

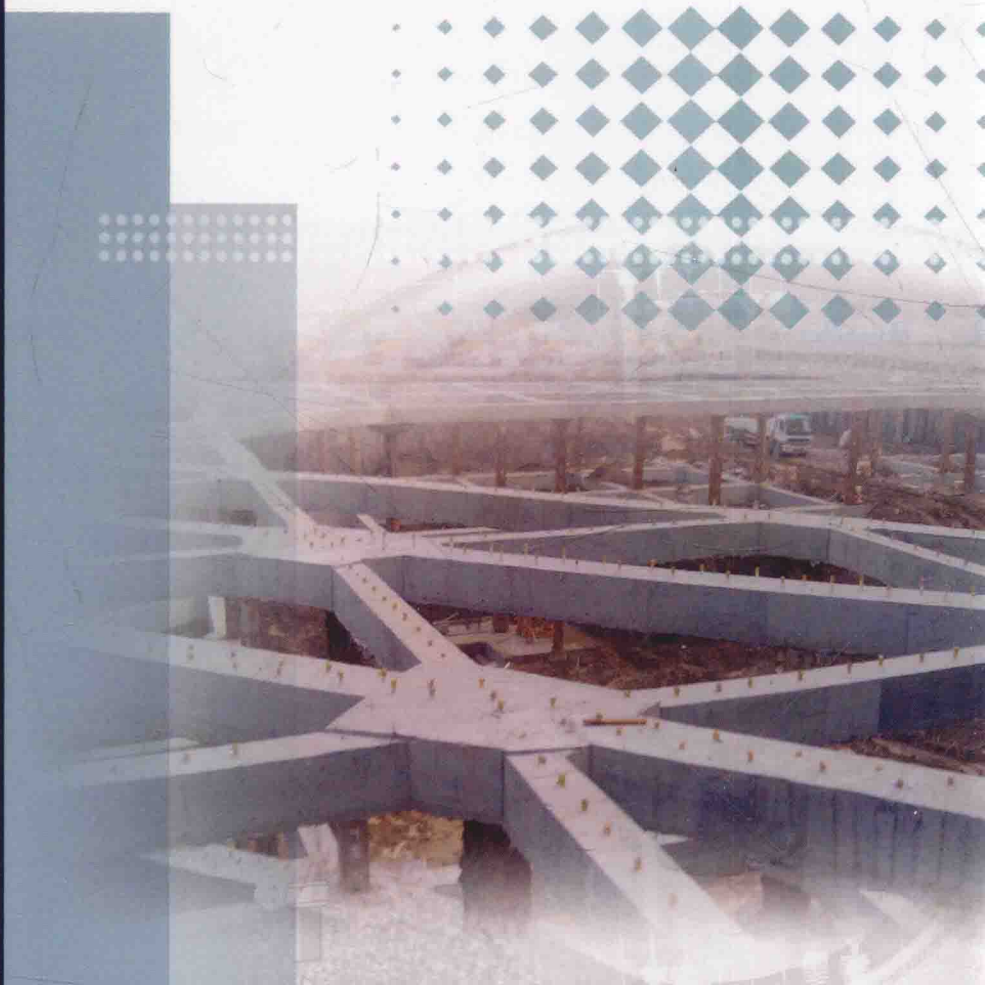
SHENJIKENG BIANXING JIANCE FANGFA YU GONGCHENG SHIJIAN

深基坑变形监测方法与工程实践

王安明 孙轶斌 蓝树猛 黄向春 闫长位 编著



黄河水利出版社



深基坑变形监测方法与工程实践

王安明 孙轶斌 蓝树猛 黄向春 闫长位 编著



黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书系统地分析了深基坑支护工程监测方法及实践应用必要性和特点,总结归纳了目前深基坑支护工程主要监测方法,论述剖析了深基坑工程变形监测若干关键问题,给出了近年来开展的深基坑工程监测若干典型的工程实践等。

本书可供从事深基坑工程的设计、施工、监测、监理及管理人员参考,也可供科研人员及高等学校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

深基坑变形监测方法与工程实践/王安明等编著. —郑州:黄河水利出版社,2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5509 - 1206 - 9

I. ①深… II. ①王… III. ①深基坑 - 变形观测 - 研究 IV. ①TU46

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 207256 号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslebs@126.com

