

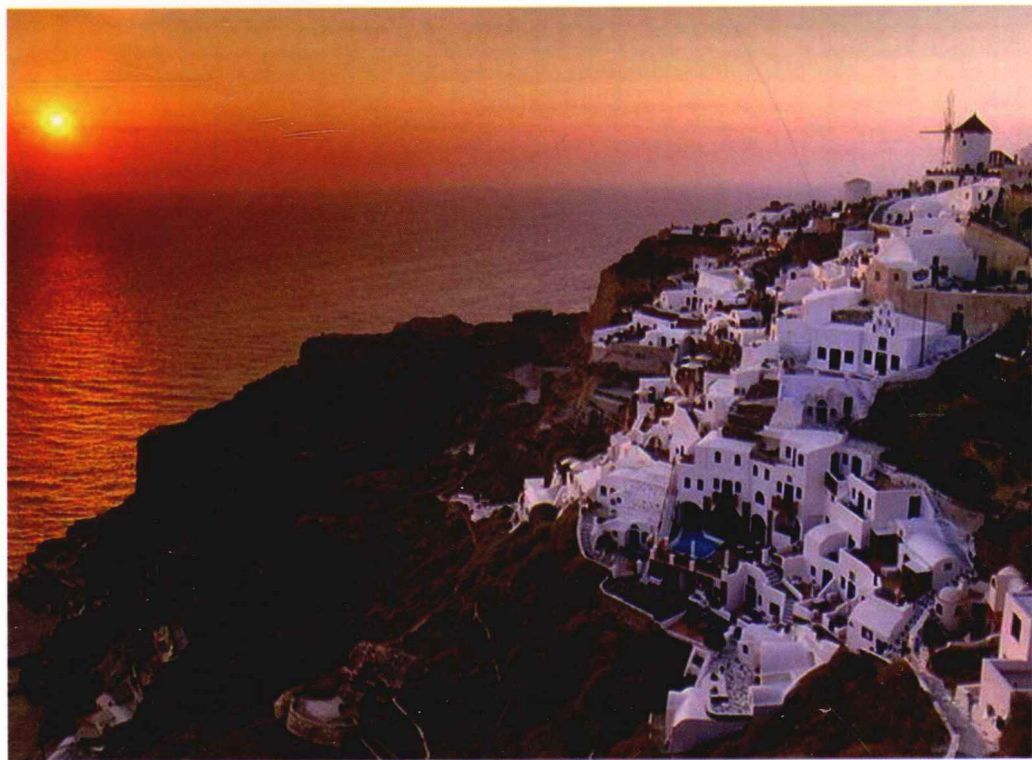
普通高等学校土木工程专业新编系列教材  
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

# 土力学与基础工程

(第3版)

T L X Y J C G C

赵明华 主 编  
俞 晓 副主编  
王贻荪 主 审



WUTP

武汉理工大学出版社

普通高等学校土木工程专业新编系列教材  
中国土木工程学会教育工作委员会 审订

# 土力学与基础工程

(第3版)

主 编 赵明华  
副主编 俞 晓  
主 审 王贻荪

武汉理工大学出版社  
· 武汉 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

土力学与基础工程/赵明华主编. —3版. —武汉:武汉理工大学出版社,2010.3 重印  
ISBN 978-7-5629-3064-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 194139 号

### 【内容提要】

《土力学与基础工程》是一本供土木工程专业所开设的“土力学与基础工程”课程或“土力学”和“基础工程”课程用的教科书。本书系统阐述了土的性质及工程分类、地基的应力和沉降计算、土的抗剪强度、土压力以及挡土墙和土坡稳定分析;重点讨论了浅基础、桩基础的常规设计计算;简要介绍了我国目前常用的各种软土地基处理技术;并对区域性地基、地震区地基以及滑坡等进行了讨论。

本书由浅入深、概念清楚、层次分明、重点突出、理论联系实际,并适当吸取了国内外比较成熟的新理论、新技术,既可作为高等学校土木工程专业的教材,又可供土木工程(包括建筑工程、公路桥梁工程等)技术人员阅读参考。

### 【主编简介】

赵明华(1956—),男,湖南洞口县人,1981年毕业于湖南大学土木系路桥专业,现任湖南大学土木工程学院教授、博士生导师,岩土工程研究所所长,并兼任《中南公路工程》编委会副主任等职。

