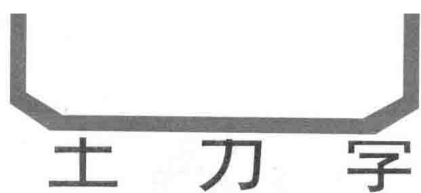


土力学

夏琼 贾桂云 张延杰 © 编



科学出版社



夏 琼 贾桂云 张延杰 编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是根据全国高等院校土木工程专业指导委员会对土木工程专业的培养要求、目标及教学大纲编写的。本书系统地介绍了土的基本特性、土力学的基本原理和分析计算方法,内容包括绪论、土的物理性质及工程分类、土的渗透性和渗流问题、土中的应力计算、土的压缩性及地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力计算、土坡稳定分析、地基承载力。本书每章开篇处均给出本章的“内容提要”,每章重要知识点均配有详细求解过程的例题,每章后面均附有思考题和习题。本书基本概念和基本理论突出,力求加强用理论知识解决实际工程问题的能力。

本书可作为高等院校土木工程专业及相关专业土力学课程的教材或教学参考书,亦可作为相关专业工程技术人员的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土力学/夏琼,贾桂云,张延杰编.—北京:科学出版社,2017.6

ISBN 978-7-03-053282-4

I.①土… II.①夏… ②贾… ③张… III.①土力学—高等学校—教材
IV.①TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 128646 号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:陶丽荣

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>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2017 年 6 月第一次印刷 印张:15 1/4

字数:345 000

定价:48.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新科〉)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62135319

版权所有,侵权必究

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

前 言

土力学是一门应用材料力学、弹性力学和塑性力学等学科知识,辅以描述碎散体特性理论所建立的基础学科,重点研究土的基本特性、渗流问题、应力变形、强度和稳定性以及与其相关的各类工程问题。作为一门重要的专业基础课,土力学为土木工程、水利水电工程及地质工程等各类工程专业的学习与研究提供理论基础与方法。

本书依据全国高等院校土木工程专业指导委员会对土木工程专业的人才培养目标及教学大纲要求,结合作者多年教学经验,以强化工程实践能力、工程设计能力和工程创新能力为核心编写而成。

全书共8章,主要内容包括绪论、土的物理性质和工程分类、土的渗透性和渗流问题、土中的应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力计算、土坡稳定分析以及地基承载力。本书由兰州交通大学土木工程学院的贾桂云负责编写绪论、第1章、第2章及第7章,夏琼负责编写第3~5章,张延杰负责编写第6章和第8章。全书由兰州交通大学土木工程学院梁庆国统校。

本门课程的先修课程为工程地质学和材料力学。

本书参考了国内外诸多相关文献及资料,在此对原作者表示衷心感谢。

由于时间仓促及作者水平有限,书中难免有疏漏和不当之处,恳请专家与读者批评指正。

作 者

2017年3月

目 录

绪论	1
0.1 土的定义和特点	1
0.2 土力学性质和研究内容	2
0.3 土力学的发展历史和方向	4
0.3.1 土力学的发展历史简介	4
0.3.2 土力学的发展方向	4
0.4 课程学习重点和基本要求	5
1 土的物理性质和工程分类	6
1.1 土的形成	6
1.1.1 风化作用及土的主要特点	6
1.1.2 土的搬运与沉积	7
1.2 土的三相组成	8
1.2.1 固体颗粒	8
1.2.2 土中水	13
1.2.3 土中气体	15
1.3 土的物理状态	15
1.3.1 土的物理性质指标	15
1.3.2 土的物理状态指标	20
1.4 土的结构	22
1.4.1 粗粒土（无黏性土）的结构	22
1.4.2 细粒土（黏性土）的结构	23
1.4.3 反映细粒土结构特性的两种性质	23
1.4.4 粗粒土和细粒土的比较	24
1.5 土的工程分类	24
1.6 土的压实性	27
1.6.1 基本原理与方法	27
1.6.2 细粒土的压实性	27
1.6.3 粗粒土的压实性	29
思考题	30
习题	30

