

全国高等院校**土木工程类**应用型系列规划教材

土力学

韩 雪 主编

科学出版社

全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材



土 力 学

韩 雪 主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

土力学课程是土木工程专业一门重要的专业基础课,在土木工程专业课程体系中占有非常重要的地位。本书旨在使学生了解土的成因和分类方法,掌握土的基本物理力学性质、地基沉降、地基承载力、土压力、土坡稳定分析的理论及方法,同时还掌握一般土工试验方法。全书的写作力求深入浅出、理论与实践相结合。书中包含的知识体系既是土木工程专业学生必须掌握的专业知识,又是后面专业课程学习所必需的基础知识。

本书可作为高等院校土木工程专业及其他相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

土力学/韩雪主编. —北京:科学出版社, 2011

(全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材)

ISBN 978-7-03-032299-9

I. ①土… II. ①韩… 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(2011)第 183208 号

责任编辑:童安齐 王 钰 / 责任校对:刘玉靖

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 1 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2012 年 1 月第一次印刷 印张: 13 1/2

印数: 1—3000 字数: 320 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62132124 (VA03)

版权所有, 侵权必究

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

前 言

土力学课程是土木工程专业一门重要的专业基础课,在土木工程专业课程体系中占有非常重要的地位。当前,强调理论学习深度适中并与实践合理结合,加强学生的实践动手能力训练,提高学生的就业竞争力,缩短毕业生的就业适应期,是本科教育教学改革的核心课题。目前,无论是人才培养模式改革、教学方法改革,还是课程体系改革,绝大多数都与这一课题相关,培养造就迅速适应社会需要的人才也是本科人才培养的趋势。本书依据土木工程专业指导委员会的有关精神,结合教学改革和课程改革的现状,在内容的组织,尤其是实例训练和习题的选取方面,力求适应当前教育教学改革的需要。

本书主要内容是使学生了解土的成因和分类方法,掌握土的基本物理力学性质及测定、换算方法,学习地基沉降计算理论及应用、地基承载力计算理论及应用、土压力计算理论及应用、土坡稳定分析理论及应用、地下水及土的一些特殊性质等,并掌握一般土工试验方法。书中包含的知识体系既是土木工程专业学生必须掌握的专业知识,又是后面相关专业课程学习所必需的基础。书中给出的参考文献既是本书编写的重要参考资料,也是教师备课、学生学习的重要参考书。

全书由韩雪教授(黑龙江科技学院)担任主编,他在征求编委意见的基础上确定编写提纲,并负责全书的统稿、定稿工作,由黑龙江岩土工程省级学科梯队带头人景海河教授担任主审。各章节的具体编写分工为:第一、八章由韩雪编写;第二章由王小平(江苏工业学院)编写;第三、五章由夏雄(江苏工业学院)编写;第四章由阎凤翔(山西大学)编写;第六、七章由刘成禹(福州大学)编写。

限于编者的水平,不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2011年4月

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 土力学涉及的工程问题	1
1.1.1 地基和基础工程问题	1
1.1.2 边坡岩体稳定问题	3
1.1.3 地震作用下的工程问题	4
1.2 土力学的学科发展简介	5
1.3 本课程的内容及学习意义	6
第二章 土的物理性质及工程分类	8
2.1 概述	8
2.2 土的三相组成	8
2.2.1 土中固体颗粒(简称土粒)	8
2.2.2 土中的水和气	12
2.2.3 黏土矿物的结晶结构	14
2.2.4 黏土颗粒与水的相互作用	15
2.3 土的结构和构造	17
2.3.1 土的结构	17
2.3.2 土的构造	18
2.4 土的物理性质指标	19
2.4.1 土的三相图	19
2.4.2 土的基本物理性质指标	20
2.4.3 土的换算物理性质指标	21
2.4.4 两类指标之间的换算	22
2.5 土的物理状态指标	26
2.5.1 无黏性土的密实度	26
2.5.2 黏性土的物理状态指标	27
2.6 土的工程分类	31
2.6.1 岩石	32
2.6.2 碎石土	32
2.6.3 砂土	32

