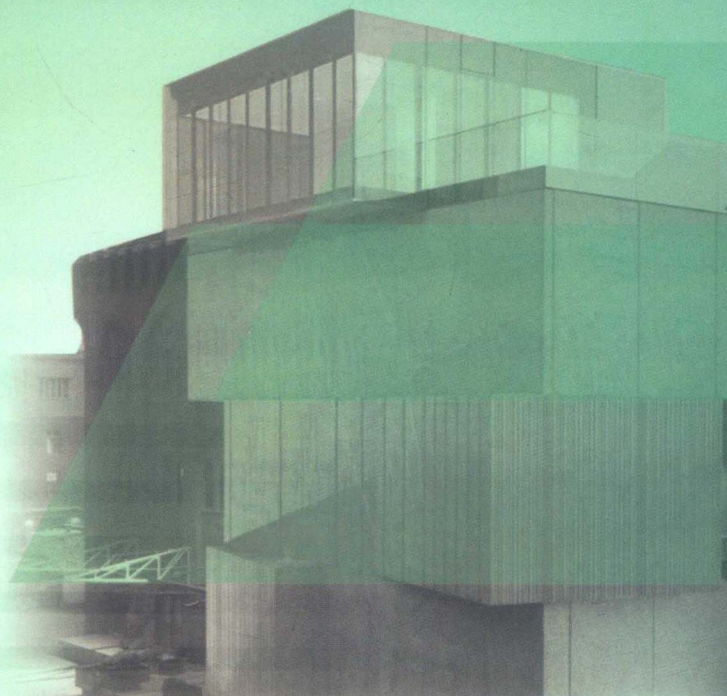
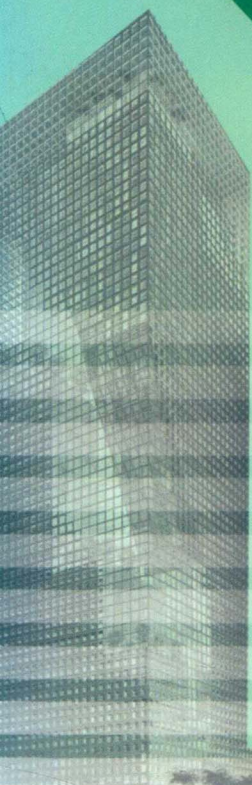




高职高专“十二五”规划教材·土建类



地基与基础

主编 ◎ 陈升隆 詹冬

DIJI YU JICHU



西北工业大学出版社

前土，强变基... 高职高专“十二五”规划教材·土建类

高职高专“十二五”规划教材·土建类

等编著

本书是... 地基与基础

本书根据高等职业技术教育建筑工程技术专业的教育标准、培养方案及主干课程教学要求，并按照国家颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)等有关设计新规范、新标准编写的。

地基与基础

本课程是一门理论性和实践性很强的课程，是土木工程专业的一门专业基础课。通过本课程的学习，使学生掌握地基与基础的基本原理，学会阅读和使用工程地质勘察资料以及土的压力、变形、强度等土力学基本知识，了解各类基础的构造与受力特点，掌握地基处理的基本原理，结合建筑材料与施工技术，解决地基与基础设计与施工中的基本问题。

主 编 陈升隆

副主编 王守剑 赵临春

刘 军 马卫东

赵宏江

本书在编写过程中参考了... (1) 切合高职教育的特点，... (2) 理论难度降低，以... 通俗易懂，概念准确，各部分内... (3) 淘汰了一些已过时或应用... 针对专业人才培养目标定位和地基基础技术的发展对相应内容进行了调整和变更，力求做到理论和工程实际相结合，以培养技术应用能力为主线，反映高等职业教育的特点。

本书由江西现代职业技术学院陈升隆担任主编，由河南建筑职业技术学院王守剑、赵临春、郑州市市政工程总公司刘军、河南省华夏工程建设监理有限公司马卫东、河南四方建设管理有限公司赵宏江担任副主编，具体编写分工如下：陈升隆负责编写第3章和第4章，王守剑负责编写第7章、第9章以及附录，赵临春负责编写第8章，刘军负责编写第1章和第2章，马卫东负责编写第5章和第6章，赵宏江负责编写第10章。

在本书编写过程中参考了... 由于水平所限，书中难免存在

西北工业大学出版社

次：2013年3月第1版
价：42.00元

【内容简介】本书共分 11 章，主要内容有绪论、土的物理性质及工程分类、土中应力与地基变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与挡土墙设计、工程地质勘察、基坑工程、浅基础设计、桩基础、地基处理以及土力学实验等。

