



21世纪全国本科院校土木建筑类**创新型**应用人才培养规划教材

基础工程

主 编 曹 云

赠送电子课件

- 采用最新建筑地基基础设计规范及建筑桩基技术规范
- 介绍国内外基础工程设计及施工领域的新技术、新工艺、新经验
- 讲清基本概念、讲透基本计算、教好基本构造、方便教学和自学



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材

基 础 工 程

主 编 曹 云
副主编 孟云梅 贾彩虹

 北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书系统阐述了基础工程的基本理论和实用设计方法,同时也介绍了较多国内外基础工程的新技术、新工艺、新经验。全书主要内容包括绪论、地基基础的设计原则、浅基础、连续基础、桩基础、基坑工程、地基处理、特殊土地基、地基基础抗震。本书在编写过程中,参照了最新《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)等相关规范规程。

本书考虑了教学和工程设计的实用性要求,并按教学大纲编写。全书内容简明扼要,重点突出。为了便于读者掌握本书所叙述的基本理论,本书每章开篇提出教学目标和教学要求,引导思路,书中还列举了大量的典型例题,章末还有小结和习题。

本书可作为大学本科土木工程专业的专业课教材,也可供土木工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/曹云主编. —北京:北京大学出版社, 2012. 12

(21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-21656-9

I. ①基… II. ①曹… III. ①地基—基础(工程)—高等学校—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 281863 号

书 名: 基础工程

著作责任者: 曹 云 主编

策 划 编 辑: 卢 东 王红樱

责 任 编 辑: 伍大维

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21656-9/TU·0294

出 版 发 行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京富生印刷厂

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 530 千字

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

定 价: 43.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

基础工程涉及范围广泛,包括工程地质学、土力学、地基基础的设计与施工等很多方面。加之我国幅员辽阔、地理条件和土质差别很大,使得基础工程这门工程技术更加复杂。考虑到这些特点,本书编写时力求尽量多地搜集各方面的资料,较系统地介绍基础工程方面的基本理论、实用设计方法和施工要点。另外,随着我国现代化建设的需要以及科学的发展和技术进步,在基础工程领域取得了许多新的成就,在设计和施工领域也涌现出许多新概念、新方法、新技术。本书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,本书编者依据最新《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)等相关规范规程,根据多年的教学实践和设计施工方面的经验,按照教学大纲的要求,本着“讲清基本概念、讲透基本计算、教好基本构造、方便教学和自学”的原则编写。

本书编写充分考虑了本科阶段的教学要求,着重讲解基本原理和基本方法,既不包罗万象,也不拘泥于细节,力求深入浅出,与相关工程技术规范的精神保持一致,取材方面以建筑工程为主,同时兼顾水利、交通、铁道等方面的基础工程问题。

本书由南京工程学院建筑工程学院编写,具体分工如下:绪论、第1章、第2章、第3章、第8章由曹云负责编写;第4章、第5章由贾彩虹负责编写;第6章、第7章由孟云梅负责编写。全书由曹云担任主编,负责统稿。

由于编者水平有限,本书难免存在不足和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编者

2012年10月

目 录

绪论	1	2.2 基础埋置深度的选择	44
习题	6	2.2.1 与建筑物有关的条件	44
第1章 地基基础的设计原则	7	2.2.2 工程地质条件	45
1.1 概述	8	2.2.3 水文地质条件	46
1.1.1 基础工程设计的目的	8	2.2.4 相邻建筑物基础埋深的影响	46
1.1.2 基础工程设计的任务	10	2.2.5 地基冻融条件	47
1.2 设计原则	10	2.3 浅基础的地基承载力	48
1.2.1 概率极限设计法与极限状态设计原则	10	2.3.1 地基承载力的概念	48
1.2.2 地基基础设计	11	2.3.2 地基承载力特征值的确定	49
1.3 地基类型	15	2.3.3 地基变形验算	54
1.3.1 天然地基	15	2.4 基础底面尺寸的确定	57
1.3.2 人工地基	19	2.4.1 按地基持力层承载力计算基底尺寸	57
1.4 基础类型	20	2.4.2 地基软弱下卧层承载力验算	61
1.4.1 浅基础	20	2.4.3 基础和地基的稳定性验算	64
1.4.2 深基础	26	2.5 钢筋混凝土扩展基础设计	65
1.5 地基、基础与上部结构共同工作	29	2.5.1 墙下钢筋混凝土条形基础设计	65
1.5.1 地基与基础的相互作用	30	2.5.2 柱下钢筋混凝土独立基础设计	67
1.5.2 地基变形对上部结构的影响	32	2.6 联合基础设计	73
1.5.3 上部结构刚度对基础受力状况的影响	32	2.6.1 概述	73
1.5.4 地基计算模型	33	2.6.2 矩形联合基础	73
本章小结	36	2.6.3 梯形联合基础	77
习题	36	2.6.4 连梁式联合基础	78
第2章 浅基础	38	2.7 减轻不均匀沉降危害的措施	79
2.1 概述	39	2.7.1 建筑措施	79
2.1.1 无筋扩展基础的构造要求	39	2.7.2 结构措施	83
2.1.2 钢筋混凝土扩展基础的构造要求	41	2.7.3 施工措施	86
		本章小结	86
		习题	87