赵明华教授主要从事岩土工程、桥梁基础工程的教学、科研和工程应用软件的开发、土工试验、地基及桩基检测、路基路面测试等工作,主持或参加完成国家自然科学基金项目、交通部“九五”联合攻关项目及其他部、省基金等科研项目 20 余项;在《中国公路学报》、《岩土工程学报》、《工程力学》等国内外学术刊物上发表学术论文 90 余篇,出版专著、教材 8 本;成果鉴定 8 项,分别达到国际领先或先进等水平,获国家教学成果奖 1 项,部省和厅局级教学或科研成果奖 7 项。

出版者:武汉理工大学出版社(武汉市武昌珞狮路 122 号 邮编:430070)

<http://www.techbook.com.cn> 理工图书网

印刷者:武汉理工大印刷厂

发行者:各地新华书店

开本:880×1230 1/16

印张:22.75

字数:737 千字

版次:2009 年 11 月第 3 版

印次:2010 年 3 月第 26 次印刷

印数:173001—183000 册

定价:38.00 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 87397097 87383695

# 普通高等学校土木工程专业新编系列教材 编 审 委 员 会

(第3版)

顾 问:成文山 滕智明 罗福午 李少甫 甘绍熿  
施楚贤 白绍良 彭少民 范令惠  
主 任:江见鲸 吕西林 雷绍锋  
副主任:朱宏亮 赵均海 刘伟庆 辛克贵 袁海庆 吴培明  
刘立新 赵明华 朱彦鹏 徐礼华 戴国欣

委 员:(按姓氏笔画顺序排列)

毛鹤琴 王天稳 王社良 邓铁军 白晓红 包世华  
田道全 叶献国 卢文胜 江见鲸 吕西林 刘立新  
刘长滨 刘永坚 刘伟庆 朱宏亮 朱彦鹏 孙家齐  
过静君 闵小莹 李世蓉 李必瑜 李启令 吴培明  
吴炜煜 辛克贵 何铭新 汤康民 陈志源 汪梦甫  
张立人 张建平 邵旭东 罗福午 周 云 赵明华  
赵均海 尚守平 杨 平 杨志勇 柳炳康 胡敏良  
俞 晓 桂国庆 袁海庆 徐 伟 徐礼华 秦建平  
蒋沧如 彭少民 覃仁辉 雷俊卿 雷绍锋 蔡德明  
廖 莎 燕柳斌 戴国欣

总责任编辑:刘永坚 田道全

秘 书 长:蔡德明

# 出版说明

(第3版)

1998年教育部颁布了新的高等学校本科专业目录,将“建筑工程专业”拓宽为“土木工程专业”。为了适应专业拓宽后教学的需要,解决教材缺乏的燃眉之急,我们于2000年率先组织编写并出版了“普通高等学校土木工程专业新编系列教材”。这套教材经中国土木工程学会教育工作委员会审订,并向全国高等学校推荐之后,已被众多高等学校选用,同时也得到了广大师生和社会的好评。其中多种教材荣获教育部全国高等学校优秀教材奖或优秀畅销书奖,多数被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。截至2006年底,单本书销量最高的已达几十万册。这充分说明了教材编审委员会关于教材的定位、内容、特色和编写宗旨符合土木工程专业的教学要求,满足了专业建设的急需,但它仍然存在缺点和不足。随着我国土木工程建设领域国家标准、规范的修订和高等工程教育教学改革的新发展,教材编审委员会于2003年及时对本套教材进行了第2次修订,并根据高等学校土木工程专业本科教学的需要,增补出版了13种教材。

教材必须及时反映我国土木工程领域科学技术的最新发展,以及高等工程教育教学改革所取得的阶段性成果。根据这些要求,教材编审委员会决定2007年对本套教材进行第3次修订,教材编审委员会的成员也将进行相应的增补和调整。

(1)在教学过程中使用本套教材的各高等学校土木工程专业的师生,积极支持我社开展的教材审读活动,并根据教学实践提出了很多中肯的意见和建议,我们尽管在教材重印时及时做了局部修改,但仍感到存在一些问题,需要做较系统的修订。

(2)第3版教材的修订将及时反映当前土木工程建设领域发展的最新成果,尤其是新材料、新技术、新工艺和新设备,使教材内容与国家和行业最新颁布的标准、规范同步。

(3)第3版教材的修订将更准确地体现高等学校土木工程专业指导委员会为土木工程专业教学制定的《土木工程专业本科(四年制)培养目标和毕业生基本规格》、《专业基础课程教学大纲》、《专业课群组核心课程教学大纲》等文件精神。教材将在宽口径土木工程专业的建设方面进行认真探索,并为高等工程教育人才培养提供新的经验。