承印单位:河南新华印刷集团有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:11

字数:280 千字

印数:1—1 000

版次:2015 年 8 月第 1 版

印次:2015 年 8 月第 1 次印刷

定价:38.00 元

前 言

随着城市地下空间的不断开发,特别是旧城改造、城中村拆迁和地铁及城市交通基础设施的兴建等,深基坑工程越来越多,其开挖深度越来越大,周边环境更加复杂,基坑支护难度也愈来愈大,这就要求基坑工程在设计和施工时不仅要考虑自身的稳定要求,还要考虑基坑开挖对周围环境的影响。但是,由于土体性质、施工水平、水位条件、周边环境等因素,仅仅根据岩土工程勘察资料来确定设计和施工方案,往往含有许多不确定因素,有时满足设计要求的基坑在开挖过程中往往也出现大的变形甚至开裂,因此对邻近建筑物等基坑周边环境的监测就成了工程建设必不可少的重要环节,同时也是指导正确施工的“眼睛”,是避免事故发生的必要措施。基坑现场监测不仅能提供动态信息反馈来指导施工全过程,了解基坑设计的合理性,为今后降低工程成本提供设计依据,而且可及时了解施工环境——地下土层、地下管线、地下设施、地面建筑在施工过程中所受的影响及影响程度,及时发现和预报险情的发生及发展程度,以便于及时采取安全补救措施。另外,自从国家标准《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497—2009)颁布以来,基坑监测越来越受到工程单位的重视,但是目前专门针对深基坑监测方面的专著及教材等仍比较少,因此有必要在前期积累基础上出版一本专门针对深基坑监测方面的书籍。

为此,作者在大量调研阅读有关文献的基础上,针对近年来深基坑支护工程的研究现状及工程建设的实际需要,总结归纳了目前深基坑支护工程主要监测方法,论述剖析了深基坑工程变形监测若干关键问题,给出了近年来开展的比较典型的深基坑工程监测若干工程实践等。作者长期从事岩土工程以及地质工程方面的教学科研、设计与施工、现场监测检测和现场管理等工作,本书的大部分内容也是作者对多年来深基坑工程设计施工管理及现场监测检测等工作的一次深入总结。

本书得到国家自然科学基金(51004049)、河南省科技创新人才计划(154100510006)、河南省重点科技攻关项目(152102210111,132102210113)、中国科学院武汉岩土力学研究所岩土力学与工程国家重点实验室开放基金研究课题(Z013010)、河南省教育厅2010年度自然科学研究计划项目(2010A480002)等的资助,在此对上述资助单位表示衷心感谢!

本书由华北水利水电大学王安明、黄向春,河南省建筑科学研究院有限公司孙轶斌,黄河勘测规划设计有限公司蓝树猛及河南省沙颍河流域管理局闫长位合作编著,另外,河南省驻马店市建设工程质量监督站毛进宇高级工程师和徐华中高级工程师参与编写了第4章深基坑工程变形监测实例与分析。

在本书撰写的过程中,作者得到华北水利水电大学刘汉东教授、黄志全教授和河南水利与环境职业学院陈泰霖高工等的指导与帮助。河南省建筑科学研究院有限公司、河南省建筑工程质量检验检测中心站有限公司、黄河勘测规划设计有限公司、河南省地矿建设工程(集团)有限公司等单位提供了大量来自一线的宝贵的工程资料和实测数据。另外,本书的撰写还借鉴了书后大量的参考文献,其作者的贡献是显而易见的,在此一并致以衷心的感谢!

由于作者水平的限制,书中还会有疏漏甚至错误的地方,恳请读者批评指正。

作者

2015年8月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 基坑工程监测的必要性	(1)
1.2 基坑工程的特点	(2)
1.3 深基坑工程监测特点	(3)
第2章 深基坑支护工程监测方法	(4)
2.1 概 述	(4)
2.2 监测的内容和基本要求	(4)
2.3 基坑水平位移监测	(6)
2.4 基坑垂直位移监测	(7)
2.5 深层水平位移监测	(8)
2.6 锚索拉力测量	(9)
2.7 孔隙水压力观测	(9)
2.8 基坑支护结构内力监测	(10)
2.9 地下水位监测	(11)
2.10 地表建筑物沉降及墙体裂缝监测	(11)
第3章 深基坑工程监测若干问题	(13)
3.1 概 述	(13)
3.2 基坑监测报警	(13)
3.3 加强现场巡视检查	(13)
3.4 测斜仪观测有关问题	(14)
3.5 异常曲线处理	(16)
3.6 不同规范关于基坑监测项目的规定	(17)
3.7 不同规范关于基坑监测频率的规定	(19)
3.8 不同规范关于基坑监测报警值的规定	(22)
第4章 深基坑工程变形监测实例与分析	(28)
4.1 实例一:绿地·中央广场项目南地块基坑监测	(28)
4.2 实例二:天津富力响螺湾 A07 地块基坑监测	(59)
4.3 实例三:郑州市轨道交通 1 号线西三环地铁站基坑监测	(73)
4.4 实例四:郑州绿地广场(会展宾馆)基坑监测	(92)
4.5 实例五:郑大一附院门诊医技楼基坑监测	(123)
参考文献	(169)

