



新世纪高职高专土建类系列教材

土力学与地基基础

TU LI XUE YU DI JI JI CHU

刘晓立 主编

(第二版)

邓庆阳 刘 润 副主编



科学出版社

新世纪高职高专土建类系列教材

土力学与地基基础

(第二版)

刘晓立 主 编

邓庆阳 刘 润 副主编



科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为《新世纪高职高专土建类系列教材》之一。针对高职高专的特点,本书在第一版的基础上,根据我国最新相关规范——《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2002),重新编写了相关内容,并针对高职高专土建类实践教学的要求,加强了“工程施工及质量检验”的相关内容。全书共12章,主要介绍了土的物理性质及分类,地基的应力、变形,土的抗剪强度,土压力及承载力,地基勘察等。

本书内容简明扼要、实用性强,便于自学。本书可作为高职高专土建类专业的教材,亦可供土建专业勘察、设计、施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础/刘晓立主编. —2版. —北京:科学出版社,2003
(新世纪高职高专土建类系列教材)

ISBN 7-03-011950-9

I. 土… II. 刘… III. ①土力学-高等学校:技术学校-教材②地基-基础(工程)-高等学校:技术学校-教材 N. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 068922 号

责任编辑:童安齐 沈 建/责任校对:包志虹
责任印制:刘士平 /封面设计:逯海勇 张 放

北京东直门北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

·印 制·印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2001年8月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2003年9月第 二 版 印张: 21 1/2

2004年9月第四次印刷 字数: 403 000

印数: 11 001—13 000

定价: 24.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

《新世纪高职高专土建类系列教材》

编 委 会

主任委员 沈养中

副主任委员 (以姓氏笔画为序)

王志军 邓庆阳 司马玉洲 李继业

李维安 董 平 童安齐

委 员 (以姓氏笔画为序)

王长永 王振武 石 静 史书阁

田云阁 付玉辉 刘正保 刘念华

李洪岐 李树枫 肖 翥 张力霆

张丽华 张献奇 陈守兰 孟胜国

郝延锦 郭玉起 袁雪峰

出版说明

当前,高职高专教育中土建类及其相关专业已成为各高职高专学校的主要专业之一,专业人数不断扩大,教学要求越来越高,以往出版的教材已难以满足教学需要。为了促进高职高专教学改革,加强高职高专教材建设,我们组织了《新世纪高职高专土建类系列教材》。与同类教材相比,本套教材有以下几个显著特点:

1. 针对性强,适合高职高专的培养目标;
2. 吸收了我国近10年来教学改革的阶段性成果,并以我国现行建筑行业的最新政策、法规为依据;
3. 内容更新,重点突出,注意整体的逻辑性、连贯性,具有适用性、实用性。

参加本套教材编写的主要单位有:邢台职业技术学院、河北工程技术高等专科学校、山东农业大学土木工程学院、华北矿业高等专科学校、华北航天工业学院、山西阳泉煤炭专科学校、南阳理工学院。

由于时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

《新世纪高职高专土建类
系列教材》编委会
2003年4月

第二版前言

本教材第一版于2001年8月出版。2002年2月国家发布了新的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002),并于2002年4月实施。为了使教材与国家现行标准一致,《新世纪高职高专土建类系列教材》编委会决定对本教材进行重新编写。

本教材第一版由原山西阳泉煤炭专科学校、华北航天工业学院、山东农业大学、河北工程技术高等专科学校、原华北矿业高等专科学校及邢台职业技术学院等单位编写,邓庆阳任主编。修订的主要内容有:重新编写了原教材中与新颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007-2002)不符的有关内容,并针对高职高专土建专业实践教学的要求,加强了“工程施工及质量检验”的相关内容。本版由华北航天工业学院刘晓立任主编。各章编写人员如下:邓庆阳(第一、八章)、刘晓立(第六、九、十章)、刘润(第三、五、十一章)、王芳(第二章)、冯秀玲(第四、七章)、贺新枝(第十二章)。

在本教材编写和修订过程中,曾得到天津大学、河北工业大学等单位有关同志的热情帮助和支持,在此一并致谢。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,希望使用本教材的师生和广大读者提出宝贵意见。