本书可作为高职高专院校土建类专业教材，也可作为建筑相关行业从业人员的学习及培训参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

地基与基础/陈升隆主编. —西安: 西北工业大学出版社, 2015. 1

高职高专“十二五”规划教材. 土建类

ISBN 978-7-5612-4304-6

I. ①地… II. ①陈… III. ①地基—高等职业教育—教材 ②基础(工程)—高等职业教育—教材 IV. ①TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 034178 号

出版发行: 西北工业大学出版社

通信地址: 西安市友谊西路 127 号 邮编: 710072

电 话: (029) 88493844 88491757

网 址: www.nwpu.com

印 刷 者: 北京市彩虹印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 20.75

字 数: 480 千字

版 次: 2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷

定 价: 45.00 元

前言

本书根据高等职业技术教育建筑工程技术专业的教育标准、培养方案及主干课程教学要求,并按照国家颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)等有关设计新规范、新标准编写的。

本课程是一门理论性和实践性较强、技术含量较高的专业课程,包括土力学和地基基础两部分内容。课程教学任务是使学生掌握地基土的工程性质以及土中应力、变形、强度等土力学基本原理,学会阅读和使用工程地质勘察资料以及土的现场原位测试和室内土工试验方法,掌握各类基础的构造与受力特点,掌握一般浅基础和桩基础设计原理,并能应用这些基本知识和原理,结合建筑材料与检测、建筑力学与结构、建筑施工等知识,分析和解决地基基础工程设计与施工中的基本问题。

本书共分 11 章,主要内容有绪论、土的物理性质及工程分类、土中应力与地基变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与挡土墙设计、工程地质勘查、基坑工程、浅基础设计、桩基础、地基处理以及土力学实验等。

本书在编写过程中主要突出以下特色:

- (1) 切合高职教育的特点,突出“以能力为本位”的思想,增加案例教学,实践性强。
- (2) 理论难度降低,以“必需、够用”为度,详略得当。内容编排上“深入浅出”,文字通俗易懂,概念准确,各部分内容既相对独立,又相互协调,兼顾实践性及系统性。
- (3) 淘汰了一些已过时或应用面不广的内容,增加了一些与职业能力密切相关的内容,并针对专业人才培养目标定位和地基基础技术的发展对相应内容进行了调整和变更,力求做到理论和工程实际相结合,以培养技术应用能力为主线,反映高等职业教育的特点。

本书由江西现代职业技术学院陈升隆担任主编,由河南建筑职业技术学院王守剑、赵临春、郑州市市政工程总公司刘军、河南省华夏工程建设监理有限公司马卫东、河南四方建设管理有限公司赵宏江担任副主编,具体编写分工如下:陈升隆负责编写第 3 章和第 4 章,王守剑负责编写第 7 章、第 9 章以及附录,赵临春负责编写第 8 章,刘军负责编写第 1 章和第 2 章,马卫东负责编写第 5 章和第 6 章,赵宏江负责编写第 10 章和第 11 章,全书由陈升隆统稿。

在本书编写过程中参考了业内专家学者的大量相关著作,在此表示感谢!

由于水平所限,书中难免存在疏漏不当之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2014 年 12 月

第 4 章 土的抗剪强度与地基承载力	58
4.1 概述	58
4.2 土的抗剪强度	58
4.3 土的抗剪强度试验方法	64
4.4 地基的破坏形式与地基承载力	68

目 录

第1章 绪论	1
1.1 地基、基础与土力学的概念	1
1.2 地基与基础工程的重要性	2
1.3 地基与基础设计应满足的基本条件	4
1.4 本课程性质与学习目标	4
课后练习题	5
第2章 土的物理性质及工程分类	6
2.1 土的组成	6
2.2 土的物理性质指标	9
2.3 土的物理状态指标	13
2.4 土的压实性与渗透性	17
2.5 地基岩土的工程分类	20
2.6 岩土的野外鉴别方法	23
课后练习题	25
第3章 土中应力与地基变形	27
3.1 概述	27
3.2 土中应力	27
3.3 土的压缩性、室内压缩试验和压缩指标	42
3.4 地基沉降计算	46
3.5 地基沉降观测与地基允许变形值	54
课后练习题	56
第4章 土的抗剪强度与地基承载力	58
4.1 概述	58
4.2 土的抗剪强度	59
4.3 土的抗剪强度试验方法	64
4.4 地基的破坏形式,与地基承载力	68

