

建筑物沉降整治与设防

周云亮



中国建材工业出版社

建筑物沉降整治与设防

周云亮

中国建材工业出版社

(京)新登字 177 号

责任编辑: 陆 科

建筑物沉降整治与设防

周云亮 著

*

中国建材工业出版社出版发行

(北京百万庄国家建材局院内)

中国人民解放军 1201 厂印刷

全国新华书店经销

787×1092 毫米 32 开本 4.625 印张 100 千字

1993 年 8 月第一版第一次印刷

印数 1—3000

ISBN 7—80090—182—3/TU·21

定价: 8.00 元

内 容 提 要

本书是作者根据自己多年潜心钻研,并通过分析处理大量工程沉降事故所积累的丰富资料而编著的。

全书内容包括:沉降分类、沉降整治、沉降设防、沉降观测、沉降调查与事故分析等五个主要方面。理论概念清楚,内容翔实,深入浅出,是一本实用性强,理论与实践紧密结合,系统分析、阐述建筑沉降问题的专著。

本书可供从事建筑工程设计,施工的广大科技人员使用,也可作为大专院校土建类专业的补充教材或教学参考资料。

前 言

鉴于建筑沉降产生普遍性和危害的严重性,应该有一本专门论述、分析建筑沉降的专著。这可能是许多建筑科技工作者的共同愿望。

我根据个人在长期工作实践中积累的资料,采用理论与实践相结合的方法撰写了这本小册子。书中首先对建筑沉降进行科学分类,系统分析、阐述各类沉降的产生机理和引发条件,结合我国目前的物质、技术条件,提出了各类沉降的整治方法及预防对策,以保证建筑物安全使用。其次,对与沉降整治和设防密切相关的建筑沉降观测、沉降调查,以及沉降事故分析等项工作的进行程序、方法和要求,也作了扼要的论述。

建筑沉降作为一种工程病害,多少年来一直为人们所关注。特别是近十多年来,我国广大建筑科技工作者,在沉降成因理论分析、沉降整治与设防等方面作了大量的试验、研究和探索,取得了许多有实用价值的经验。本书在撰写过程中,注意学习、吸收那些已被工程实践证明确有实效的科技成果。经过筛选后,把它们分别充实到有关章节中。

本书在撰写中,恰逢我国一批工程设计规范在修改,并在建筑工程领域中首次颁布实行关于《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》的国家标准。书中无论是文字叙述、还是数字演算,都注意符合已颁布执行的新规范和标准的要求。但对早期搜集、整理的工程实例,为照顾原有资料和文献的统

目 录

第一章 概论.....	(1)
第二章 建筑物沉降分类.....	(7)
第一节 压缩沉降.....	(7)
第二节 湿陷沉降	(17)
第三节 牵引沉降	(22)
第四节 陷落沉降	(32)
第三章 沉降整治	(39)
第一节 矫正复位	(39)
第二节 地基处理	(48)
第三节 基础及上部结构补强	(55)
第四节 重型设备基础的沉降倾斜处理	(64)
第四章 沉降设防	(69)
第一节 建设场地勘察与地基选配	(69)
第二节 均化沉降地基的构造原则和 design 方法 ...	(73)
第三节 建筑与结构措施	(86)
第四节 地震区、采动区设防要点.....	(93)
第五章 沉降观测	(98)
第一节 区域控制网点的测设	(98)
第二节 单体工程沉降观测.....	(104)
第三节 沉降观测成果整理与信息反馈.....	(111)
第六章 沉降调查与事故分析.....	(115)

第一节	调查的程序与方法.....	(115)
第二节	事故分析.....	(120)
第三节	分析实例.....	(124)
参考文献		(138)

第一章 概 论

一、建筑沉降的基本概念

供人们从事生产、生活使用的各类建筑物,不论是高耸入云的摩天大厦,还是玲珑剔透的建筑小品,它们都要座落在地球表面下一定深度的岩土地层上。在土力学及基础工程领域里,通常把直接支承建筑物的这一部分岩土地层统称为地基。

