

高等学校岩土工程系列教材

基础工程

JICHUGONGCHENG

刘金龙 ○ 主 编
汪东林 ○ 副主编
崔可锐 ○ 主 审

安徽省地质协会推荐规划教材

JICHUGONGCHENG

合肥工业大学出版社

高等学校岩土工程系列教材

基础工程

刘金龙 主 编

汪东林 副主编

崔可锐 主 审

合肥工业大学出版社

内容简介

本书是根据岩土工程专业的教学大纲要求,结合基础工程相关的勘察、设计和施工等最新规范,同时注意学科的系统性和技术的新成就及发展编写而成。本书系统地介绍了岩土工程中常见的基础类型及其设计原理、计算方法和施工技术。全书共分7章,分别为绪论、天然地基上的浅基础、连续基础、桩基础、沉井基础及其他深基础、土压力和土坡稳定性、特殊土地基。

本书可作为高等院校岩土工程专业、土木工程专业、水电工程专业的教材,也可作为大中专院校相关专业的教学参考书以及有关专业技术人员的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/刘金龙主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2009.8

ISBN 978-7-5650-0044-7

I. 基… II. 刘… III. 地基—基础(工程) IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 150439 号

基 础 工 程

主编 刘金龙

责任编辑 权 怡

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2009 年 8 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2009 年 8 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	总编室:0551—2903038	印 张	14
	发行部:0551—2903198	字 数	340 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	合肥学苑印务有限公司
E-mail	press@hfutpress.com.cn	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0044-7

定价:25.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换。

高等学校岩土工程系列教材

编 委 会

主 任 崔可锐

副主任 庞建勇 余振锡 席培胜

委 员 查甫生 常光明 陈长冰

储诚富 崔可锐 庞建勇

殷和平 余振锡 席培胜

总 序

岩土工程作为一门学科,是基于人类工程建设的需要而产生的,并随着工程建设的日趋复杂而得以不断发展和进步。岩土工程作为现代工程建设的重要组成部分,发挥着越来越大的作用,充分印证了“工程建设越发展,岩土工程就越重要”。20世纪90年代以来,随着我国基本建设的快速发展,我国岩土工程领域发生了一系列的重大变化:各种规范和标准的制定,新的理论、技术、材料和工艺的大量涌现,标志着我国岩土工程迈出了与国际接轨的实质性一步。当前,全球人口迅速增加,生存空间压缩,生产生活必向岩土环境复杂的区域扩展,此外,人们对生活质量要求不断提高,交通居住设施对岩土体变形的要求也更加严格。为了能更好地满足工程建设与社会发展的需要,就要求我们的岩土工程教育也要顺应形势,与时俱进,能够培养出高质量、高水平的岩土工程科技工作者。其中,编写一套融科学性、新颖性、实用性和通用性于一体的高等学校岩土工程系列教材就显得十分重要。

为此,我们组织了安徽省11所高校长期在教学一线、拥有丰富教学经验和实践经验的教师共同编制了这套高等学校岩土工程系列教材。本系列教材包含了岩土工程的核心课程:“土质学与土力学”、“岩体力学与工程”、“工程地质学”、“地基处理”、“基础工程”和“深基坑与支护工程”等。

高等学校岩土工程系列教材的出版,得到了合肥工业大学出版社及其他兄弟院校的热情支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

岩土工程是为工程建设服务的,中国工程建设的快速发展必将带动岩土工程理论与技术不断地发展,所以还有许多问题需要不断地去研究和探索。

为了更好地交流与沟通,使我们能不断地提高与完善,请将您阅读或教学中得到的宝贵经验或建议发至本系列教材的交流邮箱(cuikerui001@163.com 或 alnile@163.com),我们将及时与您互动,并向您送上我们深深的感谢!

