

柳州市某工程沉降观测与变形分析

Subsidence Observation and Deformation Analysis of a Certain Building in Liuzhou

韦献强 潘瑞平 唐修锋

Wei Xianqiang Pan Ruiping Tang Xiufeng

[摘 要]通过工程实例,介绍采用精密电子水准仪对建筑沉降进行监测的方法,并对监测结果进行变形分析,为确保工程安全提供准确的数据信息。

[关键词]沉降观测;精度估算;数据处理

[文章编号]1672-7045(2010)09-0048-05

[中图分类号]TU196.2

[文献标识码]B

Abstract: Through project case, the paper discusses on building subsidence observation by high accuracy electronic level as well as related deformation analysis.

Keywords: subsidence observation; precision estimation; data processing

1 工程概况

柳州市某工程为框剪结构,高20层,地下室2层。该工程共埋设了3个基岩基准点,25个沉降观测点,进行了10次沉降观测。由于工程为普通高楼,因此按《工程测量规范》(GB 50026—2007,以下简称《规范》)中变形测量等级“三等”要求进行施测。

2 沉降观测方案

将所有沉降观测点与基准点组成闭合环路和附合水准路线,采用日本 TOPCON DL-101C 电子水准仪(标称精度为 $\pm 0.4\text{mm/km}$,最小读数为 0.01mm ,望远镜放大率为32倍,圆气泡灵敏度 $10'/2\text{mm}$)及配套的3m条码钢瓦水准尺进行施测。

2.1 基准点的布设

在施工现场外易于保存的地方布设3个基本水准点,各水准基准点均为钻进到基岩未风化层后埋设深层金属管基准点,并设半圆铜头标志,做成窨井式点位,用水泥盖板保护。观测时,将布设的3个水准基准点构成1个水准闭合环线。

2.2 沉降观测点的布设

沉降点原则上布设在能反映

大楼变形特征的位置上,即布设在大楼的主要墙角及沿外墙每隔2~3根柱的柱子上,且沉降点均高于地面20cm,为防止施工期间碰撞到沉降标志影响观测成果,将沉降点标志做成预埋螺栓式活动标志。沉降点布置如图1。

2.3 沉降观测网的精度估算

因施工场地较大,基准点距离大楼相对较远,水准观测站数较多,因此方案实施前对水准路线网进行了精度估算,网形如图2。

各路线段之间的站数如图2所示。当以A、B为起算点时,假设E、F点为最弱点,其将位于路线的中间点,精度相同,则有E、F点的高差中误差的估算如下(以E点为例):

在线路2、4中等权代替的线路站数为:

$$n_{2,4} = \frac{1}{1/10+1/10} = 5$$

则AB间等权代替的线路站数为:

$$n_{AB} = 4 + 5 + 8 = 17$$

由于各沉降点的高程中误差都是相对于最近的基准点而言,E、F点是处于观测路线AB的中

点。因此,

$$\begin{aligned} \frac{1}{P_E} &= \frac{n_{AB}}{4} = \frac{17}{4} = 4.25 \\ m_E &= m_0 \sqrt{\frac{1}{P_E}} = \pm 0.3 \times \sqrt{4.25} \\ &= \pm 0.62 \text{ mm} \end{aligned}$$

用TOPCON DL-101C电子水准仪的一站高差中误差为 $m_0 = \pm 0.07 \times \sqrt{2} = \pm 0.1 \text{ mm}$,这时 $m_E = \pm 0.21 \text{ mm}$,由此可见,以上施测方法完全可满足沉降观测点高程中误差不超过 $\pm 1.0 \text{ mm}$ 的技术要求(《规范》变形测量等级“三等”要求)。

2.4 基准点及沉降点的施测

施测时按“后、前、前、后”(仪器设定)的观测顺序对每一测段进行往返观测;视线高度、视距及测站的观测限差均按《规范》实施,电子水准仪自动识别读数并存储标尺读数。观测开始前,按《规范》要求均对仪器*i*角进行检验,在多次的检验中最大值为5",符合《规范》要求。每次沉降点观测均对基准点进行了检测分析,检测结果最大差值为0.7mm,符合《规范》要