第一版前言

《土力学与地基基础》是《新世纪高职高专土建类系列教材》之一,主要内容包括土的物理性质与工程分类、地基土中应力、地基变形、土的抗剪强度和地基承载力、土压力及土坡稳定、地基的勘察、验槽与局部处理、浅基础设计、桩基础。全书采用了国家(部)最新规范、规程和标准,结合高职高专的特点,强调适用性和实用性。在编写过程中注重理论联系实际,以应用为重点,结合工程实例,做了深入浅出的说明,同时编入了较多的新技术和新方法。另外,由于我国地域辽阔、幅员广大、土质各异、地区性强,编写中为了照顾各地区特点,对软土地基、湿陷性黄土地基、膨胀土地基、冻土地基、山区地基以及人工地基也做了必要的介绍,授课时可结合本地区特点,因地制宜地取舍。本书按 76 学时编写。

参加本书编写的有阳泉煤炭专科学校邓庆阳(第一、二、八章)、华北航天工业学院刘晓立(第六、十章)、山东农业大学土木工程学院刘福臣(第九、十二章)、河北工程技术高等专科学校张力霆(第七、十一章)、华北矿业高等专科学校刘彭(第三、四章)、邢台职业技术学院田云阁(第五章)。

全书由太原理工大学梁仁旺教授主审,在编写过程中还得到了山西省建筑科学研究院宋大为高级工程师的大力支持,在此一并表示感谢。

由于我们的水平有限,教材中难免有不足之处,恳请读者批评指正。

目 录

出版说明

第二版前言

第一版前言

第一章 绪论	1
1.1 土力学与地基基础的概念	1
1.2 本课程的内容、特点和学习要求	2
1.3 本学科的发展简介	3
思考题	4
第二章 土的物理性质及工程分类	5
2.1 土的成因	5
2.2 土的组成、结构与构造	7
2.3 土的物理性质指标	12
2.4 基本指标的测定	17
2.5 无黏性土的密实度	19
2.6 黏性土的物理特性	22
2.7 土的渗透性	26
2.8 土的压实性	28
2.9 土的工程分类	31
思考题	35
习题	36
第三章 地基土中的应力计算	38
3.1 概述	38
3.2 自重应力	39
3.3 基底压力	44
3.4 地基土中的附加应力	47
思考题	63
习题	64
第四章 地基变形	65
4.1 土的压缩性	65
4.2 地基变形的类型	70
4.3 地基最终沉降量计算	73

4.4 地基沉降与时间的关系	80
4.5 建筑物沉降观测	85
思考题	86
习题	87
第五章 土的抗剪强度和地基承载力	88
5.1 土的抗剪强度	88
5.2 土的极限平衡条件	89
5.3 抗剪强度指标的确定	94
5.4 地基的临塑荷载和极限荷载	100
5.5 地基承载力的确定	107
思考题	111
习题	111
第六章 土压力及土坡稳定	114
6.1 土压力类型	114
6.2 朗肯土压力理论	115
6.3 库仑土压力理论	119
6.4 规范法推荐的土压力计算方法	125
6.5 特殊情况下的土压力计算方法	125
6.6 重力式挡土墙	130
6.7 板桩墙	139
6.8 土坡稳定分析	141
思考题	147
习题	147
第七章 地基勘察、验槽	150
7.1 岩土工程勘察阶段与勘察等级	150
7.2 地基勘察方法	152
7.3 地基勘察报告	160
7.4 验槽	163
思考题	165
习题	166
第八章 浅基础设计	167
8.1 概述	167
8.2 浅基础类型	168
8.3 基础埋置深度	173
8.4 基础底面积的确定	178
8.5 无筋扩展基础设计	185

8.6	墙下钢筋混凝土条形基础	188
8.7	柱下钢筋混凝土独立基础	192
8.8	柱下钢筋混凝土条形基础与交梁基础	206
8.9	筏形基础与箱形基础	215
8.10	减少不均匀沉降的一般措施	219
	思考题	221
	习题	222
第九章	桩基础	224
9.1	概述	224
9.2	桩的类型与特点	225
9.3	单桩竖向承载力	230
9.4	单桩竖向承载力计算	234
9.5	群桩承载力与变形	237
9.6	桩基础设计	243
9.7	桩基工程施工及质量检测	248
9.8	桩基工程验收	262
9.9	深基础简介	264
	思考题	267
	习题	268
第十章	区域性地基	269
10.1	软土地基	269
10.2	湿陷性黄土地基	274
10.3	季节性冻土地基	282
10.4	膨胀土地基	283
10.5	山区地基	289
	思考题	292
第十一章	软弱地基处理	293
11.1	概述	293
11.2	换土垫层法	297
11.3	石灰桩法	301
11.4	加载预压法和真空预压法	304
11.5	强夯法	307
11.6	挤密法	310
11.7	深层搅拌法	313
	思考题	316
	习题	316