课后练习题	73
第5章 土压力与挡土墙设计	75
5.1 土压力的类型与影响因素	75
5.2 静止土压力	77
5.3 朗肯土压力理论	78
5.4 库仑土压力理论	84
5.5 几种常见情况的土压力计算	90
5.6 挡土墙设计	94
5.7 土坡稳定分析	103
课后练习题	105
第6章 工程地质勘查	106
6.1 工程地质基本知识	106
6.2 岩土工程勘察阶段与勘察程序	115
6.3 工程地质勘察方法	120
6.4 勘察报告的阅读	131
6.5 验槽	139
课后练习题	140
第7章 基坑工程	142
7.1 概述	142
7.2 基坑支护结构	143
7.3 基坑降水	153
7.4 施工组织设计编制方法	156
课后练习题	157
第8章 浅基础设计	158
8.1 概述	158
8.2 基础埋置深度的确定	163
8.3 基础底面尺寸的确定	168
8.4 无筋扩展基础设计	174
8.5 扩展基础设计	178
8.6 塔式起重机基础	190
8.7 基础施工图的表达与识读	200

3

第1章 绪论

学习目标

- ◎ 掌握地基与基础的概念;
- ◎ 了解地基与基础在工程中的重要性;
- ◎ 掌握地基与基础设计的基本要求。

1.1 地基、基础与土力学的概念

1.1.1 地基与基础

当建筑物建造在地层上时,其原有的应力状态就会发生变化,使土层产生附加应力和变形,且随着深度增加向四周土中扩散并逐渐减弱。我们把因承受建筑物荷载而使应力和变形不能忽略的那部分土层称为地基,把建筑物荷载传递给地基的下部建筑结构称为基础。

因此,地基和基础是两个不同的概念。地基属于地层,是支撑建筑物的地层(可以是土层,也可以是岩层,具有一定深度和范围);基础则属于建筑物,是建筑物的一部分(可由砖石、毛石、混凝土或钢筋混凝土等建筑材料建造而成)。

地基基础设计时,如果土质不良,需要经过人工加固处理才能达到使用要求的地基称为人工地基;不加处理就可以满足使用要求的地基称为天然地基。当地基由两层及两层以上土层组成时,将直接与基础接触的土层称为持力层,持力层以下的土层称为下卧层,对承载能力低于持力层的下卧层称为软弱下卧层。基础的结构形式很多,按埋置深度和施工方法的不同,可分为浅基础和深基础两大类。通常把埋置深度不大(一般为3~5 m),只需经过挖槽、排水等普通施工程序,采用一般施工方法和施工机械就可施工的基础统称为浅基础,如条形基础、独立基础、筏板基础等。而把基础埋置深度超过一定值,需借助特殊施工方法施工的基础称为深基础,如桩基础、地下连续墙、沉井基础等。

基础是建筑物的一个组成部分,基础的强度直接关系到建筑物的安全与正常使用。而地基的强度、变形和稳定也直接影响到基础以及建筑物的安全性、耐久性和正常使用。由于土的压缩性比建筑材料大得多,我们通常把建筑物与土层接触部分的断面尺寸适当扩大,以减小接触部分的压强。建筑物的上部结构与基础、地基三部分构成了一个既相互制约又共同工作的整体,相互关系如图1-1所示。