在建筑物及其荷载作用下,或经地表浸水、地下水升降变化、地震以及地下采动等其它多种因素的复合影响,地基将发生变形。因地基变形使建筑物离开其建筑时的初始位置,沿重力方向移动的现象就称作建筑沉降。

作为地基的本体,除绝对坚硬的岩石外,大部分岩土地基,它们都具有一定的弹塑性。因此,从开始破土动工建筑结构自重逐步加上最初阶段起,由地基压缩变形引起的沉降便已经产生。但是随着地基岩土结构和压缩特性的不同,沉降从最初产生到最后稳定,也有很大差异。由碎石土和砂土组成的地基,一般在全部荷载作用完毕后,沉降也就很快停止了。对于粘性土,特别是饱和粘性土,沉降过程往往要经过几年、十几年,甚至延续几十年才能最终稳定。

近代建筑科学关于沉降成因理论的深入研究和大量工程实践所提供的丰富经验都说明,由地表浸水、地下采动、地震、特殊的地质构造以及建筑物间相互影响等因素所引起的附加沉降,其危害和影响今后应引起人们更多的注意。因为它们从

产生到终止,制约关系复杂多变,甚至在许多情况下还表现出某些偶然和离散的特性。与单纯由地基压缩变形所引起的沉降相比,其产生的规律和演变特征,都更加令人难以掌握和控制。

二、沉降的分类原则

如果用测量仪器,对每座建筑物从开始建造时就进行连续不断的精密观测,那么肯定会发现:几乎所有建筑物每时每刻都在沉降。所不同的是:有的沉降缓慢,有的沉降迅速;有的沉降量大,有的沉降量小;有的均匀沉降,有的不均匀沉降等等。

通过沉降成因理论研究,并获得工程实践的反复验证,建筑沉降作为一种普遍的工程现象,不管它在产生和发展过程中如何变化莫测,但归根结底都受沉降主要引发条件的制约和决定。因此,以沉降产生的直接原因为主要依据,把建筑沉降分为:压缩沉降、湿陷沉降、牵引沉降和陷落沉降四类。其中、压缩沉降虽然有一定的普遍性,但当它伴生在其它各类沉降的产生过程中时,无论对发生沉降量的大小,还是涉及对建筑物安全和质量的危害,都已不再起主要作用。

按土力学的基本原理,采用弹性理论的方法,紧密结合典型工程实例分析,应分别总结,阐述各类沉降的产生条件、诱发机理和危害特征。

三、沉降整治与设防的基本要求

对于已经发生的沉降事故,除个别确因结构或构件损坏严重、“元气”大伤而完全失去挽救价值外,多数均应经过适当整治,使建筑物完全或部分恢复功能而继续使用。

整治处理,一般应坚持先治本,尔后治表的原则。首先应

对因沉降发生严重变形或损坏的结构、构件、进行矫正、修复,与此同时,大多尚须对地基进行以消除湿陷,加密固结、或以提高承载能力,减少变形等为目的的适当处理。其次大部分沉降,特别是不均匀沉降,都在墙面或构件表面,留下了大大小小的裂缝。处理这些裂缝,不仅是为建筑物外观美化的需要,更主要是为了不留隐患。因钢筋混凝土结构、构件上的裂缝,会使钢筋遭到锈蚀。墙面上的裂缝,会大大降低砌体的承载能力。

尽管沉降几乎是不可避免的,但是沉降对建筑物可能产生的种种危害,又是可以控制的。因此,对于新建工程,必须首先确立重在设防的指导思想。设计单位经过分析计算,精心制定设防方案;施工部门密切配合,确保工程施工质量;生产厂家和用户应严格掌握,不使建筑物承受超限负荷,同时还应按要求做好房屋建筑物的经常维护和管理。实践证明,只要以上三方面共同努力,新建工程的沉降设防,就一定能取得良好的效果。

