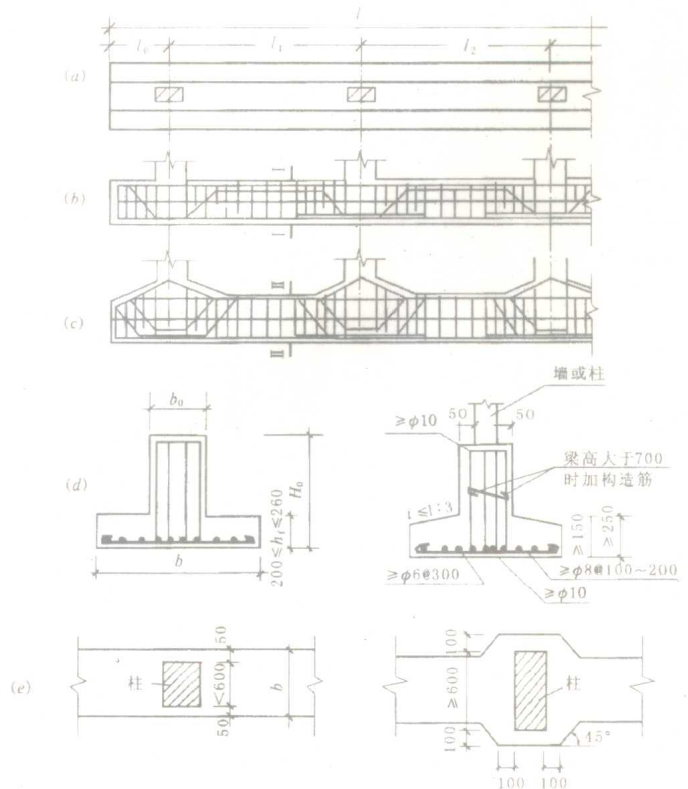


普通高等学校土木工程专业新编系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会 审定

土力学与基础工程

T L X Y J C G C

赵明华 主编
王贻荪 主审



WUTP

武汉工业大学出版社

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 审定

土力学与基础工程

主编 赵明华
主审 王贻荪

武汉工业大学出版社

内 容 简 介

《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。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与基础工程/赵明华主编. —武汉:武汉工业大学出版社,2000.7
ISBN 7-5629-1554-7

I. 土… II. 赵… III. ①土力学②地基-基础(工程) IV. T04

出版者:武汉工业大学出版社(武汉市:武昌珞狮路122号 邮编:430070)

印刷者:武汉工业大学出版社印刷厂

发行者:各地新华书店

开 本:880×1230 1/16 印张:17.5 字数:574千字

版 次:2000年7月第1版 2000年7月第1次印刷

书 号:ISBN 7-5629-1554-7/TU·140

印 数:1—10000册

定 价:24.50元

(本书如有印装质量问题,请向承印厂调换)

普通高等学校土木工程专业新编系列教材 编 审 委 员 会

顾 问：成文山 滕智明 罗福午 魏明钟 李少甫

甘绍焄 施楚贤 白绍良 彭少民 范令惠

主 任：江见鲸 吕西林 高鸣涵

副主任：朱宏亮 辛克贵 袁海庆 吴培明 李世蓉

苏三庆 刘立新 赵明华 孙成林

委 员：(按姓氏笔画顺序排列)