目前,要把三部分完全统一起来进行设计计算还有困难,现阶段采用的常规设计方法是

建筑物的上部结构、基础、地基三部分分开,按照静力平衡原则,采用不同的假定进行分析计算,同时考虑地基—基础—建筑物的上部结构相互作用。

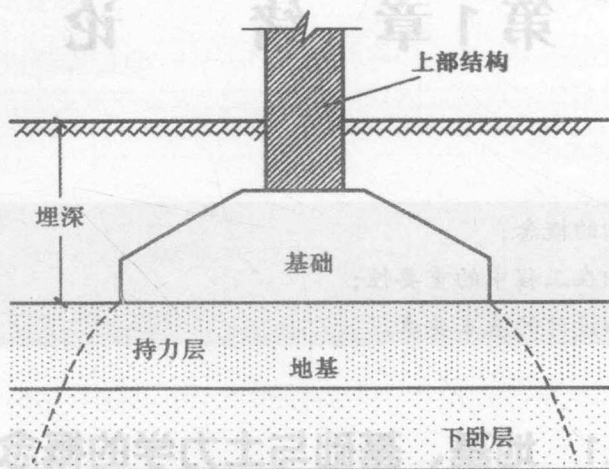


图 1-1 上部结构、地基与基础示意

1.1.2 土力学

地基土层是由地球表面的大块岩石经风化、搬运、沉积而形成的松散堆积物,是由固体颗粒、水和气体三部分组成的三相体。与其他建筑材料相比,土的主要特征是具有多孔性和散粒性,由于其形成的自然地理环境不同,因而具有明显的区域性。因此,在建筑物设计之前,必须充分了解场地的工程地质情况,对基础土体做出正确的评价。

由于建筑物的建造使地基中原有的应力状态发生变化,因此土层发生变形。为了控制建筑物的沉降和保持其稳定性,就必须运用力学方法来研究荷载作用下地基土的变形和强度问题。土力学就是利用力学的一般原理和土工测试技术,研究土的物理性质以及在外力发生变化时土的应力、变形、强度、稳定性和渗透性及其规律的一门学科。土力学是力学的一个分支,但由于土具有复杂的工程特性,必须借助工程经验、原位试验、室内试验等多种专门的土工试验技术进行研究。因而,土力学是一门依赖于实践的科学。

1.2 地基与基础工程的重要性

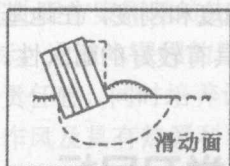
基础是建筑物的主要组成部分,应具有足够的强度、刚度和稳定性,以保证建筑物的安全和使用年限。地基虽不是建筑物的组成部分,但它的好坏却直接影响整个建筑物的安危。

而且由于地基与基础位于地面以下,属隐蔽工程,它的勘察、设计和施工质量的好坏,直接影响建筑物的安全,一旦发生质量事故,其补救和处理往往比上部结构困难得多,有时甚至不可挽救。实践证明,建筑物的事故中很多是与地基基础有关的,轻则上部结构开裂、倾斜,

(1) 上海锦江饭店北楼: 建于 1929 年, 总层数为 14 层, 高度为 57 m, 是当时上海最高的一幢建筑物。基础坐落在软土地基上, 采用桩基础, 由于工程承包商偷工减料, 未按设计桩数施工, 造成基础大幅度沉降, 建筑物的绝对沉降达 2.6 m, 致使原底层陷入地下, 成了半地下室, 严重影响使用。

(3) 香港宝城大厦: 建在香港山坡上, 1972 年 5 月~6 月出现连续大暴雨, 特别是 6 月份雨量高达 1 658.6 mm, 引起山坡因残积土软化而滑动 7 月 18 日早晨 7 点钟, 山坡下滑, 冲毁宝城大厦, 居住在该大厦的 120 位银行界人士当场死亡, 这一事故引起全世界的震惊, 从而对岩土工程倍加重视。

上表如有其他大類，應請檢附說明書及圖說，並請於本附錄圖樣 1 之圖樣註記處註記 (8)



建成后第一次装谷 2.7×10^4 kN 后, 谷仓明显倾斜, 西端陷入土中 8.8 m, 东侧抬高 1.5m, 仓身整体倾斜 $26^\circ 53'$ 。事后勘察了解到地基以下埋藏有厚约 16 m 的淤泥质软土, 谷仓初次加载后使基底压力超过了地基极限承载力。这是地基发生整体滑动、建筑物丧失稳定的典型例子。由于该谷仓整体刚度较好, 无明显裂缝, 事后在筒仓下增设了 70 多个支撑在基岩上的混凝土墩, 使用了 388 只 500 kN 的千斤顶, 才把倾斜的筒仓纠正, 修复后位置比原来降低了 4 m。

3

约 25 m 处,是一座独立的建筑,比萨斜塔的建造经历了三个时期,全塔共八层,高度为 55 m。该塔地基土的土层分布从上至下依次为耕填土 1.6 m、粉砂 5.4 m、粉土 3.0 m、黏土 15.5 m、砂土 2.0 m、黏土 12.5 m、砂土 20.0 m,地下水位深 1.6 m,位于粉砂层。目前塔北侧沉降约 0.9 m,南侧沉降约 2.7 m,沉降差约 1.8 m,塔倾斜约 5.5° ,塔顶偏离中心线 5.27 m。该塔建成六百多年,每年下沉约 1 mm。由于钟塔的沉降在不断加大,为了游人的安全,该塔于 1990 年 1 月 14 日被封闭,并对塔身进行了加固,用压重法和取土法对地基进行了处理。目前,该塔已向游人开放。