第3章 连续基础 90

3.1 概述	91
3.2 弹性地基上梁的分析	92
3.2.1 弹性地基上梁的挠曲 微分方程及其解答	92
3.2.2 弹性地基上梁的计算	93
3.2.3 地基上梁的柔度指数	99
3.2.4 基床系数的确定	99
3.3 柱下条形基础	103
3.3.1 柱下条形基础的构造	103
3.3.2 柱下条形基础的内力 计算	105
3.4 柱下交叉条形基础	112
3.5 筏形基础与箱形基础	117
3.5.1 筏形基础	119
3.5.2 箱形基础	122
本章小结	125
习题	125

第4章 桩基础 127

4.1 概述	128
4.1.1 桩基础的特点与应用	128
4.1.2 基本设计规定	129
4.2 桩的类型	131
4.2.1 按桩的承载性状分类	131
4.2.2 按成桩方法分类	132
4.2.3 按桩径大小分类	133
4.3 单桩竖向承载力的确定	133
4.3.1 竖向荷载下单桩的 工作性能	133
4.3.2 单桩竖向承载力特征值的 确定	138
4.3.3 桩侧负摩阻力	145
4.3.4 桩的抗拔承载力确定	149
4.4 桩的水平承载力确定	150
4.4.1 水平荷载作用下单桩的 工作性状	150
4.4.2 水平受荷桩的理论 计算	151

