

# 软土地基高层建筑物沉降观测探讨

电子工业部综合勘察研究院华东分院 谭正纯

**【摘要】** 本文通过对软土地基高层建筑群沉降观测的讨论,提出了深埋水准点的要求与设计,并通过复测水准网计算出浅埋水准点的沉降,从而对高层建筑物对地表沉降影响范围的确定提出初步看法。

**【Abstract】** The requirement and design of the deeply buried bench mark is proposed based on the discussions of the settlement observing of the high buildings on the soft ground. The settlement of the shallow buried bench mark is calculated by complex measuring bench mark. The preliminary views for the determination of the affective range of the surface settlement by high building are proposed.

为了验证设计及施工质量,经常需要实测某些高层建筑物在施工中和建成后的实际沉降情况。讨论高层建筑物的沉降观测的论文已不少,往往都是以研究某一幢高层建筑物为题。本文介绍沿海某大城市软土地基上的17幢高层建筑群的沉降观测情况。主要内容是:水准网及深埋水准点的设计;水准网及工作点高程精度估计;水准网的观测,浅埋水准点高程数据的修正;高层建筑物对地表沉降影响范围探讨及高层建筑物的沉降规律。

## 一、水准网及深埋水准点的设计

该高层建筑区东西长约1000m,南北宽约500m,分三区布设了24层建筑11幢,26层建筑6幢,均为民用住宅楼,其底面积分别为500、670m<sup>2</sup>。在该区内尚有已建成的13层

建筑物3幢(图1中绘斜线条建筑)。因此设计水准网时,水准点无法避开高层建筑物。也就是说采用常规的水准点埋设方法,水准点将随着高层建筑物的沉降而沉降,将无法测定建筑物的真正沉降量。若将水准点设置在远离测区的的地方,势必增加施测工作量及降低观测精度。此外,在软土地基区域也无法将水准点埋设在基岩上。于是我们提出一种深埋水准点,将它埋设在稳定的粉砂层。该粉砂层距地表60m以上,其压缩系数为0.008,将水准点埋设在该地层可以看作是“绝对”稳定的。

水准网的设计:设计一个由7个水准点组成的二等水准网,由两个闭合环组成,共2.4km。在结点处理埋设1个深埋水准点BM1,其余为浅埋水准点(见图2)。

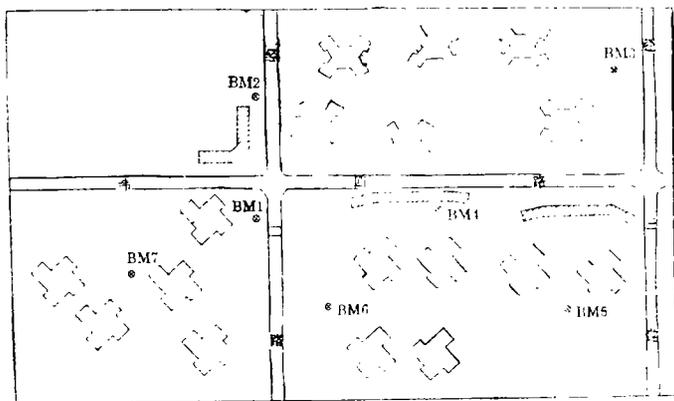


图1 二等水准点及高层建筑物分布图

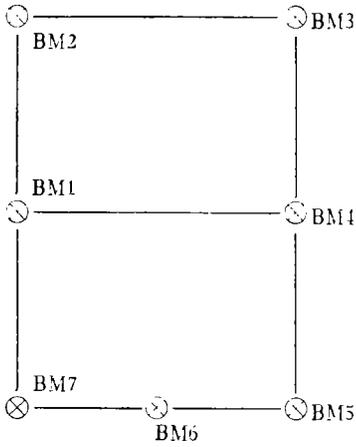
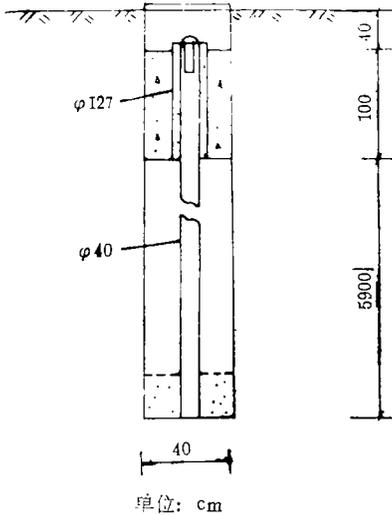


图 2 二等水准网图

深埋水准点的设计与施工：点位选择在离高层建筑物较远的地区，四周建筑物较稀，便于钻孔施工。采用20吨静力触探车将φ40mm的探杆往下钻，一直钻进粉砂层1m深。该点钻至60m停钻。在探杆顶端将不锈钢水准标志焊接好，用φ127钢管1m围护探杆及水准标志，并灌入水泥砂浆，顶部修砌保护井（见图3）。