2 土的渗透性和渗流问题	32
2.1 概述	32
2.2 土的渗透性	32
2.2.1 土的渗透定律——达西定律	32
2.2.2 渗透系数的测定和影响因素	38
2.2.3 成层状地基的等效渗透系数	42
2.3 渗透力和渗透变形	45
2.3.1 渗透力和临界水力坡降	45
2.3.2 土的渗透变形（或称渗透破坏）	47
思考题	49
习题	49
3 土中的应力计算	53
3.1 概述	53
3.1.1 土中应力的类型	53
3.1.2 地基土的几种应力状态	54
3.2 地基的自重应力	56
3.2.1 竖向自重应力	56
3.2.2 水平向自重应力	58
3.3 基底压力	59
3.3.1 基底压力的分布规律	59
3.3.2 基底压力的简化计算	61
3.3.3 基底附加压力	63
3.4 地基中的附加应力	64
3.4.1 集中荷载作用下附加应力	64
3.4.2 矩形面积上各种分布荷载作用下地基附加应力	68
3.4.3 条形面积上各种分布荷载作用下的附加应力	77
3.4.4 圆形基底竖向均布荷载作用下的附加应力	83
3.4.5 大面积均布荷载作用下的附加应力	84
3.4.6 成层地基中附加应力分布规律	84
3.4.7 地基附加应力的分布规律	85
3.5 有效应力原理	86
3.5.1 饱和土体中的孔隙水压力和有效应力	86
3.5.2 有效应力原理	87
3.5.3 饱和土中孔隙水压力和有效应力计算	88
思考题	93
习题	93

4 土的压缩性与地基沉降计算	98
4.1 概述	98
4.2 土的压缩特性与压缩性指标	99
4.2.1 土的压缩试验	99
4.2.2 土的压缩性指标	100
4.2.3 现场荷载试验及变形模量	103
4.3 土的应力历史和对土的压缩性的影响	106
4.3.1 土的应力历史	106
4.3.2 先期固结压力的确定	108
4.3.3 现场压缩曲线的推求	109
4.4 地基最终沉降量计算	110
4.4.1 单向压缩量计算公式	110
4.4.2 分层总和法	111
4.4.3 规范法	112
4.4.4 e - $\lg p$ 曲线法	118
4.5 饱和土的单向固结理论	121
4.5.1 饱和土的单向固结模型	122
4.5.2 太沙基单向渗流固结理论	123
4.5.3 固结度	126
4.5.4 饱和黏性土地基的最终沉降组成	131
4.5.5 固结系数 C_v 的测定	133
思考题	135
习题	135
5 土的抗剪强度	138
5.1 概述	138
5.2 土的抗剪强度理论	139
5.2.1 库仑公式及抗剪强度指标	139
5.2.2 土的抗剪强度构成	140
5.2.3 莫尔-库仑强度理论	140
5.3 土的抗剪强度指标试验方法	147
5.3.1 直接剪切试验	147
5.3.2 三轴剪切试验	149
5.3.3 无侧限抗压强度试验	152
5.3.4 十字板剪切试验	154
5.3.5 三轴剪切试验中的孔隙压力系数	156
5.4 应力路径	159
5.4.1 应力路径表示	159