于书翰 丰定国 毛鹤琴 甘绍焄 白绍良

白晓红 包世华 田道全 成文山 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 孙成林 过静君

李少甫 李世蓉 李必瑜 吴培明 吴炎海

辛克贵 苏三庆 何铭新 汤康民 陈志源

罗福午 周 云 赵明华 赵均海 尚守平

施楚贤 柳炳康 姚甫昌 胡敏良 俞 晓

桂国庆 顾敏煜 徐茂波 袁海庆 高鸣涵

蒋沧如 谢用九 彭少民 覃仁辉 蔡德明

燕柳斌 魏明钟

总责任编辑：刘永坚 田道全

秘 书 长：蔡德明

出版说明

1998年7月,教育部颁布了新的普通高等学校本科专业目录,1999年全国高等学校都已按新的专业目录招生。新的土木工程专业专业面大大拓宽,相应的专业业务培养目标、业务培养要求、主干学科、主要课程、主要实践性教学环节等都有了不同程度的变化。原有的教材已经不能适应新专业的培养目标和教学要求,组织一套新的土木工程专业系列教材成为众多院校的翘首之盼。武汉工业大学出版社在中国土木工程学会教育工作委员会的指导和帮助下,经过大量的调研,组织国内29所大学的土木工程学科的教授共同编写了这套系列教材。

本套教材的主、参编人员及编委会顾问遵照1998年1月建设部全国土木建筑工程专业教学指导委员会昆明会议和1998年5月上海的全国土木工程专业系主任会议的精神,经过充分研讨,决定首批编写出版29种主干课程的教材,以尽快满足全国众多院校的教学需要,以后再根据专业方向的需要逐步增补。中国土木工程学会教育工作委员会组织专家审查了本套教材的编写大纲,决定将其作为“中国土木工程学会教育工作委员会审定教材”出版。作为一套全新的系列教材,本套教材的“新”体现在以下几点:

体系新——本套教材从“大土木”的专业要求出发,从整体上考虑专业的课程设置和各部门课程的内容安排,按照教学改革方向要求的学时统一协调与整合,组成一套完整的、各门课程有机联系的系列。整套教材的编写除正文外,大多增加了本章提要、本章重点、例题详解、思考题、习题等,以使教材既适合教学需要,又便于学生自学。

内容新——本套教材中各门课程教材的主、参编人员特别注意了教材内容的更新和吸收各校教学改革的阶段性成果,以适应21世纪土木工程人才的培育要求。

规范新——本套教材中凡涉及土木工程规范的全部采用国家颁布的最新规范。

本套教材是新专业目录颁布实施后的第一套土木工程专业系列教材,是面向新世纪、适应新专业的一套全新的教材。能为新世纪土木工程专业的教材建设贡献微薄之力,自是我们应尽的责任和义务,我们感到十分欣慰。然而,正因其为第一套教材,尽管我们的编审者、编辑出版者夙兴夜寐、尽心竭力,不敢稍有懈怠,它仍然还会存在缺点和不足。嚶其鸣矣,求其友声,我们诚恳地希望选用本套教材的广大师生在使用过程中给我们多提意见和建议,以便我们不断修改、完善全套教材,共同为教育事业的发展作出贡献。

武汉工业大学出版社

2000.2

前 言

“土力学”与“基础工程”是土木工程专业的主干课程。随着科学技术的高速发展,国内外高层建筑、大型桥梁工程的大量兴建,土力学的理论和实践也有了很大的进步,特别是各项新的国家标准的颁布,在土工设计、计算、试验诸方面都有了新的准绳。基础工程技术高速发展,软土地基处理技术日新月异。为了能更好地满足我国教育部新颁布的专业目录及面向 21 世纪土木工程专业培养方案,特以我国原“建筑工程专业”和“交通土建专业”所需土力学和基础工程基础知识为基准,适当吸取国内外比较成熟的新理论、新工艺、新技术,并考虑到我国高等教育现状,绝大多数学校在一个长时期内仍以建筑工程为主要培养方向,而编出的以建筑工程方向为主体和中心,兼顾其它方向的“土力学与基础工程”教科书。

与本教科书相应的“土力学与基础工程”的课程学时分配(参考)如下:

学时分配参考表

章 节	学 时	其 中	
		理 论 教 学	实 践 教 学
1	1	1	
2	8	6	2
3	5	5	
4	8	6	2
5	8	6	2
6	10	10	
7	10	10	
8	10	10	
9	6	6	
10	4	4	
合 计	70	64	6

