



新世纪现代交通类专业系列教材

地基与基础

刘大鹏 张青喜 刘岩艳 主编
唐小兵 主审



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

新世纪现代交通类专业系列教材

地基与基础

刘大鹏 张青喜 刘岩艳 主编
唐小兵 主审

清华大学出版社
北京交通大学出版社

·北京·

内 容 简 介

地基与基础是土木类专业的一门专业基础课。本教材是根据该类专业的教学大纲并兼顾道路与桥梁专业的需要编写而成。本书内容包括:土的物理性质及地基土分类,土中应力与地基变形计算,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,天然地基上的浅基础,桩基础和沉井基础,区域性地基与挡土墙,地基处理。每章附有思考题和习题。

本教材可供本科土木类工程专业学生使用,也可供高职高专学生和工程技术人员参考使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/刘大鹏,张青喜,刘岩艳主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社, 2009.8

ISBN 978-7-81123-570-8

I. 地… II. ①刘… ②张… ③刘… III. ①地基-高等学校-教材 ②基础(工程)-高等学校-教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 052406 号

责任编辑:韩 乐

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京东光印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:16.75 字数:429 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-81123-570-8/TU·41

印 数:1~6 000 册 定价:29.00 元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

前 言

地基与基础是土木工程专业的一门专业基础课。本书是根据土木工程专业教学的基本要求,并结合网络远程教育的教学要求编写而成。

本书主要介绍土力学的基本原理、理论和基础工程设计、施工的基本原理、基本理论和实用方法。主要内容包括土的物理性质与地基土分类、土中应力与地基变形计算、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、天然地基上的浅基础、桩基础、沉井基础、区域性地基与挡土墙及地基处理等。在编写过程中注重理论联系实际、在工程应用上侧重于路桥专业的实际需要,具有一定的针对性。本书采用了最新修订的《建筑地基基础设计规范》及其他岩土工程新规范、新规程和新标准,并结合了网络远程教育的特点,突出了应用性。

本书编写提纲经编写人员集体讨论确定,经数次修改后定稿。全书共 11 章,由刘大鹏、张青喜、刘岩艳担任主编,编写人员有:刘大鹏(第 1、3、4、5、6 章),张青喜(第 2、7、8 章),刘岩艳(第 9、10 章),李有为(第 11 章)。全书由刘大鹏、张青喜统稿,由唐小兵主审。

本书的编写吸收和借鉴了前人同类教材的许多内容和优点,在此深表感谢。由于编者的理论水平和实践经验有限,本书错误和不妥之处在所难免,恳请使用本书的读者批评指正。

编者

2009 年 4 月

目 录

第1章 绪论	(1)
1.1 地基与基础的概念	(1)
1.2 本课程的性质、地位和任务	(1)
1.3 课程的内容、要求和学习方法	(2)
第2章 土的物理性质与地基土分类	(4)
2.1 土的成因与组成	(4)
2.1.1 土的成因	(4)
2.1.2 土的组成	(5)
2.1.3 土的特性	(8)
2.2 土的物理性质指标	(8)
2.2.1 土的三相图	(9)
2.2.2 基本指标	(9)
2.2.3 换算指标	(10)
2.3 土的物理状态指标	(11)
2.3.1 无黏性土的密实度	(11)
2.3.2 黏性土的物理特征	(12)
2.4 地基土(岩)的工程分类	(13)
思考题	(15)
习题	(15)
第3章 土中应力与地基变形计算	(16)
3.1 自重应力	(16)
3.2 基底压力	(17)
3.2.1 中心荷载作用下的基底压力	(17)
3.2.2 偏心荷载作用下的基底压力	(18)
3.2.3 基底附加压力	(19)
3.3 地基中附加应力	(19)
3.3.1 竖向集中荷载作用下地基中的附加应力	(19)
3.3.2 均布矩形荷载作用下地基中的附加应力	(21)
3.3.3 均布条形荷载作用下地基中的附加应力	(23)
3.4 土的压缩性	(26)
3.5 基础最终沉降量计算	(27)
3.5.1 分层总和法	(27)
3.5.2 规范法	(30)

