

高层建筑物沉降观测及成果分析

乔淑荣

(建设综合勘察研究设计院, 北京 100007)

摘要: 通过对高层建筑物的沉降进行跟踪观测, 可以获得建筑物准确可靠的沉降数据, 了解建筑物在施工及运营期间的实际沉降情况, 掌握地基在不同荷载作用下随时间的沉降规律, 为建筑施工和运营安全提供数据保证, 从而为监督施工质量和安全建设提供可靠的支持。本文以某建筑物沉降观测为例, 就沉降观测的作业流程、施工工艺、成果处理、沉降规律、影响因素等作一些定量和定性分析。

关键词: 沉降观测; 变形分析

中图分类号: TU433

文献标识码: B

Abstract: The exact and accurate data can be obtained through tracked periodical settlement observation for high rising buildings, which support the construction safety and quality control. This paper, based on a case practice, introduces its procedures, techniques, data processing, settlement analysis and impacted factors.

Key words: settlement observation; deformation analysis

1 引言

随着科学技术的进步及全球城市化进程的发展, 高层建筑如雨后春笋般拔地而起, 为了确保高层建筑物的稳固与安全, 监测其变形状况变得越来越重要。目前, 包括《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7-97) 在内的许多勘察设计规范均将高层建筑的沉降观测列入基本要求, 建设部还专门制定颁布了国家行业标准《建筑变形测量规程》(JG/T 8-97)。

本文根据近年来笔者从事高层建筑物沉降观测的工作实践, 对沉降观测的作业流程、沉降点的施工工艺以及沉降观测的实施与数据处理分析方法等进行总结, 为类似工程提供借鉴。

2 高层建筑沉降观测的基本特点

为了能及时监测高层建筑物的沉降状况, 沉降观测点一般在新建建筑物进行基础施工时或已有建筑物需要监测时布设。新建建筑物布设沉降点时, 尚不能顾及沉降点周围可能砌筑隔断墙或铺设管道设备等, 前期施工现场堆放物较多, 施工现场凌乱, 基础沉降点容易被压盖或碰撞。现场施工人员庞杂, 各工序人员不同, 交接协调工作如不及时, 沉降点就有被人为覆盖或损毁的可能。如不及时进行观测, 就会失去某一时段的沉降数据, 且无法恢复或重测。每次观测完毕, 应及时处理数据, 以便及时发现问题解决问题。因此, 高层建筑沉降观测具有以下特点:

- 1) 监测环境复杂性, 障碍物多, 通视条件差;
- 2) 沉降点点位易受破坏, 影响沉降观测的连续性;
- 3) 监测工期较长, 人力物力消耗大;

4) 原始数据量大, 数据处理繁琐;

5) 监测的实时性和不可逆性。

一般沉降观测项目基本工艺流程包括: 仪器设备及材料准备、基准点布设、工作基点布设、沉降点布设、沉降观测及数据处理、沉降数据分析等, 具体方法可参见有关规范和文献。在这里, 沉降点埋设值得注意。

对于高层建筑, 沉降观测一般必须埋设基准点和永久沉降点, 依据现场情况还可以布设工作基点、基础沉降点以及联系点、检查点等。

基准点是沉降观测的起始控制点, 要求埋设在稳定、安全、可靠和使用方便的地方, 根据现场条件, 确定基准点的埋设位置和个数, 基准点的高程系统最好与建筑物高程系统一致。对于新建建筑物, 布设基础沉降点和永久沉降点时, 其个数主要依据建筑物规模、建筑结构以及地质条件等因素确定, 沉降点位置应尽量分布在四角、大转角、承重墙(柱)、沉降缝两边、裂缝两边、轴线上和中心点等处, 还应充分考虑通视条件, 避免转点, 必须布设在承重位置或地质条件差的地方, 阳台、非承重墙(柱)等地方不宜布设永久沉降点。