以上案例足以说明地基与基础工程的重要性,设计时,一定要掌握地基土的工程性质,从实际出发做出多种方案进行比较,以免发生工程事故。此外,地基与基础工程的造价和工期在整个工程中所占比例很大,造价上一般多层可占到 25%~30%,高层可占到 30%~40%,因此搞好地基基础设计具有很重要的意义。

1.3 地基与基础设计应满足的基本条件

为了保证建筑物的安全和正常使用,地基与基础设计应满足以下基本要求:

- (1) 地基承载力要求:地基土应有足够的强度,在荷载作用下不发生剪切破坏和整体失稳。
- (2) 地基变形要求:不使地基产生过大的沉降或不均匀沉降,保证建筑物的正常使用。
- (3) 基础结构要求:基础结构本身应具有足够的强度和刚度,在地基反力作用下不会发生强度破坏,以确保建筑物安全、稳定地工作,并要求具有较好的耐久性。

1.4 本课程性质与学习目标

1.4.1 课程性质与学习要求

本课程是一门理论性、实践性较强,技术含量较高的专业课程,主要包括土力学和地基基础两部分内容。为此,需要学习和掌握土力学的基本理论和地基基础设计原理,并运用这些原理、概念结合建筑物设计方法和施工知识,分析和解决地基基础的工程问题。由于地基土形成的自然条件不同,因而它们的性质是千差万别的。不同地区的土有不同的特性,即使是同一地区的土,其特性也存在较大差异。所以,在设计地基基础前,必须通过各种测试和试验,获得地基土的各种计算资料。学习本课程时要特别注意理论联系实际,注意理论的适用条件和应用范围,不可盲目照搬硬套,要学会从实际出发来分析和解决问题。

本课程内容综合性很强,它涉及工程地质、土力学、建筑力学、建筑结构、建筑材料、施工技术 etc 等学科领域。学习本课程时,既要注意与其他学科的联系,又要注意紧紧抓住土的应力、强度和变形这一核心问题。要学会阅读和使用工程地质勘察资料,掌握土的现场原位测试和室

内土工试验,并应用这些基本知识和原理,结合建筑结构和施工技术 etc 知识,解决地基基础工程问题。

1.4.2 课程基本内容与学习目标

本书共分 11 章,包括绪论、土的物理性质与软土地基处理、地基中应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与挡土墙设计、工程地质勘查、地基浅基础设计、桩基础设计、基坑工程应用、区域性地基等。通过本课程学习,应达到如下目标:

(1) 知识目标。通过本课程的学习,应了解土的工程性质,土中应力、变形、强度计算等基本理论,挡土墙和土坡稳定的概念及设计计算内容。熟悉土的工程分类,土的物理性质和物理状态指标在工程中的应用,基槽检验的方法和内容,并能完成必要的土工试验和指标测试。掌握各类基础的构造与受力特点,常见地基处理方法的基本原理和适用范围,能进行一般浅基础设计,正确分析和使用工程地质勘查报告,正确实施基坑支护方案等。

(2) 能力目标。

- 1) 具有操作土工试验的能力;
- 2) 具有阅读、分析、使用工程地质勘查报告以及验槽的能力;
- 3) 具有设计计算一般浅基础的能力;
- 4) 具有设计重力式挡土墙能力;
- 5) 具有识读基础施工图和基础施工的能力;
- 6) 具有实施地基处理方案和基坑支护方案的能力。

(3) 思想素质目标。通过本课程的学习,应认识到地基与基础工程在建筑物中的重要性,树立质量意识和职业责任感,同时培养诚恳、虚心、勤奋好学的学习态度和脚踏实地、爱岗敬业、与人合作的工作作风及具有热爱科学、实事求是的学风和创新精神。

课后练习题

一、思考题

1. 与地基基础有关的工程事故主要有哪些?
2. 什么是地基?什么是基础?
3. 什么是持力层?什么是下卧层?
4. 什么是天然地基?什么是人工地基?
5. 基础设计中应满足哪些要求?
6. 地基设计中应满足哪些要求?