3.6 地基变形与时间的关系	(34)
3.6.1 土的渗透性	(35)
3.6.2 土的有效应力原理	(35)
3.6.3 渗透固结沉降与时间关系	(35)
3.6.4 建筑物沉降观测	(37)
3.7 建筑物的地基变形允许值	(38)
习题	(39)
第4章 土的抗剪强度与地基承载力	(41)
4.1 土的抗剪强度	(41)
4.1.1 抗剪强度的库仑定律	(41)
4.1.2 抗剪强度的影响因素	(42)
4.2 土的强度理论——极限平衡条件	(43)
4.2.1 土中某点的应力状态	(43)
4.2.2 土体极限平衡条件	(44)
4.3 抗剪强度指标的测定方法	(46)
4.3.1 直剪试验	(46)
4.3.2 三轴剪切试验	(46)
4.3.3 无侧限压缩试验	(47)
4.4 不同排水条件时的剪切试验方法	(48)
4.4.1 抗剪强度的总应力法和有效应力法	(48)
4.4.2 不同排水条件时的试验方法	(48)
4.5 地基的变形与破坏	(49)
4.5.1 地基变形的三个阶段	(49)
4.5.2 临塑荷载	(51)
4.5.3 塑性荷载	(51)
4.6 地基承载力	(52)
4.6.1 规范法	(52)
4.6.2 承载力理论公式	(55)
4.6.3 现场原位测试	(56)
4.6.4 经验方法	(57)
思考题	(58)
习题	(58)
第5章 土压力与土坡稳定	(59)
5.1 土压力	(59)
5.1.1 静止土压力	(59)
5.1.2 主动土压力	(60)
5.1.3 被动土压力	(60)
5.2 朗肯土压力理论	(61)
5.2.1 主动土压力	(61)
5.2.2 被动土压力	(62)

5.2.3 常见情况下的土压力计算	(64)
5.3 库仑土压力理论	(66)
5.3.1 主动土压力	(66)
5.3.2 被动土压力	(68)
5.4 《建筑地基基础设计规范》推荐计算方法	(69)
5.5 土坡稳定分析	(71)
5.5.1 无黏性土土坡稳定性分析	(71)
5.5.2 黏性土土坡稳定性分析	(72)
5.5.3 人工边坡的确定	(74)
5.6 挡土墙设计	(75)
5.6.1 挡土墙的类型	(75)
5.6.2 重力式挡土墙的计算	(76)
5.6.3 重力式挡土墙的构造措施	(81)
思考题	(82)
习题	(82)
第6章 工程地质勘察	(84)
6.1 工程地质概述	(84)
6.1.1 地形和地貌	(84)
6.1.2 地质构造	(86)
6.1.3 地下水	(87)
6.2 工程地质勘察的目的和任务	(88)
6.2.1 选址勘察	(89)
6.2.2 初步勘察	(89)
6.2.3 详细勘察	(89)
6.3 工程地质勘探方法	(90)
6.3.1 槽探、井探	(90)
6.3.2 钻探、触探	(90)
6.3.3 地球物理勘探	(94)
6.4 工程地质勘察报告	(94)
6.4.1 工程地质勘察报告的编制	(94)
6.4.2 工程地质勘察报告的阅读和使用	(94)
6.5 验槽	(95)
6.5.1 观察验槽	(95)
6.5.2 夯、拍或轻便勘探	(96)
思考题	(96)
第7章 天然地基上的浅基础	(98)
7.1 概述	(98)
7.2 浅基础分类	(98)
7.2.1 刚性基础和柔性基础	(98)
7.2.2 浅基础的结构类型	(100)

