

J I C H U G O N G C H E N G

高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

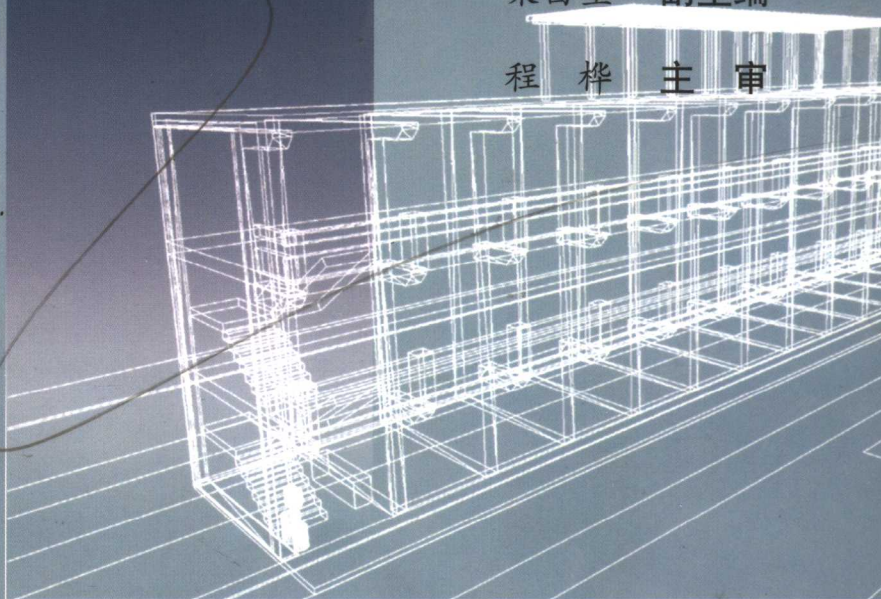
基础工程

J I C H U G O N G C H E N G

◎ 张 威 主 编

梁昌望 副主编

程 桦 主 审



合肥工业大学出版社

TU47/34

2007

高等学校省级规划教材

——土木工程专业系列教材

基 础 工 程

张 威 主 编

梁昌望 副主编

程 桦 主 审



合肥工业大学出版社

内 容 提 要

本书是根据土木工程专业的教学大纲要求,本着强调基本概念、基本原理和基本方法,以及扩展土木工程专业知识面的原则,结合长期教学与工程设计的经验,根据《建筑地基基础设计规范》、《建筑地基处理技术规范》等设计规范而编写的。

本书主要介绍了土木工程中的各种类型基础的设计计算原理和方法,如天然地基浅基础及基础结构分析、筏形基础与箱形基础、桩基础、动力机器基础和地震区的地基基础工程;介绍了地基处理、基坑开挖与支护工程、挡土墙设计和特殊土的地基处理的原理与方法等。

本书内容覆盖面广,适用于不同地区、不同类别、不同层次的土木工程专业及相近专业的本科、专科教材,可作为报考土木工程等专业硕士研究生、注册岩土工程师考试人员的用书,亦可作为土木工程中的勘察、设计、施工技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/张威主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2007.8

ISBN 978-7-81093-632-3

I. 基… II. 张… III. 地基—基础(工程)—高等学校—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 115232 号

基础工程

主 编:张 威 责任编辑:陈淮民 特约编辑:吴咏梅

出 版 合肥工业大学出版社
地 址 合肥市屯溪路 193 号
邮 编 230009
电 话 总编室:0551-2903038
发行部:0551-2903198
网 址 www.hfutpress.com.cn
E-mail Press@hfutpress.com.cn
版 次 2007 年 8 月第 1 版
印 次 2007 年 8 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 20
字 数 486 千字
发 行 全国新华书店
印 刷 合肥现代印务有限公司