求,可判定基准点是稳定的。

3 数据分析

3.1 数据处理

3.1.1 数据的格式

观测完成后,从水准仪中将数据下载至计算机,其默认格式(d11)处理相对困难,需要将其转换成文本格式,因此数据处理以文本格式的文件为主。文本格式文件中的信息主要包括:起始水准点号、观测开始时间、起始点高程、转点点号、视距长度、中丝读数、高程、路线末点号、观测结束时间、高差、路线长、高程。

3.1.2 数据的处理

步骤一:由于该款电子水准仪未能实现测站限差的检查,以及对测段高差的单独统计,因此在数据处理时需要对这些项目进行检查、计算;步骤二:按《规范》要求,每条水准路线的测段均进行了往返观测,因此需对往返测高差较差、限差以及高差中数进行检查、检查;步骤三:将测段往返测高差中数及站数输入清华三维平差软件进行平差。

由于水准观测存储的数据量非常大,通过人工统计计算实现以上三个步骤不仅工作量大,且容易出错,可将文本文件导入Excel,然后编制一些简单的“宏”程序完成几乎相同重复的数据处理操作,也能提高数据处理速度。然而,在该项目中,作者在Excel中利用VBA编制了“宏”程序,直接读取文本文件数据,进行数据统计、检查处理,并输出转换成清华三维平差软件平差格式数据,完全实现了以上的三个数据

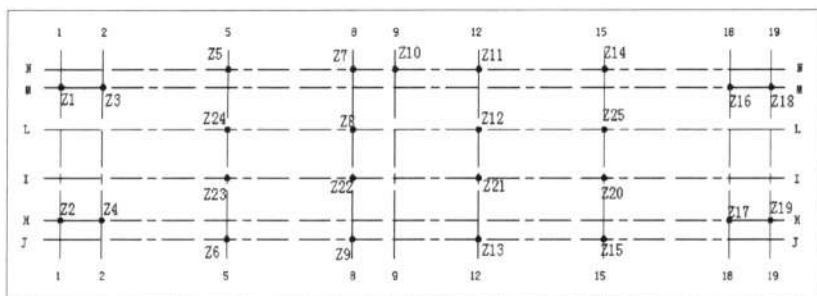


图1 沉降观测点布置图

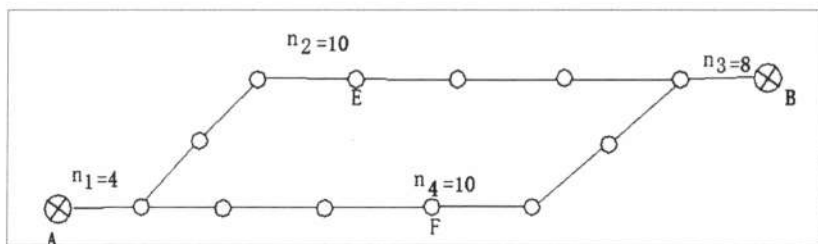


图2 沉降观测点测量路线图

处理步骤,大大提高了数据处理速度,同时避免手工处理数据容易造成的错误,实现了数据的自动化处理。

3.1.3 精度的评定

基准网为有3个点的一个水准闭合环,闭合差为+0.39mm,限差为±1.9mm,小于限差的1/2,其余基准网观测精度见表1所示。

沉降点观测网布设成3个相对独立的闭合环,在10次观测中,最大闭合差为+0.62mm,远小于限差±3.3mm的1/3。沉降点的10次观测中最大高程中误差、最大高

差中误差如表2所示。

从表1、表2统计来看,最弱点高程中误差与精度估算基本相符,沉降观测中精度指标均小于限差的1/2,其中绝大多数精度指标小于限差的1/3,可见这些水准观测质量良好,完全满足《规范》中各项精度要求,观测成果可靠。

