

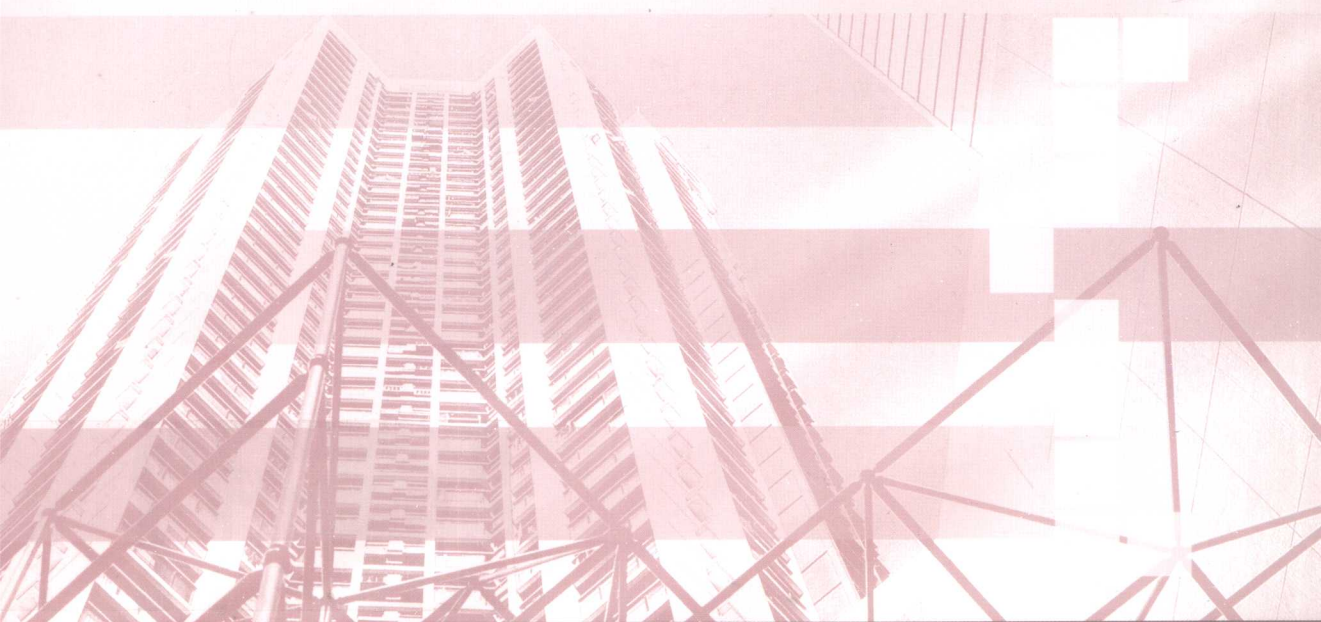


“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）

土质学与土力学

TUZHIXUE YU TULIXUE

● 杨晓丰 李连志 主编
程 桢 主审



中国计量出版社
CHINA METROLOGY PUBLISHING HOUSE



“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）

TUZHIXUE YU TULIXUE

土质学与土力学

杨晓丰 李连志 主编
程 桢 主审



中国计量出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土质学与土力学/杨晓丰, 李连志主编. —北京: 中国计量出版社, 2009. 7

“十一五”高等学校通用教材(土木建筑类)

ISBN 978-7-5026-3089-8

I. 土… II. ①杨… ②李… III. 土质学—高等学校—教材②土力学—高等学校—教材
IV. P642.1 TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 107141 号

内 容 提 要

本教材是依据应用型本科教育人才培养模式的特点, 根据高等学校土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业及相关专业的教学大纲和教学的基本要求, 结合交通部最新颁布的《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007) 和《公路土工试验规程》(JTG E40—2007) 而编写的。本教材分为 10 章, 内容主要包括土的物理性质及分类、土中水的运动规律、土中应力计算、土的压缩固结及地基沉降计算、土的抗剪强度、土压力计算、地基承载力计算、土坡稳定分析、土在动力荷载作用下的力学特性等。

本教材注重工程实践应用, 理论知识适度, 既可作为高等学校应用型本科院校、高等学校继续教育学院、高职高专院校等的土木工程专业、道路桥梁与渡河工程的专业本科教材, 同时也可作为相关专业函授、电大、职大教学用书, 还可作为工程技术人员的参考书。