ISBN 978-7-81093-632-3

定价:30.00 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

安徽省高校土木工程系列规划教材

编 委 会

主 任：千 洪

副主任：王建国 汪仁和 沈小璞

委 员：（按姓氏笔画排列）

丁克伟	马芹永	戈海玉	卢 平
刘安中	孙 强	吴 约	完海鹰
邵 艳	柳炳康	夏 勇	殷和平
高荣誉	黄 伟		

前 言

本书是综合我国多所院校的土木工程专业基础工程教学大纲要求而编写的。编写本书时主要遵循以下几个原则:

(1) 强调基本概念、基本原理与基本方法

本书力图准确阐述基础工程学中的基本概念和基本原理,使学生在理解和掌握基本原理的基础上掌握各种基础设计计算的内容、步骤与方法。本书通过内容的取舍和顺序编排,突出强调了基础体系与地基承载力、沉降特性的内在联系。

(2) 适当反映我国有关规范编制建设的成果

本书根据国家颁布的《建筑地基基础设计规范》、《混凝土结构设计规范》及《建筑抗震设计规范》等设计规范编写。在涉及相关规范时,力图反映我国设计规范在基本原则和基本规定方面内容的变化及其与基础工程学概念与原理的相辅相成关系。对于一些在规范中未做具体规定的基础类型,也与规范的技术思想与原则相结合来阐述其基本设计原理。

(3) 扩展土木工程专业学生的知识面

本书与以往土建类的多数基础工程教材相比,在内容上强化了土木工程地质条件与工程建设的关系等内容,增加基坑开挖与支护工程等各种深基础工程内容,使学生能对整个基础工程体系有比较全面和综合的认识。同时还结合基础承载力与变形控制等原则,对有些基础工程简明地介绍了其施工与检测技术与要求。

(4) 内容层次分明,适应多层次教学要求

本书不但扩展了传统土木类的基础工程教学内容,而且在章、节乃至小节的划分上,力求层次分明;使各部分内容既相互联系又相对独立,便于不同地区、不同类别、不同层次的土木工程专业及相近专业在教学内容上的取舍。在使用本教材进行教学时,如因学时所限(或相近专业使用)而不能教授全部教材内容时,可根据实际情况有针对性地选择。

(5) 适当地吸收国内外基础工程比较成熟的新内容

本书充分考虑了基础工程学科的发展新方向和水平,努力反映新成果与观点,以使教学适应

我国 21 世纪工程建设发展的趋势。

本书分为三大部分:第一部分(第 1 章至第 5 章)集中介绍了各种主要类型的基础工程的设计计算原理和方法,如天然地基浅基础及基础结构分析、筏形基础与箱形基础、桩基础等问题;第二部分(第 6 章至第 9 章)包括地基处理和基坑开挖与支护工程的原理与方法、挡土墙设计和特殊土的地基处理问题;第三部分(第 10 章)为动力机器基础和地震区的地基基础工程。

在编写本书的过程中,广泛征求了有关兄弟院校(合肥工业大学、安徽理工大学、合肥学院等)同行的意见,许多老师都提出了宝贵的意见和建议。在此谨向关心、帮助过本书编写工作的老师致以诚挚的谢意。

本书各章分工如下:绪论、第 3 章、第 5 章、附图由安徽建筑工业学院土木工程学院张威编写;第 6 章、第 7 章由合肥学院建筑工程系梁昌望编写;第 8 章、第 9 章由安徽理工大学李栋伟编写;第 2 章、第 4 章由安徽建筑工业学院土木工程学院彭曙光编写;第 10 章由安徽建筑工业学院土木工程学院宛新林编写。本书由张威任主编负责统稿工作,梁昌望任副主编,程桦教授任主审。