3.2 资料整理

3.2.1 沉降量一览表的编制

经平差计算得到沉降点的高程后,将成果导入Excel,利用本次观测高程减去上一次观测高程而得到该沉降点的本次沉降量,并

将各次的沉降量累加计算累计沉降量。沉降量一览表格式如表3。

3.2.2 沉降曲线的绘制

根据计算的沉降量及有关的时间、荷载、沉降点间距等数据,绘制各种沉降曲线,这些沉降曲线图可以清晰形象地反映沉降观测点的变形过程、变形的大小,从而可根据这些图形做综合变形分析,及时地为大楼的正常运行提供参考信息。曲线图如图3、图4、图5。

3.3 数据分析

为便于分析大楼沉降变化情况,以沉降量测定中误差的2倍作

表1 基准网测量精度统计表

每站高差中误差(mm)		相邻基准点高差中误差(mm)		每km高差偶然中误差(mm)	
实测值	限差	实测最大值	限差	实测值	限差
±0.12	±0.3	±0.19	±1.0	±0.13	±1.0

表2 大楼沉降点精度统计表

观测次序	最大高程中误差(mm)		相邻沉降点最大高差中误差(mm)		备注
	实测值	限差	实测值	限差	
第一次	±0.29	±1.0	±0.23	±0.5	
第二次	±0.22	±1.0	±0.17	±0.5	
第三次	±0.29	±1.0	±0.22	±0.5	
第四次	±0.19	±1.0	±0.15	±0.5	
第五次	±0.14	±1.0	±0.11	±0.5	
第六次	±0.12	±1.0	±0.08	±0.5	
第七次	±0.14	±1.0	±0.11	±0.5	
第八次	±0.20	±1.0	±0.15	±0.5	
第九次	±0.11	±1.0	±0.08	±0.5	
第十次	±0.11	±1.0	±0.09	±0.5	

表3 大楼各次观测沉降量一览表(示例)

次序 点名	1	2		3		4		5		6(封顶)		7	
	2006.9.6	2006.10.1		2006.11.9		2006.12.11		2007.1.5		2007.2.13		2007.4.19	
	高程 (m)	沉降量 (mm)	累计 (mm)	沉降量 (mm)	累计 (mm)	沉降量 (mm)	累计 (mm)	沉降量 (mm)	累计 (mm)	沉降量 (mm)	累计 (mm)	沉降量 (mm)	累计 (mm)
Z1	91.8446	第二次开始观测		0.1	0.1	0.7	0.8	-0.5	0.3	-2.0	-1.7	-0.8	-2.5
Z2	91.7820	-0.2	-0.2	-0.5	-0.7	-0.6	-1.3	-0.2	-1.5	-0.5	-2.0	-0.4	-2.4
Z4	91.8573	-0.6	-0.6	-1.3	-1.9	-2.1	-4.0	-0.8	-4.8	1.4	-3.4	-1.5	-4.9
Z6	91.8878	-0.6	-0.6	-1.2	-1.8	-2.1	-3.9	-0.7	-4.6	-0.4	-5.0	-0.6	-5.6

