



建设部普通高等教育

土建学科专业“十一五”规划教材

土力学原理

Fundamentals of Soil Mechanics (修订本)

赵成刚 白冰 等编著



清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>



北京交通大学出版社

<http://press.bjtu.edu.cn>

内容简介

参考文献



建设部普通高等教育

土建学科专业“十一五”规划教材

土力学原理

(修订本)

赵成刚 白冰 等编著

ISBN 978-7-81123-679-8

清华大学出版社

清华大学出版社
北京交通大学出版社

清华大学出版社
北京交通大学出版社

·北京·

清华大学出版社 北京交通大学出版社 北京交通大学出版社

内 容 简 介

本书结合土力学学科近年来的发展,系统地介绍了土力学的基本原理和分析方法,力求深入全面地阐述土力学的基本内容和实质。全书共分11章,主要内容包括土的物理性质及工程分类、土的渗透性和渗流、土体中的应力计算、土的压缩与固结、土的抗剪强度、土的临界状态理论、土压力计算、地基承载力、土坡稳定分析等。各章后附有思考题和习题,书末附有例题精选和部分习题的详细解答。

本书主要作为高等学校土木工程各专业及相近专业土力学课程的教材或参考书,也可供土木工程研究人员和工程技术人员参考,还可作为考研复习的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

土力学原理/赵成刚等编著.一修订本.一北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2009.8

建设部普通高等教育土建学科专业“十一五”规划教材

ISBN 978-7-81123-679-8

I. 土… II. 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(2009)第111184号

责任编辑:高振宇

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印张:26.5 字数:596千字

版 次:2004年8月第1版 2009年8月第1次修订 2009年8月第4次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-679-8/TU·5

印 数:9 001~13 000册 定价:36.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn.

修订前言

本书经过5年的使用,得到了广大读者的认可,连续印刷了3次。并且最后一次印刷不到3个月,又告售罄,要求再次印刷。考虑到教学经验的累积和一些新的需求,目前有必要对原书进行修订,出修订本。

修订版仍然保持了第1版的基本编写思想,除了对第1版中存在的错误及一些局部的论述进行了修正以外,主要在以下几方面进行了增删和修订。

(1) 在第1章1.1节中,增加了“研究土力学的目的有两个:①揭示土的行为和性质及其发展和变化的客观规律;②为岩土工程的设计、施工和维护提供理论”。而在第1章1.2节中,在学习土力学的目的中增加了“为揭示和认识土的行为和工程性质提供理论基础”。这样做的目的是试图改变目前岩土工程界很多人对土力学的观点和看法,即认为:学习土力学的唯一目的是指导工程实践。这种观点和看法对于工程师来说是可以理解的,但对于从事土力学研究的人来说却是片面的。实际上,土力学作为一门科学,它具有两重任务:①揭示土的行为和性质及其发展和变化的客观规律;②为工程和建设服务。它本身的发展也应该遵循作为一门科学的发展规律,而不仅仅是为工程和建设服务。我们反对以下实用主义的研究观点,即土力学的研究一旦不能直接为工程和建设服务,则其研究的价值就会受到置疑。并且从本科生阶段就应建立正确的观点和学习目的,以避免对土力学采用实用主义的态度。

(2) 增加了第7章(土的基本性质和临界状态理论简介)。临界状态土力学是现代土力学的重要部分。这部分内容是为一些学有余力的优秀本科学生提供了解临界状态土力学的一个简明、易懂的学习材料,为今后深入、创造性地从事土力学的应用和研究提供必要的理论基础。这部分内容在一般本科生土力学教材中是没有的,有些高等土力学教材虽然有剑桥模型的介绍,但多数都是从弹塑性本构模型的角度出发,仅把它作为一种数学模型加以介绍。目前有很多人把临界状态土力学仅理解为一种弹塑性本构模型(或剑桥模型)。这种理解是片面的,不利于对现代土力学的认识和理解。实际上,临界状态土力学为深入认识和描述土的行为和性质提供了理论基础。如果不从这样的角度去理解临界状态土力学,就很难深入地认识和把握现代土力学的实质。临界状态土力学或它的经典的、具有代表性的剑桥模型,从其数学的表达式和参数来看是简单的,但对于初学者来说,要深入理解它却并非易事。这一章的内容仅是临界状态土力学的一个简单介绍,而要想更加全面和深入地了解有关内容,可以参考 Schofield 和 Wroth 于 1968 年、Atkinson 和 Bransby 于 1978、Wood 于 1990 年写的 3 本书(见参考文献)。