2.6.4 粉土	33
2.6.5 黏性土	33
2.6.6 人工填土	34
2.6.7 特殊土	34
2.6.8 细粒土按塑性图分类	36
思考题与习题	37
第三章 地基中的应力计算	39
3.1 地基中的应力状态及应力-应变关系	39
3.1.1 地基中常见的应力状态	39
3.1.2 土的应力-应变关系假定	40
3.2 地基中的自重应力	41
3.2.1 竖直自重应力 σ_z	42
3.2.2 水平向自重应力 σ_x 和 σ_y	45
3.3 基底压力与基底附加应力	45
3.3.1 基底压力及其影响因素	46
3.3.2 基底压力简化计算	47
3.3.3 基底附加压力	51
3.4 地基中的附加应力计算	52
3.4.1 竖向集中荷载作用下的地基附加应力	52
3.4.2 矩形基础地基中的附加应力计算	55
3.4.3 条形基础地基中的附加应力计算	64
3.4.4 地基中应力分布规律	68
思考题与习题	69
第四章 土的压缩性与地基沉降计算	71
4.1 土的压缩性及压缩性指标	71
4.1.1 固结试验及压缩曲线	71
4.1.2 压缩指标	72
4.1.3 应力历史对压缩性的影响	74
4.1.4 压缩性原位测试	76
4.1.5 影响土压缩性的主要因素	78
4.2 土的有效应力原理	80
4.2.1 饱和土的有效应力原理	80
4.2.2 有效应力原理的应用	81
4.3 地基的沉降计算	81

4.3.1 分层总和法	81
4.3.2 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) 推荐方法	85
4.3.3 考虑应力历史影响的地基沉降计算	91
4.4 饱和黏性土地基沉降与时间的关系	92
4.4.1 饱和土的渗流固结	92
4.4.2 单向固结理论	93
4.4.3 任意时刻的沉降量计算	96
4.4.4 后期沉降量的估算方法	98
4.5 建筑物沉降观测与地基允许变形值	99
4.5.1 建筑物沉降观测	99
4.5.2 地基变形特征值	100
4.5.3 地基变形允许值	101
小结	102
思考题与习题	103
第五章 土的抗剪强度及地基承载力	105
5.1 土的抗剪强度理论	105
5.1.1 土的强度特点	105
5.1.2 工程中土体的破坏类型	106
5.1.3 莫尔-库仑强度理论	108
5.2 土的极限平衡条件	110
5.2.1 土的应力状态	110
5.2.2 土的极限平衡条件	112
5.3 土的抗剪强度指标测定方法	114
5.3.1 直接剪切试验	114
5.3.2 三轴剪切试验	116
5.3.3 无侧限抗压强度试验	117
5.3.4 十字板剪切试验	119
5.3.5 抗剪强度指标的影响因素	120
5.3.6 抗剪强度指标的工程选用	121
5.4 地基承载力的基本概念	124
5.4.1 地基承载力概述	124
5.4.2 地基破坏形式	126
5.5 地基承载力确定	128
5.5.1 按极限平衡区发展范围确定地基承载力	128