5.4.2	K_0 线	160
5.4.3	K_f 线	161
5.4.4	常规三轴试验中的应力路径	162
5.5	三轴试验中土的剪切性状	163
5.5.1	无黏性土的剪切性状	163
5.5.2	黏性土的剪切性状	165
5.6	抗剪强度试验方法与指标的选用	170
5.7	土的抗剪强度影响因素的讨论	171
	思考题	172
	习题	173
6	土压力计算	175
6.1	概述	175
6.2	静止土压力	177
6.2.1	静止土压力强度 p_0	177
6.2.2	静止土压力分布及总静止土压力 E_0	177
6.2.3	静止土压力系数 K_0	177
6.2.4	墙背倾斜时的静止土压力	178
6.3	朗肯土压力理论	179
6.3.1	基本原理与假定	179
6.3.2	朗肯主动土压力计算	180
6.3.3	朗肯被动土压力计算	183
6.3.4	几种常见情况朗肯土压力计算	185
6.4	库仑土压力理论	190
6.4.1	基本假定	190
6.4.2	基本原理	190
6.4.3	库仑主动土压力	191
6.4.4	库仑被动土压力	194
6.4.5	几种常见情况库仑土压力计算	195
6.5	朗肯土压力理论与库仑土压力理论比较	198
6.6	库尔曼图解法	198
6.6.1	基本原理	199
6.6.2	库尔曼图解法基本步骤	199
	思考题	200
	习题	200
7	土坡稳定分析	203
7.1	概述	203

7.2 无黏性土坡的稳定分析	205
7.2.1 均质干坡和水下坡	205
7.2.2 有渗透水流的均质土坡	205
7.3 黏性土坡的稳定分析	206
7.3.1 整体圆弧滑动法	206
7.3.2 条分法的基本概念	207
7.3.3 瑞典条分法	208
7.3.4 毕肖甫法	209
7.3.5 最危险滑裂面的确定方法	210
7.3.6 关于安全系数及强度指标的选用	212
思考题	213
习题	213
8 地基承载力	215
8.1 概述	215
8.2 地基的变形和破坏过程	216
8.2.1 地基破坏的过程	216
8.2.2 地基的破坏形式	217
8.3 地基临塑荷载和临界荷载	217
8.3.1 临塑荷载	218
8.3.2 临界荷载	220
8.3.3 临塑荷载及临界荷载计算公式的适用条件	221
8.4 地基极限承载力的计算	221
8.4.1 普朗特-瑞斯纳公式	222
8.4.2 太沙基地基极限承载力公式	223
8.4.3 汉森地基极限承载力公式	226
8.4.4 地基极限承载力公式讨论	227
8.5 确定地基承载力特征值的规范方法	228
8.5.1 地基承载力特征值	228
8.5.2 理论公式计算方法	230
8.5.3 荷载试验确定方法	231
思考题	231
习题	232
主要参考文献	233

绪 论

内容提要 土的三相组成：固体颗粒、水、气体；

土的三个特性：碎散性、三相体系和自然变异性；

土力学三大组成部分：基础力学（理论力学、材料力学、弹性力学、塑性力学、实验力学）、土工试验、工程经验；

土力学三大基础理论：有效应力原理、莫尔-库仑破坏准则、达西定律；

土力学三大工程应用问题：支挡结构工程、边坡工程、地基工程。

0.1 土的定义和特点

狭义的土是指自然界的岩石风化后形成的碎散矿物集合体，是一种地质体。在土木工程中，土则泛指覆盖在地表上碎散的、无胶结或胶结很弱（相比于岩石）的颗粒堆积物，是一种广义的定义，显然不仅包括狭义的土，还包括诸如建筑和生活垃圾等人造的颗粒堆积物。本课程则主要是以狭义的土为研究对象，但其基本理论和方法在广义的土中也有直接的借鉴和应用。

天然土体是由固体矿物颗粒、土中水和气体以及其他一些物质共同组成的复杂多相体系。在形成过程中，由于形成原因的不同（如残积土、运积土、重塑土等）、成分因素的差异（矿物成分、颗粒形状、大小级配、孔隙水介质类型、含量及物理化学性质等）、所处环境的变化（如温度、压力、水流和时间因素等）以及在其漫长的形成演化过程中各种物理化学作用过程的影响，使得天然土体的结构和工程性质千差万别。与其他材料系相比，它不是一种连续介质，而是由各种粒径大小的颗粒集合组成的，颗粒间的黏结强度远比颗粒本身的强度小得多，是散粒体介质，具有松散性。土颗粒间存在孔隙，孔隙间尚有水与空气的存在。作为一种建筑材料，土不同于一般的建筑材料（木材、石块、水泥、混凝土、钢材等），主要表现在以下几个方面。