如果永久沉降点埋设在地下室, 最好在地面上布设两个工作基点。工作基点是连接地上基准点和地下沉降点的过渡点。工作基点应与地下永久沉降点位置相对应, 理论上工作基点的沉降量与其相对应的同一沉降柱上沉降点的沉降量相

收稿日期: 2002-10-16; **修订日期:** 2002-11-28

作者简介: 乔淑荣 (1966-), 女 (汉族), 四川邛崃人, 工程师。

同，即将工作基点与其相对应的沉降点之间高差视作常量。

3 工程实例

北京某建筑群由五栋不同高度的塔楼组成，占地面积约10000m²，整个建筑分为南北两个区，分别采用箱形基础和筏式基础，埋深12.6m，三层地下室为综合用房，两区之间预留沉降缝。南区为剪力墙结构，地上部分22层；北区为框架剪力墙结构，地上部分为18层，另有部分裙房。

3.1 点位布置

根据现场条件，在距待测建筑约150m处设立3个基准点，采用双金属管深埋标，埋深16m，基准点之间的距离约为30m，在东西方向构成直伸形状。地上一层施工完毕并拆模后，在西南角和西北角的承重柱上各埋设了一个工作基点（201号和202号），作为基准点和地下沉降点之间的过渡点。实际工作中，两个工作基点同时观测，用一个工作基点的沉降量参与计算地下沉降点的沉降量，另一个工作基点作为检查点。

建筑物地下三层为停车库，是理想的沉降观测场所，所有永久沉降点标志均使用专用暗标布设在地下三层。按设计方案要求，在承重柱或承重墙上共埋设了45个永久沉降观测点（其中北区22个，南区23个），安装在地下三层的设地面标高25cm以上。南北区建筑结构不同，施工先后不

一，建筑高度也不同，埋设沉降点的方式也就随之不同，这给数据获取带来一些差异。北区先建设，沉降观测项目实施时已建至地上二层，不必再布设基础沉降点。南区地基基础浇筑时，布设了23个基础沉降点，待地下三层拆模后埋设永久沉降点。

3.2 沉降观测

使用Zeiss Ni002自动安平水准仪配合铟钢水准尺进行二级沉降观测。为保证观测成果的质量，各次作业中，使用的仪器设备、主要作业人员和观测路线基本不变。

将建筑物高程系统引测到基准点上，三个基准点组成闭合环，在工作基点没有建立之前，由基准点直接引测到8号基础沉降点上，构成附和路线，45个基础沉降点按一定路线组成闭合环或附和路线，获得基础施工阶段的沉降数据。待永久沉降点布设好后，将基础沉降点高程引测到相应永久沉降点上，基础沉降点的沉降量随着转移至永久沉降点。工作基点布设后，由103号基准点引测到202号工作基点上，通过该工作基点传递到与其相对应的8号永久沉降点，工作基点与其相对应的永久沉降点之间的高差用Zeiss Ni002自动安平水准仪配合30m钢卷尺和两个配套重锤多次反复测量获得。所有永久沉降点按一定路线组成闭合环或附和路线，基准点、工作基点、永久（基础）沉降点就构成了沉降观测控制网。

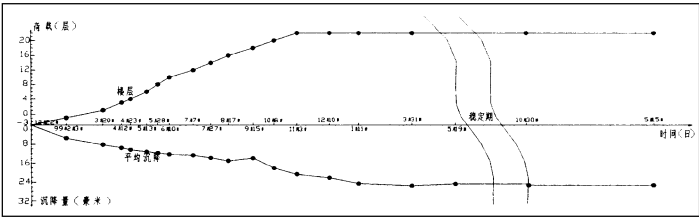


图1 南区时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图

本项目按计划共观测25次。首期连续观测两次，取其平均值作为起始数据，确保其准确可靠。此后约十天观测一次，出地平后，按照建筑物每升高一至二层观测一次的周期进行沉降观测，1999年9月暂时停工一段时间，在停工时和重新开工时各观测了一次。主体结构完工后，按一月、两月、三月、半年进行沉降观测。