第 1 章 绪 论

1.1 基坑工程监测的必要性

随着我国国民经济及城市建设的飞速发展,高层建筑日益增多,尤其是最近十余年来,我国大中城市高层建筑拔地而起;与此同时,对地下空间的开发利用也成为大城市解决城市交通拥挤的主要方向,地铁、地下商场和地下停车场等大型建筑物不断增多。随之而来的基坑工程施工越来越多,其开挖深度也越来越大。由于土体性质(尤其是软土地区)、基坑施工荷载条件、基坑周边环境的复杂性,根据地质勘察资料确定的基坑支护设计方案,即使理论上满足相关规范的要求,在实际施工时也往往含有许多不确定因素,因此对在施工过程中引发的基坑边坡围护体变形、基坑周边环境、邻近建筑物等的监测已成为工程建设必不可少的重要环节,是避免事故发生的必要措施。

深基坑的理论研究和工程实践告诉我们,基坑监测与理论设计、经验等相结合是指导深基坑工程安全设计和施工的正确途径。第一,靠现场监测提供的数据进行基坑支护的技术分析,指导施工全过程,并可通过监测数据来了解基坑设计的可靠性,以便总结经验和教训,为今后的工作提供指导。第二,对基坑边坡稳定状态及时预测预报,及时了解基坑周边地面建筑、地下设施等在施工过程中所受的影响及影响程度,确保基坑内作业的人、机、物安全,确保基坑周边建筑物安全。第三,可及时发现和预报险情的发生及发展程度,为及时采取安全补救措施提供预警作用,防范于未然,避免发生重大安全事故。第四,由于各种复杂的原因,近年来各地陆续发生了多期深基坑倒塌事故,既拖延了工期,又增加了造价,造成重大的经济损失和不良的社会影响,这些支护形式各有其优缺点,在付诸工程实践后,也取得了不少成功经验,但很多都是以大量的经济浪费为代价的,基坑支护技术的优化设计研究也已成为刻不容缓的研究课题,而基坑监测可以为优化设计提供依据。

从近年来发生的基坑工程事故实例可以看出,由于部分单位不重视基坑施工过程中的监测,即使有监测单位但有关单位对监测成果同样不够重视甚至排斥,从而造成了较严重的工程事故,甚至造成了人员伤亡事故。如基坑围护结构的失稳,周边建筑物开裂甚至坍塌,地下管网破坏渗水等。因此,当前应该按照《建筑基坑工程监测技术规范》(GB 50497—2009)的规定开展监测工作,对超过 5.0 m 深的基坑开展监测工作已经变得越来越重要,可为设计、施工更复杂的基坑积累经验。

1.2 基坑工程的特点

1.2.1 基坑工程是一个临时性工程

基坑工程是一般建筑物基础施工和下部结构施工必须经过的一个环节,一般根据地下室层数需要来决定基坑开挖深度,主体结构出正负零即可以进行基坑回填,最晚在工程交付使用前必须回填,回填之后基坑失去作用。深基坑支护工程往往造价较高,而且又是临时性工程,因此投资者往往不重视基坑工程,不愿意投入大量资金。但是深基坑工程一旦出现事故,其危害性又比较大,处理起来十分困难,而且给人民群众带来安全隐患和经济损失。

1.2.2 基坑工程一般施工周期比较长

基坑工程施工周期长,遇到降雨天气坑内土体变得松软而无法施工,加之场地狭窄、重物堆放、机械振动等许多不利因素,这些都会对基坑稳定产生不利影响,一旦发生工程事故,将会使施工工期大大延长;而且,因基坑开挖和降水涉及与周边环境之间的关系,往往会与周边群众产生纠纷,甚至害怕基坑开挖会对楼房安全产生威胁而不敢居住,常常在施工之前遭到周边群众的阻拦,以及出现一些不必要的纠纷等情况,这也会耽误比较长的时间。另外,基坑暴露时间比较长时,因土体蠕变、持续降水等因素又会对基坑边坡产生不利的影 响,从而导致恶性循环。

1.2.3 基坑工程具有明显环境效应

基坑开挖和降水势必引起基坑周边环境应力场的改变和地下水位的 变化,导致周围土体的变形,很容易产生土体 滑移、基坑失稳、桩体变位、基坑隆起、支挡结构严重漏水、流土以致破损,对周围建筑物、地下构筑物、管线造成很大影响。

当基坑支护工程位于人口密度较大的城市市区时,其周边建筑环境往往比较复杂,通常能够建设的场地也较小,还比较容易受到外界环境的影响,例如周围的建筑、城市主干道和市政的排水管道等,这就给基坑支护工程的顺利施工带来了比较多的干扰和难题。

当基坑支护工程处于复杂场地(软弱土、高地下水位等)条件时,因土体本身的强度低、地下水位比较高等,很容易产生基坑边坡土体失稳、坑底隆起、渗水 流土等破坏,给基坑边坡稳定、相邻建筑及管线的安全带来很大威胁。