(4)第3版教材的修订将注重教材的立体化建设,充分利用多媒体教学手段以提高教学质量。我们配合中国土木工程学会教育工作委员会举办了“首届全国高等学校土木工程专业多媒体教学课件竞赛”活动,并将从获奖作品中遴选相关课程的优秀课件正式出版。

第3版教材的修订工作仍将秉承教材编审委员会既定的宗旨,把教材的内容质量放在第一位,并力求更好地满足教学需要。我们更希望广大师生能一如既往地关注本套教材,并及时反馈各校专业建设和教学改革的意见和建议,以便我们再次修订,将本套教材打造成名副其实的精品教材。

武汉理工大学出版社

2007.5

## 第3版前言

首先,诚挚地感谢广大读者对《土力学与基础工程》的厚爱,现在第3版又与读者见面了。

本书的内容仍然包括土木工程专业(本科)的“土力学”与“基础工程”两门重要的专业基础课程。

本次再版是按照正式颁布的中华人民共和国国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、中华人民共和国行业标准《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTGD63—2007)等相关规范,并参照全国高等学校土木工程专业指导委员会于2002年10月编制的“土力学”与“基础工程”课程教学大纲进行修编的,对原书中的部分内容进行了相应的修改。尽量将建筑工程与交通土建的内容融合在一起,更加适应于“大土木”的培养目标;并对原书中正文、插图、例题、表格中发现的一些错误和不妥之处一并做了订正。

本书仍分为12章,第1、6、8章由赵明华编写,第2、4章由曹喜仁编写,第3、9章由邹新军编写,第5章由张季如编写,第7章由俞晓编写,第10章由陈昌富编写,第11章由王协群编写,第12章由俞晓、雷学文编写。由赵明华任主编,俞晓任副主编,王贻荪任主审。

一本适合于教学工作的教材,往往要通过反复教学使用,发现其中存在的问题,进行多次修订才能逐步完善。对于本书中的错误或不妥之处,热忱欢迎读者批评指正。

编者

2008年8月

# 目 录

<b>1 绪论</b> .....	(1)
1.1 土力学、地基及基础的概念 .....	(1)
1.2 本课程的特点和学习要求 .....	(2)
1.3 本学科发展概况 .....	(2)
<b>2 土的性质及工程分类</b> .....	(4)
2.1 概述 .....	(4)
2.2 土的三相组成及土的结构 .....	(4)
2.2.1 土的固体颗粒(固相) .....	(4)
2.2.2 土中水和气 .....	(9)
2.2.3 土的结构和构造 .....	(13)
2.3 土的物理性质指标 .....	(16)
2.3.1 指标的定义 .....	(16)
2.3.2 指标的换算 .....	(18)
2.4 无黏性土的密实度 .....	(19)
2.5 黏性土的物理特性 .....	(20)
2.5.1 黏性土的界限含水量 .....	(20)
2.5.2 黏性土的塑性指数和液性指数 .....	(21)
2.5.3 黏性土的灵敏度和触变性 .....	(22)
2.6 土的渗透及渗流 .....	(22)
2.6.1 土的渗透性 .....	(23)
2.6.2 二维渗流及流网 .....	(25)
2.6.3 动水力及渗流破坏 .....	(29)
2.7 土的压实性及动力特性 .....	(31)
2.7.1 土的压实原理 .....	(31)
2.7.2 击实试验及其影响因素 .....	(32)
2.7.3 土的振动液化 .....	(35)
2.7.4 土的动力特征参数简介 .....	(38)
2.8 地基土(岩)的工程分类 .....	(39)
2.8.1 岩石 .....	(40)
2.8.2 碎石土 .....	(40)
2.8.3 砂土 .....	(41)
2.8.4 粉土 .....	(41)
2.8.5 黏性土 .....	(42)
2.8.6 人工填土 .....	(42)
2.8.7 特殊土 .....	(42)
2.8.8 细粒土按塑性图分类 .....	(43)
思考题 .....	(44)
习题 .....	(44)
<b>3 土中应力计算</b> .....	(46)
3.1 土的自重应力 .....	(46)

