

北大版·高职高专土建系列规划教材

全国高职高专土建 **立体化** 系列规划教材

土力学与地基基础

TULIXUE YU DIJI JICHU

主 编 叶火炎 龙立华



· 建筑施工 ·

- ◎ 参照我国现行的《建筑地基基础设计规范》及其他有关新规范、新规程和新标准编写
- ◎ 通过学习土力学与地基基础的基本理论和应用技能，初步具备开展地基基础设计、施工的能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国高职高专土建立体化系列规划教材

土力学与地基基础

主 编	叶火炎	龙立华		
副主编	王玉珏	孙其龙	黄百顺	余丹丹
	刘能胜	毛羽飞	董 伟	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书为全国高职高专土建立体化系列规划教材之一,全书内容共分10个项目单元,主要包括绪论、土的物理性质与土的工程分类、土的渗透性、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与挡土墙、天然地基上的浅基础设计、桩基础与其他深基础和地基处理。每单元之前有教学内容、教学要求、章节导读,每单元之后有项目小结和习题。

本书参照我国现行的《建筑地基基础设计规范》及其他有关新规范、新规程和新标准编写,内容精练,实用性强。通过对本书的学习,读者可以掌握土力学与地基基础的基本理论和应用技能,初步具备开展地基基础设计、施工的能力。

本书可作为高职高专院校建筑工程类相关专业的教材和指导书,也可供从事工程勘察、设计和施工人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础/叶火炎,龙立华主编. —北京:北京大学出版社,2014.1

(全国高职高专土建立体化系列规划教材)

ISBN 978-7-301-23675-8

I. ①土… II. ①叶… ②龙… III. ①土力学—高等职业教育—教材②地基—基础(工程)—高等职业教育—教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第320582号

书 名:土力学与地基基础

著作责任者:叶火炎 龙立华 主编

策 划 编 辑:赖 青 王红樱

责 任 编 辑:王红樱 伍大维

标 准 书 号:ISBN 978-7-301-23675-8/TU·0383

出 版 发 行: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> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电 子 信 箱: pup_6@163.com

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

印 刷 者:北京宏伟双华印刷有限公司

经 销 者:新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 16.5印张 378千字

2014年1月第1版 2014年1月第1次印刷

定 价:35.00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 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

北大版·高职高专土建系列规划教材

专家编审指导委员会

主 任：于世玮（山西建筑职业技术学院）

副 主 任：范文昭（山西建筑职业技术学院）

委 员：（按姓名拼音排序）

丁 胜（湖南城建职业技术学院）

郝 俊（内蒙古建筑职业技术学院）

胡六星（湖南城建职业技术学院）

李永光（内蒙古建筑职业技术学院）

马景善（浙江同济科技职业学院）

王秀花（内蒙古建筑职业技术学院）

王云江（浙江建设职业技术学院）

危道军（湖北城建职业技术学院）

吴承霞（河南建筑职业技术学院）

吴明军（四川建筑职业技术学院）

夏万爽（邢台职业技术学院）

徐锡权（日照职业技术学院）

杨甲奇（四川交通职业技术学院）

战启芳（石家庄铁路职业技术学院）

郑 伟（湖南城建职业技术学院）

朱吉顶（河南工业职业技术学院）

特邀顾问：何 辉（浙江建设职业技术学院）

姚谨英（四川绵阳水电学校）

北大版·高职高专土建系列规划教材

专家编审指导委员会专业分委会

建筑工程技术专业分委会

主 任: 吴承霞 吴明军
副主任: 郝 俊 徐锡权 马景善 战启芳 郑 伟
委 员: (按姓名拼音排序)
白丽红 陈东佐 邓庆阳 范优铭 李 伟
刘晓平 鲁有柱 孟胜国 石立安 王美芬
王渊辉 肖明和 叶海青 叶 腾 叶 雯
于全发 曾庆军 张 敏 张 勇 赵华玮
郑仁贵 钟汉华 朱永祥

工程管理专业分委会

主 任: 危道军
副主任: 胡六星 李永光 杨甲奇
委 员: (按姓名拼音排序)
冯 钢 冯松山 姜新春 赖先志 李柏林
李洪军 刘志麟 林滨滨 时 思 斯 庆
宋 健 孙 刚 唐茂华 韦盛泉 吴孟红
辛艳红 鄢维峰 杨庆丰 余景良 赵建军
钟振宇 周业梅

