

沉降观测在“鑫润北国之春”高层建筑施工中的应用*

杜圣芳,李信敏,于松,尹建国

(山东省第四地质矿产勘查院,山东 潍坊 261021)

摘要:城市高层建筑物变形监测是从施工到竣工直至稳定阶段进行周期性的沉降观测,目的是指导合理的施工工序,预防在施工过程中出现不均匀沉降,避免因沉降原因造成建筑物主体破坏而导致巨大经济损失。该文详细介绍沉降观测基准点、沉降观测点布设过程及观测方法,介绍使用的观测仪器、计算软件及观测精度;结合等值线图、楼荷载-时间-沉降量关系曲线图作楼基变形沉降分析,分析出现不均匀沉降现象的原因,并提出预防和解决问题的方法。

关键词:高层建筑;沉降观测;线性分析

中图分类号: TU433 **文献标识码:** B

随着先进科学技术与新型材料在建筑领域的广泛应用,我国中等城市中高层建筑迅速崛起。为保证高层建筑正常使用寿命与安全性,以及考虑对周边建筑群体带来的复杂变形影响,必须从施工到竣工直至沉降稳定阶段进行周期性的沉降观测,研究其沉降原因和规律,为建筑物的设计、施工、运营维护及科学研究提供可靠资料,及时反馈信息,预防不均匀沉降和裂缝出现。为此,受鑫润置业有限公司委托,山东省第四地质矿产勘查院对“鑫润北国之春”工程进行沉降测量。

1 沉降观测基准点及其布设

“鑫润北国之春”为5幢18层主体建筑群,每幢楼高约57 m,砼混结构,用途为住宅小区,地面以下为一层地下室和停车场。“鑫润北国之春”场地地形平坦,地貌类型单一,地层结构简单,横向分布较稳定,物理力学性质较均匀,无不良地质作用存在,场区稳定性良好。基础下地基承载力特征值为380 kPa。勘查区处于沂沭断裂带北部的昌潍凹陷内,沂沭断裂带由东侧的昌邑-大店、安丘-莒县2断裂和西侧的沂水-汤头、郟郟-葛沟2条断裂组成,断裂

中间地段宽度近30 km。新近系以后沂沭断裂带活动大大减弱,处于相对稳定的阶段,同期潍坊凹陷形成,并接受了第四系的沉积。勘探场地地下水埋深9.50 m左右,为第四系孔隙潜水,场区水位变幅不超过2.0 m,近3年场区最高地下水位埋深为8.0 m。

垂直位移监测网由3个基准点组成,点位分别位于“鑫润北国之春”建筑群东、南部未有回填且保持原状土层的空地内,成等腰直角三角形分布,距建筑物的距离为120 m。水准基准点采用混凝土基本水准标石,基坑开挖规格为1 m×1 m×2 m,至姜土层后,用混凝土现场浇灌,水准标志点为瓷质标准水准标志,离地面约0.6 m,砖砌护筒至高于地面0.5 m,顶面加盖予以保护。

沉降观测点布设在能反应建筑物变形特征和变形明显的部位,即建筑物的拐角、楼道两侧及其他位置的承重柱上,间距小于15 m。离地面±0.5 m。其标志为墙上水准点标志,直接焊接在承重柱的主钢筋上,外部的不锈钢半圆球离墙面10 cm。编号方式为“栋号+点号”。2号楼周长167 m,布设沉降观测点12个,达到《工程测量规范》(以下简称规范)中三等变形观测要求。

* 收稿日期:2010-04-16;修订日期:2010-07-22;编辑:曹丽丽

作者简介:杜圣芳(1966—),男,山东郟城人,工程师,主要从事测绘工作;E-mail:dsf19660111@163.com。

2 作业方法

2.1 水准观测

沉降测量的精度等级,依据建筑物的变形允许值进行估算。该次施测等级执行《规范》中三等变形观测要求,观测点测站高差中误差小于 0.3 mm 左右,各沉观点高程中误差小于 1.0 mm 左右^[1,2]。

(1)各观测点高程均按国家三等水准测量测定,使用美国生产的天宝 DS04 型 DINI12 电子水准仪配合铝合金条码水准标尺按后前前后顺序,采用中丝法施测,水准仪自动读数、自动记录、自动存储并将数据传入微机。作业过程中做到三固定一注意,即固定人员,固定仪器、设备,固定路线和观测方法,尽量在相同的环境条件下完成测量工作,以提高成果精度。