第十二章 地基与基础质量事故分析	317
12.1 概述.....	317
12.2 地基和基础质量控制要点.....	317
12.3 常见地基和基础工程缺陷事故案例分析.....	320
思考题.....	328
参考文献	329

第一章 绪 论

土力学与地基基础是理论性和实践性都很强的一门学科,它涉及土力学、基础工程学、工程地质学以及结构设计与施工技术等方面的内容,知识面广而综合性强。为了帮助大家全面了解本课程的内容,本章分三个方面进行介绍,即土力学地基基础的概念,本课程的内容、特点和学习要求,本学科的发展简介。

1.1 土力学与地基基础的概念

1.1.1 地基基础的概念

地基与基础是两个不同的概念。基础是建筑物向地基传递荷载的下部承重结构,是建筑物的重要组成部分。它位于上部结构与地基之间,通常被埋置在地下,属于地下隐蔽工程。建筑物的全部荷载通过基础传到它下面的地层上,在地层中产生附加的应力和变形,再通过土粒之间的接触与传递,向四周土中扩散并逐渐减弱。我们把地层由于承受建筑物的荷载而产生的

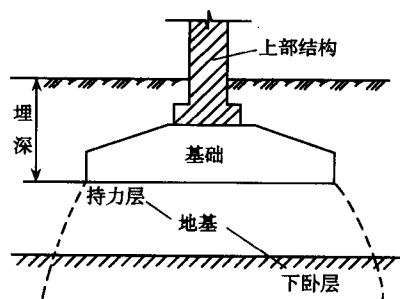


图 1.1 地基基础示意

的附加应力和变形所不能忽略的那部分土层(或岩层)称为地基(图 1.1)。所以从工程观点说,地基是有一定深度与范围的。同一地基上建造不同的建筑物,或同一建筑物建造在不同的地层上,它们的地基范围都是不同的。地基一般包括持力层与下卧层;基础以下的土层称为持力层;在地基范围内持力层以下的土层称为下卧层,如果有低于持力层强度的下卧层,则称为软弱下卧层。

建筑物在全部荷载作用下,对地基有两个基本要求:

- 1) 地基土不能被挤出,不致使建筑物倾倒,这是地基稳定问题。
- 2) 地基不能产生过大的变形,不致使建筑物的沉降超过正常使用要求的范围,这是地基变形的问题。

为了满足上述要求,从基础设计角度,通常将基础底面适当扩大,以满足地基承载力、变形和稳定性的要求。从地基设计角度,尽量选择承载力高、压缩性低的良

好地基;若受场地条件限制,遇到软弱地基,则需要考虑地基处理。经过人工处理而达到设计要求的地基称为人工地基。地基处理方法很多,将在第十一章详细介绍。对基础本身来说,要有足够的强度、刚度和耐久性。不言而喻,无论是基础还是地基,一旦发生事故,既无法事先警觉,也很难事后补救,因此设计中均要给予高度的重视,以保证它具有足够的可靠性。鉴于此,在设计地基基础前,要充分进行调查研究,掌握必要的设计资料。一方面,通过地面勘探和验槽查清地基土的类别及其分布情况,有无软土层、暗塘、古井、古墓与地下人防工程等异常部位,以及地下水高低及其对基础材料有无侵蚀作用;另一方面,弄清建筑物使用要求、荷载大小、有无振动设备及其振动频率与振幅大小等。根据这两方面情况,按照安全可靠、经济合理、技术先进和便于施工的原则,考虑上部结构与地基的共同作用,全面分析,权衡利弊,最后拟出地基基础的设计方案,做出正确的设计。

1.1.2 土力学的概念

土力学是研究土的应力、应变、强度和稳定性等力学问题的科学,是地基基础设计的理论依据。它的主要内容包括渗透理论、变形理论和强度理论。

土的渗透理论是揭示水在土中的渗流速度与水力坡度的关系,最主要的实际应用之一,就是计算建筑物沉降和时间的关系。

土的变形理论是揭示土中压力与孔隙比变化的关系。这对估计建筑的沉降具有重要意义。

土的强度理论是揭示土中正应力与土的抗剪强度的关系。这对验算建筑物地基的承载力和稳定性等问题,具有重要意义,也是计算作用在挡土墙上的土压力时所必须知道的关系。

1.2 本课程的内容、特点和学习要求

1.2.1 内容

《土力学与地基基础》是高等院校土建类专业的一门重要课程,全书共十二章,由三部分组成。除第一章绪论外,第二章为工程地质学、土质学与土力学三门学科的基础知识;第三、四、五、六章为土力学的专门课题;第七、八、九章为一般基础工程的勘察、设计和施工方面的内容;第十、十一章对软土、湿陷性黄土、季节性冻土、膨胀土、山区地基以及地基的人工处理做了概要的讲述;第十二章为案例,针对我国近20年来出现的地基基础事故做了典型分析。

