



中国城市地面沉降 研究概况及存在问题

李绍武 周国云

一、中国城市地面沉降研究概况

国内地面沉降研究最早始于上海,此后,天津、宁波、常州也相继开展研究。

上海地矿局从1962年起,在市区展开了大量的勘察研究工作,与中科院力学所、武汉岩土所、河海大学、地科院水文所、同济大学、复旦大学等单位合作,对上海地面沉降进行了系统深入的研究,取得了大量成果,基本摸清地面沉降规律;对地面沉降机理进行了深入研究;提出地面沉降计算的数学模型,基本控制了地面沉降。1980年在上海召开的第一届全国地面沉降学术讨论会,以上海地面沉降研究成果撰文参加了第四届国际地面沉降会议及第十届国际土力学及基础工程会议。与国内外进行了广泛交流。

天津是继上海之后研究地面沉降较早的城市之一。天津地矿局与中国地质大学(北京)、地科院水文所合作,经过深入研究取得了许多成果;对天津地面沉降有了较深入的认识。

宁波市地面沉降系统的勘察试验研究从1980年开始,列为1980年~1986年省局重点项目,与中国地质大学(武汉)合作,经过6年的深入研究,基本掌握沉降规律,提出系统的地面沉降物理力学模型,对地面沉降进行了预测,分析了地下水允许开采量问题。

常州市自1979年开始到1983年,对常州市地面沉降进行了大量勘察试验研究工作,提出了勘察研究报告。

纵观国内几十年来在地面沉降方面的研究工作,到目前为止研究的手段、深度、范围大致可归纳有以下几点。

(1) 进行地质勘察工作

其主要目的是查清研究区内沉降的背景条件。取得土层和含水层的各种数据。

(2) 编制专门性图件

主要有:沉降范围分布图,地下水位漏斗分布图;各土层和含水层的空间展布图;水文地质图;地质结构分区图;标点(沉降标和孔隙水压力标)的动态图件;含水层地下水动态图;土层应力应变关系图等等。通过专门性图件的绘制可以基本掌握地面沉降的规律。

(3) 水准测量

在研究区内部置水准测量点,定期进行测量,以便掌握沉降范围、形状、发展趋势等情况。

(4) 进行含水层地下水开采量(回灌量)及地下水位的长期观测。

为了解地下水动态、漏斗分布、扩展及寻找水位与开采量(回灌量)的关系累积资料。

(5) 室内、外试验

室内试验主要有:粘性土的常规土性指标、高压固结、三轴剪切、长期流变、孔隙水压力消散、地面沉降室内模型试验及水质分析等等。

近年来开始对粘性土的物质成份、微观结构等方面与沉降的关系进行了研究。

室外试验主要有:抽水试验、回灌试验、静力触探等。

(6) 设立沉降标、孔隙水压力标及基岩标

用以深入了解各土层和含水层的变形规律以及粘性土层内、含水层地下水位的动态

规律,对建立地面沉降数学模型,掌握沉降规律、机理、论证控制地面沉降的技术方法等,均具有重大意义。

(7) 关于沉降机理的研究

目前普遍采用有效应力原理来解释沉降发生的机制。上海认为沉降的发生归结为三方面:抽水后含水层浮托力减少;粘性土层有效应力增大,渗透力的作用,并通过室内试验论证了抽水压缩与加载压缩的区别,认为两者的固结微分方程是相同的,且迭加原理适用。天津在研究中引入结合水动力学中的起始水力坡度的概念;并试图划分出粘性土的越流补给量及砂层弹性释水量,还提出掠夺性开采量的概念。上海深入研究了粘性土前期固结压力与粘性土压缩的关系,研究了土层和砂层的变形特征,采用胀缩比的概念进行沉降预测。宁波、上海均采用三单元流变模型分析了浅部软土层的蠕变特性,指出在小加载比条件下,流变成份占很大比重。

随着含水层地下水位的升降,地面出现回弹及下降,这是实际观测的结果,与一些人认为的地面沉降不可逆性有出入,如何从机理加以深入分析可进一步探讨。

采用渗透固结理论或流变等理论进行地面沉降计算,如果采用室内土力学试验得出的指标进行计算,结果与实际相差很大,只能采用反算值。这一现象一方考虑说明地面沉降的复杂性,另外也说明对机制研究得不够深入。应深入研究随地下水位的反复升降,如何从机理上把握土性参数的变化以便提高预测精度。如何在考虑粘性土的物质成份、流变特征、微观结构、薄膜水离子交换及考虑三维流的情况下深入研究地面沉降的机理是需进一步研讨的方向。

