

工程建筑物变形观测精度



和

观测方法



◆ 陈正阳 曹传芬 郑军

摘 要: 本文分析了工程建筑物产生变形的原因和变形观测的特点,探讨了变形观测精度确定的原则;介绍了工程建筑物变形观测原理和基本方法,文章所阐述的思路和工作方法对大中型工程建筑物变形观测有参考和借鉴意义。

关键词: 工程建筑物 变形观测 观测精度 观测方法

Abstract: Deformation reason of building and characteristic of deformation monitoring is analyzed in this paper. Principle of deformation monitoring precision is discussed. The theory of deformation monitoring and basic method is introduced. The thought and work method that explained in this paper have referenced meaning to deformation monitoring of large-and-middle-scale building.

Key words: building deformation monitoring; observation precision observation method

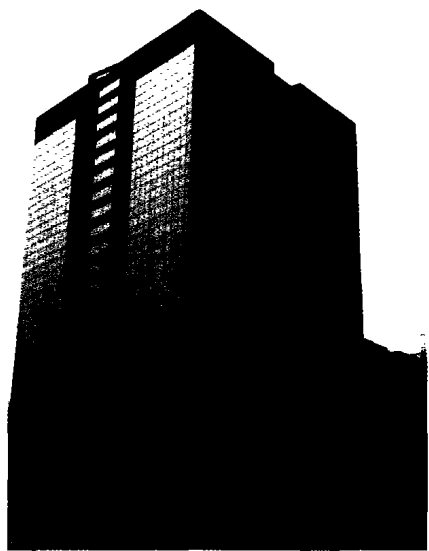
1 概述

工程建筑物的变形观测是随着我国现代化建设事业的发展,兴建了大量高大、复杂和精密的工程建筑物,为使这些工程建筑物安全、可靠地运行,为民造福而兴起的。近 20 年来,我国兴建了大量的水工建筑物、工业与交通建筑物、城市高层建筑物和地下空间工程设施,安装了许多大型精密机械和设施、导轨、以及科学试验设备等。由于各种因素的影响,在这些工程建筑物及其设备的运营过程中,都会产生变形,这种变形在一定的允许限度内,应认为是正常现象;但如果超过了规定的允许限度,就会影响建筑物的正常使用,严重时会造成建筑物的安全甚至造成建筑物的垮塌等严重安全事故,给人民生命和国家财产造成不可挽回的损失。因此,在工程建筑物的施工和运营期间,必须对其进行安全监视观测,即变形观测。

工程建筑物产生变形主要由两方面的原因引起,一是自然条件及其变化,即建筑物地基工程地质、水文地质、岩土的物理力学性质、大气温度和地下水位的变化等。例如,建筑物基础的地质条件不同,有的稳定,有的不稳定,会引起建筑物的不均匀沉降,使其发生倾斜;建筑在土基上的建筑物,由于土基的塑性变形而引起沉降;由于温度与地下水的季节性和周期性的变化,会引起建筑物的规律变形。二是与建筑物本身相联系的原因,即建筑物本身的荷重、建筑物的结构、形式及动荷载(如风力、震动等)的作用。三是由于人类的活动、工程建设等所造成的原因,例如,地下矿藏的开采、地下工程的开挖引起地表移动变形;大量的地下水的抽起和灌水引起地表的沉降和回弹;地表工程建设所形成的人工边坡的滑动等。如果建筑物位于这些移动变形的地表范围内,建筑物必然会由于地表移

动而产生变形,甚至被破坏。此外,由于勘测、设计、施工以及运营管理工作做得不合理,或者由于建筑物质量问题,也会使建筑物产生变形。上述引起变形的原因是互相联系的,随着工程建筑物的兴建改变了地面原有的状态,对于建筑物的地基施加了一定的外力,这就必然会引起地基及周围地层的变形;而建筑物本身及其基础由于地基的变形及其外部荷载与内部应力的作用而产生变形。此外,由于地下工程的开挖,使得其上部或周围建筑物本身及其基础的原有应力状态失去平衡而产生变形。

