基坑施工沉降观测基准稳定性分析及应用

田林亚，陈明建，赵小飞
(河海大学土木工程学院,江苏 南京 210098)

摘　要:观测基坑及其周围建筑物在基坑施工阶段的沉降,对保证施工安全具有重要意义。基坑施工沉降观测一般采用固定基准,因此要求有稳定的水准基点,工作基点稳定与否也直接关系到联测和有关沉降计算。研究了水准基点和工作基点稳定性的分析方法,结合基坑施工沉降观测实际,利用基准网观测数据进行水准基点稳定性分析,利用水准基点与工作基点的联测数据进行工作基点稳定性分析,保证了基坑及其周围建筑物沉降的真实性。

关键词:基坑;沉降观测;水准基点;工作基点;稳定性分析
中图分类号:TU473.2　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1672-7428(2006)07-0005-03

Analysis and Application of Basic Benchmark Stability of Settlement Observation in Foundation Pit Construction/

TIAN Lin-ya, *CHEN Ming-jian*, *ZHAO Xiao-fei* (College of Civil Engineering, Hohai University, Nanjing Jiangsu 210098, China)

Abstract: It is important to ensure construction safety to monitor settlement of foundation pit and the round buildings. The fixed height datum are usually selected in settlement observation, the stable basic benchmark is needed consequently, the stability of the operating control point play an important part in connection survey and settlement calculation. The analysis method of basic benchmark and operating control point are researched. Based on the settlement observation in foundation pit construction, the stability of basic benchmark and operating control point are analyzed by the survey data of datum network and the connection survey data of basic benchmark and operating control point, the accuracy of settlement data of foundation pit and the round building are ensured.

Key words: foundation pit; settlement observation; basic benchmark; operating control point; stability analysis

在基坑深层开挖和修护过程中,一般要对基坑及周围建筑物进行沉降观测。通过沉降观测,及时掌握基坑及周围建筑物沉降量的大小与变化趋势,根据工程设计和有关规范关于沉降速率的标准[1],判断基坑及周围建筑物的稳定性,分析沉降产生的原因,采取必要的防范措施,保证施工安全。

沉降观测的测量点分为水准基点、工作基点和沉降观测点。沉降观测点沉降量的计算和比较与基准有关,为了真实地反映基坑及其周围建筑物的沉降变化,沉降观测一般选择固定基准,而选择固定基准必须要有稳定不变的水准基点,因此在沉降观测阶段必须观测和分析水准基点的稳定性。由于工作基点一般离基坑较近,其稳定与否直接关系到联测和计算工作量的大小,也直接关系到基坑及其周围建筑物沉降的真实性,因此在沉降观测阶段也必须定期联测和分析工作基点的稳定性。

1　水准基点稳定性分析方法及实例

1.1　水准基点稳定性分析方法

基坑及其周围建筑物沉降观测一般需要选埋 3 个及以上水准基点,水准基点可以选埋在变形区以外的岩石上或深埋在原状土上,也可以设立于稳固的建(构)筑物上[2],由于沉降观测一般首选固定基准,因此为了检查水准基点自身的稳定性,可将基点构成水准网,采用二等水准定期检测,对两期观测成果可按同一基准分别进行平差,求得基点的位移向量和协因数矩阵,因为水准基点个数较少,可以进行单点位移显著性检验,以判定水准基点的稳定性。

设水准基点网中某点两期分别平差后所得的高程为 X_1、X_2,它们的中误差分别为 $\mu\sqrt{Q_{11}}$ 和 $\mu\sqrt{Q_{22}}$,单位权中误差 μ 由下式计算[3]:

$$\mu^2 = \frac{(n-r)_1\mu_1^2 + (n-r)_2\mu_2^2}{(n-r)_1 + (n-r)_2} \qquad (1)$$

式中:μ_1、μ_2——分别为两期的单位权中误差;$(n-r)_1$、$(n-r)_2$——分别为两期的自由度。

根据数理统计理论,X_1 和 X_2 均为正态随机变量,设它们的数学期望分别为 E_1 和 E_2,并设水准基点网两期测量方法和精度相同,母体单位权方差均

收稿日期:2006-01-17

作者简介:田林亚(1963-),男(汉族),江苏淮阴人,河海大学副教授、博士研究生,大地测量学与测量工程专业,主要研究方向为精密工程测量理论与技术,江苏省南京市西康路 1 号,13951022477,lytian3609@sina.com。

万方数据

为 $\bar{\mu}^2$,故 X_1 为 $N(E_1,\bar{\mu}\sqrt{Q_{11}})$ 变量,X_2 为 $N(E_2,\bar{\mu}\sqrt{Q_{22}})$ 变量,则高程之差 $\Delta X = X_2 - X_1$ 为 $N(E_2 - E_1,\bar{\mu}\sqrt{Q_{11}+Q_{22}})$ 变量。