中国计量出版社 出版

地 址 北京和平里西街甲 2 号 (邮编 100013)
电 话 (010) 64275360
网 址 <http://www.zgjl.com.cn>
发 行 新华书店北京发行所
印 刷 三河市灵山红旗印刷厂
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 13
字 数 320 千字
版 次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷
印 数 1—3 000
定 价 23.00 元

如有印装质量问题, 请与本社联系调换
版权所有 侵权必究

教材编委会

主任 赵惠新 刘国普 刘宝兰

副主任 李保忠 景海河 丁琳 薛志成 杨国义

委员 (按姓氏笔画排序)

于秀娟	邓一兵	王福彤	付伟庆	左宏亮
左敬岩	孙林	刘汉青	吕名云	齐伟军
刘俊玲	乔雅敏	安静波	陈勇	李小勇
杜永峰	李国东	宋国利	李绍峰	张春玉
张俊杰	张智均	张新全	张燕坤	周莉
杨璐	郗伟	胡焜	赵文军	赵延林
姜连馥	高建岭	徐晓红	钱晓丽	程桢
董连成	程选生	潘睿	谭继亮	

策划 刘宝兰 李保忠

— 本 书 编 委 会 —

主 编 杨晓丰
李连志

副主编 王剑英
宫旭黎
石宏斌

主 审 程 桢

参 编 李德海
王子玉

忠 尉 中 文 介 映 收 策

编写说明

会委编协建

月0年0005

近年来，建筑业的快速发展对整个社会经济起到了良好的推动作用，尤其是房地产业和各项基础设施建设的深入开展与逐步完善，使国民经济逐步走上了良性发展的道路。与此同时，建筑行业自身的结构性调整也在不断进行，这种调整使其对本行业的技术水平、知识结构和人才特点提出了更高的要求。为此，教育部对普通高校“土木建筑类”各专业的设置和教材也多次进行了相应的调整，使“建筑工程”和“交通土建工程”等相关专业逐步向“土木工程”转化，“十一五”期间，这种转化将进一步得到完善，这将使“土木工程”的内涵大大拓宽。所以，编写高等院校土木建筑类各专业所需的基础课和专业课教材势在必行。

针对这些变化与调整，由中国计量出版社牵头组织了“十一五”高等学校通用教材（土木建筑类）的编写与出版工作，该套教材主要适用于应用型人才培养院校的建筑工程、工程管理、交通土建以及水利工程等相关专业。该学科具有发展迅速、技术应用性强的特点，因此，我们有针对性地组织了黑龙江科技学院、黑龙江大学、兰州理工大学、北方工业大学、黑龙江工程学院、广东惠州学院、深圳大学、哈尔滨工程大学、东北林业大学、大庆石油学院、大连大学、哈尔滨学院以及黑龙江东方学院等45所相关高校中兼具丰富工程实践和教学经验的专家学者担当各教材的主编与主审，从而为我们成功推出该套框架好、内容新、适应面广的好教材提供了必要的保障，以此来满足土木建筑类各专业高等教育的不断发展和当前全社会范围内建设工程项目安全体系建设的迫切需要。这也对培养素质全面、适应性强、有创新能力的高技术专门人才，

进一步提高土木建筑类专业教材的编写水平起到了积极的推动作用。

针对应用型人才培养院校土木建筑类各专业的实际教学需要,本次教材的编写尤其注重了理论体系的实用性与前沿性,不仅将建筑工程领域科技发展的新理论合理融入教材中,使读者通过教材的学习可以深入把握国际建筑业发展的全貌,而且使学生通过学习能将教材中的理论迅速应用于工程实践,这对我国新世纪应用型人才的培养大有裨益。相信该套教材的成功推出,必将会推动我国土木建筑类高校教材体系建设的逐步完善和不断发展,从而对国家的新世纪人才培养战略起到积极的促进作用。

教材编委会

2009 年 6 月

• FOREWORD •

章)、王剑英(第五章、第六章)、石宏斌(第七章)、官旭黎(第八章)、李德海(第九章)、王子玉(第十章)。

由于编者水平有限,本书难免存在缺点和不当之处,谨请使用本书的教师与读者批评指正。在本书编写过程中,参阅了其他一些院校编写的教材及文献资料,在参考文献中一并列出,在此表示衷心感谢。

