

全国高等院校**土木工程类**应用型系列规划教材

土质学与土力学

刘干斌 刘红军 主编



科学出版社
www.sciencep.com



全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材



土质学与土力学

刘干斌 刘红军 主 编
宫旭黎 张剑锋 副主编



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书根据我国最新颁布的有关路基工程、岩土工程的技术标准、规范编写而成,内容吸收了近几年相关领域取得的科技成果,符合高等学校土木工程、道路与桥梁工程及相关专业应用型本科层次的教学要求。本书系统地介绍了土质学与土力学的基本内容,包括土的物质组成、土的物理性质及工程分类、土中应力、变形和强度计算、土压力、土坡稳定及土的动力特性等。内容既注重学科基础理论和知识的阐述,又注重学科的新进展、新概念和新方法。本书配套了相应的多媒体课件。

本书可作为高等学校公路与城市道路工程及桥梁工程专业、土木工程专业的教材,也可供道路、桥梁及其他土建部门的勘察、设计和施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土质学与土力学/刘干斌,刘红军主编. —北京:科学出版社,2009
(全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材)

ISBN 978-7-03-025206-7

I. 土… II. ①刘…②刘… III. 土质学-高等学校-教材②土力学-高等学校-教材 IV. P642.1 TU43

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第140925号

责任编辑:童安齐 陈 迅 / 责任校对:耿 耘
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

盛 宣 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2009年9月第一次印刷 印张:17 1/2

印数:1—3 000 字数:401 000

定价:28.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026 (BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

本书根据全国大土木工程专业教学指导委员会对大土木工程专业的培养规格要求和目标所规定的《土质学与土力学》教学要求编写而成。在编写过程中，作者广泛征求了相关高等院校近年来对本课程的教学意见，力求使本教材能更好地满足相关院校的教学要求。

本书编写时参考了近年来出版的土质学与土力学方面的教材，吸取了相关院校使用本类教材的经验，并参考了近年来国内外出版的有关期刊。

本书编写的具体分工是：宁波大学的刘干斌编写绪论、第1章及第2章2.1~2.3节；五邑大学的刘红军编写第3、7章；黑龙江工程学院的官旭黎编写第4、9章；宁波大学的张剑锋编写第2章2.4~2.6节，第6章6.1~6.3节；南阳理工学院的杨庆年编写第5、8章；北华大学的冷冰编写第6章6.4~6.6节，第10章。全书由浙江大学谢康和教授主审。

“土质学与土力学”是一门理论和实践性很强的学科，作者在编写过程中力图做到叙述简明、重点突出、文字简练，使内容易于自学，并密切联系工程实践，适当地反映近代土力学领域国内外的新成果。为了便于自学，每章都给出了必要的例题、复习思考题与习题。

限于编者水平，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第 0 章 绪论	1
0.1 土质学与土力学	1
0.2 土质学与土力学的发展简史及现状	2
0.3 土质学与土力学的研究内容与方法	4
0.4 本课程的教学要求	5
复习思考题与习题.....	6
第 1 章 土的物质组成	7
1.1 土的成因类型	7
1.1.1 土的形成	7
1.1.2 土的成因类型及其特点	9
1.2 土的三相组成.....	10
1.2.1 土的颗粒特征	11
1.2.2 土中的水.....	17
1.2.3 土中的气.....	20
1.3 土的矿物成分和化学成分.....	20
1.3.1 土的矿物成分与化学关系.....	20
1.3.2 土的矿物成分与粒组的关系	24
1.4 土颗粒与水相互作用.....	25
1.4.1 土水相互作用	25
1.4.2 黏土颗粒表面的带电现象.....	27
1.4.3 双电层与扩散层的概念	29
1.4.4 影响扩散层厚度的因素	31
复习思考题与习题	33
主要参考文献	33
第 2 章 土的物理性质及工程分类	34
2.1 概述.....	34
2.2 土的三相比例指标.....	34
2.2.1 土的三相草图	35
2.2.2 基本试验指标	35
2.2.3 其他常用指标	36
2.2.4 常用指标的换算关系	39
2.3 土的物理状态.....	41