“高等学校岩土工程系列教材”编委会

2009年8月

前 言

基础工程是岩土工程专业的一门主要专业课程,阐述了岩土工程中常见的基础类型及其设计原理、计算方法与施工技术。本书依据国家(部)最新规范、规程和标准,根据岩土工程专业的教学大纲要求,结合目前教学改革发展的需要及实际工程中专业最新动态编写而成。在编写过程中强调基本概念、基本原理和基本方法,注重理论联系实际,以应用为重点,结合工程实例,进行了深入浅出的说明。本书内容广泛,注重实用。内容包括:天然地基上的浅基础、连续基础、桩基础、沉井基础及其他深基础、土压力和土坡稳定性、特殊土地基。为便于自学,每章后附有习题供读者练习,以加深对内容的理解和掌握。

本书由安徽省多个高校的具有多年教学和实践经验的教师编写。全书各章编写分工为:第1章由刘金龙(合肥学院)编写,第2章由彭曙光(安徽建筑工业学院)编写,第3章由秦凤艳(皖西学院)编写,第4章由姜昆宁(合肥工业大学)编写,第5章由葛清蕴(皖西学院)编写,第6章由杨青(安徽理工大学)编写,第7章中的7.1~7.4节由汪东林(安徽建筑工业学院)编写,第7章中的7.5节由殷和平(铜陵学院)编写。全书由刘金龙担任主编,负责统稿,汪东林担任副主编,合肥工业大学崔可锐教授担任主审。

在编写过程中,编者所在单位的院系领导对本书的编写给予了大力支持和帮助。此外,合肥工业大学出版社为本书的出版做了大量工作,在此一并表示衷心感谢。由于编写水平和能力所限,加之时间仓促,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009年6月

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 地基与基础的概念	(1)
1.2 基础工程的研究内容	(2)
1.3 基础工程的发展简介	(4)
1.4 本课程的主要内容及学习要点	(5)
第 2 章 天然地基上的浅基础	(7)
2.1 概述	(7)
2.2 浅基础的类型和特点	(9)
2.3 浅基础的埋置深度	(13)
2.4 地基基础设计原则	(16)
2.5 浅基础地基承载力特征值的确定	(20)
2.6 基础底面尺寸的确定	(24)
2.7 扩展基础的设计	(30)
2.8 基础的变形控制要求及技术措施	(42)
思考与练习题	(47)
第 3 章 连续基础	(49)
3.1 概述	(49)
3.2 地基计算模型	(50)
3.3 柱下条形基础	(55)
3.4 筏形基础	(63)
3.5 箱形基础	(70)
思考与练习题	(75)
第 4 章 桩基础	(77)
4.1 概述	(77)
4.2 桩的分类	(78)
4.3 竖向荷载作用下单桩的工作性能	(83)
4.4 单桩承载力的确定	(88)
4.5 桩的水平承载力与位移	(103)
4.6 桩基础设计	(118)
思考与练习题	(140)

第 5 章 沉井基础及其他深基础	(141)
5.1 沉井的作用及适用条件	(141)
5.2 沉井的类型和构造	(142)
5.3 沉井的施工	(145)
5.4 沉井的设计与计算	(148)
5.5 沉井基础算例	(161)
5.6 其他深基础简介	(170)
思考与练习题	(172)
第 6 章 土压力和土坡稳定性	(173)
6.1 概述	(173)
6.2 挡土墙上的土压力	(173)
6.3 朗肯土压力理论	(175)
6.4 库仑土压力理论	(180)
6.5 常见情况下土压力的计算	(185)
6.6 关于土压力的几个问题	(188)
6.7 土坡的稳定性分析	(190)
思考与练习题	(195)
第 7 章 特殊土地基	(196)
7.1 概述	(196)
7.2 软土地基	(196)
7.3 湿陷性黄土地基	(198)
7.4 膨胀土地基	(204)
7.5 冻土地基	(210)
思考与练习题	(213)
参考文献	(214)

第 1 章 绪 论

1.1 地基与基础的概念

万丈高楼平地起,任何建筑物都是建在地层上的。地层受到建筑物的荷载作用后,会产生压缩变形,变形过大就会影响建筑物的安全与稳定性。因此,为了保证建筑物的安全与稳定性,需要将建筑物与地层接触部分的断面尺寸适当地扩大,以减小接触面上的应力分布。建筑物底部扩大的那一部分称为基础,而受建筑物荷载影响的那一部分地层称为地基,如图 1-1 所示。基础的作用是扩散上部结构的荷载,减小应力强度,将荷载传递给地基。当地基由多层土组成时,直接与基础底面相接触且承受主要荷载的那部分土层称为持力层,持力层以下的其他土层称为下卧层。地基基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