编者水平有限,书中不当之处诚恳希望读者批评指正。

编 者

2007 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 地基和基础的概念	1
1.2 基础工程学的重要性	2
1.3 基础工程的发展回顾及未来发展方向	3
1.4 基础工程的主要内容	4
1.5 基础工程的特点和学习方法	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	8
2.3 浅基础的埋置深度	12
2.4 地基基础设计原则	15
2.5 浅基础地基承载力特征值的确定	18
2.6 基础底面尺寸的确定	23
2.7 扩展基础的设计	29
2.8 基础的变形控制要求及技术措施	40
第 3 章 地基计算模型与地基梁板分析	46
3.1 概述	46
3.2 地基、基础与上部结构相互作用的概念	46
3.3 地基计算模型	53
3.4 弹性地基梁板的分析	58
第 4 章 连续基础	76
4.1 概述	76
4.2 联合基础	76
4.3 柱下条形基础	80
4.4 交叉条形基础	85
4.5 筏形基础	90
4.6 箱形基础	96
第 5 章 桩基础	102
5.1 概述	102

5.2	桩的分类	103
5.3	单桩轴向荷载传递	107
5.4	单桩竖向抗压承载力	109
5.5	单桩水平承载力	113
5.6	单桩抗拔承载力	118
5.7	群桩的承载力与桩基沉降计算	120
5.8	复合桩基与减沉桩基础	126
5.9	桩的负摩阻力	132
5.10	桩基础的设计	134
第6章	地基处理	151
6.1	概述	151
6.2	换土垫层法	151
6.3	复合地基计算	160
6.4	深层水泥土搅拌法	170
6.5	排水固结法	180
6.6	强夯法	194
6.7	高压喷射注浆法	197
6.8	振冲法	210
6.9	土工合成材料	215
第7章	基坑工程	224
7.1	概述	224
7.2	支护结构类型	224
7.3	挡土结构上的水、土压力	226
7.4	基坑支护结构设计	229
7.5	基坑稳定性分析	237
7.6	基坑降水与基坑开挖	239
第8章	挡土墙设计	243
8.1	概述	243
8.2	挡土墙类型	243
8.3	挡土墙的土压力计算	245
8.4	重力式挡土墙设计	249
8.5	悬臂式挡土墙设计	253
第9章	特殊土地基	258
9.1	概述	258
9.2	湿陷性黄土地基	258
9.3	膨胀土地基	262

9.4 冻土地基	266
第 10 章 动力机器基础与地基基础抗震	271
10.1 动力机器基础的设计计算	271
10.2 实体式机器基础振动计算	281
10.3 地基震害	287
10.4 天然地基及基础抗震设计	288
10.5 桩基抗震设计	294
附录 课程设计参考图纸	299
参考文献	309

第 1 章 绪 论

1.1 地基和基础的概念

建筑物或构筑物一般可分为上部结构、下部结构两部分。支承上部结构荷载并将其传给地层的下部结构称为基础；而承受基础传来的荷载的地层称为地基。地基是由地壳表面的岩石风化物或岩石构成的，而基础是建筑物的地下部分。地基和基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

直接承受基础荷载的土层为持力层，持力层下具有和持力层不同的土层为下卧层；下卧层也属于地基的一部分。如图 1-1 所示。

为了保证建筑物安全和正常使用，对于地基，应满足两个基本条件：首先是作用于地基上的建筑荷载，不超过地基的承载力，以保证地基的安全稳定（即强度条件）；其次是地基沉降量不超过沉降容许值，以保证建筑物的正常使用（即变形条件）。而对于基础，也应满足强度和变形条件：满足强度条件是指基础的内力不能超过基础结构构件的抗力；满足变形条件是指基础结构构件的变形也应在控制的范围内。

为了保证基础的安全和可靠并满足使用功能的要求，基础一般要埋置于地表以下某一深度。这一深度称为基础的埋置深度，简称埋深。实践中，根据基础埋深的不同，基础又可分为浅基础和深基础两大类。埋深 $d < 3 \sim 5\text{m}$ 或埋深与基础底面宽度 b 之比 $d/b < 1.0$ 的基础为浅基础；而埋深 $d > 3 \sim 5\text{m}$ 、通常需要较特殊方法施工的基础称为深基础。深基础有桩基础、墩基础、沉井、沉箱基础、地下连续墙以及筏板带桩、箱基带桩基础等。

