



面向 21 世纪课程教材



普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材

高校土木工程
专业指导委员会规划推荐教材

基础工程 (第二版)

华南理工大学 浙江大学 湖南大学 编

中国建筑工业出版社

TU43/18=2

:2

2008

面 向 21 世 纪 课 程 教 材

普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材

高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

基 础 工 程

(第二版)

华南理工大学 浙江大学 湖南大学 编
莫海鸿 杨小平 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基础工程/莫海鸿,杨小平主编.—2版.—北京:中国
建筑工业出版社,2008

面向21世纪课程教材,普通高等教育土建学科专业
“十一五”规划教材,高校土木工程专业指导委员会规
划推荐教材

ISBN 978-7-112-10222-8

I.基… II.①莫…②杨… 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 (2008) 第 121286 号

面向 21 世纪课程教材
普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材
高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材

基 础 工 程

(第二版)

华南理工大学 浙江大学 湖南大学 编
莫海鸿 杨小平 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
各地新华书店、建筑书店经销
北京红光制版公司制版
北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 25¼ 字数: 523 千字
2008 年 9 月第二版 2008 年 9 月第十三次印刷

定价: 39.00 元

ISBN 978-7-112-10222-8
(17025)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本书是土力学课程的后续课程教材，此次修订是在 2003 年出版的第一版的基础上进行的。修订过程中，全面参照国家最新的规范和标准对全书内容进行了梳理和充实，使本书概念陈述更加准确，行文遣字更加简洁流畅。本书主要内容包括：绪论、浅基础、连续基础、桩基础、地基处理、土工合成材料、挡土墙、基坑工程、特殊土地基、动力机器基础与地基基础抗震等。

本书可作为高校土木工程专业教材，也可供相关的工程设计、施工等技术人员参考使用。

为更好地支持本课程的教学，我们可以向采用本书作为教材的教师提供教学课件，请有需要者与本出版社联系，邮箱：jiangongkejian@163.com。

* * *

责任编辑：王 跃 吉万旺

责任设计：赵明霞

责任校对：陈晶晶 王金珠

第二版前言

本教材第一版于2003年7月出版,是面向21世纪课程教材、普通高等教育土建学科专业“十五”规划教材、高校土木工程专业指导委员会规划推荐教材,并于2007年3月被建设部评定为普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材。

本次修订,全体参编人员字斟句酌校勘全书,力求概念陈述准确明晰、行文遣字简练畅达、算例习题适量精选。此外,第9章增加了“软土地基”一节,并按《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)对“湿陷性黄土地基”一节作了修订。

本教材第一版发行以来,得到了广大读者的厚爱和支持,在此表示十分感谢,并衷心欢迎广大读者和同行们提出宝贵意见。

本教材参编单位、人员和分工如下:

华南理工大学——第1章(莫海鸿)、第2、3章(杨小平)、第4章(刘叔灼)、第7、8章(莫海鸿)、第9章(温耀霖)

浙江大学——第5、6章(王铁儒、王立忠)

湖南大学——第10章(王贻荪)

本教材由华南理工大学莫海鸿教授、杨小平副教授主编。

第一版前言

由华南理工大学、东南大学、浙江大学和湖南大学合编的《地基及基础》第一版于1981年6月发行以来已在全国范围内试用多年,并几经改版、再版,成为一本影响较大的教材。该教材第一版(1981年版)曾获建设部优秀教材二等奖,第二版(1991年版)被审定为高等学校教学用书,第三版(1998年版)被审定为高等学校推荐教材。1997年该教材经建设部批准列入“普通高等教育建设部‘九五’重点立项教材”。为了适应土木工程专业课程的需要,按高等学校土木工程专业指导委员会的有关决议,把《地基及基础》课程与教材分为《土力学》和《基础工程》两门课程和两本教材,参编单位和人员也相应作了调整。

