



新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

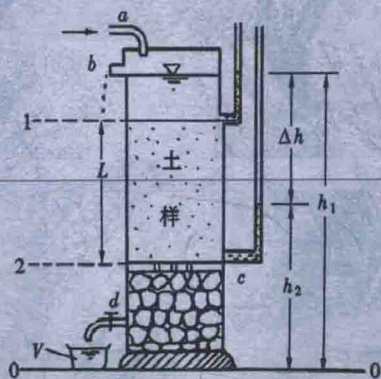
土力学

TULIXUE

总主编 李宏男

主 编 赵俭斌 徐 岩

主 审 李广信



大连理工大学出版社



新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

土力学

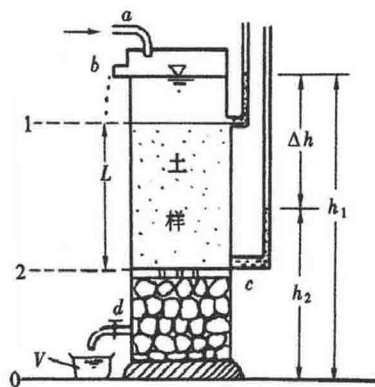
TULIXUE

总主编 李宏男

主 编 赵俭斌 徐 岩

副主编 孟庆娟 祝 磊

主 审 李广信



大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

土力学 / 赵俭斌, 徐岩主编. — 大连: 大连理工大学出版社, 2016. 2

新世纪普通高等教育土木工程类课程规划教材

ISBN 978-7-5685-0248-1

I. ①土… II. ①赵… ②徐… 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(2015)第 321829 号

大连理工大学出版社出版

地址:大连市软件园路 80 号 邮政编码:116023

发行:0411-84708842 邮购:0411-84708943 传真:0411-84701466

E-mail:dutp@dutp.cn URL:http://www.dutp.cn

大连永盛印业有限公司印刷 大连理工大学出版社发行

幅面尺寸:185mm×260mm 印张:9.75 字数:225 千字
印数:1~2000

2016 年 2 月第 1 版

2016 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑:王晓历

责任校对:张雪琪

封面设计:张莹

ISBN 978-7-5685-0248-1

定 价:22.80 元

普通高等教育土木工程类课程规划教材编审委员会

主任委员：

李宏男 大连理工大学

副主任委员(按姓氏笔画排序)：

于德湖 青岛理工大学
牛狄涛 西安建筑科技大学
年廷凯 大连理工大学
范 峰 哈尔滨工业大学
赵顺波 华北水利水电大学
贾连光 沈阳建筑大学
韩林海 清华大学
熊海贝 同济大学
薛素铎 北京工业大学

委员(按姓氏笔画排序)：

马海彬 安徽理工大学
王井利 沈阳建筑大学
王立成 大连理工大学
王海超 山东科技大学
王崇倡 辽宁工程技术大学
王照雯 大连海洋大学
卢文胜 同济大学
司晓文 青岛恒星学院
吕 平 青岛理工大学
朱伟刚 长春工程学院
朱 辉 山东协和学院
任晓崧 同济大学
刘 明 沈阳建筑大学
刘明泉 唐山学院
刘金龙 合肥学院
许成顺 北京工业大学
苏振超 厦门大学

李伙穆	闽南理工学院
李素贞	同济大学
李哲	西安理工大学
李晓克	华北水利水电大学
李帼昌	沈阳建筑大学
何芝仙	安徽工程大学
张玉敏	济南大学
张金生	哈尔滨工业大学
张鑫	山东建筑大学
陈长冰	合肥学院
陈善群	安徽工程大学
苗吉军	青岛理工大学
周广春	哈尔滨工业大学
周东明	青岛理工大学
赵少飞	华北科技学院
赵亚丁	哈尔滨工业大学
赵俭斌	沈阳建筑大学
郝冬雪	东北电力大学
胡晓军	合肥学院
秦力	东北电力大学
贾开武	唐山学院
钱江	同济大学
郭莹	大连理工大学
唐克东	华北水利水电大学
黄丽华	大连理工大学
康洪震	唐山学院
彭小云	天津武警后勤学院
董仕君	河北建筑工程学院
蒋欢军	同济大学
蒋济同	中国海洋大学