(3) 把原书第 10 章土的压实并入到第 2 章,并作为该章的一节。因该章内容不多,作为独立一章,其篇幅偏少。这次再版,按照一般土力学教科书的做法,将其并入第 2 章中。

(4) 第 6 章土的抗剪强度的部分内容重新改写了,并增加了颗粒之间的咬合与剪胀对抗剪强度影响的内容。

(5) 第 4 章中增加了多孔介质中物理量(如应力、渗流速度)平均化描述的基本思想。并对土中有效应力的概念及有效应力原理重新进行了阐述。

土力学理论目前仍然处于发展的初期阶段,其理论基础不统一、不协调(赵成刚,2006),需要花大力气进行研究和发 展。本书仅介绍土力学的基本原理,而没有介绍其他更加深入的内容,例如,非饱和土力学、土动力学及有希望成为土力学的统一和协调的理论基础的连续孔隙介质土力学理论(赵成刚,2009)。这主要是因为本书是为本科生的教学而编写的,其他与本科生的教学关系不大的内容只能割爱。实际上为硕士生开设的高等土力学可以包括这些更加深入的内容。本人希望今后能有时间和精力编写一本高等土力学教科书。但就目前高校的状况,恐怕挤不出时间和精力再做这样的事了。

本书修订版是由以下教师在第 1 版的基础上修订完成的,赵成刚教授负责第 1 章、第 2 章、第 6 章的修订和第 7 章的编写(博士生刘艳编写了第 7 章的例题);白冰教授负责第 3 章、第 4 章、第 8 章的修订;李伟华副教授负责把第 10 章改写和并入第 2 章中及第 5 章的修订;曾巧玲副教授负责第 9 章的修订;李涛教授负责第 10 章的修订;附录 C 土力学名词索引由白冰教授和赵成刚教授共同编写。由于编者水平有限,虽然经过修订,书中难免还会有缺点和错误,希望广大读者不吝赐教。

赵成刚

2009 年 8 月于北京交大红果园

第 1 版前言

目前土力学的教材很多,有几十种。在本科生教学中经常使用的教材也有十几种。有这么多的土力学教材,为什么还要再编写一本新教材?编写新教材的目的和意义是什么?这是任何一本新教材的编者都必须认真考虑并给予回答的问题。

要回答编写新教材的必要性问题,首先需要考察一下我国使用土力学教材的现状。目前,我国所使用的土力学教材除了增加了个别现代内容的章节(如土质的改良和加固、Biot 固结理论等)外,与 20 世纪五六十年代的教材没有多少区别,但国际上很多新版的土力学教科书与我国五六十年代的教科书相比,无论在内容和版式上都有了很大的改变。就连 Terzaghi 和 Peck 撰写的《工程实用土力学》这本经典著作,也于 1996 年在 Peck 主持下写出了新版本,其中关于土力学的内容增加了近 40%。

与国际上现行同类土力学教科书相比,我国的教材显然落后了。造成这种落后局面的原因是多方面的。一个重要原因是许多编者不愿耗费很多精力去研究、参考最新土力学的进展和成果。当然,这也和我国的信息闭塞,资料难于获得有关;但起码应该参考国外新出的一些优秀的土力学教科书,而不能把眼光仅局限在国内。应该指出,一些较好的教材追求简单、易懂、易于教学,这些教学思想是合理的;但也有一些教材编写者认为,教材应该介绍成熟的方法,而排斥不完善的理论和方法,所以把土力学的理论作为绝对真理加以介绍。这样做未必恰当,例如,土力学的奠基者 Terzaghi 在编写《工程实用土力学》一书时,就采用了很多经验公式, Terzaghi 并没有因为这些公式不是完美无缺的、且都有其适用范围与局限性就不采用了。