《基础工程》是《土力学》的后继课程。本教材《基础工程》既是一门独立的课程,又与《土力学》教材的内容密切结合。我国改革开放以来,大规模现代化建设的需要以及国际上科学的发展和技术的进步,基础工程领域内取得许多新的成就,在设计与施工领域涌现出许多新概念、新方法、新技术。本教材力图考虑学科发展的新水平,反映基础工程的成熟成果与观点。此外,本教材强调了按变形控制设计基础的概念,并把此观点贯穿于全书之中。本教材基本继承了原教材的特色和体系,但在内容上作了一些调整,强化了有关“挡土墙”设计方面的内容,并增加了“土工合成材料”和“基坑工程”两章,其余的章节也都作了相当大的修改,以便适应土木工程专业的教学和工程设计的需要。教材中的一些术语和概念参照了新的国家规范。

各章作者在写法上充分考虑了教学的要求,尽可能讲清基本概念,力求深入浅出,着重阐明基本原理和基本方法,不包罗万象,不拘泥细节;与有关工程技术规范的精神保持一致,取材方面以房屋建筑为主,但又兼顾水利、交通、铁道等方面的基础问题。

本教材参编单位、人员和分工如下:

华南理工大学—第1章(莫海鸿)、第2、3章(杨小平)、第4章
(刘叔灼)、第7、8章(莫海鸿)、第9章(温耀霖)

浙江大学—第5、6章(王铁儒,王立忠)

湖南大学—第10章(王贻荪)

本教材由华南理工大学莫海鸿教授、杨小平副教授主编。

目 录

第1章 绪论	1
§ 1.1 概述	1
§ 1.2 基础工程内容	2
§ 1.3 基础工程的发展概况	4
§ 1.4 本课程的特点和学习要求	5
第2章 浅基础	7
§ 2.1 概述	7
§ 2.2 浅基础的类型	11
§ 2.3 基础埋置深度的选择	16
§ 2.4 浅基础的地基承载力	19
§ 2.5 基础底面尺寸的确定	28
§ 2.6 扩展基础设计	39
§ 2.7 联合基础设计	51
§ 2.8 减轻不均匀沉降危害的措施	58
习题	66
第3章 连续基础	68
§ 3.1 概述	68
§ 3.2 地基、基础与上部结构相互作用的概念	68
§ 3.3 地基计算模型	73
§ 3.4 文克勒地基上梁的计算	77
§ 3.5 地基上梁的数值分析	89
§ 3.6 柱下条形基础	92
§ 3.7 柱下交叉条形基础	100
§ 3.8 筏形基础与箱形基础	106
§ 3.9 刚性基础基底反力、沉降和倾斜计算的数值分析法	114
习题	116
第4章 桩基础	117
§ 4.1 概述	117
§ 4.2 桩的类型	119
§ 4.3 桩的竖向承载力	127

§ 4.4 桩基础沉降的计算	142
§ 4.5 桩的负摩擦问题	146
§ 4.6 桩的水平承载力	151
§ 4.7 桩的平面布置原则	161
§ 4.8 桩承台的设计	162
§ 4.9 桩基础设计的一般步骤	170
习题	180
第5章 地基处理	182
§ 5.1 概述	182
§ 5.2 垫层法	185
§ 5.3 排水固结法	189
§ 5.4 深层水泥搅拌法	216
§ 5.5 高压喷射注浆法	228
§ 5.6 强夯法	232
§ 5.7 振冲法	236
习题	242
第6章 土工合成材料	244
§ 6.1 概述	244
§ 6.2 加筋的作用机理	249
§ 6.3 加筋挡墙及其设计原理	251
§ 6.4 堤坝软基加筋	256
§ 6.5 建筑物地基加筋	263
习题	266
第7章 挡土墙	268
§ 7.1 概述	268
§ 7.2 挡土墙的类型	268
§ 7.3 作用在挡土墙上的土压力	272
§ 7.4 重力式挡土墙	273
§ 7.5 悬臂式挡土墙	287
§ 7.6 扶壁式挡土墙	297
习题	302
第8章 基坑工程	304
§ 8.1 概述	304
§ 8.2 围护结构形式及适用范围	305
§ 8.3 支护结构上的荷载	307
§ 8.4 悬臂式围护结构内力分析	310

