

土力学

SOIL MECHANICS

主编 王成华

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

主审 李广信

普通高等院校土木专业“十一五”规划精品教材

土 力 学

SOIL MECHANICS

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

土力学 /王成华 主编.

—武汉:华中科技大学出版社,2010.1

ISBN 978-7-5609-5639-8

I. 土… II. 王… III. 土力学—高等学校—教材 IV. TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 152388 号

土力学

王成华 主编

责任编辑:彭 娜

封面设计:张 璐

责任校对:杜 妍

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉) 武昌喻家山 邮编:430074

销售电话:(022)60266190,(022)60266199(兼传真)

网 址:www.hustpas.com

录 排:河北香泉技术开发有限公司

印 刷:河北昌黎第一印刷厂

开本:850×1065 1/16

印张:26

字数:585 千字

版次:2010 年 1 月第 1 版

印次:2010 年 1 月第 1 次印刷

定价:46.80 元

ISBN 978-7-5609-5639-8/TU·691

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和运作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则要教给学生做人道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设高速持续发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次建设人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材中不仅要内容上体现人文素质教育和科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性来启发和促进学生科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下特点。

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多新的教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡所谓“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、教材编写内容和数量等方面也做了相应改变,而且教学起点也可随着学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才。我们也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士 王 思 敬

2006年6月于北京

内 容 提 要

本书是根据我国土木工程专业教学指导委员会制订的教学纲要以及诸多重点大学土木工程专业教学大纲,并结合长期教学与工程设计的经验编写的。

本书内容除第1章绪论外,可分为三大部分:第一部分(第2至6章)主要介绍了土的物理力学性质与分类、地基应力分析、土的渗透与渗流、土的压缩性与地基变形分析及土的强度特性等内容;第二部分(第9至第10章)重点介绍了土力学的三大传统课题,即挡土结构及其土压力、地基承载力理论及土坡稳定分析等;第三部分(第7章及第11章)为扩展部分,概要介绍土的动力特性及土的本构关系初论等内容。

本书具有基本概念严谨、基本原理和方法清晰简明、内容编排层次和顺序更合理、知识体系完整、内容丰富、适用范围广泛等特点,适于从本科到专科等不同地区、不同类别、不同层次的土木工程专业及相近专业的土力学教学要求。本书亦可作为土木工程、水利工程、交通工程以及矿业工程等中的勘察、设计、施工技术人员和报考土木工程、水利工程等专业硕士研究生人员的参考书。

前 言

本书是根据我国土木工程专业教学指导委员会制订的教学纲要以及诸多重点大学土木工程专业的教学大纲,遵循强调土力学基本概念、基本原理和基本设计方法、扩展专业知识面的原则,并结合长期教学与工程设计的经验、根据国家新颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)等全新设计规范编写的。

本书的编写,主要遵循以下几方面原则。

(1) 强调基本概念、基本原理以及基本方法。本书力图准确阐述土力学中的基本概念和基本原理,使学生在理解和掌握基本原理的基础上掌握土力学的基本计算与实验方法。为了达到突出重点、兼顾全面的目的,对比较庞杂、冗余的部分尽量削枝强干,使理论体系更趋紧凑,便于理解。

(2) 扩展土木工程专业学生的知识面。本书与以往多数土建类的土力学教材相比,在内容上强化了土中水在土力学问题中的地位和作用,如增加渗流分析与强化饱和和土中渗透力系的分析等,以使學生能对在较复杂水力环境下的工程实践问题加以重视;本书增加了有关土的动力特性等方面内容,使学生对于后续教学内容如动力机器基础、地基基础抗震及地基基础动力检测等工程中的土动力学问题有初步的认识基础;本书还增加有关土体本构模型方面的基础知识,以满足有关专业学生和读者了解土体本构模型基本分类、基本原理和主要常用模型及其特点的需要。

(3) 适当反映我国有关规范编制建设的成果。本书根据国家新颁布的《建筑地基基础设计规范》等最新设计规范进行编写,在涉及规范处,力图反映我国设计规范在基本原则和基本规定方面内容的变化及其与土力学概念与原理的相辅相成关系。

(4) 内容层次分明、适应多层次教学要求。本书在章、节乃至小节的划分上,力求层次分明,使各部分内容既相互联系又相对独立,便于从本科到专科等不同地区、不同类别、不同层次的土木工程专业及相近专业的教学内容的取舍。