这种教学思想的不足之处在于不利于培养学生的创新能力。它会使学生产生一种误解和思想惯性,即认为土力学的理论十分完美、成熟,只要按土力学的理论去分析、解决问题就万事大吉了。但事实并非如此,土力学的理论还很不完善,例如,书中各章之间及各种概念和方法之间缺少有机的联系与统一的理论基础,经验公式还随处可见;非饱和土和土动力学的理论也很不完善、很不成熟;还有很多问题其理论结果难以描述土的实际情况或与实际情况偏差很大,缺少重现性。因此,需要对上述教学思想方法进行改良或修正。所谓改良或修正是指继承其优点,即使教材应尽可能的简单、易懂、易于教学,但另一方面也应使学生了解并认识到土力学理论的不完善性,从而更深入、更全面地理解土力学的内容与实质,为今后的土力学的工程应用和科学研究打下良好的基础。

我们编写本书的基本思想是:

- (1) 尽量简明、易懂;

(2) 尽可能地介绍一些新的研究成果;

(3) 尽可能地给出各种方法的适用范围和局限性,使学生了解土力学是不完善的;在本书的最后一章中,还给出了应用土力学时应注意的一些问题,以便在实践中正确地应用土力学的知识。

细心的读者会发现,与其他土力学教材相比,本书的第2章内容偏多。这主要是因为编者认为,土力学是在宏观的唯象的基础上建立起来的,一般并不需要了解土的微观结构和土与水或土与周围环境的相互作用。在许多情况下,只要通晓土的宏观力学性质,就足以解答所遇到的岩土工程问题。过去大多数土力学教科书正是侧重于这方面而写成的。但有时,尤其是对某些问题要获得圆满解答时,对土为什么会具有特定的性质和行为的知识会显得很重要。岩土工程师了解土为什么会具有这种特定性质的知识,犹如结构工程师了解建筑材料的性质一样重要。为增强这方面的知识,并对土为什么会具有这些性质加以说明和解释,我们把第2章的内容增加了很多,以期满足这方面的要求。另外,本书主要讲述经典土力学的内容,而对现代土力学的内容(如临界状态土力学等)很少涉及,该内容将在《高等土力学》的教科书中讲述。

本书由北京交通大学岩土所土力学教研室的几位老师和北方工业大学建筑学院的两位老师集体编写。第1章和第2章由赵成刚教授和王运霞副教授(北方工业大学)编写,第3章由张兴强副教授和白冰教授编写,第4章和第7章由白冰教授编写,第5章由侯永峰副教授编写,第6章由赵成刚教授编写,第8章由曾巧玲副教授编写,第9章由王运霞副教授编写,第10章由崔江余副教授编写,第11章由赵成刚教授编写,附录部分由王运霞副教授和李小勇副教授(北方工业大学)编写。全书由赵成刚教授和白冰教授统编、审校。

本书得到北京交通大学教材出版基金资助,在此表示感谢。

由于本书是多位编者合作的产物,又因编者水平有限,以及客观条件和时间精力等方面的限制,难以很好的履行上述基本思想,缺点与错误在所难免,希望广大读者不吝赐教。

作者通讯地址:北京市海淀区上园村3号北京交通大学土建学院 赵成刚

邮政编码:100044

E-mail:cgzhao@center.njtu.edu.cn

赵成刚

2004年8月

2.5.6	土的结构小结	(41)
2.6	土的物理性质指标	(42)
2.6.1	土的三相草图	(43)
2.6.2	三个实测物理性质指标	(43)
2.6.3	换算的物理性质指标	(45)
2.6.4	用3个实测指标表示其余6个换算指标	(46)
2.6.5	几种常用指标之间关系式的推导	(47)
(1) 2.7	土的物理状态指标	(50)
(1) 2.7.1	粗颗粒土的密实度	(50)
(1) 2.7.2	细颗粒土的稠度	(53)
(1) 2.8	土的压实性	(56)
(8) 2.8.1	影响土压实性的因素	(56)
(8) 2.8.2	填土压实质量的控制	(58)
(8) 2.9	土的工程分类	(59)
(8) 2.9.1	《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)分类法	(60)
(4) 2.9.2	《土的分类标准》(GBJ 145—90)	(63)
(4) 2.10	总结	(67)
(7) 思考题		(68)
(7) 习题		(69)
第3章	土的渗透性和渗流	(73)
(8) 3.1	概述	(73)
(01) 3.2	土的渗透性和渗流定律	(74)
(11) 3.2.1	土的渗透性	(74)
(81) 3.2.2	达西定律	(77)
(81) 3.2.3	达西定律的适用范围	(78)
(48) 3.2.4	渗透系数的测定及其影响因素	(79)
(85) 3.3	渗流破坏和控制	(82)
(85) 3.3.1	渗透力的计算	(82)
(08) 3.3.2	土的渗透变形(渗透破坏)和防治措施	(84)
(38) 3.4	流网及其应用	(88)
(58) 3.4.1	平面渗流基本微分方程	(89)
(38) 3.4.2	流网的性质及应用	(89)
(68) 思考题		(91)
(78) 习题		(92)
第4章	土体中的应力计算	(94)
(11) 4.1	概述	(94)