(2)观测前对水准仪进行全面的检查,作业中定期对仪器 i 角进行检查。

(3)观测采用的限差:测站 2 次观测的高差较差允许 ± 0.7 mm,视线长度小于 50 m,前后视距差不大于 ± 1.0 m,前后视距累积差小于 3.0 m。

2.2 平差计算

平差计算前对水准网进行验算,各环闭合差均不超过 ± 0.6 mm(n 为测站数),各段高差经尺长改正后用于平差计算,平差程序采用清华山维“NASEW”平差程序进行平差计算。平差过程分为两步:先进行节点网平差,节点间再按单一路线平差(表 1)。从表 1 可见,单位权中误差(测站高差中误差)均小于《规范》中的 ± 0.3 mm,各点高程中误差均小于 ± 1.0 mm^[3]。

表 1 精度统计表(mm)

回次	初始	1	2	3	4	5	6	7
测站高差中误差	0.15	± 0.26	± 0.27	± 0.23	± 0.11	± 0.25	± 0.22	± 0.23
高程中误差	0.56	± 1.0	± 1.0	± 0.8	± 0.3	± 0.8	± 0.8	± 0.8
回次	8	9	10					
测站高差中误差	± 0.26	± 0.22	± 0.24					
高程中误差	± 0.9	± 0.8	± 0.9					

3 成果整理

3.1 不可靠成果的剔除

(1)由于测量的误差,部分沉降量很小的点,累计沉降出现负值,回归分析计算时,负数统一舍去。

(2)观测点相邻两次沉降之差,不按正常沉降规律沉降的(有正有负),与最大测量误差(二倍的测量中误差) ± 4.0 mm 进行比较。如小于 ± 4.0 mm 的认为成果可靠。大于 ± 4.0 mm 的,根据沉降情况以及楼基载荷情况判定成果是否可靠,进行取舍。

3.2 不可靠成果的校正

在中间某期出现异常值,即突然回升异常用“三点法”进行修匀得到最终沉降时程曲线(图 1)^[4]。

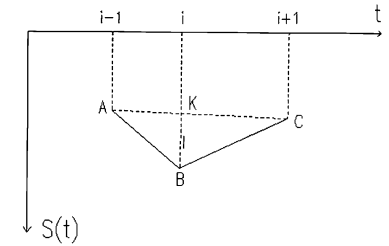


图 1 三点修匀法示意图

修正步骤:①首先 3 点两两相连,求取 AC 与过 B 点垂直线的交点 K。②在直线 BK 上求点 I,使得 $IK = \{P_i/[P]\} \times BK$, I 点即 B 点的修正位置, P_i 为实际情况下各次观测的权,在实际沉降观测中为等精度观测,故 $P_i/[P]=1/3$ 。③由 A, B, C 修正点 B,再由点 B(原测点), C, D 修正点 C;如此修正下去,将各点修匀,得到最终沉降时程曲线。

4 变形分析

4.1 水准基点成果分析

利用不同时间的观测平差结果,求增差值变差 Δh ,如果平差变值 Δh 小于两倍高程中误差(m_H),则基本无变动,否则有明显变动。根据《规范》规定,高程中误差 $m_H = \pm 1$ mm,则 $\Delta h \leq \pm 2.0$ mm 时视为无变动(表 2)。 Δh 最大为 $+0.7$ mm,小于 ± 2.0 mm,判定 BM1, BM2, BM3 水准基点无变动,能保障沉降观测点测量精度。

表 2 水准基点平差精度

点号	2007 年 7 月 20 日		2008 年 12 月 20 日	
	高程	Δh	高程	Δh
BM1	24.5148		24.5141	+0.7
BM2	25.3509		25.3502	+0.7
BM3	24.9885		24.9880	+0.5

4.2 沉降观测点观测成果的线性分析

由于各楼房地基、载荷情况、对沉降观测点观测

数量不同和变形性质不同,在线性分析时各楼房分开分析,以各周期的长期观测数据为依据,建立载荷-时间-沉降量关系的数学模型。根据传统经验和对地基基础的研究,变形分析采用双曲线 $1/s = a + b \cdot 1/T$ 方程作回归预报方程。根据各期沉降观测数据,采用南方“CASS7.0”软件在计算机上制作完成,再输出到绘图仪出图,方法先进,既保证了图件的精度,图件的漂亮,又能直观地反映楼房的沉降变形情况。以2#楼变形等值线图、双曲线 $1/s = a + b \cdot 1/T$ 图为例说明:

(1)从沉观变形等值线图分析:205,207,208 未标沉降值,203 沉降值最大,形成最低等值线。205 号点在2007年8月8日未观测初始值,以后连续6次未观测,直到11月3日、11月23日、12月12日连续观测3次,以后未观测,由于没有观测初始值而无法计算该点沉降值;207,208 观测点情况与之类似。观测计算的目的是与本期相关其他观测点观测计算值作比较,剔除粗差,作出合理判断。203 号点沉降量为11.1 mm,212 为10.2 mm 与202,201 的8.0 mm,6.7 mm 差距较大,故形成密集等值线。205,207,208 点未标沉降量,只以204,206,209 点沉降量估绘等值线,而形成松散均匀等值线,不能准确反映实际沉降情况。等值线间差值为1 mm,虚线为10 mm 等值线(图2)。

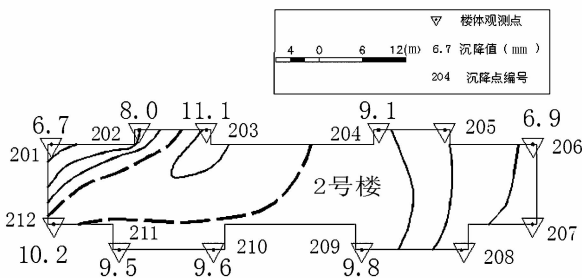


图2 2#楼等值线图

(2)从载荷、时间、沉降量曲线图分析:①208 点只在2007年8月份观测2次;205,206,207 点观测到2007年12月份,且205,207 点只在11—12月连续观测3次,以后又未观测,导致205,207 点沉降量曲线异常,206 点基本反映12月份前沉降趋势。其余各点自2007年8月定期观测到2008年4月底共11次序,基本反映2#楼从2层到18层建筑稳定过程:第二次观测出现回升,而以后各次观测又逐渐下降,直至各次观测平稳。②首次观测后即发生回升,以后各次又呈下降趋势。这种现象一般是由于首次

观测精度偏低,而首次沉降量很小,因而受误差影响比较明显的缘故。结合2#楼沉降量与时间关系曲线图可以看出:排除205,207 点(未观测),所有观测点都在首次观测至8月13日段呈直线上升,只有208 点上升超过2 mm(限差5 mm),属正常现象。③曲线在某点突然回升。观测点立尺半圆球上沉积物过多或观测点被碰动且碰后高于碰前,若低于碰前,则曲线出现急剧下降,如209,210,211,212 点在9—11月时间段曲线图(图3)。

4.3 沉降观测结果

从各楼房墙体观测成果看,各楼房墙体沉降均匀且很小。整个楼区平均沉降量为8.2 mm;平均沉降量最大的1号楼为9.2 mm;平均沉降量最小的4号楼仅为6.9 mm;最大沉降点为1号楼的102 号点,其沉降量为12.4 mm;墙体最大不均匀沉降线为109~110 线,不均匀沉降量为5.0 mm。

5 存在的问题及建议

(1)因观测点不够(缺少数据)致使图面形成楼体沉降不均匀现象。虽然沉降观测点布设科学合理,但因定期观测时沉降观测点被遮挡或破坏,无法取得该期该点测量数据,不完全的测量数据很难反映楼体的真实沉降情况。建议施工管理单位切实保护好楼体上各沉降观测点及在观测时间内给予测量便利。如果观测点被破坏,应及时补上新点。

(2)在中间某期出现突变值,即在前后两期间突然一起一伏,呈脉冲状。用观测点稳定性的检验方法对该突变点进行检验,判定该观测点的稳定性,同时看观测点是否有损伤或沉积物的痕迹。若确为该点被触动,则该点该期沉降观测值作废,碰后点位仍然牢固者可继续使用;反之则需新设另一点^[5]。

(3)曲线自某点起渐渐回升,一般是水准基点下沉所致。建议与高级水准点附合测量,确定是否下沉。

6 结语

(1)该次所取得各项成果精确可靠,技术指标均满足规范要求,野外观测成果无误,满足变形分析的数据要求。由于部分沉降点观测次数较少,只能从整体反应沉降量,沉降规律反映不清晰。从楼房整体沉降,最大沉降量及沉降速率看,平均速率最大为0.048mm/d,楼房稳定,符合运营。要求以上方法、