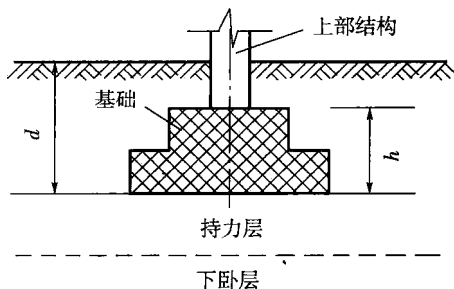


图 1-1 地基与基础

地基与基础是建筑物的根本,统称为基础工程,其质量的好坏将直接影响到建筑物的安危。基础工程一般在地下或水下进行,施工难度大。在一般高层建筑中,其造价约占总造价的 20% ~ 30%,工期占总工期的 25% ~ 30%。基础工程为置于地下的隐蔽工程,一旦失事,不仅损失巨大,而且补救十分困难。因此,准确地了解地基情况并做出正确判断,选择合理的基础形式,精确地设计基础,具有重要的技术和经济意义。

在世界建筑史上,曾发生很多起建筑物因地基基础的设计有误而造成的质量事故,下面介绍两个典型例子。

(1) 意大利比萨斜塔(图 1-2)

该塔 1173 年 9 月 8 日动工,至 1178 年修建至第 4 层中部、高约 29m 时,因塔身明显倾斜而停工。时隔 94 年,即于 1272 年复工,经 6 年时间,建完第 7 层,高 48m,之后再次停工 82 年。于 1360 年再次复工,至 1370 年竣工。全塔共 8 层,高度 55m。塔身呈圆筒形,1 ~ 6 层由优质大理石砌成,顶部 7 ~ 8 层采用砖和轻石料。塔身每层都由精美的圆柱与花纹图案,

是一座宏伟而精致的建筑艺术品。1590 年伽利略曾在此塔做落体实验,创建了物理学上著名的落体定律。斜塔成为世界上最珍贵的历史文物,吸引世界各地无数游客前来参观。

全塔总荷重约 145MN,基础底面平均压力约 50kPa。地基持力层为粉砂,下面为粉土和黏土层。目前塔向南倾斜,南北两端沉降差 1.80m,塔顶离中心线已达 5.27m,倾斜 5.5° ,已成为危险建筑物,于 1990 年被封闭。分析其倾斜的原因,虽然影响因素较多,但主要是由于地基不均匀沉降引起的。

(2) 加拿大特朗斯康谷仓(图 1-3)

该谷仓平面呈矩形,南北向长 59.44m,东西向宽 23.47m,高 31.00m,容积 $36\,368\text{m}^3$ 。谷仓为圆筒仓,每排 13 个圆筒仓,5 排共计 65 个圆筒仓。谷仓基础为钢筋混凝土筏板基础,厚度 61cm,埋深 3.66m。谷仓于 1911 年动工,1913 年秋完工。谷仓自重 20 000t,相当于装满谷物后满载总重量的 42.56%。1913 年 9 月装谷物,10 月 17 日当谷仓已装 $31\,822\text{m}^3$ 谷物时,发现 1 小时内竖向沉降达 30.5cm,结构物向西倾斜,并在 24 小时内谷仓倾倒,倾斜度离垂线达 $26^\circ 53'$,谷仓西端下沉 7.32m,东端抬升 1.52m,上部钢筋混凝土筒仓坚如磐石,仅有少量裂缝。1952 年经勘察试验与计算,谷仓地基实际承载力为 $(193.8 \sim 276.6)\text{kPa}$,远低于谷仓破坏时发生的压力 329.4kPa,因此,谷仓倾倒的原因是谷仓地基超载发生强度破坏而引起地基滑动。