4.1.1	土中应力计算的基本假定和方法	(94)
4.1.2	地基中的几种典型应力状态	(95)
4.2	土体中自重应力计算	(97)
4.2.1	基本计算公式	(97)
4.2.2	土体成层及有地下水存在时的计算公式	(97)
4.2.3	水平向自重应力的计算	(98)
4.3	基础底面的压力分布及计算	(99)
4.3.1	基底压力的分布规律	(99)
4.3.2	基底压力的简化计算	(101)
4.3.3	基底附加压力的计算	(103)
4.4	集中荷载作用下土中应力计算	(104)
4.4.1	竖向集中荷载作用	(104)
4.4.2	水平集中荷载作用	(108)
4.5	分布荷载作用下土中应力计算	(108)
4.5.1	空间问题的附加应力	(109)
4.5.2	平面应变问题的附加应力	(117)
4.5.3	关于土中应力的一些讨论	(124)
4.6	有效应力原理	(128)
4.6.1	有效应力原理的基本思想	(128)
4.6.2	孔隙压力系数的概念	(131)
4.6.3	毛细现象作用下的有效应力	(134)
4.6.4	渗流作用下的有效应力	(135)
思考题		(137)
习题		(137)
第5章	土的压缩与固结	(140)
5.1	概述	(140)
5.2	土体的压缩特征	(142)
5.2.1	土的压缩试验与压缩性指标和压缩计算	(142)
5.2.2	土的变形模量	(147)
5.2.3	应力历史对土的压缩性的影响	(150)
5.3	地基沉降计算	(154)
5.3.1	弹性理论公式计算瞬时沉降	(154)
5.3.2	分层总和法计算地基沉降	(155)
5.3.3	规范法计算地基沉降	(159)
5.3.4	次固结沉降的计算	(165)
5.4	沉降差和倾斜	(165)

(140)	5.4.1	由于偏心荷载引起的倾斜	(165)
(139)	5.4.2	相邻基础的影响	(167)
(170)	5.5	土体的固结理论	(168)
(170)	5.5.1	太沙基一维固结理论	(169)
(170)	5.5.2	荷载随时间变化时的固结计算	(175)
(180)	5.5.3	固结系数的试验确定	(176)
(180)	5.6	多维固结理论简介	(179)
(180)	5.6.1	Terzaghi - Rendulic 固结理论	(180)
(101)	5.6.2	Biot 固结理论	(181)
(101)		思考题	(185)
(101)		习题	(185)
	第 6 章	土的抗剪强度	(189)
(108)	6.1	概述	(189)
(108)	6.2	土的强度理论与破坏	(191)
(101)	6.2.1	土的屈服与破坏	(191)
(117)	6.2.2	土的破坏准则	(194)
(141)	6.2.3	莫尔 - 库仑强度准则	(196)
(133)	6.2.4	土中一点应力的极限平衡条件	(196)
(131)	6.2.5	考虑咬合摩擦的抗剪强度	(200)
(131)	6.3	土的抗剪强度的测定方法	(202)
(131)	6.3.1	直接剪切试验	(202)
(131)	6.3.2	三轴剪切试验	(204)
(131)	6.3.3	无侧限抗压强度试验	(206)
(131)	6.3.4	十字板剪切试验	(207)
(101)	6.4	应力路径	(209)
(110)	6.4.1	几种典型的应力路径	(211)
(111)	6.4.2	k_0 线	(211)
(112)	6.4.3	k_f 线	(212)
(111)	6.5	土的排水和不排水条件下的剪切性质	(213)
(120)	6.5.1	沙土剪切时应力 - 应变特性	(213)
(111)	6.5.2	黏土剪切时应力 - 应变特性	(215)
(111)	6.5.3	密实度 - 有效应力 - 抗剪强度之间的关系	(217)
(111)	6.5.4	总应力抗剪强度和有效应力抗剪强度	(217)
(101)	6.6	无黏性土的抗剪强度	(218)
(101)	6.6.1	无黏性土抗剪强度机理	(218)
(101)	6.6.2	影响无黏性土抗剪强度的因素	(219)