建筑设计专业分委会

主 任: 丁 胜
副主任: 夏万爽 朱吉顶
委 员: (按姓名拼音排序)
戴碧锋 宋劲军 脱忠伟 王 蕾
肖伦斌 余 辉 张 峰 赵志文

市政工程专业分委会

主 任: 王秀花
副主任: 王云江
委 员: (按姓名拼音排序)
俞金贵 胡红英 来丽芳 刘 江 刘水林
刘 雨 刘宗波 杨仲元 张晓战

前 言

本书为北京大学出版社“全国高职高专土建立体化系列规划教材”之一，根据教育部制定的高职高专基础工程技术专业的基本要求，为适应 21 世纪职业技术教育发展需要，培养专业技术应用型人才，编者结合实际工程中专业的最新动态编写了本书。

本书主要包括：绪论、土的物理性质与土的工程分类、土的渗透性、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与挡土墙、天然地基上的浅基础设计、桩基础与其他深基础、地基处理等内容。

本书内容可按照 51~90 学时安排，推荐学时分配：绪论 1 课时；项目 1，2~6 学时；项目 2，6~10 学时；项目 3，8~14 学时；项目 4，8~12 学时；项目 5，8~12 学时；项目 6，4~8 学时；项目 7，6~10 学时；项目 8，4~10 学时；项目 9，4~8 学时。教师可根据不同的使用专业灵活安排学时，课堂重点讲解每单元主要知识模块。

本书由叶火炎、龙立华担任主编，王玉珏、孙其龙、黄百顺、余丹丹、刘能胜、毛羽飞、董伟担任副主编。黄河水利职业技术学院孙其龙编写项目 1；安徽水利水电职业技术学院黄百顺编写项目 2 和项目 3；湖北水利水电职业技术学院叶火炎编写项目 4 和项目 6；黄河水利职业技术学院王玉珏编写项目 5、项目 7 中的 7.3~7.6 节，湖北水利水电职业技术学院龙立华编写绪论、项目 7 中的 7.1、7.2 节和项目 9；湖北水利水电职业技术学院余丹丹编写项目 8。湖北水利水电职业技术学院刘能胜、毛羽飞、董伟也分别参与了本书项目 1、项目 7、项目 9 的编写工作。在此一并表示感谢！全书由叶火炎、龙立华统稿。