前 言

《土力学》是新世纪普通高等教育教材编审委员会组编的土木工程类课程规划教材之一。

土力学是我国高校土木工程专业必修的一门专业基础课。本教材以土木工程专业指导委员会颁发的专业培养目标和课程教学大纲为依据,并充分考虑土木工程“应用型”人才培养的特点,制定编写大纲。编写时,充分调查和收集近年土木工程专业本科教学对课程内容和教材的需求,并兼顾考虑建筑工程、道路与桥梁工程、城市空间与地下工程等专业的需求。在编写的过程中,编者考虑培养应用型人才的特点,综合各高校的教学学时,注重内容的科学性和实用性,在保证系统性的基础上,力图做到重点突出、叙述简练。

本教材包括:绪论;土的物理性质和工程分类;土体中的应力计算;土的压缩性和地基沉降计算;土体的渗透性及饱和土的渗流固结理论;土的抗剪强度;挡土结构上的土压力;土坡稳定分析;地基承载力。通过本教材的学习,读者应了解土力学的发展概况、学科特点和与土有关的工程问题,了解土的成因和分类方法,熟悉土的基本物理力学性质,重点掌握土体中的应力、土的压缩性和地基沉降、渗流、土的抗剪强度、地基承载力、土压力及土坡稳定等基本理论和计算方法。掌握一般土工试验方法,能够运用土力学的基本原理和方法分析岩土工程中的应力分析、变形计算、渗流、抗剪强度和稳定性分析等问题。

本教材可作为土木工程、建筑工程、道路与桥梁工程、城市空间与地下工程等专业教材,建议学时为40~48学时;安全工程、工程管理等相关专业可根据教学学时和大纲要求,有选择地讲授,建议学时为28~32学时。

本教材由沈阳建筑大学赵俭斌、徐岩任主编,唐山学院孟庆娟、合肥学院祝磊任副主编,唐山学院乔京生、沈阳建筑大学李伟、安徽新华学院胡娜参与了编写,全书由徐岩统稿并定稿。具体编写分工如下:赵俭斌编写了绪论;徐岩编写了第1章和第5章;乔京生编写了第2章;孟庆娟编写了第3章和第4章;祝磊编写了第6章;李伟编写了第7章;胡娜编写了第8章。清华大学李广信教授审阅了书稿并提出了宝贵意见,在此谨致谢忱。

在编写本教材的过程中,我们参考、借鉴了许多专家、学者的相关著作,对于引用的段落、文字尽可能一一列出,谨向各位专家、学者一并表示感谢。

限于水平,书中也许仍有疏漏和不妥之处,敬请专家和读者批评指正,以使教材日臻完善。

编者

2016年2月

所有意见和建议请发往:dutpbk@163.com

欢迎访问教材服务网站:<http://www.dutpbook.com>

联系电话:0411-84708445 84708462



第 0 章 绪 论	1
0.1 土力学的重要性及其发展概况	1
0.2 土力学的学科特点	2
0.3 与土有关的工程问题	3
0.4 土力学学习的重点内容、基本要求和学习方法.....	6
第 1 章 土的物理性质和工程分类	8
1.1 土的形成	8
1.2 土的三相组成.....	10
1.3 土的结构与构造.....	14
1.4 土的三相图及物理性质指标.....	16
1.5 土的物理状态指标.....	20
1.6 土的工程分类.....	25
第 2 章 土体中的应力计算	31
2.1 地基的自重应力.....	31
2.2 基底压力计算.....	33
2.3 地基中的附加应力计算.....	35
2.4 有效应力原理.....	48
第 3 章 土的压缩性和地基沉降计算	51
3.1 土的压缩性试验.....	51
3.2 土的一维压缩性指标.....	52
3.3 地基最终沉降量计算.....	57
第 4 章 土体的渗透性及饱和土的渗流固结理论	68
4.1 土体的渗透性.....	68
4.2 二维渗流与流网.....	74
4.3 渗流力和渗透变形.....	78
4.4 太沙基一维渗流固结理论.....	81