6.7 黏性土的抗剪强度	(222)
6.7.1 土的抗剪强度标准试验方法简介	(223)
6.7.2 抗剪强度指标	(225)
6.7.3 黏性土抗剪强度指标的选择	(230)
思考题	(233)
习题	(234)
第7章 土的基本性质和临界状态理论简介	(237)
7.1 概述	(237)
7.2 土的变形和强度的基本性质	(238)
7.3 应力与应变的表示	(239)
7.4 剑桥模型的基本假定和土的临界状态	(240)
7.5 正常固结线和超固结线及 Roscoe 面	(242)
7.6 超固结土与 Hvorslev 面	(244)
7.7 排水与不排水及正常固结路径	(247)
7.8 沙土和黏土的相似性	(251)
7.9 土的干、湿区域的划分	(253)
7.10 统一、完整的边界面图	(254)
7.11 塑性理论基础	(256)
7.12 弹性应变的计算	(257)
7.13 原始剑桥模型的塑性势函数和屈服函数	(260)
7.14 原始剑桥模型的硬化法则	(262)
7.15 原始剑桥模型的塑性应变	(264)
7.16 修正剑桥模型的塑性势函数和屈服函数	(267)
7.17 修正剑桥模型的硬化法则	(268)
7.18 修正剑桥模型的塑性应变	(269)
7.19 剑桥模型的局限性	(270)
第8章 土压力计算	(272)
8.1 概述	(272)
8.2 静止土压力计算	(275)
8.3 朗肯土压力理论	(277)
8.3.1 基本原理和假定	(277)
8.3.2 朗肯主动土压力计算	(279)
8.3.3 朗肯被动土压力计算	(280)
8.3.4 几种典型情况下的朗肯土压力	(281)
8.4 库仑土压力理论	(285)
8.4.1 基本原理和假定	(285)

8.4.2	库仑主动土压力计算	(285)
8.4.3	库仑被动土压力计算	(290)
8.4.4	几种特殊情况下的库仑土压力计算	(291)
8.5	关于土压力计算的讨论	(293)
8.5.1	朗肯土压力理论与库仑土压力理论的比较	(293)
8.5.2	土压力的实际分布规律	(294)
8.5.3	土压力随时间的变化	(296)
8.6	埋置式结构物上的土压力	(297)
8.6.1	埋置式结构物上的土压力特点	(297)
8.6.2	沟埋式结构物竖直土压力计算	(298)
8.6.3	上埋式结构物竖直土压力计算	(299)
8.6.4	结构物顶部土压力的减荷措施	(300)
	思考题	(301)
	习题	(302)
第9章 地基承载力		(305)
9.1	概述	(305)
9.2	地基的变形和失稳破坏形式	(306)
9.2.1	地基的主要破坏形式	(306)
9.2.2	地基的破坏过程	(307)
9.3	地基的临塑荷载和临界荷载	(309)
9.3.1	地基的临塑荷载 p_{cr}	(309)
9.3.2	地基的临界荷载 $p_{\frac{1}{4}}$ 、 $p_{\frac{1}{3}}$	(311)
9.3.3	关于临塑荷载 p_{cr} 和临界荷载 $p_{\frac{1}{4}}$ 、 $p_{\frac{1}{3}}$ 的讨论	(311)
9.4	地基的极限承载力 p_u	(312)
9.4.1	普朗特-雷斯诺极限承载力公式	(312)
9.4.2	太沙基地基极限承载力公式	(315)
9.4.3	梅耶霍夫地基极限承载力公式	(319)
9.4.4	汉森极限承载力公式	(321)
9.4.5	关于地基极限承载力的讨论	(322)
9.5	按规范确定地基承载力	(325)
9.5.1	概述	(325)
9.5.2	按《桥规》确定地基承载力	(325)
9.5.3	按《建规》确定地基承载力	(330)
9.6	原位测试确定地基承载力	(333)
9.6.1	载荷试验	(334)
9.6.2	静力触探	(336)

