



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材



“十三五”江苏省高等学校重点教材

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

土力学与地基基础

Civil Engineering

朱建群 李明东 主编
卢廷浩 主审

中国建筑工业出版社

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
“十三五”江苏省高等学校重点教材（编号：2016-2-034）
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

土力学与地基基础

朱建群 李明东 主编
卢廷浩 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土力学与地基基础/朱建群, 李明东主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2016. 12
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材
ISBN 978-7-112-20230-0

I. ①土… II. ①朱… ②李… III. ①土力学-高等学
校-教材②地基-基础 (工程)-高等学校-教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 004295 号

本书系根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》而编写。本书较系统地介绍了土木建设工程中土力学和地基基础的基本原理和分析计算方法, 其内容包括绪论、土的物理性质及工程分类、土的渗透性和渗透问题、土中应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力与边坡稳定性、建筑地基、浅基础、桩基础和基坑工程。本书强调土力学与地基基础间的相互融合, 即土力学是为了解决工程建设中与土相关工程问题的理论, 而地基与基础则是土力学理论的运用和实践背景。

为强调本书的实用性, 每章均有较全面的例题、思考与练习题, 且均按最新规范进行编写。为便于学习, 每章章首均有本章要点及学习目标, 内容由浅入深, 思路明确, 重点突出。本书可作为普通高等学校土木工程及相关专业的教学用书, 也可供土建工程技术人员参考使用。

为更好地支持本课程的教学, 本书作者制作了多媒体教学课件, 有需要的读者可以发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

责任编辑: 仕 帅 吉万旺 王 跃

责任设计: 韩蒙恩

责任校对: 焦 乐 张 颖

住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
“十三五”江苏省高等学校重点教材 (编号: 2016-2-034)
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

土力学与地基基础

朱建群 李明东 主编

卢廷浩 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21 字数: 521 千字

2017 年 7 月第一版 2017 年 7 月第一次印刷

定价: 42.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-20230-0

(29716)

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)

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

编委会成员名单

(按姓氏笔画排序)

顾 问：吕恒林 刘伟庆 吴 刚 金丰年 高玉峰

主 任 委 员：李文虎 沈元勤

副主任委员：华 渊 宗 兰 荀 勇 姜 慧 高延伟

委 员：于清泉 王 跃 王振波 包 华 吉万旺

朱平华 张 华 张三柱 陈 蓓 宣卫红

耿 欧 郭献芳 董 云 裴星洙

出版说明

近年来,我国高等教育教学改革不断深入,高校招生人数逐年增加,对教材的实用性和质量要求越来越高,对教材的品种和数量的需求不断扩大。随着我国建设行业的大发展、大繁荣,高等学校土木工程专业教育也得到迅猛发展。江苏省作为我国土木建筑大省、教育大省,无论是开设土木工程专业的高校数量还是人才培养质量,均走在了全国前列。江苏省各高校土木工程专业教育蓬勃发展,涌现出了许多具有鲜明特色的应用型人才培养模式,为培养适应社会需求的合格土木工程专业人才发挥了引领作用。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会(以下简称江苏分会)是经中国土木工程学会教育工作委员会批准成立的,其宗旨是为了加强江苏省具有土木工程专业的高等院校之间的交流与合作,提高土木工程专业人才培养质量,促进江苏省建设事业的蓬勃发展。中国建筑工业出版社是住房和城乡建设部直属出版单位,是专门从事住房城乡建设领域的科技专著、教材、标准规范、职业资格考试用书等的专业科技出版社。作为本套教材出版的组织单位,在教材编审委员会人员组成、教材主参编确定、编写大纲审定、编写要求拟定、计划出版时间以及教材特色体现和出版后的营销宣传等方面都做了精心组织和协调,体现出了其强有力的组织协调能力。

经过反复研讨,《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》定位为以普通应用型本科人才培养为主的院校通用课程教材。本套教材主要体现适用性,充分考虑各学校土木工程专业课程开设特点,选择20种专业基础课、专业课组织编写相应教材。本套教材主要特点为:抓住应用型人才培养的主线;编写中采用先引入工程背景再引入知识,在教材中插入工程案例等灵活多样的方式;尽量多用图、表说明,减少篇幅;编写风格统一;体现绿色、节能、环保的理念;注重学生实践能力的培养。同时,本套教材编写过程中既考虑了江苏的地域特色,又兼顾全国,教材出版后力求能满足全国各应用型高校的教学需求。为满足多媒体教学需要,我们要求所有教材在出版时均配有多媒体教学课件。

本套《高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材》是中国建筑工业出版社成套出版区域特色教材的首次尝试,对行业人才培养具有非常重要的意义。今年正值我国“十三五”规划的开局之年,本套教材有幸整体入选《住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材》。我们也期待能够利用本套教材策划出版的成功经验,在其他专业、其他地区组织出版体现区域特色的教材。

希望各学校积极选用本套教材,也欢迎广大读者在使用本套教材过程中提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版时得以改进和完善。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会

中国建筑工业出版社

2016年12月

前 言

土力学与地基基础是我国高等学校土木工程专业的重要专业基础课，理论与实践的结合性强是本课程最为突出的特点。本书定位于应用型高等学校的培养目标，在高等学校土木工程本科指导性专业规范的框架内，突出教材知识点的理论性和实际运用的可行性。