1.2.4 基坑工程是一个综合性的系统工程

基坑工程施工涉及勘察单位、设计单位、施工单位、降水单位、监测单位、监理单位以及周边环境等方方面面,基坑开挖降水等的施工组织是否合理将对支护体系是否成功具有重要作用。不合理的土方开挖步骤和速度可能导致主体结构桩基变位、支护结构过大的变形,甚至引起支护体系失稳而导致破坏。同时 在施工过程中,应加强监测,力求实行信息化施工。

1.3 深基坑工程监测特点

1.3.1 时效性

相对于普通工程测量来说,基坑工程监测没有明显的时间效应,因为基坑监测通常是伴随着基坑开挖和降水的过程而开展的,基坑开挖和降水都会对基坑监测点产生影响,因此测量结果是动态变化的,即时的结果和1 d以前甚至1 h以前的测量结果就有可能不一样,因此深基坑施工中监测需随时进行,要做到当天测当天反馈,危险时刻要做到及时观测及时反馈,监测数据需在现场及时进行计算处理,计算有问题可及时复测,尽量做到当天报表当天出。因为基坑开挖是一个动态的施工过程,只有保证及时监测,才能有利于及时发现隐患,及时采取措施。

一般根据规范和现场基坑开挖和降水情况选择基坑监测频率,在测量对象数据变化趋势加快或者达到规定值时,应该加密观测。基坑监测的时效性要求观测人员、观测仪器设备和观测方法等具有采集数据快、全天候工作的能力,甚至适应夜晚或雨天以及大雾天气等恶劣的环境条件。基坑工程监测时效性还体现在周期比较长,一般要求基坑开挖之前即进场进行观测,然后一直观测到主体结构出正负零,基坑回填完毕为止。这样的观测周期决定了观测人员工资成本较高。

基坑工程监测已经成为了基坑施工的必要环节,作为与基坑周边环境紧密相关的系统工程,及时的信息采集、分析、处理、反馈,既可以真实地反映基坑实际的运作状态,指导下一步的施工或降水工作,又为设计和施工提供了宝贵的第一手资料。

1.3.2 准确性

基坑工程监测数据必须是真实可靠的,监测数据是否准确可靠是基坑监测的关键问题。监测数据是监测工作质量很重要的体现,直接影响观测人员对基坑当前状态的判断,监测数据的可靠性由测试元件安装或埋设的可靠性、监测仪器的精度以及监测人员的观测水平和工作责任心来保证,监测数据真实性要求所有数据必须以原始记录为依据,原始记录任何人不得更改、删除。

为确保基坑工程监测的可靠性和准确性,一般监测规范都要求基坑监测坚持“三固定”原则,即固定人员、固定仪器、固定观测路线,每次测量位置保持一致,保证前后观测视距的一致性,即使前后视距相差悬殊,结果仍然是完全可用的。监测要求尽可能做到等精度,使用相同的仪器,在相同的位置上,由同一观测者按同一方案施测。

另外,基坑开挖或降水之前,为确保对基坑状态进行准确的综合判断,还需要收集基坑周边环境各监测对象的原始资料和使用现状等资料。必要时要进行拍照、录像等方法记录保存有关资料或进行必要的现场测试取得有关资料。特别是对使用年限比较久的老建筑物以及已经开裂的地下管线等,记录工作要做得很细致,以免影响基坑开挖降水对周边环境影响程度的综合判断,避免不必要的纠纷。

第2章 深基坑支护工程监测方法

2.1 概述

随着城市高层建筑和地铁项目等的建设发展,出现了大量的深基坑开挖工程,基坑施工场地四周往往有建筑物和地下管线,基坑开挖所引起的土体变形将直接影响这些建筑物和地下管线的正常状态,当土体变形过大时,会造成邻近结构和设施的过大变形甚至开裂破坏。同时,基坑开挖过程中若地下水问题处理不当,也会对相邻建筑物和基坑侧壁产生不利的影晌。根据多年的工程经验以及近年来发生的一些基坑工程事故可知,由于不重视基坑施工过程中的监测,从而造成了较严重的工程事故,甚至造成了人员伤亡事故。因此,为保证在基坑土方开挖期间基坑侧壁和周边环境的安全,必须进行深基坑工程监测。

为确保深基坑工程监测工作的顺利进行,首先需要对基坑支护工程监测方法有全面的了解和掌握。在参阅有关文献的基础上,本章对深基坑支护工程常见的监测方法进行了归纳总结。

2.2 监测的内容和基本要求

2.2.1 监测的内容

基坑开挖与支护的监测,可根据具体情况,采用表2.1的部分或全部内容。

表 2.1 建筑基坑工程监测项目表

监测项目	基坑类别		
	一级	二级	三级
(坡)顶水平位移	应测	应测	应测
墙(坡)顶竖向位移	应测	应测	应测
围护墙深层水平位移	应测	应测	宜测
土体深层水平位移	应测	应测	宜测
墙(桩)体内力	宜测	可测	可测
支撑内力	应测	宜测	可测
立柱竖向位移	应测	宜测	可测
锚杆、土钉拉力	应测	宜测	可测