9.6.3	动力触探	(339)
9.6.4	标准贯入试验	(340)
9.6.5	十字板剪切试验	(341)
	思考题	(341)
	习题	(342)
第 10 章	土坡稳定分析	(344)
10.1	概述	(344)
10.2	无黏性土土坡稳定分析	(346)
10.2.1	无渗透力作用时的无黏性土土坡	(346)
10.2.2	有渗流作用时的无黏性土土坡	(347)
10.3	黏性土土坡稳定分析——整体圆弧滑动法	(348)
10.4	条分法基本原理	(350)
10.4.1	瑞典条分法	(352)
10.4.2	毕肖甫条分法	(356)
10.5	一般形状滑动面的土坡稳定分析	(359)
10.6	土坡稳定分析的有限元法	(365)
10.7	特殊工的流滑	(366)
10.8	总结	(367)
	思考题	(367)
	习题	(368)
第 11 章	如何用好土力学	(369)
附录 A	例题精选	(373)
A1	土的组成、性质和工程分类例题精选	(373)
A2	土的渗透性和渗流例题精选	(375)
A3	土体中的应力计算例题精选	(376)
A4	土的压缩与固结例题精选	(377)
A5	土的抗剪强度例题精选	(380)
A6	土压力计算例题精选	(382)
A7	地基承载力例题精选	(383)
附录 B	习题答案	(385)
附录 C	土力学名词索引	(403)
	参考文献	(409)



第 1 章

绪 论

1.1 土力学研究的内容和目的

土力学是研究土体在周围环境与荷载作用下,土体中的应力、应变、强度或稳定性及渗流规律的一门学问。

研究土力学的目的有两个:(1)揭示土的行为和性质及其发展和变化的客观规律;(2)为岩土工程的设计、施工和维护提供理论。

本书除第 2 章以外,主要讨论经典土力学和临界状态土力学,即饱和土静力学的内容。而非饱和土力学和土动力学的内容,不在本书讨论范围之内。

1.2 学习土力学的目的

安全与正常使用是土木工程中的两大主题,也是土力学应该面对和处理的两大主题。土工结构物(如地基与基础、土石坝、地下结构、隧道、路基、岸坡、挡土结构、地下管线等)的安全是与土中的应力与强度密切相关的。一旦结构物周围或土体下方的应力超过其强度,就可能发生失稳破坏,从而导致该结构物丧失安全性。另外,土体中的变形量若超过了结构所允许的范围,就会造成它的倾斜、开裂等,轻者会失去正常使用功能,重者则会酿成事故。还有,土中的孔隙水的渗流会产生超静孔隙水压力,进而导致强度降低,甚至会发生流沙或管涌破坏。因此,为了保证土工结构物的安全和正常使用,就必须学会分析土体中的应力、变形、强度和稳定性及渗流,而这也正是土力学所肩负的主要任务。

学习土力学的目的是:(1)为揭示和认识土的行为和工程性质提供理论基础;(2)用土力学的理论来指导土工结构物的计算、分析、设计、施工与维护。

1.3 土力学与其他学科的联系

土力学涉及的自然科学范围很广,它是力学的一个分支。土力学的基础是连续介质力学,同时

土力学又与弹塑性力学、流变力学、水力学、土质学或工程地质学等学科密切关联。土力学课程是岩土工程专业最重要的基础课之一,也是土木工程、水利水电工程、道桥工程、海港工程及工程地质等专业的重要专业基础课。随着理论与工程实践的发展,各学科之间相互渗透、相互依存,更彰显出土力学与它们之间内在的本质的联系。所以,学习土力学原理是将来在相关学科或行业里从事理论研究、工程设计、施工、监理及养护、维修的重要前提。例如,桥基、路基、路堤、大坝基础、挡土结构物及基础的设计与施工,基坑支护工程中的稳定计算等都离不开土力学理论的指导。土力学课程是在学习过高等数学、材料力学、水力学和弹性力学的基础上讲授的,也是进一步学习基础工程、地基处理、工程事故分析,甚至在研究生阶段学习高等土力学等课程的基础。

1.4 土的工程性质的基本特征和表现

土的工程性质主要指的是与变形、强度、稳定、渗流等有关的土的性质。它有3个基本特征和2种表现,从而导致土力学不同于其他力学学科(包括岩石力学)。

1.4.1 土的工程性质的3个基本特征

1. 碎散性

土体是由大小不同的颗粒组成的,颗粒之间存在着大量的孔隙,可以透水和透气。颗粒之间有一定的黏聚力,但其黏聚力很弱。同其他材料相比(如岩石),可以近似地认为土体是碎散的,是一种摩擦为主的集聚性材料。