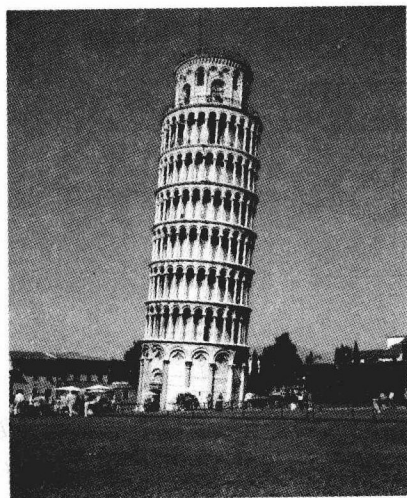


图 1-2 意大利比萨斜塔

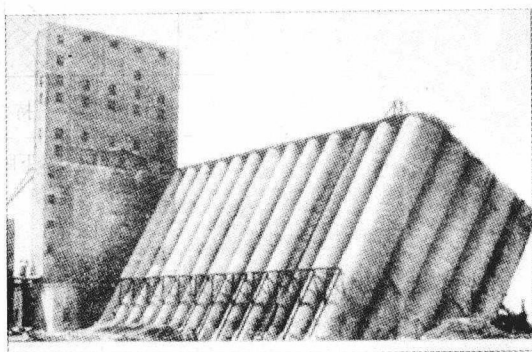


图 1-3 加拿大特朗斯康谷仓的地基事故

1.2 基础工程的研究内容

建筑物的基础可分为浅基础和深基础两大类。浅基础通常埋置深度小于 5m,只需经过简单的挖槽、排水等施工工序就可以建造起来,例如扩展基础、柱下条形基础等。反之,若基础埋置较深,要借助于特殊的施工方法才能建造,则称为深基础,例如桩基础、沉井、地下连续墙等。地基可分为天然地基和人工地基两类,天然地基是不加处理就能满足设计要求、可

直接在上面进行修建的天然土层,如密实的砂土层,老黏土层等;人工地基是经过人工处理后才满足要求的土层,如经过处理后的软黏土地基或其他不良地基。

基础工程主要研究在各种可能荷载作用下以及各种工程地质条件下的地基基础问题,内容包括地基勘察、浅基础、桩基础和其他深基础、挡土墙以及地基处理等。

基础工程设计包括基础设计和地基设计两大部分。基础设计包括基础形式的选择、基础埋置深度即基础底面积大小、基础内力和断面计算等。地基设计包括基础土的承载力确定、地基变形计算、地基稳定性计算等。当地基承载力不足或压缩性很大而不能满足设计要求时,需要对地基进行处理。

在荷载作用下,建筑物的地基、基础和上部结构是彼此联系、相互制约的。设计时应考虑它们三者共同作用的影响,通过技术、经济比较,选择安全可靠、经济合理、技术先进和施工方便的地基基础方案。

地基与基础设计必须满足三个基本条件:

(1) 强度要求。作用于地基上的荷载效应(基底压应力)不得超过地基容许承载力或地基承载力特征值,保证建筑物不因地基承载力不足而造成整体破坏或影响正常使用,具有足够防止整体破坏的安全储备。

(2) 变形要求。基础沉降不得超过地基变形容许值,保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用。

(3) 上部结构的其他要求。建筑物基础是整个建筑物的一部分,它应具有足够的强度、刚度和稳定性,以确保建筑物安全、稳定地工作,并要求具有较好的耐久性。

基础工程的设计与施工过程中,可能会遇到较为复杂的工程地质问题。如在基坑开挖过程中,当开挖至地下水位以下时,会出现渗透稳定问题。当地基的渗透性较大,地基土的颗粒级配较差时,在大的水力梯度作用下,可能会产生流土和管涌破坏。基础的设计需考虑降低地下水位的要求、施工机械的配置,以及工程的费用和工期安排等。一般基础工程中常见的问题主要有:由于地基基础问题而引起的上部结构倾斜、墙体破坏;基础自身的破坏、地基承载力不足而发生整体滑动破坏或沉降量过大;边坡丧失稳定性和其他特殊不良地质条件引起的地基失效等。

因此,地基基础的设计过程中应重点处理以下几方面问题:

(1) 充分掌握拟建场地的工程地质条件和地基勘察资料,了解不良地质现象和地震断层的存在及其危害性,地基土层分布的均匀性和软弱下卧层的位置和厚度,各层土的类别及工程特性指标等。地基勘察的详细程度应与建筑物的安全等级和场地的工程地质条件相适应。

(2) 了解当地的建筑经验、施工条件和就地取材的可能性,并结合实际考虑采用先进的施工技术和经济、可行的地基处理方法。

(3) 在研究地基勘察资料的基础上,结合上部结构的类型,荷载的性质、大小和分布,建筑的布置和使用要求,以及拟建的基础对原有建筑或设施的影响,考虑选择的基础类型和平面布置方案,确定地基持力层和基础埋深。

(4) 按地基承载力确定基础底面尺寸,进行必要的地基稳定性和变形验算,以便地基的稳定性能得到充分的保证,使地基的沉降不致引起结构损坏、建筑物倾斜与开裂,或影响其使用和外观的美观。