7.3	基础埋置深度的确定	(103)
7.3.1	建筑物的用途、结构类型、荷载性质和大小	(103)
7.3.2	工程地质条件	(104)
7.3.3	水文地质条件	(104)
7.3.4	地基冻融条件	(105)
7.3.5	场地环境条件	(106)
7.4	地基承载力的确定	(106)
7.4.1	按理论公式计算	(107)
7.4.2	按静载荷试验确定	(108)
7.4.3	按规范承载力表格确定	(108)
7.4.4	地基承载力设计值	(112)
7.5	基础底面尺寸的确定	(113)
7.5.1	按持力层承载力确定基础底面尺寸	(114)
7.5.2	公路桥涵刚性扩大基础底面尺寸的拟定	(116)
7.5.3	软弱下卧层的验算	(118)
7.5.4	地基变形验算	(120)
7.5.5	地基基础稳定性验算	(122)
7.6	刚性基础的构造	(124)
7.6.1	砖基础	(124)
7.6.2	砌石基础	(125)
7.6.3	混凝土基础	(125)
7.6.4	灰土基础	(126)
7.7	减轻建筑物不均匀沉降的措施	(128)
7.7.1	建筑设计措施	(128)
7.7.2	结构措施	(130)
7.7.3	施工措施	(131)
	习题	(131)
第8章	桩基础	(133)
8.1	概述	(133)
8.1.1	按桩的承载性状分类	(134)
8.1.2	按施工方法分类	(135)
8.1.3	按挤土效应分类	(139)
8.2	单桩的传力机理及竖向承载力公式	(139)
8.2.1	单桩的传力机理	(139)
8.2.2	单桩竖向承载力	(141)
8.3	高承台桩的受力分析	(149)
8.3.1	单桩在水平荷载作用下的工作性状	(149)
8.3.2	单桩在水平荷载下的计算	(150)
8.4	高承台桩设计实例	(158)
8.5	群桩竖向承载力	(161)

8.5.1 群桩的特点	(161)
8.5.2 群桩承载力计算	(162)
8.6 桩基础设计	(164)
8.6.1 桩基础的总设计步骤	(164)
8.6.2 桩基设计与施工中的注意事项	(178)
思考题	(179)
习题	(179)
第9章 沉井基础	(181)
9.1 概述	(181)
9.1.1 沉井的基本概念	(181)
9.1.2 沉井的类型及一般构造	(183)
9.2 沉井的施工	(187)
9.2.1 沉井施工的一般规定	(187)
9.2.2 沉井的施工	(187)
9.3 沉井工程实例	(197)
9.3.1 设计	(197)
9.3.2 施工	(201)
思考题	(205)
第10章 区域性地基与挡土墙	(206)
10.1 概述	(206)
10.2 岩石地基	(206)
10.3 土岩组合地基	(207)
10.4 压实填土地基	(208)
10.4.1 压实填土的质量要求	(208)
10.4.2 压实填土的边坡和承载力	(209)
10.5 岩溶与土洞地基	(209)
10.5.1 岩溶地基	(210)
10.5.2 土洞地基	(210)
10.6 膨胀土地基	(211)
10.6.1 膨胀土的一般特征	(211)
10.6.2 膨胀土地基的勘察与评价	(212)
10.6.3 膨胀土地基计算	(213)
10.7 红黏土地基	(216)
10.7.1 红黏土的工程性质和特征	(216)
10.7.2 红黏土地基设计要点	(216)
10.8 滑坡与防治	(217)
10.8.1 滑坡的分类	(217)
10.8.2 滑坡的成因	(218)
10.8.3 滑坡的防治	(218)
10.8.4 山区公路与滑坡	(219)

思考题	(221)
第 11 章 地基处理	(222)
11.1 地基处理的基本概念	(222)
11.2 换填法	(223)
11.2.1 换填法的原理及适用范围	(223)
11.2.2 设计要点	(224)
11.2.3 施工要点	(226)
11.2.4 质量检验	(227)
11.3 强夯法	(227)
11.3.1 强夯法的原理及适用范围	(227)
11.3.2 设计要点	(228)
11.3.3 施工过程	(229)
11.3.4 质量检验	(230)
11.4 挤密桩法	(231)
11.4.1 土或灰土挤密桩法	(231)
11.4.2 石灰桩	(231)
11.4.3 碎(砂)石桩法	(232)
11.4.4 渣土桩法	(236)
11.4.5 水泥粉煤灰碎石桩	(236)
11.5 化学加固法	(238)
11.5.1 灌浆法	(238)
11.5.2 深层搅拌法	(239)
11.5.3 高压喷射注浆法	(241)
11.6 加筋法	(242)
11.6.1 加筋土	(243)
11.6.2 土工合成材料	(244)
11.6.3 土层锚杆	(244)
11.6.4 土钉墙	(246)
11.7 软土路基及地基处理实例	(247)
11.7.1 厦门沿海公路路基稳定性	(247)
11.7.2 汉宜高速公路软土路基处理	(251)
思考题	(254)
习题	(254)
参考文献	(255)