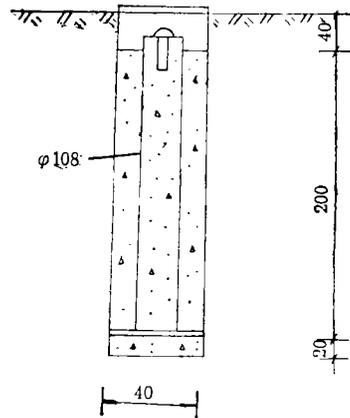


单位：cm

图 3 深埋水准点埋设图

浅埋水准点的设计与施工：点位选择在离高层建筑物较近且分散在各建筑群的地方。共6点，埋设深度为2m，底部为400mm×400mm的基坑，浇灌200mm厚的混凝土。将底部焊接有200mm×200mm钢板的2m长的

φ108钢管垂直栽入基坑，管内插入钢筋，顶端与不锈钢水准标志固定好，然后灌入混凝土，外砌保护井（见图4）。



单位：cm

图 4 浅埋水准点埋设图

### 二、水准网及工作点高程精度估算

水准网最弱水准点高程精度估计：以深埋水准点BM1为起算点，根据文献[1]中规定，二等水准网高程中误差 $m_{h_0}$ 为±0.5mm，每站高差中误差 $m_{h_p}$ 为±0.13mm。该网最弱点距起算点需施测9站，故最弱水准点的高程中误差

$$m_{h_1} = \pm \sqrt{m_{h_0}^2 + m_{h_p}^2 \cdot n}$$

$$= \pm \sqrt{0.5^2 + 0.13^2 \times 9} = \pm 0.63\text{mm}$$

式中 $n$ 为站数。

工作点高程精度估计：为了便于各高层建筑物的沉降观测，在二等水准点外增设工作点。它们组成附和或闭合路线于水准点间。每次沉降观测时都需先观测工作点。其施测精度仍按二等水准要求。附和（或闭合）于水准点上的工作点一般不会超过8个站，故工作点的高程中误差

$$m_{h_2} = \pm \sqrt{m_{h_1}^2 + m_{h_p}^2 \cdot n}$$

$$= \pm \sqrt{0.63^2 + 0.13^2 \times 4} = \pm 0.68\text{mm}$$

### 三、水准网的观测，浅埋水准点高程数据的修正

二等水准网定期进行观测。原定半年观

测一次,其间因故未按时观测,在三年零四个月中共观测了五次。以第一次观测平差后所得各水准点的高程为起始高程。各期观测成果的平差值与前次的差值便是沉降量,最后一期的平差值与第一次的差值便是该水准点的总沉降量。各期观测成果的平差都以深埋水准点BM1的高程为起算值。在本例中我们没有考虑因温度变化而影响深埋点探杆的变形,而是将该点高程看作是“绝对”不变的。

本文简要分析一下因探杆受温度变化而产生的变形将对深埋水准点高程值发生的影响。根据文献[2]有关规定指出,在该地区离地表4m以下温度基本上是恒温的,因此我们只要考虑4m以内地表温度变化的影响。在五次观测中最大的气温差为19℃,然而地表以下至4m深的地层的平均地温差究竟是多少?尚无资料查证,我们假设它是地面气

温差的一半,则由此而引起探杆长度变化的最大差值

$$dl = 4000 \times 0.000012 \times 9.5 = 0.46\text{mm}$$

与二等水准网高程精度相当,可认为对沉降观测数据的处理影响甚微。当然在今后遇到同类情况时,最好是将水准网的观测日期安排在春、秋两季,以减少各期观测的地层温差。

浅埋水准点高程数据的修正:通过各期水准网的观测不难看出浅埋水准点随着高层建筑物也在同步沉降(参见表1)。因此我们在进行高层建筑物沉降观测点的沉降观测时,所引用的浅埋水准点及根据它所设工作点的高程数据都应修正。因为沉降观测在前,水准网的复测在后,所以只有在复测后根据该水准点的沉降量简单地按时间内插对各沉降观测点的高程进行修正。

表 1 浅埋水准点沉降量统计表

观测次数			一	二		三		四		五		总 沉 降 量 (mm)	沉 降 速 率 (mm/天)
时间累计(天)			0	183		892		1022		1205			
日 期			1988.12.4	1989.5.6		1991.4.15		1991.8.17		1992.2.26			
与最近高层距离(m)			高程 (m)	高程 (m)	沉降量 (mm)	高程 (m)	沉降量 (mm)	高程 (m)	沉降量 (mm)	高程 (m)	沉降量 (mm)		
点 号	BM 2	3	缺	3.3291		3.2988	-30.3	3.2971	-1.7	3.2910	-6.1	-38.1	-0.037
	BM 3	25	缺	3.6310		3.5981	-32.9	3.5927	-5.4	3.5897	-3.0	-41.3	-0.040
	BM 4	3	3.4038	3.4038		3.3738	-30.0	3.3671	-6.7	3.3637	-3.4	-40.1	-0.033
	BM 5	10	3.4403	破坏									
	BM 6	65	3.4234		3.4234	0	3.4210	-2.4	3.4214	+0.4		-2.0	-0.002
	BM 7	10	3.4305	3.4253	-5.2	破坏							