5.5.2 按极限荷载确定地基极限承载力·····	131
5.5.3 按原位测试成果确定地基承载力·····	137
5.5.4 按《建筑地基基础设计规范》确定地基承载力·····	143
思考题与习题·····	146
第六章 土压力计算理论 ·····	149
6.1 概述·····	149
6.2 朗肯土压力理论·····	150
6.2.1 基本原理·····	150
6.2.2 主动土压力计算·····	152
6.2.3 被动土压力计算·····	153
6.2.4 特殊情况下土压力计算·····	154
6.3 库仑土压力理论·····	157
6.3.1 基本原理·····	157
6.3.2 土压力计算参数·····	159
6.3.3 墙后地面为斜面时土压力强度分布·····	160
6.3.4 特殊情况下库仑土压力计算·····	161
6.3.5 库仑被动土压力·····	164
思考题与习题·····	164
第七章 土坡稳定性检算 ·····	165
7.1 概述·····	165
7.2 砂类土边坡稳定分析·····	165
7.3 黏性土边坡稳定性分析·····	167
7.4 滑动面为折线时边坡稳定性分析·····	171
思考题与习题·····	174
第八章 地下水及土的特殊性质 ·····	175
8.1 地下水及其分类·····	175
8.1.1 结合水·····	175
8.1.2 自由水·····	176
8.2 土的毛细性·····	177
8.2.1 土中的毛细水分布·····	177
8.2.2 毛细水上升高度·····	178
8.2.3 毛细水压力·····	180
8.2.4 与毛细水相关的工程问题·····	181
8.3 土的渗透理论·····	181

8.3.1 土的渗透性及达西定律	181
8.3.2 土的渗透系数及其测定	186
8.3.3 与渗透性相关的工程问题	189
8.4 土的冻胀性及冻结深度	190
8.4.1 土的冻胀性原理及其分类	190
8.4.2 影响土的冻胀因素	191
8.4.3 地基土的冻结深度	193
8.4.4 防治冻胀的措施	194
8.5 砂土振动液化	195
8.5.1 土的振动液化机理	195
8.5.2 砂土液化的主要影响因素	196
8.5.3 砂土液化的防治措施	198
8.6 土的动力性能指标及其测定	199
8.6.1 作用于土体的动荷载类型	199
8.6.2 土的动力变形特性	200
8.6.3 土的动强度	202
8.6.4 土的动力参数测定方法	202
小结	204
思考题与习题	204
主要参考文献	205

第一章 绪 论

土力学是一门以土体为研究对象的学科，土体是天然地质历史的产物，是由地壳表层的整体岩石经受风化作用后形成的松散的不连续介质体。土的生成机制在根本上决定了土的基本物理力学性质，土力学的研究内容是通过研究土的基本物理力学性质，来认识土和土体在荷载等外界条件作用下的反应特性及规律，即利用力学的一般原理研究土体的物理、力学特性及其受荷后强度和体积变化规律的学科，包括土体的应力、变形、强度、渗流及长期稳定性。

1.1 土力学涉及的工程问题

土力学涉及的工程门类众多，如土木工程的基础工程问题，边坡稳定问题，水利水电工程的土石坝工程，交通、铁路工程的路基与桥涵，地下工程的隧洞、地铁、地下厅、库、场的建设，采矿工程的竖井与巷道，近海工程的码头、港口、海上平台，深海工程的能源与采矿，航空与航天的机场建设等。上述提到的工程问题均涉及土力学，尤其是土木工程的从业人员，掌握土力学的相关理论和技术方法是基本的专业素质。

1.1.1 地基和基础工程问题

在工程上，把承受建筑物荷载作用的地层称为地基，设置于建筑物底部承受上部结构物荷载，并向地基传递荷载的下部结构称为基础。地基和基础及上部结构构成了建筑物的整体。因此，作为地基的岩土层是关系到建筑物安全稳定的不可忽视的重要组成部分。

建造各类建筑物几乎都涉及土力学的问题，以保证建筑物施工期的安全、竣工后的安全和正常使用。地基和基础的勘察、设计和施工质量，不仅影响到工程的投资和进度，而且直接关系到建筑物的安全。作为建筑物地基的地层是自然地质形成的产物，种类繁多，构造复杂，工程性质差异很大，有各种坚硬的岩石；有按照不同的地质构造组成的各种岩体；也有受砂石、粉土等组成的松散沉积土层。这些岩石地层在漫长的自然历史发展变化过程中，按其形成规律及沉积环境，分别以不同的地质构造和不同的成因类型，分布于地壳表面，构成复杂多变的建筑工程地质条件及地质环境。