第 5 章 土的抗剪强度	87
5.1 概 述	87
5.2 土的抗剪强度理论	87
5.3 土的极限平衡条件	89
5.4 土的抗剪强度指标的测定	92
5.5 饱和黏性土的抗剪强度	98
5.6 应力路径及其在工程中的应用	101
第 6 章 挡土结构上的土压力	105
6.1 概 述	105
6.2 静止土压力计算	108
6.3 朗肯土压力理论	111
6.4 库仑土压力理论	116
6.5 朗肯理论与库仑理论的比较	120
6.6 几种常见情况的土压力	121
第 7 章 土坡稳定分析	127
7.1 概 述	127
7.2 无黏性土坡的稳定分析	128
7.3 黏性土坡的稳定分析	129
7.4 土的抗剪强度指标的选取及稳定渗流期土坡稳定分析	135
7.5 容许安全系数	137
第 8 章 地基承载力	138
8.1 地基的破坏形式和地基承载力	138
8.2 界限荷载及地基容许承载力	140
8.3 地基极限承载力	141
8.4 按规范法确定地基承载力	144
参考文献	148

第0章 绪论

0.1 土力学的重要性及其发展概况

土,地之吐生物者也。二象地之下,地之中,土物出形也。土构成了广阔的大地空间,是人类工程经济活动的主要地质环境。建筑物与构筑物地基,地铁、隧道、人防等地下工程都离不开土环境,因此,土是人类生产生活必不可少的要素之一。

土是由岩石经过风吹日晒、冰霜雨雪等一系列物理和化学作用再经大自然各种力量不断搬运和沉积后形成的尚未固结成岩的松、软堆积物。岩石风化后残留于原处的叫做残积土,经流水、风和冰川搬运后形成风积土、冲积土、坡积土、洪积土、冰积土等。土具有许多区别于岩石的特征,土通常是由土颗粒、水和空气组成的三相混合体,与其他材料相比,它不是一种连续的介质,其颗粒间的联结强度比颗粒本身的强度小得多,因而它的力学特性与一般理想刚体和连续固体区别较大,例如,压缩性大、透水性强、强度低等特点。所以研究这种特殊材料的强度特性的学科“土力学”应运而生。

由于我国幅员辽阔,自然地理环境差异大,土壤类型与分布情况亦多种多样。针对某些具有特殊性质的土类,如湿陷性黄土、膨胀土、多年冻土及人工合成土等,土力学又形成了若干的分支门类,所以在学习土力学的过程中,将定量计算作为工程设计的依据,而解决岩土工程中实际遇到的问题则采用定性分析的方法,二者同等重要,不可偏废。

土力学是劳动人民长期生产实践的产物,中国古代的人们就已经将土力学知识运用到工程建设中去,如早在东汉时期的郑玄《考工记》中就记载了作用荷载与变形之间的弹性关系,再如穿越各种复杂地质条件历经千百年风雨屹立不倒的万里长城,隋朝时期超化寺的木桩深基础,河北赵州石拱桥的密实粗砂地基处理,一千多年来沉降量极小且非常接近现行规范确定的地基承载力数值,可见古时人类就已经积累了相当多的土力学基础知识,只是未形成系统的理论体系,直到18世纪,基本上还处于感性认识阶段。

土力学的发端,始于18世纪欧洲的工业革命,随着资本主义工业发展规模的不断扩大,铁路建设出现了一系列路基问题,故最初的土力学是为了解决铁路基础问题而产生的。1773年,法国的库仑(C. A. Coulomb)创立了著名的砂土抗剪强度理论,并于1776年又提出了挡土墙土压力的滑楔理论。1856年,法国的达西(Darcy)研究土的渗透性建立了达西渗透定律。1857年,英国的朗肯(W. J. M. Rankine)从不同的角度提出了土压力理论,对后来的土体强度理论发展起到了很大的促进作用。1867年,捷克的文克勒