无论是那一类沉降,均起因于地基变形。只有把地基变形控制在规范容许的范围内、沉降才不致于妨碍建筑物的正常使用,不使结构或构件因沉降而遭到严重损坏。我国《建筑地基基础设计规范》(GBJ7—88)根据不同的结构型式,区别不同的地基土类别,对建筑物的地基变形容许值,给出了具体限值(详见表 1—1)。

建筑物地基变形容许值

表 1—1

变 形 特 征	地基土类别	
	中、低压缩性土	高压缩性土
砌体承重结构基础的局部倾斜	0.002	0.003
工业与民用建筑相邻柱基的沉降差		
(1) 框架结构	0.002l	0.003l
(2) 砖石墙填充的边排柱	0.0007l	0.001l
(3) 当基础不均匀沉降时,不产生附加应力的结构	0.005l	0.005l
单层排架结构(柱距为 6m)柱基沉降量(mm)	(120)	200
桥式吊车轨面倾斜(按不调整轨道考虑)		
纵面	0.004	
横面	0.003	
多层和高层建筑基础的倾斜 $H_g \leq 24$	0.004	
$24 < H_g \leq 60$	0.003	
$60 < H_g \leq 100$	0.002	
$H_g > 100$	0.0015	
多层和高层结构基础的倾斜		
$H_g \leq 20$	0.008	
$20 < H_g \leq 50$	0.006	
$50 < H_g \leq 100$	0.005	
$100 < H_g \leq 150$	0.004	
$150 < H_g \leq 200$	0.003	
$200 < H_g \leq 250$	0.002	

续 表

变 形 特 征	地基土类别	
	中、低压缩性土	高压缩性土
高耸结构基础的沉降量(mm)		
$H_g \leq 100$	(200)	400
$100 < H_g \leq 200$		300
$200 < H_g \leq 250$		200

注 1、有括号者仅适用于中压缩性土；

2、为相邻柱基的中心距离(mm)； H_g 为自室外地面起算的建筑物高度(m)。

为了使拟建工程在设计负荷条件下，最终沉降量、沉降差和倾斜值都不超过表 1—1 规定的容许值，通常沉降设防应从以下两方面入手。

首先是处理地基，消除压缩区或下卧层中的空虚体、软弱夹层及其它不良地质构造，提高地基土的承载力和均匀性，通过分析计算合理调整基础底面附加压力，以达到既能减少沉降量又能实现均匀沉降的要求。如果基底附加压力无法均化或因属集群建筑、压缩区附加应力呈不均匀分布；那么只有采取分区、分段、分层对地基进行不同强级的处理才能取得均化沉降的效果。

其次是加强基础和上部结构的整体刚度。经过试验和工程实践证明，这在任何情况下，都可起到均化基底压力和提高建筑物抵抗不均匀沉降能力的作用。

在对地基、基础及上部结构进行慎密的沉降设防的同时，还应在建筑设计上采取防水、限制载荷等一系列必要的构造措施，以保证主体设防措施的实现。

四、沉降理论与实践面临的新课题

为加速我国的经济腾飞,促进国际间经贸、科技事业的发展和交流;我国目前和世界许多发达国家一样,争相在沿海滩涂、河海交汇三角洲以及内河两岸等地投资设厂,建立经济开发区。然而,这些地方作为河湖海相沉积地层,地表大多系由厚度为几米、几十米甚至几百米的细微颗粒组成的富含有机质的软粘土所覆盖。它们天然含水量大、压缩性高、承载力低,一般呈软塑或流塑状态。故在这些软土地基上建造房屋,沉降的严格控制与设防将显得更加必要和突出。

还应值得注意的是现代工业技术的高度发展,许多重型或特重型的建构筑物应运而生。经过它们把数以万吨计的设备、物料等荷载投向地基。尤其在建筑密度高、新老工程相互穿插交汇的地方,在地基附加应力密集、交叉、扩散、叠加的作用影响下,有害沉降的发生率将大幅度上升。建筑沉降成因理论的研究及以往许多一般设防沉降的方法和措施,都必将面临新的挑战 and 考验。