3.1.1	均质土的自重应力	(46)
3.1.2	成层土的自重应力	(47)
3.2	基底压力	(48)
3.2.1	基底压力分布	(48)
3.2.2	基底压力的简化计算	(48)
3.2.3	基底附加压力	(49)
3.3	地基附加应力	(50)
3.3.1	竖向集中力下的地基附加应力	(50)
3.3.2	分布荷载作用下地基附加应力	(52)
3.3.3	非均质和各向异性地基中的附加应力	(62)
3.4	有效应力原理	(63)
3.4.1	毛细水上升时土中有效自重应力的计算	(64)
3.4.2	土中水渗流时(一维渗流)有效应力计算	(65)
	思考题	(66)
	习题	(67)
4	土的变形性质及地基沉降计算	(69)
4.1	土的压缩性	(69)
4.1.1	基本概念	(69)
4.1.2	压缩试验及压缩性指标	(69)
4.1.3	土的载荷试验及变形模量	(73)
4.1.4	旁压试验及旁压模量	(76)
4.2	地基最终沉降量计算	(77)
4.2.1	分层总和法	(77)
4.2.2	《建筑地基基础设计规范》方法	(81)
4.2.3	弹性力学方法	(85)
4.2.4	最终沉降量方法讨论	(86)
4.2.5	地基最终沉降量的组成	(87)
4.3	应力历史对地基沉降的影响	(88)
4.3.1	天然土层应力历史	(88)
4.3.2	先期固结压力 $p_c$ 的确定	(88)
4.3.3	考虑应力历史影响的地基最终沉降计算	(89)
4.4	地基变形与时间的关系	(91)
4.4.1	饱和土的渗透固结	(91)
4.4.2	太沙基一维固结理论	(92)
4.4.3	实测沉降-时间关系的经验公式	(96)
	思考题	(96)
	习题	(97)
5	土的抗剪强度	(99)
5.1	土的抗剪强度概述	(99)
5.1.1	库仑公式	(99)
5.1.2	莫尔-库仑强度理论	(100)
5.2	抗剪强度的测定方法	(102)
5.2.1	直接剪切试验	(102)
5.2.2	三轴压缩试验	(103)
5.2.3	无侧限抗压强度试验	(105)



5.2.4	十字板剪切试验	(106)
5.3	孔隙压力系数	(107)
5.3.1	孔隙压力系数 $A$ 和 $B$	(107)
5.3.2	亨开尔孔隙压力系数	(109)
5.4	土的抗剪强度指标	(109)
5.4.1	黏性土在不同固结和排水条件下的抗剪强度指标	(110)
5.4.2	黏性土的残余强度指标	(115)
5.4.3	无黏性土的抗剪强度指标	(116)
5.4.4	抗剪强度指标的选择	(117)
5.5	应力路径	(118)
5.5.1	应力路径的基本概念	(118)
5.5.2	三轴压缩试验中的总应力路径和有效应力路径	(118)
5.5.3	土木工程中的应力路径问题简述	(120)
	思考题	(121)
	习题	(121)
<b>6</b>	<b>土压力、地基承载力和土坡稳定</b>	<b>(122)</b>
6.1	概述	(122)
6.2	作用在挡土墙上的土压力	(123)
6.3	朗金土压力理论	(124)
6.3.1	基本概念	(124)
6.3.2	主动土压力	(124)
6.3.3	被动土压力	(125)
6.3.4	其他几种情况下的土压力计算	(127)
6.4	库仑土压力理论	(129)
6.4.1	基本假定	(129)
6.4.2	主动土压力	(129)
6.4.3	被动土压力	(130)
6.4.4	黏性土的库仑土压力理论	(131)
6.4.5	《建筑地基基础设计规范》推荐的公式	(132)
6.4.6	楔体试算法	(132)
6.4.7	土压力计算的几个应用问题	(133)
6.5	挡土墙设计	(134)
6.5.1	挡土墙类型选择	(134)
6.5.2	挡土墙的计算	(135)
6.5.3	重力式挡土墙的构造措施	(138)
6.6	加筋土挡土墙简介	(138)
6.6.1	面板	(139)
6.6.2	筋带	(139)
6.6.3	填料	(139)
6.6.4	加筋土的设计计算	(140)
6.7	地基破坏形式及地基承载力	(141)
6.7.1	地基的破坏形式	(141)
6.7.2	地基承载力	(142)
6.8	地基的极限承载力	(144)
6.8.1	普朗德尔公式	(144)