（1）土是多相体系，其中固态、液态和气态成分之间的质量与体积的比例关系，尤以孔隙中水的作用，将对土的物理、物理化学以及力学性质产生很大影响。

（2）土具有透水性，因为土中具有孔隙，而且部分孔隙是连通的。

（3）土中成分组成和结构及其赋存环境的复杂性决定了土具有的非均匀性、非连续性和各向异性，因此数学描述和理论计算较为困难。

（4）由于土颗粒之间联结很弱甚至无联结，在荷载作用下土颗粒之间就会发生相对位移，土中水从孔隙中逐渐排走而使孔隙减小。所以，土的力学性质较差，具体表现为：

① 变形较大，是一种大变形材料，其变形包括“弹性变形”和不可恢复的塑性变形，并且土的变形需要一定时间才能完成。并不是在加荷瞬间土的变形发生且全部完成，

而是需要一定的时间（几天、几个月、几年、十几年、……），其原因是水从孔隙中排走需要一定的时间。

② 强度较低，是一种典型的剪切破坏材料。所以，按照“弹性理论”很难完全解决“土力学”中的有关问题，需要利用“弹塑性理论或塑性理论”来解决。

0.2 土力学性质和研究内容

土力学是利用力学原理和土工试验技术来研究土的应力、应变、强度、稳定和渗透等特性及其随时间变化规律的学科。作为一门复杂的理论性学科，同时又是与实验科学和工程实践紧密联系的应用性学科，土力学是在大量的实验资料和工程实践经验基础上逐渐发展和形成的，从实践应用的角度，是一门“古老”的学科，但若从理论体系建立和发展的角度来看，其仅有七八十年的历史，真正是一门不断发展和创新的“年轻”学科。在土木、水利水电、道路桥梁、市政、港口和海洋等诸多学科和应用领域，土的用途主要体现在三种类型的工程中，即地基（路基）、建筑材料（如铁路、公路路基，工业与民用建筑物修建的场地、堤坝等的填料）和建筑物周围的环境介质（如边坡工程、地下工程），土力学则是定量分析评价工程地质问题和进行岩土工程设计计算的重要理论基础之一。因此，对上述学习相关专业的学生而言，土力学是一门很重要的专业基础课。

土力学的创立、发展和应用，主要依赖于基础理论、土工试验和工程实践经验的进步和积累，三者相互促进，互为因果，并且缺一不可，“理论与实践密切相结合”是对土力学学科研究和应用最好的写照，如图 0-1 所示。本课程的理论框架如下。

（1）学科基础：理论力学、材料力学、弹性力学、塑性力学及实验力学，前四者是进行理论分析和计算设计的基础，后者则是体现土力学特色且尤为重要的部分，包括室内试验、现场试验和观测监测等方面，已经形成了国际或国内不同部门行业的成熟和规范的方法。

（2）土力学基础理论：该部分是土力学的理论部分。在微观层次上，土中固相（土颗粒）、液相（水）和气相（空气）三相之间的相互作用产生了土力学区别于其他力学学科的特有的规律和理论，标志着土力学成为一门独立学科的核心理论则是有效应力原理和饱和土体的一维渗流固结理论，主要包括如下内容。