第 1 章 绪论

1.1 地基与基础的概念

图 1-1 及图 1-2 为建筑工程及桥梁结构地基与基础的图示说明。

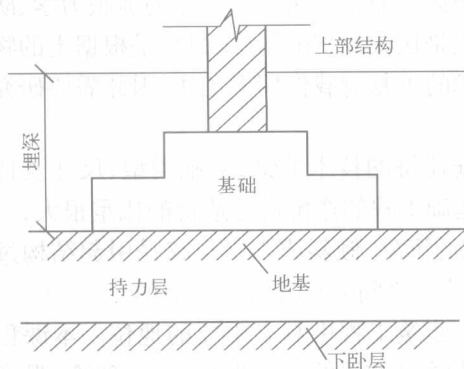


图 1-1 建筑工程地基与基础示意图

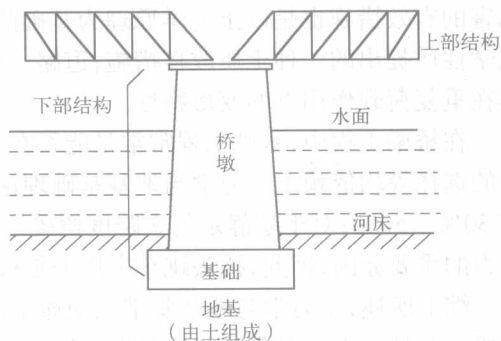


图 1-2 桥梁结构各部立面示意图

所谓地基,指的是直接承托建筑物的场地土层,而把建筑物荷载传递给地基的那部分结构称为基础。在建筑物荷载作用下地基土会产生附加应力和变形,其范围随基础类型和尺寸、荷载大小及土层分布不同而不同。建筑物对地基的要求是满足强度、变形和稳定性,这就必须运用力学方法来研究荷载作用下地基土的工程特性。研究土的特性及土体在各种荷载作用下的性状的一门力学分支称为土力学,主要内容包括土中水的作用、土的渗透性、压缩性、固结、抗剪强度、土压力、土基承载力、土坡稳定等土体的力学问题。

地基中把直接与基础接触的土层称为持力层;持力层下受建筑物荷载影响范围内的土层称为下卧层,其相互关系如图 1-1 所示。

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 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、单独基础、片筏基础等。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、深井基础等。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。

1.2 本课程的性质、地位和任务

地基与基础是房屋建筑物、道路及桥梁等构筑物的根本,又位于地面以下,属地下隐蔽工

程。它的勘察、设计及施工质量的好坏,直接影响建筑物的安全。实践表明,建筑物事故的发生,很多是与地基问题有关的,而且事故一旦发生,其补救也较难。

土力学是一门以土体作为研究对象,研究与土的工程问题有关的学科,属于岩土工程学科的重要组成部分,是工程力学与地质学有机结合的边缘学科。基础工程则是土力学理论在土木工程中的具体应用。显然,土力学与地基基础是土木工程学科的重要专业基础课。

在路基工程中,土是修筑路堤的基本材料,同时又是支撑路基的地基。路堤的临界高度和边坡的取值都与土的物理力学指标相关。为了获得具有一定强度和良好水稳定性的路基,需要采用碾压的施工方法压实填土,而碾压的质量控制方法是基于对土的击实性的研究成果。挡土墙基础形式、土压力计算、软土地基的工程特性、不同土体的筑路性能等均与土力学与地基基础密切相关。