近年来，土力学与地基基础学科发展迅速，教材也呈现出百花齐放的势态。本教材的编写，一方面是基于新技术、新方法带来国家标准和行业规范的不断更新，在地基勘察及基础设计等方面出现了新要求和新内容；另一方面是基于应用型人才培养过程中调整了学时分布，加强了实践教学环节，要求部分知识点突出实用性。为使本教材成为土木工程专业方向的工具书，内容远超出了课程理论课时所对应的要求。编写过程中，编著者听取了部分优秀教师、专家和现场工程师的意见和建议，汲取了他们多年的教学改革和实践经验，参考了近年来出版的优秀教材和文献资料，重点突出了知识点的基础性和系统性，并力求做到叙述简明、文字简练、语言流畅。

本书采用法定的计量单位，所涉及相关规范均采用当前的最新规范。为便于学习，每章章首设置了本章要点及学习目标，章末设有本章小结、思考与练习题。

全书共 11 章，第 1、6、7 章由常州工学院朱建群编写，第 1、8、9 章由淮海工学院李明东编写，第 2 章由常州工学院施维成编写，第 3 章由南京工程学院金华编写，第 4 章由淮海工学院张振东编写，第 5 章由盐城工学院徐桂中编写，第 10 章由淮海工学院赵晓晴编写，第 11 章由合肥学院刘金龙编写。全书由朱建群和李明东完成统稿和修订工作。

