

论沉降观测中几何水准测量 控制网与监测网精度指标的匹配

梅听岳 余又生 董秀丽

(中国兵器工业勘察设计研究院 北京 100053)

【提要】本文就监测网中采用几何水准测量和经典平差法条件下已知点稳定性检验转化为控制网精度指标设计的讨论,从而涉及了控制网、监测网的精度指标间的匹配问题,其结论补充了规范上对该问题没有明确规定的状况,把已知点稳定性检验放在一定“量”的条件下进行,为从事同类监测的工程技术人员提供了重要信息。

【Abstract】This paper discusses the conversion from the check for stability of known points in the condition of geometrical leveling and classical adjustment to the accuracy index design for control net. So the match between indices of control net and monitoring net is involved. The results of the discussion complement the specification of surveying in which the match is not specified clearly. The check for stability of known points is made in condition of some “quantity”.

0 前言

沉降观测中几何水准测量是获取设备、工业设施营运安全信息的主要方法之一。在获取设备、工业设施营运安全信息时,只要知道它们营运中最大允许沉降量,那末在沉降观测中几何水准测量采集数据的方法,除掉一些特殊工程需要特制工具——例如特殊水准标尺外,有一整套精度指标规范作为采集数据的程序,因而这种方法比较成熟。

几何水准测量采集数据后,数据处理也有较完备的程序可循。可以采用经典平差法、自由网平差法和拟稳平差法,这主要视工程实际情况而定。在采用经典平差方法时,需要一个已知点。这个已知点应该是稳定的。在实际监测工程的工作中,采用三点一组形式构网,以便借助于网的复测,对已知点的稳定性进行评判。已知点的稳定性是非常重要的,因为监测网的监测结果和精度是相对这点而言的。若已知点不稳定,则各期测定的变形点高程基准不同,用这样的高程去比较并分析变形体变形情况不可能符合实际情况的。

已知点的稳定性指借助于控制网——三点一组式网复测数据的变动在控制网设计精

度指标范围内,就认为该点稳定。由此可知,已知点的稳定与否,与测定控制网设计精度密切相关。

监测网的计算量及其精度,既然相对于已知点而言,就可认为已知点数据正确,即 $M_H = 0$ 或者说 $Q_H \rightarrow \infty$, 即使已知点高程是近似的,也可以对已知点所在系统存在 M_H , 监测网依旧可以把它当作上述条件成立。但是由于自然条件的变化,人类的活动,往往造成已知点不稳定甚至被毁等情况,这时为了保证对变形体继续监测并且其结果是可比较的——观测数据整理、在容许忽略的误差条件下都是对同一已知点而言,就要使控制网中其它点的 $M_H \rightarrow 0$, 使得控制网中最弱点的 M_H , 在作为监测网的起算点时它的影响可以忽略。

本文正是依据上述论点,研究了三点一组形式控制网的精度指标设计,可以把已知点稳定性的检验于下述问题等价:控制网在已知点破坏情况下利用其它两点或之一为起算点来保证观测成果的连续性和可比性,应如何设计控制网的施测精度指标,或者同时把控制网的已知点及其它点作为监测网起算点与监测网相连,应如何设计控制网的施测

精度指标。由此本文提出并讨论了控制网与监测网精度如何匹配问题。

1 几何水准监测网的控制网精度指标设计

采用几何水准测定监测网，必须在变形区处设置已知点且为了保证已知点稳定性的检验，往往采用三点一组形式构成控制网。那末，控制网施测精度指标应如何规划呢？因为只有有了控制网规划指标，才能在规范中找到相应等级，然后实施。

从监测网来说，它的最弱点高程中误差可以用下式表示：

$$m_h^2 = m_{\text{测}}^2 + m_{\text{E}}^2 \quad (1)$$

为了使 m_{E} 在 m_h 中可以忽略，或者说 m_{E} 是计算 $m_{\text{测}}$ 末位的0.5，为此设

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{E}}}{m_{\text{测}}}$$

则可以证明下述不等式成立

$$\frac{m_{\text{E}}}{m_{\text{测}}} \leq \sqrt{\frac{1 - (1 - \varepsilon)^2}{(1 - \varepsilon)^2}} \quad (2)$$

给予上式不同 ε 值，得表1

由此可知，测定控制网的精度指标依据 m_h ，再视监测网的目的，从表1中找出相应

表 1

ε	0.1	0.05	0.01	0.005	0.001	0.0005
$m_{\text{E}}/m_{\text{测}}$	1/2	1/3	1/7	1/10	1/20	1/30

的数求得，这时控制网中任何一点，由于顾及了作为起算点的高程中误差，对监测网要求的最弱点高程中误差来说，小到可以忽略，因而可以检验已知点稳定性，可以在已知点破坏情况下除掉进行恢复测量外，控制网其它点也可作为起算点。

如何取 ε 呢？要依据实际监测工程提供的最大变形量和式(1)来确定。有时候可取 $\varepsilon=1$ ，有时候可取 $\varepsilon=0.1$ 等等， ε 取值愈小，从理论上说是好的，但必须从经济观点着眼。尽管控制网并不是每一期都要复测，但依然存在提高一个档次级，工作量不一样，技术上实施的难度也不一样。这里的关键是使监测网最弱点高程中误差满足实际要求。为此，依据式(1)，用相应等级规定的高程中误差代入，算得表2