编 者

2009年6月

目 录

• CONTENTS •

第一章 绪论	(1)
第一节 土质学与土力学的研究对象及意义	(1)
第二节 土质学与土力学的内容和特点	(2)
第三节 土质学与土力学的发展与展望	(3)
第二章 土的物理性质及分类	(7)
第一节 土的三相组成与结构	(7)
第二节 土的颗粒特征	(10)
第三节 土的三相指标的定义及其换算	(14)
第四节 无黏性土的物理特征	(18)
第五节 黏性土的物理特征	(19)
第六节 土的工程分类方法简介	(21)
第三章 土中水的运动规律	(31)
第一节 概述	(31)
第二节 土的一维渗透理论	(33)
第三节 流网及其工程应用	(38)
第四节 渗透变形与控制	(42)
第五节 土的毛细性	(45)
第六节 土在冻结过程中水分的迁移和积聚	(48)
第四章 土中应力计算	(51)
第一节 概述	(51)
第二节 土的自重应力计算	(52)
第三节 基础底面的压力分布与计算	(54)

第四节	地基附加应力的计算	(56)
第五节	其他条件下的地基应力计算	(73)
第六节	影响土中附加应力分布的因素	(76)
第五章	土的压缩固结及地基沉降计算	(79)
第一节	概述	(79)
第二节	土的压缩试验及压缩性指标	(79)
第三节	地基的沉降计算方法	(86)
第四节	饱和土的有效应力原理	(97)
第五节	饱和黏性土地基沉降与时间的关系	(99)
第六章	土的抗剪强度	(106)
第一节	概述	(106)
第二节	土的直剪试验及抗剪强度指标	(106)
第三节	莫尔-库仑强度理论和土的极限平衡条件	(110)
第四节	土的抗剪强度指标的试验方法	(114)
第五节	三轴压缩试验中的孔隙压力系数	(122)
第七章	土压力计算	(128)
第一节	概述	(128)
第二节	静止土压力理论	(130)
第三节	朗肯土压力理论	(131)
第四节	库仑土压力理论	(138)
第五节	有车辆荷载作用时的土压力	(145)
第六节	土压力计算的讨论	(147)
第八章	地基承载力	(151)
第一节	概述	(151)
第二节	临塑荷载及临界荷载计算	(152)
第三节	极限承载力计算	(155)
第四节	按规范法确定地基容许承载力	(159)
第五节	关于地基承载力的讨论	(165)
第九章	土坡稳定分析	(168)
第一节	概述	(168)
第二节	砂性土土坡的稳定分析	(169)
第三节	黏性土土坡的稳定分析	(170)
第四节	非圆柱滑动面土坡稳定分析	(176)
第五节	地基的稳定性	(179)

第十章	土在动力荷载作用下的力学特性	(182)
第一节	概述	(182)
第二节	砂土的振动液化	(183)
第三节	土的动力特征参数	(189)
第四节	土的压实性	(191)

第一章 绪论

第一节 土质学与土力学的研究对象及意义

土质学与土力学是将土作为建筑物的地基、材料或介质来研究的一门学科,主要研究土的工程性质以及土在荷载作用下的应力、变形和强度问题,为设计与施工提供土的工程性质指标与评价方法、土的工程问题的分析计算原理,是土木工程专业的基础课。

“土”一般是指岩石经风化、剥蚀、搬运和沉积过程形成的松散堆积物,在地质年代上形成于第四纪,故又称为“第四纪沉积物”。广义的土也包括岩石在内。与其他材料相比,土不是人工制造的,不像钢材、砖和混凝土等材料那样可以按需要制造和使用,只能适应它的特性并合理加以利用。例如,选择合适的地基持力层和基础形式,增加上部结构对土变形的适应性,以及设计合理的挡土结构等。在某些情况下可以对土进行改造(地基处理),目的是更好地加以利用。但地基处理方法必须适合土的特性,并符合土力学的基本原理,其应用也有一定的范围。

土的性质与其自然历史(包括起源和形成后的变化过程)有很大关系。母岩及其风化过程,搬运碎屑的介质与途径,沉积的环境及其变化,以及沉积物受到的压力、温度、干燥、风化、胶结和生物活动等作用,都会影响土的性质。不同的母岩风化后形成的土不同,静水中沉积的土与流水中沉积的土不同,干燥寒冷环境中形成的土与温暖潮湿环境中形成的土不同,沉积年代久远的和新近沉积的土不同,以及超固结土与正常固结土不同等。

为了更好地利用土,必须对土的自然历史以及它对土的特性的影响有更深入的了解和研究。

在土木工程中,天然土层常被作为各种建筑物的地基,如在土层上修建桥梁、房屋、涵洞、堤坝等;或利用土作为建筑物周围的环境,如在土层中修筑地下建筑、地下管道、渠道、隧道等;还可利用土作为土工建筑物的材料,如修建土坝、堤坝、路基等。因此,土是土木工程中应用最广泛的一种建筑材料或介质。