1.2.2 特点

1) 本书编写采用了国家最新设计规范和试验标准,即《建筑地基基础设计规

范》(GB50007-2002)、《高层建筑箱形与筏形基础技术规范》(JGJ6-99)、《岩石工程勘察规范》(GB50021-2001)、《建筑桩基检测技术规范》(JGJ106-2003)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2002)、《土工试验方法标准》(GB/T 50123-1999)、《土工试验规程》(SL237-1999)。

2) 本书首次引入案例教学。案例反映了典型事故经验和教训,是活的教材,有助于在学习过程中,通过生动的事实,更好地掌握理论知识。案例放在最后一章,在教学中可穿插在有关章节中介绍。

3) 本教材是《新世纪高职高专土建类系列教材》之一,在编写中兼顾了各课程之间的先后衔接关系,对部分内容进行了整合,避免重复。

4) 本教材突出体现了适用性、实用性,对基础理论部分以讲清基本原理和基本概念为主,避免繁琐的公式推导;对基础工程部分重在体现对规范的学习掌握和运用规范进行工程设计能力的培养。为了帮助学生掌握,本教材设置了较多的例题,每章后附有一定的思考题和习题。

1.2.3 学习要求

本课程学习中应重点掌握地基土的物理性质及土力学的基本知识,能阅读和使用工程地质勘察资料,能结合建筑结构和施工技术等进行一般房屋的地基基础设计和施工,初步掌握地基的常用处理方法。

1.3 本学科的发展简介

地基基础工程技术远在我国史前就已应用于建筑工程中。新石器时代,人类在劳动中发明了简易工具,开始用土、石材料改善居住条件,创造了夯土技术,开始了土工技术和基础工程。

砖、石灰的发明促进了建筑业的发展,基础工程跨入了新的时代,这个时代延续了2500年。其中有两类基础最具代表性,一类是广泛用于民居的砖砌大放脚独立基础和条形基础,属于无筋扩展基础的范畴,至今仍广泛采用;另一类为砖台、木筏或木筏-木桩基础,用于宫殿、城楼等重大型建筑,著名的天安门、前门箭楼就位于这类基础之上,负荷达 500kN/m^2 ,历经500余年仍完好无损。现代高层建筑钢筋混凝土厚筏、厚筏-桩体系的设计思想基础实源于此。

18世纪下半叶开始了产业革命,手工施工机具为机械所代替,钢筋混凝土的出现,使基础工程发生了深刻变化。与此相应,材料力学、弹性力学等科学也有了较快的发展。由于工程的需要,土力学、地质学、基础施工逐渐形成新的学科。如1773年法国库仑创立了土的抗剪强度定律和库仑土压力理论;1857年英国朗肯提出朗肯土压力理论;1885年法国布辛奈斯克求得半无限弹性体在竖向集中力作用下的应力和变形的理论解;1922年瑞典费伦纽斯研究出土坡稳定分析法。这些经典的

理论与方法,至今仍在广泛应用,1925年美国土力学专家太沙基发表土力学专著,使土力学成为一门独立的学科。

建国 50 多年来,我国科技工作者在土力学与地基基础工程中进行了卓有成效的研究,其中特殊土研究的成就,在国际土力学和基础工程界占有重要的地位。高层建筑深基础工程与国际水平相当,有的处于领先水平。

目前土力学界所关注的尚未完全解决的问题之一是地基、基础和上部结构的共同作用,问题之二是深基坑开挖实践反映出来的土压力理论误差较大。这些都有待于我们运用现代设备和手段进行进一步的研究和完善。

思 考 题

- 1.1 何谓建筑物的地基?在地基基础设计中,对地基有哪两方面的要求?
- 1.2 何谓建筑物的基础?基础与地基有什么不同?
- 1.3 何谓土力学?土力学包括哪些主要内容?
- 1.4 本课程包括哪些内容?哪些章节属于技术基础课的范畴?哪些属于专业课范畴?