表 2

类别 ε	四 级 (mm)	三 级 (mm)	二 级 (mm)	一 级 (mm)
1	$m_h \geq 2.81$	$m_h \geq 1.41$	$m_h \geq 0.71$	$m_h \geq 0.42$
0.1	$2.81 > m_h \geq 2.24$	$1.41 > m_h \geq 1.12$	$0.71 > m_h \geq 0.58$	*
0.05	$2.24 > m_h \geq 2.06$	$1.12 > m_h \geq 1.04$	*	
0.01	$m_h < 2.06$	*		

表的计算以三级为例说明。取 $\varepsilon=1$ ，即

$$m_{\text{测}} = m_{\text{E}} = \pm 1''$$

取 $\varepsilon=0.1$ 时， $m_{\text{E}} = \frac{1}{2} m_{\text{测}}$
 $\pm 0.5''$ ，其它类推。表中*档次要求已知点稳定，即要了解埋设点区气象、地质及地下水等情况，采取防止自然条件变化引起已知点的不稳定，例如埋设深层金属管水准基点且对已埋标石由专人负责看管，防止人为

破坏等措施。

2 实例

本例为北京石榴庄小区701*楼水泥灰土桩(CLSC)复合地基沉降监测。目的是为建筑设计人员提供CLSC复合地基的实际沉降量，以便依据负载计算变形模量，检验原设计采用的变形模量，为以后同类基础设计时参考。工程地质技术人员要依据实测的沉降

量或差异沉降量,研究CLSC复合地基的某些物理指标。因此监测是为研究目的进行的。

按需要载荷对CLSC复合地基试验获得最大沉降量 $f = 105\text{mm}$

沉降量中误差 $m_s = f/20 = 5.25\text{mm}$

由于为研究目的监测,再以区间 $1/2 \sim 1/5$ 乘 m_s ,并考虑第 i 期 i 点沉降量为

$$d_i^j = H_i^j - H_i^j$$

$$m_H = m_s / \sqrt{2}$$

式中 H_i^j 为第 i 期 i 点计算高程,那末设计监测网最弱点高程中误差可计算于表 3

表 3

乘系数	1/2	1/3	1/4	1/5
m_s	2.60	1.75	1.31	1.05
m_H	1.80	1.20	0.90	0.70

我们已知稳定沉降量的有效数字的多寡决定于测量的精度,因而是可变的,即有效数字位多,测量的精度要求就高,有效数字位少,测量精度就可低些。依据建筑设计与工程地质技术上的要求,它们所求量的有效数字位是可以知道的,因此本例监测网最弱点高程中误差取表 3 中的第三栏,即 $m_H = \pm 1.2\text{mm}$,相当于变形测量三等级。

为寻求与监测网相匹配的控制网精度指标,可以由 m_H 、三等级两要素,在表 2 中找到,得 $\epsilon = 0.1$, $m_{\text{控}}/m_{\text{监}} = 1/2$, $m_{\text{控}} = m_{\text{监}}/2 = \pm 0.6\text{mm}$ 由此可知控制网应采用相当于变形测量二级精度指标施测。这时控制网的任何点可作为起算点,实际上顾及监测网最弱点高程中误差 $m_H = \pm 1\text{mm}$,控制网最弱点高程中误差 $m_{\text{控}} = \pm 0.5\text{mm}$ 合成,实际上最弱变形点高程中误差为 $\pm 1.12\text{mm}$,小于 $\pm 1.2\text{mm}$ 。

工程在监测约半年左右,相邻工地施工,把控制网的已知点标石毁坏,这样监测工作只得采用控制网的另一点为起算点继续施行。由于设计控制网精度指标时,顾及了式(2),控制网其它两点高程中误差在给定

$\pm 0.5\text{mm}$ 以内,依然可以使监测网顾及起算点中误差情况下,最弱点高程中误差小于 $\pm 1.2\text{mm}$ 。因此以后的观测,成果是连续的、可比的。若控制网按监测网同等级精度指标施测,这时控制网、监测网合成后最弱点高程中误差为 $\pm 1.41\text{mm}$,大于允许的 $\pm 1.2\text{mm}$ 。若已知点被毁后,由控制网其它点为起算点,不能说被毁前后的观测及成果是连续的、可比的。

3 结束语

我们已经论述了在已知变形体最大变形量,采用几何水准测量且有一个已知点情况下,控制网、监测网之间的精度匹配问题。这里必须强调在考虑控制网精度指标时,必须顾及公式(1)、(2),只有这时,由于自然条件的变化、人为破坏等原因使已知点标石被毁或不稳定,在这之前之后的观测及其成果才可以看作连续的和可比的,否则其观测及其成果的连续性和可比性是值得研究的。

过去一般认为控制网设计精度指标与监测网施测的精度指标相同或者至多高一个等级就可以的了。但是从表二 $\epsilon = 1$ 、 $\epsilon = 0.1$ 两行结果可以看出,这样范围是有限的,尤其是 $\epsilon = 1$ 的范围更窄,因此控制网、监测网的精度匹配问题必须认真对待。

本文的论述补充了规范上仅有控制网、监测网等级精度指标及其相应的有关约束规定且没有全面说明控制网、监测网精度指标间的匹配问题的状况,从而把监测已知点的稳定性放在一个合理量的条件下进行,这无疑给实际从事这方面的工程技术人员提供了有关方面具有重要意义的信息。

参 考 文 献

- 中国有色金属工业总公司. 工程测量规范. 中国计划出版社, 1993
- 肖明耀. 实验误差估计与数据处理. 科学出版社, 1980