(5) 以简化的或考虑相互作用的计算方法进行基础结构的内力分析和截面设计,以保证基础具有足够的强度、刚度和耐久性,最后绘制施工详图。

上述几点是彼此关联、相互制约的,一般很难一次考虑周全,往往需要反复设计才能取得满意的结果。对于比较重要的基础工程,还应对若干可能方案从技术、经济与施工方面进行比较,确定最优的设计方案。

1.3 基础工程的发展简介

基础工程既是一门古老的工程技术,又是新型的应用科学。在世界各文明古国数千年的建造活动中,人类很早就懂得了广泛利用土体进行工程建设,有很多关于基础工程的技术成就。早在新石器时代,人类已建造出原始的地基基础。西安市半坡村遗址的土台和石基即为一例。公元前2世纪修建的万里长城,后来修建的南北大运河、黄河大堤以及宏伟的宫殿、寺庙、宝塔等建筑,都有坚固的地基基础,经历地震、强风考验而安然无恙。北宋初著名工匠喻皓(公元989年)建造开封宝寺木塔时,考虑到当地多西北风,将建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜,以在风力长期继续作用下逐趋复正,解决了建筑物地基的不均匀沉降问题。1300年前,隋代工匠李春主持修建的赵州安济石拱桥,不仅建筑结构独特,防洪能力强,而且在地基基础的处理上也非常合理。该桥桥台坐落在两岸较浅的密实粗砂土层上,沉降很小,充分利用了天然地基的承载力。古代劳动人民在工程实践中积累了丰富的地基基础知识,只是由于当时生产力发展水平的限制,这些成就只停留在实践经验和感性认识阶段,尚未提炼成系统的科学理论。

18世纪工业革命后,大规模的城市建筑和水利、铁路的兴建面临许多与土有关的问题,从而促进了土力学理论的发展。1773年法国学者库仑(Coulomb)创立了土的抗剪强度定律和库仑土压力理论;1857年英国学者朗肯(Rankine)提出了朗肯土压力理论;1885年法国学者布辛奈斯克(Boussinesq)求得半无限弹性体在竖向集中力作用下的应力和变形理论;1922年瑞典学者费伦纽斯(Fellenius)提出土坡稳定分析方法。这些先驱者的工作为土力学的建立奠定了基础。1925年美国学者太沙基(Terzaghi)发表土力学专著,标志着土力学成为一门独立的学科。从1936年到2005年,共召开了15届国际土力学与基础工程学术会议,各地区也召开类似的学术会议,许多国家和地区兴办了多种土力学和基础工程方面的杂志期刊,这些措施使基础工程技术与理论得到更进一步的发展与提高,推动了基础工程学科的发展。

新中国成立以来,为适应社会主义建设的需要,基础工程技术得到了快速发展,我国在勘察、测试技术、土的物理力学性质研究、土力学理论及地基基础设计和施工技术等方面取得了很多科研成果和实践经验。建筑工程中,成功地处理了许多大型和复杂的基础工程问题。例如,利用电化学加固处理的中国历史博物馆地基,解决了施工工期短、质量要求高的困难;在已建成的十多座长江大桥及其他巨大工程中,采用管柱基础、气筒浮运沉井基础等,成功解决了水深流急、地质复杂的基础工程问题。我国不少专家学者对土力学方法理论做出了杰出贡献,如中国科学院院士、全国土力学及基础工程学会前理事长、清华大学教授黄文熙先生,他于1957年研究提出了非均质地基考虑土侧向变形影响的沉降计算方法,并于

20 世纪 60 年代初研制成功第一台振动三轴仪,在国际学术会议上发表了砂土液化理论。

目前,由于土木工程建设的需要,特别是计算机技术和有限元方法的应用,使基础工程理论和技术得以迅速发展,新材料、新技术、新设备、新工艺不断涌现。在地基处理方面,振动碾压、振动水冲、深层搅拌、高压旋喷、粉体喷射、真空预压、强夯以及各种土工织物和托换技术等,在土建、水利、隧道、道路、港口、海洋等有关工程中得到广泛应用,取得了较好的经济效益。同时,各国研制成功多种多样的工程勘察、试验和地基处理的新设备,如自动记录静力触探仪、现场孔隙水压力仪、径向膨胀仪、测斜仪、自钻式旁压仪、应用放射性同位素测土的物理性质指标仪、薄壁原状取土器、高压固结仪、自动固结仪、大型三轴仪、振动三轴仪、真三轴仪、大型离心机等等,为土力学及基础工程的理论研究与工程建设提供了良好的条件。随着电子技术及各种数值计算方法对各学科的渗透,土力学与基础工程的各个领域发生了深刻的变化,许多复杂的工程问题得到了有效的解决,标志着基础工程学科进入了一个新时期。