本书由河海大学卢廷浩教授主审，朱建群、李明东担任主编，赵晓晴担任副主编。

由于水平有限，书中难免有不当或疏漏之处，恳请同行、专家和各位读者不吝指正。

目 录

第 1 章 绪论 1

本章要点及学习目标 1

1.1 土、地基与基础 1

1.1.1 认识土 1

1.1.2 地基与基础 2

1.2 土力学与地基基础的学习 内容 3

1.3 学习土力学与地基基础的必要性 和意义 4

1.3.1 地基土与基础是建筑物的基石 4

1.3.2 土力学与地基基础问题是土木工程 领域最常见的工程事故原因 4

1.4 土力学与地基基础的学习特点与 建议 6

本章小结 7

思考与练习题 8

第 2 章 土的物理性质及工程分类 9

本章要点及学习目标 9

2.1 土的三相组成及物理性质 9

2.1.1 土的三相 9

2.1.2 土的颗粒特征 12

2.2 土的三相比例指标及指标 换算 15

2.2.1 土的三相比例指标 15

2.2.2 各指标间的换算关系 18

2.3 黏性土的界限含水率 19

2.3.1 液限、塑限和缩限 19

2.3.2 塑性指数、液性指数 20

2.3.3 土的灵敏度和触变性 21

2.3.4 液限与塑限的测定 21

2.4 无黏性土的密实度 22

2.5 土的工程分类 24

2.6 土的压实性 27

2.6.1 击实试验 27

2.6.2 土的压实特性 30

2.6.3 可松性系数 31

本章小结 31

思考与练习题 32

第 3 章 土的渗透性和渗透问题 33

本章要点及学习目标 33

3.1 概述 33

3.2 毛细现象及其对工程的影响 34

3.2.1 毛细现象 34

3.2.2 毛细现象对工程的影响 35

3.3 土的渗透规律 35

3.3.1 伯努利定理 35

3.3.2 达西定律 37

3.3.3 渗透系数确定方法及其影响 因素 38

3.3.4 成层土的等效渗透系数 42

3.4 渗透力及渗透变形 43

3.4.1 渗流力 43

3.4.2 渗透变形 44

本章小结 45

思考与练习题 46

第 4 章 土中应力 47

本章要点及学习目标 47

4.1 概述 47

4.2 土体的自重应力 48

4.2.1 均质土的自重应力 48

4.2.2 成层土的自重应力 48

4.3 基底压力 49

4.3.1 基底压力分布 50

4.3.2 基底压力的简化计算 50

4.3.3 基底附加压力	52	6.2.1 一点的应力状态	104
4.4 地基附加应力	52	6.2.2 库仑定律	105
4.4.1 竖向集中力下的地基附加应力	52	6.2.3 莫尔-库仑强度理论	106
4.4.2 竖向分布荷载作用下的地基附加应力	56	6.2.4 土体是否达到破坏状态的判断	106
4.4.3 条形面积上竖向荷载作用下的地基附加应力	62	6.2.5 极限平衡状态	107
4.4.4 非均质和各向异性地基中的附加应力	68	6.3 土的抗剪强度试验	109
4.5 饱和土的有效应力原理	69	6.3.1 直接剪切试验	109
4.5.1 有效应力原理的基本概念	69	6.3.2 三轴压缩试验	110
4.5.2 土中水渗流时(一维渗流)有效应力计算	70	6.3.3 无侧限抗压强度试验	112
本章小结	72	6.3.4 十字剪切板试验	113
思考与练习题	72	6.4 孔隙压力系数	114
第5章 土的压缩性与地基沉降计算	74	6.5 土的剪切性状及抗剪强度指标的选择	117
本章要点及学习目标	74	6.5.1 土的剪切性状	117
5.1 概述	74	6.5.2 不同排水条件下的抗剪强度指标与指标的选用	119
5.2 土的压缩性及压缩指标	75	6.6 砂土的振动液化	121
5.2.1 土的压缩性	75	6.6.1 砂土液化及其工程危害	121
5.2.2 土的压缩性指标	75	6.6.2 砂土液化机理及其影响因素	122
5.3 地基最终沉降量计算	81	本章小结	123
5.3.1 分层总和法	81	思考与练习题	123
5.3.2 规范法	85	第7章 土压力及边坡稳定性	125
5.4 沉降与时间关系——土的单向固结理论	90	本章要点及学习目标	125
5.4.1 饱和土的渗透固结	90	7.1 概述	125
5.4.2 太沙基(Terzaghi)单向固结理论	91	7.1.1 挡土墙的用途及分类	125
5.5 应力历史对土的压缩性影响	97	7.1.2 土压力的种类	126
5.5.1 土的应力历史	97	7.1.3 影响土压力的因素	127
5.5.2 考虑应力历史影响的最终沉降量算法	98	7.2 静止土压力计算	127
本章小结	100	7.3 朗肯土压力理论	128
思考与练习题	101	7.3.1 基本原理	128
第6章 土的抗剪强度	103	7.3.2 朗肯主动土压力	129
本章要点及学习目标	103	7.3.3 朗肯被动土压力	130
6.1 概述	103	7.3.4 几种特殊情况下的朗肯土压力计算	131
6.2 土的抗剪强度理论	104	7.4 库仑土压力理论	134
		7.4.1 主动土压力计算	134
		7.4.2 被动土压力计算	140
		7.5 关于土压力计算的讨论	141
		7.5.1 两种土压力理论的比较	141

7.5.2 关于挡土结构物与土压力的关系	142	8.5 特殊土地基	163
7.6 土坡的稳定性	143	8.5.1 山区地基	163
7.6.1 概述	143	8.5.2 软弱地基	164
7.6.2 无黏性土坡稳定分析	144	8.5.3 液化地基	165
7.6.3 黏性土坡的圆弧条分法	145	8.5.4 土岩组合地基	168
本章小结	149	8.6 地基变形的危害和减轻措施	169
思考与练习题	150	8.6.1 地基变形的危害	169
第8章 建筑地基	151	8.6.2 建筑措施	169
本章要点及学习目标	151	8.6.3 结构措施	170
8.1 建筑地基的破坏形式	151	8.6.4 施工措施	171
8.1.1 整体剪切破坏	151	8.7 地基处理	171
8.1.2 局部剪切破坏	152	8.7.1 置换法	171
8.1.3 冲剪破坏	152	8.7.2 预压法	171
8.1.4 地基三种破坏形式对比	153	8.7.3 压实和夯实法	172
8.2 地基承载力	153	8.7.4 挤密法	173
8.2.1 地基承载力的理论解	153	8.7.5 拌合法	174
8.2.2 其他情形下极限荷载的经验公式	155	8.7.6 土工合成材料法	174
8.2.3 载荷试验方法确定地基承载力	156	8.7.7 加筋法	175
8.2.4 确定地基承载力的其他方法	157	8.7.8 复合地基	175
8.2.5 地基承载力特征值的深宽修正	159	本章小结	175
8.3 地基整体稳定性计算	160	思考与练习题	176
8.3.1 一般情况下的地基稳定性计算	160	第9章 浅基础设计	177
8.3.2 受边坡影响的地基整体稳定性	160	本章要点及学习目标	177
8.3.3 抗浮稳定性计算	161	9.1 地基基础设计的基本要求	177
8.4 建筑地基勘察成果利用	161	9.1.1 总体要求	177
8.4.1 建筑地基岩土工程勘察报告的内容	162	9.1.2 地基基础设计等级	177
8.4.2 一般建筑地基的岩土工程勘察报告成果提取	162	9.1.3 地基基础设计计算内容	177
8.4.3 浅基础设计中勘察成果核心信息及其用途	162	9.1.4 地基基础设计中作用效应和抗力限值的选取	178
8.4.4 桩基础设计中勘察成果核心信息及其用途	163	9.1.5 地基基础设计中作用组合的效应设计	178
8.4.5 基坑设计中勘察成果核心信息及其用途	163	9.2 浅基础的概念、类型和设计步骤	180
		9.2.1 基础的类型	180
		9.2.2 浅基础的类型	180
		9.2.3 浅基础的适用条件	183
		9.2.4 浅基础设计内容及步骤	183
		9.3 基础埋置深度	184
		9.3.1 确定基础埋深的基本原则	184
		9.3.2 基础埋深的影响因素	185
		9.4 基础底面尺寸的确定	186