建构物变形观测的目的是为获得监测对象(或被研究对象)变形过程中变形(弹性变形和塑性变形)大小的第一性资料,通过分析研究变形观测资料可以监视工程建筑物的状态变化和运营情况,在发现不正常现象时,及时分析变化趋势和原因,采取措施防止事故发生,并改善运营方



式,以保证安全。可以说变形观测是工程管理工作的耳目。其次,在施工和运营期间对工程构筑物原体进行观测,通过对观测资料的分析研究,可以验证地基与基础的计算方法、工程结构的设计方法是否正确合理,对不同的地基与工程结构规定合理的允许沉陷与变形的数值,为工程构筑物的设计、施工、管理和科学研究工作提供参考资料与经验数据,以及对构筑物设计、施工中采用的某种新结构、新材料、新的施工工艺的安全可靠性做出科学客观的评价。

2 工程构筑物变形观测的特点和变形观测精度

2.1 变形观测的特点

与一般工程测量相比,变形观测具有以下特点:

1 变形观测属于安全监测,有内部观测和外部观测两方面。内部观测内容有构筑物的内部应力、温度变化的测量,动力特性及其加速度的测定等,一般不由测量工作者完成。外部变形观测的内容主要有沉降观测、位移观测、倾斜观测、裂缝观测和挠度观测等。内部观测与外部观测之间有着密切的联系,应同时进行,以便在资料分析时可以互相验证与补充。

2 观测精度要求高。由于变形观测结果直接关系到对构筑物的安全稳定性作出正确判断,影响对变形原因和变形规律的正确分析,因此,和其他测量工作相比,变形观测必须具有很高的精度。

3 需要进行重复观测。构筑物由于各种原因产生的变形都有个时间过程,而变形观测的任务是周期性地对观测点进行重复观测,计算出构筑物上同一观测点在两个观测周期期间的坐标差和高程差(坐标和高程的变化量)。有时为了求得瞬时变形,则应采用各种自动记录仪器记录其瞬时位置或瞬时状态。

4 要求采用严密的数据处理方法。构筑物的变形量一般都较小,有时甚至难以与观测误差区分开来;同时,大量重复观测使原始数据增多,要从不同时期的大量观测数据中精确获得变形信息,必须采用严密的数据处理方法。

2.2 变形观测精度要求

变形观测的精度要求取决于该工程构筑物预计的允许变形值的大小和观测目的。如何根据允许变形值来确定观测的精度,国内外还存在着各种不同看法。我们倾向于采用国际测量工作者联合会工程测量组比较早提出的:“如果观测的目的是为了使变形值不超过某一允许的数值而确保建筑物的安全,则其观测的中误差应小于允许变形值的 $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ ”;如果观测的目的是为研究构筑物变形的过程,则其观测中误差应比这个数值小得多”。在工业与民用建筑物的变形观测中,由于其主要观测内容是基础沉陷和建筑物本身的倾斜,其观测精度应根据建筑物基础的允许沉陷值,允许倾斜度和允许相对弯矩等来决定,同时还应考虑其沉陷速度和倾斜速度。例如,某综合勘察院在观测一幢大楼的变形