① 土的物理性质和工程分类。例如，颗粒矿物成分、颗粒形状及组成、土的三相体等。

② 土的渗透性。研究土中水的渗透规律，以及渗流而产生的力学作用等。

③ 土的力学性质，包括变形性质、强度性质和动力性质等。主要研究荷载作用下地基的变形规律、抗剪强度以及在动力荷载如地震、爆炸等作用下土体的力学性质。

（3）土力学的应用理论：该部分是土力学在其成长发展过程中由不同的学者独立提出来的，其主要是解决工程实践中的实际问题。主要包括如下内容。

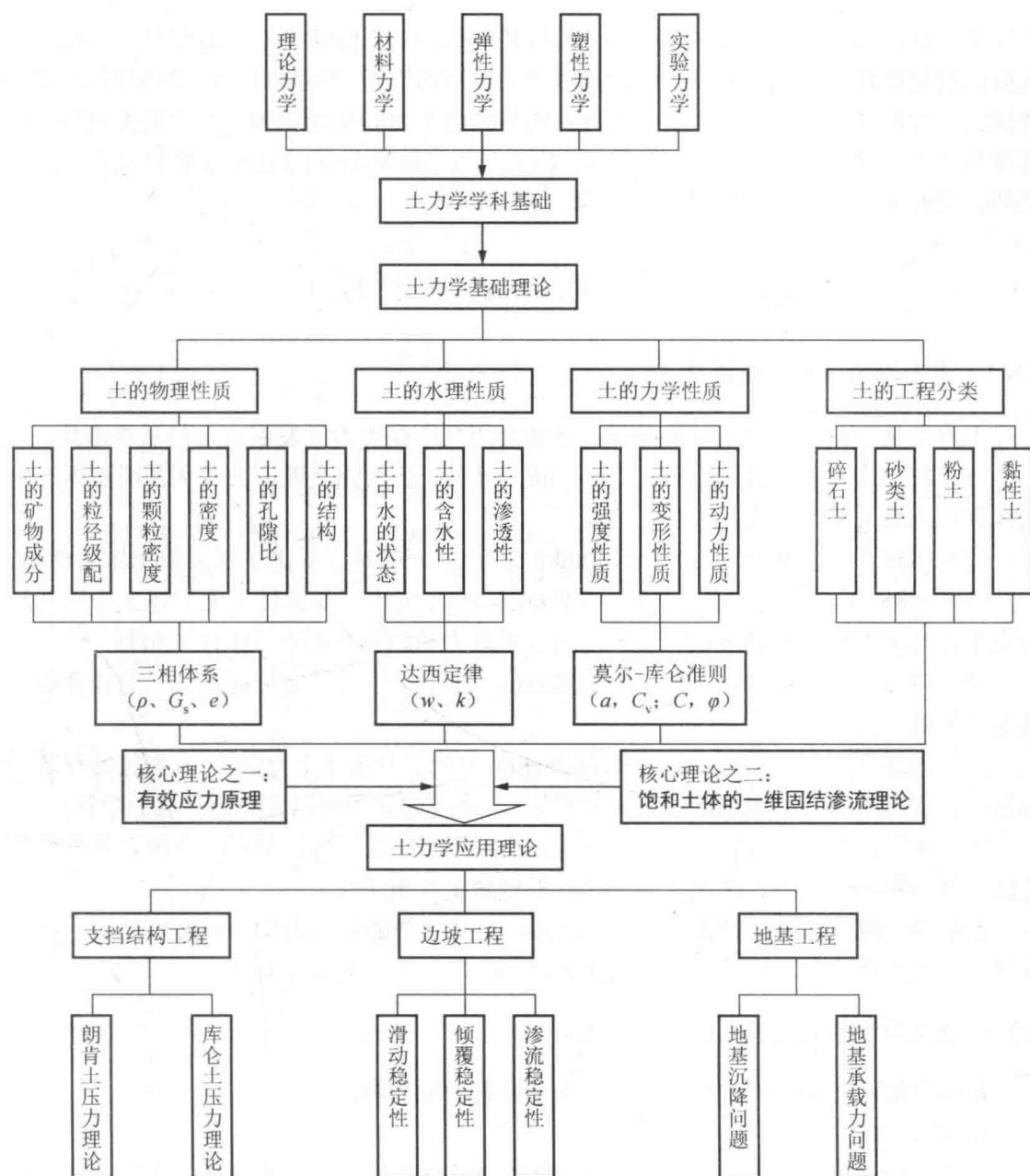


图 0-1 土力学课程框架体系

ρ : 土的密度; G_s : 土的颗粒密度; e : 土的孔隙比; w : 土的含水率; k : 土的渗透系数;

a : 土的压缩系数; C_v : 土的固结系数; C : 土的黏聚力; φ : 土的内摩擦角

- ① 土压力理论。研究支挡结构的土压力计算。
- ② 边坡工程分析和设计。主要研究土坡在重力和外力作用下的各种稳定性问题。
- ③ 地基工程的沉降和承载力计算设计。