4.4.3 单桩水平静载试验	156
----------------------	-----

4.4.4 单桩的水平承载力特征值的 确定	158
--------------------------------	-----

4.5 桩身结构设计	160
------------------	-----

4.5.1 构造要求	160
------------------	-----

4.5.2 桩身承载力验算	161
---------------------	-----

4.6 群桩基础设计	164
------------------	-----

4.6.1 收集设计资料	164
--------------------	-----

4.6.2 桩型的选择	165
-------------------	-----

4.6.3 桩长和截面尺寸的选择	166
------------------------	-----

4.6.4 桩数的确定及桩位布置	167
------------------------	-----

4.6.5 承台设计	169
------------------	-----

4.6.6 桩基础承载力验算	176
----------------------	-----

4.6.7 桩基沉降验算	184
--------------------	-----

4.7 计算实例	189
----------------	-----

本章小结	194
------------	-----

习题	194
----------	-----

第5章 基坑工程 197

5.1 概述	198
--------------	-----

5.1.1 基坑工程概念及现状	198
-----------------------	-----

5.1.2 基坑工程的特点	199
---------------------	-----

5.1.3 基坑工程的设计原则	199
-----------------------	-----

5.1.4 基坑工程设计内容	201
----------------------	-----

5.1.5 支护结构的类型	202
---------------------	-----

5.2 支护结构的设计荷载	205
---------------------	-----

5.2.1 土、水压力的分、合算 方法及土的抗剪强度 指标类别选择规定	205
---	-----

5.2.2 土压力、水压力的计算 理论	206
------------------------------	-----

5.3 水泥土桩墙支护结构设计 计算	208
-----------------------------	-----

5.3.1 设计内容	208
------------------	-----

5.3.2 水泥土桩墙构造要求	208
-----------------------	-----

5.3.3 稳定性和强度验算	209
----------------------	-----

5.4 土钉墙支护结构设计 计算	213
---------------------------	-----

5.4.1 土钉墙的组成及设计 内容	213
-----------------------------	-----

5.4.2 土钉支护结构参数的 确定	214	6.3.5 砂井堆载预压法设计 计算	258
5.4.3 土钉的设计计算	215	6.3.6 排水固结法施工简介与 现场观测	261
5.4.4 土钉墙整体稳定性 验算	217	6.3.7 真空预压设计	263
5.5 桩墙式支护结构的设计计算	219	6.3.8 真空-堆载联合预压 设计	265
5.5.1 概述	219	6.4 水泥土搅拌法	266
5.5.2 桩墙式支护结构的构造 要求	221	6.4.1 概述	266
5.5.3 嵌固深度和桩(墙)内力 计算	222	6.4.2 水泥土形成的机理及 其性质	267
5.5.4 内支撑系统设计计算	229	6.4.3 水泥土搅拌桩复合地基的 设计计算	270
5.5.5 锚杆设计	232	6.4.4 水泥土搅拌桩的施工与 质量检验	273
5.5.6 稳定性验算	236	6.5 高压喷射注浆法	275
5.6 地下水控制	238	6.5.1 基本原理与喷射浆 的类型	275
5.6.1 截水	238	6.5.2 喷射注浆的应用设计	277
5.6.2 集水明排法	238	6.5.3 高压喷射注浆的施工与 质量检验	278
5.6.3 降水法	239	6.6 强夯法与强夯置换法	279
5.6.4 回灌	240	6.6.1 强夯法的加固机理	280
本章小结	240	6.6.2 强夯设计	281
习题	240	6.7 振冲法	283
第 6 章 地基处理	243	6.7.1 振冲密实	283
6.1 概述	244	6.7.2 振冲置换	285
6.1.1 软土地基的利用与 处理	244	6.7.3 工程应用的条件	287
6.1.2 地基处理的土类特性	244	6.8 托换技术	287
6.1.3 常用地基处理方法 分类	245	6.8.1 基础托换	288
6.2 换填垫层法	246	6.8.2 建筑物纠偏	289
6.2.1 垫层的主要作用	247	本章小结	290
6.2.2 垫层设计	247	习题	290
6.2.3 垫层的材料选择	249	第 7 章 特殊土地基	293
6.3 排水固结法	251	7.1 软土地基	294
6.3.1 排水固结法原理与 应用	252	7.1.1 软土成因类型及分布	294
6.3.2 地基固结度计算	254	7.1.2 软土的工程特性及 评价	295
6.3.3 考虑井阻作用的固结度 计算	256	7.1.3 软土地基的工程措施	297
6.3.4 土体固结抗剪强度增减 计算	257	7.2 湿陷性黄土地基	299



7.2.1 黄土的特征和分布	299	7.7.3 盐渍土地基的溶陷性、 盐胀性和腐蚀性	324
7.2.2 影响黄土地基湿陷性的 主要因素	300	7.7.4 盐渍土的工程评价及 防护措施	325
7.2.3 湿陷性黄土地基的 评价	301	本章小结	326
7.2.4 湿陷性黄土地基的工程 措施	305	习题	326
7.3 膨胀土地基	306	第8章 地基基础抗震	328
7.3.1 膨胀土的特点	306	8.1 概述	329
7.3.2 膨胀土地基的评价	308	8.1.1 地震的概念	329
7.3.3 膨胀土地基的工程 措施	311	8.1.2 震级与烈度	329
7.4 红黏土地基	312	8.2 地基基础的震害现象	330
7.4.1 红黏土的形成与分布	312	8.2.1 地震的震害	331
7.4.2 红黏土的工程特性	313	8.2.2 建筑基础的震害	333
7.4.3 红黏土地区的岩溶和 土洞	313	8.3 地基基础抗震设计	334
7.4.4 红黏土地基的评价	314	8.3.1 抗震设计的任务	334
7.4.5 红黏土地基的工程 措施	315	8.3.2 抗震设计的目标和 方法	335
7.5 山区地基	315	8.3.3 场地选择	336
7.5.1 土岩组合地基	315	8.3.4 地基基础方案选择	339
7.5.2 岩溶	316	8.3.5 天然地基承载力验算	340
7.5.3 土洞地基	317	8.3.6 桩基承载力验算	341
7.6 冻土地基	319	8.4 液化判别与抗震措施	343
7.6.1 冻土的物理和力学 性质	319	8.4.1 液化判别和危险性估计 方法	343
7.6.2 冻土的融陷性分级	321	8.4.2 地基的抗液化措施及 选择	346
7.6.3 冻土岩土工程地质评价与 地基处理	323	8.4.3 对于液化侧向扩展产生 危害的考虑	348
7.7 盐渍土地基	323	本章小结	348
7.7.1 盐渍土的形成和分布	323	习题	349
7.7.2 盐渍土的工程特征	324	参考文献	351