教师在教学过程中可根据不同的专业方向有所侧重地选学不同内容。

本书为普通高等学校土木工程专业新编系列教材之一,由普通高等学校土木工程专业新编系列教材编审委员会组织撰稿。由湖南大学赵明华主编,湖南大学王贻荪主审。其中第 1、6、8 章由湖南大学赵明华编写;第 2、3、4 章由湖南大学曹喜仁编写;第 5 章由武汉工业大学张季如编写;第 7 章由武汉科技大学俞晓编写;第 9 章由武汉科技大学雷学文编写;第 10 章由武汉工业大学王协群编写。全书由中国土木工程学会教育工作委员会审定。

限于编者水平,不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2000 年 7 月

目 录

前言	(1)
1 绪论	(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	(3)
2 土的性质及工程分类	(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	(8)
2.2.3 土的结构和构造	(11)
2.3 土的物理性质指标	(12)
2.3.1 指标的定义	(12)
2.3.2 指标的换算	(14)
2.4 无粘性土的密实度	(16)
2.5 粘性土的物理特性	(17)
2.5.1 粘性土的界限含水量	(17)
2.5.2 粘性土的塑性指数和液性指数	(18)
2.5.3 粘性土的灵敏度和触变性	(18)
2.6 土的渗透性	(19)
2.6.1 土的渗透定理	(19)
2.6.2 渗流力与渗流稳定性分析	(21)
2.6.3 二维渗流及流网	(22)
2.6.4 土的毛细性质及冻胀	(23)
2.7 土的压实原理	(26)
2.7.1 击实试验	(27)
2.7.2 影响击实效果的因素	(27)
2.7.3 压实特性在现场填土中的应用	(28)
2.8 地基土(岩)的工程分类	(28)
2.8.1 岩石	(28)
2.8.2 碎石土	(29)
2.8.3 砂土	(29)
2.8.4 粉土	(29)
2.8.5 粘性土	(30)
2.8.6 人工填土	(30)
2.8.7 特殊土	(30)
2.8.8 细粒土按塑性图分类	(31)
思考题	(32)
习题	(32)
3 土中应力计算	(34)

3.1	土的自重应力	(34)
3.1.1	均质土的自重应力	(34)
3.1.2	成层土的自重应力	(35)
3.2	基底压力	(36)
3.2.1	基底压力分布	(36)
3.2.2	基底压力的简化计算	(36)
3.2.3	基底附加压力	(37)
3.3	地基附加应力	(38)
3.3.1	竖向集中力下的地基附加应力	(38)
3.3.2	分布荷载下地基附加应力	(40)
3.3.3	非均质和各向异性地基中的附加应力	(49)
3.4	有效应力原理	(51)
3.4.1	毛细水上升时土中有效自重应力的计算	(52)
3.4.2	土中水渗流时(一维渗流)有效应力计算	(52)
	思考题	(54)
	习题	(54)
4	土的变形性质及地基沉降计算	(56)
4.1	土的压缩性	(56)
4.1.1	基本概念	(56)
4.1.2	压缩试验及压缩性指标	(56)
4.1.3	土的载荷试验及变形模量	(59)
4.1.4	旁压试验及旁压模量	(62)
4.2	地基最终沉降量计算	(63)
4.2.1	分层总和法	(63)
4.2.2	《建筑地基基础设计规范》方法	(66)
4.2.3	弹性力学方法	(71)
4.3	应力历史对地基沉降的影响	(71)
4.3.1	天然土层应力历史	(71)
4.3.2	先期固结压力 p_c 的确定	(72)
4.3.3	考虑应力历史影响的地基最终沉降计算	(72)
4.4	地基变形与时间的关系	(74)
4.4.1	饱和土的渗透固结	(74)
4.4.2	太沙基一维固结理论	(75)
4.4.3	实测沉降-时间关系的经验公式	(79)
4.5	地基沉降计算有关问题综述	(79)
4.5.1	分层总和法假设的含意	(79)
4.5.2	各种分层总和法的特点及应用	(80)
4.5.3	地基沉降计算深度问题探讨	(80)
4.5.4	地基最终沉降量的组成	(81)
4.5.5	相邻荷载的影响	(82)
	思考题	(82)
	习题	(82)
5	土的抗剪强度	(84)
5.1	土的抗剪强度概述	(84)
5.1.1	库仑公式	(84)

