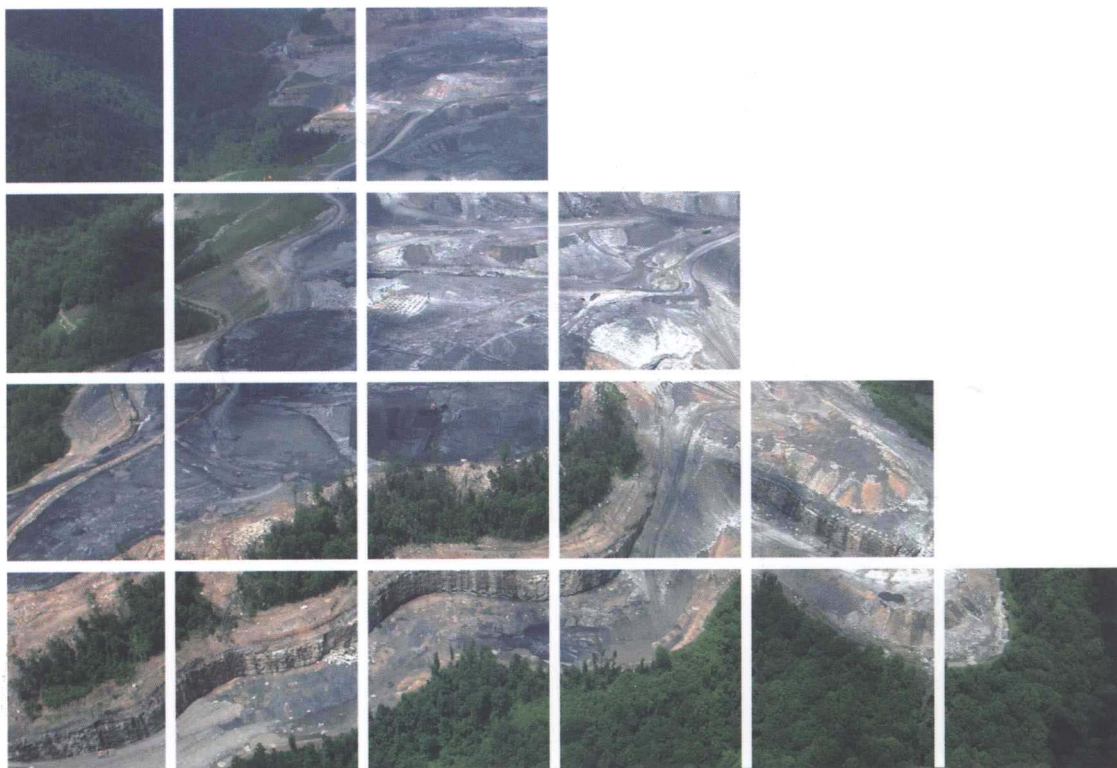


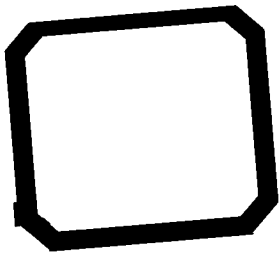
(精编本)

21 SHIJI GAODENG XUOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI
21世纪高等学校土木工程专业规划教材

土力学与基础工程

李 飞 王贵君 主编
张季超 主审





学校土木工程专业规划教材

土力学与基础工程

(精编本)

主 编 李 飞 王贵君
副主编 李顺群 高凌霞
主 审 张季超

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本书是为高等学校土建类专业重要的基础课程土力学与基础工程编写的教材。全书以《高等学校土木工程指导性专业规范》为指导,结合最新颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)编写而成。主要内容包括土的物理性质及工程分类、土的渗透性与渗流、土的压缩性和地基沉降计算、土的抗剪强度与地基承载能力、土压力与土坡稳定、岩土工程勘察、地基处理技术、基坑工程、浅基础、深基础、桩基础、动力机器基础与地基基础抗震设计以及岩土工程经济与管理概述等内容。

本书可供建筑工程、交通土建工程、岩土与地下工程、城镇建设等大土木及相近专业本科生教学使用,也可供从事土建工程实际工作的勘察、设计、施工和参加相关国家注册执业资格考试人员参考。

土力学与基础工程/李飞,王贵君主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2012. 2
ISBN 978-7-5629-3662-6