#### 四、高层建筑物对地表沉降影响范围探讨

由表1和表2的数据可知,多数浅埋水准点的沉降速率与各高层建筑物的平均沉降速率几乎是一致的。只有浅埋水准点BM6离高层建筑物较远,相距65m。它最近的高层建筑物的高度为75m,因此我们基本上可以

推断浅埋水准点若要不受高层建筑物沉降的影响,至少要距离高层建筑物一个高度以上。

#### 五、高层建筑物沉降规律

通过本例对17幢高层建筑物沉降观测数据的分析,有如下规律:

1.施工过程中沉降速率较大,建筑物封顶后慢慢降低沉降速率(见图5)。

表 2 各高层建筑平均沉降量统计表

序号	平均沉降量 (mm)	沉降速率 (mm/天)	楼房层数
1	-29.6	-0.037	24
2	-29.2	-0.036	24
3	-35.4	-0.035	24
4	-43.3	-0.037	24
5	-32.1	-0.044	24
6	-18.8	-0.018	24
7	-14.8	-0.014	24
8	-24.0	-0.036	24
9	-19.9	-0.030	24
10	-28.1	-0.024	24
11	-38.1	-0.033	24
12	-29.1	-0.034	26
13	-18.2	-0.024	26
14	-20.6	-0.023	26
15	-46.7	-0.047	26
16	-46.0	-0.050	26
17	-29.7	-0.031	26
平均值	-29.6	-0.033	

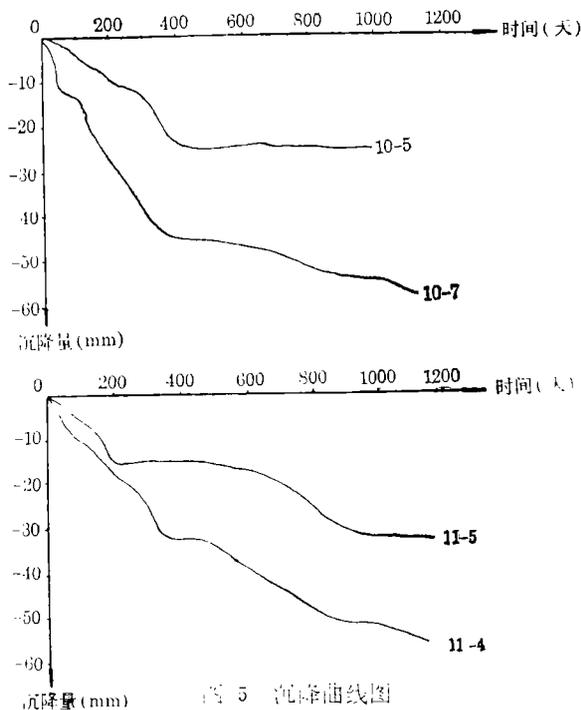


图 5 沉降曲线图

2. 各幢平均沉降量由 14.8mm —— 46.7mm 不等, 综合平均值为 29.6mm。

3. 经过 800——1160 天的观测, 在各建筑物封顶后都进行了两年的观测, 所得平均日沉降量为 0.033mm, 仍未稳定下来, (规

范要求日沉降量不超过 0.01mm 即为稳定。)

### 参 考 文 献

- 1 工程测量规范 (TJ26—78) 1987.11
- 2 地基基础设计规范 (DBJ08—11—89) 上海, 1989

### C. 应用

1. 筑堤坝和土坝: 土移动条件, 孔隙压力, 在施工和储备灌溉期间的变形, 滞后变形;
2. 基础和路堤: 收缩、膨胀和坍塌土上的设计, 与环境中变化有关的运动, 长期气候变化, 植被效应;
3. 非饱和土上的边坡: 稳定条件, 风险评价;
4. 实例: 压实土体, 膨胀的土体和岩体, 坍塌土体, 残留土体, 干旱地区的土体;
5. 环境工程: 工程用的粘土围栏, 核废料的隔绝, 粘土内衬衬板。

有意投稿者, 请在 1994 年 10 月 15 号之前, 将论文提要 (不超过 300 字)

寄到: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON UNSATURATED SOILS

地址是, ENPC/DFC-Departement International 28 rue des Saints-Peres, 75343 Paris cedex 07 France

## 会 讯

国际土力学与基础工程协会将于 1995 年 9 月 13~15 日在法国巴黎举办首届非饱和土国际会议。会议将讨论的问题包括:

### A. 基本认识及分析

1. 基本原理: 物理化学效应与微结构, 温度效应, 非饱和土的力学性质, 本构模型;
2. 流动和大量运送: 渗透, 非饱和带的湿气流, 非饱和带内污染物的运送, 通过筑堤坝的瞬时流动, 耦合问题;
3. 分析: 数值分析, 土与结构相互作用, 膨胀和坍塌土体上的结构物。

### B. 技术水平

1. 室内试验: 新的简便的室内试验方法, 吸入控制的实验室测试, 三轴试验, 抗剪强度测试, 室内的吸入测试, 室内渗透测试;
2. 野外测量: 非饱和土的现场踏勘, 现场的吸入测试、现场的渗透测试、现场监测。