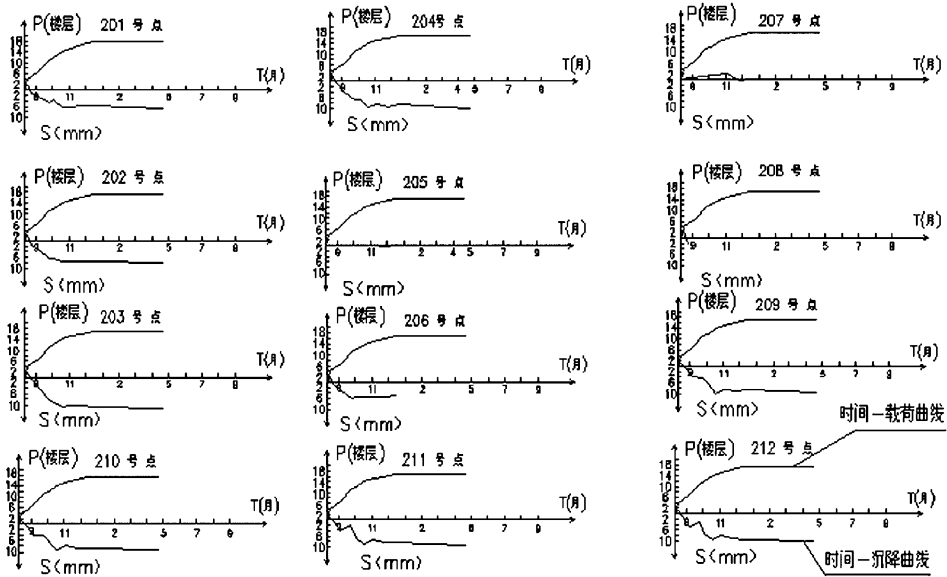


图 3 2# 楼荷载、时间、沉降量曲线图

措施是可行、正确的,对其他变形测量也有借鉴价值和工程意义。

(2)根据传统经验和地基基础的研究,利用双曲线 $1/s = a + b \cdot 1/T$ 过程分析。首先对沉观点进行变形检验及正确性检验,粗差剔除,求得的回归方程可信时,计算该点的最终沉降量。个别沉降点因测量间断及测量的误差等影响,回归方程无法求出,故以各次观测值距初测时间的的时间差为权,求观测值的加权平均值作为对应点沉降量。为确保求出回归方程,应合理布设基准观测点,应在成像清晰、稳定的时间内进行观测,保证观测连续性,应根据实际情况设定观测周期(楼建成后继续观测一段时间),以

获得更详尽全面的观测资料。由于不同的观测环境和地基条件,观测结果也不尽相同,某些结论还有待获得更多详细资料进行更为科学的研究。

参考文献:

- [1] 李青岳,陈永奇. 工程测量学[M]. 北京:测绘出版社,1993.
- [2] 郭鸿鹏. 高精度电子水准仪在城市高层建筑物沉降观测中应用[J]. 地矿测绘,2000,(3):41-42.
- [3] GB50026-93. 工程测量规范[S].
- [4] 陈小荣,雷劲松. 高层建筑沉降观测数据处理与分析新方法[J]. 四川建筑科学研究,2009,35(3):119-124.
- [5] 闵笑峰. 浅谈高层建筑施工中沉降观测遇到的问题及技术应用[J]. 江西建材,2008,(4):115-117.

Analysis on Application of Settlement Observation in High Building Named “Xinrunbeiguozhichun”

DU Shengfang, LI Xinmin, YU Song, YIN Jianguo

(No. 4 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Weifang 261021, China)

Abstract: Deformation monitoring of urban high buildings is the periodic settlement observation from the period of construction, completion to stable phase. Its purpose is to guide the rational construction process, preventing uneven settlement, and avoiding damage and huge economic losses caused by the settlement. In this paper, datum marks of settlement observation, layout of observation points, observation methods, observation instruments, calculation software and observation precision are introduced. Combining with contour map, floor load time and settlement curve, deformed settlement analysis of building base is carried out, the reasons which caused uneven settlement are analyzed, and countermeasures for preventing and solving the above problems are put forward as well.

Key words: High building; settlement observation; linear analysis