作 ΔX 的标准化变量,即为标准正态变量:

$$\frac{\Delta X - (E_2 - E_1)}{\bar{\mu}\sqrt{Q_{11}+Q_{22}}} \sim N(0,1) \tag{2}$$

根据两期平差结果,可作如下 t 变量:

$$t = \frac{\dfrac{\Delta X - (E_2 - E_1)}{\bar{\mu}\sqrt{Q_{11}+Q22}}}{\sqrt{\dfrac{(n-r)_1\mu_1^2 + (n-r)_2\mu_2^2}{\bar{\mu}^2[(n-r)_1 + (n-r)_2]}}} = \frac{\Delta X - (E_2 - E_1)}{\mu\sqrt{Q_{11}+Q_{22}}} \tag{3}$$

根据 t 变量,就可对差值 ΔX 进行位移显著性检验,其步骤如下:

(1)原假设 H_0:$E_2 - E_1 = 0$,表示无位移存在;否则,表示存在位移。

(2)作统计量 t,当原假设成立时,式(3)应为:

$$t = \frac{\Delta X}{\mu\sqrt{Q_{11}+Q_{22}}} \tag{4}$$

(3)选定显著水平 a,由 t 分布表查得 $t_{a/2}$,如果 $|t| < t_{a/2}$,原假设成立,可以认为该水准基点无显著位移,基点稳定,否则不稳定。

在作上述 t 检验时,前提是水准基点网两期测量精度相同,即母体方差相同,实际计算的 μ_1 和 μ_2 是子样方差,不可能完全一致,它们是否属于同一母体方差,还需作 F 检验(此处略),只有 F 检验通过后才能进行 t 检验。

1.2 水准基点稳定性分析实例

如图 1,某基坑及其周围建筑物沉降观测选埋了 4 个水准基点,水准基点皆远离变形区,1、3 号点选埋在原状土上,2、4 号点选埋在已有的建(构)筑物上,将 4 个水准基点构成水准网,在沉降观测 15 天前进行了首期二等水准测量,沉降观测前1天以相同的方法和精度进行了复测,两期高差观测值 h_i($i=1,2\cdots5$)列于表 1。

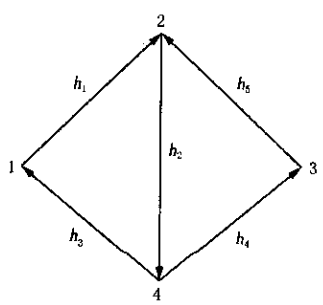

图 1 水准基点布置略图

表 1 高差观测值

h_i	首期/m	复测/m
1	0.8144	0.8133
2	-0.4136	-0.4128
3	-0.4005	-0.4000
4	0.5936	0.5902
5	-0.1804	-0.1768

对首期观测成果进行秩亏网平差,其高程平差结果(单位:m)为 $X_1 = [-0.5523 \quad 0.2619 \quad 0.4421 \quad -0.1517]^T$,单位权中误差平方 $\mu_1^2 = 0.5353\ \mathrm{mm}^2$,$(n-r)_1 = 2$,协因数矩阵为

$$Q_{X_1X_1} = \frac{1}{16}\begin{bmatrix} 5 & -1 & -3 & -1 \\ -1 & 3 & -1 & -1 \\ -3 & -1 & 5 & -1 \\ -1 & -1 & -1 & 3 \end{bmatrix}$$

对复测成果进行秩亏网平差,其高程平差结果(单位:m)为 $X_2 = [-0.5509 \quad 0.2624 \quad 0.4393 \quad -0.1509]^T$,单位权中误差平方 $\mu_2^2 = 0.3981\ \mathrm{mm}^2$,$(n-r)_2 = 2$,$Q_{X_1X_1} = Q_{X_2X_2}$。

在作 t 检验前,对两期测量精度是否相同(即母体同一性)进行了 F 检验,证明两期测量精度是相同的。由两期的单位权中误差和自由度,求得综合的单位权中误差 $\mu = 0.6832$ mm,由 X_1 和 X_2 求得位移向量(单位:mm)$\Delta X = [1.4 \quad 0.5 \quad -2.8 \quad 0.8]^T$,由式(4)求得统计量为 $t = [2.5922 \quad 1.1952 \quad 5.1844 \quad 1.9123]^T$,选 $a = 0.05$,查表得 $t_{0.025} = 2.7764$,由此可判断 1、2、4 号点是稳定点,其中 1 号点稳定性稍差,而 3 号点是动点,暂不能作为稳定点使用,其稳定性还需通过再次复测和分析加以判断。

2 工作基点稳定性分析方法及实例

2.1 工作基点稳定性分析方法

沉降观测一般还需选埋一定数量的工作基点,工作基点一般离基坑较近,其稳定与否直接关系到联测和计算工作量的大小,也直接关系到基坑及其周围建筑物沉降的真实性。工作基点稳定性分析可以采用与上述相同的方法,也可以通过与稳定的水准基点二等水准联测结果来判定。设某一工作基点与某一稳定的水准基点之间首期联测高差为 h_0,h_0