绪 论

1. 基础工程的研究内容

任何建筑物都建造在一定的地层(土层或岩层)上,因此,建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担。通常把直接承受建筑物荷载影响的地层称为地基;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以解决工程问题。”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。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,作为工程载体研究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。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的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。当上部结构荷载和自重不大,地基未加处理就可满足设计要求的称为天然地基;如果地基软弱,其承载力不能满足设计要求,需对其进行加固处理(例如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、加筋土技术等方法进行处理),则称为人工地基。

基础工程是研究基础或包含基础的地下结构设计与施工的一门科学,也称为基础工程学。基础工程既是结构工程中的一部分,又是独立的地基基础工程。基础设计与施工也就是地基基础设计与施工。其设计必须满足三个基本条件:①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挡土墙、边坡以及地基基础保证具有足够防止失稳破坏的安全储备。荷载作用下,地基、基础和上部结构三部分彼此联系、相互制约。设计时应根据地质勘察资料,综合考虑地基-基础-上部结构的相互作用与施工条件,进行经济技术比较,选取安全可靠、经济合理、技术先进和施工简便的地基基础方案。

基础工程勘察、设计和施工质量的好坏将直接影响建筑物的安危、经济和正常使用。基础工程施工常在地下或水下进行,往往需挡土、挡水,施工难度大,在一般高层建筑中,其造价约占总造价的25%,工期约占总工期的25%~30%。若需采用深基础或人工地基,其造价和工期所占比例将更大。此外,基础工程为隐蔽工程,一旦失事,损失巨大,补救十分困难,因此其在土木工程中具有十分重要的作用。

随着大型、重型、高层建筑和大跨径桥梁等的日益增多,在基础工程设计与施工方面积累了不少成功的经验和工程典范,如广州白云宾馆(图 0.1),主楼建筑总高度 114.05m,平面尺寸为 18m×70m,共 33 层,总重近 1×10^6 kN,建筑于一丘陵地带,上部系残积、坡积的覆盖土,土层呈褐色或红褐色,可塑粉质黏土,总厚度变化为 10~27.75m 之间,其下埋藏着第三纪砂岩与砾岩的交互成层土,基岩起伏面较大,考虑到土层的倾斜分布并考虑抗震的要求,基础采用 287 根直径 1m 的灌注桩,桩嵌入基岩 0.5~1.0m,最长桩 17.25m,单桩荷载试验容许承载力为 4500kN,建成时沉降量仅为 4mm,目前建筑物使用情况良好。

然而,也有不少失败的教训。例如 1913 年建造的加拿大特朗斯康谷仓(图 0.2),由 65 个圆柱形筒仓组成,高 31m,宽 23.5m,采用了筏板基础,因事先不了解基底有厚达 16m 的软黏土层,建成后储存谷物时,基底压力(320kPa)超出地基极限承载力,使谷仓西侧突然陷入土中 8.8m,东侧抬高 1.5m,仓身整体倾斜 $26^\circ 53'$,地基发生整体滑动而丧失稳定性。因谷仓整体性很强,筒仓完好无损。事后在筒仓下增设 70 多个支承于基岩上的混凝土墩,用 388 个 50t 的千斤顶将其逐步纠正,但标高比原来降低了 4m。