续表 2.1

监测项目		基坑类别		
		一级	二级	三级
坑底隆起	软土地区	宜测	可测	可测
	其他地区	可测	可测	可测
土压力		宜测	可测	可测
孔隙水压力		宜测	可测	可测
地下水水位		应测	应测	宜测
土层分层竖向位移		宜测	可测	可测
墙后地表竖向位移		应测	应测	宜测
周围建(构) 筑物变形	竖向位移	应测	应测	应测
	倾斜	应测	宜测	可测
	水平位移	宜测	可测	可测
	裂缝	应测	应测	应测
周围地下管线变形		应测	应测	应测

注:基坑类别的划分按照国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)执行。

2.2.2 监测的基本要求

在业主及设计单位提出监测要求后,监测单位应在现场踏勘和收集岩土工程勘察报告及基坑支护设计方案等资料基础上,依据委托方和相关单位提出的监测要求和规范、规程的规定编制详细的基坑监测方案,监测方案须在本单位审批的基础上报委托方及相关单位认可后方可实施。监测方案编制完毕之后,下一步的监测工作还应满足以下基本要求:

(1)有计划地开展观测工作。应严格按照有关的监测方案执行,在正式监测之前应把需要的各种仪器设备、需要做的各项工作计划好,把准备工作做得具体一些。

(2)监测数据必须是可靠真实的。数据的可靠性由测试元件安装或埋设的可靠性、监测仪器的精度、可靠性以及监测人员的素质来保证。监测数据的真实性要求所有数据必须以原始记录为依据,原始记录任何人不得更改、删除。监测仪器数量或精度要能满足监测要求,监测人员要经过监测业务培训,具备上岗资格。

(3)保证监测工作的及时性。基坑开挖是一个动态的施工过程,只有及时观测,才能随时察觉基坑开挖对周围环境的影响;对于观测的项目,应按照工程重要性以及周围环境复杂程度预先设定预警值。当观测发现超过预警值的异常情况时,要立刻采取应急补救措施。对重要的监测项目,应按照工程具体情况预先设定预警值和报警制度,预警值应包括变形或内力累计量值及其变化速率。

(4)经济性原则。在试验项目和方法选择方面,在确保可靠的前提下结合工程经验

尽可能采用直观、简单、有效的方法;在试验点的数量方面,在确保系统全面的前提下,按照关键部位优先、兼顾全面的原则,对所关心问题的关键部位重点布置,加密观测,并合理利用试验点之间的联系,减少试验点数量,提高工作效率,降低成本。

2.3 基坑水平位移监测

基坑水平位移监测的常用方法有视准线法、小角度法和极坐标法等,这些方法的主要原理介绍如下。

2.3.1 视准线法

当需要测定变形体某一特定方向(如垂直于基坑围护体方向)的位移时,常使用视准线法。沿基坑某边选定的方向线的两端,埋设两个相对稳定的工作基准点,然后在基坑某边沿这两个端点所连成的直线上设立一排监测点,定期观测这一排监测点偏离方向线的距离,并加以比较,即可求出这些监测点的水平位移量。

原理:如图 2.1 所示,点 A 、 B 是视准线的两个基准点(端点), AB 是方向线,1、2、3 为水平位移观测点。观测时,将经纬仪置于 A 点,将仪器照准 B 点,将水平制动装置制动。竖直转动经纬仪,分别转至 1、2、3 点附近,用钢尺等工具测得水准观测点至 AB 这条视准线的距离。根据前后两次的测量距离,得出这段时间内水平位移量。

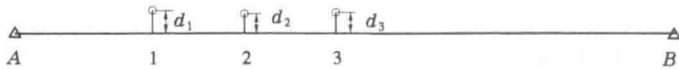


图 2.1 视准线法原理图

视准线观测方法因其原理简单、方法实用、实施简便、投资较少的特点,在水平位移观测中得到了广泛应用。但是对较长的视准线而言,由于视线长,使照准误差增大,甚至可能造成照准困难。

2.3.2 小角度法

当需要测定变形体某一特定方向(如垂直于基坑围护体方向)的水平位移时,也常常使用小角度法。利用全站仪或经纬仪精确测出基准线与置镜点到观测点视线之间的微小角度,在基坑一定距离外设定相对稳定的工作基准点,在基坑外远大于工作基准点与监测点距离设定后视点,基准点与后视点连线作为零方向。测定一定监测时间内,监测点与基准点连线和零方向之间的角度变化值,并通过计算,得出监测点的水平位移值。