本书在编写过程中，参考了相关资料及已出版的相关教材，在此谨向原书作者表示衷心感谢！

由于编者水平有限，本书难免存在不足和疏漏之处，敬请各位读者批评指正。

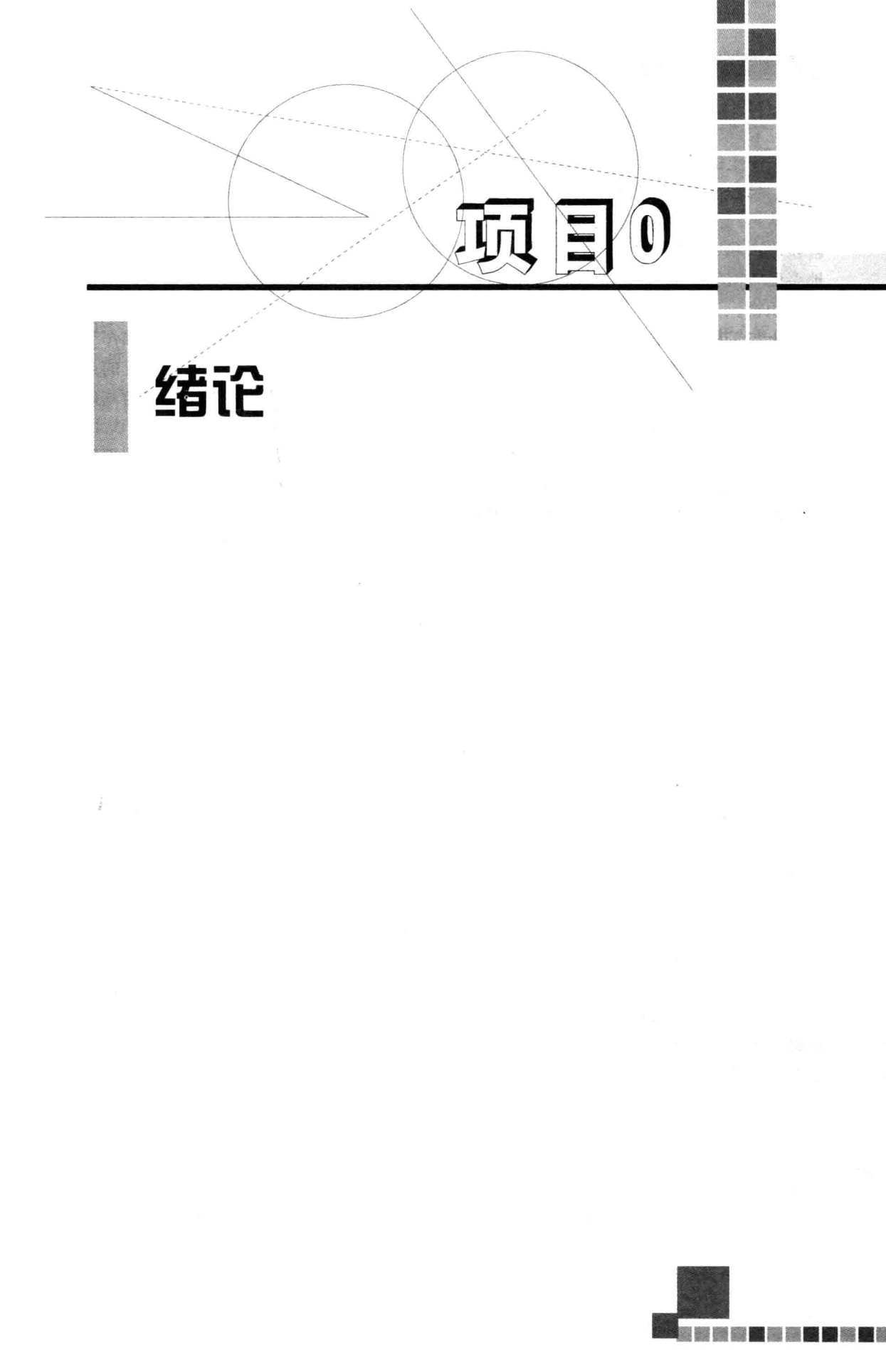
编 者

2013 年 11 月

目 录

项目 0 绪论	1	项目 5 土的抗剪强度与地基承载力 ...	91
项目 1 土的物理性质与土的 工程分类	5	5.1 土的抗剪强度与极限平衡条件 ...	92
1.1 土的成因	6	5.2 土的抗剪强度指标的测定方法 ...	98
1.2 土的组成	8	5.3 地基承载力	106
1.3 土的结构构造	12	项目小结	120
1.4 土的物理性质指标	15	习题	121
1.5 土的物理状态指标	19	项目 6 土压力与挡土墙	123
1.6 土的压实性	23	6.1 挡土墙上的土压力	124
1.7 土的工程分类	26	6.2 朗肯土压力理论	126
项目小结	30	6.3 库伦土压力理论	131
习题	30	6.4 挡土墙设计	138
项目 2 土的渗透性	32	6.5 土坡和地基稳定性	143
2.1 达西定律及其适用范围	33	项目小结	147
2.2 渗透力与渗透变形	40	习题	148
项目小结	44	项目 7 天然地基上的浅基础设计	150
习题	45	7.1 概述	151
项目 3 土中应力计算	46	7.2 基础类型及基础方案选用	154
3.1 土中自重应力	47	7.3 基础埋置深度的选择	158
3.2 基底压力	49	7.4 基础底面尺寸确定	164
3.3 地基中的附加应力	51	7.5 基础结构设计	169
项目小结	62	7.6 控制地基不均匀沉降的措施	187
习题	63	项目小结	191
项目 4 地基变形计算	65	习题	192
4.1 土的压缩性	66	项目 8 桩基础与其他深基础	194
4.2 地基最终沉降量计算	73	8.1 概述	195
4.3 地基沉降与时间的关系	84	8.2 桩的分类	196
项目小结	88	8.3 桩的承载力	202
习题	89	8.4 桩基础设计	207
		8.5 其他深基础简介	218
		项目小结	221

习题	222	9.3 特殊土地基处理	241
项目 9 地基处理	223	项目小结	248
9.1 复合地基	224	习题	248
9.2 软弱土地基处理	228	参考文献	250