I. ①土… II. ①李… ②王 III. ①土力学 ②基础(工程) IV. ①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 018482 号

项目负责人:徐扬 陈军东 王兆国

责任编辑:陈军东

责任校对:彭佳佳

装帧设计:董君承

出版发行:武汉理工大学出版社

社 址:武汉市洪山区珞狮路 122 号

邮 编:430070

网 址:<http://www.techbook.com.cn>

经 销:各地新华书店

印 刷:湖北睿智印务有限公司

开 本:850×1168 1/16

印 张:26.25

字 数:690 千字

版 次:2012 年 1 月第 1 版

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:1—3000 册

定 价:39.50 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87394412 87383695 87384729 87397097(传真)

· 版权所有 盗版必究 ·

21 世纪土木工程专业规划教材

编审委员会

(第 2 版)

主 任 石永久 周 云 王汝恒
副 主 任 战高峰 杨德健 何浙浙 周 东 孙 凌 刘永坚
岳建平 柳炳康 刘 平 王 来 冯为民 王泽云
宋少民 李 飞 阎西康

委 员 (按姓氏笔画顺序排列)

马芹永 王汝恒 王成刚 王 来 王月明 王志伟
王泽云 王贵君 石永久 田道全 冯为民 刘声扬
刘永坚 刘 平 刘瑾瑜 孙 凌 孙靖立 沈小璞
何浙浙 李 飞 李 珠 李京玲 李玉顺 李文渊
李世禹 宋高嵩 吴 迈 苏有文 张大长 张长友
陈伟清 陈国平 陈倩华 周 东 周 云 杨德健
林德忠 岳建平 姚 勇 柳炳康 赵 平 战高峰
阎西康 黄林青 舒秋华 崔清洋 熊丹安

总责任编辑 徐 扬

秘 书 长 蔡德民

前 言

土力学与基础工程是土建类专业十分重要的专业基础课。随着我国经济社会的快速发展,伴随着大量土木建筑工程的兴建,以地基基础引起的工程事故也屡屡发生,因此土力学理论和地基基础工程技术的重要性显得更加突出。本教材以《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中,关于土力学和基础工程相关知识点要求为基础,结合最新颁布的国家和行业规范编写的。本书可供建筑工程、交通土建工程、岩土与地下工程、城镇建设等大土木及相近专业本科生教学使用;对于从事土建工程实际工作的勘察、设计、施工和参加相关国家注册执业资格考试人员,都不失为一本比较实用的参考书。

本教材具有以下特点:

第一,根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》(2011年9月7日颁布),对本课程的知识体系、知识领域、核心知识单元和知识点提出明确的教学要求,并在每章开头专门作了具体说明。

第二,住房和城乡建设部于2011年7月26日公布《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011),并将于2012年8月1日起实施,本教材及时补充或更新最新教学内容。

第三,本书着力体现教学内容的实践性和应用性。教材前6章主要介绍土力学的基本原理,使读者能够掌握土工试验方法,掌握土体的变形、强度和稳定性的基本内容和分析方法;后几章则讨论了工程勘察、地基处理、基坑工程、浅基础、桩基础、地基基础的动力特性等内容,尽量反映我国近年来的工程实践经验和工程案例,以培养读者解决工程实际问题的能力。

第四,本教材还努力体现教学内容的系统性和可读性,既反映古典成熟的基本理论,又介绍最新的工程实践,尤其是最后一章专门概述了岩土工程经济与管理的内容,使初学者建立起工程安全与经济的关系问题,进一步了解本课程的专业地位和岩土工程师的责任和职责。

本书由盐城工学院李飞教授和河北工业大学王贵君教授主编,广州大学张季超教授担任主审。其中李飞教授编写了第1、2、6、7章;王贵君教授编写了第3、5、10、11章;第8、9章,由天津城市建设学院李顺群副教授编写;第4章由大连民族学院高凌霞副教授编写;第12、13章,分别由盐城工学院李富荣和殷勇博士编写。全书集中反映了各位编者多年来教学和工程实践活动的经验总结,还配套编写了PPT教学课件和《土力学和基础工程实践教学指导书》,供读者教学时参考。

限于时间和作者水平,书中错误和不当之处,敬请广大读者批评指正!