在道路工程中,道路的冻胀与翻浆在我国北方地区是非常突出的。土体的冻胀力学、防治冻害的有效措施也是以土力学原理为基础的;稳定土是比较经济的基层材料,是根据土的物理化学性质提出的一种土质改良措施;道路一般在车辆的重复荷载作用下工作,因此需要研究土体在重复荷载作用下的变形特性。

在桥梁工程中,基础工程常常是能否在预选桥址建桥的技术关键,基础类型、尺寸及持力层的选择等均依赖于土力学与地基基础理论知识,基础工程的造价占总造价的比重很大,一般在30%~50%;对于超静定的大跨度桥梁结构,基础的沉降、倾斜或水平位移是引起结构过大应力的重要原因,因此,桥头跳车本质上是桥墩与高填土之间的差异沉降造成的。

综上所述,土力学与地基基础在交通土建及土木建筑工程中具有重要的地位。本课程的主要任务是为土木工程专业学生比较全面、深入地学习土体的三相理论、变形理论、强度理论、渗透理论及其工程应用的基本原理和基本方法。

1.3 课程的内容、要求和学习方法

本书根据道路、桥梁等专业的教学要求,并兼顾扩大知识面的要求编写。内容包括土的物理性质及地基土分类、土中应力与地基变形计算、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、天然地基上的浅基础、桩基础、沉井基础、区域性地基与挡土墙、地基处理。

学生在学习过程中,要求树立土体、地基与基础一体化的宏观思维,牢固掌握土的性质、应力、变形、强度和地基计算等土力学基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关的力学和结构理论以及施工知识,分析和解决地基基础问题。学习时需要重视以下几个方面。

(1) 重视土工试验方法
土力学计算和基础设计中所需的各种参数,必须通过室内及原位土工试验。掌握每种测试技术与现场的模拟相似性。

(2) 重视地区经验

土力学与地基基础是一门实践性很强的学科,又由于土的复杂性,目前在解决地基基础问题时,还带有一定的经验。土力学与地基基础中,存在大量的经验公式,尤其在土体力学参数选择、地基基础的设计中,应该充分重视地区经验。

(3) 考虑地基、基础与上部结构的共同作用

地基、基础和上部结构是一个共同的整体,它们相互依存、相互影响。设计时应该充分考虑三者的共同作用。

(4) 施工质量的重要性

基础工程是隐蔽工程,正由于它是埋置于地下,往往被人们所忽视,基础工程存在问题的后期补救比上部结构困难得多,因此,基础工程的施工质量与上部结构一样,应受到足够的重视。

土力学与地基基础不仅要重视理论知识的学习,还要重视土工实验和工程实例的分析研究,只有通过土工实验,通过工程实例的分析,才能加深对土力学理论的认识,才能不断地提高处理地基基础的能力。土的种类很多,工程性质很复杂,重要的不是一些具体的知识,而是要搞清土力学中的一些概念,而不要死记硬背某些条文和数字。土力学是一门技术学科,重要的是要学会如何应用基本理论去解决具体工程问题。学习某种分析方法,不仅要掌握计算方法本身,而且要搞清分析方法所应用的参数及参数的测定方法,还要搞清它的适用范围。应用土力学解决工程问题要重视理论、室内外试验测试和工程经验三者相结合,在学习土力学基本理论时就要牢固建立这一思想。

第2章 土的物理性质与地基土分类

自然界中的土是由岩石经过长期的风化、搬运、沉积作用而形成的未胶结的、覆盖在地球表面的沉积物,土由固体颗粒(固相)、水(液相)和气体(气相)三者组成。土的物理性质主要取决于土的固体颗粒的矿物成分及大小、土的三相组成比例、土的结构及土的物理状态。土的物理性质在一定程度上影响着土的力学性质,是土的最基本的工程特性。