9.4.1 承载力要求	186	10.5 单桩水平承载性能	233
9.4.2 按照持力层地基承载力要求初定 基础底面尺寸	186	10.5.1 水平荷载作用下的单桩受力 特性	233
9.4.3 按软弱下卧层承载力验算复核 基础底面尺寸	189	10.5.2 单桩水平承载力的确定	234
9.5 地基变形验算	191	10.5.3 单桩水平承载力特征值的 确定	236
9.5.1 地基变形特征	191	10.5.4 桩基在水平荷载作用下的理论 分析	237
9.5.2 地基变形要求与验算	192	10.6 群桩基础	247
9.5.3 地基变形过大的调整措施	193	10.6.1 群桩效应	247
9.6 刚性扩展基础设计	193	10.6.2 桩的布置	248
9.6.1 构造要求	194	10.6.3 桩身截面强度计算	250
9.6.2 设计计算	194	10.6.4 桩顶作用效应计算	252
9.7 扩展基础结构设计	196	10.6.5 承载力验算	252
9.7.1 构造要求	196	10.7 特殊条件下桩基竖向承载力 计算	253
9.7.2 结构计算	197	10.7.1 软弱下卧层	253
9.8 高层建筑筏形基础设计	205	10.7.2 负摩阻力	255
9.8.1 构造要求	205	10.7.3 抗拔承载力	258
9.8.2 设计计算	207	10.8 桩基变形计算	259
本章小结	211	10.8.1 桩中心距不大于6倍桩径的 桩基	259
思考与练习题	212	10.8.2 单桩、单排桩、疏桩基础	261
第10章 桩基础	213	10.8.3 软土地基减沉复合疏桩基础	264
本章要点及学习目标	213	10.9 承台设计	268
10.1 概述	213	10.9.1 承台的概念与作用	268
10.2 桩的分类和选取原则	213	10.9.2 基本要求	268
10.2.1 桩基础的基本结构形式	213	10.9.3 抗冲切计算	270
10.2.2 按材料分类	214	10.9.4 抗剪计算	273
10.2.3 按承载性能分类	214	10.9.5 抗弯计算	275
10.2.4 按施工工艺分类	215	10.9.6 局部承压	277
10.2.5 按成桩工艺对桩周土的影响 分类	215	本章小结	279
10.2.6 桩基选型时应考虑的主要 因素	216	思考与练习题	279
10.3 桩基础的设计内容与步骤	217	第11章 基坑工程	281
10.3.1 桩基设计内容	217	本章要点及学习目标	281
10.3.2 桩基设计原则	218	11.1 概述	281
10.3.3 桩长选取	220	11.1.1 基坑工程的概念及特点	281
10.4 单桩竖向承载性能	222	11.1.2 基坑支护结构的类型及适用 条件	281
10.4.1 单桩破坏模式	222	11.1.3 基坑支护结构的设计原则和 设计内容	283
10.4.2 单桩竖向极限承载力	223		
10.4.3 桩的承载力特征值	231		

11.2	基坑支护结构的水平荷载	284	11.5	排桩及双排桩的设计与 施工	297
11.2.1	作用在支护结构上的土压力 强度标准值	284	11.5.1	排桩设计	297
11.2.2	附加荷载作用下的土中附加 应力标准值	286	11.5.2	双排桩设计	300
11.2.3	支护结构顶部以上放坡或土钉 墙时土中附加竖向应力计算	287	11.5.3	排桩的施工	302
11.3	基坑支挡式结构分析	288	11.6	土钉墙	303
11.3.1	支挡式结构分析方法的选用 原则	288	11.6.1	土钉墙的稳定性验算	304
11.3.2	设计工况中最不利作用效应 问题	288	11.6.2	土钉承载力计算	306
11.3.3	平面杆系结构弹性支点法的 结构分析模型	289	11.6.3	土钉墙的构造要求	309
11.3.4	基坑变形控制值	292	11.7	重力式水泥土墙	311
11.4	基坑支护结构稳定性验算	292	11.7.1	重力式水泥土墙的稳定性 验算	311
11.4.1	悬臂式支挡结构嵌固深度 l_d 的 确定	292	11.7.2	重力式水泥土墙承载力验算	313
11.4.2	单层锚杆和单层支撑的支挡式 结构的嵌固深度 l_d 的确定	293	11.7.3	重力式水泥土墙的构造要求	313
11.4.3	锚拉式、悬臂式和双排桩支挡 结构的整体稳定性验算	293	11.8	基坑工程监测	315
11.4.4	坑底抗隆起稳定性验算	295	11.8.1	基本规定	315
11.4.5	坑底以下为软土时的滑动 稳定性验算	295	11.8.2	监测项目	316
11.4.6	渗流稳定性验算	296	11.8.3	监测点布置要求	317
			11.8.4	监测频率	318
			11.8.5	监测报警	319
			本章小结		322
			思考与练习题		322
			参考文献		323

第 1 章 绪 论

本章要点及学习目标

本章要点：

土的来源及特点，地基与基础的区别与作用，土力学与地基基础领域的主要工程问题，课程特点及设置。

学习目标：

熟悉土的特点，提升对土的认识；掌握地基与基础的差别及在工程建设中的作用；掌握与土相关的主要工程问题。

1.1 土、地基与基础

1.1.1 认识土

对于土的概念，最早出现于《说文解字》，解释为“土，地之吐生物者也。”土字的笔画分别代表植物地上部分、表土层、植物地下部分和底土层，如图 1-1 所示。《新华字典》对土的解释为“地面上的泥沙混合物”。英文 soil、earth 的解释为“loose soft material in the top layer of the earth's surface of the earth consisting of humus and disintegrated rock in which plants can grow”，意为“地球表面由腐殖质和岩石风化产物构成的松软材料，植物可以在其中生长”。这些概念中主要包括两层含义，其一是从农学角度看，它是植物生长的基质；其二是从材料的角度看，它是一种由岩石风化成的泥（细颗粒）、砂（粗颗粒；“砂”同“沙”，土力学中常用“砂”字）和植物风化成的腐殖质组成的松软材料。在土木工程领域，土是建设环境和填筑材料，因此常用第二层含义，定义为岩石、生物风化产物的松散集合体。各种不同的土，如图 1-2 所示。