(E. Winkler)提出文克勒地基模型,对地基沉降计算起到了至关重要的推动作用。1885年,法国的布辛奈斯克(J. Boussinesq)对弹性半空间在竖向集中力作用下的数学解做出了完整解答,作为地基变形计算的基本工具。1922年,瑞典的费伦纽斯(W. Fellenius)基于极限平衡理论创立了土坡稳定分析方法。这些古典方法和理论,至今仍应用广泛且不乏实用价值。

1925年,太沙基(K. Terzaghi)发表了世界上第一本《土力学》,提出了著名的有效应力原理和渗透固结理论,使土力学成为一门独立的学科并开始快速发展,因此,太沙基被公认为是土力学的奠基人。在此基础之上,比奥特、毕肖普、斯开普敦、崔托维奇等人将有效应力原理推广应用于土体变形、稳定及强度研究,将松散介质静力学和蠕变学引入解决土体稳定和次固结问题。近年来,随着计算机技术的发展和普及,土力学中原本的弹性、刚性体模型发展为较复杂的弹塑性、黏弹性本构模型,并对这些模型进行计算机模拟和广泛而深入的探讨,土力学不单纯是一个理论问题,考虑到土的非均匀性和数据的离散型,应用数理统计的方法和土工试验是非常有必要的,随着试验方法和手段的不断提高,各种试验设备,如三轴压缩仪、动三轴仪、真三轴仪、静动力触探设备、旁压仪等都向着更精密更高端的方向发展。

我国学者对土力学的理论的发展也做出了突出贡献,20世纪50年代初期,陈宗基提出的黏性土的流变模式及次固结理论引起国内外学者的广泛关注和重视;黄文熙教授对应力在非均质地基中的分布状态和在土体沉降计算中考虑侧向变形问题进行了深入分析,并探讨了饱和砂土地基的液化处理问题,自主研发了第一台振动三轴仪。在我国由中国土木工程学会、中国建筑工程学会、中国水利水电工程学会联合主办的《岩土工程学报》成为广大学者交流工程实践经验与科研学术成果的平台,在国内外有着良好的美誉度和影响力,并每四年举办一次全国性的土力学及基础工程学术年会。电子计算机和有限单元法的结合使一些应力应变非线性关系的本构理论能够用来解决一些复杂的土质、荷载情况和边界条件问题。振动理论与振动测试技术与土力学的结合形成了土动力学,它研究在像地震这种动荷作用下土的动力特性变化和砂土振动液化等问题,土力学必将随着工程建设难度的增加而日趋复杂化,土力学也必将与动力学、土壤学、环境化学等相结合,这是土力学今后一段时期的发展方向。

0.2 土力学的学科特点

土力学牵涉的理论知识范围广泛,涉及学科领域包括:工程地质学、理论力学、材料力学、弹性力学等,综合性较强。在学习土力学过程中,不仅要运用解决连续体介质中的基本力学理论,还要结合工程情况具体问题具体分析。

土体不同于一般的弹性连续体,它是由固、液、气组成的三相体,具有一系列复杂的物理力学性质,受组成成分的制约,土体更容易受到温度、湿度等环境因素的影响。

目前的土力学理论还不够完整,难以全面表现天然土体的力学状态,在学习土力学理论知识的基础上还应该结合试验与测试技术、数理统计检测方法等根据以往的工程经验进行分析,切不可形而上学、刻板借鉴。从另一个角度讲,只有尊重客观规律才能不断补充、完善知识体系,将土力学向前推进发展。

由于我国幅员辽阔、土质情况分布复杂,变异性随机性较大,可能在很小的范围内甚至在同一地点的不同土层深度,土质的分布情况都有很大差别。所以,岩土工程勘察方法,现场原位测试技术,室内土工试验原理是土力学学习中的重点,只有这样才能更好地服务于生产实践,做好计算和设计。学生应根据本课程的特点,熟练掌握土的物理特性、应力应变及地基计算等理论知识与计算方法,培养运用土力学知识并结合施工经验解决工程实际问题的能力。