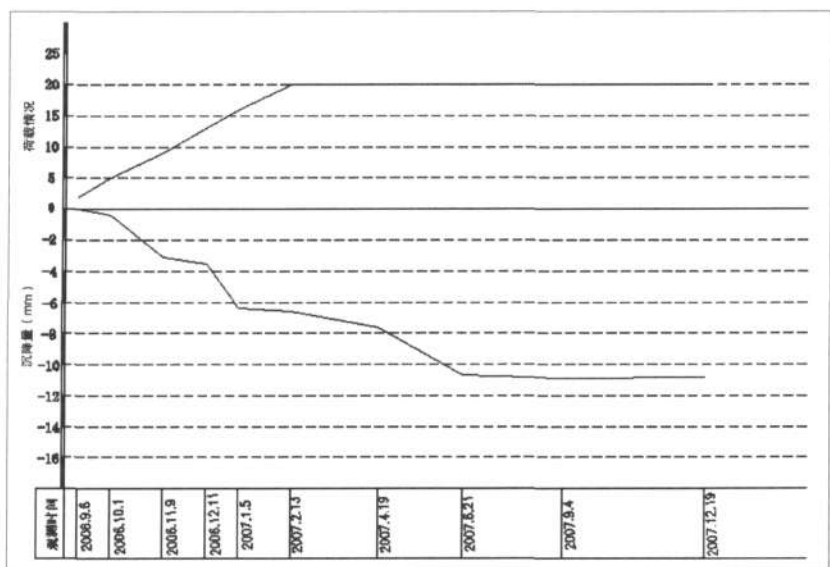


图3 荷载、时间、沉降量曲线图(Z12点)

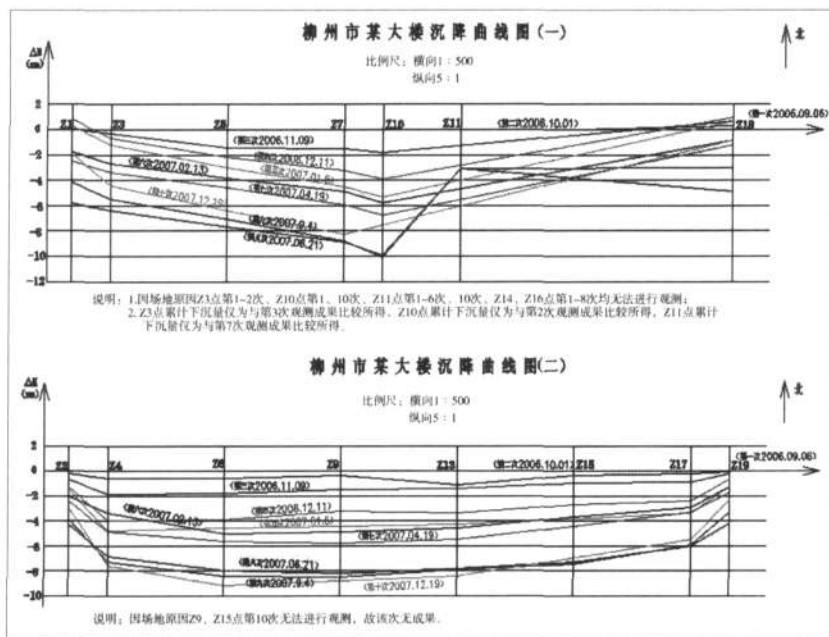


图4 断面沉降量曲线图

为判断大楼是否沉降的依据,即当沉降量大于其2倍测定中误差时,可认为大楼是有沉降变化的;当大楼沉降速率小于0.01mm/d时,则可认为沉降进入稳定阶段。

从大楼各点沉降曲线图(荷载、时间、沉降量曲线图)看,随着荷载的增加,大楼下沉量将增大,

在装修期间,各楼层都在增加大量的砖砌体以用于房间的分隔,这时实际上大楼的荷载还是在增加的,大楼沉降点的沉降也还在增大,直至第八次观测,曲线开始变为平缓,可见大楼的沉降主要由荷载变化而引起。

从断面沉降曲线图看,大楼

各沉降点都有不同程度的下沉,大楼东、西两侧沉降较小,最大累计下沉量为2.9mm(Z2点),中部下沉较大,最大累计下沉量为10.8mm(Z12点),大楼纵向相邻两点最大沉降差为4.7mm(Z2~Z4),大楼横向相邻两点最大沉降差为3.2mm(Z3~Z4),最大倾斜度(Z3~Z4)为0.159‰,大楼沉降较为均匀,对大楼无不良影响。

大楼东侧Z16~Z19及西侧Z1~Z4区域为4层高,其余区域20层高,而Z3~Z4断面及Z16~Z17断面为4层与20层的分界处,从大楼断面沉降曲线图看,曲线走势在这两个断面有较大变化,即体现矮楼层区域下沉量小而高楼层区域下沉量较大;在大楼东、西边的最外侧Z1、Z2、Z18、Z19从第九次至第十次观测有不同程度的回升,但回升量大小以大楼中轴线呈对称形式,即北侧Z1、Z18两次累计回升量分别为3.9mm和4.1mm,南侧Z2、Z19两次累计回升量分别为1.4mm和1.9mm,这可能是因基础受到不同荷载压力(分别为20层与4层)而引起的建筑结构变形。