第2章 土的物理性质及工程分类

学习目标

- ◎ 了解土的三相组成中各相的特性、物理性质指标;
- ◎ 理解三相比例关系对土体性质的影响;
- ◎ 掌握土的主要指标的测定、工程应用和岩土工程分类等知识与技能。

2.1 土的组成

土是由固体颗粒、水和气体组成的三相分散体系。固体颗粒构成土的骨架,是三相体系中的主体,水和气体填充土骨架之间的空隙,土体三相组成中每一相的特性及三相比例关系对土的性质有显著影响。

2.1.1 土中固体颗粒

土中固体颗粒的大小、形状、矿物成分及粒径大小的搭配情况是决定土的物理力学性质的主要因素。

1. 粒组的划分

自然界的土都是由大小不同的土粒所组成,土的粒径发生变化,其主要性质也相应发生变化。例如土的粒径从大到小,则可塑性从无到有;黏性从无到有;透水性从大到小;毛细水从无到有。工程上将各种不同的土粒按其粒径范围,划分为若干粒组,见表 2-1。

2. 土的颗粒级配

土的颗粒级配是指大小土粒的搭配情况,通常以土中各个粒组的相对含量(即各粒组占土粒总量的百分数)来表示。

天然土常常是不同粒组的混合物,其性质主要取决于不同粒组的相对含量。为了了解其颗粒级配情况,就需进行颗粒分析试验,工程上常用的方法有筛分法和密度计法两种。《土的分类标准》规定:筛分法适用于粒径在 0.074~60mm 的土。它用一套孔径不同的标准筛,按从上至下筛孔逐渐减小放置,将称过重量的烘干土样放入,经筛析机振动将土粒分开,称出留在



各筛上的土重，即可求出占土粒总重的百分数；密度计法适用于粒径小于 0.074mm 的土，根据粒径不同，在水中下沉的速度也不同的特性，用密度计进行测定分析。

表 2-1 土粒粒组的划分

粒组统称	粒组名称	粒径范围/mm	一般特征
巨粒	漂石(块石)粒	$d > 200$	透水性很大，无黏性，无毛细水
	卵石(碎石)粒	$60 < d \leq 200$	透水性大，无黏性，毛细水上升高度不超过粒径大小
粗粒	砾粒 粗粒	$20 < d \leq 60$	易透水，无黏性，遇水不膨胀，干燥时松散，毛细水上升高度不大
	细粒	$2 < d \leq 20$	
	砂粒	$0.075 < d \leq 2$	透水性小，湿时稍有黏性，遇水膨胀小，干时稍有收缩，毛细水上升高度较大，易冻胀透水性很小，湿时有黏性、可塑性，遇水膨胀大，干时收缩显著，毛细水上升高度大，但速度慢
细粒	粉粒	$0.005 < d \leq 0.075$	透水性很大，无黏性，无毛细水
	黏粒	$d \leq 0.005$	透水性大，无黏性，毛细水上升高度不超过粒径大小

将试验结果绘制颗粒级配曲线如图 2-1 所示。图中纵坐标表示小于(或大于)某粒径的土粒含量百分比；横坐标表示土粒的粒径，由于土体中粒径往往相差很大，为清楚表示，将粒径坐标取为对数坐标表示。