万方数据

为精确测得并假设为母体的均值 μ,以后检测 n 次的高差为 $h_i(i=1,2\cdots n)$,以 n 期观测高差作为母体的子样,可以根据式(5)分别计算子样均值和子样标准差,并可建立式(6)统计量 t[4]:

$$\left.\begin{aligned}\bar{h}&=h_i/n\\ s&=\sqrt{\nu^{\mathrm{T}}\nu/(n-1)}\end{aligned}\right\}\tag{5}$$

$$t=\frac{\bar{h}-\mu}{s/\sqrt{n}}\sim f(n-1)\tag{6}$$

设显著水平 a,由 t 分布表查得 $t_{a/2}(n-1)$,当 $|t|<t_{a/2}(n-1)$ 时,$h_0=\mu$ 的假设成立,可以认为各期检测高差与首期联测高差 h_0 无显著差异,工作基点稳定,否则不稳定。

2.2　工作基点稳定性分析实例

某基坑及其周围建筑物沉降观测水准基点 2 号点与工作基点 GZ_1 首期联测高差 2 次,取均值为 $h_0=\mu=0.7645$ m,在后来的沉降监测中联测了 16 次,联测结果见表 2。

表 2　水准基点与工作基点联测高差

日期	高差/m	日期	高差/m
4.17	0.7647	7.22	0.7648
4.24	0.7644	8.06	0.7643
5.05	0.7643	8.18	0.7646
5.15	0.7645	9.01	0.7647
5.29	0.7648	9.15	0.7646
6.12	0.7643	10.02	0.7643
6.24	0.7644	10.15	0.7644
7.10	0.7645	10.25	0.7649

根据式(5)求得子样均值为 0.76453 m,子样标准差为 ±0.20 mm,根据式(6)求得 $t=-0.6$,设显著水平 $a=0.05$,由 t 分布表查得 $t_{0.025}(15)=2.1315$,因为 $|t|<t_{a/2}(n-1)$,$h_0=\mu$ 的假设成立,可以判定各期检测高差与首期联测高差 h_0 无显著差异,工作基点稳定。

3　结语

在基坑施工阶段,进行基坑及其周围建筑物沉降观测对施工安全具有重要意义。基坑及其周围建筑物沉降量的计算和比较与选择的基准有关,不同基准对应完全不同的位移场[5],为了真实地反映基坑及其周围建筑物的沉降变化,沉降观测一般选择固定基准,从而需要有稳定不变的水准基点,由于工作基点一般离基坑较近,其稳定与否也直接关系到基坑及其周围建筑物沉降的真实性,因此对工作基点也应当经常联测和分析。

本文首先讨论了水准基点稳定性的分析方法,即通过对基点网的重复观测,按同一基准分别平差求得基点的位移向量和协因数矩阵,进行单点稳定性的分析和判断。其次,讨论了工作基点稳定性的分析方法,即通过工作基点与稳定的水准基点联测结果进行分析和判断。将基准稳定性分析方法运用于具体的沉降观测实际,保证了观测基准的可靠与统一,保证了基坑及其周围建筑物沉降的真实性。

参考文献:

[1]　JGJ/T 8 - 1997,建筑变形测量规范[S].
[2]　GB 50026 - 93,工程测量规范[S].
[3]　陶本藻. 自由网平差与变形分析[M]. 北京:测绘出版社,1984.
[4]　於宗俦,于正林. 测量平差基础[M]. 武汉:武汉测绘科技大学出版社,1989.
[5]　章书寿,华锡生. 工程测量[M]. 北京:水利电力出版社,1994.

导管专家　　许昌臻发

许昌臻发物资机械有限公司是省定点生产基础工程桩机导料管的专业化骨干公司,其研制开发生产的专利产品卡扣式快装导料管是继法兰盘式、丝扣联结式之后的第三代新产品,具有密封可靠、自动调心、抗拉强度高、联接、拆装方便快捷等安全可靠的特点。投放市场以来,深受广大用户的欢迎和信赖。

专利号:ZL 2004 2 0118303.5

卡扣式快装导料管技术参数

型号 / 参数	Ø219(楼桩)	Ø250	Ø273	Ø300	Ø325	Ø360(最大)
导管工作压力(MPa)	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.8
密封圈承受压力(MPa)	1.47	1.47	1.47	1.47	1.73	1.92
导管外径×壁厚(mm)	Ø219×4.2(成型)	Ø250×4.5(卷管)	Ø273×6(成型)	Ø305×5(卷管)	Ø325×6(成型)	Ø355×8(成型)
导管灌注深度极限(m)	40	60	90	90	120	150
漏斗容积(m^3)	0.6~1.0	1.0~1.3	1.3~1.5	1.5~1.8	1.8~2.0	2.0~3.0
导管灌注直径(mm)	600~800	800~1500	1500~1800	1500~1800	1800~2000	2000~2600
一次不间断可灌注砼量(m^3)	190	190	220	220	260	290

万方数据