经统计得知，往返测高差平均值之差 $\leq \pm 0.3\text{mm}$ ，附和或环线闭合差 $\leq \pm 0.3\sqrt{n}\text{mm}$ 。由此可见，实例的观测精度完全满足二级沉降观测精度的施测要求。

4 沉降观测数据分析

4.1 沉降量、沉降速率及其趋势分析

由沉降观测成果表，可以获得各次观测的每点每次平均沉降量与沉降趋势、每点每次累积沉降量与总沉降趋势、每日平均沉降速度与发展趋势，并制作相应沉降趋势表，如表1所示，表中的箭头表示相应的沉降趋势或发展趋势，“↑”代表下降，“→”代表平缓，“↓”代表上升。

南区部分次数沉降趋势

表1

观测次数	每点每次平均沉降量(mm)	沉降趋势	每点每次累积沉降量(mm)	总沉降趋势	每日平均沉降速度(mm/日)	发展趋势
1	0		0			
5	2.71	↓	8.09	↓	0.06	↓
10	0.50	↓	12.25	↓	0.04	↓
15	4.25	↓	18.12	↓	0.18	↓
20	-0.80	↑	24.74	↑	-0.02	→
25	0.24	→	25.54	→	0.00	→

经统计得知，北区随着荷载的不断增加，累积沉降量也在不断增加；主体结构完工后，出现小幅反弹，之后趋平稳；开始内外装修时，荷载增加，累积沉降量也随之增加；运营阶段，荷载变化极小时，累积沉降量也基本维持不变。南区也遵循同样的规律。

完成沉降观测后，计算得出，南区平均总沉降量为25.54mm，每日平均沉降速度为0.02mm/日；北区平均总沉

降量为 12.53mm, 每日平均沉降速度为 0.01mm/ 日。对于一般观测工程, 若沉降速度小于 0.01 ~ 0.04mm/ 日, 可认为进入稳定阶段^[1]。由计算结果看出, 数值较小, 对建筑物不会造成影响。

4.2 时间 - 荷载 - 沉降关系分析

由各次观测的平均沉降量和相应的荷载量分别绘制出南区 and 北区的时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图, 图 1 为南区时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图。

由于进行第一次沉降观测时, 北区已建至地上 4 层, 南区建至地下 3 层地面。根据现场实际情况, 将南区 and 北区分组观测, 分别绘制时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图。北区地基基础至地上 3 层之间失去了进行沉降观测的时机, 前期数据缺乏。由于南区为剪力墙结构, 北区为框架剪力墙结构, 南北区之间留有一条沉降缝, 因而南区的沉降量比北区的要大。

由时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图可以看出, 该建筑物平均沉降量随着时间的推移和楼层 (荷载) 的增加呈现正比例关系。沉降曲线在 1999 年 9 月至 10 月间有一个小的起伏, 从成果表第十四次观测数据中也可看出在此时间段内该建筑物有回弹现象。经分析认为, 在此期间, 该工程大部分项目暂时停工, 从而导致建筑物产生小幅反弹。由于南区荷载减缓一段时间后又恢复原来的进度, 因而在 1999 年 9 月 15 日观测的回弹量大些, 而北区在此阶段主体结构完工近半年, 沉降已相对稳定, 受到的影响相对小些, 反映在回弹量上数值也较小, 这种现象应属正常。2000 年 1 月开始内外装修后, 沉降量也随之增加, 荷载变化很小, 沉降曲线平直, 该建筑物沉降趋稳。

从整体上看, 沉降曲线光滑平缓, 说明沉降量比例均匀, 同时在观测过程中, 没有出现大的起伏, 时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图正确适时地反映了该建筑物的沉降过程, 说明观测成果可靠。