0.3 与土有关的工程问题

0.3.1 变形问题

图 0-1 为意大利著名的比萨斜塔,此塔于 1173 年由著名建筑师那诺·皮萨诺开始主持修建。比萨斜塔位于罗马式大教堂后面右侧,是比萨城的标志。开始时,塔高设计为 100 m 左右,但动工五六年后,塔身从三层开始倾斜工程暂停。后又经几次停工、复工,于 1370 年竣工,全塔共八层,高度为 55 m。直到完工还在持续倾斜。目前,塔顶已南倾(即塔顶偏离垂直线)达 5.27 m,倾斜 5.5° ,南北两端沉降差 1.80 m。比萨斜塔停工过程中与建成后曾使用多种基础不均匀沉降处理方法,如在塔基四周进行环状开挖卸载,在南侧进行灌浆加固,用压重法和取土法进行地基处理等。目前,比萨斜塔已向游人开放。

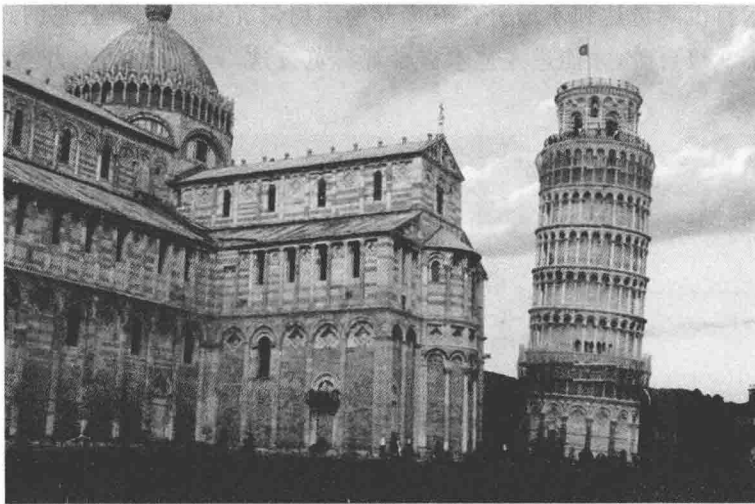


图 0-1 比萨斜塔

虎丘塔是驰名中外的汉族古塔建筑,位于苏州市虎丘公园山顶(图 0-2),落成于北宋建隆二年(961 年)。全塔共七层,高 47.5 m,塔的平面呈八角形。由于塔基坐落于不均匀粉质黏土层上并且土层厚薄不均,塔墩基础设计构造不完善等原因,从明代起,虎丘塔发生不均匀沉降开始向西北方向倾斜。经测量,塔尖倾斜 2.34 m,塔身最大倾斜度为 $3^{\circ}59'$,底层塔身发生不少裂缝,虎丘塔也被称为“中国的比萨斜塔”。塔基处理方法为在基础的四周建造一圈桩排式地下连续墙,同时,在塔周围与塔基进行钻孔注浆和打设树根桩加固塔身,效果明显。



图 0-2 虎丘塔

墨西哥首都墨西哥城是西半球最古老的城市之一,然而这座城市正在以每年最高 44 cm 的速度下沉,在过去的 100 年间城市下沉了将近 9 m。于 1934 年建成的墨西哥城艺术宫(图 0-3)坐落于墨西哥城的旧城和新市区的分界线上,地基土为厚达 25 m 的软弱土层,墨西哥城艺术宫沉降量达到 4 m 并伴有局部的不均匀沉降,与邻近公路的高差达 2 m,参观者需要步下 9 级台阶,才能进入艺术宫参观游览。这三个例子是土力学变形问题的典型实例。



图 0-3 墨西哥城艺术宫

0.3.2 强度问题

位于加拿大的特朗斯康谷仓(图 0-4)长 59.4 m,宽 23.5 m,高 31.0 m,共 65 个圆筒仓。采用钢混筏板基础形式,基础厚 61 cm,埋深 3.66 m。该谷仓 1913 年建成完工。于建成当年 9 月首次装谷物,当 10 月 17 日谷物装载量超过 30 000 t 时,谷仓 1 小时竖向沉降量达到 30.5 cm,24 小时后谷仓的西端下沉 7.32 m 东端上抬 1.52 m,整体倾斜 $26^{\circ}53'$,由于谷仓的整体刚度较大,所以上部钢混筒仓完好无损。