图 0.1 广州白云宾馆

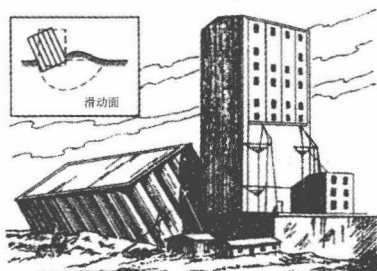


图 0.2 加拿大特朗斯康谷仓的地基破坏情况

世界著名的意大利比萨斜塔(图 0.3),1173 年动工,高 54.5m,中间经历过建至 24m 时,因为塔出现倾斜而停工近百年的情况,后于 1370 年竣工。分析倾斜原因,主要是因为地基持力层为粉砂,下面为粉土和黏土层,压缩土层分布不均匀,强度较低,加上塔基的基础深度不够,塔身用重达 1.42×10^4 t 的白色大理石砌筑,从而导致比萨斜塔逐步向南倾斜,塔顶离开垂直线的水平距离曾达 5.27m。从 1902 年起,世界上曾多次发起拯救比萨斜塔的国际运动,如进行原因调查、提出地基处理方案等。1990 年该塔被封闭,2001 年 12 月 15 日重新向游人开放。经过 11 年的拯救维修比萨斜塔被扳“正”0.44m,目前还倾斜 4.5m,基本恢复到 18 世纪末的水平。

墨西哥市艺术宫(图 0.4)于 1904 年落成,至今已有 100 多年的历史。当地表层为人工填土与砂夹卵石硬壳层,厚度为 5m,其下为超高压缩性淤泥,天然孔隙比高达 7~12,天然含水量高达 150%~600%,为世界罕见的软弱土,层厚达 25m。因此,这座艺术宫建成后严重下沉,沉降量竟高达 4m,临近的公路下沉 2m,公路路面至艺术宫门前高差达 2m。参观者需步下 9 级台阶,才能从公路进入艺术宫。过大的沉降造成室内外连接困难和交通不便,内外网管道修理工程量增加。这是地基沉降最严重的典型实例。

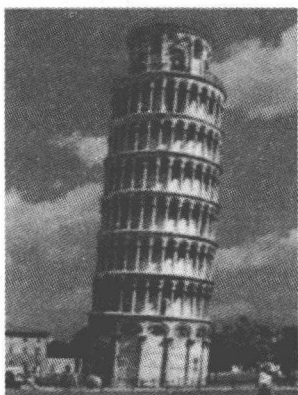


图 0.3 比萨斜塔



图 0.4 墨西哥市艺术宫

上海工业展览馆(图 0.5)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,基础埋深为 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。



图 0.5 上海工业展览馆

武汉市汉口建设大道的一处 18 层高楼,1995 年 1 月开始兴建,采用夯扩桩基。同年 9 月 15 日 18 层封顶,12 月 2 日深夜至次日凌晨突然发生过量整体倾斜,由西南倾向东北。主要原因是工程桩端未进入坚实持力层,加上桩身周围软土对桩侧向约束极小,另外一些断桩接桩质量不能保证,从而导致桩基整体失稳,并无法补救,不得不于 12 月 26 日将整幢危楼控制爆破拆除,损失巨大。

大量事故充分表明,基础工程必须慎重对待。只有深入地了解地基情况,掌握勘察资料,经过精心设计与施工,才能保证基础工程经济合理,安全可靠。

2. 基础工程学科发展概况

基础工程学是一门古老的工程技术和年轻的应用科学。远在古代人类就创造了自己的地基基础工艺。如我国都江堰水利工程、举世闻名的万里长城、隋朝南北大运河、黄河大堤以及许许多多遍及全国各地的宏伟壮丽的宫殿寺院、巍然挺立的高塔等,都因地基牢固,虽经历了无数次强震强风仍安然无恙。例如,1300 多年前隋代工匠李春主持修建的赵州安济石拱桥(图 0.6),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。在地基加固方面,我国古代也已有广泛运用,如秦代修筑驰道时采用的“隐以金椎”(《汉书》)路基压实方法;至今常用的石灰桩,灰土、瓦渣垫层和水撼砂垫层等古老的传统地基处理方法。我国木桩基础更是源远流长。如在钱塘江南岸发现的河姆渡文化遗址中,7000年前打入沼泽地的木桩世所罕见;《水经注》记载的今山西汾水上建成的三十墩柱木柱梁桥(公元前532年),以及秦代的渭桥(《三辅黄图》)等也都为木桩基础;再如郑州隋朝超化寺打入淤泥的塔基本桩(《法苑珠林》)、杭州湾五代大海塘工程木桩等都是我国古代桩基技术应用的典范。由于当时生产力发展水平所限,所以未能提炼成系统的科学理论。