§ 8.5 单锚式围护结构内力分析	316
§ 8.6 基坑的稳定验算	317
第 9 章 特殊土地基	320
§ 9.1 概述	320
§ 9.2 软土地基	320
§ 9.3 湿陷性黄土地基	329
§ 9.4 膨胀土(岩)地基	336
§ 9.5 红黏土地基	343
§ 9.6 岩溶与土洞	346
§ 9.7 其他特殊土地基	349
第 10 章 动力机器基础与地基基础抗震	353
§ 10.1 概述	353
§ 10.2 振动对地基的影响及机器基础的设计步骤	354
§ 10.3 实体式基础振动计算理论简述及地基动力参数	357
§ 10.4 实体式机器基础振动计算方法	361
§ 10.5 锻锤基础的设计	369
§ 10.6 曲柄连杆机器基础设计简述	377
§ 10.7 振动基础在土中引起的波动及防振措施	380
§ 10.8 地基基础抗震	383
习题	389
参考文献	390

第1章 绪 论

§ 1.1 概 述

任何建筑物都建在地层上，因此，建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担，受建筑物影响的那一部分地层称为地基；建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础。地基基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

太沙基 (Terzaghi) 曾指出：“土力学 (指) 是一门实用的科学，是土木工程的一个分支，它主要研究土的工程性状解决工程问题。”这一论述阐明了学科的性质是实用科学，是土木工程的分支，同时也指出了土力学和基础工程的任务。据此，在第一届国际土力学会议定名为土力学及基础工程 (Soil Mechanics & Foundation Engineering)，基础工程是指与土有关的工程问题。后来欧洲国家 (法、英、德) 用拉丁语表达为 Geotechnique 土工学，在原苏联则为俄文 ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ，称为地基及基础。20 世纪 70 年代后，国际会议把 Soil Mechanics & Foundation Engineering 改为 Geotechnique。因此，可以这样理解：土力学是学科的理论基础，作为工程载体岩土的特性及其应力应变、强度、渗流的基本规律；基础工程则为在岩土地基上进行工程的技术问题，两者互为理论与应用的整体，所以“基础工程”就是岩土地层中建筑工程的技术问题。对于某一建筑结构而言，在岩土地层上的工程为上部结构工程，而基础工程则为下部结构工程。英语称之为“Foundation Engineering”，其意义是指包括地基及基础在内的下部结构工程。“基础工程”就是研究下部结构物与岩土相互作用共同承担上部结构物所产生各种变形与稳定问题。

一般说来，基础可分为两类。通常把埋置深度不大 (小于或相当于基础底面宽度，一般认为小于 5m) 的基础称为浅基础。对于浅层土质不良，需要利用深处良好地层，采用专门的施工方法和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，称为天然地基。那些不能满足要求而需要事先进行人工处理的地基，称为人工地基。

基础的设计和施工，不仅要考虑上部结构的具体情况和要求，还要注意地层的具体条件。基础和地基相互关联，基础的设计与施工必须考虑土层原有状态的变化以及可能产生的影响。

§ 1.2 基础工程内容

基础工程包括地基与基础的设计、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,在混凝土结构学和土木工程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。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。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能力,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。

下面是几个未满足基本设计要求而导致工程发生事故的实例。

建于1941年的加拿大特朗斯康谷仓(Transcona Grain Elevator)由65个圆柱形筒仓组成,高31m,宽23m,其下为筏形基础。建成后初次贮存谷物,谷仓西侧突然陷入土中8.8m,东侧抬高1.5m,仓身倾斜27°。事后发现基础下埋藏有厚达16m的软黏土层,贮存谷物后使基底平均压力超过了地基的极限承载能力,地基发生整体滑移。这是一个典型的强度问题的例子。