5.1.2	莫尔-库伦强度理论	(85)
5.2	抗剪强度的测定方法	(87)
5.2.1	直接剪切试验	(87)
5.2.2	三轴压缩试验	(88)
5.2.3	无侧限抗压强度试验	(90)
5.2.4	十字板剪切试验	(91)
5.3	孔隙压力系数	(92)
5.3.1	孔隙压力系数 A 和 B	(92)
5.3.2	亨开尔孔隙压力系数	(94)
5.4	土的抗剪强度指标	(94)
5.4.1	粘性土在不同固结和排水条件下的抗剪强度指标	(94)
5.4.2	粘性土的残余强度指标	(99)
5.4.3	无粘性土的抗剪强度指标	(100)
5.4.4	抗剪强度指标的选择	(101)
5.5	应力路径	(102)
5.5.1	应力路径的基本概念	(102)
5.5.2	三轴压缩试验中的总应力路径和有效应力路径	(103)
5.5.3	土木工程中的应力路径问题简述	(104)
	思考题	(105)
	习题	(105)
6	土压力、地基承载力和土坡稳定	(106)
6.1	概 述	(106)
6.2	作用在挡土墙上的土压力	(107)
6.3	朗金土压力理论	(108)
6.3.1	基本概念	(108)
6.3.2	主动土压力	(108)
6.3.3	被动土压力	(109)
6.3.4	其它几种情况下的土压力计算	(110)
6.4	库仑土压力理论	(112)
6.4.1	基本假定	(112)
6.4.2	主动土压力	(112)
6.4.3	被动土压力	(114)
6.4.4	粘性土的库仑土压力理论	(114)
6.4.5	《建筑地基基础设计规范》推荐的公式	(115)
6.4.6	楔体试算法	(115)
6.4.7	土压力计算的几个应用问题	(116)
6.5	挡土墙设计	(117)
6.5.1	挡土墙类型选择	(117)
6.5.2	挡土墙的计算	(118)
6.5.3	重力式挡土墙的构造措施	(121)
6.6	加筋土挡土墙简介	(121)
6.6.1	面板	(121)
6.6.2	筋带	(122)
6.6.3	填料	(122)
6.6.4	加筋土的设计计算	(122)

6.7	地基破坏型式及地基承载力	(124)
6.7.1	地基的破坏型式	(124)
6.7.2	地基承载力	(125)
6.8	地基的极限承载力	(126)
6.8.1	普朗德尔公式	(126)
6.8.2	太沙基公式	(127)
6.8.3	汉森公式	(128)
6.8.4	地基承载力的安全度	(129)
6.9	土坡和地基的稳定分析	(130)
6.9.1	无粘性土坡的稳定性分析	(130)
6.9.2	粘性土坡的稳定性分析	(130)
6.9.3	地基的稳定性分析	(131)
	思考题	(132)
	习题	(133)
7	浅基础设计	(135)
7.1	概 述	(135)
7.1.1	建筑物的安全等级	(135)
7.1.2	地基基础设计的基本原则和一般步骤	(135)
7.2	浅基础的类型	(136)
7.2.1	按基础刚度分类	(136)
7.2.2	按基础构造分类	(138)
7.3	基础埋置深度的选择	(140)
7.3.1	建筑结构条件与场地环境条件	(141)
7.3.2	工程地质条件	(141)
7.3.3	水文地质条件	(141)
7.3.4	地基冻融条件	(142)
7.4	地基承载力设计值	(143)
7.4.1	按《建筑地基规范》提供的承载力表格确定	(143)
7.4.2	按土的抗剪强度指标确定	(147)
7.4.3	按载荷试验确定	(149)
7.5	基础底面尺寸的确定	(151)
7.5.1	按地基持力层的承载力计算基底尺寸	(151)
7.5.2	软弱下卧层的验算	(154)
7.6	地基变形验算	(156)
7.6.1	地基特征变形	(156)
7.6.2	地基特征变形验算	(157)
7.7	钢筋混凝土扩展基础设计	(160)
7.7.1	扩展基础的构造要求	(160)
7.7.2	扩展基础的计算	(161)
7.8	柱下钢筋混凝土条形基础设计	(168)
7.8.1	地基基础与上部结构相互作用的概念	(169)
7.8.2	柱下钢筋混凝土条形基础设计	(170)
7.8.3	筏板基础设计简介	(177)
7.8.4	箱形基础设计简介	(179)
7.9	减轻不均匀沉降损害的措施	(180)