编 者
2011年12月

目 录

1 绪论	(1)
1.1 土力学与基础工程的重要性	(1)
1.2 地基基础工程事故类别及特征	(3)
1.2.1 地基失稳事故	(3)
1.2.2 地基变形事故	(3)
1.2.3 斜坡失稳引起地基基础事故	(6)
1.3 地基基础工程事故原因分析	(7)
1.3.1 地质勘察问题	(7)
1.3.2 设计方案及计算问题	(8)
1.3.3 施工问题	(9)
1.3.4 环境及使用问题	(9)
1.3.5 地基基础工程事故处理	(10)
1.4 土力学与基础工程发展概况	(11)
1.5 本课程的主要内容和学习方法	(11)
2 土的物理性质及工程分类	(13)
2.1 土的生成与特性	(13)
2.1.1 土的生成	(13)
2.1.2 土的结构和构造	(13)
2.1.3 土的工程特性及其与土的生成条件之间的关系	(15)
2.2 土的三相组成	(16)
2.2.1 土的固体颗粒	(16)
2.2.2 土中水	(18)
2.2.3 土中气体	(19)
2.3 土的物理性质指标	(20)
2.3.1 土的各项基本物理性质指标	(20)
2.3.2 反映土的松密程度的指标	(21)
2.3.3 反映土中含水程度的指标	(21)
2.3.4 特定条件下土的密度与重度	(22)
2.4 土的物理状态指标及工程特性	(24)
2.4.1 无粘性土的物理状态指标及其工程特性	(24)
2.4.2 粘性土的物理状态指标及其工程特性	(25)
2.5 地基土的工程分类	(28)
2.5.1 岩石	(28)
2.5.2 碎石土	(29)
2.5.3 砂土	(30)

2.5.4	粉土	(31)
2.5.5	粘性土	(31)
2.5.6	人工填土	(31)
2.5.7	特殊土	(31)
	思考题与习题	(32)
3	土的渗透性与渗流	(34)
3.1	土的渗透性与达西定律	(34)
3.1.1	土的渗透性与渗流分类	(34)
3.1.2	达西定律	(34)
3.2	渗透系数及测定方法	(36)
3.2.1	各类常见土的渗透系数	(36)
3.2.2	渗透试验	(36)
3.3	影响渗透系数的因素	(39)
3.4	渗流力与渗流稳定性	(39)
3.4.1	渗流力	(39)
3.4.2	渗透变形	(41)
3.4.3	渗透变形的判别	(42)
3.4.4	无黏性土允许水力梯度	(43)
3.5	二维渗流、流网及其工程应用	(44)
3.5.1	稳定渗流场中的渗流基本微分方程	(44)
3.5.2	流网及其工程应用	(45)
	思考题与习题	(47)
4	土的压缩性和地基沉降计算	(49)
4.1	土中应力	(50)
4.1.1	概述	(50)
4.1.2	自重应力	(50)
4.1.3	基底压力	(53)
4.1.4	地基附加应力	(56)
4.1.5	有效应力原理	(67)
4.2	土的压缩性	(68)
4.2.1	概述	(68)
4.2.2	压缩试验及压缩性指标	(68)
4.2.3	静载荷试验及土的变形模量	(72)
4.2.4	应力历史对土压缩性的影响	(74)
4.3	地基沉降量计算	(77)
4.3.1	概述	(77)
4.3.2	分层总和法	(77)
4.4	饱和土的渗流固结理论	(87)
4.4.1	概述	(87)
4.4.2	渗透固结力学模型	(87)

4.4.3	一维固结理论	(87)
4.5	地基沉降与时间的关系	(90)
4.5.1	概述	(90)
4.5.2	固结度	(90)
4.5.3	地基沉降与时间关系计算	(91)
4.5.4	地基沉降与时间经验估算法	(93)
4.5.5	地基瞬时沉降与次固结沉降	(94)
	思考题与习题	(95)
5	土的抗剪强度与地基承载能力	(97)
5.1	概述	(97)
5.2	土的抗剪强度理论和极限平衡条件	(98)
5.2.1	库仑定律	(98)
5.2.2	摩尔—库仑强度理论(极限平衡理论)	(99)
5.3	抗剪强度指标的测定	(102)
5.3.1	直剪试验	(102)
5.3.2	三轴剪切试验	(103)
5.3.3	无侧限抗压强度试验	(106)
5.3.4	十字板剪切试验	(107)
5.3.5	抗剪强度指标的统计分析	(108)
5.3.6	抗剪强度指标的工程数值和影响因素	(108)
5.4	地基的破坏形态	(109)
5.4.1	整体剪切破坏	(109)
5.4.2	局部剪切破坏	(109)
5.4.3	冲剪(切)破坏	(110)
5.5	地基临塑荷载与临界荷载	(110)
5.5.1	临塑荷载 p_{cr}	(110)
5.5.2	塑性临界荷载 $p_{1/4}$ 、 $p_{1/3}$	(111)
5.6	地基极限承载力	(113)
5.6.1	普朗特极限承载力公式	(113)
5.6.2	太沙基地基极限承载力公式	(114)
5.6.3	斯肯普顿极限承载力公式	(117)
5.6.4	魏西克和汉森极限承载力公式	(117)
	思考题与习题	(117)
6	土压力与土坡稳定	(119)
6.1	概述	(119)
6.1.1	土压力的种类	(119)
6.1.2	土压力的主要影响因素	(121)
6.2	静止土压力计算	(121)
6.2.1	静止土压力产生条件	(121)
6.2.2	静止土压力计算公式	(121)