6.8.2	太沙基公式 .....	(145)
6.8.3	汉森公式 .....	(145)
6.8.4	地基承载力的安全度 .....	(147)
6.9	土坡和地基的稳定分析 .....	(147)
6.9.1	无黏性土坡的稳定性分析 .....	(148)
6.9.2	黏性土坡的稳定性分析 .....	(148)
6.9.3	地基的稳定性分析 .....	(149)
	思考题 .....	(150)
	习题 .....	(151)
<b>7</b>	<b>浅基础设计</b> .....	<b>(152)</b>
7.1	地基基础设计的基本原则 .....	(152)
7.1.1	概述 .....	(152)
7.1.2	概率极限设计方法与极限状态设计原则 .....	(153)
7.1.3	地基基础设计基本规定 .....	(153)
7.2	浅基础的类型 .....	(155)
7.2.1	无筋扩展基础 .....	(155)
7.2.2	扩展基础 .....	(157)
7.2.3	柱下条形基础 .....	(158)
7.2.4	筏形基础 .....	(158)
7.2.5	壳体基础 .....	(159)
7.2.6	岩层锚杆基础 .....	(159)
7.3	基础埋置深度的选择 .....	(159)
7.3.1	建筑结构条件与场地环境条件 .....	(159)
7.3.2	工程地质条件 .....	(160)
7.3.3	水文地质条件 .....	(160)
7.3.4	地基冻融条件 .....	(161)
7.4	地基承载力 .....	(163)
7.4.1	按土的抗剪强度指标确定 .....	(164)
7.4.2	按地基载荷试验确定 .....	(165)
7.4.3	按地基规范承载力表确定 .....	(167)
7.5	基础底面尺寸的确定 .....	(171)
7.5.1	按地基持力层的承载力计算基底尺寸 .....	(171)
7.5.2	软弱下卧层的验算 .....	(173)
7.6	地基变形验算 .....	(177)
7.6.1	地基变形特征 .....	(177)
7.6.2	地基变形验算 .....	(178)
7.7	扩展基础设计 .....	(180)
7.7.1	扩展基础的构造要求 .....	(180)
7.7.2	扩展基础的计算 .....	(182)
7.8	柱下钢筋混凝土条形基础设计 .....	(189)
7.8.1	地基基础与上部结构相互作用的概念 .....	(189)
7.8.2	柱下钢筋混凝土条形基础设计 .....	(190)
7.9	筏形基础设计 .....	(199)
7.9.1	构造要求 .....	(199)
7.9.2	筏形基础的结构和内力计算 .....	(199)

7.10	减轻不均匀沉降损害的措施	(202)
7.10.1	建筑措施	(203)
7.10.2	结构措施	(205)
7.10.3	施工措施	(207)
	思考题	(207)
	习题	(207)
<b>8</b>	<b>桩基础</b>	<b>(209)</b>
8.1	概述	(209)
8.1.1	桩基础的适用性	(209)
8.1.2	桩基设计内容	(210)
8.1.3	桩基设计原则	(210)
8.2	桩和桩基的分类与质量检测	(211)
8.2.1	桩基的分类	(211)
8.2.2	桩的分类	(211)
8.2.3	桩的质量检验	(215)
8.3	竖向荷载下单桩的工作性能	(215)
8.3.1	桩的荷载传递	(215)
8.3.2	桩侧摩阻力和桩端阻力	(216)
8.3.3	单桩的破坏模式	(217)
8.3.4	桩侧负摩阻力	(217)
8.4	单桩竖向承载力的确定	(219)
8.4.1	按材料强度确定	(219)
8.4.2	按单桩竖向抗压静载试验确定	(220)
8.4.3	按土的抗剪强度指标确定	(221)
8.4.4	按静力触探法确定	(222)
8.4.5	按经验参数确定	(222)
8.4.6	按动力试桩法确定	(226)
8.4.7	桩的抗拔承载力	(226)
8.4.8	单桩竖向承载力特征值	(227)
8.5	桩的水平承载力与位移	(228)
8.5.1	水平荷载下基础的受力特性	(228)
8.5.2	单桩水平静载试验	(228)
8.5.3	水平受荷桩的内力及位移分析	(229)
8.6	群桩基础计算	(233)
8.6.1	群桩的工作特点	(233)
8.6.2	承台下土对荷载的分担作用	(234)
8.6.3	复合基桩的竖向承载力特征值	(234)
8.6.4	桩顶作用效应简化计算	(235)
8.6.5	基桩竖向承载力验算	(236)
8.6.6	桩基软弱下卧层承载力验算	(237)
8.6.7	桩基竖向抗拔承载力及负摩阻力验算	(237)
8.6.8	桩基水平承载力验算	(238)
8.6.9	桩基沉降验算	(239)
8.7	桩基础设计	(239)
8.7.1	收集设计资料	(240)