项目0

绪论

1. 土的定义与作用

关于土的定义,最常见的是从成因角度,认为土是地壳表层的岩石在风化作用后,经搬运、堆积而成的自然历史产物。用一句话概括,就是说土是岩石风化的产物。

从不同的观察角度出发,可对其作出不同的定义。从物质组成角度认为,土是由固体颗粒、水和气体组成的一种三相体。从分布位置和结构、变形性状角度认为,土是覆盖于地壳最表面的一种松散的或松软的颗粒状堆积物。从形成的历史时期角度认为,土是第四纪沉积物。

土与工程建设的关系非常密切。土由于就地取材而广泛用作建筑材料,例如作为土石坝的坝身材料、作为混凝土的组成材料,作为地下输水管道周围填土;而更常见的是土作为地基存在,承受了上部建筑物的荷载。建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础。地基基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

基础根据埋置深度与施工方法的不同,可分为浅基础和深基础。通常把基础埋置深度不大(小于或相当于基础底面宽度,一般认为小于 5m),只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础,称为浅基础;对于浅层土质不良,需要利用深处良好地基,采用专门的施工方法和机具建造的基础,称为深基础。

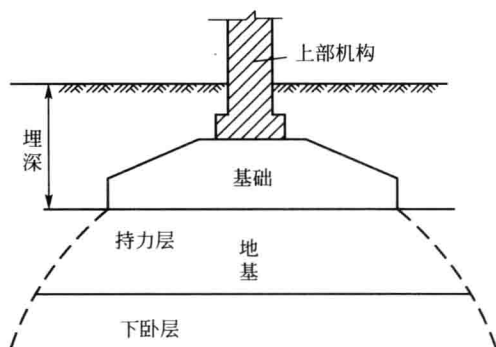


图 0.1 地基与基础示意图

地基根据是否需要人工加固处理,可分为天然地基与人工地基。不需经过人工加固处理就可以满足设计要求的地基,称为天然地基;而地基软弱,需要经过人工加固处理后才能满足设计要求的地基,称为人工地基。对于成层土地基而言,地基包括持力层与下卧层。持力层是指基础底面以下的第一层土;持力层以下的各土层,称为下卧层;强度低于持力层的下卧层,称为软弱下卧层(图 0.1)。

工程建设中作为地基和建筑材料的土的问题若处理不当,将带来生命财产的巨大损失。印度的纳纳克萨加坝为一高 15.9m 的土坝,1967 年 9 月 7 日,由于坝基发生管涌,使坝体决口冲毁,造成 32 个村庄的人民流离失所,损失惨重。

美国的圣·弗兰西斯拱形重力坝,由于坝基砾岩为粘土质胶结并含有石膏夹层,被渗透水流浸湿、软化、溶解,导致坝体沉陷、开裂、滑移崩溃,伤亡 400 多人。再有,从 1882 年—1914 年历时 32 年凿成的巴拿马运河,耗资 4 亿多美元,建成后第二年在分水岭地段发生了大规模岩崩,堵塞了运河。处理此事故又用了 5 年的时间,加挖了 5400 万 m^3 土石方,相当于此段开挖总量的 40% 以上。仅停航 5 年,损失就达 10 亿美元。

上海展览中心馆(图 0.2)位于上海市区延安中路北侧。展览馆中央大厅为框架结构,箱形基础,展览馆两翼采用条形基础。地基为高压缩性淤泥质软土。展览馆于 1954 年 5 月开工,当年年底实测地基平均沉降量为 60cm。1957 年 6 月,中央大厅四周的沉降量最大达 146.55cm,最小为 122.8cm。当时,在仔细观察展览馆内严重的裂缝情况,分析沉降观测资料并研究展览馆勘察报告和设计图纸后,作出展览馆将裂缝修补后可以继续使用的结论。至 1979 年 9 月,展览馆中央大厅累计平均沉降量为 160cm。从 1957 年—1979 年

共 22 年的沉降量仅 20 多 cm, 不及 1954 年下半年沉降量的一半, 说明沉降已趋向稳定, 展览馆开放使用情况良好。但由于地基严重下沉, 不仅使散水倒坡, 而且建筑物内外网之间的水、暖、电管道断裂和重新连接, 都需付出相当的代价。

大量的事故充分表明, 对基础工程必需慎重对待。只有深入了解地基情况, 充分掌握工程地质勘察资料, 精心组织设计与施工, 才能使基础工程做到既经济合理, 又能保证质量。



