

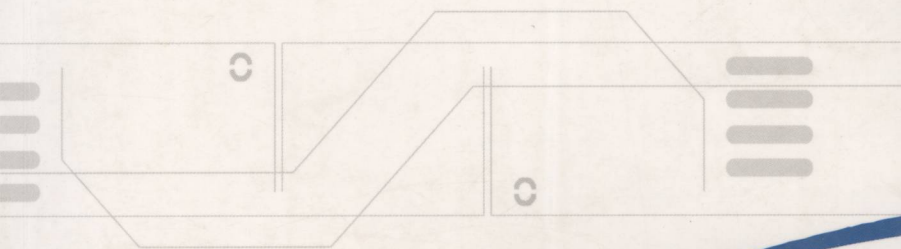


高职高专工程监理专业系列规划教材

GAOZHIGAOZHUAN

地基与基础

刘晓立 主编
杨建中 刘润 副主编



科学出版社
www.sciencep.com

内 容 简 介

本书共分十二章,主要内容包括绪论、土的物理性质及工程分类、土中应力计算、土的压缩性与地基沉降计算、土的抗剪强度与极限承载力、土压力与土坡稳定、地基勘察、浅基础设计、桩基础、基坑开挖与支护工程、区域性地基及软弱土地基处理。

本书可作为高职高专工程监理专业教材,亦可供相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础/刘晓立主编. —北京:科学出版社,2004
(高职高专工程监理专业系列规划教材)
ISBN 7-03-013916-X

I. 地… II. 刘… 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. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 070140 号

责任编辑:童安齐 沈 建/责任校对:张 琪
责任印制:吕春珉/封面设计:东方上林工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004年9月第一版 开本:B5(720×1000)
2004年9月第一次印刷 印张:21 1/2
印数:1—4 000 字数:430 000

定价 29.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

“土力学地基与基础”是土木工程监理专业的一门重要课程。随着科学技术的发展和国内外高层建筑的大量兴建,土力学理论和地基基础技术日益重要。本书在对以往教材进行改革的基础上,按照土木工程监理专业教学大纲的基本要求,结合实际工程中专业的最新动态,增加了工程实践方面的知识。

本书共分十二章,主要阐述了土的物理力学性质与工程分类、土中应力计算、地基变形计算、土的抗剪强度与极限承载力、土压力与土坡稳定、地基勘察、天然地基上的浅基础设计、桩基础与其他深基础简介、基坑工程、特殊土地基、地基处理等。本书采用了新修订的《建筑地基基础设计规范》(GJ50007-2002)以及其他岩土工程新规范、新规程和新标准,并结合高职高专教育的特点,突出了应用性和针对性。在编写过程中注重理论联系实际,强调应用,同时编入了较多的新技术和新方法。

本书编写分工如下:华北航天工业学院刘晓立编写第一章、第九章、第十章;平顶山工学院翟聚云编写第二章;广西建设职业技术学院赵振华编写第三章、第十一章;昆明冶金高等专科学校杨建中编写第四章;黄冈职业技术学院谭正清编写第五章;河北工程技术高等专科学校刘振京编写第六章;黄冈职业技术学院夏念恩编写第七章;天津大学刘润编写第八章;四川建筑职业技术学院袁萍编写第十二章。

本书由内蒙古包头钢铁公司设备动力部张威高级工程师主审。

由于作者的理论水平和实践经验有限,本书不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

前言

第一章 绪论	1
1.1 本课程的研究对象及研究内容	1
1.2 土力学地基与基础的学科地位	2
1.3 土力学地基与基础的学科发展方向	2
1.4 本学科的特点	3
1.5 本课程的学习方法	4
第二章 土的物理性质及工程分类	5
2.1 土的概念与基本特性	5
2.2 土的生成	5
2.3 土的三相组成及土的结构	8
2.4 土的三相比例指标.....	17
2.5 无黏性土的密实度.....	22
2.6 黏性土的物理特性.....	23
2.7 土的渗透性.....	27
2.8 土的压实原理.....	40
2.9 地基土(岩)的工程分类.....	43
思考题	49
习题	50
第三章 土中应力计算	52
3.1 土中自重应力.....	52
3.2 基底压力.....	54
3.3 土中附加应力.....	58
思考题	66
习题	66
第四章 土的压缩性与地基沉降计算	68
4.1 土的压缩性和压缩指标.....	68
4.2 地基沉降计算.....	74
4.3 饱和黏性土地基的渗透固结.....	83