后经勘察试验与计算,查明谷仓基础底面单位面积压力超过地基中软黏土层的极限承载力,因此造成地基产生整体破坏并引发谷仓严重倾斜。地基处理方法是在谷仓基础之下做了七十多个支承于下部基岩上的混凝土墩,使用了 388 个 50 t 千斤顶以及支撑系统才把谷仓逐渐扶正,但其位置比原来降低了近 4.0 m。

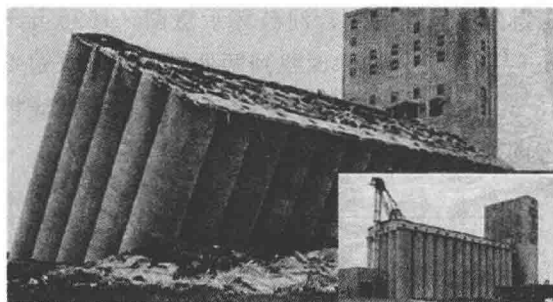


图 0-4 加拿大特朗斯康谷仓

松砂地基在振动荷载作用下丧失强度变成流动状态的现象称为砂土液化现象。1995 年发生在日本的阪神大地震引起了大面积砂土地基液化。这使得建筑物地基强度承载力下降产生很大的侧向变形和沉降(图 0-5),大量的建筑物倒塌或遭到严重损伤。这两个实例是典型的强度破坏问题。



图 0-5 阪神地震建筑物破坏

0.3.3 渗透问题

Teton 坝位于美国爱达荷州斯内克河支流 Teton 河上。挡水坝型为碾压式黏土心墙坝,水库总库容 3.6 亿立方米。工程于 1971 年开工,1975 年 10 月大坝建成并开始蓄水。

1976年6月5日发生溃坝失事。

右岸坝基键槽处心墙因内部管涌而破坏。具体破坏模式为水流由截水槽上游张开节理渗入后与粉土接触而流入下游张开节理,且槽内填土容易发生水力劈裂,又由于分散性粉土容易受水的冲蚀作用而发生崩解现象使湿化的填土塌入张开节理,进一步加剧槽底附近填土的渗流,形成冲蚀孔洞。通过这种方式渗入下游斜节理中的水,一部分通过十分破碎的流纹岩和山麓堆积流进坝体下游部位底面节理发育的岩石,在坝址处出现漏水,逐渐使截水槽填土冲成大洞穴,导致大坝完全溃决。Teton坝出现溃坝事故的主要原因为坝体截水槽侧面与底部的岩隙节理的封闭防水效果不佳,设计时对Teton坝不透水心墙土料的内部冲蚀破坏没有充分的重视,坝体两侧开挖的岩坡过陡底面过窄,引起水力劈裂。

在渗流作用下,无黏性土体中的细小颗粒,通过土的孔隙,发生移动或被水流带出现象称为管涌。图0-6为九江大堤发生管涌破坏示意图。1998年8月7日13点九江大堤发生管涌险情,20 min后,在堤外迎水面找到两处进水口。又过20 min,防水墙后的土堤突然塌陷出一个洞,5 m宽的堤顶随即全部塌陷,并很快形成宽约62 m的溃口。以上两个事件为土力学渗透问题的典型实例。

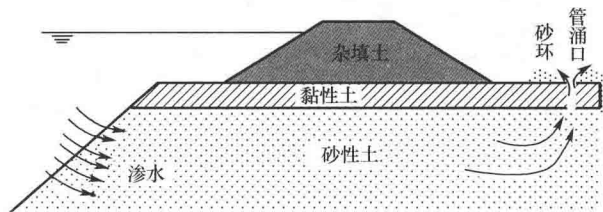


图0-6 九江大堤管涌破坏

0.4 土力学学习的主要内容、基本要求和学习方法

0.4.1 学习的主要内容

学习土力学首先要了解学习这门课程的目的和意义,在此基础上应明确土的基本物理性质和工程分类方法。掌握达西定律、渗透系数的概念,掌握饱和孔隙水压力原理和有效应力原理并且能够进行土中自重应力、基底压力、基底附加应力和地基中附加应力的简单计算。