特别需要强调的是,对土工试验的必要性和重要性再怎么强调也是不过分的。有句哲言“世界上没有相同的两片树叶”,同样,在实际工程地质环境中,在同一位置,相

距哪怕是几厘米的地方,也难以确信土的特性是相同的,由此可见土的空间分布和工程性质的复杂性。因此,要掌握具体工程中某种土的性质,必须对土进行物理、力学性质试验。为研究土的工程性质及应用进行的各种的室内和现场试验、观测及监测等,可统称为“土工试验”。土工试验是土力学研究最为基础和重要的研究方法和途径之一,必须按照有关的土工试验规程严格执行。

0.3 土力学的发展历史和方向

0.3.1 土力学的发展历史简介

土力学是一门古老而年轻的学科。下面介绍几个在土力学发展史上的重要事件。

(1) 1773 年法国的库仑 (C.A.Coulomb) 提出了抗剪强度理论公式和利用楔体平衡法计算挡土墙上的土压力。

(2) 1869 年英国的朗肯 (W.J.M.Rankine) 从另外的角度提出了挡土墙土压力理论。

(3) 1885 年法国的布辛内斯克 (J.Boussinesq) 提出了在弹性半无限体上作用有竖向集中力时应力和变形的理论解答,为地基承载力和地基变形建立了理论依据。

(4) 1922 年瑞典的费兰纽斯 (W.Fellenius) 提出了土坡稳定分析方法,为处理滑坡奠定了基础。

(5) 1925 年美国学者太沙基 (K.Terzaghi) 出版了专著《土力学》(内容包括有效应力原理、渗透固结理论和地基承载力理论等),最终创立了这门完整而独立的学科。

(6) 随后,世界各国学者从不同角度、不同侧面发展了这门学科。我国著名学者黄文熙、曾国熙、龚晓南、沈珠江等也在此领域做了大量工作。

近年来,随着计算机的普及及广泛应用,一些复杂的岩土力学问题可以使用计算机求解。一些先进的数学理论、数学方法也被引入、运用到岩土工程中。

0.3.2 土力学的发展方向

各学科的相互综合与渗透是现代土力学发展的总趋势。

1) 设计理论方面

地基土的非均匀性、土力学试验和监测数据的离散性以及理论分析的不确定性,不得不用概率、统计、可靠度和随机过程的方法对地基基础进行设计和旧地基基础规范进行修改。

2) 土的本构模型

已提出土的本构的模型不下百余种,但能实用的不多,不是理论过于烦琐、运用不便,就是模型参数过多、测试不易,从而无法使用,所以还需作进一步简化研究。

3) 土动力学研究

高速重载铁路和高速公路的修建,一般土体的静力学知识已不能阐明动力条件下土的强度和变形性质,故必须研究土的动力性质,即动应力与动应变的关系和饱和砂土的振动液化问题。

4) 土力学试验设备的改进

试验设备的改进直接影响土力学的发展。以前采用小尺寸模型试验,近年来离心模拟试验的出现,解决了现实中的大问题。

5) 复合地基和复合土体的设计

新材料、新工艺对于软弱土的加固方法,近年来得到逐步推广,已产生明显经济效益。现在的问题是设计理论未能跟上施工,复合土体中应力分布、稳定性、变形尚未找到合理的计算方法,尚待进一步研究。

0.4 课程学习重点和基本要求

由于土力学具有一般固体力学不同的特点,初学者总感到头绪多端,难以掌握;另一方面却又往往认为理论不够严谨而予以轻视。因此,在本课程的学习过程中,要特别注意深刻理解土的本质特点和学科核心理论,搞清概念、掌握原理、抓住重点,理论联系实际,学会设计、计算和应用,并逐步树立和培养全面、系统、发展的思维方式和方法。