7.9.1	建筑措施	(180)
7.9.2	结构措施	(183)
7.9.3	施工措施	(184)
	思考题	(184)
	习题	(184)
8	桩基础及其它深基础	(187)
8.1	概述	(187)
8.1.1	桩基础的适用性	(187)
8.1.2	桩基设计内容	(188)
8.1.3	桩基设计原则	(188)
8.2	桩的分类与质量检测	(189)
8.2.1	按承载性状分类	(189)
8.2.2	按施工方法分类	(190)
8.2.3	按桩的设置效应分类	(192)
8.2.4	桩的质量检验	(193)
8.3	竖向荷载下单桩的工作性能	(193)
8.3.1	桩的荷载传递	(193)
8.3.2	桩侧摩阻力和桩端阻力	(194)
8.3.3	单桩的破坏模式	(194)
8.3.4	桩侧负摩阻力	(195)
8.4	单桩竖向承载力的确定	(196)
8.4.1	按材料强度确定	(197)
8.4.2	按地基土的支承能力确定	(197)
8.4.3	动力试桩法	(203)
8.4.4	桩的抗拔承载力	(203)
8.5	桩基竖向承载力设计值	(204)
8.5.1	群桩的工作特点	(204)
8.5.2	承台下土对荷载的分担作用	(205)
8.5.3	按规范确定桩基竖向承载力设计值	(205)
8.6	桩基承载力和沉降验算	(207)
8.6.1	桩顶作用效应	(207)
8.6.2	基桩竖向承载力验算	(208)
8.6.3	桩基软弱下卧层承载力验算	(209)
8.6.4	桩基沉降验算	(209)
8.6.5	桩基负摩阻力验算	(210)
8.7	桩的水平承载力与位移	(210)
8.7.1	单桩水平静载荷试验	(210)
8.7.2	水平受荷桩的理论分析	(212)
8.7.3	单桩水平承载力设计值	(214)
8.8	桩基础设计	(215)
8.8.1	收集设计资料	(216)
8.8.2	桩型、桩长和截面尺寸选择	(216)
8.8.3	桩数及桩位布置	(217)
8.8.4	桩身截面强度计算	(218)
8.8.5	承台设计	(219)