图 0.6 赵州安济石拱桥

作为本学科理论基础的土力学始于18世纪兴起工业革命的欧洲。大规模的城市建设和水利、铁路的兴建面临着许多与土相关的问题,促进了土力学理论的产生和发展。1773年,法国库仑(Coulomb)根据试验提出了著名的砂土抗剪强度公式,创立了计算挡土墙土压力的滑楔理论。1869年,英国朗肯(Rankine)从另一途径提出了挡土墙的土压力理论,有力地促进了土体强度理论的发展。此外,1885年,法国布辛奈斯克(Boussinesq)提出弹性半空间表面作用竖向集中力的应力和变形的理论解答;1922年,瑞典费兰纽斯(Fellenius)提出土坡稳定分析法等。这些古典的理论和方法,至今仍不失其理论意义和实用价值。

通过许多学者的不懈努力和经验积累,1925年,美国太沙基(Terzaghi)在归纳发展已有成就的基础上,出版了第一本土力学专著,较系统完整地论述了土力学与基础工程的基本理论和方法,促进了该学科的高速发展。1936年国际土力学与基础工程学会成立,并举行了第一次国际学术会议,从此土力学与基础工程作为一门独立的现代科学而取得不断进展。许多国家和地区也都定期地开展各类学术活动,交流和总结本学科新的研究成果和实践经验,出版各类土力学与基础工程刊物,有力地推动了本学科的发展。

新中国成立后,大规模的社会主义经济事业的飞跃发展,也促进了我国基础工程学科的迅速发展。我国在各种桥梁、水利及建筑工程中成功地处理了许多大型和复杂的基础工程,取得了辉煌的成就。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;长江上建成的十余座长江大桥(武汉、南京等地)及其他巨大

工程中,采用管柱基础、气筒浮运沉井、组合式沉井、各种结构类型的单壁和双壁钢围堰及大直径扩底墩等一系列深基础和深水基础,成功地解决了水深流急、地质复杂的基础工程问题;上海钢铁总厂以及全国许许多多高层建筑的建成,都为土力学与基础工程的理论和实践积累了丰富的经验;而三峡工程和小浪底工程的基础处理,将我国基础工程的设计、施工、检测提高到一个新的水平。自1962年以来,我国先后召开了十一届全国土力学与基础工程会议,并建立了许多地基基础研究机构、施工队伍和土工实验室,培养了大批地基基础专业人才。不少学者对基础工程的理论和实践作出了重大贡献,受到了国际岩土界的重视。

近年来,我国在工程地质勘察、室内及现场土工试验、地基处理、新设备、新材料、新工艺的研究和应用方面,取得了很大的进展。例如,静力和动力触探仪、现场孔隙水压力仪、测斜仪、土体内部和建筑结构内部以及界面上的应力应变传感器等新的试验仪器日益增多,且开始采用近代物理技术测定土的物理性质等。在地基处理方面,深层搅拌、高压旋喷、真空预压、强夯以及各种土工合成材料等在土建、水利、桥隧、道路、港口、海洋等有关工程中得到了广泛应用,并取得了较好的经济技术效果。随着电子技术及各种数值计算方法对各学科的逐步渗透,土力学与基础工程的各个领域都发生了深刻的变化,许多复杂的工程问题得到了相应的解决,试验技术也日益提高。在大量理论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等也相继问世并日臻完善,为我国基础工程设计 with 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。我们相信,随着我国社会主义建设的向前发展,对基础工程要求的日益提高,我国土力学与基础工程学科,也必将得到新的更大的发展。