2.3.1	无黏性土的密实度	41
2.3.2	黏性土的稠度	43
2.3.3	黏性土的电阻率	46
2.4	黏性土的胀缩性	47
2.5	土的结构与构造	50
2.5.1	土的结构	50
2.5.2	土的构造	54
2.6	土的工程分类	54
2.6.1	国外土的分类体系	54
2.6.2	我国土的分类体系	55
	复习思考题与习题	60
	主要参考文献	61
第3章	土中水的运动规律	62
3.1	概述	62
3.2	土的毛细性	62
3.2.1	土层中的毛细水带	62
3.2.2	毛细水上升高度和上升速度	64
3.2.3	毛细压力	65
3.3	土的渗透性	66
3.3.1	渗流模型	66
3.3.2	土的层流渗透定律	67
3.3.3	土的渗透系数	68
3.3.4	影响土的渗透性的因素	72
3.3.5	动水力及渗流破坏	73
3.4	二维渗流、流网及其工程应用	75
3.4.1	二维稳定渗流场中的拉普拉斯方程	76
3.4.2	流网的特征及绘制	77
3.4.3	流网的应用	78
	复习思考题与习题	81
	主要参考文献	82
第4章	土中应力计算	83
4.1	概述	83
4.2	土的自重应力计算	84
4.2.1	均匀土体时	84
4.2.2	成层土体时	84
4.2.3	土层中有地下水时	84
4.2.4	水平向自重应力计算	85

4.3 基础底面的压力分布与计算	86
4.3.1 基底压力的简化计算方法	86
4.3.2 基底压力分布的分析	87
4.4 地基附加应力的计算	88
4.4.1 竖向集中力作用下的土中应力计算	89
4.4.2 竖向分布荷载作用下土中应力计算	93
4.5 其他条件下的地基应力计算	107
4.5.1 建筑物基础下地基应力计算	107
4.5.2 桥台后填土引起的基底附加应力计算	107
4.6 影响土中附加应力分布的因素	109
复习思考题与习题	110
主要参考文献	111
第5章 土的压缩性与沉降计算	112
5.1 概述	112
5.2 土的压缩性指标	113
5.2.1 室内压缩试验与压缩性指标	113
5.2.2 现场载荷试验与变形模量	118
5.2.3 弹性模量	119
5.2.4 变形指标间的关系	120
5.3 地基沉降实用计算方法	121
5.3.1 概述	121
5.3.2 分层总和法计算最终沉降量	121
5.3.3 应力面积法计算最终沉降量	125
5.3.4 弹性理论方法计算最终沉降量	131
5.3.5 考虑应力历史影响的沉降计算方法	132
5.4 饱和黏性土地基沉降与时间的关系	135
5.4.1 饱和土的渗透固结	135
5.4.2 太沙基一维固结理论	136
5.4.3 饱和黏性土地基沉降的三个阶段	142
复习思考题与习题	144
主要参考文献	145
第6章 土的抗剪强度	146
6.1 概述	146
6.2 土的抗剪强度理论	146
6.2.1 土的屈服与破坏	146
6.2.2 土的抗剪强度理论	147
6.2.3 土的极限平衡理论	149

6.3	抗剪强度指标的测定方法	154
6.3.1	直接剪切试验	155
6.3.2	三轴剪切试验	156
6.3.3	无侧限抗压试验(三轴试验的一种特殊情况)	157
6.3.4	十字板剪切试验	158
6.3.5	大型直剪试验	159
6.3.6	饱和黏性土剪切试验方法的选择	159
6.3.7	抗剪强度的两种表示方法	160
6.4	饱和黏性土的抗剪强度	161
6.4.1	应力历史对饱和黏性土的抗剪强度的影响	161
6.4.2	应力路径	162
6.4.3	排水条件对饱和黏性土的抗剪强度的影响	165
6.5	无黏性土的抗剪强度	169
6.6	影响抗剪强度的主要因素	170
6.6.1	土的抗剪强度指标	170
6.6.2	影响土的抗剪强度的因素	172
6.6.3	抗剪强度指标的选用	173
	复习思考题与习题	174
	主要参考文献	174
第7章	土压力理论	175
7.1	概述	175
7.1.1	土压力的分布	175
7.1.2	土压力类型	177
7.2	静止土压力计算	178
7.2.1	静止土压力的强度 p_0	179
7.2.2	静止土压力分布及总土压力	179
7.2.3	关于静止土压力系数 K_0	179
7.3	朗肯土压力理论	180
7.3.1	基本原理	180
7.3.2	水平填土面的朗肯土压力	181
7.4	库仑土压力理论	192
7.4.1	无黏性土的土压力	192
7.4.2	库尔曼图解法	197
7.4.3	朗肯与库仑土压力理论的讨论	199
7.5	几种特殊情况下的库仑土压力计算	200
7.5.1	车辆荷载作用下的土压力计算	200
7.5.2	地震时的土压力计算	204