图 0.2 上海展览中心馆

2. 本学科的发展概况

土力学与地基基础既是一项古老的工程技术, 又是一门年轻的应用科学。由于生产的发展和生活上的需要, 人类很早就已经创造了自己的地基基础工艺。如我国的都江堰水利工程、举世闻名的万里长城、隋朝南北大运河、赵州石拱桥以及许许多多遍及全国各地宏伟壮丽的宫殿寺院、高塔亭台等, 都是由于奠基牢固, 即使经历了无数次强震、强风而巍然屹立。几千年前, 采用石料修筑基础、木材做成桩基础、石灰拌土夯成垫层或浅基础、砂土水撼加密、填土击实等修筑地基基础的传统方法, 目前在某些范围内还在应用。我国劳动人民在工程实践中积累了丰富的土力学与基础工程的知识, 只是由于当时生产力发展水平的限制, 未能提炼成为系统的科学理论。

18 世纪工业革命以后, 大规模的城市建设和水利、铁路的兴建面临着许多与土有关的问题, 从而促进了土力学理论的产生和发展。1773 年法国学者库仑(Coulomb)提出了砂土的抗剪强度公式和挡土墙上土压力的滑楔理论; 1856 年法国工程师达西(Darcy)提出了地下水运动的基本规律——达西定律; 1867 年捷克工程师文克勒(Winkler)提出的地基计算模型; 1922 年瑞典工程师费尔纽斯(Fellenius)提出的土坡稳定分析方法等。这些古典的理论和方法为土力学的建立奠定了基础。然而, 作为一个完整的工程学科的建立, 则以美国学者太沙基(Terzaghi)1925 年发表的第一本比较系统完整的著作《土力学》为标志, 从此土力学与基础工程就作为独立的学科而取得不断的发展。

新中国的成立, 为解放我国生产力和促进我国科学技术的发展开辟了一条广阔的道路, 也使土力学与基础工程学科得到了迅速的发展。解放后, 我国在工程建筑中成功地处理了许多大型和复杂的基础工程问题。例如, 利用电化学加固处理的中国历史博物馆地基, 解决了施工期短、质量要求高的困难; 特别是在万里长江上建成的多座长江大桥及其他一些巨大的工程中, 采用管桩基础、气筒浮运沉井基础等, 成功地解决了水深流急、地质条件复杂的基础工程问题, 也为土力学与基础工程的理论和实践积累了丰富的经验。

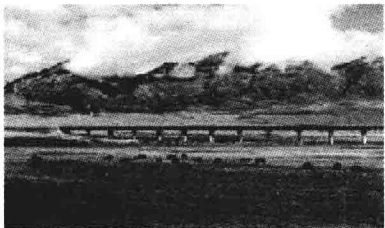


图 0.3 青藏铁路

改革开放以来, 我国开展了大规模的现代化建设, 深圳、广州、厦门、上海浦东、天津滨海新区等, 数以万计的高层建筑, 三峡水利枢纽工程, 南水北调工程, 青藏铁路(图 0.3), 全国各地的高速公路与高速铁路等的成功实践, 有效地促进了我国在工程地质勘察、室内与现场土工试验、地基处理、新设备、新材料、新工艺的研究和应用方面, 取得了很大的进展。随着电子技术与各种数值计算方法对各学科的逐步渗透,

土力学与基础工程各个领域都发生了深刻的变化,许多复杂的工程问题相应得到了解决,试验技术也日益提高。在大量理论与实践经验积累的基础上,有关基础工程的各种设计与施工规范或规程相应问世并日臻完善。我们相信,随着我国现代化建设的不断向前推进,对基础工程要求的不断提高,我国土力学与基础工程学科也必将得到新的更大的发展。

3. 本课程的特点与学习要求

本书主要包括:结论土的物理性质与工程分类、土的渗透性、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与挡土墙、天然地基上的浅基础设计、桩基础与其他深基础和地基处理。

本课程是一门工程学科,包括土力学与基础工程两部分,是建筑工程技术、道路桥梁工程技术、水利水电建筑工程与基础工程技术等专业的一门主干课程。它涉及工程地质学、岩土工程勘察、建筑结构与施工技术等多个学科领域,内容广泛,综合性、理论性和实践性强,学习时应该突出重点,兼顾全面。