8.7.2	桩型、桩长和截面尺寸选择	(240)
8.7.3	桩数及桩位布置	(241)
8.7.4	桩身截面强度计算	(242)
8.7.5	承台设计	(243)
	思考题	(248)
	习题	(248)
<b>9</b>	<b>沉井基础及其他深基础</b>	(249)
9.1	概述	(249)
9.1.1	沉井的作用及适用条件	(249)
9.1.2	沉井的分类	(249)
9.1.3	沉井基础的构造	(251)
9.2	沉井的施工	(252)
9.2.1	旱地沉井施工	(252)
9.2.2	水中沉井施工	(254)
9.2.3	泥浆套和空气幕下沉沉井施工简介	(254)
9.2.4	沉井下沉过程中遇到的问题及处理	(255)
9.3	沉井的设计与计算	(256)
9.3.1	沉井作为整体深基础的计算	(256)
9.3.2	沉井施工过程中的结构强度计算	(259)
9.3.3	浮运沉井计算要点	(263)
9.4	沉井基础算例	(264)
9.4.1	设计资料	(264)
9.4.2	沉井高度及各部分尺寸	(265)
9.4.3	荷载计算	(265)
9.4.4	基底应力验算	(266)
9.4.5	横向抗力验算	(266)
9.4.6	沉井自重下沉验算	(266)
9.4.7	刃脚受力验算	(267)
9.4.8	井壁受力验算	(269)
9.5	其他深基础简介	(269)
9.5.1	墩基础	(270)
9.5.2	地下连续墙	(270)
	思考题	(271)
	习题	(272)
<b>10</b>	<b>基坑工程</b>	(273)
10.1	概述	(273)
10.1.1	基坑工程的概念及特点	(273)
10.1.2	基坑支护结构的类型及适用条件	(273)
10.1.3	基坑支护工程设计原则和设计内容	(275)
10.1.4	作用于支护结构上的荷载及土压力计算	(275)
10.2	排桩、地下连续墙支护结构	(276)
10.2.1	悬臂式桩(墙)计算	(276)
10.2.2	单层支锚桩(墙)计算	(279)
10.2.3	多支点桩(墙)计算	(281)
10.3	水泥土桩墙支护结构	(282)

10.3.1	概述	(282)
10.3.2	水泥土桩墙计算	(283)
10.3.3	水泥土桩墙变形计算	(285)
10.3.4	水泥土桩墙构造要求及设计特性	(285)
10.4	土钉支护结构	(286)
10.4.1	概述	(286)
10.4.2	土钉支护结构参数的确定	(286)
10.4.3	土钉抗力设计	(286)
10.4.4	土钉墙支护内部稳定分析	(287)
10.4.5	土钉墙外部稳定性分析	(288)
10.5	基坑稳定性分析	(289)
10.5.1	概述	(289)
10.5.2	基坑整体稳定性分析	(289)
10.5.3	支护结构踢脚稳定性分析	(289)
10.5.4	基坑底抗隆起稳定性分析	(290)
10.5.5	基坑渗流稳定性分析	(291)
10.6	地下水控制	(291)
10.6.1	概述	(291)
10.6.2	集水明排法	(292)
10.6.3	降水法	(292)
10.6.4	截水与回灌	(293)
10.7	基坑现场监测与信息化施工	(293)
10.7.1	基坑现场监测	(293)
10.7.2	基坑信息化施工	(294)
	思考题	(295)
	习题	(295)
<b>11</b>	<b>区域性地基及其他</b>	<b>(296)</b>
11.1	概述	(296)
11.2	湿陷性黄土地基	(296)
11.2.1	黄土的特征和分布	(296)
11.2.2	黄土湿陷发生原因及影响因素	(297)
11.2.3	黄土地基的湿陷性评价及勘察要求	(298)
11.2.4	湿陷性黄土地基的工程措施	(300)
11.3	膨胀土地基	(301)
11.3.1	膨胀土的特征及对建筑物的破坏	(301)
11.3.2	影响膨胀土胀缩变形的主要因素	(302)
11.3.3	膨胀土地基勘察和评价	(302)
11.3.4	膨胀土地基计算和工程措施	(304)
11.4	山区地基和红黏土地基	(305)
11.4.1	土岩组合地基	(305)
11.4.2	岩溶	(306)
11.4.3	土洞地基	(307)
11.4.4	红黏土地基	(308)
11.5	冻土地基及盐渍土地基	(308)
11.5.1	冻土地基概述	(308)