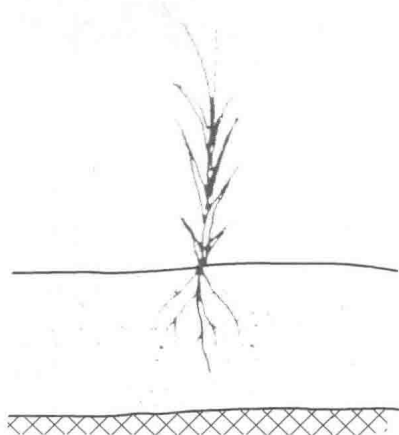


图 1-1 土最早的概念
(取自《说文解字》)

作为一种松散介质，土具有不同于连续固体介质（如金属、混凝土）的特性，具体表现为：

1. 碎散性。风化作用的结果是使整体岩石破碎成分散体，其矿物成分也可能发生改变并伴有有机质的加入。重力、水流和风等的搬运使土颗粒进一步破碎分散，浑圆度和分

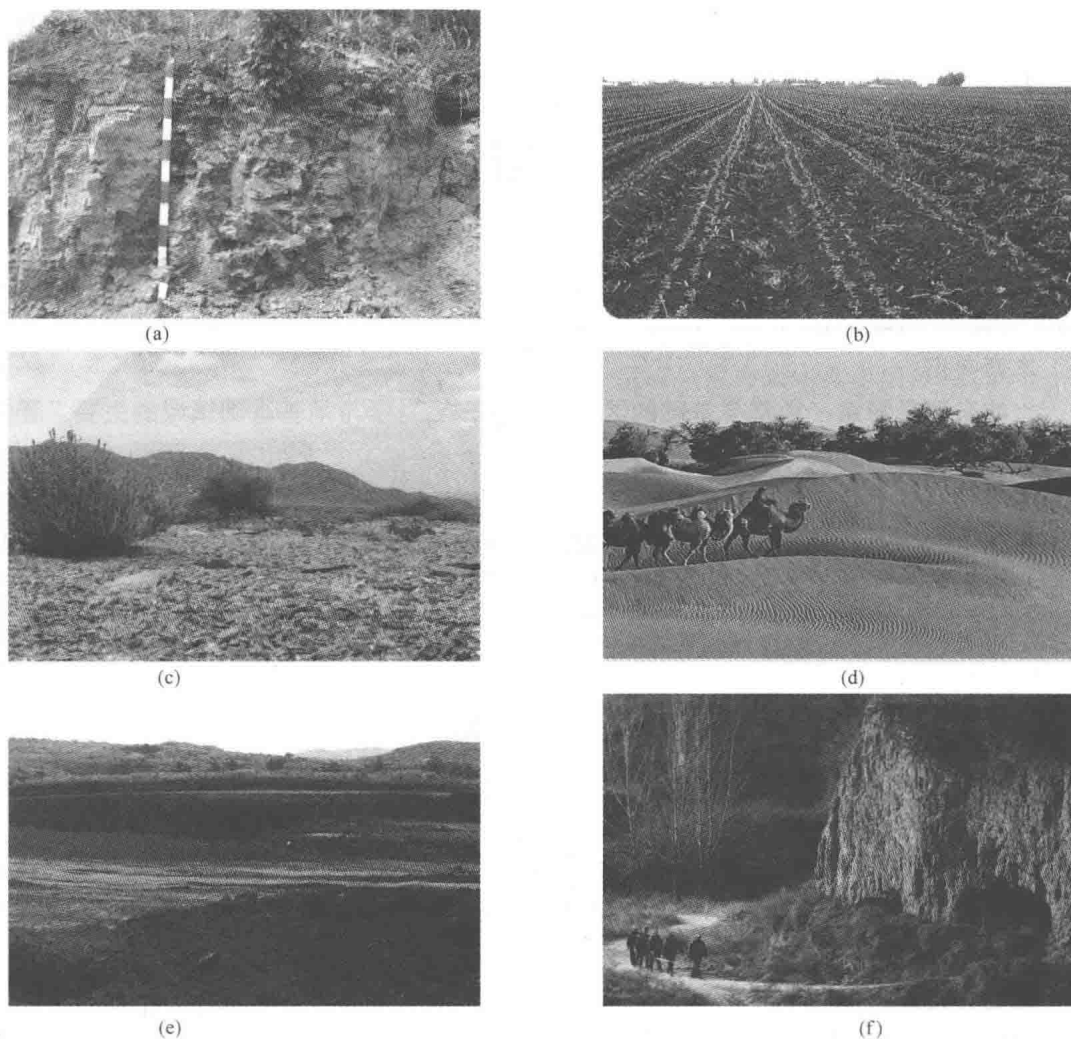


图 1-2 各种类型的土

(a) 常见土；(b) 东北黑土；(c) 戈壁土；(d) 沙漠土；(e) 广西红土；(f) 窑洞黄土

选性得到提高。搬运过程中同时发生沉积，使土体具有不同的结构与构造。

2. 多相性。碎散的颗粒之间存在着大量的孔隙，孔隙中存在着水和气体，因此，土一般为三相体系。当土体处于饱水或干燥状态时，则为二相系。土颗粒之间的联系微弱，有时甚至没有联结。