通过本课程的学习,应重点掌握主要土工试验的基本原理和操作技能;掌握一般建筑物地基基础设计中有关土力学内容的设计计算方法,如地基承载力、地基变形、土坡稳定和挡土墙上的土压力计算等;了解地基勘察工作的内容;能阅读和正确理解地质勘察报告;能进行一般建筑物地基基础的设计。

地基基础工程几乎找不到完全相同的实例,在处理地基基础工程问题时,必须运用本课程的基本原理,深入调查研究,针对不同情况进行具体分析,注重理论联系实际,提高分析问题和解决问题的能力。

项目1

土的物理性质与土的工程分类

教学内容

本章将介绍土的成因、土的组成与结构、土的物理性质指标、土的物理状态指标、土的压实性以及土的工程分类。要求理解土的成因及各类土的特性，掌握土的压实性以及土的工程分类，熟练掌握反映土的三相组成比例和状态的各指标的定义、试验或计算方法。

教学要求

知识要点	能力要求	权重
土的成因	理解土的成因	10%
土的组成与结构	掌握土的三相组成，理解土的结构构造	20%
土的物理性质指标	熟练掌握土的物理性质指标包括实测指标和换算指标	20%
土的物理状态指标	掌握土的物理状态指标(无黏性土、黏性土)	20%
土的压实性	掌握土的压实性性能，理解其影响因素，了解击实试验	20%
土的工程分类	掌握土的工程分类方法	10%



章节导读

土是岩石经风化的产物,是由各种大小不同的土颗粒按一定比例组成的松散集合体。土的成因不同、三相组成的比例不同、结构不同,土的工程性质也不相同。在进行土力学计算及处理地基基础问题时,不仅要知道各类土的特性,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、试验或计算方法,以及填土的压实性和土的工程分类。

1.1 土的成因

土在地表分布广泛,成因类型也很复杂,不同成因类型的沉积物各具有一定的分布规律、地形形态及工程性质。按成因类型的不同,第四纪沉积物分为以下几种。

1. 残积物

岩石风化后形成的碎屑物一部分被风和降水搬运带走,一部分未被搬运而保留在原地,保留在原地的碎屑物,称为残积物或残积土,如图 1.1 所示。

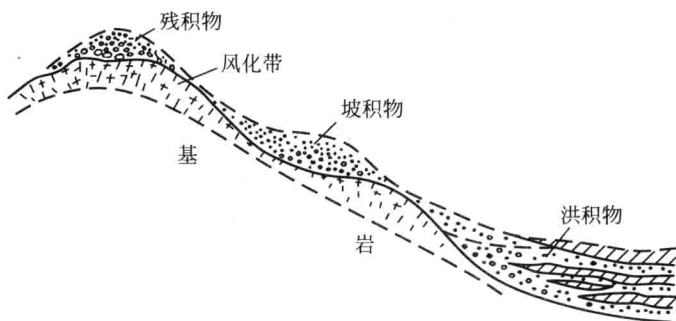


图 1.1 岩石风化作用的产物

残积物的特征是颗粒表面粗糙、多棱角、粗细不均、无层理,分布受地形控制,在山丘顶部残积土厚度较薄,低洼处较厚。土的颗粒较粗呈棱角状,土质不均,具有较大空隙,作为建筑物地基易产生不均匀沉降,在残积土上建造建筑物,如果其厚度较小,可以把这部分土清除。

2. 坡积物

由于雨、雪、水流的作用将高处岩石风化以后形成的碎屑物缓慢地洗刷、剥蚀,沿着斜坡冲刷移动,沉积在较平缓的斜坡上或坡脚处所形成的沉积物,称坡积物或坡积土。

坡积物随斜坡自上而下逐渐变缓,呈现由粗而细的分选现象,其矿物成分与下卧基岩没有直接的关系,层理不明显,厚度变化较大,容易发生滑动。在坡积物上进行工程建设时,要特别注意坡积物本身的稳定性和施工开挖后边坡的稳定性以及地基的不均匀沉降问题。