其次,熟练掌握土的压缩性指标和固结理论,熟练掌握两种地基沉降的计算方法以及地基沉降量的影响因素。土的抗剪强度理论与土体极限平衡原理也是学习的重点之一。

最后,应了解土压力的影响因素,主动土压力、被动土压力、静止土压力的含义,了解挡土墙设计方法、要点。掌握地基临界荷载、临塑荷载、极限荷载的计算方法,了解边坡稳

定性的影响因素、分析方法和计算方法。

0.4.2 学习的基本要求

土是自然历史的产物,其性质往往由于形成原因与组成结构的不同而十分复杂。在运用土力学原理解决实际工程问题时,必须既要考虑土的生成环境和历史过程,又要考虑工程本身的技术要求和特点,将土的微观结构和宏观边界条件及自然因素的影响结合起来,运用辩证唯物主义的思想从实际出发,并依靠充分准确的水文地质勘测资料、符合实际的现场测试手段和科学的试验方法,估计因施工扰动可能引起的土层性质的改变,有利于能动地适应其变化规律,建立发展理论体系,进行全面分析研究,反对脱离实际形而上学的观点和研究方法。

学习时应该掌握少而精的原则,抓住重点,搞清基本概念和计算原理,并结合工程实际加强联系,达到举一反三的学习效果。同时,应该对土力学的前沿问题和发展现状有充分了解,以便于开阔视野指明研究方向,拓宽进一步分析解决问题的思路。

0.4.3 学习方法

由于土的综合性,在学习土力学过程中应该紧密地结合工程力学、工程地质学、岩土工程、现场原位测试、室内土工试验等学科或领域来共同地解决问题,土力学是一门偏于计算的理论课程,因而数学、力学是建立土力学理论和方法的重要手段,因此需要学生有扎实的基本功,除对公式的来源、含义了解之外,应重点搞清其物理概念、假设条件和适用情况。随着电子测试技术和计算机技术的飞速发展,土力学与电子计算机技术的结合将是未来一段时期的发展重点。

第1章 土的物理性质和工程分类

土是岩石经风化、搬运、沉积所形成的产物,各种大小不同的土粒构成土的骨架,土粒之间的孔隙中包含着水和气体,因此土是一种三相集合体。

土的物理性质是土的最基本的性质。土的物理性质由三相物质的性质、相对含量以及土的结构等因素决定。随着土的组成的不同和三项比例指标的不同,土表现出不同的物理性质,比如土的干湿、轻重、松密和软硬等。而土的这些物理性质某种程度上又确定了土的工程性质。进行土力学计算及处理地基基础问题时,不仅要了解土的物理性质特征及其变化规律,了解各类土的特性,还必须熟练掌握反映土三相组成比例和状态的各指标的定义、指标间的换算关系和测定方法,掌握地基土的工程分类,初步判定土体的工程性质。

1.1 土的形成

地球表面的整体岩石,在大气中经受长期的风化、剥蚀后形成形状不同、大小不一的颗粒,这些颗粒在不同的自然环境下进行堆积,或经搬运和沉积而形成沉积物。

1.1.1 土的风化

岩石和土在不同的风化作用下形成不同性质的土。风化作用主要有物理风化、化学风化和生物风化。

(1) 物理风化

长期暴露在大气中的岩石由于受到温度、湿度等各种气候因素的影响,产生不均匀膨胀和收缩,逐渐崩解、破裂,或者在运动过程中因为碰撞和摩擦而破碎,形成大小和形状各异的碎块,这个过程称为物理风化。物理风化的过程仅使岩石发生机械破碎,其化学成分没有发生变化。物理风化产物的矿物成分与母岩相同,称为原生矿物,如石英、长石和云母等。

(2) 化学风化

母岩表面破碎的颗粒受环境因素的作用而产生一系列的化学变化,改变了原来矿物的化学成分,形成新的矿物——次生矿物。化学风化形成的细粒土之间具有黏结能力,该产物为黏土矿物,如蒙脱石、伊利石和高岭石,称为黏性土。化学风化主要有氧化、水化、水解、溶解和碳酸化等作用。