3. 多样性。由于形成年代、生成环境及物质成分不同，自然界的土也就有多种多样。同一场地，不同深度处土的性质不一样，甚至同一位置的土，其性质还往往随方向而异，如沉积土竖直方向上的透水性有时会弱于水平方向。

土的上述特性决定了其具有较大的透水性和较小的抗剪强度，在压力作用下体积缩小，在大范围内表现出非均质性和各向异性的特点，且随时间而不断变化。

1.1.2 地基与基础

基础是指将上部结构的各种作用传递到地基上的结构组成部分，地基是指支承基础的

土体或岩体,如图 1-3 所示。

基础是结构物的重要组成部分,一般由砖、石、混凝土、钢筋混凝土等材料构成,其作用是传递荷载。有基础传递荷载的过程中,一方面要考虑通过增加基础底面积来减少其单位面积上的荷载,即满足地基的承载能力;另一方面要考虑基础在使用过程中不会因外界环境的变化而裸露于地面,即满足基础自身的安全和正常使用。因此,基础主要尺度设计包括基础底面积和埋置深度的确定。基础的埋置深度是指基础底面到天然地面的距离。因此,基础设计的目标一方面是保证基础自身的安全和正常使用,另一方面是保证地基的安全。

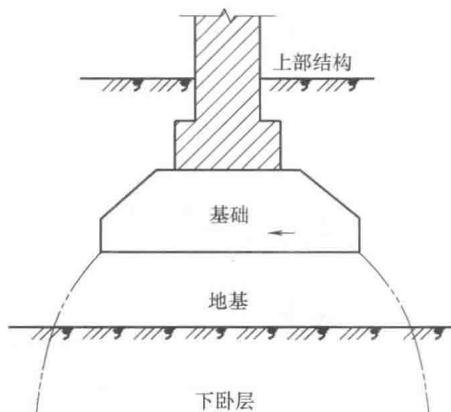


图 1-3 地基与基础示意图

地基按照材料构成可分为土质地基、岩石地基和土岩组合地基。地基的构成要素是土和地下水,土往往成层分布,常用横线表示土层分界线,用 Σ 表示地下水位线。建筑物的所有荷载最终都由地基来承担,地基的作用是支承基础及上部建筑物,同时建筑物荷载也会引起地基的变形,甚至破坏。当地基的强度、变形及稳定性不能满足上部建筑物要求时,可对地基进行预处理,称之为人工地基。反之,当满足上述要求而无需处理时,称为天然地基。由此可见,建筑物地基方面的主要工作是地基的勘察、评价和改良。

1.2 土力学与地基基础的学习内容

土力学是应用工程力学方法来研究土的力学性质的一门学科,主要学习土的物理性质、应力状态、变形特征和强度特性及随时间变化的规律,掌握与土相关工程问题的基本理论,如土压力、边坡稳定性、地基承载力等,是土木工程、交通工程、水利工程、电气工程、地质工程等领域的重要专业基础课程。

地基基础工程是在岩土工程勘察和上部结构设计的基础上进行地基基础设计的工程技术,主要学习地基评价和改良、浅基础结构、深基础结构和基坑围护结构等工程项目的设计理论和方法,确保工程的安全和正常使用。地基基础工程是一种应用工程技术,主要依照现行规范执行,如《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011、《建筑地基处理技术规范》JGJ 79—2012、《建筑基坑支护技术规范》JGJ 120—2011 等,具有很强的应用性。

本书根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(2011)进行编写,内容包括土的物理性质及工程分类、土中水的运动规律、土中应力计算、土的压缩性与沉降计算、土的抗剪强度与边坡稳定性、地基承载力、天然地基上的浅基础、桩基础和基坑工程等,共分 11 章。绪论部分主要介绍土、地基与基础的概念及与工程的相关性,列举了工程中主要的问题。第 2 章至第 7 章为土力学部分,第 8 章至第 11 章为基础工程部分。土力学部分教学重点内容有:土的物理状态指标、地基附加应力计算、有效应力原理、地基最终沉降量计算、土的固结理论、土的抗剪强度理论、土坡稳定性理论、土压力理论及计算、地基承载力的确定与运用等。基础工程部分教学重点为:基础埋置深度的确定、扩展基础的

设计、连续基础的设计、桩基础的设计计算、基坑支护结构的受力与变形分析等。

通过本课程的学习,学生应掌握土力学与地基基础的基本原理,结合建筑结构及构件设计要求,具备进行一般工程结构物的地基基础设计能力,并对常见的地基基础工程事故,能正确分析产生的原因及合理评价。