原理:如图 2.2 所示,如需观测某方向上的水平位移 PP' ,在监测区域一定距离以外选定工作基点 A ,水平位移监测点的布置应尽量与工作基点在一条直线上。沿监测点与基准点连线方向在一定远处选定一个控制点 B ,作为零方向。在 B 点安置觇牌,用测回法观测水平角 BAP ,测定一段时间内观测点与基准点连线和零方向间角度变化值,根据公式 $\delta = \Delta\beta D/\rho$ (式中 D 为观测点 P 至工作基点 A 的距离, $\rho = 206\ 265''$) 计算水平位移。

此方法简单易行,便于实地操作,精度较高。但是场地须较为开阔,且基准点应该宽

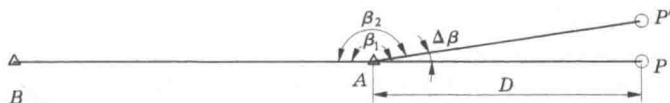


图 2.2 小角度法原理图

开监测区域一定的距离,设在不受基坑施工影响的地方。

2.3.3 极坐标法

极坐标法是利用数学中的极坐标原理,以两个控制点为坐标轴,以其中一个点为极点建立极坐标系,测定观测点到极点的距离,测定观测点与极点连线和两个已知点连线的夹角的方法,如图 2.3 所示。

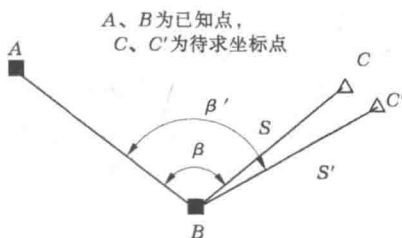


图 2.3 极坐标法原理图

测定待求点 C 坐标时,先计算已知点 A 、 B 的方位角:

$$\alpha_{BA} = \frac{Y_A - Y_B}{X_A - X_B} \times \frac{180^\circ}{\pi}$$

测定角度 β 和边长 BC ,根据公式计算 BC 方位角:

$$\alpha_{BC} = \alpha_{BA} + \beta$$

计算 C 点坐标:

$$X_C = X_B + S \cdot \cos\alpha_{BC}$$

$$Y_C = Y_B + S \cdot \sin\alpha_{BC}$$

2.4 基坑垂直位移监测

在基坑施工过程中,由于基坑的开挖卸载及其他基坑变形的影响,基坑围护结构会发生垂直位移变形,需要进行基坑围护结构的坡顶垂直位移监测。

2.4.1 闭合路线监测

利用水准基准点和监测点建立闭合水准路线,对监测点进行垂直位移监测,通过水准基准点与监测点的高程联测,得到各监测点的监测高程,监测一定时间间隔内各监测点的高程变化,得到各监测点的垂直位移。

2.4.2 附和路线监测

利用两水准基准点和监测点建立附和水准路线,对监测点进行垂直位移监测,通过水准基准点与监测点的高程联测,得到各监测点的监测高程,监测一定时间间隔内各监测点的高程变化,得到各监测点的垂直位移。

2.5 深层水平位移监测

2.5.1 测斜仪测量

围护墙体或基坑周围土体的深层水平位移的监测宜采用在墙体或土体中预埋测斜管的方法,通过测斜仪观测各深度处水平位移,其可以反映支护结构的位移变化。测斜仪应下入测斜管底5~10 min,待探头接近管内温度后再量测,每个监测方向均应进行正、反两次量测。在基坑开挖之前,先将四个相互垂直导槽的测斜管埋入支护墙体结构或被支护的土体中。测量时,将活动式探头放入测斜管,使探头上的导向滚轮卡在测斜管内壁的导槽中,沿槽滚动,正、反测量后即可测定并计算出沿测斜管整个深度的各监测点的水平位移变化。

2.5.2 测斜管的安装或埋设

测斜管可安装在地下连续墙或支护桩钢筋笼等支护结构上,也可将测斜管埋入被支护基坑边坡土体中。当测斜管安装并绑扎固定在地下连续墙或支护桩的钢筋笼上时,随钢筋笼浇筑在混凝土中,浇筑混凝土之前应在测斜管内注满清水,防止测斜管因浮力在浇筑混凝土时浮起,同时应事先用胶带在管与管接头处缠绕密封,以防止水泥浆渗入管内。当测斜管埋入被支护基坑边坡土体中时,在被支护土体内钻孔,然后将测斜管逐节组装并放入钻孔内,测斜管底部装有底盖,也应该用胶带在管与管接头处缠绕密封以防止钻孔泥浆渗入管内,管内注满清水,下入钻孔内预定深度。