从大楼沉降曲线图及大楼各次观测沉降量一览表看,从第八次至第十次各沉降点变化量较小,最大下沉速率仅为-0.008mm/d,小于0.01mm/d,大楼沉降已趋向于稳定。

4 结语

(1)采用电子水准仪能自动读取并存储数据,避免了传统人工读数作业方法带来的人为读数误差,以及人工读数、计数、计算

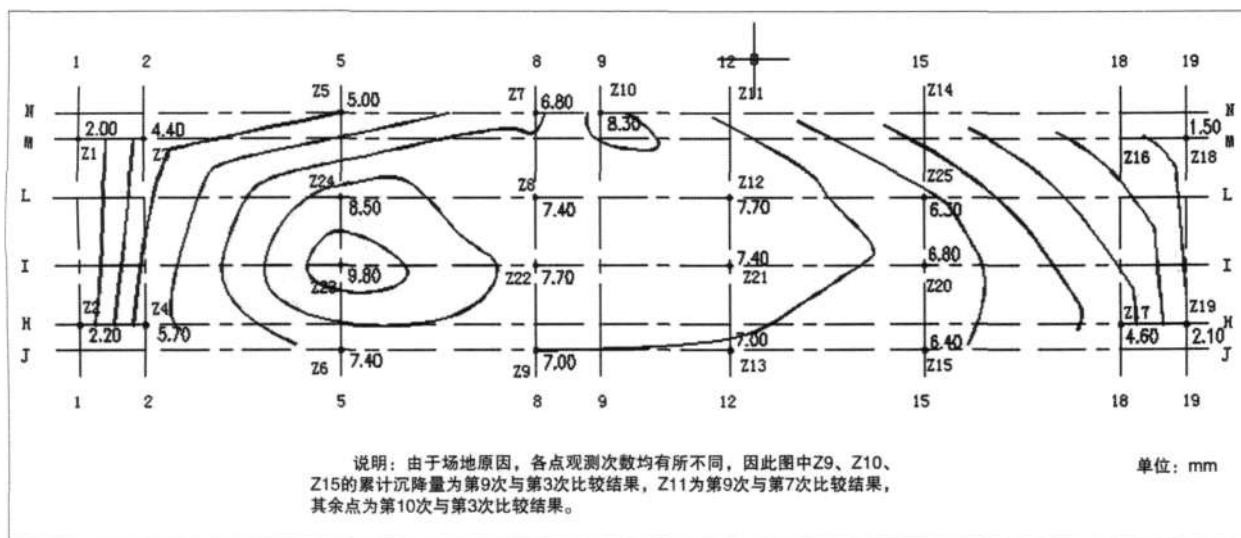


图5 等沉曲线图

可能出现的错误，也提高了外业作业的速度、效率。

(2) 电子水准仪存储的数据具有很大的规律性，我们可充分利用 Excel 软件编制一些简单的“宏”程序以完成几乎相同重复的数据处理操作，可大大提高数据处理速度。

(3) 以2倍的沉降量测定中误差作为判断大楼是否沉降的依据，可较好地判定大楼的沉降变形情况。

参考文献

- [1] GB 50026—2007, 工程测量规范[S].
- [2] JGJ/T 8—2007, 建筑变形测量规范[S].
- [3] 李青岳, 陈永奇. 工程测量学[M]. 北京: 测绘出版社, 1995.

作者简介

韦献强, 本科, 工程师, 现任职于柳州市勘察测绘研究院。
潘瑞平, 中专, 助理工程师,

现任职于柳州市勘察测绘研究院。

唐修锋, 大专, 助理工程师, 现任职于柳州市科绘信息工程有限责任公司。

收稿日期: 2010-08-25