3. 本课程的特点和学习要求

本课程是土木工程专业的一门主干课程,是专门研究建造在岩土地层上的建筑物基础及有关结构物的设计与建造技术的工程学科,是岩土工程学的重要组成部分。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、理论性和实践性很强,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以及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,由于自然地理环境的不同,分布着各种各样的土类。某些土类作为地基(如湿陷性黄土、软土、膨胀土、红黏土、冻土以及山区地基等)具有其特殊性质而必须针对其特性采取适当的工程措施。因此,地基基础问题具有明显的区域性特征。此外,天然地层的性质和分布也因地而异,且在较小范围内可能变化很大。故基础工程的设计,除需要丰富的理论知识外,还需要有较多的工程实践知识,并通过勘察和测试取得可靠的有关土层分布及其物理力学性质指标的资料。因此,学习时应注意理论联系实际,通过各个教学环节,紧密结合工程实践,提高理论认识,增强处理地基基础问题的能力。

基础工程的设计和施工必须遵循法定的规范、规程，而不同行业又有不同的专门规范，且各行业间不尽平衡。作为土木工程专业，涉及住建部、交通部、铁道部等部门，国标也尚未完全统一，故本课程所涉及的规范、规程比较多。因此，建议在课堂上讲授和理论学习阶段以学科知识体系为主，弄清基础工程设计和施工中的主要内容和基本方法；而在课程设计中，根据不同专业方向，使用各自的行业规范，进行具体工程的设计实践训练。

本课程与材料力学、结构力学、弹性理论、建筑材料、建筑结构及工程地质等有着密切的关系，本书在涉及这些学科的有关内容时仅引述其结论，要求理解其意义及应用条件，而不把注意力放在公式的推导上。此外，基础工程几乎找不到完全相同的实例，在处理基础工程问题时，必须运用本课程的基本原理，深入调查研究，针对不同情况进行具体分析。因此，在学习时必须注意理论联系实际，才能提高分析问题和解决问题的能力。

习 题

思考题

- (1) 简述地基和基础的概念。
- (2) 简述浅基础和深基础、天然地基和人工地基的概念。
- (3) 简述基础工程学科的发展历史。
- (4) 试述基础工程的课程特点和学习要求。

第1章

地基基础的设计原则

教学目标

主要讲述基础工程的设计目的和任务、地基基础设计原则、地基类型、基础类型以及地基基础与上部结构共同工作。通过本章的学习，应达到以下目标：

- (1) 掌握基础工程设计的目的、任务、设计原则和基本规定；
- (2) 熟悉常见地基类型及其特点；
- (3) 熟悉各种类型的浅基础与深基础及其适用范围；
- (4) 了解地基-基础-上部结构共同工作的概念。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
地基基础设计原则	(1) 掌握基础工程设计的目的和任务 (2) 掌握两种极限状态设计原则 (3) 掌握地基基础设计的内容和步骤 (4) 掌握地基基础设计原则和基本规定	(1) 安全等级 (2) 结构效应分析 (3) 承载能力极限状态 (4) 正常使用极限状态 (5) 地基基础设计步骤 (6) 地基基础设计等级 (7) 地基基础设计基本规定
地基类型	(1) 熟悉土质地基 (2) 熟悉岩石地基 (3) 熟悉特殊土地基 (4) 熟悉人工地基	(1) 碎石土、砂土、粉土、黏性土地基 (2) 岩石地基 (3) 湿限性黄土地基 (4) 膨胀土地基 (5) 冻土地基 (6) 红黏土地基 (7) 人工地基 (8) 复合地基
基础类型	(1) 熟悉无筋扩展基础 (2) 熟悉钢筋混凝土扩展基础 (3) 熟悉联合基础 (4) 熟悉柱下条形基础 (5) 熟悉柱下交叉条形基础 (6) 了解筏形基础 (7) 了解箱形基础 (8) 熟悉桩基础 (9) 了解沉井和沉箱基础 (10) 了解地下连续墙深基础	(1) 无筋扩展基础 (2) 墙下钢筋混凝土条形基础 (3) 柱下钢筋混凝土独立基础 (4) 联合基础 (5) 柱下条形基础 (6) 柱下交叉条形基础 (7) 筏形基础 (8) 箱形基础 (9) 桩基础 (10) 沉井和沉箱基础 (11) 地下连续墙深基础
地基、基础与上部结构共同工作	(1) 了解地基与基础的相互作用 (2) 熟悉文克尔地基模型 (3) 熟悉弹性半空间地基模型 (4) 熟悉有限压缩层地基模型	(1) 地基与基础的相互作用 (2) 文克尔地基模型 (3) 弹性半空间地基模型 (4) 有限压缩层地基模型