(5) 适当地吸收国内外土力学比较成熟的新内容。本书充分考虑土力学学科发展的新方向及教学水平,努力反映成熟的新成果与新观点,以使教学适应我国 21 世纪工程建设发展的趋势。

本书在内容上具有以下特点:

- (1) 基本概念严谨、基本原理和方法清晰简明,强调实践环节;
- (2) 内容编排顺序优化,层次合理,知识主线清晰;
- (3) 章节划分详细,便于按照学时数灵活精选教学内容;
- (4) 知识体系完整、内容丰富适应范围广泛;
- (5) 吸收土力学学科的新成果,反映土力学的发展趋势。

本书由清华大学李广信任主审,天津大学王成华任主编,河北工业大学刘春原任副主编,各章编写单位及编写人员如下:第1章由王成华(天津大学)、刘春原(河北工业大学)编写;第2章由刘春原(河北工业大学)编写;第3章由介玉新(清华大学)编写;第4章由王成华(天津大学)编写;第5章由王成华(天津大学)、郑刚(天津大学)编写;第6章由严驰(天津大学)编写;第7章由王成华(天津大学)编写;第8章由张钦喜(北京工业大学)编写;第9章由陆培毅(天津大学)编写;第10章由刘畅(天津大学)编写;第11章由雷华阳(天津大学)编写。

限于编者的水平,本书不当之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者

2009年9月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 土的概念及土工工程	(1)
1.2 土力学的学科性质	(3)
1.3 土力学发展简史	(3)
1.4 土力学的基本内容与特点	(6)
1.5 土力学的学习与研究方法	(6)
第 2 章 土的物理性质及工程分类	(9)
2.1 概 述	(9)
2.2 土的生成	(9)
2.3 土的三相组成	(12)
2.4 土的物理性质指标	(23)
2.5 土的物理状态指标	(29)
2.6 土的压实性	(35)
2.7 土的工程分类	(39)
第 3 章 土的渗透性与渗流分析	(53)
3.1 概 述	(53)
3.2 达西定律及适用范围	(54)
3.3 渗透系数的确定方法	(62)
3.4 影响渗透系数的因素	(67)
3.5 平面渗流与流网	(68)
3.6 渗透力	(80)
3.7 渗透破坏与防治	(82)
第 4 章 土体应力分析	(89)
4.1 概 述	(89)
4.2 有效应力原理	(93)
4.3 地基自重应力	(97)
4.4 基底压力计算	(103)
4.5 竖向荷载作用下地基中的附加应力	(109)
4.6 水平荷载作用下地基中的附加应力	(136)
4.7 复杂条件下地基附加应力计算	(141)

第 5 章 地基变形分析	(150)
5.1 概述	(150)
5.2 土体变形参数	(154)
5.3 初始沉降量计算	(163)
5.4 固结沉降量计算	(164)
5.5 固结理论	(176)
5.6 次固结沉降量计算	(188)
5.7 地基最终沉降量实用计算方法	(189)
第 6 章 土的抗剪强度	(200)
6.1 概述	(200)
6.2 土的抗剪强度理论	(201)
6.3 土的抗剪强度试验方法	(206)
6.4 孔隙压力系数	(211)
6.5 土的剪切性状及抗剪强度指标	(215)
6.6 影响抗剪强度的因素分析	(217)
第 7 章 土的动力性质	(226)
7.1 概述	(226)
7.2 动荷载类型及其作用	(227)
7.3 土的动力特性参数	(229)
7.4 土的动力反应三阶段	(238)
7.5 饱和砂土的振动孔压及其估算	(240)
7.6 土的振动压密与振陷	(242)
7.7 土的动强度	(245)
7.8 饱和和无黏性土的液化	(251)
7.9 软土地基的震陷	(256)
第 8 章 挡土结构与土压力	(258)
8.1 概 述	(258)
8.2 土压力特性	(258)
8.3 朗肯土压力理论	(263)
8.4 库仑土压力理论	(273)
8.5 其他土压力计算方法	(282)
8.6 有遮挡作用时的土压力计算	(284)
8.7 常规挡土墙设计	(288)
8.8 埋管土压力	(297)
第 9 章 地基承载力理论	(304)
9.1 概 述	(304)