第二章 建筑物沉降分类

第一节 压缩沉降

随着地壳升降运动,经过沧海桑田的交替变化,作为建筑地基的地球表面岩土地层,早已完成了自身的压缩固结。在地质年代表中,它们虽属新生代第四纪地层,但大多经过了几万年甚至上百万年的搬运、沉积作用。因此除新的大地构造运动外,如无其它外加力作用,则将不会再发生任何形式的变形。然而,一旦开始破土修造工程,建筑物便通过基础把上部结构自重以及依附在建筑物上的全部荷载传送给地基。此时基础底面下一定深度的地层,因受附加压力作用而变形。

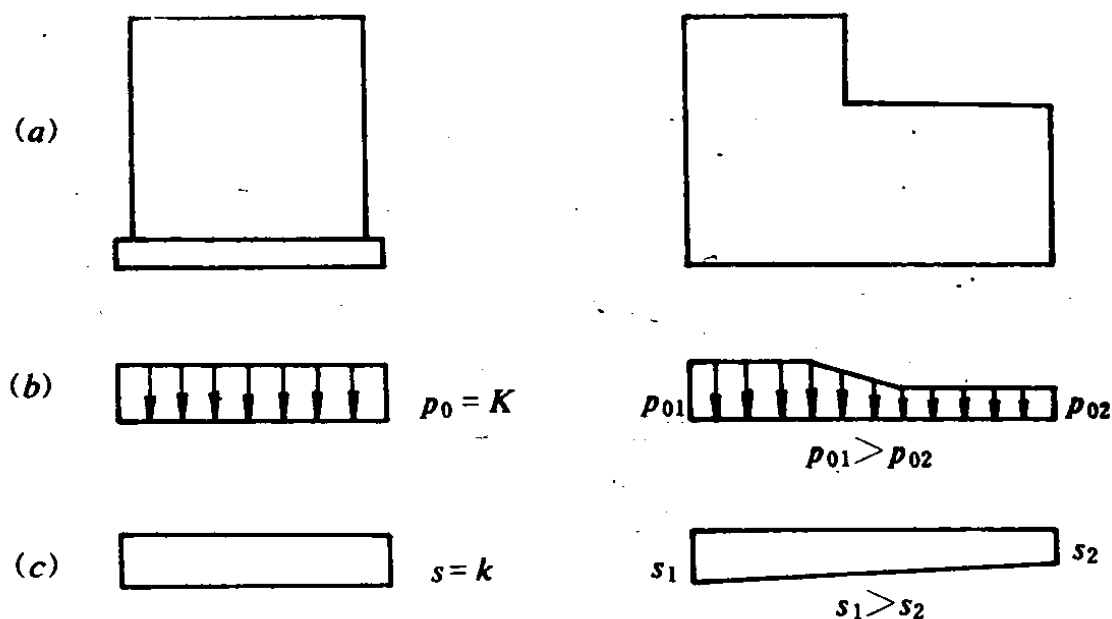


图 2—1 附加压力与沉降关系示意

(a)建筑物;(b)基底附加压力;(c)沉降量

通过土工试验和现场测定都证明,在附加压力作用下,土颗粒本身体积变化很小,变形主要是在土壤骨架收缩和赋存在土体内的空气与水被依次排除的过程中逐渐发生的。

凡由基础底面起,自上而下各土层因接受大小不等的附加压力而依次产生不等量的横向挤出和竖向压缩,使建筑物离开它原来的位置,沿铅垂方向沉落,这种因建筑物及其荷载作用,地基地一定范围内被逐层压缩而发生的沉降,就叫作压缩沉降。