本课程的基本理论、重点内容及要求如下。

- (1) 牢固掌握有效应力原理的本质及其在土力学中的应用。
- (2) 重点掌握土体应力分布理论、渗透固结理论和抗剪强度理论的实质及其应用。
- (3) 掌握土体变形与强度指标的测定方法及其在工程实践中的应用。
- (4) 掌握土压力理论、土坡稳定分析、地基承载力设计等原理和方法。

1 土的物理性质和工程分类

内容提要 本章主要介绍土的形成及土的基本物理参数,这些参数是本门课程及将来进行岩土工程实践必须掌握的。作为岩土工程师,其主要的任务就是采集、分类和调查土的物理性质。因此,本章的重点就是解决如何描述土,如何通过试验来确定其物理参数以及对其进行分类。

通过本章的学习,要求掌握:对土进行描述和分类;确定土体的粒径级配;确定土中的主要成分比例(三相组成);确定土的特性(粗粒土和细粒土)指标;确定最大干密度和最优含水率。

1.1 土 的 形 成

“土”一词在不同的学科领域有其不同的含义。就土木工程而言,土是指覆盖在地表的没有胶结和弱胶结的颗粒堆积物,是在自然界漫长的地质年代内所形成的性质复杂、不均匀、各向异性且随时间在不断变化的地质体。即使在同一场地,相距几厘米的土样之间也肯定不会具有相同的性质。土与岩石的区分仅在于颗粒间胶结的强弱,所以,有时也会遇到难以区分的情况。

工程上遇到的大多数土都是第四纪地质历史时期内所形成的。

1.1.1 风化作用及土的主要特点

岩石经过物理风化和化学风化形成了土。风化过程包括物理风化和化学风化。它们是同时进行而且互相加剧发展的进程。

物理风化:由于物理作用(温度的变化、季节的变化、水的冻胀以及波浪的冲击、碰撞、摩擦等)使岩石块崩解为碎块和岩屑的过程。

物理风化作用只会引起岩石的机械破坏,大块岩体变成细小的颗粒,但其矿物成分仍与母岩相同,称为原生矿物。这些颗粒之间存在着大量的孔隙,可以透水 and 透气,这是土的主要特征——碎散性。

化学风化:母岩表面和碎散颗粒在与水、氧气、二氧化碳等的作用下受到的破坏作用。

化学作用:水解作用、水化作用、氧化作用、碳酸化以及溶解作用。

生物风化 { 物理生物风化：如植物根部生长在岩缝里，使岩石产生机械破坏。
化学生物风化：如动物新陈代谢的排泄物、动物遗体的腐烂产物等。

这种作用将改变矿物的化学成分，形成新的矿物（次生矿物），主要为黏土颗粒以及大量的可溶性岩类，表面积很大，具有吸附水分子的能力。因此，土是由固体颗粒、水和气体三种成分所构成，称为土的三相体系。

在自然环境里，岩石和土的风化作用常常是同时存在、互相促进的。但在不同的环境里，主次不同，形成的土也就多种多样。同一场地、不同深度处的土的性质也不一样，甚至同一位置的土，其性质随方向也不同。因此，土是自然界漫长的地质年代内所形成的性质复杂、不均匀、各向异性且随时间而在不断变化的材料，即土具有自然变异性。

1.1.2 土的搬运与沉积

第四纪的土，根据其搬运和堆积方式的不同，可分为残积土和运积土。

{ 残积土：母岩表层经风化作用破碎成为岩屑或细小颗粒后，未经搬运，残留在原地的堆积物。特征：颗粒表面粗糙、多棱角、粗细不均、无层理。
运积土：风化所形成的颗粒，受自然力的作用，搬到远近不同的地点所沉积的堆积物。特征：颗粒经过摩擦碰撞，具有一定浑圆度，并具有初步的分选性。