1.3 学习土力学与地基基础的必要性和意义

1.3.1 地基土与基础是建筑物的基石

任何建筑物都建造在一定的地层上,建筑物的全部荷载都由它下面的地层来承担。建筑物地基与基础的设计和施工质量的优劣,对整个建筑物的质量和正常使用起到根本性作用。这是因为:基础工程属于地下隐蔽工程,如有缺陷,较难发现,也较难弥补和修复,而这些缺陷往往直接影响整个建筑物的使用甚至安全。另一方面,基础工程的进度,经常控制整个建筑物的施工进度;基础工程的造价,通常在整个建筑物造价中占相当大的比例,尤其是在复杂的地质条件下修建基础更是如此。

我国幅员辽阔、地质结构复杂,不同的地区具有不同的地质特征。因此,在进行建筑工程施工勘探的过程中,必须注重对于施工地地质结构的分析和调查,才能够确保建筑物有坚实的基础。现阶段,我国建筑工程施工中存在着诸多的不合理因素,如设计、施工期限、人员及费用等相关问题,这些可控和不可控因素对于建筑工程的施工产生了巨大的影响,尤其是地基基础的处理工作,更是不加重视,对后续的建筑工程施工过程中产生了严重的影响,导致工程质量存在着诸多的问题。只有足够重视和加强建筑工程地基基础的处理工作,才能够切实提高工程质量,保证工程如期保质保量地交付给相关单位使用。

除了作为建筑物的地基外,土体还可作为建筑材料,修筑堤坝与路基,也可作为隧道、地下建筑等构筑物的建筑环境而存在。由此可见,土体与工程建筑的关系十分密切。为保证各类建筑安全经济,使用正常,不发生各类工程事故,必须学习和掌握土体的力学性质及相关理论,熟知地基基础设计原理和先进经验。

1.3.2 土力学与地基基础问题是土木工程领域最常见的工程事故原因

工程实践表明,土力学与地基基础方面的工程问题主要表现在以下三个方面:

1. 强度问题。表现为因地基承载力不足而导致建筑物失稳。

案例:加拿大特朗斯康谷仓

该谷仓平面呈矩形,南北向长 59.44m,东西向宽 23.47m,高 31m。谷仓为圆筒仓,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 20000t,相当于装满谷物后满载总重量的 42.5%。1913 年 9 月装谷物,10 月 17 日当谷仓已装了 31822m^3 谷物时,

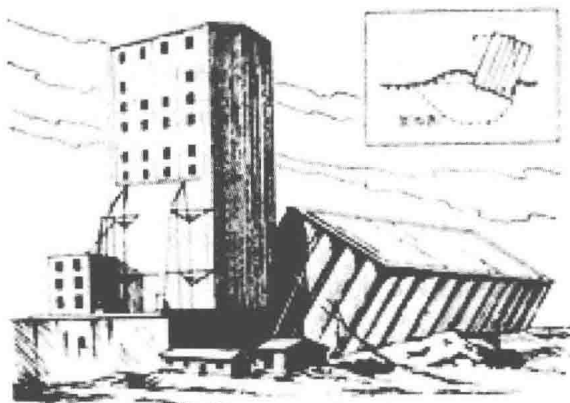


图 1-4 特朗斯康谷仓因承载力不足而倾倒

发现其 1h 内竖向沉降达 30.5cm, 向西倾斜, 24h 后谷仓倾倒, 西端下沉 7.32m, 东端上抬 1.52m, 倾斜度达 $26^{\circ}53'$, 但上部钢筋混凝土筒仓坚如磐石, 如图 1-4 所示。

谷仓失事的原因是: 事先未对地基土进行调查研究, 而是根据邻近结构物基槽开挖试验结果, 计算得到地基承载力为 352kPa, 并应用到此谷仓。1952 年经勘察试验与计算表明, 谷仓地基实际承载力为 194~277kPa, 远小于谷仓破坏时发生的压力 329.4kPa, 因此, 谷仓地基因超载发生强度破坏而滑动。

2. 变形问题。表现为土体因某些原因而产生建筑物所不允许的沉降, 或因地基土不均匀导致建筑物产生差异变形而开裂, 进而影响建筑物的正常使用。

案例 1: 苏州虎丘塔

苏州虎丘塔位于苏州市虎丘公园山顶, 落成于宋太祖建隆二年 (公元 961 年), 距今已有 1054 年的历史。全塔 7 层, 高 47.5m。塔的平面呈八角形, 由外壁、回廊与塔心三部分组成。塔身全部用青砖砌筑, 外形仿楼阁式木塔, 每层都有 8 个壶门, 拐角处的砖特制成圆弧形, 建筑精美。1961 年 3 月 4 日, 国务院将此塔列为全国重点文物保护单位。

1980 年进行的一项现场调查表明, 虎丘塔塔身已向东北方向严重倾斜, 不仅塔顶离中心线已达 2.31m, 而且底层塔身发生不少裂缝, 东北方向为竖直向, 西南方向为水平向。因此, 该塔因裂缝明显且无稳定迹象成为危险建筑而封闭。勘察结果表明, 宝塔倾斜是由于其坐落于不均匀粉质黏土层上, 即因地基土层厚度不一而产生差异沉降, 进而引起塔身倾斜。通过在塔基四周建造一圈桩排式地下连续墙, 并对塔周围与塔基进行钻孔注浆和树根桩加固塔基等措施, 对塔身倾斜的发展进行了有效控制。