土质学是从工程地质学范畴里发展起来的,它从土的成因与成分出发,研究土的工程性质的本质与机理。对土在荷载、温度及湿度等因素作用下发生的变化做出数量上的评价,并根据土的强度、变形机理提出改良土质的有效措施。

土力学是从工程力学范畴里发展起来的,它把土作为物理—力学系统,根据土的应力—应变—强度关系提出力学计算模型,用数学力学方法求解土在各种条件下的应力分布、变形以及土压力、地基承载力与土坡稳定等课题。同时根据土的实际情况评价各种力学计算方法的可靠性与适用条件。

土质学和土力学是两门关系非常密切的学科,在发展过程中互相渗透、互相结合。在工程学科范围内,把土的微观与亚微观结构的研究和土的应力—应变—强度关系的研究结合起来,把土的变形、强度机理和土的工程性质指标结合起来,进一步说明力学现象的本质,为近代计算技术在土力学中的应用提供比较符合实际的计算模型,以解决比较复杂的工程问题。从工



程的要求出发,将土质学和土力学紧密结合起来学习是有好处的,有利于定性和定量研究的结合,更全面地理解土的工程问题的特点。

第二节 土质学与土力学的内容和特点

一、土质学与土力学学习内容

土质学以地质学的观点,从土的成因出发,研究土的基本工程性质及影响土性质变化的原因;它应用工程地质、矿物结晶及物理化学等知识,对其进行分析研究,提出改良的有效措施。

1. 土质学研究的内容

土质学研究的内容主要包括以下几个方面。

(1) 土的工程地质性质,包括物理性质、水理性质和力学性质,如干密度、干湿状况、孔隙特征、与水相互作用表现出的性质及在外力作用下表现出的变形和强度特征。

(2) 土的工程地质性质的形成和分布规律;土的物质组成、结构构造对土的工程地质性质的影响。

(3) 土的工程地质性质指标的测试方法和测试技术。

(4) 土的工程地质分类。

(5) 土的工程地质性质在自然或人为因素作用下的变化趋势和变化规律,预测这种变化对各种建筑物的危害。

(6) 特殊土的工程地质特征。

2. 土力学研究的内容

土力学研究的内容主要包括以下几个方面。

土力学是以工程力学的处理方法,研究与工程建设有关的土的应力、应变、强度和稳定性等力学问题。

(1) 土的应力与应变的关系。

(2) 土的强度及土的变形和时间的关系。

(3) 土在外荷作用下的稳定性计算。

由于土是自然历史产物,具有一定的分散性,故除了运用一般连续的介质力学的原理外,还要做一些基本假设,并同实际情况相结合来研究。在土力学的研究中,提出了一些计算模型,必须重视土的现场勘察及室内土工试验测定其计算参数,因此土力学是一门实践性很强的学科,土工试验非常重要,所以汪闻韶院士说:土力学是三分计算,七分实验,从而说明土力学实验的重要性。

随着生产力的提高和现代科学技术的不断发展,各学科之间相互渗透、交叉、融合已成为现代科学技术发展的趋势。本来土质学与土力学就密不可分,土质学从细微观研究土的性质,土力学从宏观研究土的工程力学特性,所以本着微观解释宏观,宏观指导微观的观点,我们的土质学与土力学才能显示强大的生命力。同时该学科也还应该广泛地吸收现代数学、测试技术等学科的先进成果,不断地充实强大该学科的研究能力和范围,为国民经济建设服务。

二、土质学与土力学的特点

土区别于固体材料(如金属)和流体材料(如水),有以下三方面的重要特征。

第一,土通常是由土颗粒、水和空气组成的三相混合物。只含有土颗粒和水而没有空气的土称为饱和土。只含有土颗粒和空气而没有水的土称为干燥土。位于两者之间,由土颗粒、水和空气三者共同组成的土称为非饱和土。对于这样的多相混合物,不仅要考虑土体整体的性质和运动规律,还应考虑组成土体各相的性质和运动规律。下面所讲的水在土体中的渗流规律及“有效应力”等内容就是由于土是多相混合物而产生的。