土力学理论为各类土木工程的稳定和安全提供科学的对策。近年来，大量地兴建高层建筑、多层建筑、高速公路、地铁，使得建筑物对地基的要求与实际土质条件两者之间的矛盾更加突出。土与钢材、混凝土等建筑材料有本质的区别，钢材、混凝土都是连续介质，而土则是由矿物颗粒、液体水和气体三个部分组成的不连续松散介质。土中固体颗粒之间存在大量孔隙，这些孔隙一般由水和空气填充，土中固体颗粒之间

的联结强度远远小于颗粒本身的强度。这就使得土体的破坏往往不是土粒本身的破坏,而是土粒之间联结的破坏。当土体的土粒之间联结强度不足时,将导致建筑物的失稳或破坏。因此,在进行建筑物地基基础的设计时,需要以可靠的工程勘察为依据来进行设计。

在实际工程建设中,地基承载力是建筑物地基基础设计中的一个关键指标。各类地基承受基础传来荷载的能力都有一定的限度,超过这一限度,首先发生的是建筑物具有较大的不均匀沉降,引起房屋开裂;如果超越这一限度过多,则可能因地基土发生剪切破坏而整体滑动或急剧下沉,造成房屋的倾倒或严重受损。所以,建筑物的地基安全和可靠,应该即保证强度满足要求,又不能产生过大的沉降量和沉降差。

加拿大的特斯康谷仓是一个因地基强度不满足要求而发生倒塌的典型工程实例。该谷仓设计平面呈矩形布置的圆筒形群仓,平面布置长度为 59.44m,宽度为 23.47m,仓体高度为 31.00m,每排 13 个仓,共 5 排,总计 65 个圆筒仓组成,谷仓的基础为整块钢筋混凝土筏板基础,基础厚度为 61cm,基础埋深为 3.66m,1911 年该仓开始施工,1913 年秋完工。谷仓自重 20 000t,相当于装满谷物后总重量的 2.5%。1913 年底向谷仓装谷物,仔细装载,分布均匀。10 月当谷仓装了 31 822m³ 谷物时,发现谷仓下沉,1h 沉降达 31.5cm,结构物向西倾斜,并在 24h 内,整个谷仓倾倒,倾倒度达 26.53°。谷仓西端下沉 7.32m,东端上抬 1.52m。事故原因分析:经检查,谷仓工程未做勘察;设计盲目进行,采取设计荷载远超过地基土的承载力,导致谷仓发生地基整体滑动破坏。

世界著名的比萨斜塔是一个因地基沉降不满足要求而发生倾斜的典型工程实例。该塔于 1173 年开工建设,1178 年建设至 4 层,高度约 29m 时因发生倾斜停工,1272 年复工,经 6 年建设至 7 层,高 48m,再度停工,1360 年再复工,至 1370 年竣工,全塔共 8 层,高度为 55m。建成后的塔向南倾斜,南北两端沉降差达 1.80m,塔顶偏离中心线达 5.27m,倾斜 5.5°(如图 1.1 所示)。重要的原因是地基持力层为粉砂,下面为粉土和黏土层,地基在荷载作用下产生很大的压缩变形。

从特斯康谷仓和比萨斜塔的工程事故实例看出,在进行各种建筑施工时,首先要根据建筑物的荷载条件和变形要求,针对实际地基岩土地层情况,分析地基土层的承载能力和变形性质能否满足设计建筑物的要求。如果地基强度不足,地基将被破坏,使建筑物失稳而倒塌;如果土层分布不均匀,厚薄不等,会使建筑物产生过大的不均匀沉降而倾斜开裂,失去其使用价值,这是建筑物工程建设必须解决的问题。