8.9 其它深基础简介	(223)
8.9.1 墩基础	(224)
8.9.2 沉井基础	(224)
8.9.3 地下连续墙	(225)
思考题.....	(226)
习题.....	(226)
9 软弱土地基处理	(227)
9.1 概述	(227)
9.1.1 软弱土地基的特征	(227)
9.1.2 地基处理方法确定	(228)
9.2 碾压法与夯实法	(228)
9.2.1 机械碾压法	(228)
9.2.2 振动压实法	(229)
9.2.3 重锤夯实法	(229)
9.2.4 强夯法	(229)
9.3 换土垫层法	(231)
9.3.1 换土垫层法的原理	(231)
9.3.2 垫层的设计要点	(231)
9.3.3 施工要点	(232)
9.4 排水固结预压法	(233)
9.4.1 加固原理与应用条件	(233)
9.4.2 堆载预压法	(234)
9.4.3 砂井堆载预压法	(234)
9.4.4 真空预压法	(235)
9.5 挤密法和振冲法	(236)
9.5.1 砂桩	(236)
9.5.2 土桩和灰土桩(二灰桩)	(237)
9.6 高压喷射注浆法与深层搅拌法	(238)
9.6.1 高压喷射注浆法	(238)
9.6.2 深层搅拌法	(239)
9.7 土工聚合物	(240)
9.7.1 特点和适用范围	(240)
9.7.2 作用原理	(241)
9.8 托换技术	(241)
9.8.1 桩式托换	(241)
9.8.2 灌浆托换	(243)
思考题.....	(243)
习题.....	(244)
10 区域性地基.....	(245)
10.1 概 述.....	(245)
10.2 湿陷性黄土地基.....	(245)
10.2.1 黄土的特征和分布.....	(245)
10.2.2 黄土湿陷发生原因及影响因素.....	(246)
10.2.3 黄土地基的湿陷性评价及勘察要求.....	(247)
10.2.4 湿陷性黄土地基的工程措施.....	(249)

10.3	膨胀土地基	(250)
10.3.1	膨胀土的特征及对建筑物的破坏	(250)
10.3.2	影响膨胀土胀缩变形的主要因素	(251)
10.3.3	膨胀土地基勘察和评价	(251)
10.3.4	膨胀土地基计算和工程措施	(253)
10.4	山区地基和红粘土地基	(254)
10.4.1	土岩组合地基	(254)
10.4.2	岩 溶	(255)
10.4.3	土洞地基	(256)
10.4.4	红粘土地基	(257)
10.5	滑 坡	(257)
10.5.1	滑坡的特征和分类	(257)
10.5.2	滑坡形成的条件	(258)
10.5.3	滑坡推力计算	(259)
10.5.4	滑坡的防治	(260)
10.6	地震区的地基基础问题	(260)
10.6.1	地震的概念	(260)
10.6.2	地震震害及场地因素	(261)
10.6.3	地基基础抗震设计原则	(262)
	思考题	(263)
	习题	(264)
	参考文献	(265)

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粘土、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有所不同。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。通常把直接承受建筑物荷载影响的那一部分地层称为地基。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基。如果地基软弱,其承载力不能满足设计要求时,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。

基础是将建筑物承受的各种荷载传递到地基上的下部结构(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(3~5m)、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)。

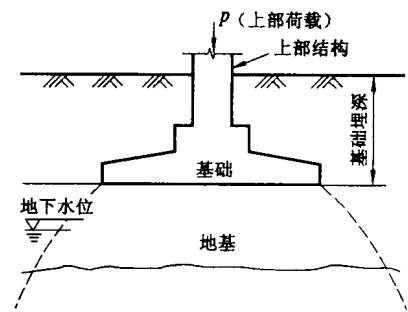


图 1.1 地基及基础示意图

地基与基础设计必须满足两个基本条件:①要求作用于地基的荷载不超过地基的承载能力,保证地基有足够的防止整体破坏的安全储备;②控制基础沉降使之不超过地基的变形容许值,保证建筑物不因地基变形而损坏或影响其正常使用。在荷载作用下,建筑物的地基、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,通过经济、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%,工期约占总工期的 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,一旦失事,不仅损失巨大,且补救十分困难,因此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 31m,宽 23.5m,其下为筏板基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达 16m 的软粘土层,建成后初次贮存谷物时,基底压力(320kPa)超过了地基极限承载力。致使谷仓西侧突然陷入土中 8.8m,东侧则抬高 1.5m,仓身整体倾斜 26°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 50t 的千斤顶,才将筒仓纠正过来,但其标高比原来降低了 4m。