上海展览中心馆位于上海市延安东路北侧,中央大厅为框架结构,采用箱形基础,两翼展览馆采用条形基础。箱基顶面至中央大厅顶部塔尖的高度为93.63m,基础埋深7.27m。地基为高压缩性淤泥质黏土。展览馆于1954年开工,当年年底实测地基平均沉降量为60cm。1957年中央大厅四周的沉降量最大处达

到 146.55cm。1979 年 9 月中央大厅的平均沉降量达到 160cm。由于沉降差过大,导致中央大厅与两翼展览馆连接,室内外连接的水、暖、电管道断裂,严重影响展览馆的正常使用。分析发现,虽然根据有关规范和现场载荷试验确定了地基承载力,但没有进行变形计算,仅仅保证了强度要求而忽略了变形要求。这是一个典型的变形过大而影响正常使用的工程实例。

某火车站服务楼建于淤泥层厚薄不均的软土地基上。在上部混合结构的柱下和墙下分别设置了一般的扩展基础和毛石条形基础。中间四层的隔墙多,采用钢筋混凝土楼面,整体刚度和重量较两翼大。而与之相连的两翼,内部空旷,三层木楼面通过钢筋混凝土梁支撑在外墙和中柱上,明显重量轻而刚度不足。由于建筑物各部分的荷载和刚度悬殊,建成不久便出现不均匀沉降。两翼墙基向中部倾斜,致使墙体、窗台和钢筋混凝土楼面都出现相当严重的裂缝,影响使用和安全。这是一个典型的设计时未从地基-基础-上部结构相互作用的整体概念出发进行综合考虑,以致结构布局不当的工程实例。

基础属于地下隐蔽工程,是建筑物的根本。基础的设计和直接关系着建筑物的安危。大量例子表明,建筑物发生事故,很多与基础问题有关。基础一旦发生事故,补救并非易事。此外,基础工程费用与建筑物总造价的比例,视其复杂程度和设计、施工的合理与否,可以变动百分之几到百分之几十之间。因此,基础工程在整个建筑工程中的重要性是显而易见的。

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。对这些资料的要求可根据需要而有所区别。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) 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) 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) 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, 基础应是经济的;
- (7) 地基总沉降量及沉降差应既为基础构件也为上部结构构件所允许;
- (8) 基础及其施工应符合环境保护标准的要求。

§ 1.3 基础工程的发展概况

基础工程既是一项古老的工程技术, 又是一门年轻的应用科学。

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、砂土水撼加密、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. 库仑 (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; 英国学者 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. 文克勒 (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黏弹塑性体的应力、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。在基础工程应用技术上, 数百米高的超高层建筑物, 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, 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现

代化的发展。

自人工挖孔桩于 100 年前在美国问世以来,灌注桩基础得到了极大的发展,出现了很多新的桩型。单桩承载力可达数千千牛,最大的灌注桩直径可达数米,深度已超过 100m。上海金茂大厦的桩基础入土深度达到 80m 以上。钢管桩、大型钢桩、预应力混凝土管桩、劲性水泥土搅拌桩等新老桩型也在大量采用,桩基础的设计理论也得到较大的发展。特别是近年来,考虑桩和土共同承担荷载的复合桩基础设计理论在多高层建筑中得到较为广泛的应用。