9.2 浅基础地基破坏模式	(304)
9.3 地基临塑荷载及临界荷载	(307)
9.4 地基极限承载力计算理论	(311)
第 10 章 土坡稳定分析	(324)
10.1 概 述	(324)
10.2 土坡失稳的原因	(325)
10.2 无黏性土坡稳定性分析	(326)
10.3 黏性土坡稳定性分析	(328)
10.4 复合滑动面土坡稳定分析方法	(346)
10.5 最危险滑裂面的搜索	(349)
10.6 方法、指标与容许安全系数选择	(352)
10.7 土坡稳定分析的几个问题讨论	(356)
第 11 章 土的本构关系初论	(368)
11.1 概 述	(368)
11.2 土的本构特性及其影响因素	(369)
11.3 本构模型知识基础	(376)
11.4 土的弹性模型	(382)
11.5 土的弹塑性模型理论基础	(387)
11.6 剑桥模型与修正剑桥模型	(391)
参考文献	(401)

第1章 绪 论

1.1 土的概念及土工工程

土是各类岩石经长期地质作用风化后的产物,是由各种岩石碎块和矿物颗粒组成的松散集合体。土体是由一定的材料组成,具有一定的结构,赋存于一定地质环境中的地质体。作为一种松散介质,土体具有不同于一般理想刚体和连续固体的特性——松散性和多相性。土一般为三相系,即由土颗粒、水和空气所组成。当土体处于饱水状态或干旱状态时,则为二相系,即仅有土颗粒和水或土颗粒和空气。土颗粒之间的联系微弱,有的甚至没有联结。因此,土的上述特性决定了土具有较大的渗透性和压缩性以及较小的抗剪强度。在小范围内,可以近似地将土体视为均质的各向同性介质;但在大范围内,由于土体在形成过程中及形成以后,受内、外地质营力的作用,可形成各种不连续面,使土体表现出非均质性和各向异性的特点。

土体与工程建筑的关系十分密切,自然界中的土被广泛用作各种工程建筑物的地基。一般土木工程建筑或修建在地表,或埋置于岩土之中。此外,土作为建筑材料可用来修筑堤坝、路基以及其他土工建筑物。因此,作为建筑地基、建筑介质或建筑材料的地壳表层,土体是土力学的研究对象。

建筑物修建以后,地表土层中的应力状态、水文地质条件和土的性质将有所改变,因而产生一些土工问题,如地基的变形和失稳、路堤和土坡滑动、土石坝渗漏和渗透变形等。任何土工问题都是在地表土层中产生和演化的,土体的性质是决定工程活动与地质环境相互制约的形式和规模的根本条件。所以,研究同建筑物有密切关系的地表土层的工程地质特征和力学性质,具有非常重要的意义。土力学不仅要研究土体当前的性状,也要分析其性质的形成条件,并结合自然条件和建筑物修建后对土体的影响,分析并预测土体性质的可能变化,提出有关的工程措施,以满足各类工程建筑的要求。

图 1-1 表示了上部结构、基础和地基三者的关系。由于建筑物的修建,使一定范围内地层的应力状态发生变化,这一范

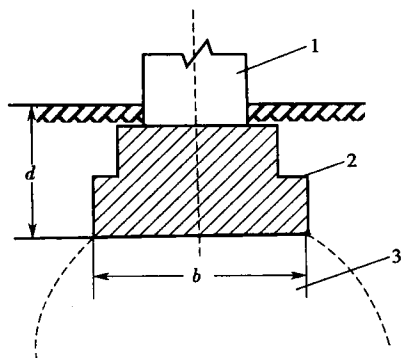


图 1-1 上部结构、地基与基础相互关系示意图
1—上部结构;2—基础;3—地基

围内的地层称为地基(Ground)。所以地基就是承担建筑物荷重的土体或岩体。与地基接触的建筑物下部结构称为基础(Foundation)。一般建筑物由上部结构和基础两部分组成。建筑物的上部结构荷载通过具有一定埋深的基础传递、扩散到土中间去。基础一般埋在地面以下,起着承上启下传递荷载的作用。

地基土在自重作用下一般是处于稳定状态的,变形已完成。但由于施加了外部荷载,土体内部应力状态发生变化,地基产生新的变形,研究地基基础的目的就是为工程设计中确定基础底面压力,使其满足承载力和变形要求提供理论依据。

土坡(Soil Slope)就是具有倾斜坡面的土体,土坡可分为天然土坡与人工土坡。天然土坡是由于地质作用自然形成的土坡,如天然河道的土坡、山麓堆积的坡积层等;人工土坡是由人工开挖或回填而形成的土坡,如坝、防波堤、公路及铁路的路堤、人工开挖的引河、基坑等。土坡的简单外形和各部位的名称如图 1-2 所示。

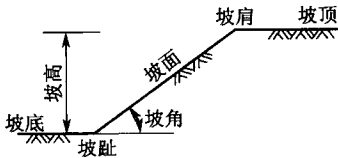


图 1-2 土坡各部位名称

由于土坡表面倾斜,土体内部某个面上的滑动力超过土体抵抗滑动的能力,就会发生滑坡。在有关土坡问题的设计中,必须对土坡进行稳定分析,以保证土坡有足够的稳定性。

土坡失稳塌滑常危及财产和生命安全。随着我国基础建设的大力发展,在矿山、水利、交通等部门都涉及大量的土坡稳定问题,因此正确认识、合理设计和适当治理土坡,才能把土坡失稳造成的灾害降低到最低限度。

在土木、水利及交通等工程中常见的挡土结构物(Earth Retaining Structure)或称挡土墙,如图 1-3 所示,如支撑土坡的挡土墙、堤岸挡土墙、地下室侧墙和拱桥桥台等,其作用都是用来挡住墙后的填土并承受来自填土的侧向压力即土压力。

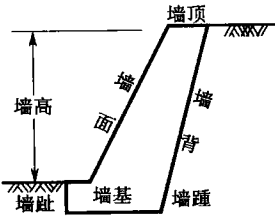


图 1-3 一种挡土墙结构

挡土墙作为维护土坡稳定的主要措施,其工作性状主要取于挡土墙上的土压力等荷载条件。工程设计必须保证挡土结构物在墙受到周边土压力等荷载作用下能正常发挥功能,且维持自身的稳定性。

除上述地基基础、土坡和挡土结构外,还有地下厂房、地下管线等工程都以土体为工程环境或对象,都需要认识土的工程特性、运用土力学知识来解决土体的受力、变形和稳定性等问题。

1.2 土力学的学科性质

土力学(Soil Mechanics)是运用力学知识和土工测试技术,研究土的生成、组成、密度或软硬状态等物理性质,研究土的应力、变形、强度和稳定性等静力、动力性状和规律的一门学科。它以力学和工程地质学的知识为基础,研究与工程建筑有关的土的变形和强度特性,并据此计算土体的固结与稳定,为各项专门工程服务。

土的生成机制,在根本上决定了土的基本物理力学特性,也决定了土力学的特点。地壳岩石经过强烈风化后所产生的碎散矿物集合体,成为土。土从大类上可以分成颗粒间互不联结、完全松散的无黏性土和颗粒间虽有联结,但联结强度远小于颗粒本身强度的黏性土。土的最主要特点是它的碎散性和三相组成,这是它在变形、强度等力学性质上都与连续固体介质有根本不同的内在原因。所以,仅靠材料力学、弹性力学和塑性力学等连续介质力学知识尚不能描述土体在受力后所表现的性状及由此所引起的工程问题。因此,土力学就是利用上述力学的基本知识辅之以描述碎散体特性(压缩性、渗透性、粒间接触强度特性)的理论所建立的一门独立的学科,是岩土力学(Geomechanics)的重要组成部分。土力学的研究目标在于通过研究土的应力、变形、强度和稳定性等规律,解决与土的物理力学性质以及与此有关的工程问题。

土力学是属于工程力学范畴的科学,是运用力学原理,同时考虑到土作为分散系特征来求得量的关系,其力学计算模型必须建立在现场勘察和实测土的计算参数(即工程地质性质指标)的基础上,因此土力学也是一门理论性和实践性很强的学科。

1.3 土力学发展简史

人类自远古以来就广泛利用土作为建筑地基和建筑材料。“水来土挡”就是我国古代劳动人民用土防御洪水的写照。古代许多伟大建筑,如我国的长城、大运河、桥梁、宫殿庙宇以及世界上知名的建筑物,如比萨斜塔、埃及金字塔等,都需要有丰富的土的知识和在它上面建造建筑物的经验。但是,由于社会生产力和技术条件的限制,使这一阶段经过了很长时间。直到18世纪中叶,人们对土的力学性质的认识还停留在经验积累的感性认识阶段。

土力学的研究始于18世纪工业革命时期,由于工业发展的需要,建筑规模不断扩大。大量建筑物的兴建尤其是铁路的修筑出现了一系列路基问题,促使人们对土进行研究,把已积累的经验进行理论解释。1773年法国C. A. Coulomb提出了著名的砂土抗剪强度定律,提出了计算挡土墙土压力的滑楔体理论。1856年法国工程师H. Darcy研究了砂土的透水性,提出了砂土渗透性的达西定律。九十余年后,英国W. J. M. Rankine(1869)又从不同途径提出了挡土墙土压力理论,对后来土体强度理论的发展起了很大的作用。此外,法国J. Boussinesq(1885)求得了弹性半空间体在

竖向集中力作用下的应力和变形理论解答,这些解答至今还是土力学研究土体受力和变形的重要基础理论。这些古典理论,对土力学的发展起了极大的推进作用,至今仍不失其理论和实用价值。这一阶段,人们在已往实践经验的基础上,从不同角度作了探索,在理论上有了突破。但是大部是某些局部问题的单独突破,还不能形成统一理论建立独立的学科。

从 20 世纪 20 年代起,人们对土的研究有了迅速发展,发表了许多有关土力学理论和应用研究方面的系统性成果。如 1920 年法国 L. Prandtl 发表了地基滑动面的数学公式,1916 年由瑞典 K. E. Petterson 提出、后经瑞典 W. Fellenius 及美国 D. W. Taylor 进一步改进的边坡稳定性分析的圆弧滑动法等。

K. Terzaghi 系统地归纳和总结了以往在这一领域的成就,于 1925 年发表了第一本内容较全面的著作——《土力学》。在该书中, Terzaghi 比较系统地论述了若干重要的土力学问题,提出了土力学理论中最重要的理论——著名的饱和土有效应力原理。他阐明了土工试验和力学计算之间的关系,其中用于计算沉降的方法一直沿用至今,被认为是一种有效的方法。这本内容比较系统、完整的科学著作的出现,带动了各国学者对本学科各个方面的探索。从此,土力学作为独立的科学而取得不断的进展。因此, K. Terzaghi 被公认为土力学的奠基人。

其后直到 20 世纪 50—60 年代,土力学的研究基本上是对原有理论与试验的充实与完善。例如,计算边坡稳定的简单圆弧滑动法最初是一种不考虑条间力的简化方法,1955 年 A. W. Bishop 提出了考虑分条间竖向力,应用有效强度指标的比较精确的方法。20 世纪 50 年代后期 N. Janbu 与 N. R. Morgenstern 相继提出了不仅可考虑条间作用力而且滑动面可取任意形状的土坡稳定计算方法,可以说这些方法已发展到较完善的程度。在强度理论与强度试验方法方面,发展了摩尔-库伦极限平衡条件,对土的破坏准则、应力路线、影响因素等作了多方面的研究,尤其对抗剪强度的有效应力原理作了深入细致的研究,并用测孔隙水应力的三轴仪作了全面的验证。在土压力与地基承载力理论方面, B. B. Соколовский (索科洛夫斯基) 等人将古典塑性理论引进土力学领域并进行了多方面的研究,发表了专著《散体静力学》。土的基本特性、有效应力原理、固结理论、变形理论、土动力特性、流变学在土力学中的进一步研究、完善与应用是这一阶段研究的中心问题。Terzaghi、Taylor、H. A. Цытович (崔托维奇)、A. W. Skempton、Bishop 等在这方面都做出了有效成绩;在这一阶段中,我国陈宗基、黄文熙等在土力学方面也有很好的研究成果。总的看来,上述这些工作基本上是对以古典弹塑性理论为基础的“古典土力学”的发展和完善,也就是假设土符合理想弹性体和理想塑性体的应力应变条件。

古典弹塑性理论并不完全符合土的实际情况,因而也不能满足重型、高大、高精度建筑工程的需要。过去由于没有现代化的计算手段,所以非线性理论的发展受到了限制。随着电子计算机的出现和新计算技术的高速度发展,使土力学的研究进入了一个全新的阶段,即不是将土作为理想弹塑性体,而是作为土本身来研究的新阶

段。早在1936年L. Rendulic就发现了一般固体材料所没有的土的剪胀性,并认识到土的应力-应变关系是非线性的,并具有加工硬化与加工软化的性质。D. C. Drucker(1957)提出的加工硬化塑性理论,对土的应力、应变规律方面的研究起了很大的推动作用。许多学者提出各种应力、应变模型,如J. M. Duncan与C. Y. Chang提出了著名的Duncan-Chang模型、剑桥模型以及我国南京水利科学研究院模型、清华模型等。这些模型都是对土的非线性应力-应变规律提出的数学描述。但是,由于土的复杂性,这些描述还没有取得统一的认识。目前的研究还着重于新的非线性应力-应变关系,即应力-应变模型的建立,并以此为基础建立新的理论。通过进一步的研究,一定会对土的应力-应变关系提出更符合土的实际情况的模型,从而超越古典弹塑性理论,建立新的土力学理论。

从1936年至2009年已召开过17届国际土力学与岩土工程会议。从1957年第四届国际土力学和基础工程会议以来,由于电子技术的高速发展,有了现代化的计算技术和测试手段,使土力学的研究领域逐渐扩大,在传统土力学的基础上建立起新的土力学理论。从过去的线性弹性应力-应变关系发展为非线性应力-应变关系,提出了各种应力-应变模型,如非线性弹性理论的Duncan模型、弹塑性理论的剑桥模型,以及各种黏弹性理论模型等,使土的本构关系逐渐符合实际,并将土的变形和强度问题统一起来考虑。在土工试验方面,制造了真三轴仪、大型三轴仪、流变仪、振动三轴仪等新型仪器,使室内试验更好地模拟原位应力状态、固结条件及应力路线。原位测试技术也不断完善和普及,如动力和静力触探仪、十字板剪切仪、旁压仪等均已广泛应用,测试手段由20世纪60年代以前的人工记录读数,发展为传感器测量、数据自动采集,并采用电子计算机处理,电子计算机的应用和新计算技术的渗入,使现代土力学进入了一个全新的发展阶段。

中华人民共和国成立以来,随着大规模经济建设的发展,我国的土力学研究得到了迅速的发展,我国学者对土力学理论也作出了重大贡献。著名的土力学家黄文熙教授是我国研究土力学最早的学者,早在20世纪50年代,他就提出了非均质地基的应力分布和考虑侧向变形的沉降计算方法,研制出了第一台振动三轴仪,用振动三轴试验探讨了饱和砂土地基和土坝的抗液化稳定问题。陈宗基教授提出了黏性土的流变模式及次固结理论,已为后来电子显微镜的观测结果所证实。他们的研究成果引起了国际土力学界的重视。从1958年至2007年中国土木工程学会已召开过10届全国土力学及岩土工程学术会议,大大推动了该学科的发展。我国土力学理论的发展,正向着世界先进水平迈进。

在土力学的研究进展中,以下几个发展方向是值得注意的:

① 室内和原位测试技术和仪器设备的研究,如大型高温高压三轴仪($\sigma_3 = 5 \sim 10$ MPa)的研制等。大力引进和发展现代测试技术,使试验结果更符合现场的实际情况。

② 土的本构关系的研究。将应力与应变问题统一起来考虑,研究应力、应变关

系的非线性问题。本构关系指土的应力、应变、强度和时间的关系,描述这类关系的数学表达式称为数学模型,简称模型。其重点涉及:实用、简单理论模型的优化与推广;适用于各种特定条件的本构模型;反映原状土结构性的和非饱和土的模型。

③ 计算技术的研究。利用统计数学方法处理试验数据,探求统计规律。推广电子计算技术在土力学领域中的应用,特别要重视非确定性计算方法在土力学中的应用。

④ 模型试验和现场观测。其结果是验证理论计算和实际工程设计正确性的有力手段,是建立和修正土力学本构模型的重要依据。

⑤ 加强土力学的基础性研究,宏观和微观研究相结合。注意工程地质学与力学的结合,运用数学、力学、物理、化学等学科的最新理论成果来研究土的力学特性的本质。

1.4 土力学的基本内容与特点

土力学主要内容包括土的生成与组成及物理性质与土的工程分类、在建筑物荷重及土自重作用下土体中的应力、土的渗透性和渗流分析、土的压缩性和地基变形计算、土的强度理论、挡土墙土压力理论、土坡稳定分析方法和地基极限承载力理论等。其中土的有效应力原理、应力分析理论、渗透性与渗流固结理论和强度破坏理论是土力学的基本理论,而地基变形计算、地基承载力计算、土坡稳定性验算和土压力计算是与工程实践直接相关的应用课题。