本章主要介绍土的成因与组成、土的物理性质指标、物理状态指标及地基土(岩)的工程分类。

2.1 土的成因与组成

2.1.1 土的成因

地壳表层的岩石长期暴露在大气中,经受气候的变化,会使岩石逐渐崩解,破碎成大小和形状不同的一些碎块,这个过程称为物理风化。物理风化后的产物与母岩具有相同的矿物成分,这种矿物称为原生矿物,如石英、长石云母等。物理风化后形成的碎块与水、氧气、二氧化碳等物质接触,使岩石碎屑发生化学变化,这个过程称为化学风化。化学风化改变了原来组成矿物的成分,产生了与母岩矿物成分不同的次生矿物,如黏土矿物、铝铁氧化物和氢氧化物等。动植物和人类活动对岩石的破坏,称为生物风化,如植物的根对岩石的破坏、人类开山等,其矿物成分未发生变化。

根据形成时土所经受的外力及环境的不同,土具有各种各样的成因,不同成因类型的沉积物,具有各自不同的分布规律和工程地质特征,下面简单介绍其中主要的成因类型。

1. 残积物

残积物是指残留在原地未被搬运的那一部分原岩风化剥蚀后的产物。残积物与基岩之间没有明显的界限,一般是由基岩风化带直接过渡到新鲜基岩。残积物的主要工程地质特征为:均质性很差,土的物理力学性质一致性较差,颗粒一般较粗且带棱角,孔隙度较大,作为地基易引起不均匀沉降。

2. 坡积物

坡积物是雨雪水流的地质作用将高处岩石风化产物缓慢地洗刷剥蚀,沿着斜坡向下逐渐移动,沉积在平缓的山坡上而形成的沉积物。坡积物的主要工程地质特征为:会发生沿下卧基岩倾斜面滑动;土颗粒粗细混杂,土质不均匀,厚度变化大,易引起不均匀沉降;新近堆积的坡积物土质疏松,压缩性较高。

3. 洪积物

洪积物是由暂时性山洪急洪夹带着大量碎屑物质堆积于山谷冲沟出口或山前倾斜平原而形

成的沉积物。洪积物的主要工程地质特征为:洪积物常呈现不规则交错的层理构造,靠近山地的洪积物的颗粒较粗,地下水位埋藏较深,土的承载力一般较高,常为良好的天然地基。离山较远地段的洪积物颗粒较细,成分均匀,厚度较大,土质较为密实,一般也是良好的天然地基。

4. 冲积物

冲积物是江河流水的地质作用剥蚀两岸的基岩和沉积物,经搬运与沉积在平缓地带而形成的沉积物。冲积物可分平原河谷冲积物、山区河谷冲积物和三角洲冲积物。冲积物的主要工程地质特征为:平原河谷冲积物包括河床沉积物、河漫滩沉积物、河流阶地沉积物及古河道沉积物等。河床沉积物大多为中密砂砾,承载力较高,但必须注意河流的冲刷作用及两岸边坡的稳定。河漫滩地段地下水埋藏较浅,下部为砂砾、卵石等粗粒土,上部一般为颗粒较细的土,局部夹有淤泥和泥炭,压缩性较高,承载力较低。河流阶地沉积物强度较高,一般可作为良好的地基。山区河谷冲积物颗粒较粗,一般为砂砾所充填的卵石、圆砾,在高阶地往往是岩石或坚硬土层,最适宜作为天然地基。三角洲冲积物的颗粒较细,含水量大,呈饱和状态,有较厚的淤泥或淤泥质土分布,承载力较低。

2.1.2 土的组成

在天然状态下,自然界中的土是由固体颗粒、水和气体组成的三相物质。固体颗粒构成土的骨架,骨架之间贯穿着孔隙,孔隙中填充有水和气体,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是固定不变的,而是随着周围环境条件的变化而变化。土的三相比例不同,土的状态和工程性质也不相同。若土位于地下水位线以下,则土中孔隙全部充满水时,称为饱和土;当土中孔隙没有水时,则称为干土;土中孔隙同时有水和气体存在时,称为非饱和土(湿土)。