6.2.3	静止土压力的应用	(122)
6.3	朗肯土压力理论	(123)
6.3.1	无黏性土的土压力	(123)
6.3.2	粘性土的土压力	(127)
6.3.3	朗肯土压力理论计算结果分析	(129)
6.4	库仑土压力理论	(129)
6.4.1	无粘性土主动土压力	(130)
6.4.2	无黏性土被动土压力	(133)
6.5	几种常见情况的土压力计算	(135)
6.5.1	黏性土应用库仑土压力公式	(135)
6.5.2	填土表面作用均布荷载	(136)
6.5.3	墙后填土分层	(137)
6.5.4	填土中有地下水	(138)
6.5.5	土压力计算简化方法	(139)
6.6	地震土压力计算	(140)
6.7	桥台土压力计算	(142)
6.8	挡土墙设计	(142)
6.8.1	挡土墙型式的选择	(143)
6.8.2	挡土墙尺寸的选定	(145)
6.8.3	挡土墙的稳定性验算	(145)
6.8.4	墙后回填土的选择	(147)
6.8.5	墙后排水措施	(147)
6.9	土坡稳定概述	(150)
6.9.1	无黏性土土坡稳定分析	(151)
6.9.2	黏性土土坡稳定分析概述	(153)
6.9.3	增加土坡稳定性的一些措施	(153)
	思考题与习题	(155)
7	岩土工程勘察	(157)
7.1	岩土工程勘察的任务和内容	(157)
7.1.1	岩土工程勘察的目的	(157)
7.1.2	岩土工程勘察的准备工作	(157)
7.1.3	岩土工程勘察的任务和工程勘察分级	(159)
7.1.4	岩土工程勘察阶段的划分及相应的工作内容	(161)
7.2	岩土工程勘察方法	(163)
7.2.1	坑(掘)探法	(163)
7.2.2	钻探法	(164)
7.2.3	触探法	(169)
7.2.4	土的野外描述	(176)
7.3	岩土工程勘察成果报告	(178)
7.4	基槽检验与地基的局部处理	(185)

7.4.1	验槽	(185)
7.4.2	地基的局部处理方法	(186)
	思考题与习题	(187)
8	地基处理技术	(189)
8.1	地基处理方法分类	(189)
8.1.1	地基处理的目的和意义	(189)
8.1.2	地基处理方法分类	(190)
8.1.3	地基处理方案的选择	(193)
8.1.4	地基处理的工程检验要求	(194)
8.2	几种特殊土地基	(194)
8.2.1	概述	(194)
8.2.2	黄土地基	(195)
8.2.3	红粘土地基	(198)
8.2.4	膨胀土地基	(200)
8.2.5	盐渍土地基	(203)
8.2.6	软土地基	(204)
8.3	换填垫层法	(205)
8.3.1	垫层的作用	(206)
8.3.2	垫层设计	(207)
8.3.3	垫层施工	(209)
8.3.4	垫层施工注意事项	(209)
8.3.5	垫层材料选择	(210)
8.3.6	垫层质量检测	(210)
8.4	强夯法和强夯置换法	(211)
8.4.1	强夯法	(211)
8.4.2	强夯置换法	(215)
8.5	排水固结法	(217)
8.5.1	加压和排水方法分类	(217)
8.5.2	堆载预压法	(218)
8.6	挤密桩法	(222)
8.6.1	挤密法加固机理	(222)
8.6.2	挤密法的设计	(223)
8.6.3	挤密桩的施工	(224)
8.6.4	质量检验	(225)
8.7	其他地基加固方法	(225)
8.7.1	深层搅拌法	(225)
8.7.2	高压喷射注浆法	(226)
8.7.3	冷热加固法	(227)
8.8	复合地基设计及变形计算概述	(227)
8.8.1	复合地基承载力设计要求	(227)