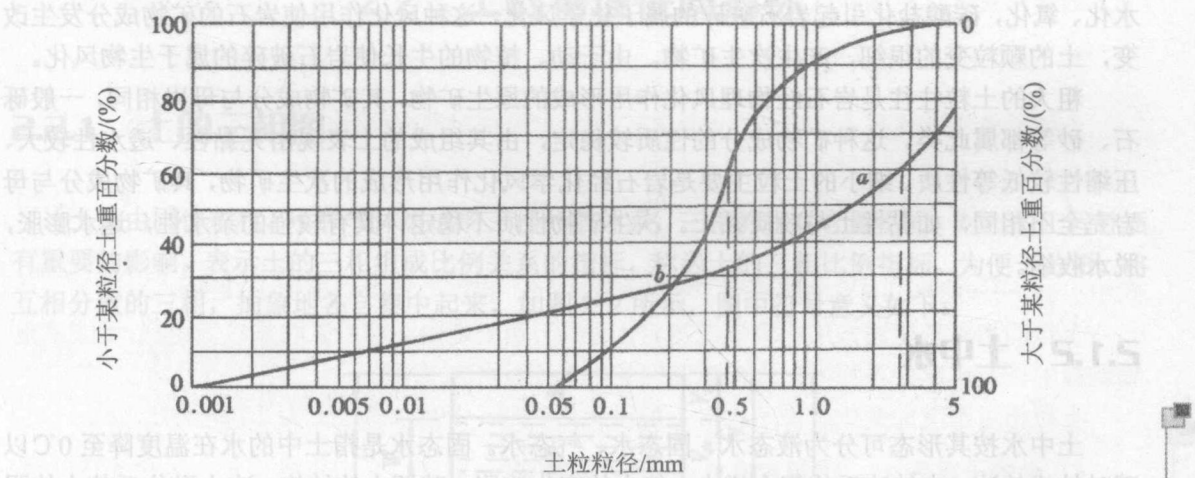


图 2-1 颗粒级配曲线

从级配曲线 *a* 和 *b* 可看出，曲线 *a* 所代表的土样所含土粒粒径范围广，粒径大小相差悬殊，曲线较平缓；而曲线 *b* 所代表的土样所含土粒粒径范围窄，粒径较均匀，曲线较陡。当土粒粒径大小相差悬殊时，较大颗粒间的孔隙被较小的颗粒所填充，土的密实度较好，称为级配良好的土，粒径相差不大，较均匀时称为级配不良的土。

为了定量反映土的级配特征,工程上常用两个级配指标来描述:

不均匀系数

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (2-1)$$

曲率系数

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{10}d_{60}} \quad (2-2)$$

式中 d_{10} ——有效粒径,小于某粒径的土粒质量占总质量的 10% 时相应的粒径;

d_{60} ——限定粒径,小于某粒径的土粒质量占总质量的 60% 时相应的粒径;

d_{30} ——小于某粒径的土粒质量占总质量的 30% 时相应的粒径。

不均匀系数 C_u 反映大小不同粒组的分布情况, C_u 越大,表示土粒分布越不均匀,土的级配良好。曲率系数 C_c 则是反映级配曲线的整体形状。一般认为 $C_u < 5$ 的土视为级配不好; $C_u > 10$, 同时 $C_c = 1 \sim 3$ 时为级配良好的土。

3. 土粒的矿物成分

土粒的矿物成分主要决定于母岩的矿物成分及其所经受的风化作用,可分为原生矿物和次生矿物两大类。

风化作用一般分为物理风化、化学风化和生物风化三种。由于气温变化,岩石胀缩开裂,崩解为碎块的属于物理风化,这种风化作用只改变颗粒的大小与形状,不改变矿物成分,形成的土颗粒较大,称为原生矿物。由于水溶液、大气等因素影响,使岩石的矿物成分不断溶解水化、氧化,碳酸盐化引起岩石破碎的属于化学风化,这种风化作用使岩石的矿物成分发生改变,土的颗粒变的很细,产生次生矿物。由于动、植物的生长使岩石破碎的属于生物风化。

粗大的土粒往往是岩石经物理风化作用形成的原生矿物,其矿物成分与母岩相同,一般砾石、砂等都属此类。这种矿物成分的性质较稳定,由其组成的土表现出无黏性、透水性较大、压缩性较低等性质。细小的土粒主要是岩石经化学风化作用形成的次生矿物,其矿物成分与母岩完全不相同,如黏性土与粉质黏土。次生矿物性质不稳定,具有较强的亲水性,遇水膨胀,脱水收缩。

2.1.2 土中水

土中水按其形态可分为液态水、固态水、气态水。固态水是指土中的水在温度降至 0°C 以下时结成的冰。水结冰后体积会增大,使土体产生冻胀,破坏土的结构,冻土融化后使土体强度大大降低。气态水是指土中出现的水蒸气,一般对土的性质影响不大。液态水除结晶水紧紧吸附于固体颗粒的品格内部外,还存在结合水和自由水两大类。

1. 结合水

结合水是受土粒表面电场吸引的水,分强结合水和弱结合水两类。

强结合水指紧靠于土粒表面的结合水。所受电场的作用力很大,几乎完全固定排列,丧失

液体的特性而接近于固体。弱结合水是强结合水以外,电场作用范围以内的水,但电场作用力随着与土粒距离增大而减弱,可以因电场引力从一个土粒的周围转移到另一个土粒的周围。其性质呈黏滞状态,在外界压力下可以挤压变形,对黏性土的物理力学性质影响较大。

