



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

土力学

(第2版)

李镜培 梁发云 赵春风 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

土力学

(第2版)

李镜培 梁发云 赵春风 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容提要

本教材是在土木工程专业调整与课程体系改革的基础上,根据面向 21 世纪土木类人才培养目标和专业指导委员会对课程设置及教学大纲的要求组织编写的,是在 2004 年出版的第 1 版的基础上修订而成的,并入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书系统地介绍了土力学的基本原理和分析计算方法,内容包括土的组成和物理性质、土的渗透性与土中渗流、土中应力分布及计算、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、地基承载力、土的动力性质等,每章均附有较全面、详细的例题、习题和讨论与思考题。

本书可作为高等学校土木工程专业的教学用书,亦可供其他相关专业师生及技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学/李镜培,梁发云,赵春风编著.—2 版.—北京:高等教育出版社,2008.1
ISBN 978-7-04-022685-0

I. 土… II. ①李…②梁…③赵… III. 土力学—高等学校—教材 IV. TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182541 号

策划编辑	赵湘慧	责任编辑	李 澈	封面设计	王 睢
责任绘图	尹 莉	版式设计	王艳红	责任校对	金 辉
责任印制	朱学忠				

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 人民教育出版社印刷厂

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16
印 张 18
字 数 330 000

版 次 2004 年 8 月第 1 版
2008 年 1 月第 2 版
印 次 2008 年 1 月第 1 次印刷
定 价 22.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 22685-00



李镜培，1963年12月生，江西信丰人。同济大学教授。1983年7月本科毕业于同济大学建工系工民建专业；1989年获工学博士学位。2001年起任同济大学土力学与基础工程教研室主任、地基基础工程研究所副所长、岩土工程耐久性与灾害防治研究室主任。兼任上海市力学学会岩土力学专业委员会副主任委员，中国力学学会岩土力学专业委员会华东地区负责人等。

主要从事岩土工程、结构工程等领域的教学与科研工作，主要研究方向为桩基础、地基承载力与沉降、岩土工程可靠度与耐久性等。在土性指标特性、桩基础、基坑工程、地基承载力与沉降、地下管道耐久安全性、地下工程监测新技术与信息管理系统等方面进行了比较深入的研究与探讨。1989年开始参与了国家与上海市的有关规范、标准的科研与修编工作，是国家《建筑桩基技术规范》(JGJ94-94)和上海市《地基基础设计规范》(DGJ08-11-1999)的主要研究人员与起草人。

序

土力学是土木工程专业的一门技术基础课,在前期课程力学知识的基础上,结合土木工程的需要,学习土的工程性质和土的力学性状分析计算原理,树立正确的观念和方法,为基础工程和上部结构课程的学习提供必备的基础知识。

李镜培教授等编著的《土力学》按土木工程专业教学计划的要求编写,以土力学的基本原理为主要内容,结合土木工程技术发展的趋势,充实了部分必需的新知识,技术内容符合专业人才的培养要求。教材的体系和章节的安排,符合土力学课程的教学经验和学生认知土力学学科的客观规律。教材在基本原理的叙述上注意教学方法的改革,对学生的阅读提出了指导性的意见,启发学生思考和理解重要的基本原理和学术见解,培养理论联系实际的学习方法,以土力学的理论去理解和思考工程问题。教材设计了许多典型的例题、习题和思考题,以帮助学生巩固理论知识,掌握解题的方法,提高分析问题和解决问题的能力。教材特意选用了一些照片和图片以说明重要的工程现象和科学原理,帮助学生从具体的工程问题中抽象出力学分析的构架,将感性知识提升到理性的思考,有利于教师的备课与学生的学习。

编者注意了近年来土力学学术界对一些土力学基本理论问题的讨论,用以指导教材对一些重要概念的论述和分析,使教材能符合学术研究的发展方向,及时吸收最新的科学见解。

这本教材改变了我国一段时间来土力学教材依附于规范并致力于解释规范条文的倾向,保持了土力学的系统性和原导性,正确处理了理论与实际的关系,有利于加强学生的土力学理论基础,也有利于扩大学生的知识面和专业面,增强了学生适应土木工程不同行业的能力,符合我国教学改革的方向,是一本具有特色的土力学教材。

同济大学

高大钊

2007年8月

第2版前言

本书是在土木工程专业调整与课程体系改革的基础上,根据面向21世纪土木类人才培养目标和专业指导委员会对课程设置及教学大纲的要求组织编写的,是在2004年出版的第1版的基础上修订而成的,并入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书在此次修订过程中,征求了有关学校对第1版教材的使用意见以及对土力学课程的教学意见,吸收了近十年来本学科工程技术的发展成果,同时考虑了宽口径专业设置教学改革的需要。

本书的每一章都给出了必要的例题、习题、讨论与思考题,这些题大多经过多年课堂教学的使用,有利于学生的自学。书中带*号的部分是根据专业学习的要求,在上述教学大纲的基础上扩展与深化的内容,教师可根据教学需要取舍。

土力学是一门理论性和实践性都很强的课程,本书在基本原理和方法的选用上以工程实用为主,并兼顾反映国内外的先进技术水平。理论部分以讲解基本假定与概念为主;应用部分充分结合现行规范的规定,但尽量以共性内容为主,不使其简单地成为规范的说明书,有利于培养学生工程实践的能力。

本书在2004年出版了第1版,在本次第2版的编写过程中,编者根据有关学校在教学试用中反映的意见和建议,在保持本教材原有优点的基础上,对内容进行了新的调整与编排。根据教学需要增加了部分例题。新增了“土的目力鉴别”、“不同行业土的工程分类方法比较”和“地基承载力计算的规范法”等内容,以加强对学生实际工作能力的培养。为了拓展学生的知识面,反映近十年来本学科工程技术的发展成果,新增了“二维和三维固结理论”、“粘性土的流变”、“粘性土的结构性”等内容。

本书由同济大学土力学与基础工程教研室李镜培、梁发云和赵春风编著,由同济大学高大钊教授审阅。同济大学土力学与基础工程教研室多年从事该课程教学的教师黄茂松教授、周健教授、袁聚云教授、董建国教授、蒋明镜教授、姚笑青副教授、楼晓明副教授、熊巨华副教授和钱建固副教授等在本书的资料提供、教学内容安排与设计等方面提供了很大的帮助。在此对他们一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2007年8月于同济大学

第 1 版前言

本书是在土木工程专业调整与课程体系改革的基础上,根据面向 21 世纪土木类人才培养目标和专业指导委员会对课程设置及教学大纲的要求组织编写的,是高等教育“百门精品课程教材建设计划”立项研究项目。作为教育部新世纪网络课程《土力学》的配套文字教材,供广大读者学习参考。

本书在编写过程中征求了有关学校对本课程教学的意见,吸收了近十年来本学科工程技术的发展成果,同时考虑了宽口径专业设置教学改革的需要。

本书的出版获得了同济大学“十五”规划教材建设出版基金资助。

本书的每一章都给出了必要的例题、习题和讨论思考题,这些题大多经过多年课堂教学的使用,有利于学生的自学。书中的“问题与提示”是根据专业学习的要求、在上述教学大纲的基础上扩展与深化的内容,教师可根据教学需要取舍。

土力学是一门理论性和实践性都很强的课程,本书在基本原理和方法的选用上以工程实用为主,并兼顾反映国内外的先进技术水平。理论部分以讲解基本假定与概念为主;应用部分充分结合现行规范的规定,但尽量以共性内容为主,不使其简单地成为规范的说明书,有利于培养学生工程实践的能力。

本书由同济大学土力学与基础工程教研室李镜培教授、赵春风副教授编著,由同济大学高大钊教授审阅。同济大学土力学与基础工程教研室多年从事该课程教学的教师黄茂松教授、袁聚云教授、董建国教授、胡中雄教授、王天龙教授、沈锡英副教授、张宏鸣副教授、姚笑青副教授和钟才根副教授等在本书的资料提供、教学内容安排与设计等方面提供了很大的帮助。在此对他们一并表示衷心的感谢。

限于编者的水平,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者

2004 年于同济大学

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

第 8 章 地基承载力

地基承载力

地基承载力

地基承载力

地基承载力

绪论 1

第 1 章 土的组成和物理

性质 6

1.1 土的三相组成 6

1.2 土的三相比比例指标 15

1.3 土的结构 21

1.4 粘性土的界限含水率 22

1.5 砂土的密实度 26

1.6 土的压实原理 27

1.7 土的工程分类 31

习题 37

讨论与思考题 39

第 2 章 土的渗透性与

土中渗流 40

2.1 土中渗流的工程意义 40

2.2 渗流理论 41

2.3 流网及其工程应用 49

2.4 土中渗流的作用力及

渗透变形 53

习题 56

讨论与思考题 58

第 3 章 土中应力分布

及计算 59

3.1 概述 59

3.2 土的自重应力 62

3.3 基础底面压力 66

第 6 章 土体变形

土体变形

土体变形

土体变形

土体变形

3.4 土中附加应力 71

习题 95

讨论与思考题 96

第 4 章 土的压缩性与

地基沉降计算 97

4.1 概述 97

4.2 土的压缩试验与压缩

性指标 98

4.3 地基沉降计算 110

4.4 饱和粘性土地基沉降

与时间的关系 126

习题 145

讨论与思考题 148

第 5 章 土的抗剪强度

5.1 概述 149

5.2 土的强度理论与强度

指标 150

5.3 土的抗剪强度指标试

验方法 157

* 5.4 应力路径的概念 174

* 5.5 土的天然强度及其在荷

载作用下的强度增长 176

5.6 关于土的抗剪强度影

响因素的讨论 179

习题 182

讨论与思考题 183

第6章 土压力计算 184

6.1 概述 184

6.2 土压力的分类与相互
关系 185

6.3 静止土压力计算 187

6.4 朗肯土压力理论 189

6.5 库仑土压力理论 199

6.6 土压力计算的进一步
讨论 207

习题 210

讨论与思考题 211

第7章 土坡稳定分析 212

7.1 概述 212

7.2 砂性土土坡的稳定
分析 2137.3 粘性土土坡的稳定
分析 2157.4 土坡稳定分析问题的
进一步讨论 231

习题 234

讨论与思考题 235

第8章 地基承载力 237

8.1 地基承载力的基本
概念 2378.2 地基临塑荷载和临界
荷载 240

8.3 地基极限承载力计算 244

*8.4 确定地基承载力的
规范方法 2528.5 地基承载力计算的
进一步讨论 255

习题 257

讨论与思考题 259

第9章 土的动力性质 260

9.1 地基基础中的动
荷载 2609.2 土的动力性能指标及
测定 2639.3 饱和砂土与粉土的振
动液化 270

习题与思考题 275

参考文献 276

绪论

0.0.1 土力学的研究对象与方法

土力学是一门研究与土的工程问题有关的学科,它既是工程力学的一个分支学科,又是土木工程学科的一部分。土力学研究土和岩石并不是从地质学或农学的角度,而是从工学的角度,以工程为目的研究岩石和土的工程性质。当岩土的工程性质或岩土环境不能满足工程要求时,就需要采取工程措施对岩土进行整治和改造,不仅涉及对岩土性质的认识,而且需要研究如何采用有效的、经济的方法实现工程目的。岩土工程是一项根据工程地质学、岩体力学和土力学的理论、观点和方法,解决土木工程的工业与民用建筑结构、水利与交通运输系统的固定结构、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。岩土工程问题所涉及的工程范围非常广泛,而在工业与民用建筑中,大量的是与土体的利用和处理有关的地基基础设计与施工问题,对这些问题的解决都是以土力学为理论基础的。

与其他工程材料如钢材、塑料、混凝土等人工材料不同,土是由不同成因的岩石在风化作用(物理风化、化学风化和生物风化)后经重力、流水、冰川和风力等搬运、沉积而成的自然历史产物。土的工程性质与母岩的成分、风化的性质以及搬运沉积的环境条件有着密切的关系,研究土的工程问题不能不以工程地质学为基础,从宏观的、历史的角度分析土的各种特殊工程性质的形成机理及其变化的规律。土是一种特殊的变形体材料,它既服从连续介质力学的一般规律,又有其特殊的应力-应变关系和特殊的强度、变形规律,形成了土力学不同于一般固体力学的分析方法和计算方法。

0.0.2 土力学的发展沿革

18世纪60年代的欧洲工业革命和19世纪中叶的第二次工业革命,推动了社会生产力的发展,出现了水库、铁路和码头等现代工程,提出了许多有待解决的岩土工程问题,如地基承载力、边坡稳定、支挡结构物的稳定性等;同时施工机

械的出现,也为现代岩土工程的发展提供了物质条件;工程中出现事故和难题促使人们进行土力学理论探索和岩土工程的技术创新,开始出现土力学的许多经典理论,这个过程延续了大约 160 年,为 20 世纪太沙基土力学体系的形成准备了条件。

有关土力学的第一个理论是 1773 年由法国科学家库仑(C. A. Coulomb)建立并后来由摩尔(O. Mohr)发展了的土的 Mohr - Coulomb 强度理论,它为土压力、地基承载力和土坡稳定分析奠定了基础。1776 年库仑发表了建立在滑动土楔平衡条件分析基础上的土压力理论。1846 年,柯林(A. Collin)用曲线的滑裂面对土坡稳定进行了系统研究,发表了关于斜坡稳定性的理论。1856 年,法国工程师达西(H. Darcy)通过室内渗透实验研究,建立了有孔介质中水的渗透理论,即著名的达西定律。1857 年英国学者朗肯(W. J. M. Rankine)提出了建立在土体的极限平衡条件分析基础上的土压力理论,它与库仑理论被后人并称为古典土压力理论,至今仍具有重要的理论价值和一定的实用价值。1869 年俄国学者卡尔洛维奇(Карлович)发表了世界上第一本《地基与基础》教程。1885 年法国学者布辛内斯克(J. V. Boussinesq)和 1892 年弗拉曼(W. Flamant)分别提出了均匀的、各向同性的半无限体表面在竖直集中力和线荷载作用下的位移和应力分布理论,迄今仍为计算地基中应力的主要方法。1889 年俄国学者库迪尤莫夫(Кудюмов)首次应用模型试验研究地基破坏基础下沉时地基内土粒位移的情况。20 世纪初,土力学继续取得进展,1920 年普朗德(L. Prandtl)根据塑性平衡的原理,导出了著名的极限承载力公式。这些早期的著名理论奠定了土力学的基础。

20 世纪初,岩土力学的理论与工程应用取得了较好的发展。当时,瑞典、巴拿马、美国、德国等相继发生重大滑坡坍方事故,表明当时的一些分析方法不能满足处理事故的要求,于是纷纷成立了专门委员会或委托专家进行调查研究。例如,瑞典为处理铁路沿线不断出现的坍方问题,在国家铁路委员会内设立岩土委员会;巴拿马运河为处理可能堵塞运河的一段河道边坡事故,成立了专门委员会;美国土木工程师协会设立了研究滑坡的特别委员会;德国的基尔运河为处理施工中的滑坡事故设立了调查委员会;德国的克莱(K. Krey)开始对挡土墙和堤坝所受的土压力进行广泛的调查研究。此外,瑞典由于 Stigbetg 码头的破坏,成立了港口特别委员会,对该码头滑动原因进行分析,导致了著名的瑞典圆弧滑动法的产生。1920 年,瑞典国家铁路委员会的岩土委员会成立了一个岩土试验室,它可能是世界上第一个岩土试验室。

约 1913 年土力学发生转折的时候,也正是太沙基(K. Terzaghi)对土力学进行探索研究并形成飞跃的阶段。1906—1912 年间,年轻的太沙基在所从事的结构工程和水电站工程工作中,看到许多地基工程的意外失败事故,发现当时对于

土的力学性质的认识远未能解决实际工程问题,于是下决心对土的力学性质进行长期的试验研究,在1921—1923年间形成了土力学的有效应力概念和土的固结理论。1925年是土力学发展道路上的里程碑,太沙基出版了他的经典著作《土力学》,此书是用德文发表的,书名为 *Erdbaumchanik auf Bodenphysikalischer Grundlage*,尔后,又在 *Engineering News Record* 期刊上以“土力学原理”为标题发表系列文章,扼要介绍他所研究和发现的成果。这些成果终于奠定了他作为土力学创始人的地位,并使他被公认为土力学和基础工程方面的权威。

20世纪中叶,太沙基的《理论土力学》以及太沙基和派克(R. B. Peck)合著的《工程实用土力学》是对土力学的全面总结,使岩土工程技术具有了坚实的理论基础,从感性走向理性并对岩土工程的发展产生了深远的影响。

在此期间,费伦纽斯(W. Fellenius)提出了著名的瑞典圆弧法分析土坡的稳定性,而曾是太沙基最重要助手的卡萨格兰德(A. Casagrande)对土力学也做出了很大的贡献。卡萨格兰德在土的分类、土坡的渗流、抗剪强度、砂土液化等方面的研究成果影响至今,如粘性土分类的塑性图中的“A线”即是以他(Arthur)命名的。卡萨格兰德培养了包括简布(N. Janbu)等著名土力学人才,简布在土的压缩性研究、边坡稳定性等方面为土力学的发展做出了杰出的贡献。

此后,太沙基、斯开普顿(A. W. Skempton)、迈耶霍夫(G. G. Meyerhof)、威锡克(A. S. Vesic)和汉森(B. Hansen)等对地基承载力理论分别进行了修正、补充和发展,提出了各种地基极限承载力公式;泰勒(D. W. Taylor)和简布发展了土坡稳定性理论;比奥(A. M. Biot)建立了土骨架压缩和渗透耦合的三维固结理论等。这些成就为现代土力学的发展提供了重要理论依据。

现代土力学的概念最早出现在20世纪50年代初,当时主要考虑了土体两个基本特性——压硬性和剪胀性。随着土力学理论的发展和工程实践的不断深入,人们已经越来越不满足于将土体视为理想弹性介质或理想刚塑性介质这样简单化的描述。另一方面,现代电子计算技术的蓬勃发展也为采用复杂的计算模型提供了可能,从而为现代土力学的建立创造了客观条件。1963年,罗斯科(K. H. Roscoe)发表了著名的剑桥模型,提出了第一个可以全面考虑土的压硬性和剪胀性的数学模型,创建了临界状态土力学,他的成就标志着现代土力学的诞生。

0.0.3 土力学课程的内容与特点

土力学研究的内容主要包括土的基本物理性质与工程分类、土中地下水的渗流分析、土中应力计算、地基沉降计算、地基固结理论、地基承载力计算、土压力计算、土坡稳定分析和土的动力性质等。这些理论与计算方法都是运用材料力学、弹性理论、塑性理论以及流体力学的基本原理研究土这种特殊性质材料的

宏观力学行为所得到的结果,是工程实际中解决地基基础设计与施工技术的基本原理,也是学习基础工程学的必备知识。

第1章土的组成和物理性质主要介绍土的物质组成和描述干湿、疏密状态的指标试验与计算,以及利用土工指标进行土分类的方法。

第2章土的渗透性与土中渗流主要研究土的渗透特性与渗流分析方法。土中水的存在是土区别于其他工程材料的重要因素,土中水的渗流、土的渗透破坏、水的浮力等是工程设计与施工必须考虑的问题,也是许多工程事故的主要原因。

第3章土中应力分布及计算主要研究在外荷载作用下,土体应力状态的变化及其实用计算方法,这种应力的变化通常是造成土体变形或强度破坏的内在原因,在沉降计算时则需要计算土中附加应力沿深度的变化,这一章为后面几章的学习提供关于应力分布的基础知识和计算附加应力的方法。

第4章土的压缩性与地基沉降计算主要介绍压缩性指标的试验方法和建筑物沉降计算方法。沉降的计算与控制是地基基础设计的重要内容,过大的沉降与不均匀沉降常常是影响工程安全与正常使用的主要原因;这一章还将介绍分析沉降与时间关系的饱和土固结理论。

第5章土的抗剪强度主要讨论土的极限平衡理论、土的抗剪强度指标的试验方法与指标的工程应用。土的抗剪强度是土力学的重要课题之一,包括地基承载力、土压力和边坡稳定在内的土体稳定性验算都需要正确地测定与正确地应用土的抗剪强度指标。

第6章土压力计算主要讨论静止、主动与被动土压力的基本概念、朗肯土压力理论和库仑土压力理论的基本原理及实用计算方法,特别在各种特殊条件下土压力的计算方法。

第7章土坡稳定分析主要介绍均质土和层状土的土坡稳定分析的几种实用方法,讨论在各种工程条件下土坡稳定计算需要考虑的一些特殊问题。

第8章地基承载力主要讨论地基破坏的三种模式,介绍地基临界荷载和极限荷载理论公式的基本概念和实用计算表达式。

第9章土的动力性质讨论了土的动强度、动模量的基本概念与试验方法,介绍饱和粉细砂和粉土的液化机理与液化判别方法。

土力学是土木、水利等专业的一门重要的技术基础课。主要包括土的物理力学性质以及土的强度理论、渗透理论和变形理论的知识,即解决土力学各种课题的基本理论和试验研究方法。它为后续课程——基础工程提供解决一般工程问题的试验方法和理论基础。因此,本课程是一门实践性和理论性都比较强的课程,在整个教学计划中,它起着从基础课过渡到专业课的桥梁作用,是专业教学前的一个重要环节。

在学习本课程前需要具备的基础知识主要是工程地质学、材料力学和弹性力学的基本概念和部分计算理论等。

0.0.4 土力学课程学习基本要求

由于问题的复杂性,许多土力学的计算理论和公式是在作出某些假设和忽略某些因素的前提下建立的,如土中应力计算、土的压缩变形与地基固结沉降计算方法、土的抗剪强度理论等。一方面,应当了解这些理论难以模拟、概括地基土各种力学性状全貌的不完善之处,注意这些理论在工程实际使用中的适用条件。另一方面,这些理论和公式仍然是目前解决工程实际问题的理论依据,它们在长期的工程实践中发挥着无可替代的作用,并且正在不断取得完善与发展。因此,学习土力学就应该全面掌握这些基本理论,并学会将它们应用到工程实际中。本课程中的计算公式较多,要求读者掌握公式的来源、意义和应用,但对公式的推导或方程的建立过程,只要求作一般性了解即可。

解决岩土工程问题的关键步骤之一是计算指标和参数的确定,即土的工程性质指标的测定。土的工程性质指标包括物理性质指标和力学性质指标两类。物理指标是指用于定量描述土的组成,土的干湿、疏密与软硬程度的指标;力学性质指标主要是用于定量描述土的变形规律、强度规律和渗透规律的指标。通常只有通过试验才能得出土的工程性质指标,测定这些指标的试验方法包括室内试验和原位测试两类,它们各有其特点和适用条件。学习土力学的理论知识的同时必须重视学习与掌握这些指标的试验测定方法,了解这些指标的适用条件,对主要的试验指标,应掌握其土工试验的操作方法与数据整理方法。