3. 洪积物

由暴雨或大量融雪水将山区或高地上的大量碎屑物沿冲沟搬运到山谷出口处或山前平

原堆积而成的沉积物，称洪积物或洪积土。

由于山洪流出沟谷后，流速骤减，洪积物也呈现由粗而细的分选现象，呈不规则交替层理结构。一般离山前较近的洪积物是较好的地基。离山前较远的地段，洪积物的颗粒较细，土质均匀，厚度较大，地下水埋藏较深，也是较好的地基。但中间过渡地段，常因地下水溢出地表而造成沼泽地带，土质软弱，承载力低，是不良的地质条件。

4. 冲积物

河流两岸基岩和上部覆盖物，被河流流水侵蚀后，经搬运、沉积于河道坡度较平缓的地区而形成的沉积物，称为冲积物或冲积土。冲积土是一种在水的搬运、沉积作用下形成的土体，水流量大时携带粗粒沉积，流量小时，只携带一些细粒物沉积。有明显的层理构造，土颗粒上游较粗，下游较细，分选性和磨圆度较好。在这类土上建筑，要细心检查建筑场地的软弱层，因为这些软弱层会引起建筑物地基的过量沉降。

5. 其他冲积物

除了上述几种成因类型的沉积物外，还有海洋沉积物、沼泽沉积物、湖泊沉积物、冰川沉积物和风积物等。

1) 海洋沉积物

海洋按海水深度及海底地形划分为滨海区、浅海区、陆坡区和深海区。

滨海沉积物主要由卵石、圆砾和砂等粗碎屑物质组成(可能有粘性土夹层)，具有基本水平或缓倾斜的层理构造，在砂层中常有波浪作用留下的痕迹。作为建筑物的地基，其强度较高，但透水性较大。

浅海沉积物主要有细颗粒砂土、粘性土、淤泥和生物化学沉积物(硅质和石灰质等)。离海岸越远，沉积物的颗粒越细小。浅海沉积物具有层理构造，其中砂土较滨海区更为疏松，因而压缩性高且不均匀；一般近岸粘土质沉积物的密度小、含水率高，因而其压缩性大、强度低。

陆坡和深海沉积物主要是有机质软泥，成分均一。

2) 湖泊沉积物

湖泊沉积物可分为湖边沉积物和湖心沉积物。

湖泊沉积物主要由湖浪冲蚀湖岸、破坏岸壁形成的碎屑物质组成的。在近岸带沉积的多数是粗颗粒的卵石、圆砾和砂土；远岸带沉积的则是细颗粒的砂土和粘性土。湖边沉积物具有明显的斜层理构造。作为地基时，近岸带有较高的承载力，远岸带则差些。

湖心沉积物是由河流夹带的细小悬浮颗粒到达湖心后沉积形成的，主要是粘土和淤泥，常夹有细砂、粉砂薄层，称为带状粘土，这种粘土压缩性高、强度低。



知识链接

地球是由地壳、地幔和地核组成，地壳是地球表层坚硬的固体外壳，主要由各种岩石组成，地表附近的岩石在风化作用下破碎后形成形状不同、大小不一的碎屑颗粒，这些颗粒受各种自然力的

作用,在各种不同的自然环境下堆积下来,就形成通常所说的土。人们在工程上遇到的大多数土都是在第四纪地质历史时期内形成的,又称第四纪沉积物,其中在人类文化期以来所沉积的土称为新近沉积土。

1.2 土的组成

自然界中的土是由固体颗粒、水和气体组成的三相体系。固体颗粒形成土的骨架,骨架之间的孔隙充有水 and 气体,因此,土也被称为三相孔隙介质。在自然界的每一个土单元中,这三部分所占的比例不同,土的物理状态和土的工程性质也不相同。当土中孔隙没有水时,称为干土;当土位于地下水位线以下,孔隙全部被水充满时,称为饱和土;当土中孔隙同时有水和气体存在时,称为非饱和土(湿土)。

1.2.1 土的固相

土的固体颗粒即为固相。土中的固体颗粒(简称土粒)的大小和形状、矿物成分及其组成情况是决定土的物理力学性质的重要因素。

1. 土粒的矿物成分

土粒的矿物成分主要取决于母岩的成分及其所经历的风化作用。不同的矿物成分对土的性质有着不同的影响。土矿物可分为原生矿物和次生矿物两大类。土的固相部分包括无机矿物颗粒和有机质,主要是土粒,有时还有粒间胶结物和有机质,它们构成了土的骨架。