根据搬运动力的不同，运积土可分为以下几类：

坡积土——残积土受重力和短期水流的作用，被挟带到山坡或坡角处聚积起来的堆积物。堆积体内土粒粗细不均，性质很不均匀。

洪积土——残积土和坡积土受洪水冲刷，挟带到山麓处沉积的堆积物，具有一定的分选性。搬运距离近的沉积物颗粒较粗，力学性质较好；远的则颗粒较细，力学性质较差。

冲积土——江河水流搬运岩石风化产物，沿途沉积所形成的沉积物。搬运的远近取决于流速的大小，这就引起一定程度的分选性。

湖泊沼泽冲积土——在流速极为缓慢和静水条件下沉积形成的堆积物。这种土颗粒细小，且伴有有机物的存在，工程性质一般都较差。

海相冲积土——由水流挟带到大海沉积起来的堆积物或由海浪、潮汐等剥蚀海岸产生的各种物质以及海洋中的生物遗体。颗粒较细，表层土质松软，工程性质差。

冰积土——由冰川剥落、搬运形成的堆积物。颗粒粗细变化较大，土质也不均匀。

风积土——由风力搬运形成的堆积物，常在干旱和半干旱地区遇到。风所能带走的颗粒大小取决于风速，因此，颗粒也具有一定的分选性，不具有层理。

1.2 土的三相组成

土是一种松散的颗粒堆积物，由固相、液相和气相三部分组成。固体部分主要是土粒，有时还有粒间胶结物和有机质，它们构成了土的骨架。土骨架间有相互贯通的孔隙，这些孔隙有时完全被水充满，称为饱和土，有时一部分被水占据，另一部分被气体占据，称为非饱和土，有时完全充满气体，称为干土。液相部分为水及其溶解物；气相部分为空气和其他气体。

1.2.1 固体颗粒

如前所述，土粒的大小与成土矿物之间存在着一定的相互关系，因此土粒大小在某种程度上也就反映了土粒性质上的差异。土粒的大小通常以粒径表示。研究固体颗粒就要分析粒径的大小及其在土中所占的质量百分比，称为土的粒径级配。

1) 粒径级配

天然土是由无数大小不同的土粒所组成，逐个地研究它们的大小是不可能的，也没有这个必要。通常是把工程性质相近的土粒合并为一组，称为粒组。不同的粒组赋予土不同的性质。工程上广泛采用的粒组有漂石粒、卵石粒、砾粒、砂粒、粉粒、黏粒和胶粒，见表 1-1。其中，又把粒径在 0.074~60mm 的土统称为粗粒土（无黏性土），小于 0.074mm 的土统称为细粒土（黏性土）。

表 1-1 土的粒组划分

粒组划分				主要特征	备注
粗粒土	漂石		>200mm	无黏性，透水性很大，不能保持水分；毛细管上升高度很小	2mm 是土体中有无毛细管作用力的界限值
	卵石		60~200mm		
	砾石	粗	60~20mm		
		中	20~5mm		
		细	5~2mm		
	砂粒	粗	2~0.5mm	无黏性，易透水，有一定毛细管上升高度	0.05mm 是土体中具有毛细管作用力与黏着力的界限值
		中	0.5~0.25mm		
细		0.25~0.10mm			
极细		0.10~0.05mm			
细粒土	粉粒		0.05~0.005mm	湿时有微黏性，透水性小，毛细管上升高度较大	在 0.05~0.005mm 之间是具有一定黏着力
	黏粒		<0.005mm	有黏性和可塑性，透水性极微，其性质随着含水量有较大变化	小于 0.005mm 后土体颗粒具有更强的黏着力； 0.002mm 是原生矿物与次生黏土矿物含量比率的变化界限
	胶粒		<0.002mm		

土中某粒组的土粒含量定义为该粒组中土粒质量与干土总质量之比，常以百分数表示。土中各粒组的相对含量就称为土的粒径级配。土的级配好坏将直接影响到土的性质。级配良好的土，压实时能达到较高的密实度，因而土的透水性小、强度高、压缩性低。