用于支承基础的地基，视其实际工程地质条件是否满足建筑物或构筑物的受力要求来决定其是否需经人工改造加固。那些不需经过人工改造加固处理就可直接建筑建筑物的地基，称为天然地基；而需经人工改造加固处理后才能作为建筑物使用的地基，称为人工地基。

基础工程学科一般指与土有关的工程问题，它包括两个方面，即土力学和基础工程。土力学是本学科的理论基础，它研究工程载体岩土的特性及其应力、应变、强度、渗流的基本规律；基础工程主要研究下部结构物与岩土相互作用共同承担上部建（构）筑物所产生的各种变形与稳定问题。两者互为理论与应用的整体。

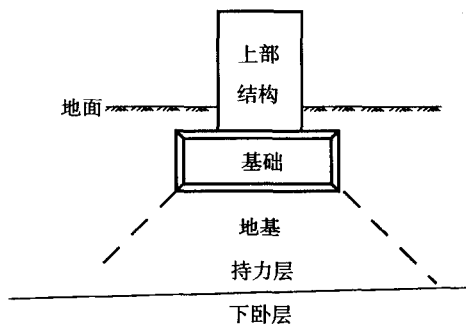


图 1-1 上部结构与地基示意图

1.2 基础工程学的重要性

基础工程这门课程,对于土木工程专业来说,是一门重要的专业课。在工程中,一个牢固的建筑物,必须有扎实的基础,即地基和基础是建筑物的根本。它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。实践表明,建筑物事故的发生,很多是与地基问题有关的,而且,事故一旦发生,其补救很难。

基础工程学依托三大力学(即材料力学、结构力学、弹性力学)为基础,同时又以土力学、钢筋混凝土结构学、建筑材料学、建筑施工学等为学科的专业基础;基础工程学研究在各种可能荷载及其组合下、各种工程地质条件下,地基基础的受力、变形和稳定性状的规律;基础工程学是一门研究各种地基基础的设计、施工、检测与维护的专门学科。

在学科体系上。基础工程学科既是土木工程学科中岩土工程和结构工程两个二级学科的重要组成部分,同时也与地下工程学科密切相关。基础工程在土木工程学科领域内的重要性主要表现在如下几个方面:

1. 现代化建设和社会发展的要求

近年来,我国现代化建设十分迅速,规模宏大的土木工程建设遍及祖国各地,然而我国地大物博,人口众多,人均土地资源十分有限。从我国的实际情况出发,城市建设向多层、高层和地下发展呈必然趋势。低层建筑多采用浅基础,工程简单,施工期短,造价低,而高层建筑多采用深基础,技术复杂,工程量大,工期长。同时,基础的形式和施工方法也不断地创新,由过去的筏形基础、箱形基础,发展到筏板带桩、箱基带桩、沉井带桩以及大直径扩底桩、墩等深基础。在建筑平面设计上,改变了过去的“一”字形和“L”形等单调形式,出现了双曲面形、三角形、“十”字形、马蹄形、扇形、S形、翼形等复杂的异形平面。这些都给基础的设计、施工带来一系列新课题。

为了解决城市的交通拥挤,许多城市都在规划修筑地下铁道或其他地下建筑物,以便充分利用地下空间,这也是基础工程学科的一个新领域。又如海上钻井平台的深水基础,电讯、电视、电力的输送和接收的高耸塔架等,它们对地基基础工程都有特殊要求。

许多建筑物修建在填土、淤泥、软粘土、黄土、冻土及工业废料回填的各类软弱地基上,使软弱地基处理技术也得到迅速发展。

2. 基础工程的费用

基础工程的费用与建筑物总造价的比例,随着工程建设规模和复杂程度,近年来在不断提高,过去以低层和多层建筑为主的基础工程费用比例一般为5%~15%;而现在部分高层建筑和复杂建筑物、构筑物的基础工程费用比例已达30%~50%。因此,基础工程的造价在不断提高,地基及基础在土木工程中的重要性是显而易见的。