2. 自由水

自由水是不受土粒电场吸引的水,其性质与普通水相同,分重力水和毛细水两类。

重力水存在于地下水位以下的土孔隙中,它能在重力或压力差作用下流动,能传递水压力,对土粒有浮力作用。毛细水存在于地下水位以上的土孔隙中,由于水和空气交界处弯液面上产生的表面张力作用,土中自由水从地下水位通过毛细管(土粒间的孔隙贯通,形成无数不规则的毛细管)逐渐上升,形成毛细水。根据物理学可知,毛细管直径越小,毛细水的上升高度越高,故粉粒土中毛细水上升高度比砂类土高,在工程中要注意地基土湿润、冻胀及基础防潮。

2.1.3 土中气体

土中气体常与大气连通或以封闭气泡的形式存在于未被水占据的土孔隙中,前者在受压力作用时能够从孔隙中挤出,对土的性质影响不大;后者在受压力作用时被压缩或溶解于水中,压力减小时又能有所复原,对土的性质有较大影响,如透水性减小,延长变形稳定的时间等。

2.2 土的物理性质指标

2.2.1 土的三相图

土是由固体颗粒、水和气体组成的三相分散体系,三相的相对含量不同,对土的工程性质有重要的影响。表示土的三相组成比例关系的指标,称为土的三相比例指标。为便于分析,将互相分散的三相,抽象地各自集中起来,如图2-2所示,图中符号意义如下:

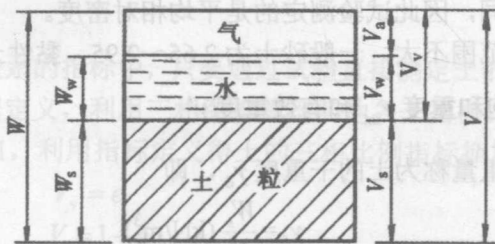


图 2-2 土的三相图

W_s —土粒重量; W_w —土中水重量; W —土的总重量; $W=W_s+W_w$; V_s —土粒体积;

V_w —土中水体积; V_a —土中气体体积; V_v —土中孔隙体积; $V_v=V_w+V_a$; V —土的总体积, $V=V_s+V_w+V_a$

2.2.2 指标定义

土的物理性质指标共 9 个, 其中重度 γ 、含水量 w 、相对密度 d_s 三个指标可以由室内试验直接测得, 故称为基本指标。

1. 土的重度 γ

土单位体积的重量称为土的重度, 即

$$\gamma = \frac{W}{V} \text{ (kN/m}^3\text{)} \quad (2-3)$$

土的重度一般用环刀法测定。天然状态下土的重度变化范围在 $16 \sim 22 \text{ kN/m}^3$ 之间, $\gamma > 20 \text{ kN/m}^3$ 时的土一般是比较密实的, $\gamma < 18 \text{ kN/m}^3$ 时一般较松软。

2. 土的含水量 w

土中水的重量与土粒重量之比称为土的含水量, 用百分数表示, 即

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100\% \quad (2-4)$$

土的含水量通常用烘干法测定, 亦可近似采用酒精燃烧法快速测定。

土的含水量反映土的干湿程度。含水量愈大, 说明土愈湿, 一般说来也就愈软。天然状态下土的含水量变化范围较大, 一般砂土 $0 \sim 40\%$, 黏性土 $20\% \sim 60\%$, 甚至更高。

3. 土粒相对密度 d_s

土粒重量与同体积 4°C 时水的重量之比称为土粒相对密度(或称为土粒比重), 即

$$d_s = \frac{W_s}{V_s} \times \frac{1}{\gamma_w} \quad (2-5)$$

式中 γ_w ——纯水在 4°C 时的重度, $\gamma_w = 9.8 \text{ kN/m}^3$, 实用上常近似取值 10 kN/m^3 。

土粒的相对密度通常用比重瓶法测定。由于天然土是由不同的矿物颗粒所组成, 而这些矿物颗粒的相对密度各不相同, 因此试验测定的是平均相对密度。

土粒相对密度的变化范围不大, 一般砂土为 $2.65 \sim 2.95$, 黏性土为 $2.70 \sim 2.75$ 。

4. 土的干重度 γ_d , 饱和重度 γ_{sat} 和有效重度 γ'

土单位体积中土粒的重量称为土的干重度 γ_d , 即

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} \text{ (kN/m}^3\text{)} \quad (2-6)$$

土的干重度反映土的紧密程度, 工程上常用它作为控制人工填土密实度的指标。

土孔隙中全部充满水时单位体积的重量称为土的饱和重度 γ_{sat} , 即