随着工程建设规模和复杂程度的与日俱增,工程中不仅要考虑土质的问题,更要考虑到由于涉及基础开挖和地下空间利用而产生的地面变形,必须分析其对已有建筑物和地下管线的影响程度。土中的某点应力达到土体的屈服强度,该点就进入到极限状态。然而,土中只有个别点进入极限状态,只会使土体变形速率有所增大,还不会导致整个土体结构的破坏,但是假使沿土体中某个面上的所有点的应力同时或先后进入极限状态,就会形成连续的变形面,致使整个土体工程破坏。近年来在高层建筑中,下部结构深基坑开挖中出现多起基坑隆起和基坑围护结构倒塌事故;许多多层建筑工程由于地基与基础设计不合理和施工不当造成的不均匀沉降过大,使得建筑物倾斜、

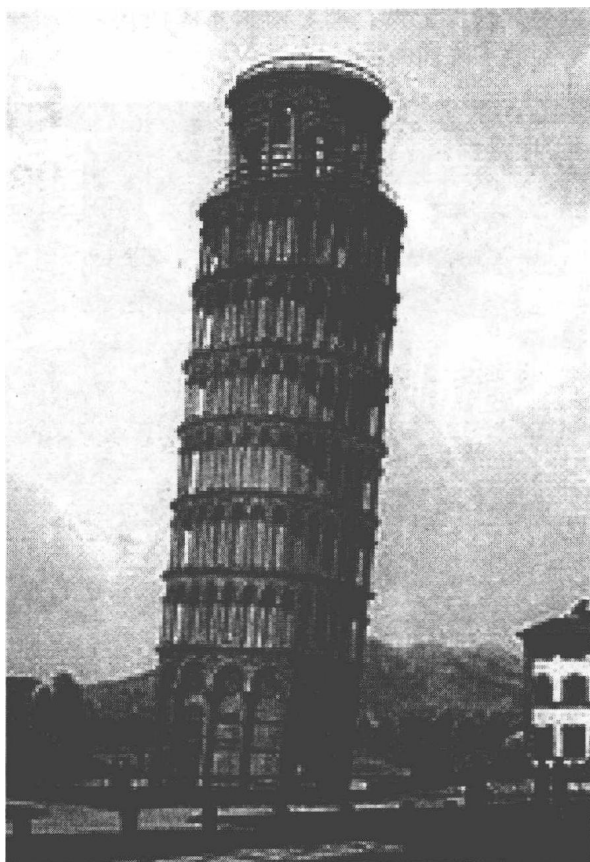


图 1.1 比萨斜塔的倾斜

开裂而影响正常使用。在各种工程中，因事先对地基岩土地层及其工程特性不很了解，而进行盲目施工，或是因为对建筑物地基基础工程问题的复杂性认识不足，对岩土地层的工程性状缺乏科学的认识，因为这些原因造成的各种形式的工程事故在建筑发展史中数见不鲜。

切实了解地基的实际土质情况，正确处理地基与基础的实际工程问题，在工程建设中有着重要的意义。

1.1.2 边坡岩体稳定问题

边坡岩体稳定性分析是土力学研究的一个重要分支。地壳是在一种不断运动的状态中，因此自然地质作用仍然连续存在，已经形成的岩土地层会受到新的风化，流水的冲刷和搬运；山体崩塌、滑坡、泥石流等灾难性事故屡见不鲜，造成许多不利于建筑的地质环境，常常为公路和铁路的运行带来毁灭性的事故。这些都是我们不可忽视的时刻危害着建筑安全与正常是用的环境问题。

香港宝城路附近的宝城大厦山体滑坡，是滑坡引起建筑物倒塌的典型工程事故实例（如图 1.2 所示）。20 000m³ 残积土从山坡上下滑，巨大滑动体冲过高层住宅（宝城大厦），顷刻间宝城大厦被冲毁倒塌并砸毁相邻一幢大楼一角约 5 层住宅。据分析，滑

坡原因是山坡上残积土本身强度较低,加之雨水入渗使其强度进一步大大降低,渗透力使滑动力增加,安全系数下降而滑坡。



图 1.2 香港宝城大厦山体滑坡

相对于钢材、混凝土等材料,土的工程特性相对复杂性。如,沉积年代和地质历史条件不同会造成土的工程性质具有地域性差异;另外,由于土的分散性,其性质容易因受到外界环境条件的影响而产生改变,表现了其易变性,如北方地区的冬季冻土施工问题,以及在雨水冲刷下边坡岩体的渗流场问题。因此,在研究边坡稳定分析的相关工程问题时,必须结合土质的特点及其工程特性,进行认真的勘察,密切结合土的实际性质进行设计和施工。