复习思考题与习题	206
主要参考文献	207
第 8 章 土坡稳定分析	208
8.1 概述	208
8.2 砂性土的土坡稳定分析	209
8.2.1 均质土坡	209
8.2.2 有渗透水流的均质土坡	210
8.3 黏性土的土坡稳定分析	211
8.3.1 土坡圆弧滑动体的整体稳定分析	212
8.3.2 条分法分析土坡稳定	216
8.3.3 毕肖普条分法	217
8.3.4 非圆弧滑动面的杨布法	218
8.3.5 不平衡力传递法	221
8.3.6 有限元法	222
8.4 土坡稳定分析的几个问题	223
8.4.1 土的抗剪强度指标及安全系数的选用	223
8.4.2 坡顶开裂时的稳定计算	223
8.4.3 有水渗流时土坡稳定计算	224
8.4.4 按有效应力法分析土坡稳定	225
复习思考题与习题	225
主要参考文献	225
第 9 章 地基承载力	226
9.1 概述	226
9.1.1 现场载荷试验	226
9.1.2 地基变形破坏形式	227
9.2 临塑荷载及临界荷载计算	228
9.2.1 塑性区边界方程的推导	228
9.2.2 临塑荷载及临界荷载的计算	229
9.3 极限承载力计算	231
9.3.1 普朗特地基极限承载力公式	231
9.3.2 太沙基极限承载力公式	233
9.3.3 汉森极限承载力公式	235
9.4 按规范方法确定地基容许承载力	236
9.4.1 地基容许承载力	236
9.5 关于地基承载力的讨论	241
9.5.1 关于用载荷板试验确定地基容许承载力	241
9.5.2 关于临塑荷载和临界荷载	241

9.5.3 关于极限承载力计算公式	242
9.5.4 关于按规范法确定地基容许承载力	243
复习思考题与习题	243
主要参考文献	244
第 10 章 土在动荷载作用下的力学性质	245
10.1 概述	245
10.2 土的动强度和变形特性	246
10.2.1 反复荷载下土的强度特	246
10.2.2 反复荷载下土的变形特征	248
10.2.3 土动力室内测试技术	250
10.3 砂土振动液化	254
10.3.1 砂土液化机理	254
10.3.2 砂性土地基液化判别	257
10.3.3 砂性土地基液化程度等级划分	261
10.4 土的压实性	261
10.4.1 土的压实性对工程的意义	261
10.4.2 击实试验与土的压实特性	262
10.4.3 压实土的强度特性	266
复习思考题与习题	269
主要参考文献	269

第 0 章 绪 论

学习要点 本章主要介绍土质学与土力学的定义、土质学与土力学的发展简史及现状、土质学与土力学的研究内容与方法及本课程的教学要求。

0.1 土质学与土力学

土是地壳表层岩石受风化、剥蚀、搬运、沉积而形成的松散堆积物，在地质年代上形成于第四纪，故又称“第四纪沉积物”。土的形成经历了漫长的地质历史过程，是地质作用的产物，是一种矿物集合体，是一多相分散系统。土体极易受外界环境（温度、湿度等）变化而变化，其主要特征是分散性、复杂性和易变性。

土木工程中遇到的与土有关的问题归纳起来主要有三类：①作为建筑物（房屋、桥梁、道路、水工结构等）地基的土；②作为建筑材料（路基材料、土坝材料）的土；③作为建筑物周围介质或环境（隧道、挡土墙、地下建筑、滑坡问题等）的土。事实上，土木工程技术人员最关心的是土的力学性质，也就是在静、动荷载作用下土体所表现出来的强度和变形特性以及这些特性随时间过程、应力历史和环境条件变化而变化的规律，这正是土质学与土力学研究的对象。因此，土质学及土力学是一门研究土的学科，是为了解决工程中有关土的问题。