(8) 地面沉降计算模型研究概况

地面沉降计算包含了两个过程:1.确定含水层水位与开采(回灌)之间的关系,即所谓水位模型;2.计算由于含水层水位变化引起粘性土层及含水层本身的变形规律,所

谓土力学模型。两者迭加即成为地面沉降数学模型。上海、天津、宁波、常州均作过研究。目前较成熟的方法是:水位模型采用相关分析法,土力学模型采用太沙基固结模型。这些在实际应用上取得了较好的效果。

二、中国城市地面沉降防治措施

中国当前已有十几个城市发现有地面沉降现象,其主要原因为强烈开采地下水,使地下水位迅速下降,导致粘性土层及含水层压缩,形成地面沉降。随着开采量的不断增加,沉降速率也不断加大,沉降范围逐年扩大。目前国内普遍采用的防止措施有以下几种。

(1) 减少地下水开采量

减少地下水开采量是控制地面发生下沉的有效措施,这已被很多城市的实践所证明。如上海市于1963年决定采取限制开采地下水措施,结果从1963年到1965年地面沉降随地下水位的大幅度上升而逐年减少。

(2) 调整开采层次

调整开采层次对地面沉降起到缓解作用。这是一种被实践证明是行之有效的辅助措施。其主要依据是不同的含水层上下相邻的粘性土层物理力学性质不同,因此不同含水层的水位下降对地面沉降的影响不同。国内沿海一带地层上部大多是软弱的第四纪海陆相的淤泥质粘性土,下部粘性土的固结程度则较高。因此将上部含水层的地下水开采转向下部含水层,对地面沉降有一定缓解作用。

(3) 进行地下水人工回灌

进行地下水人工回灌以提高地下水位,从而达到缓解地面沉降的效果。同时结合地下水储能技术,冬灌夏用,夏灌冬用,起到多种效果。上海自1966年开展回灌以来,地下水回灌范围逐年扩大,地下水位大幅度上升,不仅在一定程度上控制了地面沉降,而且也为工厂提供了“冷源”和“热源”。

(4) 利用地下水的采、灌数学模型进行合理利用地下水

三、中国城市地面沉降研究中存在的问题及其研究方向

(1) 从面上来看, 目前国内确已存在地面沉降的城市到底有多少, 是哪些城市, 沉降的严重程度如何, 沉降的始发时间等等情况, 目前知道得并不十分准确。地面沉降的监测工作还没有提到议事日程上来。

(3) 粘性土层的物质成份、流变规律、微结构变化及薄膜水离子交换, 压密释水与地面沉降的关系须进一步深入到定量研究的水平。沉降机理的研究须更深入一步。

(5) 压缩开采地下水及回灌地下水缓解地面沉降的实际效果的定量研究。研究城市地下水允许开采量这一个重要问题。

(7) 地面沉降监测中新技术新方法的应用研究。

总之,我国地面沉降的研究工作还存在不少问题:某些城的地面沉降虽基本控制或减弱,但未完全控制住;已发现地面沉降的城市有许多还未深入开展工作;一些有可能存在或发生地面沉降的城市缺乏有远见的预测;对地面沉降机理的研究还有待深入。

1. 对已经具有一定勘察试验研究工作水平的城市,应着重总结经验,控制好地面沉降,并对开展这项工作较晚的城市进行指导。

3. 开展系统的全国性的城市地面沉降调查, 尽快拟订出控制地面沉降的防治措施方案。

5. 开展国内、国际有关城市地面沉降方面的技术交流。

6. 引进国外先进的勘察试验手段和仪器设备。

7. 开展多学科的联合攻关和多部门的协同作战。

[illegible]

我国著名地质学家地矿部地质科技顾问委员、地质学会理事长、中科院地质部副主任程裕淇研究员，被英国利物浦大学授予名誉科学博士。图为程裕淇(右)与利物浦大学校长莱佛呼耳姆子爵。