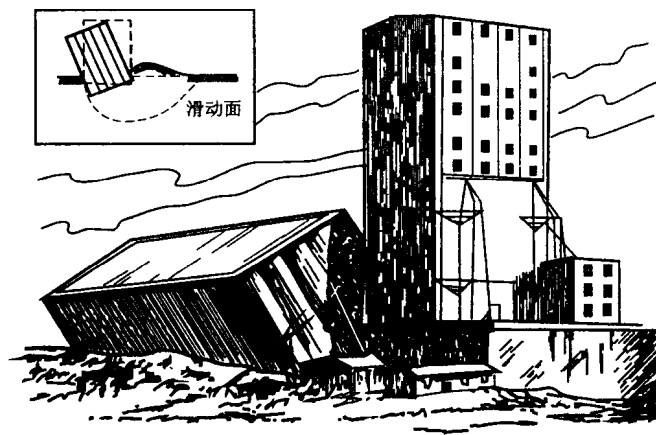


图 1.2 加拿大特朗斯康谷仓的地基破坏情况

世界著名的意大利比萨斜塔,1173 年动工,高约 55m,因地基压缩层不均、排水缓慢,北侧下沉 1m 多,南侧下沉近 3m。1932 年曾灌注 1000t 水泥,也未奏效,每年仍下沉约 1mm。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,因地基约有 14m 厚的淤泥质软粘土,尽管采用了 7.27m 的箱形基础,建成后当年就下沉 0.6m,目前大厅平均沉降达 1.6m。

大量事故充分表明,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。其涉及到工程地质学、土力学、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;牢固地掌握土的应力、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。

全书共分为十章。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;第六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 10 章属于基础工程内容,系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、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中的需要,人类很早就已创造了自己的地基基础工艺。远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、赵州石拱桥以及许许多多遍及全国各地的宏伟壮丽的宫殿寺院、巍然挺立的高塔等等,都是由于奠基牢固,即使经历了无数次强震、强风而安然无恙。又如秦代在修筑驰道时采用的“隐以金椎”(《汉书》)的路基压实方法,以及至今仍采用的灰土垫层、石灰桩、瓦渣垫层和水撼砂垫层等,都是我国自古已有的传统地基处理方法。再如北宋初著名木工喻皓(公元989年)在建造开封开宝寺木塔时,考虑到当地多西北风,将建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜,以在风力长期断续作用下渐趋复正,以解决建筑物地基的沉降问题。我国木桩基础的使用更是源远流长。如河姆渡文化遗址中发现的7000年前钱塘江南岸沼泽地带木构建筑下的木桩为世所罕见,公元前532年在今山西汾水上建成的三十墩柱木柱梁桥(《水经注》)、以及秦代所建渭桥(公元前221~公元206年,《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木桩(《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础技术应用的典范,雄辩地证明了我国古代劳动人民在工程实践中积累了丰富的土力学与基础工程的知识。只是由于当时生产力发展水平的限制,还未能提炼成为系统的科学理论。直到18世纪中叶,人们对土在工程建设方面的特性,尚停留在感性认识阶段。

18世纪工业革命以后,大规模的城市建设和水利、铁路的兴建面临着许多与土有关的问题,从而促进了土力学理论的产生和发展。1773年,法国的库仑(Coulomb)根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式,提出了计算挡土墙土压力的滑楔理论。1857年,英国的朗金(Rankine)又从另一途径提出了挡土墙土压力理论,这对后来土体强度理论的发展起了很大的促进作用。此外,法国布辛奈斯克(Boussinesq, 1885)求得了在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;瑞典费兰纽斯(Fellenius, 1922)为解决铁路坍方提出了土坡稳定分析法。这些古典的理论和方法,至今仍不失其理论和实用价值。

通过许多研究者的不懈努力、经验积累,到1925年,美国太沙基(Terzaghi)在归纳发展以往成就的基础上,发表了第一本《土力学》(Erdbaumechanik)专著,1929年又与其它作者一起发表了《工程地质学》(Ingenieurgeologie)。从此土力学与基础工程就作为独立的学科而取得不断的进展。从1936年至1997年,共召开了14届国际土力学与基础工程学术会议。许多国家和地区也都开展了类似的活动,交流和总结本学科新的研究成果和实践经验,并定期出版土力学与基础工程的杂志刊物,这些对本学科的发展都起到了推动作用。