知识链接

(1) 原生矿物。原生矿物是物理风化产物,化学性质比较稳定,具有较强的水稳定性。

其中以石英砂粒强度最高,硬度最大,稳定性最好,而云母则最弱,石英和云母是粗颗粒土的主要成分。

(2) 次生矿物。次生矿物是化学风化的产物,颗粒细小,比表面积大,活性强。其中高岭石、伊利石、蒙脱石这3种复合的铝—硅酸盐晶体是最重要的次生矿物,蒙脱石具有很强的亲水性,伊利石次之,高岭土亲水性最小,它们遇水膨胀,失水收缩。

2. 土的颗粒级配

自然界中的土都是由大小不同的颗粒组成。土颗粒的大小与土的性质密切相关。如土颗粒由粗变细,则土的渗透性会由大变小,由无黏性变为有黏性等。故工程中采用不同粒径颗粒的相对含量来描述土的颗粒组成情况。

土中各种不同粒径的土粒,按适当的粒径范围分为若干粒组,各个粒组的性质随分界尺寸的不同而呈现出一定质的变化。划分粒组的分界尺寸称为界限粒径。我国习惯采用的粒组划分标准见表1-1。表中根据界限粒径200mm、20mm、2mm、0.075mm、0.005mm把土粒分为6大粒组:漂石(块石)、卵石(碎石)、圆砾(角砾)、砂粒、粉粒和黏粒。

表 1-1 粒组划分标准

粒组名称	粒组范围/mm	一般特性
漂石(块石)粒组	>200	透水性很大, 无黏性, 无毛细水
卵石(碎石)粒组	$20\sim 200$	
圆砾(角砾)粒组	$2\sim 20$	透水性很大, 无黏性, 毛细水上升高度不超过粒径
砂粒粒组	$0.075\sim 2$	易透水, 当混入云母等杂质时透水性减小, 而压缩性增加; 无黏性, 遇水不膨胀, 干燥时松散; 毛细水上升高度不大, 随粒径变小而增大
粉粒粒组	$0.005\sim 0.075$	透水性小, 湿时稍有黏性, 遇水膨胀小, 干燥时有收缩; 毛细水上升高度较大、较快, 极易出现冻胀现象
黏粒粒组	<0.005	透水性很小, 湿时有黏性、可塑性, 遇水膨胀大, 干时收缩显著; 毛细水上升高度较大, 但速度慢



特别提示

(1) 漂石、卵石和圆砾颗粒均呈一定的磨圆形状(圆形或亚圆形), 块石、碎石和角砾颗粒都带有棱角。

(2) 黏粒也称黏土粒, 粉粒也称粉土粒。

(3) 黏粒的粒径上限也有采用 0.002mm 的。

土体中包含有大小不同的颗粒, 通常把土中各个粒组的相对含量(各个粒组占土粒总量的百分数), 称为土的颗粒级配。这是决定无粘性土工程性质的主要因素, 是确定土的名称和选用建筑材料的主要依据。

确定各个粒组相对含量的颗粒分析试验方法有筛分法和相对密度计法两种。

(1) 筛分法。筛分法适用于粒径在 $60\sim 0.075\text{mm}$ 的土。试验时如图 1.2 所示, 将风干的均匀土样放入一套孔径不同的标准筛, 标准筛的孔径依次为 60mm 、 40mm 、 20mm 、 10mm 、 5mm 、 2mm 、 1.0mm 、 0.5mm 、 0.25mm 、 0.1mm (或 0.075mm), 经筛析机上下震动, 将土粒分开, 称出留在每个筛上的土重, 即可求出留在每个筛上土重的相对含量。

(2) 比重计法。它适用于粒径小于 0.075mm 的细粒土。它是将一定质量的风干土样倒入盛纯水的 1000ml 玻璃量筒中, 经过搅拌将其拌成均匀的悬液状, 土粒会在悬液中靠自身下沉, 土颗粒的大小不同在水中沉降的速度也不同, 在土粒下沉过程中, 用密度计测出悬液中对不同时间不同溶液密度, 如图 1.3 所示, 根据密度计读数和土粒的下沉时间, 就可以根据公式计算出不同土粒的粒径及其小于该粒径的质量百分数。

若土中粗细粒组兼有时, 可将土样用振摇法或水冲法过 0.075mm 的筛子, 使其分为两部分。大于 0.075mm 的土样用筛分法进行分析, 小于 0.075mm 的土样用密度计法进行分析, 然后将两种试验成果组合在一起对土样分析。