在大量研究与实践经验积累的基础上,有关基础工程的各种设计与施工规范或规程相继问世或日臻完善。20 世纪 90 年代以来,我国陆续编制及修订的基础工程方面的规范规程有:《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—1994)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTJ 024—1985)、《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10002.5—1999)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999)、《既有建筑地基基础加固技术规范》(JGJ 123—2000)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《建筑桩基检测技术规范》(JGJ 106—2003)等。这些规范规程都是基础工程各个领域取得的科研成果和工程经验的高度概括,反映了近十年来基础工程的发展水平,为我国基础工程设计与施工做到技术先进、经济合理、安全适用、确保质量提供了充分的理论与实践依据。

1.4 本课程的主要内容及学习要点

本课程内容广泛、综合性强,与材料力学、结构力学、弹性理论、建筑材料、建筑结构及工程地质等密切相关,是一门理论和实践性较强的学科。

全书共分为 7 章。第 1 章为绪论,简要介绍基础工程的基本概念及发展情况;第 2 章“天然地基上浅基础设计”,主要介绍浅基础的类型和特点、埋置深度的概念及选择方法、地基基础的设计原则、基础承载力特征值及底面积的确定、浅基础设计的一般步骤等;第 3 章“连续基础”主要介绍条形基础、筏板基础和箱形基础的构造和设计;第 4 章“桩基础”,探讨了单桩在竖向荷载下的工作性能、竖向承载力的确定方法及其设计计算;第 5 章主要介绍沉井基础的构造、施工及设计;第 6 章介绍土压力的计算方法及土坡的稳定性分析;第 7 章介绍软土、湿陷性黄土、膨胀土和冻土的主要工程特征,以及在此类土层上从事工程建设时所采取的工程措施。

本课程的工作特点是根据建筑物对基础功能的特殊要求,通过勘探、试验、原位测试等,了解地层的工程性质,然后结合工程实际,运用土力学及工程结构的基本原理,分析地层与基础工程结构物的相互作用及变形与稳定的规律,选择合理的基础工程方案和建造技术措

施,确保建筑物的安全与稳定。

在学习过程中,应明确任何一个成功的基础工程都是工程地质学、土力学、结构计算知识的运用和工程实践经验的完美结合。在某些情况下,施工可能是决定基础工程成败的关键,应了解上部结构、基础与地基作为一个整体是如何协调工作的。一些常规计算方法不考虑三者共同工作是有条件的,在评价计算结果中应考虑这种影响,并采取相应的构造措施。

读者应在学习土力学的课程当中掌握主要土工试验的基本原理和操作技术,了解为确定地基承载力和解决某些土工问题需要做哪些室内和现场土工试验,并且掌握一般建筑物设计中有关土力学内容的设计计算方法,例如地基承载力、土坡稳定和挡土墙土压力计算等;同时还应了解在建筑物设计之前需要进行勘察工作的内容,掌握地基土野外鉴别能力,学会使用工程地质勘察报告书。正确合理地解决基础设计和施工问题,要依赖土力学基本原理的运用和实践经验的借鉴。由于地基土件质的复杂性以及建筑物类型、荷载情况可能又各不相同,因而在基础工程中不易找到完全相同的实例。因此需采用理论联系实际,紧密联系工程实际的方法,注意掌握岩土地层工程性质的识别与应用;充分利用勘探与试验资料;重视基础工程结构物与岩土地层共同作用的机理及其工程性状,认真掌握其变形及稳定性的分析方法,以及各项基础工程和地基处理的技术措施,注重实际效果的检验及工程经验。总之,本课程的学习需要注意理解概念、掌握原理、抓住重点、理论联系实际、学会设计计算,重在工程运用。