3. 基础工程的特殊性

由于地基土的复杂多变,基础工程又属隐蔽工程,一旦出现问题处理起来异常复杂。由于地质条件的不同,基础工程的内容也不同;同样的建筑物在不同的地方建设,上部结构可以完全不变,但基础工程的内容却很少相同。因此,具有全面掌握和正确应用基础工程学的基本原理、方法和技术,具备解决基础工程中的复杂多变的实际问题的能力,这是对土木工程设计、施工和管理者的一项基本而又重要的要求。

1.3 基础工程的发展回顾及未来发展方向

1.3.1 基础工程的发展回顾

基础工程既是一项古老的工程技术,也是一门年轻的应用科学技术。

追本溯源,世界文化古国的先民,在史前的建筑活动中,就已经创造了自己的基础工艺。两千多年来,在世界各地建造的宫殿楼宇、寺院教堂、高塔亭台,长城运河、古道石桥、码头、堤岸等工程,无论是至今完好,还是不复存在,都凝聚着佚名者和杰出人物的智慧。采用石料修筑基础、木材做成桩基础、石灰拌土夯成垫层或浅基础、填土击实等修筑地基基础的传统方法,目前在某些范围内还在应用。18世纪到19世纪,人们在大规模建设中遇到了许多与岩土工程相关的问题,促进了岩土力学的发展。例如法国科学家C·A·库伦(Coulomb)在1773年提出了砂土抗剪强度公式和挡土墙土压力的滑楔理论;英国学W·J·M·朗金(Rankine)又从另一途径建立了土压力理论;法国工程师H·达西(Darcy)在1856年提出了层流运动的达西定律;捷克工程师E·文克尔(Winkler)在1867年提出了铁轨下任一点的接触压力与该点土的沉降成正比的假设;法国学者J·布辛奈斯克(Boussinesq)在1885年提出了竖向集中荷载作用下半无限弹性体应力和位移的理论解答。这些先驱者的工作为土力学及基础工程的建立奠定了基础。然而,作为一个完整的工程学科的建立,则以太沙基1925年发表第一本比较系统完整的著作《土力学》为标志。太沙基与R·佩克(Peck)在1948年发表的《工程实用土力学》中,将理论、测试和工程经验密切结合,推动了土力学和基础工程学科的发展。

“工程实用土力学”的出现,标志着“土力学及基础工程”真正成为一门工程科学;1936年在美国哈佛召开了第一届国际土力学及基础工程学术会议,至今已17届。特别是在20世纪70年代以来,把学科推向现代化。在理论上,从饱和砂土的有效应力原理和线弹性力学为基础的土力学,逐渐发展至今的考虑土的结构影响的粘弹塑性体的应力、应变、强度的数学模型,从饱和土为主的理论,发展到非饱和土,还发展了土的动力特性等等。在基础工程应用技术上,数百米高的超高层建筑,地下有百余米深地下多层基础工程,大型钢厂的深基础,海洋石油平台基础,海上大型混凝土储油罐,人工岛(关西机场),条件复杂的高速公路路基,跨海大桥的桥梁基础等工程技术,使桩基、墩基、地基处理,不断革新,走向现代。我国改革开放以来,大规模的现代化建设,深圳、广州、上海浦东以及沿海的中等城市建立了数以万计的高层建筑,三峡水利工程,南水北调工程,青藏铁路,全国各省市高速公路等成功实践,有效地促进了我国基础工程学科的发展。

1.3.2 基础工程今后发展的重要方向

1. 基础性状的理论研究不断深入

由于计算机的应用日趋广泛,许多计算方法如有限元法、边界元法、特征线法等都在基础工程性状的分析中得到应用;土工离心机模型试验,已成为验证计算方法和解决包括基础工程在内的土工问题的有力手段。土的本构模型也是基础工程分析中的一个重要组成部分。