2. 自然变异性或不均匀性

由于形成过程的自然条件不同,也就产生了自然界中的多种不同的土。随着土的生成条件和环境的不同,土体也会产生竖向和水平向的不均匀性,甚至还会产生各向异性。同一地、不同深度的土的性质就不一样。在相距几厘米(不论是水平向或竖向)以外土的性质就有可能变化,即使是同一点的土,其力学性质也会随方向的不同而不同。例如,土的竖向刚度大于水平向的刚度;同一土层其较深处的刚度一般也大于较浅处的刚度。土是在漫长的地质年代和自然界作用下所形成的性质复杂、不均匀、各向异性并且随时间而变化的物质(其刚度、强度、渗透性等都随时间而变化)。土的自然变异性就是指土的工程性质随空间与时间而变异的性质,有时也称为不均匀性,并且这种变异性是客观的、自然形成的。

3. 三相体

土是由固体颗粒、水 and 气3部分所组成的三相体系。饱和土体是由固体和水两相物质组成的,其力学性质要比单相固体复杂得多。例如,对同一饱和土体,其孔隙比不同(孔隙全部充满水),则在同样外力作用下,视孔隙比的不同,其变形和强度均不同。孔隙比大的土体,受剪力作用,孔隙比变小,体积压缩,孔隙压力变大,刚度和强度减小。反之,孔隙比小的土体,受同样剪力作用,会产生剪胀,孔隙比变大,体积增加,孔隙压力减小,有效应力增加,刚度和强度有可能变大。上述现象表明饱和二相土体,在同样剪切应力作用下,随土的孔隙比的变化,会产生不同的

刚度、变形及强度。因此,它比单相固体复杂得多,如果再加上气相,土的性质就会变得更为复杂。

1.4.2 土的2种表现

1. 土对外界环境的敏感性与易变性

土的工程性质受外界温度、湿度、地下水、荷载等的影响而很容易发生变化。同其他土木建筑材料相比,如砖石、混凝土、钢材、复合材料等,土在外界环境或荷载的作用下更敏感、更容易发生变化。土在受到外界环境的微小改变时,都会导致土的工程性质的显著变化。例如,即使压力不太大时,土体也会产生非线性的应变;非饱和土在降雨时其强度随湿度的变化也非常敏感等。当然也应注意,土的易变性是有条件的,例如,冻土的易变性小些,而软黏土则易变性较大。因此,在工程设计中应尽可能地预先估计到土工结构物在施工或使用期内,土体因受外界影响而产生的各种现象,如沉降、土体开裂、浸水失稳、徐变强度降低等。按照土的性质变化规律,能动地改善土的性质,或使土工结构物的设计、施工和使用能适应土的这种变化,以保证它的安全和正常使用。

2. 土的不确定性

土与其他土木工程材料相比,它的一个最主要的特点就是其不确定性非常大。对土体变形的预测值与实测值相差一倍以上也并不奇怪,土产生很大不确定性的原因主要有如下三个方面。

(1) 土的性质复杂。

土的性质复杂主要指:土是非线性材料,并且没有唯一的应力-应变关系;土具有不均匀性和各向异性;土的多相性所引起的复杂力学行为;影响土的工程性质的因素复杂,并且具有易变性,难以定量描述,例如,土的性质依赖于其结构、压力、时间、环境(包括与水的相互作用)及应力路径的影响等。

(2) 土的易变性。

由于土对周围环境的敏感性与易变性,导致土的性质难以精确测量和预测,它是使土体产生很大不确定性的原因之一。

(3) 埋藏于地下,难以直接探测。

土的性质通常在超过几厘米的范围就有可能发生变化。而整个建筑场地中土的性质仅靠几个钻孔在不同深度的土样的试验结果来估计和评价,当土层比较均匀时,这种估计和评价还能满足工程的要求;一旦土的性质变化较大(水平向和竖向都有变化),其估计和评价的结果必然存在极大的误差和不确定性。因此,为减小这种误差和不确定性,土力学更强调实验和现场勘察。

1.5 土工中问题的处理

土工是土工结构物的简称,土工问题的解决可表示为: