



21世纪全国高职高专土建系列**技能型**规划教材

地基与基础

主 编 孙平平 王延恩 周无极
主 审 夏建中



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材

地基与基础

主 编	孙平平	王延恩	周无极
副主编	叶 良	朱建建	余丹丹
参 编	贺俊征	李念国	
主 审	夏建中		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是根据教育部高等职业教育地基与基础课程的教学要求,结合最新规范、技术规程、国内外研究成果及各位教师多年来在高职教学中积累的宝贵经验编写而成。本书包括绪论、地基上的物理性质及分类、地基中应力的计算、地基变形的计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、工程地质勘察、地基基础设计的基本规定、天然地基上浅基础设计、桩基础和地基处理等内容。

本书设置了“特别提示”、“知识链接”、“应用案例”等模块,增强了生动性和可读性;在每章后均附有小结和习题,加深了读者对该章知识的理解与掌握。本书从实用出发,通俗易懂,难度适宜,便于学习。

本书适于作为高等职业技术学院、高等专科学校以及函授、成人教育等土建类相关专业的地基与基础课程教材,也可作为广大自学者及工程技术人员的学习用书。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/孙平平,王延恩,周无极主编. —北京:北京大学出版社,2010.10

(21世纪全国高职高专土建系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-16130-2

I. ①地… II. ①孙…②王…③周… III. ①地基—高等学校:技术学校—教材②基础(工程)—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第222787号

书 名:地基与基础

著作责任者:孙平平 王延恩 周无极 主编

策 划 编 辑:赖 青 杨星璐

责 任 编 辑:杨星璐

标 准 书 号:ISBN 978-7-301-16130-2/TU·0112

出 版 者:北京大学出版社

地 址:北京市海淀区成府路205号 100871

网 址:<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话:邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱:pup_6@163.com

印 刷 者:三河市北燕印装有限公司

发 行 者:北京大学出版社

经 销 者:新华书店

787mm×1092mm 16开本 14.5印张 330千字

2010年10月第1版 2010年10月第1次印刷

定 价:26.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话:010-62752024

电子邮箱:fd@pup.pku.edu.cn

前 言

在我国教育体系中,高职教育培养的是面向行业生产、管理、服务第一线,将科学技术转化为生产力的高级技能型人才。地基与基础是高职高专土木工程类专业一门综合性很强的专业课,任务是使学生具有工程地质的基本知识,学会阅读和使用工程地质资料,掌握土的应力、变形和强度计算等土力学基本原理。掌握一般浅基础和桩基础设计原理,具有识读和绘制一般基础施工图的能力,并能根据工程实际正确选择地基处理方法和基础类型。该课程的教学目标是:使学生具备高等职业技术专门人才所必需的地基与基础的基本知识,具有阅读和使用工程地质资料并正确设计一般浅基础的能力。

本书是按照教育部学科调整后大土木的课程设置要求而编写的,在学时分配和内容选取方面充分考虑了相关知识的系统性和合理性,各章内容在编写时注重理论联系实际,同时配有大量案例和习题。

本书内容丰富,素材广泛,知识面广。编写时,编者有选择地保留传统教材内容的同时,根据现行的国家标准 GB 5007—2002《建筑地基基础设计规范》,结合编者多年教学工作经验及教学科研的新成果,对本书中的内容作了必要的充实和调整,使其更具有针对性、实用性和选择性。

本书共分 11 章,由孙平平、王延恩、周无极担任主编,叶良、朱建建、余丹丹担任副主编。其中,第 1 章、第 2 章由浙江科技学院叶良编写,第 3 章、第 4 章由浙江水利水电专科学校孙平平编写,第 5 章由山东水利职业学院朱建建编写,第 6 章由山东水利职业学院贺俊征编写,第 7 章由山东水利职业学院王延恩编写,第 8 章由山东水利职业学院李念国编写,第 9 章由湖北水利水电职业技术学院余丹丹编写,第 10 章、第 11 章由湖北水利水电职业技术学院周无极编写。本书由浙江水利水电专科学校孙平平统稿,由浙江科技学院夏建中教授主审。

由于编者水平有限,书中疏漏和不妥之处在所难免,望读者不吝指正。

编 者
2010 年 7 月

目 录

第 1 章 绪论	1	习题	83
1.1 地基与基础概述	2	第 6 章 土压力与土坡稳定	85
1.2 地基与基础课程的特点和学习 要求	6	6.1 概述	87
小结	8	6.2 朗肯土压力理论	90
习题	8	6.3 库仑土压力理论	96
第 2 章 地基土的物理性质及分类	9	6.4 挡土墙稳定性分析	100
2.1 土的组成	10	6.5 土坡稳定性分析	106
2.2 土的物理性质指标	16	小结	109
2.3 地基土的分类及物理状态	21	习题	110
小结	25	第 7 章 工程地质勘察	111
习题	26	7.1 地基勘察的目的和内容	112
第 3 章 地基中应力的计算	27	7.2 地基勘察方法	115
3.1 概述	28	7.3 地基勘察报告的编制与阅读	119
3.2 土的自重应力计算	29	7.4 基槽检验与基槽的局部处理	123
3.3 基底压力的计算	30	小结	126
3.4 地基附加应力的计算	33	习题	126
小结	45	第 8 章 地基基础设计的基本规定	128
习题	46	8.1 地基基础设计等级	130
第 4 章 地基变形的计算	48	8.2 承载力及变形计算	131
4.1 土的压缩性	49	8.3 荷载规定与计算	133
4.2 地基最终变量的计算	53	8.4 稳定性计算	134
4.3 建筑物沉降观测与地基允许 变形值	60	小结	135
小结	64	习题	135
习题	64	第 9 章 天然地基上浅基础设计	137
第 5 章 土的抗剪强度与地基承载力	65	9.1 概述	138
5.1 土的抗剪强度	66	9.2 浅基础的类型	140
5.2 土的极限平衡理论	72	9.3 基础埋置深度	144
5.3 地基土的承载力	77	9.4 地基承载力的确定	146
小结	82	9.5 基础底面积的确定	148
		9.6 基础剖面尺寸	152
		9.7 防止不均匀沉降损害的措施	153

9.8 基础设计实例	157	小结	195
小结	163	习题	195
习题	164		
第 10 章 桩基础	166	第 11 章 地基处理	197
10.1 桩基础的分类	167	11.1 概述	198
10.2 桩和桩基的构造要求	173	11.2 软弱土地基	199
10.3 竖向荷载单桩承载力	176	11.3 特殊土地基	205
10.4 竖向荷载群桩承载力	180	小结	220
10.5 桩基的沉降验算	182	习题	220
10.6 桩基础设计	184	参考文献	221

第 / 章

绪 论

【学习目标】

通过本章的学习，掌握建立土力学、地基、基础的基本概念，了解本课程的特点和在本专业中的地位，了解本学科的学习方法及发展概况。

【学习要求】

能力目标	知识要点	相关知识	权重
掌握地基基础的相关概念	土力学、地基、基础的基本概念	土力学、地基、基础的基本概念	0.6
了解本课程的特点	地基基础课程的特点	课程的研究对象、研究内容、研究方法	0.2
了解本课程的发展概况	本课程的发展概况	本课程的发展概况	0.2

1.1 地基与基础概述

1.1.1 地基与基础概念

土是各类岩石经长期地质应力作用风化后的产物,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、孔隙性和多相性。土的颗粒之间有许多孔隙,孔隙中存在水和气体。土一般为三相系,即由土颗粒、水和气体所组成。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,受内外地质应力的作用,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。

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,这一范围内的地层称为地基(Ground)。所以地基就是承担建筑物荷载的土体或岩体。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。

地基与基础是建筑物的根基,又属于隐蔽工程,它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。工程实践表明,建筑物的事故很多都与地基基础问题有关,而且一旦发生地基基础事故,往往后果严重,补救十分困难,有些即使可以补救,其加固修复工程所需的费用也十分庞大。

引例 1-1

神户码头。阪神大地震引起大面积砂土地基液化,从而产生很大的侧向变形和沉降,致使大量的建筑物倒塌或遭到严重损坏,如图 1.1 所示。

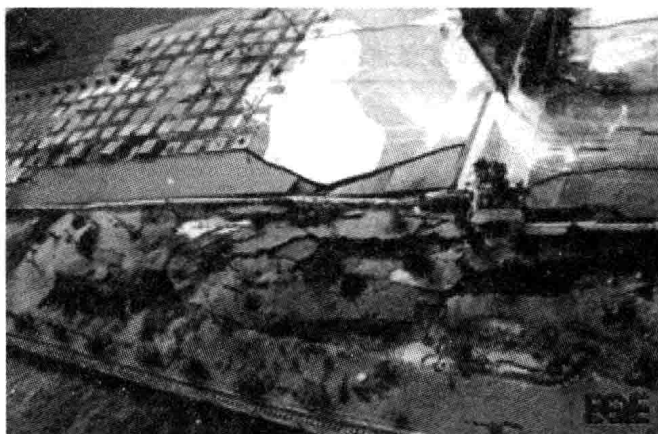


图 1.1 阪神大地震中神户码头

 引例 1-2

中国香港宝城滑坡(见图 1.2)。1972 年 7 月某日清晨,香港宝城路附近,约 2 万 m^3 残积土从山坡上下滑,巨大滑动体正好冲过一幢高层住宅——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(约五层),共死亡 67 人。事故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降低,当土体滑动力超过土的强度后,滑坡便产生了。



图 1.2 香港宝城滑坡

 引例 1-3

虎丘塔(见图 1.3)。虎丘塔位于苏州市西北虎丘公园山顶,原名云岩寺塔,落成于宋太祖建隆二年(公元 961 年),距今已有 1000 多年悠久历史。全塔七层,高 47.5m。塔的平面呈八角形,由外壁、回廊与塔心三部分组成。虎丘塔全部砖砌,外形完全模仿楼阁式木塔,每层都有八个壶门,拐角处的砖特制成圆弧形,十分美观,在建筑艺术上是一个创造,中外游人络绎不绝。1980 年 6 月虎丘塔现场调查发现,全塔向东北方向严重倾斜,不仅塔顶偏离中心线达 2.31m,而且底层塔身也有不少裂缝,成为危险建筑而封闭,停止开放。调查后发现由于在一千余年前建造该塔时,没有采用扩大基础,而是直接将塔身置于地基上,从而造成了不均匀沉降,引起塔身倾斜,危及安全。

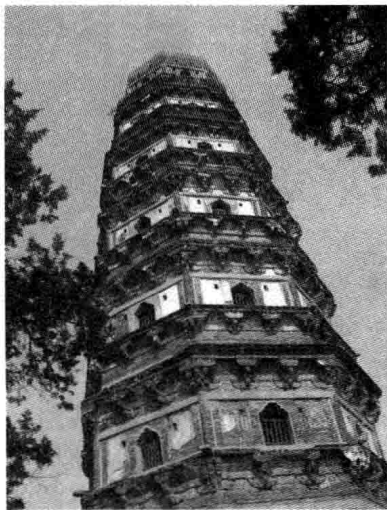


图 1.3 虎丘塔

 引例 1-4

意大利比萨斜塔(见图 1.4)。1173 年动工修建,建成后塔高 54.5m。目前塔北侧沉降 1m

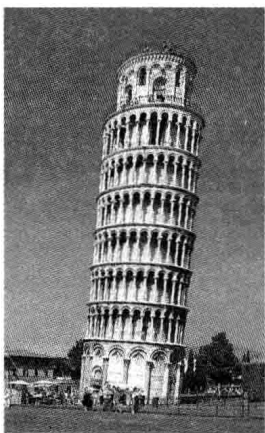


图 1.4 意大利比萨斜塔

多, 南侧沉降近 3m, 塔顶偏离中心线约 5.54m(倾斜约 5.5°)。关于比萨斜塔倾斜的原因, 据记载早在 18 世纪就有两派不同的见解: 一派由历史学家兰尼里·克拉西为首, 坚持认为比萨斜塔是有意建成不垂直的; 另一派由建筑师阿莱山特罗为首, 认为比萨塔的倾斜归因于它的地基不均匀沉降。因为 1590 年伽利略曾在此塔做过自由落体实验, 创立了物理学上著名的自由落体定律, 因而此塔成为世界上最珍贵的历史文物之一, 吸引了无数国内外游客。如果把斜塔扶正, 实际上就破坏了珍贵的文物。因此, 比萨斜塔的加固处理难度大, 既要保持斜塔的倾斜, 又要不扰动地基避免危险, 还要加固地基, 使斜塔安然无恙。为使斜塔安全留存, 相关部门在国际范围内进行招标, 征求对斜塔进行加固处理的方法。



引例 1-5

墨西哥市艺术宫(见图 1.5)。位于墨西哥首都墨西哥城的墨西哥市艺术宫, 是一座巨型的具有纪念性的早期建筑。此艺术宫于 1904 年落成, 至今已有 100 余年的历史。该市处于四面环山的盆地中, 地基为世界罕见的软弱土。因此, 这座艺术宫严重下沉, 沉降量竟高达 4m。临近的公路下沉 2m, 公路路面至艺术宫门前高差达 2m。参观者需步下 9 级台阶, 才能从公路进入艺术宫。这是地基沉降最严重的典型实例。沉降量为一般楼房的一层楼有余, 造成室内外连接困难和交通不便, 内外网管道修理工程量增加。



图 1.5 墨西哥市艺术宫

国内外类似上述地基事故的实例很多, 大量事故充分说明对地基和基础理论缺乏研究, 对地基基础处理不当, 就会造成巨大的经济损失, 必须引以为戒。

为了保证建筑和工程设施的安全和正常使用, 经济合理地进行地基基础设计, 必须研究土的力学性能及其与建筑物相互作用的力学过程。一个成功的基础工程设计, 就是能应用地基基础的基本理论, 结合地基土和上部结构的具体条件, 合理地设计基础, 以满足地基强度和变形的要求。

1.1.2 本课程发展概况

地基与基础既是一项古老的工程技术，又是一门年轻的应用科学。追本溯源，世界文化古国的远古先民，在史前的建筑活动中，就已创造了自己的地基基础工艺。我国西安半坡村新石器时代遗址和殷墟遗址的考古发掘，都发现有土台和石础。这就是古代“堂高三尺、茅茨土阶”（语见《韩非子》）建筑的地基基础形式。历代修建的无数建筑物都出色地体现了我国古代劳动人民在地基基础工程方面的高度水平。举世闻名的长城，蜿蜒万里，正是由于处理好了有关岩土问题，才能穿越各种地质条件的广阔地区，而被誉为亘古奇观；宏伟壮丽的宫殿寺院，正是由于依靠精心设计建造的地基基础，才能逾千百年而留存至今；遍布各地的巍巍高塔，也正是由于奠基牢固，方可历经多次强震强风的考验而安然无恙。下面主要按文献记载，略举我国古代地基基础的点滴做法。

隋朝石工李春所修赵州石拱桥，不仅因其建筑和结构设计的成就而著称于世，就论其地基基础的处理也是颇为合理的。他把桥台砌置于密实粗砂层上，1300多年来估计沉降仅约几厘米。现在验算其基底压力为 $500\sim 600\text{kPa}$ ，这与以现代土力学理论方法给出的承载力值很接近。根据宋代古籍《梦溪笔谈》和《皇朝类苑》的记载，北宋初期著名木工喻皓（公元989年）在建造开封开宝寺木塔时，考虑到当地多西北风，便特意使建于饱和土上的塔身稍向西北倾斜，设想在风力的长期断续作用下可以渐趋复正。由此可见，古人在实践中早已试图解决建筑物地基的沉降问题了。

我国木桩基础的使用，由来已久。郑州的隋朝超化寺是在淤泥中打进木桩形成塔基的（《法苑珠林》第51卷）。杭州湾的五代大海塘工程也采用了木桩和石承台基础。在人工地基方面，秦代在修筑驰道时，就已采用了“稳以金堆”的路基压实方法，至今还采用的灰土垫层、石灰桩、瓦渣垫层、撼砂垫层等，都是我国自古已有的传统地基处理方法。此外，北宋李诫所著《营造法式》记载了古代地基基础的某些具体做法。

封建时代劳动人民的无数地基基础实践经验，集中体现于能工巧匠的高超技艺，但是，由于当时生产力发展水平的限制，还未能提炼成为系统的科学理论。

作为本学科理论基础的土力学的发端，始于18世纪兴起了工业革命的欧洲。那时，资本主义工业化的发展，工场手工业转变为近代大工业，建筑的规模扩大了。为了满足向国内外扩张市场的需要，陆上交通进入了所谓的“铁路时代”。因此，最初有关土力学的个别理论多与解决铁路路基问题有关。1773年，法国的C. A. 库仑(Coulomb)根据试验创立了著名的砂土抗剪强度公式，提出了计算挡土墙土压力的滑楔理论。90余年后，英国的W. J. M. 朗肯(Rankine, 1869)又从不同途径提出了挡土墙土压力理论。这对后来土体强度理论的发展起了很大的作用。此外，法国J. 布辛奈斯克(Boussinesq, 1885)求得了弹性半空间在竖向集中力作用下的应力和变形的理论解答，瑞典W. 费兰纽斯(Fellenius, 1922)为解决铁路塌方问题作出了土坡稳定分析法。这些古典的理论和方法，直到今天，仍不失其理论和实用的价值。

在长达一个多世纪的发展过程中，许多研究者承继前人的研究，总结了实践经验，为孕育土力学及地基基础学科的雏形而作出贡献。1925年，K. 太沙基(Terzaghi)归纳发展了以往的成就，发表了《土力学》(Erdbaumechanik)一书，接着，于1929年又与其他作者一起发表了《工程地质学》(Ingenieurgeologie)。这些比较系统、完整的科学著作的出现，带动了各国学者对土力学及地基基础学科各个方面的探索。从此，土力学及地基基础

就作为独立的科学而取得不断的进展。从 1936 年在美国召开第一届国际土力学与基础工程会议起,至 1989 年,共计召开了 12 次国际会议。其间,世界各地以及包括新中国在内的许多国家也都开展了类似的活动,交流和总结了本学科新的研究成果和实践经验。

从 20 世纪 50 年代起,现代科技成就尤其是电子技术渗入了土力学及基础工程的研究领域。在实现实验测试技术自动化、现代化的同时,人们对土的基本性质又有了更进一步的认识。土力学理论和基础工程技术也取得了令人瞩目的进展。因此,有人认为,1957 年召开的第四届国际土力学与基础工程会议标志着一个新时期的开始。这个时期,年轻的中华人民共和国也以朝气蓬勃的姿态步入了国际土力学及基础工程科技交流发展的行列。从 1962 年开始的全国土力学及基础工程学术讨论会的定期召开,已成为土力学及地基基础学科迅速进展的里程碑。

时至今日,在土建、水利、桥梁、隧道、道路、港口、海洋等有关工程中,以岩土体的利用、改造与整治问题为研究对象的科技领域,因其区别于结构工程的特殊性和各专业岩土问题的共同性,已融合为一个自成体系的新专业——岩土工程(*Geotechnical Engineering*)。它的工作方法就是:调查勘察、试验测定、分析计算、方案论证、监测控制、反演分析、修改定案。它的研究方法是以三种相辅相成的基本手段,即数学模拟(建立岩土本构模型进行数值分析)、物理模拟(定性的模型试验,以离心机中的模型进行定量测试和其他物理模拟试验)和原体观测(对工程实体或建筑物的性状进行短期或长期观测)综合而成的。我国的地基与基础科学技术,作为岩土工程的一个重要组成部分,将继续遵循现代岩土工程的工作方法 and 研究方法进行发展。

1.2 地基与基础课程的特点和学习要求

1.2.1 地基与基础课程的特点

1. 研究对象的复杂多变性

如前所述,土力学是以土为研究对象的。土不同于一般固体材料,它是由土颗粒、水和气体组成,土颗粒构成土的骨架,土中孔隙由气体和水填充,所以称土体为三相体系。土体的强度一般比土粒强度小得多,这就决定了土的松散性。土的成因类型和空间分布情况构成了土的多样性。与连续介质比较,土体更具复杂性,而且受外界环境影响较大,诸如在温度、湿度、压力、水流、振动等环境影响下,其性质会有显著变化。现有的土力学理论还很难准确地模拟天然土层在荷载作用下所显现出来的力学性能。土的上述特点使构成土力学的研究规律具有复杂性。所以,土力学虽是指导人们进行地基基础设计的重要理论依据,但还应通过实验、实测并根据实践经验进行综合分析,才能获得比较满意的结果。只有通过这种理论与实践的反复比较,才能逐步提高对理论的认识,从而不断增强解决地基基础问题的能力。

2. 研究内容的广泛性

土力学与地基基础是一门理论性与实践性均较强的技术基础课,它是联系基础课和专业课的桥梁。它以多种课程为先修课程,如物理、化学、理论力学、材料力学、结构力学、建筑材料、弹性理论、水力学、工程地质、钢筋混凝土及砖石结构等。它的后续课

程是土木工程各相关专业的专业课,如房屋建筑学、钢结构、建筑施工技术、建筑抗震等。

本课程内容广泛、综合性强,学习时应抓住重点,兼顾全面。从专业要求出发,必须牢固掌握土的应力、变形、强度和地基计算等土力学的基本概念和原理,从而应用这些概念和原理并结合建筑结构设计和施工知识,分析和计算地基基础问题。

本课程内容的广泛性还体现在土力学学科应用的广泛上,土木建筑、道路桥梁、交通运输、冶金、能源、国防等,凡是有关土木工程的行业,建筑物都需建在地基上,从事这些行业的设计和施工人员都需具备坚实的土力学基础知识。

3. 研究方法的特殊性

土力学的研究方法同其他学科一样,具有共同性,但是也有自己的特殊性,表现为以下几点。

(1) 对于土的有关知识从感性阶段过渡到理性阶段,人们往往把实际的、复杂的土加以简化。在相应研究的问题中,忽略土的繁杂而次要的现象,抓住其突出而主要的性能,并且对这种主要性能又给以一定的假设,使其符合于当时解决该问题所达到的科学水平。这样,原来的土就被某种比较简单的理想的模型所代替。但是,任何简化模型的假设都必须以比较丰富而且正确的经验和感性知识为依据,必须对土的自然性质具有比较清楚的概念。到目前为止,土力学还是一个非常年轻的学科,对于同一问题的研究常常出现不同的模型假设和相应的各种理论方法,它们的解答结果往往相差很大。

(2) 土力学理论通常都应用一些土的物理力学指标和参数,确定这些指标和参数的数值对于理论解答的影响往往大于理论本身的精确性。因此,必须对这些指标和参数的概念有正确的理解,使所采用的试验方法和仪器都符合于这些正确概念的要求。同时,还要弄清这些指标和参数被视为常数时所需的条件和范围,超出这个范围,就应当按因果关系考虑它们的变化。

(3) 土力学中的公式和方法绝大部分都是半理论半经验性的混合产物,纯理论和纯经验的方法是不多的。而我国土地辽阔,幅员广大,由于自然地理环境的不同,分布着多种不同的土类,如软弱土、湿陷性黄土、膨胀土、多年冻土和红粘土等。天然地层的性质和分布不仅因地而异,即使在较小的范围内,也可能有很大的变化,因此不能像其他建筑材料一样,有统一的规格可供查阅。每一建筑场地都必须进行地基勘察,采取原状试样进行土工测试,以其试验结果作为地基基础设计的依据。在学习本课程时,要紧紧抓住其研究对象的复杂多变特点,根据不同地区、不同地点土的特点,合理选用勘察和室内试验乃至原位测试方法,正确选用有关指标和参数,不断完善理论公式,既重视所运用的基础理论,更要重视土力学与地基基础的实践,做到理论和实践相结合才是学好本课程的关键。

1.2.2 地基与基础课程的学习要求

地基与基础的学习包括理论、试验和经验。

理论学习:掌握理论公式的意义和应用条件,明确理论的假定条件,掌握理论的适用范围。

试验:了解土的物理性质和力学性质的基本手段,重点掌握基本的土工试验技术,尽可能多动手操作,从实践中获取知识,积累经验。

经验：在工程应用中是必不可少的，工程技术人员要不断从实践中总结经验，以便能切合实际地解决工程实际问题。



特别提示

- 基础工程为隐蔽工程，施工难度大，造价高，工期长，失事难以处理，应慎重处理。

小 结

(1) 土是各类岩石经长期地质应力作用风化后的产物，是由各种岩石碎块和矿物颗粒组成的松散集合体。

(2) 地基就是承担建筑物荷载的土体或岩体，与地基接触的建筑物下部结构称为基础。基础一般埋在地面以下，起着承上启下传递荷载的作用。

习 题

一、填空题

1. 一般建筑物由_____和_____两部分组成。
2. _____和_____都提出了挡土墙土压力理论。

二、简答题

1. 什么是土、地基、基础？
2. 基础的作用是什么？

第2章

地基土的物理性质及分类

【学习目标】

掌握土的物理性质指标(三相指标和判别土的物理特征指标)的定义、测定、换算和应用,熟悉地基土的工程分类方法;理解粒径级配对无粘性土性质的影响;理解粘土矿物、水和离子的相互作用。

【学习要求】

能力目标	知识要点	相关知识	权重
理解土的粒径级配	土的粒径级配;土的组成	粒径级配对无粘性土性质的影响;粘土矿物、水和离子的相互作用	0.3
掌握如何判断土的物理状态	土的物理性质指标、物理状态	土的密度、含水率、干密度等指标;无粘性土密实度、粘性土的稠度与可塑性等	0.5
熟悉土的划分	地基土的工程分类	岩石、碎石土、砂土、粉土、粘性土和人工填土的特性	0.2



引例 2-1

土在我们生活中随处可见,可是你真正了解土吗?①土壤中有空气吗?②土壤中有水吗?③土壤中有有机物吗?④土壤中有无机盐吗?⑤岩石是怎样转化成土的?⑥土有强度吗?其大小是怎样区分的?我们学完这一章就能找到答案。



引例 2-2

学习和研究土的物理性质和状态,是为了了解土的强度,是为了研究地基土的强度及其承载力。例如:轻、松、湿、软的土地基承载力低;反之高。明确土的固体颗粒构成土的骨架,它是决定土的物理力学性质的重要因素。大小、形状、矿物成分及组成情况是决定土的物理力学性质的重要因素。

2.1 土的组成

土是坚硬岩石经过破坏、搬运和沉积等一系列作用和变化后形成的,它是第四纪以来地壳表层最新的、未胶结成岩的松散堆积物。土是由固体颗粒以及颗粒间孔隙中的水和气体组成的,是一个多相、分散、多孔的系统,一般为三相体系,即固态相、液态相与气态相,有时是二相的(干燥或饱水)。三相组成物质中,固体部分(土颗粒)一般由矿物质组成,有时含有有机质(腐殖质及动物残骸等),其构成土的骨架主体,是最稳定、变化最小的部分。液体部分实际上是化学溶液而不是纯水。三相之间的相互作用,固体相一般居主导地位,而且还不同程度地限制水和气体的作用,如不同大小土粒与水相互作用,水可呈不同类型。从本质上讲,土的工程地质特性主要取决于组成的土粒大小和矿物类型,即土的颗粒级配与矿物成分,水和气体一般是通过其起作用的。当然,土中液体相部分对土的性质影响也较大,尤其是细粒土,土粒与水相互作用可形成一系列特殊的物理性质。



知识链接

在强烈地震作用下,土的结构被破坏。尤其是处于地下水位以下的砂土,其性质可能发生明显的变化,致使它的表现具有类似液体的特征,这种现象,人们称为砂土液化灾害现象。砂土液化灾害直接影响城镇建设的迅速发展,是我们进行地震安全性评价、抗震设防、震害预测等工作的重要的环节。从我国唐山地震、台湾花莲地震、日本新潟地震(见图 2.1),土耳其地震等近几十年来所发生的灾害性地震来看,砂土液化给人类带来的灾害是极为广泛的。



图 2.1 1964 日本新潟 7.5 级地震

2.1.1 土的颗粒级配

1. 粒组的划分

自然界中土的颗粒大小十分不均匀,性质各异。土颗粒大小,通常以其直径大小表

示，简称粒径，单位为 mm。土粒并非理想的球体，通常为椭球状、针片状、棱角状等不规则形状，因此粒径只是一个相对的、近似的概念，应理解为土粒的等效粒径。土粒大小变化范围极大，大者可达数千毫米以上，小者可小于万分之一毫米，随着粒径的变化，土粒的成分和性质也逐渐发生变化。

自然界中土一般都是由大小不等的土粒混合而组成的，也就是不同大小的土颗粒按不同的比例搭配关系构成某一类土，比例搭配(级配)不一样，土的性质也不一样，因此，研究土的颗粒大小组合情况，也是研究土的工程性质一个很重要的方面。所谓土的颗粒大小组合情况在工程上就是按土颗粒(粒径)大小分组，称为粒组。每个粒组都以土粒直径的两个数值作为其上下限，并给以适当的名称，简言之，粒组就是一定的粒径区段，以毫米表示。从土的工程性质角度出发，粒组的划分一般应考虑三个原则：其一，符合粒径变化所引起的质的变化规律，即每个粒组的成分与性质无质的变化，具有相同或相似的成分与性质；其二，与粒组的分析技术条件相适应，即不同大小的土粒可采用不同的适用方法进行分析；其三，粒组界限值力求服从简单的数学规律，以便于记忆与分析，即各粒组界限值是 200、20、2、 $\frac{1.5(1)}{20}$ 、 $\frac{1}{200}$ mm，这三个原则中，第一个原则是最重要的，目前我国应用较广的粒组划分方案如表 2-1 所示。

表 2-1 土的粒组划分方案

粒组统称	粒组名称		粒径 d 范围/mm	分析方法	主要特征
巨粒	漂石(块石)粒		$d>200$	直接测定	透水性很大，压缩性极小，颗粒间无粘结，无毛细性
	卵石(碎石)粒		$60<d\leq 200$	筛分法	
粗粒	砾粒	粗砾	$20<d\leq 60$		
		细砾	$2<d\leq 20$		
	砂粒	粗砂	$0.5<d\leq 2$		
		中砂	$0.25<d\leq 0.5$		
		细砂	$0.075<d\leq 0.25$		
细粒	粉粒		$0.005<d\leq 0.075$	静水沉降原理	透水性小，压缩性中等，毛细上升高度大，微粘性
粘粒		$d\leq 0.005$	透水性极弱，压缩性变化大，具粘性和可塑性		

粒组划分及详细程度各国并不一致，其中砂粒与粉粒界限有所不同，有 0.075、0.06 和 0.05mm 三种方案，但本质上差别不大；20 世纪 80 年代以前，我国以 0.05mm 作为砂粒与粉粒的界限值，与前苏联、东欧诸国一致，后经修订改为 0.075mm 作为砂粒与粉粒的界限值。粉粒与粘粒的界限值也有三种不同的值，即 0.005、0.002、0.001mm，土壤学中以 0.001mm 作为该两组的界限值。小于 0.002mm 土粒中很少有未风化矿物，以次生矿物为主；而在 0.002~0.005mm 土粒中，尚有未风化的原生矿物，所以以 0.002mm 粒径作为粘粒、粉粒两组界限值是有一定依据的，并为许多国家所采用。我国多年来采用 0.005mm 作为该两粒组的界限值，是根据在工程实际中总结了土的工程性质以及习惯，