新中国的成立,为解放我国生产力和促进我国科学技术的发展开辟了一条广阔的道路,也使土力学与基础工程学科得到了迅速的发展。解放后,我国在建筑工程中成功地处理了许多大型和复杂的基础工程。例如,利用电化学加固处理的中国历史博物馆地基,解决了施工期短、质量要求高的困难;特别是在万里长江上建成的十多座长江大桥(武汉、南京长江大桥等)及其它巨大工程中,采用管柱基础、气筒浮运沉井基础等,成功地解决了水深流急、地质复杂的基础工程问题;再如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。我国自1958年以来,先后召开了多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、施工队伍和土工试验室,培养了大批地基基础专业人才。不少学者对土力学与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。在地基处理方面,振动碾压、振动水冲、深层搅拌、高压旋喷、粉体喷射、真空预压、强夯以及各种土工聚合物和托换技术等在建、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相应得到了解决,试验技术也日益提高。在大量理论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应问世或日臻完善。这些为我国基础工程设计与施工做到技术先进、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。

2 土的性质及工程分类

本章提要

土的性质包括它的物理性质、力学性质、工程性质等。

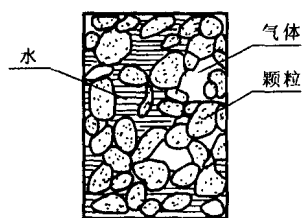
土是由颗粒(固相)、水(液相)和气(气相)所组成的三相分散系。土中颗粒的大小、成分及三相之间的比例关系,反映出土的不同物理性质。如干湿、轻重、松密及软硬等。土的这些物理性质又与力学性质(强度、压缩性、渗透性等)有着密切的联系。如土湿软松散则强度低,压缩性大;土颗粒大则渗透性好;土粒大小不均匀(级配好),则在动荷载作用下,易于压实等。

在进行土力学计算及处理地基基础问题时,不仅要知道土的物理性质特征及其变化规律,了解各类土的特性,还必须熟练掌握反映土三相组成比例和状态的各指标的定义、试验或计算方法,以及按土的有关特征和指标确定地基土的分类方法。

因此,本章必须牢固掌握土的物理性质指标的定义、有关指标的换算、试验和应用,熟练使用地基土的分类方法,了解工程中常用到的渗透定理、压实原理及流砂现象。

2.1 概述

土是地壳表层母岩风化后的产物,是各种矿物颗粒(土粒)的集合体。经过风化作用后的矿物颗粒(有时



还有有机质)堆积在一起,中间贯穿着孔隙。孔隙当中存在水和空气,如图 2.1 所示。因此在天然状态下,土体一般由固相(固体颗粒)、液相(土中水)和气相(气体)三部分组成,简称为三相体系。土中固体颗粒的矿物成分各异,其土粒间的联结也比较微弱,土粒还可能与周围的水发生一系列复杂的物理、化学作用。因此,在外力作用下,土体并不显示出一般固体的特性,土粒间的联结也并不像胶体那样易于相对位移,也不表现出一般液体的特性。因此,在研究土的工程性质

图 2.1 土的三相组成示意图

时,既有别于固体力学,也有别于流体力学。

在古典土力学中,研究土的各种工程性质时,首先注意到土粒的物理特性(例如土粒的大小、形状等)、土的物理状态以及土的三相比比例关系。而在近代土力学中,还注意到土的三相在空间的分布、排列以及土粒间的联结对土的性质的重要影响。

本章首先介绍土的三相组成及结构,然后介绍土的物理指标及其换算方法,无粘性土的密实度,粘性土的物理特性以及土的压实原理和地基土(岩)的分类。

2.2 土的三相组成及土的结构

2.2.1 土的固体颗粒(固相)

土中的固体颗粒构成土的骨架,其大小和形状、矿物成分及其组成情况是决定土物理力学性质的重要因素。