8.8.2	复合地基变形计算要求	(227)
	思考题与习题	(228)
9	基坑工程	(229)
9.1	概述	(229)
9.1.1	基坑围护的基本概念	(229)
9.1.2	基坑工程的特点	(230)
9.1.3	基坑围护工程的设计内容、要求及设计依据	(231)
9.2	支护结构的类型及选用	(234)
9.2.1	常用支护结构分类	(234)
9.2.2	常用支护结构及其特点	(235)
9.2.3	基坑支护结构类型的选择	(238)
9.3	重力式水泥土挡墙设计	(239)
9.3.1	概述	(240)
9.3.2	作用在水泥土挡墙上的荷载	(240)
9.3.3	水泥土挡墙的设计	(241)
9.3.4	水泥土挡墙的施工	(247)
9.4	板式支护结构设计	(247)
9.4.1	概述	(247)
9.4.2	围护墙内力计算	(248)
9.4.3	围护墙设计	(252)
9.4.4	内支撑系统设计	(256)
9.5	井点降水及土方开挖	(260)
9.5.1	基坑工程地下水控制	(260)
9.5.2	井点降水	(261)
9.5.3	土方开挖	(263)
9.6	基坑监测与环境监护	(264)
9.6.1	基坑监测	(264)
9.6.2	基坑工程对环境的影响	(266)
9.6.3	对基坑工程以及周边环境的监护	(267)
9.7	基坑工程勘察与环境调查	(267)
	思考题与习题	(268)
10	浅基础	(269)
10.1	地基基础设计基本原则	(269)
10.1.1	地基基础设计等级	(269)
10.1.2	地基基础设计要求	(270)
10.1.3	作用效应组合与抗力取值	(271)
10.1.4	地基基础设计步骤	(272)
10.2	浅基础的类型	(272)
10.2.1	无筋扩展基础	(273)
10.2.2	扩展基础	(275)

10.2.3	柱下条形基础	(276)
10.2.4	筏形和箱形基础	(277)
10.2.5	壳体基础	(278)
10.3	基础埋置深度的确定	(278)
10.3.1	建筑物的用途、有无地下室、设备基础和地下设施,基础的型式和构造	(279)
10.3.2	作用在地基上的荷载大小和性质	(279)
10.3.3	工程地质和水文地质条件	(280)
10.3.4	相邻建筑物的基础埋深	(281)
10.3.5	地基土冻胀和融陷的影响	(281)
10.4	地基承载力	(284)
10.4.1	荷载试验确定地基承载力特征值	(284)
10.4.2	公式计算确定地基承载力特征值	(284)
10.4.3	地基承载力的修正	(285)
10.4.4	影响地基承载力的因素	(286)
10.5	基础底面尺寸的确定	(286)
10.5.1	按持力层承载力计算	(287)
10.5.2	软弱下卧层承载力的验算	(288)
10.6	地基变形验算	(292)
10.6.1	地基变形特征	(292)
10.6.2	地基变形特征的控制	(293)
10.6.3	建筑物地基变形的允许值	(293)
10.7	扩展基础设计	(294)
10.7.1	扩展基础的构造要求	(294)
10.7.2	扩展基础的结构设计	(295)
10.8	柱下钢筋混凝土条形基础设计	(304)
10.8.1	地基基础与上部结构共同作用的概念	(304)
10.8.2	柱下钢筋混凝土条形基础的构造要求	(305)
10.8.3	柱下钢筋混凝土条形基础内力计算方法	(306)
10.9	筏形基础设计	(315)
10.9.1	筏形基础的构造要求	(315)
10.9.2	筏形基础的结构与内力计算	(315)
10.10	减轻不均匀沉降损害的措施	(320)
10.10.1	建筑措施	(321)
10.10.2	结构措施	(324)
10.10.3	施工措施	(325)
	思考题与习题	(325)
11	桩基础	(327)
11.1	概述	(327)
11.1.1	桩基础的适用性	(327)
11.1.2	桩基设计内容	(328)