土质学是土力学的基础,土质学是土力学的基础,土质学是土力学的基础。

土质学是土力学的基础,土质学是土力学的基础,土质学是土力学的基础。

土质学是土力学的基础,土质学是土力学的基础,土质学是土力学的基础。

第1章

土的组成和物理性质

本章导读

土是由各种大小不同的土粒按一定比例组成的集合体,土粒之间的孔隙中包含着水和气体,是一种三相体系。本章主要讨论土的物质组成以及定性、定量描述其物质组成的方法,包括土的三相组成、土的三相指标、粘性土的界限含水率、砂土的密实度和土的工程分类等。本章的学习要求是:了解土的成因和组成,熟练掌握土的物理性质指标,熟练掌握无粘性土和粘性土的物理性质,了解土的结构性和击实性,掌握土的工程分类原则,了解土的类别与其工程特性的关系。这些内容是学习土质学和土力学所必需的基本知识,也是评价土的工程性质、分析与解决土的工程技术问题的基础。

1.1 土的三相组成

土的生成是由地表的整体岩石,经过物理、化学和生物风化作用后形成的产物,再经搬运、沉积而成的成分、大小和组成不同的松散颗粒集合体。它具有碎散性、三相性和天然性等主要特点。工程中遇到的大多数土都是在第四纪地质历史时期内形成的,第四纪地质年代可划分为更新世和全新世两类,其中在人类文化期以来所沉积的土又称为新近代沉积土。

土是由固体颗粒、水和气体三部分组成的,通常称为土的三相组成。随着三相物质的质量和体积的比例不同,土的性质也将不同。

1.1.1 土的固相

土的固相物质包括无机矿物颗粒和有机质,是构成土的骨架最基本的物质,称为土粒。对土粒应从其矿物成分、颗粒的大小和形状来描述。

1. 土的矿物成分

土中的矿物成分可以分为原生矿物和次生矿物两大类。

原生矿物是指岩浆在冷凝过程中形成的矿物,如石英、长石、云母等。颗粒

一般较粗,是构成各类砂石的主要矿物成分。

次生矿物是由原生矿物经过风化作用后形成的新矿物,如三氧化二铝、三氧化二铁、次生二氧化硅、粘土矿物以及碳酸盐等。

在以物理风化为主的过程中,岩石破碎而并不改变其成分,岩石中的原生矿物得以保存下来;但在化学风化的过程中,有些矿物分解成为次生的粘土矿物;在风化的过程中,往往还有微生物的参加,在土中产生有机质成分,如多种复杂的腐殖质矿物或动植物残骸体的有机残余物等,有机质对土的工程性质影响很大。

粘土矿物是最重要的次生矿物,有结晶和非结晶两类,最常见的结晶类有高岭石、伊利石和蒙脱石三类。高岭石是由长石及云母类矿物转变而成,容易在酸性介质下形成,其颗粒在粘土矿物中相对较粗;蒙脱石通常是由火山灰或在碱性溶液介质条件下由火山岩转变而成,颗粒极为细小,表面具有极强的和水相互作用的能力(颗粒愈细,表面积愈大,亲水的能力就愈强,对土的工程性质的影响也就愈大);伊利石主要在含有较多钾离子的近于中性的溶液介质中形成,颗粒大小的平均尺寸介于高岭石和蒙脱石之间。

2. 土的粒度成分(颗粒级配)

天然土是由大小不同的颗粒组成的,土粒的大小称为粒度。工程上常用不同粒径颗粒的相对含量来描述土的颗粒组成情况,这种指标称为粒度成分。

(1) 土的粒组划分

工程上常把大小相近的土粒合并为组,称为粒组。粒组间的分界线是人为划定的,划分时应使粒组界限与粒组性质的变化相适应,并按一定的比例递减关系划分粒组的界限值。

对粒组的划分,我国《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)划分标准可参见表1-1。

表 1-1 粒组划分标准(GB 50021—2001)

粒组名称	粒组粒径范围/mm
漂石(块石)粒组	>200
卵石(碎石)粒组	20~200
砾石粒组	2~20
砂粒粒组	0.075~2
粉粒粒组	0.005~0.075
粘粒粒组	<0.005

由于粒组间分界线的人为因素影响,其划分标准与不同行业的工程特点、设计经验及习惯有关,应对粒组的划分,我国有关规范均将砂粒粒组与粉粒粒组的