时,建筑设计人员提出的允许倾斜度 $\alpha = 4\%$,据此求得大楼顶点的允许偏移值为 120mm,若根据上述的观点以允许倾斜值的 $\frac{1}{20}$ 作为观测的精度指标(观测中误差 m),即 $m = \pm 6\text{mm}$ 。如果根据本单位的仪器设备和技术力量,比较容易达到精度要求,而且在不增加很多工作量,不必花费很大精力情况下,还能达到更高的精度时,也可以将观测的精度指标提高,例如本例中可取 $\pm 2\text{mm}$ 作为最后的观测中误差。对于沉陷延续的时间很长而沉陷量又较小的基础,若根据沉陷速度确定观测精度,其观测精度就应当高得多。例如某一 47.2m 高的古塔在维修加固过程中,为了能及时判断出由施工干扰引起的不正常变形,某单位采用 0.1mm 的观测精度进行沉陷观测再计算古塔基础的倾斜变形,然后根据倾斜变形速度发展趋势来判断变形是否正常,当出现不正常的倾斜变形时,及时查明和纠正施工中出现的问题,成功地完成了古塔的维修加固和变形监测任务,至今古塔的安全稳定性情况良好。

一般来讲,从实用的目的和需要出发,对于有传动设备、连续生产的大型车间(钢结构、钢筋混凝土结构的建筑物),以及水利水电工程的混凝土大坝,通常要求观测工作能反映出 1mm 的沉陷量,那么沉陷观测的精度则要求达到 0.5mm;对于不是连续生产的一般工业厂房、民用建筑、高层房屋建筑,以及土工构筑物,要求观测工作能反映出 2mm 的沉陷量,则沉陷观测的精度要达到 1mm 的要求。

至于观测的频率决定于变形值的大小和变形速度,以及观测的目的。通常要求观测的次数既要能反映出变化的过程,又要不漏变化时刻。

3 变形观测的基本方法

建构筑物变形观测的基本原理是在建构筑物上和其地基上选择一定数量的有代表性的点(观测点),通过对这些点的重复观测来求出有关几何量的变化,并从中整理、分析出变形规律。变形观测应设置基准点、工作点和观测点三种测量点。基准点通常埋设在变形范围以外稳固的基岩上,做到尽可能稳固并便于长期保存,以此作为分析比较变形量的依据。工作点一般埋设在被观测对象附近,在工作点上摆设仪器直接对观测点进行测量,要求在观测期间内保持稳定;在条件允许的情况下,也可将基准点作为工作点使用。观测点一般设在建构筑物上和其地基上,要能准确反映建构筑物变形,在观测点上设立照准标志。由基准点、工作点和观测点构成一个变形观测系统。

3.1 沉陷观测方法

高层建筑物、混凝土大坝、桥梁、重要厂房的柱基、连续生产和受振动较大的设备基础、工业炉(如炼钢高炉等)、人工加固或回填土地基等沉降观测,采用精密水准测量方法,要求观测中误差应不大于1mm。水准线路应形成闭合线路,按国家二等水准测量的要求进行测量。精密水准测量方法是最常用的、精密的、最能直接获得准确沉陷量的一种方法,是其他方法所不能替代的基本的沉陷观测方法。

3.2 倾斜观测方法

测定建筑物倾斜的方法有两类:一类是直接测定建筑物的倾斜;另一类是通过测量建筑物基础相对沉陷的方法来确定建筑物的倾斜。

1 直接测定建筑物倾斜的方法

对于高层建筑、水塔、烟囱等建筑物,在建筑物本身的顶部和底部勒脚部分选定A、B两点,并使A、B两点应位于同一铅垂线上,当建筑物发生倾斜时,顶部A点相

对底部B点移动了某一数值a,则该建筑物的倾斜 $i = \tan \alpha = \frac{a}{h}$,其中h为建筑物的高度;水平偏离值a可采用经纬仪或全站仪投影,或者用测量水平角的方法测出。最简单的方法还可用光学精密水准器测定建筑物顶部A点相对于底部B点的偏离值a,根据实验,对于100m高的建筑物测定偏离值a的精度可达2mm。

2 测量建筑物基础相对沉陷来确定建筑物倾斜的方法

常用的和简单的方法,一是按国家二等水准测量的要求,用精密水准测量方法测出建筑物基础两个观测点之间的相对沉陷,由相对沉陷与两观测点间距离之比,计算出倾斜值;二是应用气泡式倾斜仪测量某处的倾斜度,它适用于观测较大的倾斜角或测定局部地区的倾斜变形。