11.1.3	桩基设计原则	328
11.2	桩和桩基的分类	329
11.2.1	桩基的分类	329
11.2.2	桩的分类	330
11.3	竖向荷载下单桩的工作性能	334
11.3.1	桩的荷载传递	334
11.3.2	单桩的破坏模式	335
11.3.3	桩侧负摩阻力	336
11.4	单桩竖向承载力	338
11.4.1	按照《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)确定单桩竖向承载力特征值	339
11.4.2	按照《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)确定单桩竖向极限承载力	340
11.4.3	按照《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)确定单桩竖向承载力特征值	343
11.4.4	群桩中单桩(基桩)竖向承载力特征值	343
11.4.4	抗拔承载力验算	344
11.4.5	桩身承载力验算	345
11.5	桩的水平承载力	346
11.5.1	单桩水平承载力的影响因素	346
11.5.2	单桩水平承载力的确定	347
11.5.3	水平荷载作用下基桩内力和位移分析	347
11.6	群桩基础计算	350
11.6.1	群桩的工作特点	350
11.6.2	桩顶作用效应简化计算	351
11.7	桩基础设计	352
11.7.1	桩类型、桩长和截面尺寸选择	352
11.7.2	桩数及桩位布置	353
11.7.3	群桩中单桩(基桩)承载力的验算	354
11.7.4	软弱下卧层承载力的验算	355
11.7.5	桩基沉降验算	356
11.7.6	承台设计	358
11.7.8	桩身结构设计	366
	思考题与习题	371
12	动力机器基础与地基基础抗震简介	372
12.1	动力机器基础的设计原理	372
12.1.1	动力机器的分类	372
12.1.2	地基和基础的计算规定	373
12.1.3	地基动力特性参数	375
12.2	建筑场地类别与震害	376
12.2.1	建筑场地类别	376
12.2.2	地基震害	378

12.2.3	土工构筑物的震害	(379)
12.3	土的动力特性	(380)
12.3.1	应变范围	(381)
12.3.2	静力和动力加载条件的差异	(381)
12.3.3	土的变形特性与剪应变的相关性	(382)
12.3.4	动力试验的加载方式	(383)
12.4	地基基础抗震设计	(384)
12.4.1	地基基础抗震验算	(384)
12.4.2	地基抗震措施	(385)
12.4.3	非液化地基上桩基抗震承载力验算	(387)
	思考题与习题	(389)
13	岩土工程经济与管理概述	(390)
13.1	岩土工程技术经济分析	(391)
13.1.1	岩土工程勘察、设计技术方案经济分析	(391)
13.1.2	岩土工程施工技术经济分析	(392)
13.1.3	工程项目运营阶段技术经济分析	(392)
13.2	岩土工程概预算及收费计算原则	(393)
13.2.1	岩土工程设计概算	(393)
13.2.2	岩土工程施工图预算	(394)
13.2.3	岩土工程施工预算	(395)
13.2.4	岩土工程施工预算与施工图预算的差异和对比分析	(396)
13.2.5	岩土工程收费计算原则	(397)
13.3	岩土工程招标与投标	(400)
13.3.1	招标投标的主要方式	(400)
13.3.2	招标投标的程序	(400)
13.3.3	投标报价的依据和基本原则	(401)
13.3.4	编制标书的步骤及注意事项	(402)
13.4	注册土木工程师(岩土)的权利与义务	(402)
13.4.1	注册土木工程师(岩土)的权利与义务	(402)
13.4.2	注册土木工程师(岩土)的执业范围	(403)
13.4.3	全国勘察设计行业从业公约和职业道德准则	(403)
	思考题与习题	(404)
	参考文献	(405)

1 绪 论

【本章要点】

1. 了解土力学与基础工程的重要性及其发展概况。
2. 初步了解地基基础工程事故的类别、特征及原因。
3. 了解土力学与基础工程的学科特点。
4. 熟悉本课程的学习内容、要求和学习方法。

1.1 土力学与基础工程的重要性

土力学(soil mechanics)与基础工程(foundation engineering)是一门重要的技术基础课(土力学)和专业课(基础工程)。其中土力学是从力学与工程的角度研究土的科学,基础工程则是土力学知识在土木工程中的实际应用。土力学与基础工程课程涉及工程地质学(engineering geology)、力学、工程结构设计和施工等多个学科,内容极其广泛,有较强的理论性、实践性和综合性。

任何建筑物或构筑物(building and structures)都建造在地层上,受到建筑物及其基础荷载影响的那部分地层称为地基(subgrade, foundation soil)。对于埋置深度和平面尺寸不大的基础,受到影响的地层就是地基,其深度大约相当于几倍基础底面宽度。地基包括岩石地基和土层地基,作为建筑物地基的土是岩石经风化等作用而形成的。由于土的形成年代、生成环境及物质成分不同,土可分为碎石土(stone)、砂土(sand)、粉土(silt)、粘性土(clay)、杂填土和特殊土等,土的工程特性亦复杂多变。例如,我国沿海及内陆地区的软土,西北、华北和东北等地区的黄土,高寒地区的永冻土,以及分布广泛的红粘土、膨胀土和杂填土等,性质各不相同。在土木工程建设中,天然土层常被用作各种构筑物的地基。例如,在土层上建造房屋、桥梁、涵洞和堤坝等;在土层中修筑地下建筑、地下管道、渠道和隧道等;还可利用土作为土工建筑物的材料,如修筑土堤和土坝。因此,土是土木工程中应用最广泛的工程材料和介质。