第2章 天然地基上的浅基础

2.1 概 述

作为上部结构与地基之间的过渡部分,基础在整个建筑结构中起着非常重要的作用。根据基础埋深及施工方式的不同,可以将其分为浅基础和深基础,而地基则可以分为天然地基和人工地基两种。

浅基础一般指的是埋深较浅(一般指小于 5.0m 或者基础底面宽度)、用常规的施工方法和施工工艺就可以完成的基础形式。对于浅层土质不良,需要利用深处良好土层,采用专门的施工方法和施工机具建造的基础称为深基础。开挖基坑后可以直接修筑基础的地基称天然地基,不能满足要求而需要事先经过人工处理才能满足要求的地基称为人工地基。

地基基础设计时,应根据建筑物的用途和设计等级、建筑物的上部结构类型及荷载大小、土质条件、施工因素、工程工期的限制及造价等因素综合考虑后确定地基和基础类型。相对于深基础,天然地基上的浅基础因为施工方便、工期较短、造价低、对周围的环境影响较小,如果条件具备,宜优先采用。

2.1.1 浅基础的设计方法

地基基础的设计通常有两种不同的方法:一种是常规设计方法,设计时将上部结构、基础和地基三者分开,只考虑两两之间力的平衡,而没有考虑两两之间变形的协调。我们可以借助图 2-1(a) 所示的框架结构了解它的主要过程:

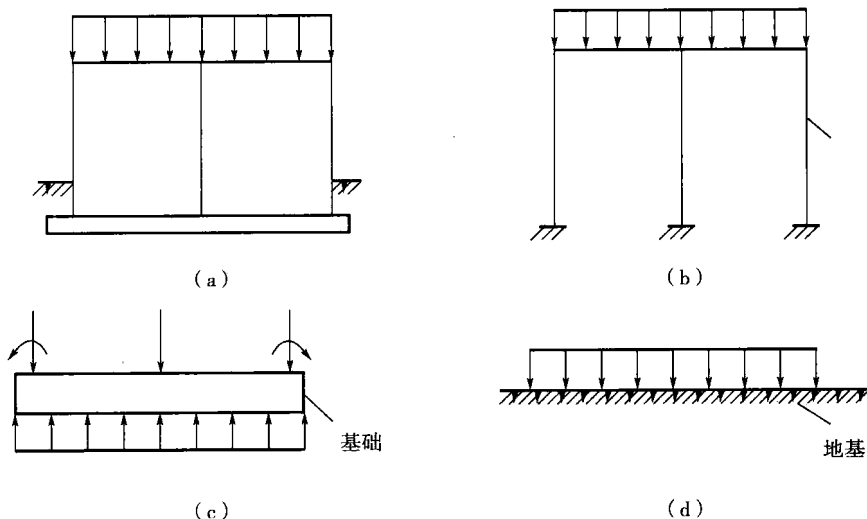


图 2-1 常规设计法简图

- (1) 在设计上部结构时,将底层柱视为固定支座(或铰支),其计算简图见图 2-1(b);
- (2) 在计算基础时,将图 2-1(b) 计算所得的支座反力方向取反后施加到基础上,对于基底反力则视为线性分布(图 2-1(c));
- (3) 地基设计时,将第(2)步所假设的基底反力方向取反后施加到地基上,并不考虑基础的变形对地基的影响(图 2-1(d))。

在实际工程中,上述框架结构的柱底一定会发生转动和位移,基础也会随柱发生相应的变形,而地基在基础的带动下,也会产生相应的协调变形。从受力角度来说,由于产生了协调变形,对于上部结构而言,必然会在框架上产生附加内力,在柱底产生支座附加力并传递到基础中。而这个支座附加力也必然会改变基础和变形情况,最终传递到地基并影响地基的变形;这种地基的变形又反过来影响到上部结构和基础。这样一个相互影响并反馈的过程在最终稳定下来后,必然满足静力平衡和变形协调。

在实际设计时,当地基软弱、土层或荷载分布不均匀等造成变形较大的超静定结构的情况下,用常规设计法确定的结构内力和变形与实际的情况差距很大,难以保证建筑物的安全。因此,如果要想得到与实际的受力、变形相近的结果,就必须同时考虑上部结构、地基和基础三个部分的静力平衡和变形协调两个要求,这种设计法就称为考虑上部结构—基础—地基相互作用的设计方法。