1. 土的固体颗粒

土的固体颗粒是决定土的工程性质的主要成分,自然界中的土都是由大小不同的土颗粒组成,土颗粒的大小与土的性质密切相关。如土颗粒由粗变细,土的性质可由无黏性变为黏性,粒径大小在一定范围内的土,其矿物成分及性质都比较相近。因此,可将土中各种不同粒径的土位,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 2-1。表中按照界限粒径 200 mm、20 mm、2 mm、0.075 mm、0.005 mm 把土体分为 6 大粒组:漂石(块石)、卵石(碎石)、砾石、砂粒、粉粒和黏粒。土的颗粒级配是指工程上常以土中各个粒组成的相对含量(各个粒组占土粒总量的百分数)来表示土粒的大小及其组成情况。

表 2-1 粒组划分标准

粒 组 名 称	粒组范围/mm	粒 组 名 称	粒组范围/mm
漂石(块石)粗组	>200	砂粒粒组	0.075~2
卵石(碎石)粒组	20~200	粉粒粒组	0.005~0.075
砾石粒组	2~20	黏粒粒组	<0.005

确定各个粒组相对含量的颗粒分析试验方法可分为筛分法和密度计法两种,粗颗粒土用筛分法,细颗粒土用密度计法。筛分法是用一套不同孔径的标准筛把各种粒组分离出来,目前最小孔径的筛是 0.075 mm,筛分法适用于粒径小于等于 60 mm、大于 0.075 mm 的土。

根据颗粒大小分析试验结果,可以绘制颗粒级配曲线(图 2-1)。其横坐标表示粒径,由于土粒粒径相差悬殊,常在百倍、千倍以上,所以采用对数坐标表示;纵坐标表示小于其粒径的土含量(或累计百分含量),根据曲线的坡度和曲率可以大致判断土的级配状况。图 2-1 中曲线 *a* 平缓,则表示粒径大小相差较大,土粒不均匀,即为级配良好;反之,曲线 *b* 较陡,则表示粒径的大小相差不大,土粒较均匀,即为级配不良。

工程上常用不均匀系数 C_u 来反映颗粒级配的不均匀程度。

$$C_u = d_{60}/d_{10} \tag{2-1}$$

式中, d_{60} ——小于某粒径的土粒质量占土的总质量的 60% 时所对应的粒径,称为限定粒径;