1.1.3 地震作用下的工程问题

据了解,我国是全球大陆性地震最活跃、地震灾害损失最严重的国家之一。当前我国重大工程和基础设施建设规模及数量在国际上名列前茅,各类工程和基础设施以及广大城乡地区的地震安全令人关注,防震减灾任务十分艰巨。

据统计,全世界每年大约发生几百万次地震,人们能感觉到的仅占1%左右,7级以上的强烈破坏性的灾害性地震每年多则二十几次,少则三五次。我国位于环太平洋和地中海—南亚两个地震带之间,是一个多地震活动的国家。地震灾害的突发性和惨重性往往给人类生命以巨大威胁,造成经济财产的巨大损失。

2008年5月12日发生在我国四川省的汶川大地震是1949年以来影响最大的一次地震,震级是自1950年8月15日西藏墨脱地震(8.5级)和2001年昆仑山大地震

(8.1 级) 后的第三大地震, 直接严重受灾地区达 10 万 km^2 。这次地震危害极大, 据媒体报道, 共遇难 69 229 人, 受伤 374 643 人, 失踪 17 923 人。直接经济损失达 8452 亿元。在这次地震中, 震后的泥石流、山体滑坡、堰塞湖等随着地震的发生而产生的种种地质灾害都具有极大的危险性。

1.2 土力学的学科发展简介

早在几千年以前, 人类就已经懂得利用土进行工程建设。例如, 我国西安半坡村新石器时代遗址就曾发现土台和石器, 相当于古代的地基基础。公元前三世纪后期修建了世界八大奇迹之一的万里长城, 以及后来修建的南北大运河、黄河大堤, 以及数不胜数的宫殿、庙宇等都能显示我国劳动人民在地基与基础方面对土的利用。这些历经了时代风雨考验和地质变迁仍然屹立不倒的伟大建筑, 无一例外都有着坚固的地基与基础, 这体现了当时的建筑工匠需要有丰富的有关土的知识 and 在它上面建造建筑物的经验。但是由于当时社会生产力以及技术条件的限制, 人们对土的认识与了解还只是停留在经验累积与感性认识的阶段。

18 世纪欧洲产业革命时期, 极大地推动了土力学的发展。随着大型建筑物的兴建和社会科学的高速发展, 土力学作为一门专业学科, 开始受到更多学者的关注。1773 年, 法国工程师库仑 (C. A. Coulomb) 根据试验结果的研究比较, 发表了著名的土的抗剪强度和土压力理论; 1857 年, 英国的郎肯 (W. J. M. Rankine) 通过不同的假定, 提出另一种土压力理论。这两种土压力理论至今仍被广泛应用。1885 年, 法国的布辛尼斯克 (J. Boussinesq) 推导求得半无限弹性体在垂直集中力作用下应力和变形的理论解, 即在集中力作用下地基中三维应力解析。

20 世纪初, 人们在工程实践中积累了大量的经验和实际工程资料, 使得土力学的发展进行到对土的强度、变形和渗透性质进行研究的阶段, 标志着土力学已经逐渐成为一门独立的学科。到了 20 世纪 20 年代, 普朗特 (Prandtl) 首次发表了地基承载力理论, 费伦纽斯 (W. Fellenius) 完善了边坡滑动圆弧分析法, 使得边坡理论在这一时期也有很大的发展。在土力学的发展过程中, 太沙基 (K. Terzaghi) 在 1925 年出版了第一部关于土力学的专著。在这部著作中, 太沙基不仅比较系统地论述了诸多影响深远的土力学问题, 还提出土力学中最重要的理论——饱和土的有效应力原理。太沙基阐述了实验与力学计算之间的关系, 其中关于计算沉降的太沙基理论一直沿用至今, 仍被认为是最合理的计算方法。这一部里程碑式的著作开创了土力学比较系统、完整的学科研究基础, 带动了全世界的学者对这一新学科的探索与研究。土力学作为独立学科也是从这部著作的问世开始的。因此, 太沙基被认为是土力学的奠基人。