除绝对坚硬不可压缩的岩石地基外,作用在其它各种岩土地基上的建筑物,都将发生压缩沉降,压缩沉降也无不伴生在其它各类沉降之中。

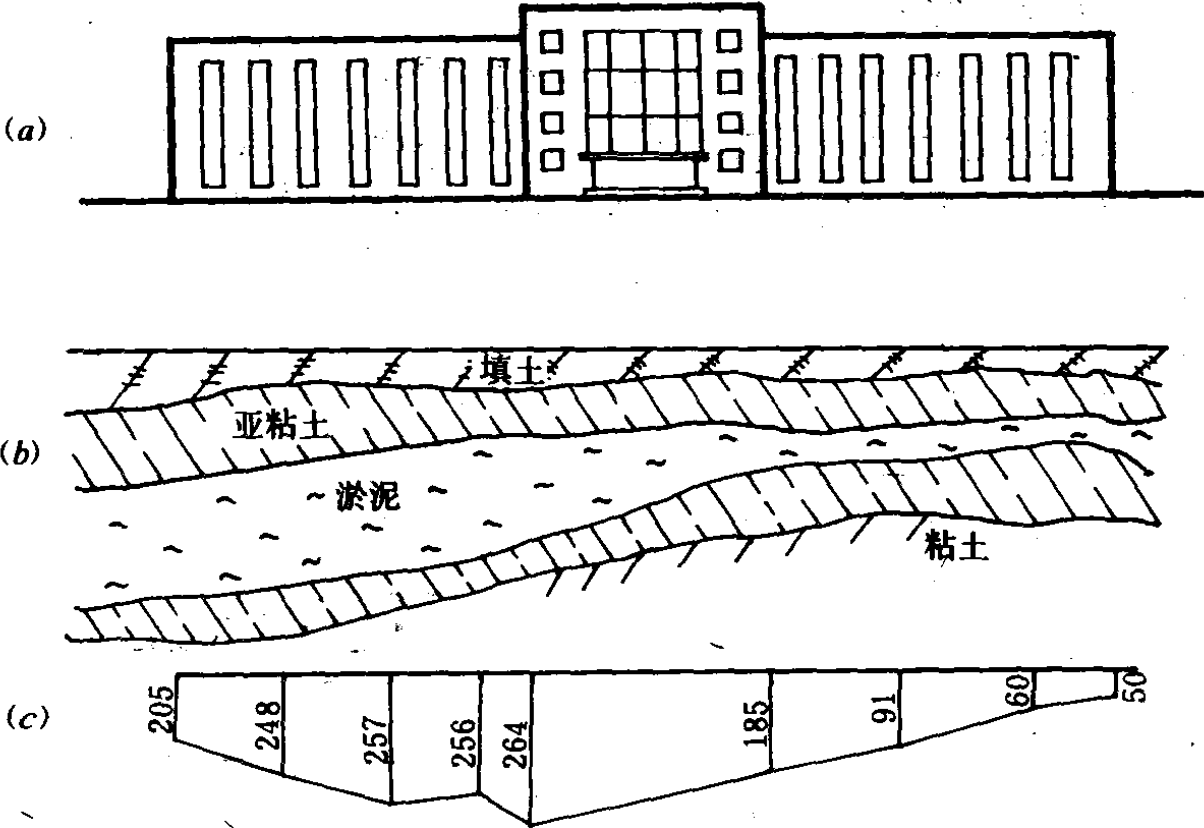


图 2-2 某火车站服务楼(单位:mm)
(a)立面图;(b)地层剖图;(c)沉降量

因此,可以这样说,压缩沉降是多种建筑沉降中,一种最常见和最大量的沉降类型。

1. 影响压缩沉降的主要因素

经过理论分析,并得到实践证实,决定压缩沉降的主要因素:一是地基,二是荷载。在地基极限临界荷载之前,荷载与变形的关系始终是:地基与基础接触面上的附加压力越大,地基压缩沉降量也越大。