d_{10} ——小于某粒径的土粒质量占土的总质量的 10% 时所对应的粒径,称为有效粒径。

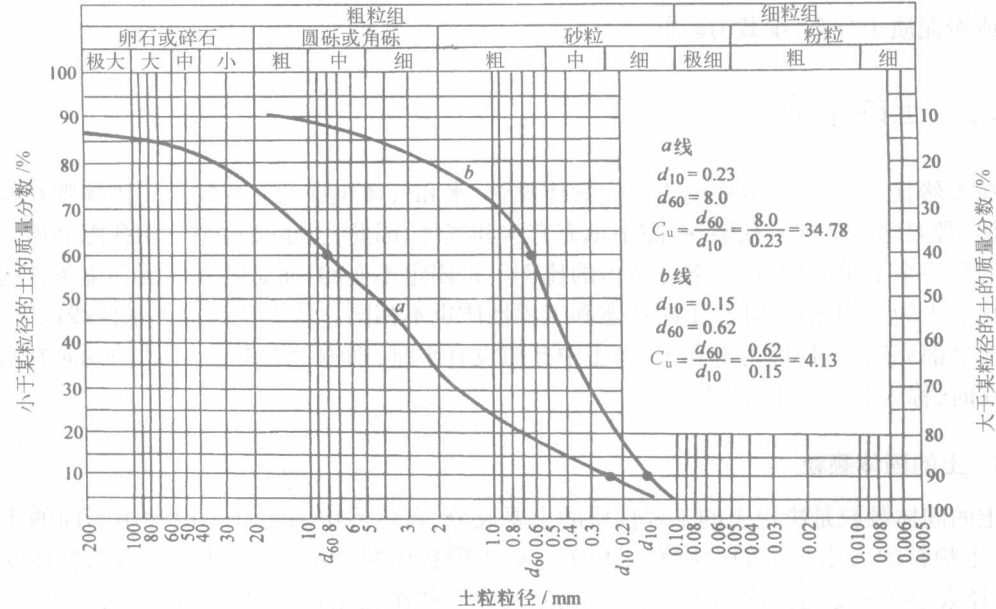


图 2-1 颗粒级配曲线

不均匀系数 C_u 反映大小不同粒组的分布情况, C_u 越大表示土粒大小的分布范围越大,其级配越良好,作为填方工程的土料时,比较容易获得较大的密实度。工程上一般把 $C_u \leq 5$ 的土称为级配不良的土; $C_u > 10$ 的土则称为级配良好的土。

2. 土中水

在自然状态下,土中都含有水,土中水与土颗粒之间的相互作用对土的性质影响很大,而且土颗粒越细影响越大。土中液态水主要有结合水和自由水两大类。

1) 结合水

结合水是指由土粒表面电分子吸引力吸附的土中水,根据其离土位表面的距离又可以分为强结合水和弱结合水。

强结合水是指紧靠颗粒表面的结合水,厚度很薄,大约只有几个水分子的厚度。由于强结合水受到电场的吸引力很大,故在重力作用下不会流动,性质接近固体,不传递静水压力。强结合水的冰点远低于 0°C ,可达 -78°C ,在温度达 105°C 以上时才能蒸发。

弱结合水是在强结合水以外,电场作用范围以内的水。弱结合水受颗粒表面电分子吸引力影响,但其力较小,且随着距离的增大逐渐消失而到自由水,这种水也不能传递静水压力,具有比自由水大的黏滞性,它是一种黏滞水膜,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,即弱结合水膜能发生变化,但不因重力作用而流动。弱结合水对黏性土的性质影响最大,当土中含有此种水时,土呈半固态,当含水量达到某一范围时,可使土变为塑态,具有可塑性。

2) 自由水

自由水是指存在于土粒电场范围以外的水,自由水又可分为毛细水和重力水。

毛细水是受到水与空气交界处表面张力作用的自由水。毛细水位于地下水位以上的透水层中,容易湿润地基造成地陷,特别是在寒冷地区还要注意因毛细水上升产生冻胀现象,地下室要采取防潮措施。

重力水是存在于地下水位以下透水层中的地下水,它是在重力或压力差作用下而运动的自由水。在地下水位以下的土,受重力水的浮力作用,土中的应力状态会发生改变。施工时,重力水对于基地开挖、排水等方面会产生较大影响。

3. 土中气体

土中气体存在于土孔隙中未被水占据的部位。土中气体以两种形式存在:一种与大气相通,另一种则封闭在土孔隙中与大气隔绝。在接近地表的粗颗粒中,土中孔隙的气体常常与大气相通,它对土的力学性质影响不大。在细粒土中常存在与大气隔绝的封闭气泡,它不易逸出,因此增大了土的弹性和压缩性,同时降低了土的透水性。

对于淤泥和泥炭等有机质土,由于微生物的分解作用,在土中蓄积了甲烷等可燃气体,使土在自重作用下长期得不到压密,从而形成高压缩性土层。

4. 土的结构

土的结构是指由土粒单元的大小、形状、表面特征、相互排列及其联结关系等因素形成的综合特征。一般可分为单粒结构(图 2-2)、蜂窝结构(图 2-3)和絮状结构(图 2-4)3 种基本类型。

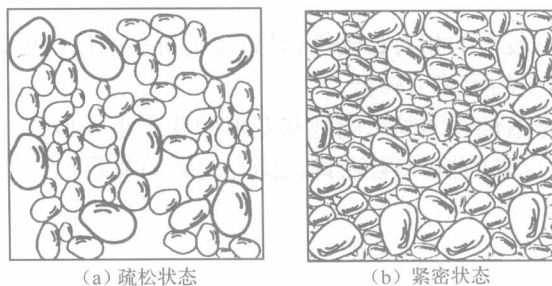


图 2-2 土的单粒结构