2. 现场原位测试技术和基础工程质量检测技术的发展

为了改善取样试验质量或者进行现场施工监测,原位测试技术和方法有很大发展。如旁压试验、动静触探、测斜仪、压力传感器和孔隙水压力测试仪等测试仪器和手段已被广泛应用。测试数据采集和资料整理自动化、试验设备和试验方法的标准化以及广泛采用新技术已成为发展

方向。

3. 高层建筑深基础继续受到重视

随着高层建筑物修建数量的增多,各类高层建筑深基础大量修建,桩基础、筏板带桩、箱基带桩等基础类型(尤其是大直径桩墩基)更受重视。

由于深基坑开挖支护工程的需要,地下支护结构的设计、施工方法如地下连续墙、挡土灌注桩、深层搅拌挡土结构、锚杆支护、钢板桩、铅丝网水泥护坡和沉井等都引起人们极大的兴趣。

4. 软弱地基处理技术的发展

在我国各地区的经济建设中,有许多建筑物不得不建造在比较松软的不良地基上。这类地基如不加特殊处理就很难满足上部建筑物对控制变形、保证稳定和抗震的要求。因此,各种不同类型的地基处理新技术因需要而产生和发展,成为岩土工程中的一个重要专题。

地基处理的目的在于改善地基土的工程性质,例如提高土的强度、改善变形模量或提高抗液化性能等。地基处理的方法很多,每种方法都有其不同的加固原理和适用条件,在实际工程中必须根据地基土的特点选用最适宜的方法。今后,随着建筑物的层高和荷载不断增大,软弱地基的概念和范围会有新的变化,各种新的处理方法会不断出现,地基处理技术必然进一步发展。

5. 既有房屋增层和基础加固与托换

对于房屋的需求量在今后较长时期内都会很大,为了满足当前的急需,对现有房屋的改建增层工程将日趋增多,为此必须对已有建筑物的地基进行正确的评价,提出合理的承载力值,重视地基加固与托换技术的探讨与应用。

1.4 基础工程的主要内容

基础工程包括基础的设计、施工和监测。基础工程中的一些内容,例如柱下单独基础的承载力和配筋计算、浅基础的施工方法与技术等,在混凝土结构学和建筑施工课程中都已涉及。那些与岩土工程紧密相关的内容,如基础埋置深度、地基承载力、地基变形验算,基坑和基础的稳定分析、基坑支护结构、地基基础相互作用和地基处理等,本课程都将进行讨论。本课程主要介绍地基和基础的设计原理,同时也简要介绍一些必要的施工知识。

基础工程设计包括基础设计和地基设计两大部分。

(1) 基础设计

包括基础形式的选择、基础埋置深度及基底面积大小、基础内力和断面计算等。如果地下部分是多层的结构,基础设计还包括地下结构的计算。

(2) 地基设计

包括地基土的承载力确定、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,需要进行地基处理。

基础结构的形式很多。设计时应选择能适应上部结构、符合使用要求、满足地基基础设计两项基本要求以及技术上合理的基础结构方案。一般而言,基础常置于地面以下。但诸如半地下室箱形基础、桥梁基础和码头桩基础等均有部分置于地表之上。

基础的功能决定了基础设计必须满足以下三个基本要求:

(1) 强度要求

通过基础而作用在地基上的荷载不能超过地基的承载力,保证地基不因地基土中的剪应力超过地基土的强度而破坏,并且应有足够的安全储备;

(2) 变形要求

基础的设计还应保证基础沉降或其他特征变形不超过建筑物的允许值,保证上部结构不因沉降或其他特征变形过大而受损或影响正常使用;