在实际应用中,常规设计法由于其方法简单,采取相应的措施后可以控制在安全的范围之内,在基础沉降较小、基础刚度较大等情况下,可以认为是合理的。而相互作用的设计方法虽然具有合理、安全和经济的优点,但是其分析难度较大,一般只用于复杂的或者大型的基础设计中,在一定程度上考虑使用这种方法。

2.1.2 浅基础的设计内容

基础工程作为地下隐蔽工程,包括设计、施工和监测三个部分,三者之间是互相关联的。一般而言,天然地基上浅基础的设计包括如下步骤:

- (1) 基础材料、类型的选择;
- (2) 基础的平面布置;
- (3) 持力层(基础埋深)的选择;
- (4) 确定地基承载力的特征值;
- (5) 确定基础的底面尺寸,并根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)的要求进行必要的变形和稳定性验算;
- (6) 进行基础的结构设计(不同类型的基础有不同的设计要求);
- (7) 绘制施工图纸。

基础的设计是一个不断更新和反馈、修改的动态过程。在设计之前,必须掌握一些必要的资料,包括场地的工程地质、水文地质等勘察资料并加以熟悉。在此基础上,还需要了解上部结构的类型、荷载的类型及其大小、建筑物的平立面布置、周边的建筑环境、地下建筑物(包括线路、管道等)、施工条件、建筑材料的取得等条件,以便确定基础的类型、埋深、平面布置等。在施工过程中,还应当根据施工、监测的一些情况及时采取对策,必要时需要对设计做适当变更,甚至完全改变基础的设计。

由于不同地基土体性质差异较大,相对于上部结构,反馈设计在基础的应用更加普遍和

重要。例如,开挖基坑后发现勘察时未曾发现的比较大的土洞、块石等,或者局部软土层,或者在基坑降水期间监测附近建筑物出现时发现有不均匀沉降等,就可能采取相对应的技术措施,必要时需改变设计或者施工方案。

2.2 浅基础的类型和特点

从结构上看,浅基础可分为扩展基础、联合基础、柱下条形基础、交叉条形基础、箱形基础、筏形基础和壳体基础等;根据所用材料不同,浅基础可以分为无筋基础和钢筋混凝土基础。不同类型的基础有不同的特点,适用于不同的工程场合。

2.2.1 无筋扩展基础

无筋扩展基础又称刚性基础,一般用砖、毛石、混凝土、毛石混凝土、灰土、三合土等砌筑或者浇筑而成。这些材料抗压性能较好,而抗拉、抗剪性能较差,故要求基础截面尺寸较大,具有很大的抗弯刚度,受荷后本身不产生较大的弯曲变形和开裂,所以称刚性基础。这种基础多用于层数不多的民用建筑和荷载不大的工业厂房,图2-2为两种常见的无筋扩展基础。

灰土基础由石灰和土配制而成,一般用于土层比较干燥的地区,如我国的华北和西北地区。三合土基础则是由石灰、砂和骨料(矿渣、碎砖和碎石)加水泥混合而成,可用于地下水位埋藏较浅的地方,在我国南方地区用得较多。

刚性基础具有能就地取材,造价不高,设计较简单,不需要复杂的内力分析和计算等优点,但其强度不高,截面尺寸较大,埋深受限制和荷载较大时难以采用,某些材料的耐久性较差。

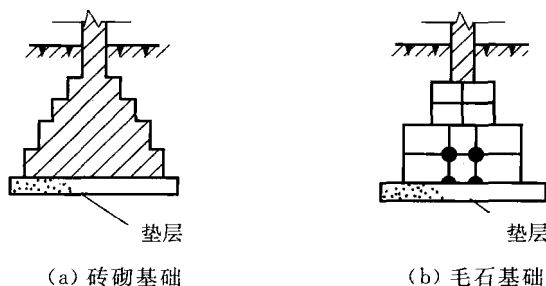


图2-2 无筋扩展基础

2.2.2 钢筋混凝土基础

钢筋混凝土基础又称柔性基础,包括钢筋混凝土扩展基础、联合基础、柱下条形基础、交叉条形基础、筏形基础、箱形基础、壳体基础等。

(1) 钢筋混凝土扩展基础

钢筋混凝土扩展基础又称为扩展基础,包括墙下钢筋混凝土条形基础(图2-3)和柱下