土力学首先是一门工程力学,因此,注重对土体自然物理现象的观察和描述是土力学的重要特点。土作为自然历史的产物,它的许多性质是人们无法预先控制的,如土的成层规律性和均匀性决定于土的自然地理环境和历史条件,无法像一般建筑材料如混凝土、钢材等那样可根据生产条件对其性质作出规定。因此,客观地认识和评价土的基本特性尤其是它区别于其他受力材料的性质,是合理地引入和运用其他学科知识的出发点和目标。

土的三相性、碎散性和不均匀性等基本特性导致了它具有其他材料所没有的特性。而且,自然的土层,因不同地点土的这些特性又往往有差异。因此,土力学目前还不是一门纯粹的理论力学,要很确切地模拟和概括土体的受力条件、施工过程以及环境的影响等,还存在许多的困难。它对许多问题的认识还依赖于土工测试技术,要通过试验观测、并做合理简化来实现。只有深入掌握了土的基本特性,才能掌握好土力学的基本概念和理论。

总之,土力学仍是一门发展中的学科,还有许多值得研究和探讨的问题。

1.5 土力学的学习与研究方法

土力学还是一门比较年轻的学科,再加上土的复杂性,所以对许多较复杂情况需

要做近似处理,因而应用土力学理论去解决实际问题时常带有较多的条件性。土力学是土木工程专业和水利工程专业的一门专业基础课程,它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。由于研究对象或课题的复杂性,土力学涉及许多方面内容,十分复杂,引用其他学科的知识较多,因而要求较广泛的先修学科知识,如弹性力学、材料力学等。

(1) 土力学的研究应该注意的问题

① 土力学的研究必须注意实践性。除运用一般力学原理外,还要重视专门的土工试验技术的应用。根据室内和原位试验获得的物理力学指标和各种参数来研究土的工程性质。土的变形、固结和强度理论,就是在这些试验研究的基础上建立和发展起来的。

② 土力学的研究必须注意工程实用性。必须考虑建筑物本身的结构特点和使用要求。各种建筑物因设计要求不同,对土体变形和稳定性的要求也有很大差别。应从工程实际出发,对具体工程项目的地基土体和建筑土料规定具体的土工试验项目和试验方法,运用土力学的理论进行地基基础的设计计算和施工,以解决实际工程问题。

③ 土力学是一门重视计算的学科。数学、力学是建立土力学计算理论和方法的重要基础。土力学作为力学计算问题,与理论力学有所不同,不能用纯数学力学的观点。必须根据实际的地质调查、现场和室内的试验资料来进行分析研究,然后才能对研究所得的资料进行力学计算。电子计算机技术和新的计算技术的飞速发展,为土力学理论计算提供了重要手段。

(2) 学习土力学应注意运用的基本方法

① 注意根据本课程的特点,牢固而准确掌握土的三相性、碎散性等基本概念。土的三相性是理解和掌握土的其他物理力学特性的基础。

② 注意土力学所引用的其他学科理论。如一般连续力学基本原理本身的基本假定和适用范围。分析土力学在利用这些理论解决土的力学问题时又新增了哪些假定,以及这些新增的假定与实际问题的符合程度如何,从而能够应用这些基本概念和原理搞清楚土力学中的原理、定理和方法的来龙去脉,理清研究问题的思路。

③ 注意在土力学中对土所具有的区别于其他材料的特性。应该了解土力学是通过什么方法发现以及用什么物理概念或公式去描述土区别于其他材料特性的。

④ 注意综合利用土性知识和土力学理论解决实际问题。学习中即使是做练习题,也应注意习题中给定的条件在实际工程中会具体怎样体现以及改变这些条件可能导致的工程后果。

⑤ 在学习土力学过程中,要善于转变对问题求解的思维方式。在土力学中,许多问题的解答都有必要的简化假定,因而必然带来一定的误差;对同一问题的求解,往往会因假定不同而方法不同、结果不同。用习惯于高等数学求唯一解的思维方式往往不适于解决土的工程力学问题。要逐渐接受和掌握多种方法求解一个问题、对