4.4	建筑物沉降观测与地基容许变形值	89
	思考题	92
	习题	92
第五章	土的抗剪强度与极限承载力	95
5.1	概述	95
5.2	土的抗剪强度与极限平衡条件	95
5.3	土的抗剪强度试验	100
5.4	不同排水条件时剪切试验成果	104
5.5	地基的临塑荷载和界限荷载	105
5.6	按极限荷载确定地基承载力	108
	思考题	112
	习题	113
第六章	土压力与土坡稳定	115
6.1	概述	115
6.2	土压力的类型	116
6.3	朗肯土压力理论	118
6.4	库仑土压力理论	123
6.5	规范法确定土压力	129
6.6	特殊情况的土压力计算	130
6.7	挡土墙设计	137
6.8	加筋挡土墙简介	147
6.9	土坡稳定分析	152
	思考题	160
	习题	160
第七章	地基勘察	163
7.1	地基勘察的概述	163
7.2	验槽与基槽的局部处理	165
	思考题	167
	习题	167
第八章	浅基础设计	168
8.1	概述	168
8.2	常用的基础材料	169
8.3	常见的基础类型	172
8.4	基础埋置深度	178
8.5	基础底面尺寸的确定	184

8.6	无筋扩展基础的设计	190
8.7	墙下钢筋混凝土条形基础	193
8.8	柱下钢筋混凝土独立基础	196
8.9	柱下钢筋混凝土条形基础	207
8.10	十字交叉钢筋混凝土条形基础	214
8.11	筏板基础与箱形基础	217
8.12	减少建筑物不均匀沉降的措施	222
	思考题	226
	习题	226
第九章	桩基础	229
9.1	概述	229
9.2	桩的类型与特点	230
9.3	单桩竖向承载力	236
9.4	单桩竖向承载力计算	240
9.5	群桩承载力与变形	243
9.6	桩基础设计	249
9.7	桩基工程施工及质量检测	255
9.8	桩基工程验收	269
9.9	深基础简介	271
	思考题	275
	习题	275
第十章	基坑开挖与支护工程	277
10.1	概述	277
10.2	基坑支护结构类型	279
10.3	挡土结构上的水、土压力	283
10.4	基坑支护结构设计	285
10.5	基坑稳定性分析	288
10.6	基坑工程施工对环境的影响	295
10.7	施工与检测	296
	思考题	300
第十一章	区域性地基	301
11.1	软土地基	301
11.2	湿陷性黄土地基	304
11.3	膨胀土地基	306
11.4	红黏土地基	309

思考题.....	310
第十二章 软弱土地基处理.....	311
12.1 机械压实法.....	311
12.2 换土垫层法.....	314
12.3 排水固结法.....	317
12.4 土或灰土挤密桩法.....	321
12.5 砂石桩法.....	323
12.6 化学加固法.....	325
思考题.....	329
习题.....	329
参考文献.....	330

第一章 绪 论

1.1 本课程的研究对象及研究内容

与其他连续介质材料不同,土是由固体矿物、水和空气组成的。固体颗粒之间的联结强度远比颗粒本身强度小。土的颗粒之间有大量孔隙,因此具有散粒性、压缩性、土颗粒之间相对滑移性和透水性。任何建筑物都支承于地层上,受建筑物荷载影响的那部分地层称为地基。建筑物的下部通常要埋入地下一定深度,使之坐落在较好的土层上,建筑物向地基传递荷载的下部结构称为基础。建筑物的上部结构和地基基础是共同作用、相互影响的,在设计建筑物时,必须把这三部分统一起来全面考虑,从而得出最经济合理的方案。未经人工处理的地基,称为天然地基;如果地基软弱,其承载力及变形不能满足设计要求时,则要对地基进行加固处理,这种地基称为人工地基,如图 1-1(a)、(b)所示。

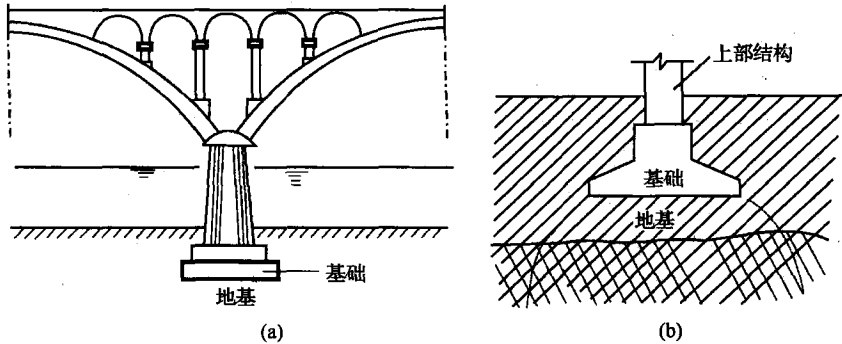


图 1-1 地基与基础

(基础根据埋深不同,分为浅基础和深基础。对一般房屋的基础,若土质较好,埋深通常不大于 $1\sim 5\text{m}$,可用简便的方法开挖基坑和排水,这类基础称为浅基础。如果建筑物荷载较大或下部地层较弱,需要把基础埋置于深处较好的地层,并需采用特殊的基础类型或特殊的施工方法,这种基础称为深基础。)