(3) 上部结构的其他要求

基础除满足以上要求外,还应满足上部结构对基础结构的强度、刚度和耐久性要求。

设计基础时必须掌握足够的资料,这些资料包括两大部分。一部分是地质资料,另一部分是有关上部结构资料。对这些资料的要求,按不同的需要而应有所区别。对复杂的建筑物如大型工厂或者高层建筑可能要求比较多的资料;对一般中、小型建筑物只需要少量的资料,设计人员应根据实际情况提出要求。在分析地质资料时应注意对地基类型进行判别并考虑可能发生的问题,还要研究土层的分布,查明地下水及地面水的活动规律,还应调查拟建建筑物周围及地下的情况。在分析上部结构时应特别注意建筑物的重要性、建筑物体型的复杂程度和结构类型及其传力体系。

任何一个成功的基础工程都必须能满足以下各项稳定性及变形要求:

- (1) 埋深应足以防止基础底面下的物质向侧面挤出,对单独基础及筏形基础尤其重要;
- (2) 埋深应在冻融及植物生长引起的季节性体积变化区以下;
- (3) 基础结构体系在抗倾覆、转动、滑动或防止土破坏(抗剪强度破坏)方面必须是安全的;
- (4) 基础结构体系对土中的有害物质所引起的锈蚀或腐蚀方面必须是安全的,在利用垃圾堆筑地时及对有些海洋基础,这点尤其重要;
- (5) 基础结构体系应足以对付以后在场地或施工几何尺寸方面出现的某些变化,并在万一出现重大变化时能便于变更;
- (6) 从设置方法的角度看,基础应选择最经济的;
- (7) 地基总沉降量及沉降差,应满足上部结构所允许值;
- (8) 基础及其施工应符合环境保护标准的要求。

1.5 基础工程的特点和学习方法

基础工程课程涉及工程地质学、土力学、结构设计和施工多个学科,所以其内容广泛,综合性强。

本课程的工作特点是根据建筑物对基础功能的特殊要求,首先通过勘探,试验,原位测试等,了解岩土地层的工程性质,然后结合工程实际,运用土力学及工程结构的基本原理,分析岩土地层与基础工程结构物的相互作用及其变形与稳定的规律,做出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。原则上,是以工程要求和勘探试验为依据,以岩土与基础共同作用和变形与稳定分析为核心,以优化基础方案与建筑技术为灵魂,以解决工程问题确保建筑物安全与稳定为目的。

我国地域辽阔,由于自然地理环境不同,分布着多种多样的土类。某些土类(如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红粘土和多年冻土等)还具有不同于一般土类的特殊性质。作为地基,必须针对其特性采取适当的工程措施。因此,地基基础问题的发生和解决具有明显的区域性特征。有时只靠国家规定的标准是不够的,一些地区性的规范、规程或规定也很重要。

应根据本课程的特点,牢固掌握各种基础的基本类型和特点、基础设计计算的基本原则和基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关的力学和结构理论以及施工知识,分析和

解决地基基础问题。学习时需要重视以下几方面：

1. 重视工程地质勘察及现场原位测试方法

土力学计算和基础设计中所需的各种参数，必须通过土的现场勘察和室内土工试验测定。要学会阅读和使用工程地质勘察资料，并重视原位测试技术。静力触探、动力触探、测斜仪、压力传感器和孔隙水压力测定仪等原位测试方法，因其能够直观地提供各种可贵的实测资料，所以越来越普遍地被用作设计、研究和施工的辅助手段。

2. 重视地区性工程经验

基础工程是一门实践性很强的学科，又由于土及土与结构物相互作用的复杂性，目前在解决地基基础问题时，还带有一定程度的经验性，因此，就有大量的经验公式存在。《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)就是理论和经验的总结。

3. 考虑地基、基础和上部结构的共同作用

地基、基础和上部结构是一个统一的整体，他们相互依存、相互影响。分析时应考虑三者的共同作用。特别是在软土地基上的建筑物，考虑共同作用的整体分析表明，结构的应力、基础的内力均与单一分析有很大的差异，共同作用的分析结果更接近实测结果。虽然目前共同作用分析还没有直接应用于实践，但他将是未来基础工程分析理论的发展方向。

