人工点数据	-0.2	-0.5	-1.6	-3.2	-4.6	-4.8	-5.4	-5.2	-5.8	-6.1	-7.5
误差	0.9	1.0	0.9	1.7	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.6	2.1
相对误差	450.0%	200.0%	56.3%	53.1%	56.5%	45.8%	35.2%	32.7%	27.6%	26.2%	28.0%
平均误差	1.65										
方差	0.28										
标准差	0.52										

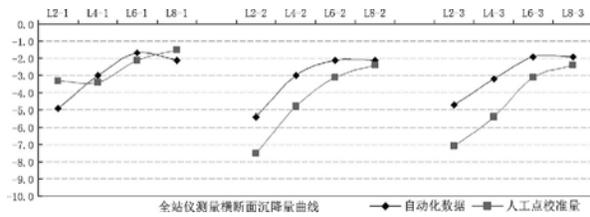


图5 全站仪测量横断面沉降曲线图

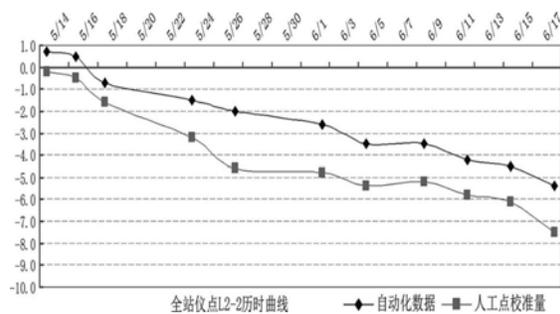


图6 全站仪测量特征点 L2-2 历时沉降曲线图

6 分析与总结

三个工程当中数据的变化量均为 100mm, 变形监控环节对数据精度的要求极高, 这也对三种方式数据分布情况的对比分析提供了有利条件。而电水平尺和静力水准自动化测量起始点, 以及全站仪自动化的设站点修正, 全部采用人工测量数据的方式, 以提高数据的准确性。

电水平尺测量过程中, 平均误差和相对误差不是十分明显, 故而在精度上占据较为明显的优势。全站仪机器人方法的方差和标准差较小, 数据相对集中。且从历时曲线当中可以得出, 全站仪测量可对线路评查计算和测站点修正予以调整。同时在变形量不断提高的前提下, 静力水准以及电水平尺线路在运行过程中更能发挥自身的优势, 且自动化监测数据与人工数据的差异较小。使用全站仪测量, 测点具有非常高的独立性。

在静力水准安装中, 其高度差不宜过大, 其中三根管线分别与相邻的液体管、通风管和通信线缆连接在一起, 从而

构成一个完善的系统。至于电水平尺安装, 实际上与静力水准安装较为相同, 但是这种方式在安装中的难点在于跳屏。采取以上两种方式进行监测时, 如果线路中出现传感器故障或传感器数据显示处于非正常状态, 则系统性能也会受到影响, 降低后期沉降量的观测精度。对此应在关键接点设置人工检核修正。

此外, 全站仪监测机器人具有监测点安装便捷, 可实现散点布设的优势, 在监测的过程中可开展三维数据采集, 三维数据的准确性更高, 更加具体, 所以也更具价值。其水平方向的精度较高, 但垂直方向上的精度则不尽人意。

每一个监测点都是独立的, 不同的监测点之间数据不会发生交叉或影响, 因此可在短时间内迅速发展问题。但是在实际工作中, 应做好温度和气压改正值的控制工作, 测点与设站点之间有着十分密切的联系, 所以针对曲线形线路应利用多机系统进行监测和处理。并且在采用多机系统时, 测量单位应具备非常好的控制网图形设计以及计算能力, 从而确保监测的精度。

在本文工程实例的分析中我们可以清晰地看到自动化方式能够随时监测高度差的变化状况, 数据采集的准确性更好, 且受到的限制也明显减少, 监测数据变化与实际数据的变化更为贴合, 故而也能够有效满足工程建设的基本要求。与人工监测法相比, 自动化监测方式的优势十分凸出。自动化监测系统工程本身具有较高的融合性与系统性, 所以需结合工程的要求与实际情况, 采取不同的监测方式。而自动化变形监测的发展实际上也是时代进步与发展的产物, 相信其将成为未来基坑监测工作的基本发展方向。

[参考文献]

- [1] 张君华, 马波, 张鸣宇. 拟稳平差在基坑自动监测系统中的应用[J]. 测绘通报, 2014, (S2): 36.
- [2] 刘占利. 建筑基坑监测的常见问题与对策[J]. 科技经济导刊, 2018, 26(22): 85.
- [3] 宋华君, 李行. 简析基坑监测技术在深基坑中的应用[J]. 居业, 2018, (02): 14+16.