基本概念

基础、天然地基、人工地基、浅基础、深基础、地基模型。

引例

“万丈高楼平地起”，地基与基础是建筑物的根基，同属于地下隐蔽工程，它的勘察、设计和施工质量，直接关系到建筑物的安危。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，充分考虑建筑物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。地基基础的设计原则是根据设计基本规定对地基承载力、沉降变形、稳定性进行计算，以满足相关规定。支承建筑物的地基分为天然地基和经过人工处理的人工地基；基础一般按埋置深度分为浅基础与深基础，基础选型应保证其沉降变形、传力路线与上部结构相适应，并经过两种以上基础形式比选后确定。

一般的基础设计可以采用常规设计法，如柱下条形基础和独立基础，因为便于施工、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。而对于复杂的或大型的基础，应该考虑地基-基础-上部结构共同工作，在三者相互作用分析中，选择合理的地基模型是最为重要的。

1.1 概 述

基础是连接工业与民用建筑上部结构或桥梁墩台与地基之间的过渡结构。它的作用是将上部结构承受的各种荷载安全传递至地基，并使地基在建筑物允许的沉降变形值内正常工作，从而保证建筑物的正常使用。因此，基础工程的设计必须根据上部结构传力体系的特点、建筑物对地下空间使用功能的要求、地基土质的物理力学性质，结合施工设备能力，考虑经济造价等各方面要求，合理选择地基基础设计方案。

进行基础工程设计时，应将地基、基础视为一个整体，在基础底面处满足变形协调条件及静力平衡条件(基础底面的压力分布与地基反力大小相等，方向相反)。作为支撑建筑物的地基如为天然状态则为天然地基，若经过人工处理则为人工地基。基础一般按埋置深度分为浅基础与深基础。荷载相对传至浅部受力层，采用普通基坑开挖和敞坑排水施工方法的浅埋基础称为浅基础，如砖混结构的墙下条形基础、柱下独立基础、柱下条形基础、十字交叉基础、筏形基础以及高层结构的箱形基础等。采用较复杂的施工方法，埋置于深层地基中的基础称为深基础，如桩基础、沉井基础、地下连续墙深基础等。本章将介绍各种地基类型、基础类型及基础工程设计的有关基本原则。

1.1.1 基础工程设计的目的

土木工程结构设计时，应根据结构破坏可能产生的后果(危及人的生命，造成经济损失，产生社会影响等)的严重性，采用不同的安全等级。建筑工程结构的安全等级见表 1-1；公路工程结构的安全等级见表 1-2；基坑侧壁的安全等级见表 1-3。

表 1-1 建筑工程结构的安全等级

安全等级	破坏后果	建筑物类型
一级	很严重	重要的建筑
二级	严重	一般的建筑
三级	不严重	次要的建筑

注：① 对特殊的建筑物其安全等级应根据具体情况另行确定。

② 地基基础设计等级应按抗震要求设计安全等级，尚应符合有关规范规定。

表 1-2 公路工程结构的设计安全等级

安全等级	路面结构	桥涵结构
一级	高速公路路面	特大桥、重要大桥
二级	一级公路路面	大桥、中桥、重要小桥
三级	二级公路路面	小桥、涵洞

注：有特殊要求的公路工程结构，其安全等级可根据具体情况另行规定。

表 1-3 基坑侧壁的安全等级

安全等级	破坏后果
一级	支护结构破坏，土体失稳或过大变形对基坑周边环境及地下工程结构施工影响很严重
二级	一般
三级	不严重

注：有特殊要求的建筑基坑侧壁安全等级可根据具体情况另行确定。

同时，在设计规定的期限内，结构或结构构件只需进行正常的维护(不需大修)即可按其预定目的使用。此期限为结构的设计使用年限，见表 1-4。

表 1-4 设计使用年限分类

类别	设计使用年限(年)	举例
1	1~5	临时性结构
2	25	易于替换的结构构件
3	50	普通房屋和构筑物
4	100	纪念性建筑和特别重要的建筑结构

当根据具体的地基基础设计等级，设计使用年限分类时，首先应根据结构在施工和使用中的环境条件和影响，区分下列 3 种设计状况。