土质学是地质科学的一个分支，它是从土的成因出发，应用工程地质学、矿物结晶学及物理化学等知识来研究土的物质组成、物理—化学性质、物理—力学性质，以及它们之间的相互关系，并进一步探讨在自然或人为因素下，土的成分、性质的变化趋势以及如何利用这种趋势，并提出土质改良措施的一门学科。在其发展过程中形成了普通土质学、区域土质学、土质改良学和土力学四个分支（图 0.1）。普通土质学研究广泛分布的各种典型土类的成因、成分、结构、构造及其工程性质的形成规律，是整个土质学的理论基础。区域土质学依据历史—地理条件及自然—地理条件和土中所进行的自然作用而研究各种土的成分、结构、特性及分布情况。土质改良学的基本任务是按照各种不同类型建筑物的要求而拟定人工改变土的性质理论和方法。

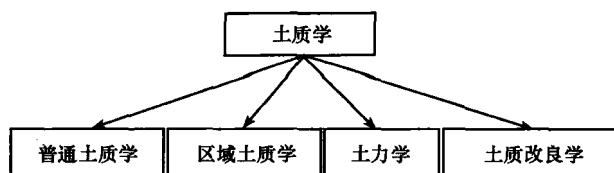


图 0.1 土质学的分支

土力学是工程力学的一个分支,是土木工程学科的重要组成部分,也是土木、水利等专业的一门重要的基础课程。土力学是利用土工试验技术和力学理论来研究土的力学特性及体积变化规律的一门学科,主要包括土的渗流、应力、变形、强度和稳定性。在与生产实践的结合过程中,又产生了土力学的不同分支,如冻土力学、海洋土力学、环境土力学、土动力学、月球土力学等,对区域性土和特殊类土(如湿陷性黄土、红黏土、胀缩土、软土、盐碱土、污染土、工业废料等)的研究也不断深入。

土质学与土力学本来就是两门关系十分密切的学科,其相互渗透、相互结合已日益受到重视。土力学应该吸取土质学中从成因及微观结构认识土性本质的研究成果,来进一步说明土的力学现象本质,并同土的应力—应变—强度关系的研究结合起来。

例如在道路工程中,采用碾压方法填筑路堤以保证路堤的强度及稳定性,因此需要研究土的压实性、压实方法及压实指标的评价。在桥梁工程中的桥梁墩台基础设计时,需要确定地基容许承载力,并要计算基础的沉降。桥台台背上的土压力计算、桥头引道路堤重力在地基中引起的应力及沉降问题等,这些都需要应用土力学的方法进行计算。由此可见,土质学与土力学和道路与桥梁工程、基础工程等有着密切的联系,学习土质学与土力学可为学习有关专业课程打下坚实的基础,也为更好地解决有关土的工程技术问题提供理论基础。

0.2 土质学与土力学的发展简史及现状

土质学作为一门独立学科,始于20世纪。早期土质学的著作如 Приклонский 的《土质学》和 Пенисов 的《黏性土的工程性质》,系统地论述了土质学的原理,为土质学的进一步发展奠定了基础,也对我国土地的研究有很大的影响。近代的著作如黄文熙的《土的工程性质》和米切尔(Mitchell)的 *Fundamentals of Soil Behavior* 代表了从两个不同的角度深入研究土的工程性质所达到的新水平。

18世纪欧洲工业革命开启了土力学的理论研究,使土力学理论体系逐渐形成并发展成为一门独立的学科,这一阶段称为土力学的理论提高阶段。1773年库仑(C. A. Coulomb)根据试验创立了砂土的抗剪强度理论,并在1776年发表的挡土墙土压力理论是土力学的开始。1857年朗肯(W. J. M. Rankine)借助土的极限平衡分析建立了朗肯土压力理论。1856年达西(Darcy)根据对两种均匀砂土渗透试验结果提出了渗透定律。1885年布辛尼斯克(J. Boussinesq)提出了表面竖向集中力在弹性半无限体内部应力和变形的理论解答,至今仍在土力学有关课题中广泛使用。

20世纪初,一些重大土木工程事故的出现,如德国的桩基码头大滑坡、瑞典的铁路坍方、美国的地基承载力问题等,对地基问题提出了新的要求,推动了土力学理论的发展。例如,普朗特(Prandtl)于1920年发表了地基滑动面的数学公式;彼德森(Peterson)于1915年提出、以后又由费伦纽斯(W. Fellenius)于1936年和泰勒(Taylor)于1937年等发展的计算边坡稳定性的圆弧滑动法等,就是这一时期的重要成果。