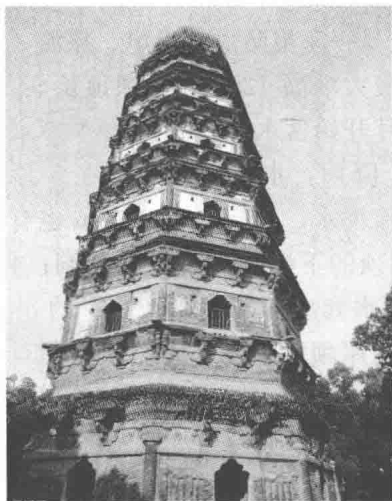


图 1-5 苏州虎丘塔



图 1-6 意大利比萨斜塔

案例 2: 意大利比萨斜塔

比萨斜塔自 1173 年 9 月 8 日动工, 至 1178 年建至第 4 层中部、高度 29m 时, 因塔明显倾斜而停工。94 年后, 1272 年复工, 经 6 年时间建完第 7 层, 高 48m, 再次停工中断 82 年。1360 年再次复工, 至 1370 年竣工, 前后历经近 200 年。该塔共 8 层, 高 55m, 全塔总荷重 145MN, 相应的地基平均压力约为 50kPa。地基持力层为粉砂, 下面为粉土和黏土层。由于地基的不均匀下沉, 塔向南倾斜, 南北两端沉降差 1.8m, 塔顶离中心线已达 5.27m, 倾斜 5.5° , 成为危险建筑, 如图 1-6 所示。

3. 渗流问题。表现为因土体中水的流动引起管涌、流土等渗流破坏, 最终导致构筑物的整体失事。

1998 年长江流域发生特大洪水。九江段某防洪堤 8 月 7 日 13:10 发生管涌险情, 20min 后, 在堤外迎水面找到 2 处进水口, 又过了 20min, 防水墙后的土堤突然塌陷出 1 个洞, 5m 宽的堤顶随即全部塌陷, 并很快形成宽约 62m 的溃口, 如图 1-7 所示。1998 年长江流域洪水中共发生各种险情 6000 余处, 各种险情的统计图如图 1-8 所示。

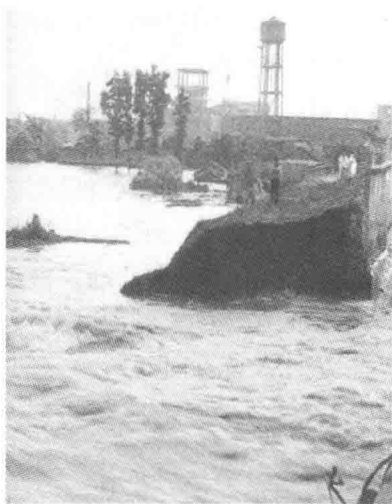


图 1-7 长江洪水中九江段因管涌溃口

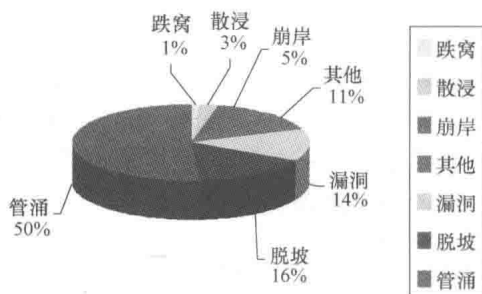


图 1-8 1998 年长江流域洪水险情统计图

美国 Teton 坝位于美国 Idaho 州的 Teton 河上, 是一座集防洪、发电、旅游、灌溉等功能为一体的综合利用工程。大坝为土质心墙坝, 最大坝高 126.5m, 坝顶长 945m, 于 1972 年 2 月动工, 1975 年建成。水库于 1975 年 11 月开始蓄水, 1976 年春季库水位迅速上升, 拟定水库水位上升限制速率为 0.3m/d。由于降雨, 水位上升速率在 5 月份达到 1.2m/d。至 6 月 5 日右侧坝趾高程 1537.7m 处发现流浑水, 在高程 1585.0m 也有浑水出露, 两股水流有明显加大趋势; 11 点 30 分, 靠近坝顶的下游坝出现下陷孔洞; 11 点 55 分, 坝顶开始破坏, 形成水库泄水沟槽。从发现流浑水到坝开始破坏经历了约 5h。耐人寻味的是, 126.5m 高的 Teton 土坝不在最大坝高的河岸坝段破坏, 而在坝高相对较小的河岸坝段破坏; 坝体溃决不发生在坝基为冲积层的河床坝段, 而发生在坝基为岩基的岸坡坝段。

从以上工程案例可见, 基础工程实属百年大计, 必须慎重对待。只有深入了解地基情况, 掌握勘察资料, 经过精心设计与施工, 才能使基础工程做到既经济合理, 又保证质量。

1.4 土力学与地基基础的学习特点与建议

本课程包括土力学和地基基础两个部分, 涉及工程地质学、建筑力学、建筑材料、结构设计和施工等领域, 内容广泛, 综合性、理论性和实践性均很强。本书从不同角度阐述了作为建筑物地基的土的应力、变形和强度特性, 及相关的建筑物基础的安全与稳定问