基础(foundation)是建筑物最底下与地基接触的、扩大的那部分结构,通常由砖石、混凝土或钢筋混凝土等建筑材料建造。基础的作用是将建筑物的上部结构荷载通过扩散后,使基础底面的应力强度减小,然后传给地基。

地基、基础及上部结构的关系如图 1-1 所示。

地基与基础是建筑物的根本,任何一座建筑物,都必须有牢固扎实的地基和基础。随着科学技术的发展和大量超高层建筑、地下工程等土木建筑的兴建,土力学理论和地基基础技术将会对建筑物的安全产生更加重要的影响。工程实践表明,各国发生的土木工程事故中,因地基基础勘察设计或施工不当引起的数量最多。地基基础工程又属于地下隐蔽工程,一旦发生事故,补救非常困难。因

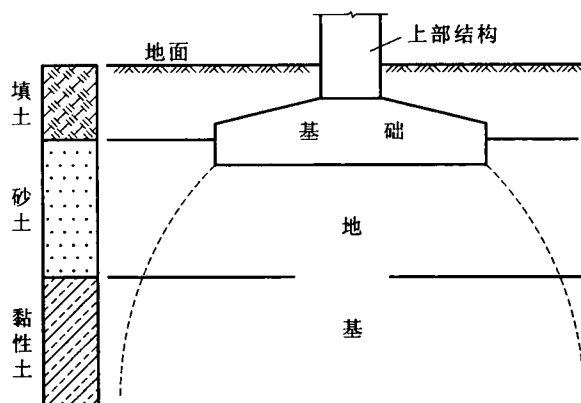


图 1-1 地基、基础及上部结构示意图

此,地基基础的勘察、设计与施工质量直接关系到建筑物的安全。此外,地基基础工程的造价,在建筑物总造价中所占的比例,视建筑物复杂程度、设计、施工的合理与否,可以变动于百分之几甚至到百分之三四十之间。所以,本课程是高等院校土木建筑类有关专业的大学生和工程技术人员必须掌握的一门现代科学。

拟建建筑物场地一旦确定,人们对其地质条件便没有选择的余地,只能是尽可能的认识它,并合理地利用或处理它。为了保证工程安全,地基土体必须满足承载力和稳定性要求,还必须满足其变形(沉降和不均匀沉降)不超过建(构)筑物的允许值要求。若不满足上述要求,就可能发生严重的工程事故。以下列举一些工程案例来说明地基基础工程的重要性。

苏州虎丘塔建成于北宋公元 961 年,7 层,高 47.5 m。全部砖砌,为仿楼阁式砖混结构塔。勘察表明塔基下土层可划分为 5 层,每层的厚度不同,因地基沉降不均导致塔身向东北方向严重倾斜。1980 年,经测量塔顶偏离中心线 2.32 m。后来通过在塔四周建造一圈桩排式地下连续墙并对塔基及周围进行钻孔注浆和树根桩加固等措施,有效地控制了塔身的进一步倾斜。

上海展览中心馆中央大厅为框架结构,箱形基础两层,埋深 7.27 m。箱基顶面至中央大厅上面的塔尖,总高 96.63 m。地基为淤泥质土,压缩性很大。该馆于 1954 年 5 月开工,当年年底实测平均沉降量为 600 mm。到 1979 年 9 月,该馆累计平均沉降量为 1600 mm,逐渐趋向稳定。建筑物严重下沉使室内外地坪高差大,行走不便,室外散水倒塌、雨水积聚,尤其是上下水道、照明、通信、动力电缆内外连接的管网发生折断现象。

1972 年 6 月,香港下起了特大暴雨,雨量达 1658.6 mm。7 月 18 日晨 7 点,山坡发生大滑坡,几万立方米土体下滑的巨大冲击力通过一座位于山坡上的高层住宅——宝城大厦。顷刻之间,大厦被冲毁,并砸毁邻近大楼一角。在此居住的银行界人士 120 人当场死亡,引起全世界极大震惊。