土力学作为一门独立的学科,一般认为从太沙基(K. Terzaghi)总结前人的研究成果,提出了一维固结理论,并于1925年发表第一本《土力学》专著开始。太沙基把当时零散的有关定律、原理、理论等按土的特性加以系统化,形成了土力学的基本理论框架,从而使土力学形成了一门独立的学科。因此,太沙基被认为是土力学的奠基人。太沙基指出土具有黏性、弹性和渗透性,按物理性质把土分成黏土和砂土,并探讨了它们的强度机理,建立了有效应力原理,从而可真实地反映土力学的本质,使土力学确立了自己的特色,成为土力学学科的一个重要指导原理,极大地推动了土力学的发展。1943年他还出版了《理论土力学》,之后与Peck合著的《工程实用土力学》是对土力学的全面总结。

土力学作为一门独立学科发展至今可以分为两个发展阶段。

第一阶段是从20世纪20年代到60年代,称为古典土力学阶段,也是土力学快速发展阶段。例如,费伦纽斯于1927年建立了圆弧稳定分析法,泰勒于1937年以及毕肖普(A. W. Bishop)于1955年对其进行了完善;1942年索科洛夫斯基(B. B Soklovski)建立了散体静力学;1948年巴朗(B. A. Barron)提出了砂井固结理论;1941年毕奥(M. A. Biot)发表了三维固结理论和动力方程,有效应力原理得到了广泛的推广应用;1957年德鲁克(D. C. Drucker)提出了土力学与加工硬化塑性理论,对土的本构研究起到了很大的推动作用。在本阶段,土体被视为线弹性体、刚塑性体、连续介质或分散体。在太沙基的理论基础上,形成了以有效应力原理、渗透固结理论、极限平衡理论为基础的土力学理论体系,研究了土的强度与变形特性,解决了地基承载力和变形、挡土墙土压力、土坡稳定等与工程密切相关的土力学课题,对弹塑性力学的应用也有了一定认识。在这一阶段,土力学得到了完善、充实和提高。

第二阶段从20世纪60年代开始,称为现代土力学阶段。其主要代表人物和理论有罗斯科(K. H. Roscoe)和弗雷德隆德(D. G. Fredrund)等。1963年剑桥大学的罗斯科等提出了状态边界概念,据此创立了著名的剑桥弹塑性模型,突破了先前弹性介质模型和刚塑性模型的局限,标志土力学进入了崭新的现代发展阶段。这一阶段改变了古典土力学中把各受力阶段人为割裂开来的情况,把土的应力、应变、强度、稳定等受力变化过程统一用一个本构关系加以研究,从而更切合土的真实性状。此后几十年,土力学的研究取得了多方面的重要进展,例如:土体非线性和弹塑性本构模型研究和应用;非饱和土渗流固结变形理论与强度理论的研究[1993年弗雷德隆德和拉哈尔佐(H. Rahardjo)发表了《非饱和土力学》];土的渐近破坏理论和损伤力学模型研究;砂土的液化和动力固结模型的研究;土的微观力学模型研究;土与结构相互作用研究以及数值分析与模拟方法的研究等。作为岩土力学界四年一届的盛会——国际土力学与岩土工程会议(1999年以前称为土力学与地基基础会议),至2005年已开了16届。1999年国际土力学与基础工程协会(ISSMFE)更名为国际土力学与岩土工程协会(ISSMGE)。

国内学者在这方面也做了不少工作。例如,南京水利科学研究院提出的弹塑性模型,由于本构关系对计算参数的种类和精度要求更高,也推动了测试和取样技术的发展。虽然这种方法目前还未广泛在工程中应用,也无法替代简化的和经验的传统方法,但它代表了土工研究的发展趋势,促使土力学发生重大变革,使土工设计和研究达到新

的水平。

由于土体的复杂性,许多计算理论和公式都做了许多简化和假设。尽管这些理论尚有不完善之处,但它仍是解决工程问题的重要依据,在长期的工程实践中发挥着不可替代的作用。从土木工程的发展和相关学科的进步考虑,国内外学者认为 21 世纪土力学的发展具有以下特点:

(1) 进一步汲取现代数学、现代力学的成果和充分利用计算机技术,深入研究土的非线性、各向异性、流变等特性,建立新的更符合土体特性的本构模型和计算方法。

(2) 充分考虑土和土工问题的不确定性,进行风险分析和优化决策,岩土工程的定值设计方法逐步向可靠度设计转化。

(3) 对非饱和土的深入研究,充分揭示土粒、水、气三相界面的表面现象对非饱和土力学特性的影响,建立非饱和土强度变形的理论框架。

(4) 土工测试设备和测试技术将得到新的发展。高应力、粗粒径、大应变、多因素和复杂应力组合的试验设备和方法得到发展,原位测试、土工离心试验等得到更大应用,计算机仿真成为特殊的土工试验手段,声波法、 γ 射线法、CT 识别法等也将列入土工试验方法的行列。