当测斜管埋入被支护基坑边坡土体中,测斜管下入钻孔内预定深度时,一般会在管周围形成空洞,需要进行测斜管外围的填充,测斜管外围的填充是为了保证测斜管与周围岩土地层保持良好接触,当地层发生横向位移时,测斜管应当发生同样的横向位移,如果填充不密实,会造成测试不准或数据不重复,产生抖动。一般采用石料中的米石作为填充料,也可以采用向测斜管与孔壁之间的间隙由下而上逐段灌浆或用灰浆砂子填实,摇动测斜管让米石或灰浆砂子等不断下沉密实,保证不使测斜管外围空虚。

测斜管固定完毕后,用清水将测斜管内冲洗干净,将探头模型(探孔器)放入测斜管内,沿导槽上下滑行一遍,以检查导槽是否畅通无阻,滚轮是否有滑出导槽的现象。由于测斜仪的探头价格相对比较高,在未确认测斜管导槽畅通时,不能放入探头。如果测头没有遇到阻碍,可缓慢将测头放入,如遇阻碍,立即拔出测头,对该测管进行必要处理或废弃后重新安装。安装完毕后,要量测测斜管导槽方位、管口坐标及高程,及时做好孔口保护装置,做好记录。

2.5.3 观测资料的整理

用测斜仪测量侧向位移时的观测记录及整理内容包括:测斜孔编号、平面位置和导槽方位、水平位移实测值、最大位移值及发生的位置与方向、位移发展速率、观测时间、施工进度、观测、计算和校核责任人等,同时应将测试结果与基坑开挖时间以及测斜管周边环境情况对应起来进行综合分析判断。为及时进行险情预报,现场实测数据应立即分析处理后反馈给施工现场管理人员。

2.6 锚索拉力测量

锚索拉力是在锚头位置用锚索应力计来读取锚索所承受的拉力,精度要求为 $1/100$ ($F \cdot S$)。锚索应力计一般安装在张拉端,安装时钢绞线从锚索应力计中心孔穿过,测力计处于钢垫座和工作锚之间。为避免锚索应力计偏心受力或受力超过允许值,在安装过程中随时对测力计进行监测,并从中间锚索开始向周围锚索逐步对称加载。在测力计安装好且锚索施工完成后,进行锚索预应力张拉,记录锚索轴力计上的初始荷载,同时根据张拉千斤顶的读数对锚索应力计的结果进行校核。

在监测元件使用前,要求厂家提供元件的出厂标定记录、鉴定证明书等相关证明材料,确保监测元件的合格有效。在安装埋设监测元件后,立即对其完好性进行检查并检查其工作性能是否正常。

预应力锚索锁定之后应有 $2 \sim 3$ 次锚索应力计的稳定测量值,作为计算应力变化的初始值。用频率仪进行读数,并根据厂家提供的标定公式计算得到锚索拉力。每次采集锚索应力数据后填入监测日报表中,填写成果汇总表及绘制锚索应力随时间变化曲线,并与其他测试项目进行综合对比分析以判断基坑边坡的变化。

2.7 孔隙水压力观测

2.7.1 观测仪器及量程选择

测量孔隙水压力主要使用的观测仪器为孔隙水压力传感器与数字式频率仪。钢弦式传感器是通过数字式频率仪测得频率值,并经参考标定曲线换算求得相应的孔隙水压力值。在量程方面首先要根据埋设传感器的深度、孔隙水压力的变化幅度等因素,大致估算一下最大的可能的孔隙水压力值,然后据此确定要使用的孔隙水压力传感器量程,量程选的太大则影响数据准确性,选的太小则可能测不出来。

2.7.2 孔隙水压力传感器的埋设

如果土质较软,可将孔隙水压力传感器缓缓压入埋设深度。若有困难,可先成孔至埋设深度以上 $0.5 \sim 1.0$ m 处,再将传感器压入土中,回填 1 m 以上膨润土球封孔。

也可以采用钻孔埋设,在埋设点采用钻机钻孔,达到要求的深度或标高后,先在孔底

填入部分干净的砂,然后将探头放入,再在探头周围填砂,最后采用膨胀性黏土球或干燥黏土球将钻孔上部封好,使探头测得的是该标高土层的孔隙水压力。孔隙水压力探头埋设的技术关键在于首先保证探头周围垫砂渗水通畅,其次是断绝钻孔上部向下渗漏。原则上一个钻孔只能埋设一个探头,但为了节省钻孔费用,也可在同一钻孔中埋设多个位于不同标高处的孔隙水压力探头。在这种情况下,需要采用干土球或膨胀性熟土将各个探头进行严格相互隔离,每个传感器之间的间距不得小于1 m,且一定要保证封孔质量,避免水压力的贯通;在地层的分界处也应注意封孔的质量,避免上下层水压力的贯通,否则达不到测定各土层孔隙水压力变化的目的。