4.3 等沉降曲线分析

利用全部 45 个沉降点的累积沉降量绘制出等沉降曲线图 (见图 2)、南区各点累积沉降量柱状图 (见图 3) 和北区累积沉降量柱状图。由图可以看出, 南区最大沉降在 25 号点处, 其沉降量为 34.49mm, 最小沉降在 44 号点处, 其沉降量为 14.20mm, 最大点和最小点间差异沉降量为 20.29mm; 北区最大沉降在 12 号点处, 其沉降量为 16.28mm, 最小沉降在 2 号点处, 其沉降量为 6.65mm, 最大点和最小点间差异沉降量为 9.63mm; 建筑物中间部位沉降量较大, 周边沉降量相对较小, 符合普通建筑物沉降规律。

北区从地上四层开始沉降观测, 前期沉降量缺失, 故北区所有点的累积沉降量相对比南区的小, 北区前四层的荷载对南区的沉降也会产生影响。据掌握的该地区 30m 深度范围内地质情况得知, 层底标高 30.78 ~ 29.40m 为粉质粘土, 厚 5.2 ~ 8.2m; 层底标高 28.48 ~ 26.78m 为粉细砂, 厚 1.9 ~

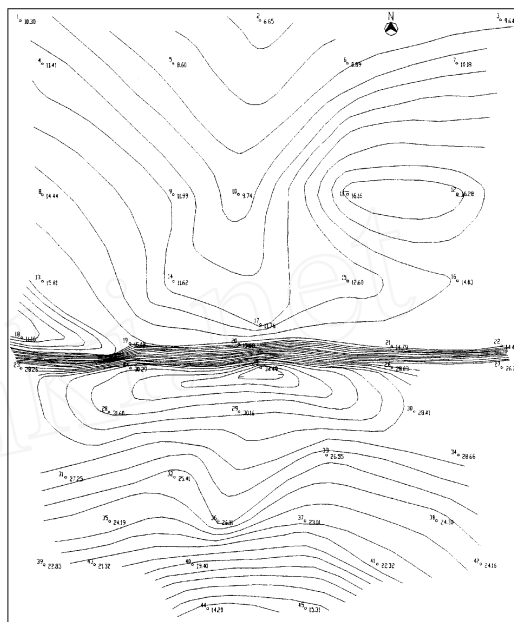


图 2 沉降观测等沉降曲线

4.0m; 层底标高 23.08 ~ 21.93m 为卵石, 厚 3.7 ~ 5.7m; 层底标高 17.63 ~ 16.28m 为粉质粘土, 厚 4.3 ~ 6.8m; 再往下又为卵石, 厚度不再钻探。地层相对坚固, 因而最终累积沉降量数值较小。

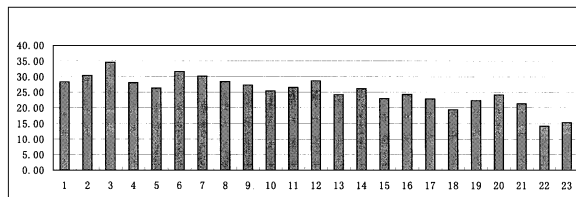


图 3 南区各点累积沉降量柱状图

5 结语

实例的时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图、等沉降曲线图、累积沉降量柱状图等正确适时地反映了该建筑物在施工和前期运营期间的沉降过程。只要建筑物荷载突然增加或突然减少, 建筑物在此时是沉降还是反弹, 立即就反映在时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图上。如果荷载没有变化, 而时间 - 荷载 - 沉降关系曲线图出现较大起伏 (不平滑), 说明该建筑物有异常情况, 需特别关注。整个监测过程没有任何大的异常情况发生, 建设单位、监理单位和施工单位对提交的中间成果和最终资料成果均非常满意, 对成果分析完全认可。

参考文献

- [1] JG/T8 - 1997, 建筑变形测量规程. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.
- [2] 李青岳. 工程测量学. 北京: 测绘出版社, 1984.