第二,土的本质在于它是离散的颗粒的集合体。这样的集合体既不是气体,也不是液体,也不是固体(土颗粒本身是固体),而是称之为“粒状体”的集合体。容易理解,砂土就是这样的粒状体的集合体。通常会产生这样的疑问,这样的材料怎么能支撑得住构筑物呢?土体基本颗粒间的黏着力几乎不存在,只是依靠土颗粒间的摩擦力承受荷载,所以土的变形和破坏受“摩擦规则”的支配。土具有称之为“压硬性”的特性,即土所受的周围约束压力就大,也越密实,其模量就越大,抗剪强度也越高,土表现出“越硬”的性状。

第三,土在受剪时,由于土颗粒之间在荷载作用下位置相互错动,随着剪切变形的增加会产生体积变化。在一定的周围约束压力下,比较松散的土会表现出体积压缩的特性;相反,比较密实的土则表现出体积膨胀的特性。这种受剪时土体积变化的特性称之为“剪胀性”。

综上所述,由于土的散体性、多相性和自然变异性,使得土力学的理论依靠较多的简化假定,在处理工程中的土力学问题时,不能单凭力学和数学的方法,还需要室内及野外的测试手段,实地观察和经验判断。同时,虽然土力学是建立在三大力学基础上的,可是,由于土的种类繁多,工程性质复杂(黏—弹—塑性体),很难直接采用弹性力学或塑性力学理论进行求解,而是求解不同问题时,采用不同的理论来求解,比如求解土中应力分布时就应用弹性理论,在求解地基承载力时,应用塑性理论。

土质学与土力学是密切结合专业和实践的一门课程,学习中不但要着重于基本概念的理解、掌握它的计算方法,而且学会初步解决实际问题的能力;如能识别土样,了解野外测试的新方法,以及各种计算方法的基本假设及它们可能引起的误差范围等。

第三节 土质学与土力学的发展与展望

一、土质学与土力学的发展简史

自人类进行建筑实践以来,就要处理地基上的各种问题。我国有五千年的历史,许多建筑遗址说明,远在新石器时代,就充分表明我们的祖先在土建技术上的聪明才智,如西安半坡遗址中发掘出来的土台基础,如洛阳王湾发掘出来许多房屋遗址,其墙基都是先挖沟槽,再填以红烧碎块,这说明当时的地基基础建筑已达相当水平。

我国最古老(公元523年)的嵩岳寺砖塔,高40 m,由于地基牢固,到现在安然无恙,又如《梦溪笔谈》和《皇朝类苑》中记载的北宋初,木工喻皓在建开封宝寺木塔时,考虑了当地多西北风,地基为较软的饱和土,故建塔时使塔身向西倾斜,欲借风力长期作用使地基产生不均沉降,从而扶正塔身,这说明当时对土力学已有相当的了解。

又如我国的赵州桥,是世界上首创的石砌敞肩平拱桥,净跨为37.02 m,基础尺寸为5.5 m×10 m,高4.4 m,建在较密实的砂黏土地基上,拱的最大推力为24 MN,地基未产生过大变形,按照现有的规范检算,地基承载力和基础后侧的被动土压力均正好满足设计要求,桥到现在为止已经1300多年,经过无数次地震和洪水考验,但仍完好无恙,这反映了我国在1000年前已



能充分利用天然地基承载力,尤其是敢于用黏性土地基来支承具有很大推力的拱桥基础,从现代技术角度看,也是令人惊叹的。我国著名力学家钱令希教授带领一批研究生,对桥梁及地基的承载力的检算,证明完全符合现代科学方法。

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、铁路和码头等现代的工程,提出了许多有待解决的土力学方面的问题,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;工程中出现的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,拉开了岩土工程学术研究的序幕,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,为土压力、地基承载力和土坡稳定分析奠定了基础。1776年,Coulomb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(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)通过室内渗透试验研究,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. Rankin)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,至今仍具有重要理论价值和一定的实用价值。1869年,俄国学者卡尔洛维奇发表了世界上第一本《地基与基础》教程;1885年,法国学者布辛奈斯克(J. Boussinesq)和1892年弗拉曼(Flamant)分别提出了均匀的、各向同性的半无限体表面在竖立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,普朗德尔(Prandtl)根据塑性平衡的原理,研究了坚硬物体压入较软的、均匀的、各向同性材料的过程,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。

约1913年土力学发生转折的时候,也正是大沙基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年是现代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,尔后,又在Engineering News Record期刊上以“土力学原理”为题发表系列文章,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。