11.5.2	冻土物理和力学性能	(309)
11.5.3	冻土地基基础设计与处理	(313)
11.5.4	盐渍土地基概述	(313)
11.5.5	盐渍土的分类	(313)
11.5.6	盐渍土地基的评价	(314)
11.5.7	盐渍土地区施工及防腐措施	(315)
11.6	地震区地基及动力机器基础	(316)
11.6.1	概述	(316)
11.6.2	动力机器基础设计原理	(316)
11.6.3	地基基础抗震设计	(318)
	思考题	(322)
	习题	(323)
<b>12</b>	<b>地基处理</b>	(324)
12.1	概述	(324)
12.1.1	软弱地基的特征	(324)
12.1.2	地基处理方法确定	(325)
12.2	复合地基理论	(326)
12.2.1	复合地基的概念与分类	(326)
12.2.2	复合地基作用机理及设计参数	(326)
12.2.3	复合地基承载力确定	(327)
12.2.4	复合地基变形计算	(328)
12.3	换填垫层法	(329)
12.3.1	换填垫层法的原理	(329)
12.3.2	垫层的设计要点	(329)
12.3.3	施工要点	(331)
12.4	重锤夯实与强夯法	(331)
12.4.1	重锤夯实法	(331)
12.4.2	强夯法	(332)
12.5	排水固结法	(333)
12.5.1	加固原理与应用条件	(333)
12.5.2	堆载预压法设计计算	(334)
12.5.3	真空预压法及其设计要点	(337)
12.6	砂石桩法	(337)
12.6.1	砂石桩的作用原理	(337)
12.6.2	砂石桩的设计要点	(338)
12.7	水泥土搅拌桩法	(339)
12.7.1	加固机理	(339)
12.7.2	水泥土搅拌桩法的特点及适用范围	(339)
12.7.3	水泥土搅拌桩法的设计要点	(339)
12.8	高压喷射注浆法与深层搅拌法	(340)
12.8.1	分类及形式	(340)
12.8.2	特点及适用范围	(341)
12.8.3	设计要点	(341)
12.9	土工合成材料	(341)
12.9.1	特点和适用范围	(341)

12.9.2 作用原理.....	(342)
12.10 托换技术 .....	(342)
12.10.1 桩式托换 .....	(343)
12.10.2 灌浆托换 .....	(344)
思考题.....	(345)
习题.....	(345)
<b>参考文献</b> .....	<b>(346)</b>

# 1 绪 论

## 1.1 土力学、地基及基础的概念

土是矿物或岩石碎屑构成的松软集合体。由于其形成年代、生成环境及物质成分不同,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黏土、膨胀土和杂填土等,其性质各不相同。因此在建筑物设计前,必须充分了解、研究建筑场地相应土(岩)层的成因、构造、地下水情况、土的工程性质、是否存在不良地质现象等,对场地的工程地质条件作出正确的评价。

土力学是利用力学的一般原理,研究土的物理、化学和力学性质及土体在荷载、水、温度等外界因素作用下工程性状的应用科学。它是力学的一个分支,是本课程的理论基础。由于土力学的研究对象是以矿物颗粒组成骨架的松散颗粒集合体,其物理、化学和力学性质与一般刚性或弹性固体以及流体等都不同。因此,必须通过专门的土工试验技术进行探讨。

任何建筑物都建造在一定的地层(土层或岩层)上。通常把支承基础的土体或岩体称为地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。若地基软弱、承载力不能满足设计要求,则需对地基进行加固处理(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),称为人工地基。

基础是将结构承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分(图 1.1),一般应埋入地下一定的深度,进入较好的地层。根据基础的埋置深度不同可分为浅基础和深基础。通常把埋置深度不大(3~5 m),只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础称为浅基础;反之,若浅层土质不良,须把基础埋置于深处的好地层时,就得借助于特殊的施工方法,建造各种类型的深基础(如桩基、墩基、沉井和地下连续墙等)。

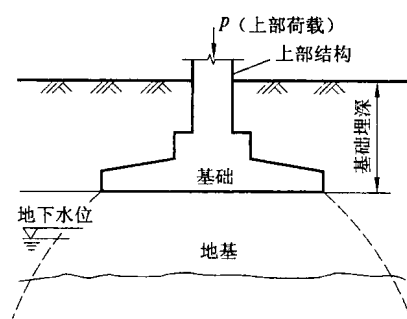


图 1.1 地基及基础示意图

地基与基础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。

地基与基础是建筑物的根本,统称为基础工程,其勘察、设计和施工质量的好坏将直接影响到建筑物的安危、经济和正常使用。由于基础工程是在地下或水下进行,施工难度大,在一般高层建筑中,其造价约占总造价的 25%,工期占总工期的 25%~30%。当需采用深基础或人工地基时,其造价和工期所占比例更大。此外,基础工程为建筑物的隐蔽工程,一旦出事,不仅损失巨大,且补救十分困难,因此基础工程在土木工程中具有十分重要的作用。