随着时代的变迁, 人类生产发展和科学的飞速发展, 土力学开辟了许多新的研究途径。土的基本特性、有效应力原理、固结理论、土体稳定问题、动力特性、土流变学等在土力学中应用的深入研究, 是这一阶段的主要研究课题。1945 年, 索科洛夫斯基 (B. B. Соколовский) 发表著作《松散介质静力学》, 斯凯普顿 (A. W. Skempton) 在有效应力原理方面, 毕肖普 (A. W. Bishop) 及简布 (Janbu) 在边坡理论方面都作

出了贡献。总的看来,上述这些研究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。

1963年,罗斯科(Roscoe)发表了著名的剑桥模型,提出第一个可以全面考虑土的压硬性和剪胀性的数学模型,因而可以看成现代土力学的开端。经过几十年的努力,现代土力学已越过重要的阶段而渐趋成熟,并且在下列几个方面取得重要进展:第一,非线性模型和弹塑性模型的深入研究和大量应用;第二,损伤力学模型的引入与结构性模型的初步研究;第三,非饱和土固结理论的研究;第四,砂土液化理论的研究;第五,剪切带理论及渐进破损问题的研究;第六,土的细观力学研究等。当然,在这一段时间内,古典土力学框架内尚未解决的一些问题继续有人在研究,并取得许多进展,如土与结构共同作用、土体极限分析中的不均匀和非线性问题,而土工数值分析更是这一段时间内才发展起来的。另外,土工测试技术等方面也取得很大进展,特别是原位测试技术和离心模型试验技术。就土力学理论研究而言,上述6项中只有第一项已比较成熟,其他几项有的刚刚起步,有的虽已研究多年,但尚未取得重大突破。时至今日,现代土力学理论的基本轮廓已逐渐清晰。

我国对土力学的研究始于1945年黄文熙在中央水利实验处创立第一个土工试验室,但是大规模的研究则是在中华人民共和国成立以后随着一批国外留学人员回国和20世纪50年代初大批青年学者参加工作以后才开始的。半个多世纪以来,各方面都取得了长足的进展,取得许多重要成果,为土力学的发展和完善做出了积极的贡献。例如,在土的特性方面有刘祖典等对黄土湿陷特性的研究,魏汝龙对软黏土强度变形特性的研究和汪闻韶对砂土动力特性的研究等;在理论和计算方面,有黄文熙对地基应力和沉降计算方法方面的改进,陈宗基的流变模型,钱家欢应用李氏比拟法求解黏弹性多孔介质的固结问题,谢定义关于砂土液化理论的研究,沈珠江关于有效应力动力分析方法的研究,以及同济大学关于土与结构共同作用的研究,浙江大学关于动力波传播的研究等,在试验技术方面有黄文熙提议和汪闻韶负责建成的振动三轴仪;在应用方面有软土地基的真空预压、灌浆技术和滑坡支挡技术等。近几年来,一批基础扎实、思想活跃的青年学者投身于土力学的研究,作出了不少新的贡献。总的说来,我国的土力学研究水平在理论分析和工程应用方面,与世界各国相比并不逊色,当然在测试技术方面尚存在一定差距。

1.3 本课程的内容及学习意义

土力学的主要内容包括土的生成与组成、土的物理性质与工程分类、土中应力计算、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、土压力理论、边坡稳定分析方法和地基极限承载力理论等。