高层和超高层建筑地下室的修建、地铁车站的建造以及城市地下空间的开发利用等,提出了与深基础相关的深、大基坑的开挖和支护问题。在 20 世纪 30 年代,太沙基等人就已开始研究基坑工程中的岩土工程问题。随着我国建设的发展,特别是进入 20 世纪 90 年代以来,深基坑的数量和深度都很大,基坑开挖深度达 30m 以上。基坑围护体系的种类、各种围护体系的设计计算方法、施工技术、监测手段以及基坑工程的研究取得了很大的进展。由于基坑围护系统大多为临时性结构,使得基坑工程具有安全储备小、风险大的特点。基坑工程具有很强的地域性,不同地区采取的支护形式会有不同的特点和习惯做法。基坑工程还具有很强的个性,即使在同一地区的同样深度的基坑,由于基坑周围环境条件如建筑物、道路、地下管线的情况不同,支护方案也可能完全不同;甚至由于施工单位的物料储备也会对造价有影响,因而影响支护形式。

以天然植物作为岩土工程材料虽然已有几千年的历史,但合成材料在基础工程中的大量应用还是近 20 年来的事。土工合成材料是指人工合成的聚合物,如塑料、化纤、合成橡胶等为原料,制成各种类型的产品,置于土体内部、表面或各层土体之间,发挥加强或保护土体的作用。土工合成材料埋在土体之中,可以扩散土体的应力,增加土体的模量,传递拉应力,限制土体的侧向位移;还可以增加土体与其他材料之间的摩阻力,提高土体及相关建筑物的稳定性。土工合成材料还在地基处理方面得到广泛的应用。

国内外历史上有名的多次大地震导致了大量建筑物的破坏,其中有不少是因基础抗震设计不当所致。经过大量地震震害调查和理论研究,人们逐渐总结出基础抗震设计的理论和方法。近年的几次地震又引起了人们对建筑物抗震更加重视,对地震区的基础抗震设计提供了更为丰富的资料。

§ 1.4 本课程的特点和学习要求

本教材共有 10 章。主要介绍浅基础、连续基础、桩基础、地基处理、土工合成材料、挡土墙、基坑工程、特殊土地基以及动力机器基础与地基基础抗震等内容。

本课程是一门工程学科,专门研究建造在岩土地层上建筑物基础及有关结构

物的设计与建造技术的工程学科,是岩土工程学的组成部分。本课程建立在土力学的基础之上,涉及工程地质学、土力学、弹性力学、塑性力学、动力学、结构设计和施工等学科领域。它的内容广泛,综合性强,学习时应该突出重点,兼顾全面。

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。

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。由于地基土性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。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。学习基础工程重在实践,通过实践,才能理解理论知识,才能学到基础工程的真义。

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、红黏土和多年冻土等)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。考虑到所在地区和具体要求不同,建议教学中可以按照需要对本教程的内容进行取舍。

第2章 浅基础

§ 2.1 概 述

进行地基基础设计时，必须根据建筑物的用途和设计等级、建筑布置和上部结构类型，充分考虑建筑场地和地基岩土条件，结合施工条件以及工期、造价等各方面的要求，合理选择地基基础方案。常见的地基基础方案有：天然地基或人工地基上的浅基础、深基础、深浅结合的基础（如桩-筏、桩-箱基础等）。上述每种方案中各有多种基础类型和做法，可以根据实际情况加以选择。一般而言，天然地基上的浅基础便于施工、工期短、造价低，如能满足地基的强度和变形要求，宜优先选用。

本章主要讨论天然地基上浅基础的设计原理和计算方法，这些原理和方法也基本适用于人工地基上的浅基础。

2.1.1 浅基础设计内容

天然地基上浅基础的设计，包括下列各项内容：

- (1) 选择基础的材料、类型，进行基础平面布置；
- (2) 确定地基持力层和基础埋置深度；
- (3) 确定地基承载力；
- (4) 确定基础的底面尺寸，必要时进行地基变形与稳定性验算；
- (5) 进行基础结构设计（对基础进行内力分析、截面计算并满足构造要求）；
- (6) 绘制基础施工图，提出施工说明。