当压缩区内各层地基土厚薄分布均匀且无软弱下卧层时,只要附加压力恒定,建筑物及其荷载作用下的压缩沉降就将是均匀的。否则,必将产生不均匀沉降,见图 2—1。(图中 p_0 为基底附加压力; k 为常数; s 为沉降量。)相反,如果压缩区地基土厚薄分布不均,各层土压缩特性显著不同,那么无论基底附加压力分布是否均衡,建筑物都将产生不均匀沉降。如图 2—2 所示某火车站服务楼,建在一压缩区各土层分布厚薄不均,且含软弱夹层的地基上。上部建筑为中部四层、两侧三层的混合结构。墙下为毛石砌筑的带形基础;柱下为混凝土独立基础。设计时未从上部结构和基础共同工作出发,进行设防不均匀沉降的综合考虑,以致结构布局不当。中间四层横隔墙多,又采用了钢筋混凝土楼板,其重量大、整体刚度好,而两侧三层楼内部空旷,重量轻、刚度差。建成不久,建筑物整体即发生了不均匀沉降。不仅如此,即使荷载大体均衡的中部和两侧翼建筑物自身实际沉降量也是不均匀的。

2. 压缩沉降的两个界区

无论是在室内有侧限条件下进行的土样压缩试验,还是在现场进行的地基土实际载荷试验或旁压试验,都表明当土中应力不大时,其应变增量和应力增量成正比,即附加压力和

建筑物压缩沉降量之间呈线性变化关系,如图 2—3 所示,某一可塑性粘土的现场压板载荷试验曲线的 oa 段。在此区域内,只要基底附加压力在建筑物的有效使用期间始终控制在不大于 p_{0a} 的限界内,地基土的压缩固结过程,便可在预定的时间内稳定。

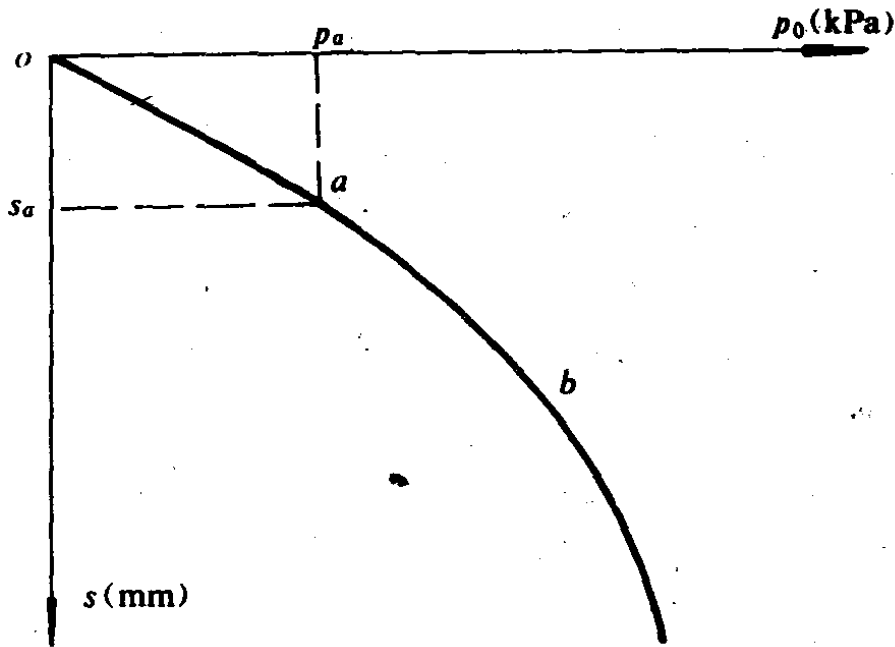


图 2—3 可塑性粘土 $p-s$ 曲线

但当曲线过 a 点以后,变形较附加压力的变化明显加快,二者呈非线性的变化关系。至 b 点后曲线陡降,变形失去控制。在工程实践中,这往往是因基底附加压力超过了地基的极限承载力,而最终导致地基发生了整体失稳破坏。

3. 沉降速率与地基土的类型

由于各种地基土结构特性的不同,因受附加压力作用引起土壤骨架收缩,以及相应的气体和水的排出,即压缩沉降从最初产生到最终稳定,总要经历一定的时间。这个时间持续的