2.7.3 孔隙水压力观测结果整理

基坑开挖之前,首先检验孔隙水压力传感器的稳定性,一般2~3 d观测1次,每次观测应有3~5次稳定读数,当观测数值基本稳定时,即可作为基坑开挖之前土体孔隙水压力的初始值。正式开始观测时,本次孔隙水压力测量值与上次同编号的孔隙水压力测量值之间的变化量即为单次变化量,也可以根据初始值计算出累计变化量。由现场观测数据计算出的孔隙水压力值,可整理为不同施工阶段沿深度的孔隙水压力分布曲线和孔隙水压力变化时程曲线。

2.8 基坑支护结构内力监测

2.8.1 钢筋应力计的现场安装

用钢筋应力计进行基坑围护结构内力监测是防止基坑支护结构发生强度破坏的一种较为可靠的监控措施。将钢筋应力计安装在被测主筋上,有碰焊法和绑焊法两种安装方法。用碰焊法时,可用连接杆与钢筋先碰接,然后与钢筋应力计连接,连接后再制钢筋笼;用绑焊法时,用两根25~35 cm的钢筋,等距离夹在连接杆与主筋接头处两旁,单面满焊即可,如用单根25~35 cm的钢筋,则应双面满焊,且先连接钢筋计后,再制钢筋笼。安装时,应注意尽可能使钢筋应力计处于不受力的状态,特别不应使钢筋应力计处于受弯状态。上述安装完成后,将钢筋应力计上的导线逐段捆扎在邻近的钢筋上,引到地面的测试匣中。支护结构浇筑混凝土后,用万用表检查钢筋应力计电路电阻值和绝缘情况,做好引出线和测试匣的保护措施。

2.8.2 钢筋应力计数据采集

基坑开挖之前应有2~3次钢筋应力计的稳定测量值,作为计算应力变化的初始值。基坑每开挖其深度的1/5~1/4应测读2~3次,或在每层内支撑(或拉锚)施工间隔时间内测读2~3次;基坑开挖至设计深度时,每两周测读1~2次,一直测到地下室底板混凝土浇筑完毕,或最上层支撑拆除为止。每次应力实测值与初始值之差,即为应力变化值。每次采集钢筋应力计数据后填入监测日报表中,并填写成果汇总表及绘制支撑内力变化曲线。

2.9 地下水水位监测

2.9.1 水位监测点埋设

地下水水位监测宜采用钻孔内设置水位管的方法进行。潜水水位管应在基坑降水之前设置,钻孔孔径不应小于 110 mm,水位管直径宜为 50 ~ 70 mm,监测点间距宜为 20 ~ 50 m,埋置深度应控制在地下水位之下 3 ~ 5 m。水位管滤管段以上应用膨润土球封至孔口,水位管管口应加盖保护,防止地表水及杂物进入。

承压水水位管安装前,须摸清承压水层的深度,水位管放入钻孔后,水位管滤头必须在承压水层内。滤管段与钻孔孔壁间应灌砂填实,被测含水层与其他含水层间应采取有效的隔水措施,含水层以上部位应用膨润土球或注浆封孔,水位管管口应加盖保护。

水位管理设后,应采用水位计逐日连续观测水位,取至少 3 天稳定值作为初始值。地下水位变化量为本次监测值与初始值之差。观测时,应注意水位管阻塞或被测水位因与其他含水层连通导致的观测值失真。

2.9.2 水位量测

降水开始前,所有降水井、观测井统一时间联测静水位,统一编号量测基准水位。通过水准测量测出孔口标高 H ,将探头沿水位管缓慢放下,当测头接触水面时,电测水位仪蜂鸣器响,这时读取测尺读数 a_i ,则地下水位标高 $H_{wi} = H - a_i$,本次测量地下水位标高与上次测量地下水位标高之间的差值即为水位的升降变化数值。从降水开始,观测井孔的观测时间间隔分别采用 30 min、1 h、2 h、4 h、8 h、12 h,以后每隔 12 h 观测一次,直到降水工程结束。观测过程中根据水位变化值绘制水位随时间的变化曲线,以及水位随施工过程的变化曲线。

2.10 地表建筑物沉降及墙体裂缝监测

2.10.1 地表建筑物沉降测点埋设

以基坑边缘以外 1 ~ 3 倍开挖深度范围内需要保护的建(构)筑物等作为监测对象。在建(构)筑物四角、沿外墙每 10 ~ 15 m 处或每隔 2 ~ 3 根柱基布置监测点,且每边不少于 3 个监测点;在一些特殊位置处应增加埋设观测点。比如不同地基或基础的分界处以及建(构)筑物不同结构的分界处,变形缝、抗震缝或严重开裂处的两侧,新、旧建筑物或高、低建筑物交接处的两侧,烟囱、水塔和大型储仓罐等高耸构筑物基础轴线的对称部位,每一构筑物不得布置少于 4 个测点,特别重要的建筑物布置 6 个测点。

2.10.2 建筑物裂缝观测

在基坑开挖之前应由多人仔细检查建筑物原有的裂缝分布位置和数量,包括建筑物