3.3 水平位移观测方法

对于直线型建筑物(廊道)应用基准线作水平位移观测具有速度快、精度高的优点;但对于非直线型建筑物,如重力拱坝、曲线型桥梁以及一些高层建构筑物则采用全站仪导线测量法、角度前方交会法测定水平位移比较合适。上述方法都是传统的,技术成熟,所用仪器设备通用,易于推广应用的方法,在我国都有很多成功应用的实例。

3.4 变形观测新技术

1 应用地面摄影测量方法进行变形观测

用地面摄影测量方法测定工程建构筑物、高层建筑物、滑坡体等的变形就是在这些变形体周围选择稳固的工作点,在这些工作点上安置摄影机对变形体进行摄影;然后通过对像片进行内业量测和数据处理得到变形体上观测目标点的二维或三维坐标值,比较同一目标点不同时刻的坐标值得到目标点的位移值。近几年由中南大学

曾卓乔教授主持研究开发了数字化近景摄影测量系统,该系统将像片(数字影像)量测、三维坐标计算、计算结果的绘图输出一体化,整个内业工作过程都在计算机上完成,操作十分方便。该系统软件包括有位移分析程序,因此能方便地从多期重复观测结果得出位移值。数字化近景摄影测量系统使摄影测量的内、外业工作大大简化,对操作人员的要求大大降低,完全避免了昂贵的传统摄影测量仪器设备,因而也扩大了摄影测量技术在变形观测领域的适用性和应用范围。

摄影测量方法与其他变形观测方法相比具有如下优点:a 像片信息丰富,可在同一时刻获得变形体上大批目标点的三维变形信息;b 可用于监测不同形式的变形,如缓慢的或快速的、静态的或动态的变形;观测时测量人员不需接触被摄变形体,因此,适合监测观测人员难于达到、不能直接测量的变形体;c 能将观测得到的全部资料存贮在计算机内,可随时恢复它的空间模型,也便于对观测成果的查核、比较和分析;d 外业工作量小,劳动强度低,工作效率高。

2 应用全球卫星定位系统(GPS)进行变形观测

该方法主要适用于建构筑物的水平位移监测和动态位移监测。它是采用载波相位双差数学模型测量原理,观测时将一台GPS接收机天线安置在离待测建筑物不远的所谓基准站上,基准站点应设在稳固、没有移动变形的地方;另一台GPS接收机天线安置在待测的变形体(如高层建筑的楼顶)上,称为流动站。基准站和流动站同步观测,保证都要至少可以同时接收到4颗以上卫星的信号。外业数据信息采集完后,用GPS数据处理软件进行数据处理和计算,最后获得建构筑物沿某一方向的水平

位移值和位移时间过程曲线。这种方法适合于大坝变形监测、桥梁的振动研究、超高层建筑在强风作用下产生的振动研究和监测等。其主要优点是:能进行实时动态变形监测获取变形过程;实现了实时的、连续的、自动的数据采集、记录与存贮,自动化程度高;外业工作量小,劳动强度低,工作效率高等。

用摄影测量和 GPS 方法进行变形观测,应用了计算机技术和数据处理、数字摄影测量等高新技术,我国测量工作者从理论和实践两个方面进行了许多研究,并成功地进行了变形监测试验研究工作,取得满意的结果。但由于购置仪器设备所需经费较多,能熟练掌握应用这种新技术的人员缺乏,加上人们认识观念有待更新与改

变,要广泛推广应用这些新技术在变形观测中还需要做很多的工作。

4 小结

1 对必须要进行变形观测的建筑物,在建筑物设计中应包括变形观测系统的设计内容;施工中对变形观测中所需埋设的仪表、器件和观测点、观测标志等都要按设计要求预先设置好,建筑物竣工后一道进行验收。