设计浅基础时要充分掌握拟建场地的工程地质条件和地基勘察资料，例如：不良地质现象和发震断层的存在及其危害性、地基土层分布的不均匀性和软弱下卧层情况、各层土的类别及其工程特性指标。地基勘察的详细程度应与地基基础设计等级（表 2-1）和场地的工程地质条件相适应。

在仔细研究地基勘察资料的基础上，结合考虑上部结构的类型、荷载的性质及大小和分布、建筑布置和使用要求以及拟建基础对周围环境的影响，即可选择基础类型和进行基础平面布置，并确定地基持力层和基础埋置深度。

上述浅基础设计的各项内容是互相关联的。设计时可按上述顺序逐项进行设计与计算，如发现前面的选择不妥，则须修改设计，直至各项计算均符合要求且

各数据前后一致为止。对规模较大的基础工程, 还宜对若干可能的方案作出技术经济比较, 然后择优采用。

如果地基软弱, 为了减轻不均匀沉降的危害, 在进行基础设计的同时, 尚需从整体上对建筑设计和结构设计采取相应的措施, 并对施工提出具体 (或特殊) 要求 (见 2.8 节)。

2.1.2 浅基础设计方法

在工程设计中, 通常把上部结构、基础和地基三者分离开来, 分别对三者进行计算。以图 2-1 (a) 中柱下条形基础上的框架结构设计为例: 先视框架柱底端为固定支座, 将框架分离出来, 然后按图 2-1 (b) 所示的计算简图计算荷载作用下的框架内力。再把求得的柱脚支座反力作为基础荷载反方向作用于条形基础上 (图 2-1c), 并按直线分布假设计算基底反力 (式 2-17), 这样就可以求得基础的截面内力。进行地基计算时, 则将基底压力 (与基底反力大小相等、方向相反) 施加于地基上 (图 2-1d), 并作为柔性荷载 (不考虑基础刚度) 来验算地基承载力和地基沉降。

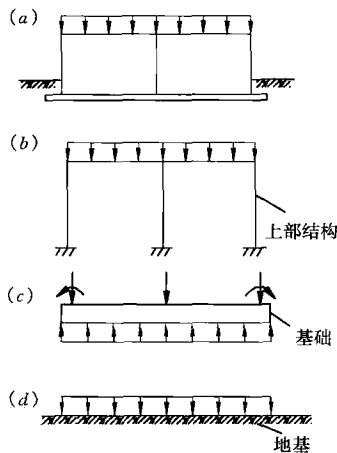


图 2-1 常规设计法计算简图

上述设计方法可称之为常规设计法。这种设计方法虽然满足了静力平衡条件, 但却忽略了地基、基础和上部结构三者之间受荷前后的变形连续性。事实上, 地基、基础和上部结构三者是相互联系成整体来承担荷载而发生变形的, 它们原来互相连接或接触的部位, 在受荷后一般仍然保持连接或接触, 即墙柱底端的位移、该处基础的变位和地基表面的沉降应相一致, 满足变形协调条件。显然, 地基越软弱, 按常规方法计算的结果与实际情况的差别就越大。

由此可见, 合理的分析方法, 原则上应该以地基、基础、上部结构之间必须同时满足静力平衡和变形协调两个条件为前提。只有这样, 才能揭示它们在外荷载作用下相互制约、彼此影响的内在联系, 从而达到安全、经济的设计目的。鉴于这种从整体上进行相互作用分析难度较大, 于是对于一般的基础设计仍然采用常规设计法, 而对于复杂的或大型的基础, 则宜在常规设计的基础上, 区别情况, 采用目前可行的方法考虑地基-基础-上部结构的相互作用 (见第 3 章)。

常规设计法在满足下列条件时可认为是可行的:

(1) 地基沉降较小或较均匀。若地基不均匀沉降较大, 就会在上部结构中引起很大的附加内力, 导致结构设计不安全。

(2) 基础刚度较大。基底反力一般并非呈直线分布, 它与土的类别及性质、