随着我国基本建设的发展,大型、重型、高层建筑和有特殊要求的建筑物日益增多,在基础工程设计与施工方面积累了不少成功的经验。国外也有不少成功的典范,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 1.2),由 65 个圆柱形筒仓组成,高 31 m,宽 23.5 m,其下为筏板基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达 16 m 的软黏土层,建成后初次贮存谷物时,基底压力(320 kPa)超过了地基极限承载力,致使谷仓西侧突然陷入土中 8.8 m,东侧则抬高 1.5 m,仓身整体倾斜  $26^{\circ}53'$ 。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失稳定性的典型范例。由于该谷仓整体性很强,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 50 t 的千斤顶,才将筒仓纠正过来,但其标高比原来降低了 4 m。

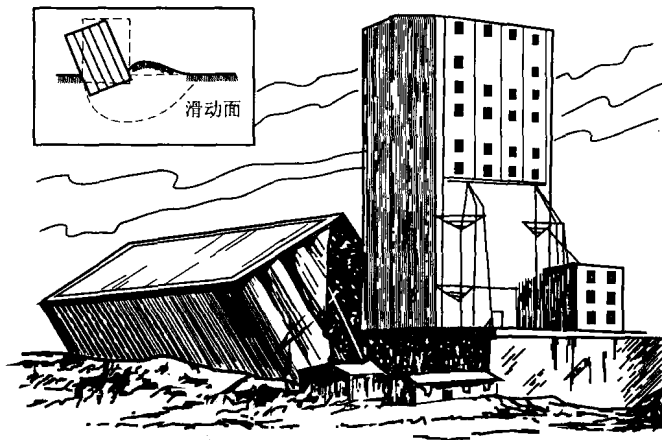


图 1.2 加拿大特朗斯康谷仓的地基破坏情况

世界著名的意大利比萨斜塔,1173 年动工,高约 55 m,因地基压缩层不均、排水缓慢,北侧下沉 1 m 多,南侧下沉近 3 m。1932 年曾灌注 1000 t 水泥,也未奏效,每年仍下沉约 1 mm。目前正在处理之中。再如我国 1954 年兴建的上海工业展览馆中央大厅,因地基中约有 14 m 厚的淤泥质软黏土,尽管采用了 7.27 m 的箱形基础,建成后当年仍下沉了 0.6 m,目前大厅平均沉降达 1.6 m。

大量事故表明,对基础工程必须慎重对待。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,又能保证质量。

## 1.2 本课程的特点和学习要求

本课程包括土力学(专业基础)和基础工程(专业)两部分,是土木工程专业的一门主干课程。其涉及工程地质学、结构设计和施工等几个学科领域,内容广泛,综合性、理论性和实践性很强。从土木工程专业的要求出发,学习时应重视工程地质学的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力;牢固掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,并能应用这些基本概念和原理,结合有关结构理论和施工知识,分析和解决地基基础问题。

全书共分为 12 章。第 1 章为绪论;第 2 章介绍了土的物理性质及其工程分类,是本课程的基本知识;第 3 章至第 5 章是土力学的基本理论部分,也是本课程的重点内容,主要介绍了各种情况下土中的应力分布、土的压缩特性、地基沉降计算、土的抗剪强度及极限平衡概念等,并扼要地介绍了土工试验的有关知识;第 6 章主要介绍了土压力、挡土墙的设计计算方法及土坡的稳定性分析;第 7 章至第 12 章属于基础工程内容,是运用土力学理论解决工程设计中的地基与基础问题,其主要包括浅基础、深基础、基坑支护、特殊土地基和地震区地基基础的设计计算,以及软弱土地基的处理方法等内容。

在本课程的学习中,必须自始至终抓住土的变形、强度和稳定性问题这一重要线索,并特别注意认识土的多样性和易变性等特点。此外,还必须掌握有关的土工试验技术及地基勘察知识,对建筑场地的工程地质条件作出正确的评价,才能运用土力学的基本知识去正确解决基础工程中的疑难问题。

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,本书在涉及到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。

## 1.3 本学科发展概况

土力学与基础工程既是一门古老的工程技术,又是一门新型的应用科学。由于生产的发展和生活上