土力学是研究土体的应力、变形、强度、渗流及稳定性的一门科学,它是力学的一个分支。土力学的研究对象“土”是由固体颗粒、孔隙水和气体组成的三相体。土中固体颗粒之间没有联结或联结强度远小于颗粒本身的强度。土中固体颗粒之间有大量孔隙,由水和空气充填。水在孔隙中的渗透显示土的透水性;土孔隙体积的变化显示土的压缩性;土体在荷载等外界因素作用下,土粒的错位显示土内摩擦和粘聚的抗剪强度特性。因此,土具有碎散性、压缩性、固体颗粒之间相对移动性和渗透性等特性。土与钢材、木材等土木工程材料有本质区别。钢材、木材为连续介质的固体材料。理论力学与材料力学研究的对象为连续固体材料。由于存在上述特点,土的工程力学问题更加复杂,需要专门的土工理论和试验技术进行研究。在现代土木工程建设中,自成体系地形成了一

门新学科——岩土工程。岩土工程是根据工程地质学、岩石力学和土力学的理论、观点和方法,为解决土木工程的建筑、水利和交通等系统的固定结构、环境保护与卫生等工程项目中关于岩土体的利用、整治或改造,并为工程建设项目的实现而服务的系统性科学技术。因此,从事岩土工程的技术人员来自各个专业。对于重要工程,需要由国家注册岩土工程师负责和协调各专业工程师来共同解决复杂的岩土工程技术问题。由此可见,土建类学科所设置的“土力学与基础工程”课程从属于岩土工程,又与结构工程、环境工程等学科及建筑、水利和交通等工程建设领域紧密相关。在岩土工程中,土木工程所涉及的范围基本上是与土体的利用和处理有关的地基基础勘察、设计、检测与施工等问题。

1.2 地基基础工程事故类别及特征

建筑物事故的发生,不少与地基问题有关。地基的过量变形或不均匀变形,使上部结构出现裂缝、倾斜,削弱和破坏了结构的整体性,并影响到建筑物的正常使用,严重者会因地基失稳而导致建筑物倒塌。地基事故可分为天然地基事故和人工地基事故两大类。

无论是天然地基事故还是人工地基事故,按其性质都可概括为地基强度和变形两大问题。地基变形问题引起的地基事故常发生在软土、湿陷性黄土、膨胀土和季节性冻土等地区。地基强度问题引起的地基事故主要表现在地基承载力不足导致地基丧失稳定性和斜坡丧失稳定性两个方面。

1.2.1 地基失稳事故

在建筑工程中,地基失稳的后果一般都很严重,有时甚至是灾难性的。例如,广东省海康县某7层旅店大楼因地基失稳而倒塌。该大楼地处沿海淤泥质土地区,而设计人员在没有工程地质勘察资料的情况下,盲目地按100~120 kPa的地基承载力进行设计。事故发生后,在建筑现场旁边1.8 m的地下取土测定,土的天然含水量为65%~75%,按当时的《地基基础设计规范》规定,这种土的容许承载力只有40~50 kPa,仅为设计承载力的40%。又由于少算荷载,实际柱基底压力为189.6 kPa,为土容许承载力的4倍左右。由此造成基础的严重不均匀沉降,使上部结构产生较大的附加压力,导致建筑物破坏倒塌,造成了多人伤亡的严重事故。因此,对地基强度破坏的危害性应有足够的重视,特别是在土承载力不高,渗透性低而加荷速度快(如过快的施工速度),或有水平荷载(如风荷载)作用,或在斜坡及丘陵地段进行建筑时,更应慎重处理。

1.2.2 地基变形事故

1.2.2.1 软弱地基变形特征

(1) 沉降大而不均匀

软土地区大量沉降观测资料统计表明,砖墙承重的混合结构建筑,如以层数表示地基受荷大小,则三层房屋的沉降量较小,四层房屋的沉降量较大,五层至六层则更大。过大的沉降造成室内地坪标高低于室外地坪,这会引来雨水倒灌、管道断裂、污水不易排出等问题。前面介绍的上海展览中心馆中央大厅的地基设计就遇到了这类问题。

软土地基的不均匀沉降,是造成建筑物裂缝损坏或倾斜事故的主要原因。影响不均匀沉降的因素很多,如土质的不均匀性、上部结构的荷载差异、建筑物体形复杂、相邻建筑物间影响、地下水位变化及建筑物周围开挖基坑等。即使在同一荷载及简单平面形式下,其差异沉降也有可能相差