(5) 环境土力学得到极大地重视。由开矿、抽水、各种岩土工程活动造成的地面沉降和对周围环境的影响及防治继续受到重视。污染土和污染水的性质和治理及固体废料深埋处置方法中废料、周围土介质和地下水的相互作用以及污染物的扩散规律等研究将大大加强。沙漠化、盐碱化、区域性滑坡、洪水、潮汐、泥石流、地震等大环境问题也将进入土力学的研究范畴。

(6) 土质学的研究进一步深入,用微观和细观的手段,研究和揭示岩土力学特性的本质。

(7) 人工合成材料的应用。人工合成材料在排水、防渗、滤层、加筋等方面已得到很好地应用,但设计理论和方法还很不完善,其相互作用机理的了解尚很初步,对这种复合材料的深入研究将给土力学研究增加新的内容。

0.3 土质学与土力学的研究内容与方法

尽管人们对土的性质已有了比较深入的了解,也取得了前所未有的工程应用成就。然而,土作为自然历史的产物,它的许多性质人们无法预先控制,如土的受荷历史、沉积时的自然地理环境,因此土质学与土力学还不是一门纯理论的学科。21 世纪人类正面临资源和环境严峻现实的挑战,有许多问题需要土质学和土力学知识来解决,仍需要全面地深化对土的认识。从这个意义而言,土质学和土力学的主要研究内容必须包括如下几个方面:

- (1) 土的成因、结构、物质组成和相互作用。
- (2) 土的应力变形规律。
- (3) 土体的强度及其稳定性分析。
- (4) 水在土中的运动及对应力、变形和强度、稳定性的影响。

(5) 采用各种可能的测试手段和方法研究土的物理力学性质。

(6) 应用土力学的基本原理研究新方法、新工艺、新材料并解决实际工程问题。

本教材的主要内容包括土的形成与组成、土的物理力学性质、土中水的运动规律、土中应力计算、土的压缩性及沉降计算、土的抗剪强度、土压力计算、土坡稳定分析、地基承载力及土在动荷载作用下的性质等。

在土质学与土力学的研究方法上,除了采用理论分析方法外,试验及工程经验也是非常重要的手段,这是土质学与土力学和理论力学、材料力学、结构力学的不同之处。在土质学与土力学的理论研究和发 展需要经历四个过程:①识别过程;②归纳过程;③模拟过程;④验证过程。首先,必须重视识别过程,即试验研究或工程调研;其次,合理地应用假设进行科学的归纳和抽象;最后,进行工程模拟和验证过程。在归纳土体应力变形、强度规律、渗流规律,建立相应的模型进行工程模拟之后还必须进行模型验证。

由于土的成因多种多样,又是固、液、气三相介质,其物理力学性质十分复杂,期望建立一个普遍适用于任何土类或任意加载条件的模型是不现实的。因而在应用土力学理论去解决实际工程问题时,应注意运用以下几种方法:

(1) 注意土质学与土力学所引用的其他学科理论;如一般连续介质力学基本原理的基本假定和适用范围。

(2) 注意土质学与土力学中对土所具有的区别于其他材料的特性。

(3) 注意综合利用土质学与土力学理论解决实际问题,养成综合评判的思维方式。

(4) 注意土质学与土力学中的基本力学计算结果的适用条件和假设。

土质学与土力学的研究和发 展方法需要重视理论和实践两个方面,在工程实践中既不能违反土力学的基本原理,又要强调其实践性、区域性的特点。一方面,采用先进的数学力学知识和计算机技术快捷、精确地解决复杂岩土工程问题;另一方面,计算模型、计算参数的选择和计算结果的分析还是需要丰富的经验,也不能否定传统方法的作用。

0.4 本课程的教学要求

土质学与土力学的形成和发 展来源于工程实际,又反过来指导工程实际,应用十分广泛。土质学与土力学课程是土木、水利、交通、环境、地质等专业本科学生的重要专业基础课程,也是一门与工程实践密切联系的课程。本书的内容以经典土力学为主,在学习本课程时,要求学生从认知的角度能够做到以下几个方面:

(1) 了解土的基本物理力学性质和土的分类,以及这些性质与土的组成和结构的关系。

(2) 必须牢固掌握土力学的基本原理和理论。强度理论、有效应力原理、渗透理论、固结理论、土压力理论等是其中主要的一些理论,需要理解它们的本质概念。

(3) 掌握主要的计算方法,如三相指标的换算、强度计算、变形计算、土压力计算、边坡稳定计算等,了解它们在工程实践中的应用,这是学习后续的专业课程如《基

础工程》、《路基路面工程》等课程的基础。

(4) 掌握基本的土力学实验方法和成果分析,了解原位测试技术的应用。

(5) 更重要的是如前所述,掌握土力学的学科特点和分析方法,能真正地把这门课的知识用于解决实际问题。相信在教师和学生的共同努力下,本书会成为大家学习专业课程和解决岩土工程问题的有效工具。

本课程强调基础理论和基本工程实践技能培训并重,注重综合能力的培养,采用理论联系实际的方法。教师在教学中应注重培养学生的自学能力,激发学生的学习主观能动性,培养他们的综合能力及创新精神,同时,还应考虑该课程的特点,强调学生的基础理论和基本工程技能训练并重。在课堂教学中引导学生积极思维,揭示矛盾,加强学生的发散思维能力。另外,在课堂教学中淡化繁琐的数学推导过程和数字运算,强化定性分析,强化基于基本概念的直观判断,突出分析思路和分析方法。

复习思考题与习题

- 0.1 什么是土?它有什么特点?
- 0.2 什么是土质学?什么是土力学?二者有何区别与联系?
- 0.3 土力学与土质学的研究内容有哪些?
- 0.4 阐述土力学的研究方法。

第 1 章 土的物质组成

学习要点 本章从土的形成入手，讨论了土的成因、类型，并从机理上阐明了土体固、液、气三相之间的物质组成，进而从定量的角度讨论了土的性状，如土的颗粒特征、土中的水、土中的气。通过本章的学习还可以了解土的矿物成分和化学成分，进而了解土水相互作用、黏土颗粒表面的带电现象、双电层与扩散层等概念。

1.1 土的成因类型

土是第四纪以来地壳表层最新的、未胶结成岩的松散堆积物，依据第四纪沉积的大环境，可将土分为陆相和海相沉积两大类。第四纪地质年代的土又可划分为更新世与全新世两类。更新世为 1.3 万年到 71 万年，而全新世为小于 0.25 万年到 1.3 万年。在有 人类文化期以来沉积的土称为新近代沉积土。

土是由各种大小不同的颗粒按一定比例组成的集合体，孔隙率比岩石的孔隙率高得多，强度比岩石和其他固体材料要低得多，且极易受外界环境（湿度、温度等）的影响。在外力作用下，土体并不显示出一般固体的特性，土粒间的联结比较弱，因此土体既不像胶体易于滑移，也不表现出一般液体的特性。因此，在研究土的工程性质时，既有别于固体力学，也有别于流体力学。

1.1.1 土的形成

地壳表层的坚硬岩石在长期的风化、剥蚀等外力作用下，破碎成形状不同、大小不一的矿物颗粒。这些颗粒受各种自然力的搬运用，在新的环境中形成沉积或堆积。因此，土的主要物质是岩石风化的产物，其次是地球生物残骸分解的产物，它们组成土的固体部分。在形成初期，土是松散的，颗粒之间没有任何联系，呈松散状态，其中含有水和气体，这就形成了土。随着沉积物逐渐增厚，上覆土层压力增大，使得较早沉积的颗粒排列渐趋稳定，颗粒之间由于长期的接触产生了一些胶结加之沉积区气候干湿循环、冷热交替的持续影响，最终形成了具有某种结构联结的地质体（土体），并通常以成层的形式（土层）广泛覆盖于前第四纪坚硬的岩层（岩体）之上。

风化作用是土体形成的重要因素，它是由于气温变化、大气、水分及生物活动等自然条件使岩石破坏的地质作用。自然界的岩石每时每刻都在经历着风化作用，包括物理风化、化学风化和生物风化作用，三种类型经常是同时进行并且互相作用而发展的过程。

1. 物理风化

物理风化是岩体在各种物理力的作用下，从大的块体分裂为小的石块或像砂粒大小