4. 施工质量的重要性

基础工程是隐蔽工程，深埋于地下，施工复杂且难度大，施工质量控制较为困难。如果施工时稍不注意，日后会有很大的安全隐患。同时还要防止不良建筑商的偷工减料行为。必须强调，基础工程的施工与上部结构一样，应受到足够的重视。

总之，希望读者充分认识本课程的特点，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，认真掌握其变形与稳定性的分析方法，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；学习基础工程要非常重视实践，只有通过实践，才能理解理论知识，才能学到基础工程的真义。

习 题

1. 什么是地基？什么是基础？两者之间的关系是什么？
2. 什么是浅基础？什么是天然地基？
3. 什么是基础的持力层？下卧层指的是哪一层土？
4. 基础工程必须满足哪些要求？
5. 基础工程包括哪些主要内容？
6. 简述基础工程的特点。
7. 学习《基础工程》时应注意哪些方面？

第2章 天然地基上的浅基础

2.1 概 述

基础作为上部结构与地基之间的过渡部分,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。浅基础一般是指埋深较浅(一般指小于5m),用常规的施工方法和施工工艺就可以完成的基础形式。

地基可以分为天然地基和人工地基两种: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称为人工地基。

在具体的地基基础设计时,地基和基础类型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。一般来说,相对于深基础而言,天然地基上的浅基础因其施工方便、工期较短、造价低、对周围的环境影响较小,如果条件具备应当优先考虑采用。

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,其方法是先将上部结构、基础和地基三者分开设计,只考虑三者之间力的平衡,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:

(1)在计算上部结构的框架时,将底层柱视为固定支座,采用图2-1(b)作为其计算简图计算其内力和变形;

(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)),从而对基础进行设计;

(3)在计算地基时,将第(2)步所假设的基底反力方向取反后施加到地基上,从而对地基进行设计和验算(图2-1(d))。

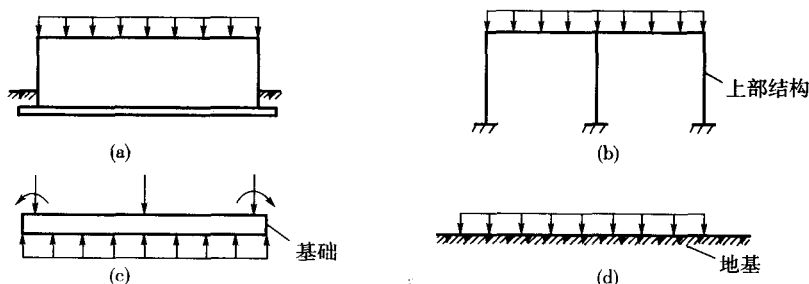


图2-1 常规设计法简图

毫无疑问,在实际的工程中,图2-1(a)的柱底一定会发生转动和位移,例如柱与柱之间会发生不均匀的沉降,柱底会产生转动,而基础也会随柱而发生相应的变形,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,在柱底也会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,而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,必须在静力平衡和变形协调两个方面都得到满足。

另一种设计法称为考虑上部结构—基础—地基相互作用的设计方法。在地基软弱等原因造成的变形较大、结构为超静定的情况下,用常规设计法确定的结构内力和变形与实际的情况出入是相当大的,这样就难以保证建筑物的安全。因此,在实际设计过程中,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。

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》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。

需要强调的是,基础的设计是一个不断更新和反馈、修改的动态的过程。在设计之前,必须掌握一些资料,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、地下建构物(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,必要时需要对设计作适当变更甚至完全改变基础的设计。

比如,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附近建筑物有较大的不均匀沉降,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

浅基础根据所用材料不同可以分为无筋基础和钢筋混凝土基础。从结构上分为扩展基础、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。不同类型的基础有