在太沙基以前,土木工程中的许多土工问题并无合理的计算分析方法,多数仅凭经验设计,因而常发生意外事故。是太沙基首次将各种土工问题归纳成为系统的有科学依据的计算理论。然而,太沙基的功绩并不局限于他对土力学的理论贡献,在他将土力学理论广泛应用于大量实际工程时,深刻地洞察到土的力学性质不可避免地受各种复杂因素的影响,他一贯倡导必须注意全面调查实际的工程地质情况并加以综合判断。正如太沙基所说的那样,直到20世纪30年代,地基勘探的唯一办法是根据工长的靴子后跟在基槽土面留下的痕迹做出地基承载力的判断。由于太沙基的倡导和推动,建立了一套野外勘探与室内试验的方法,使土的力学性质的研究和地质条件密切结合,从根本上改造了初期的土力学,填补了地质学和土木工程学之间的空白。太沙基于1948年对初期的土力学做了如下的评价:“土力学创始于1776年库仑土

压力理论的发表,是个很有才能的开端,但在后来的一个世纪里就几乎没有什么进步,研究工作多少局限于改进干的纯净的无黏性的砂作用于挡土墙背的计算方法,针对此课题所发表的一些论文和课题实际的重要性很不相称。在工程实践中,大多数施工难点与事故是由于渗流所产生的压力引起的,但这些压力并未受到重视。因此,它们对于要面对实际的工程师来说,用处不大,这些理论多半在教室里才会有用处。”正是太沙基最早对砂土管涌现象进行研究,继而试验探索高塑性黏土的固结规律,解释了滨海黏土受压后长期缓慢的沉降及其强度逐渐增长的内在原因和规律,并从此使土力学对自然界许多复杂现象的研究得以逐渐深入。20世纪中叶,太沙基的《理论土力学》以及太沙基和泼克合著的《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深远的影响。

对于20世纪土力学发展的阶段划分,沈珠江院士在他的新著《理论土力学》中提出:土力学的萌芽时期从1773年至1923年,古典土力学时期从1923年至1963年,从1963年以后进入现代土力学时期,可能还需要30年的时间才能大体上完成其基本框架。

在太沙基于1963年去世以后的四十余年中,岩土工程确实已发生了许多新的变化,考察岩土工程的发展阶段应当研究这种情况。

例如,岩石力学体系的形成,非饱和土研究的迅速发展,环境岩土工程的出现等,正在研究和解决太沙基时代还没有凸现出来或没有解决的技术问题。又如世界上最高的100幢高层建筑中,有93幢建成于20世纪最后的40年中;世界上25座200m以上的高坝中,23座是在1960年以后建成的;24座大型地下厂房全部建于20世纪60年代以后。可见,岩土工程领域的范围和内涵都已发生了巨大的变化,岩土工程也将进入一个崭新的历史时期。

土力学同其他学科一样,不是完整无缺的,仍需要发展,拿本构关系模型讲,已发表了很多学术专著,但适用范围都有一定局限性,大多部模型要通过复杂试验以确定众多参数;对黏性土抗剪强度的研究,到现在还未结束,还有许多问题没有研究清楚;土动力学方面,虽然在砂土液化方面取得了可喜成果,由于我国是一个多地震的国家,又随着高速公路、高速铁路的大力发展,故对地基土的动力性质,仍需要深入研究。对于全球而言,大部分地区是干旱或半干旱地区,这些地区的土壤是非饱和土,原来饱和土的理论不能解决非饱和土的问题,所以对非饱和土的性质研究又成为当今土力学热门研究领域。土与介质的相互作用问题,土的损伤、土的结构性问题的研究也成为某些重点研究领域。

二、土质学与土力学发展展望

现代土力学的研究,呈现以下几个特点。

(1)对土的力学特性的认识越来越深入,已经发现了许多新的现象,例如,应力路线的依赖性、强剪缩性(表观泊松比小于0)和反向剪缩(剪应力减小时发生体缩)等,而一些研究多年的力学特性,如黄土湿陷、砂土液化、黏土断裂等现象,也有了更深入的认识。许多问题不但经典土力学理论无法解释,现有的非线性和弹塑性本构理论也无能为力。目前,不少学者正在探索新的思路,包括从细观结构上进行研究。

(2)由于土的特性多变,人们越来越不满足于一个土层具有一定力学指标的定值研究方法,从20世纪70年代开始的土的随机性研究正方兴未艾。

(3)随着电子计算技术的发展,再复杂的数学方程和工程条件,也可以通过数值分析求解和模拟,土工数值分析正是当前最热门的研究课题之一。