第二章 土的物理性质及工程分类

大多数建筑物都是直接建造在地基土上的,因此,土的物理性质及其工程分类,是进行土力学计算、地基基础设计和地基处理等必备的知识。本章主要介绍土的成因、土的组成、土的三相比比例指标、无黏性土的密实度、黏性土的物理特性以及土的工程分类。

2.1 土的成因

2.1.1 土的概念

工程上所称的土,通常是指地球岩石圈经风化形成的散粒堆积物,包括岩石经物理风化崩解而成的碎块以及经化学风化后形成的细粒物质,粗至巨砾,细至黏粒,统称为土。土虽然是岩石风化后的产物,但具有一种区别于岩石的特性——散粒性。正是由于土的这一基本特性,决定了土与其他工程材料相比具有压缩性大、强度低、渗透性大的特点。

2.1.2 土的成因

土的形成要经历风化、剥蚀、搬运、沉积等作用过程。风化使岩石破碎,剥蚀将风化产物剥脱开来,通过不同的搬运方式将剥落物搬运和迁移,被搬运的物质在搬运过程中遇到不同的环境,从搬运的介质中分离而沉积下来。由于成土的过程错综复杂,形成了各种成因的土。根据地质成因的条件不同有以下几类土。

1. 残积土(图 2.1)

残积土是残留在原地未被搬运的那一部分岩石风化剥蚀后的碎屑堆积物,其成分与母岩相同,一般没有层理构造,均质性很差,孔隙度较大,作为建筑物地基容易引起不均匀沉降(图 2.1)。

2. 坡积土(图 2.2)

坡积土是高处的风化碎屑物在雨、雪水或本身的重力作用下搬运而成的山坡堆积物。它一般分布在坡腰或坡脚下,其上部与残积土相接。厚度变化较大,在斜坡陡处厚度较薄,坡脚处较厚。在坡积土上进行工程建设时要考虑坡积土本身的稳定性和施工开挖后边坡的稳定。另外,新近堆积的坡积土具有较高的压缩性。

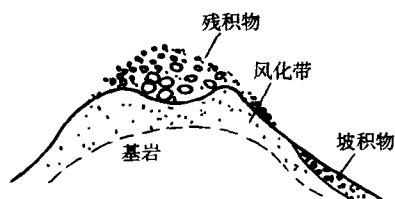


图 2.1 残积土

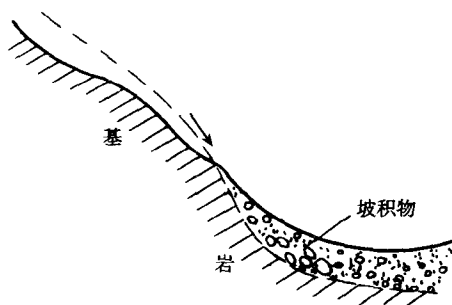


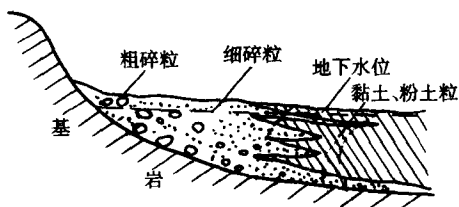
图 2.2 坡积土

3. 洪积土(图 2.3)

洪积土是指在山区或高地由暂时性水流(山洪急流)作用将大量的残积物、坡积物搬运堆积在山谷中或山前平原上的堆积物。洪积物质随近山到远山呈现由粗



(a) 洪积扇



(b) 洪积层剖面

图 2.3 洪积土

到细的分选作用,但由于每次洪流的搬运能力不同,使洪积土具有不规则交错层理。

4. 冲积土(图 2.4)

冲积土是由河流流水的地质作用,将两岸基岩及其上部覆盖的坡积、洪积物质剥蚀后搬运、沉积在河流坡降平缓地带形成的沉积物。颗粒在河流上游较粗,向下游逐渐变细,分选性和磨圆度均好,呈现明显的层理构造。

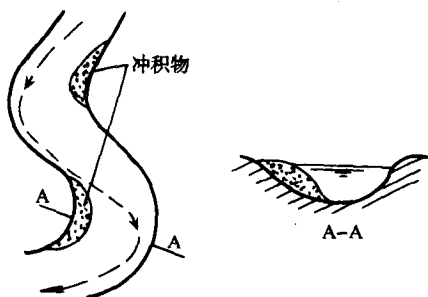


图 2.4 冲积土

除了以上 4 种土的成因类型外,还有湖泊堆积土、沼泽堆积土、滨海堆积土、冰川堆积土和风力堆积土等,这里不再一一介绍。

上述各种堆积或沉积土,一般是在第四纪(Q)地质年代内形成的,而建筑工程