2 工程构筑物变形观测的具体方法,应根据建构筑物的结构特点、用途、使用情况、观测目的、要求的观测精度、周围的环境以及所拥有的仪器设备条件等因素来考虑选定合适的观测方法。设计变形观测方案时应综合考虑各种测量方法的应用,有时可能只需用一种方法,有时可能要

用二种或多种方法,互相取长补短。

3 对变形观测的精度国内外存在着不同看法,我国目前尚无统一规范要求。本文论述了按工程建筑物预计的允许变形值的大小、观测目的和运营需要确定变形观测精度的思路和方法,供实际工作参考和借鉴。

(作者单位:中南大学测绘与国土信息工程系)

参考文献:

- [1]陈永奇等.工程测量学(修订版).北京:测绘出版社,1995
- [2]曾卓乔.地表和工程建筑物的变形观测.长沙:中南工业大学教材讲义,1993
- [3]王依等.现代普通测量学.北京:清华大学出版社,2001

(上接第100页)性能,经设计院同意,我们取消了后浇带,改用2m宽UEA混凝土加强带,加强带适当增加温度钢筋,双侧面设置钢筋网及临时木枋分隔,UEA掺量为水泥重的12%,强度等级提高为C45,整个浇筑过程连续进行,不但施工方便,而且获得了整体的防水效果。

4.4 外墙正确留置水平施工缝,安装钢板止水带。由于施工缝一直是地下工程防水的薄弱部位,因此要少留,底板与墙体之间必须留施工缝时,宜留在墙体上,严禁留

垂直施工缝。因此本工程第一道水平施工缝留在距底板500高的外墙上,这段500高的外墙在底板混凝土初凝前浇筑完毕,一次成型,否则造成冷缝,导致渗漏,如图1,另两道设置在中层板的上下处。

钢板止水带规格300×3,点焊固定在墙内,其中部即是施工缝的位置,钢板止水带绕建筑物外墙连续设置,不留空隙,并注意钢板焊接质量。

4.5 为确保外墙无渗漏,我们建议外侧采用五遍防水做法,得到建设方及设计院的同意,其做法是:

a、素灰层,厚2mm,水灰比0.37~0.4,先1mm结合层,铁抹子往返5~6遍,再抹1mm找平,用毛刷1沾水拉毛,待干至用手指能按入时。

b、水泥砂浆层,厚4~5mm,配合比1:2.5,水灰比0.4~0.45,用扫把扫出横纹,隔24小时。

c、重复a

d、重复b,在砂浆凝固前抹压3~4遍,待砂浆有点潮湿,但不粘手时。

e、用毛刷依次涂刷胶浆一遍,水灰比0.6,稍干用铁抹子表面压光。

五遍防水使外墙形成多道水泥砂浆防水层,增强了防渗能力。

5 结束语

实践证明,地下室防水施工一定要有正确的方法,经过精心组织和施工,该工程建成后,地下室至今未出现渗漏现象,防水取得了满意的效果。

(作者单位:湖南株洲市建筑工程有限公司)

参考文献:

- 1、土木建筑国家级工法 UEA 补偿收缩混凝土防水工法(YJGF22-92)
- 2、游宝坤 吴万春 取消伸缩缝的设计新方法
- 3、江正荣 朱国梁 简明施工手册 中国建筑工业出版社

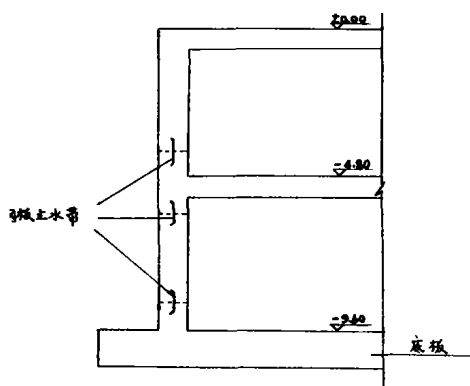


图 1