土力学涉及的自然科学范围很广。土力学的基础是连续介质力学,同时土力学又与工程地质、水力学、流变力学、高等数学、材料力学、弹性力学等学科密切相关。由于土是自然历史的产物。它的许多性质是人们无法预先控制的,如土的受荷历史、沉积时的自然地理环境和条件,无法像一般建筑材料如混凝土那样可根据生产条件对

其性质作出规范。因此,土力学不是一门纯理论的力学,要很准确地模拟各类土的受力条件、施工环境及条件还存在许多困难。因此目前,土力学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,并且需经过合理简化来实现。所以,本书也适当介绍重要的土工测试技术。

建造各类建筑几乎都涉及土力学问题,以保证建筑物施工期的安全、竣工后的安全和正常使用。土力学学科需要研究和解决工程中的两大类问题:一是土体的稳定问题,需要研究土体中的应力和强度,如地基和土坝的稳定问题;二是土体的变形问题,即便土体的强度足够保证其自身的稳定,但是土的变形也可能超过建筑物的允许值,尤其是土体的沉降,不仅可能引起建筑物的倾斜、开裂,更甚者会酿成毁灭性事故。为了研究上述问题,就要研究土的物理特性和应力变形特性、强度特性和渗透特性等力学问题,找到其内在基本规律,作为解决土体稳定和变形问题的基本依据。

土力学作为一门工程适用的学科,是土木工程的一个分支。概括起来,土力学学科的研究特点是以勘探与试验的结果为依据,以土的工程特性及理论分析为核心,以工程应用为灵魂,以解决工程问题为目的。因此,在学习本课程时,要充分认识本学科的特点,学习基本理论知识要密切联系工程实际,重视土体的实际工程性质,充分利用室内试验、现场测试和现场观测的结果,运用基本理论知识,分析工程实际问题。

第二章 土的物理性质及工程分类

本章提示 土的物理性质是研究土的基本参数，本章主要讲述土的三相组成概念、土的结构与构造、土的物理性质指标和物理状态指标，其中物理性质和物理状态指标主要阐述土的密度、土粒比重、含水量、孔隙比、孔隙率、饱和度、界限含水量、液限、塑限等概念，最后介绍根据土的各种指标进行分类定名的方法。

2.1 概 述

地壳是由岩石和土所组成的。土是由连续、坚固的岩石在风化作用（包括物理风化、化学风化和生物风化）下形成的大小悬殊的颗粒，经过不同的搬运方式，在各种自然环境中生成的疏松和联结力很弱的沉积物。堆积下来的土，在很长的地质年代中，经过内力和外力地质作用，逐渐压缩固结、胶结硬化和重结晶，最终又会形成岩石。因此在自然界中，岩石不断被风化而破碎形成土，土又不断压密、岩化形成岩石。这一过程永无休止地重复进行着。作为建筑物地基的土，是土力学研究的主要对象。

土的物质成分包括土骨架的固态矿物颗粒、土孔隙中的液态水及其溶解物质以及土孔隙中的气体。因此，土是由颗粒（固相）、水（液相）和气体（气相）所组成的三相体系。土的三相组成、各相的性质、相对含量以及土的结构构造等各种因素，直接影响土的轻重、松密、干湿、软硬等一系列物理性质，而土的物理性质又在一定程度上决定了它的力学性质，所以物理性质是土的最基本的工程特性。在处理与土相关的工程问题和进行土力学计算时，首先，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；其次，必须掌握各种物理特性指标的定义、测定方法以及三相比例指标间的相互换算关系，并且熟悉土的分类方法。

本章主要介绍土的三相组成及结构、土的物理性质指标、土的物理状态指标以及土的工程分类。

2.2 土的三相组成

2.2.1 土中固体颗粒（简称土粒）

土中固体颗粒是由大小不等、形状不同的矿物颗粒或岩石碎屑按照各种不同的排列方式组合在一起，构成土的骨架。土粒的矿物成分及组成、颗粒的大小和形状是决定土的物理、力学性质的主要因素。

1. 土的矿物成分

土是地壳表层母岩风化后的产物，是各种矿物颗粒的集合体。不同的矿物成分对