土力学地基与基础这门课程包括土力学及地基基础两部分。土力学是以土为研究对象,利用力学的一般原理,研究土的特性及其受力后应力、应变、渗透、强度和稳定性及其伴随时间变化规律的科学。它是力学的一个分支,是为解决建筑物的地基基础、土工建筑物和地下结构物的工程问题服务的。地基基础主要研究常见的

房屋、桥梁、涵洞等地基基础的类型、设计计算和施工方法。

1.2 土力学地基与基础的学科地位

土力学地基与基础是以工程地质学、钢筋混凝土结构学、建筑材料学、建筑力学以及建筑施工学等为学科基础知识,研究在各种可能荷载及其组合和工程地质条件下地基基础受力、变形和稳定性状的规律以及各种地基基础的设计、施工、检测与维护的专门学科。

本课程从学科体系上讲,既是土木工程学科中岩土工程和结构工程两个二级学科的重要组成部分,同时也与地下工程等学科紧密相关。土力学地基与基础在土木工程学科领域的重要性有以下几点。

(1) 国民经济和社会发展的要求

从我国的实际情况出发,城市建设向多层、高层和地下建筑发展是必然趋势。由于工程实践的迫切需要和信息技术的发展,基础的形式和施工方法不断创新,基础工程占工程总造价的比例也明显上升。为解决城市交通拥挤问题,许多城市都在规划修筑地下铁道或其他地下建筑物。因此,充分利用地下空间也是本学科的一个新领域。许多建筑物修建在填土、沿海和滨河的软弱土层上,使软弱地基处理技术得到迅速发展。

(2) 基础工程的费用

地基与基础是建筑物一个重要的组成部分,又属于地下隐蔽工程,它的质量好坏关系到建筑物的安全、经济和正常使用。由于基础工程在地下或水下进行,施工难度较大,造价、工期和劳动消耗量在整个工程中占的比例均较大。根据建筑物的复杂程度和设计施工合理性的不同,基础工程费用在建筑物的总造价中所占的比例将更大。实践证明,建筑物事故的原因很多与地基基础有关。地基基础一旦发生事故就不易补救。随着高层建筑的兴起,深基础工程增多,对地基基础的设计与施工提出了更高的要求。

(3) 基础工程设计的特殊性

由于地基土的复杂多变,基础工程设计一般没有标准图可供选用。因此具有全面掌握和正确应用土力学地基与基础的基本原理、方法和技术以解决工程实际中复杂多变的实际问题的能力是对土木工程设计、施工和管理者的一项基本而又重要的要求。

1.3 土力学地基与基础的学科发展方向

(1) 基础性状的理论研究不断深入

由于工程实践的迫切需要和信息技术的高速发展,计算机的有限元法、边界元

法等都在基础工程性状的分析中得到应用。土工离心机模型试验,已成为验证计算方法和解决土工问题的一个有利手段,土的本构模型也是基础工程分析中的一个重要组成部分。

(2) 现场原位测试技术和基础质量检测技术的发展

为了改善取样试验质量或进行现场施工检测,原位测试技术和发展有了很大发展,如旁压试验、动静触探、测斜仪、压力传感器和孔隙水压力测试仪等测试仪器和手段已被广泛应用。测试数据采集和资料整理自动化、试验设备和试验方法的标准化以及广泛采用新技术已成为发展方向。

(3) 高层建筑深基础继续受到重视

随着高层建筑修建数量的增多,各类高层建筑深基础大量修建,尤其是大直径桩墩基础、筏板带桩、箱基带桩等基础类型更受到重视。由于深基坑开挖支护工程的需要,如地下连续墙、挡土灌注桩、深层搅拌挡土结构、锚杆支护、钢板桩、土钉墙和沉井等地下支护结构的设计、施工方法都引起人们的极大的兴趣。

(4) 软弱地基处理技术的发展

由于土质条件的限制,许多建筑物不得不建造在比较松软的不良地基上。这类地基如不加特殊处理,很难满足上部建筑物对控制变形、保证稳定和抗震的要求。因此,各种不同类型的地基处理新技术因需要而产生和发展,成为岩土工程中的一个重要的专题。

地基处理的目的在于改善地基土的工程性质。地基处理的方法很多,每种方法都有其不同的加固原理和适用条件,在实际工程中必须根据地基土的特点选用最适宜的方法。

(5) 既有房屋增层和基础加固与托换

我国对于房屋的需求量今后较长时期内都会很大,目前国家资金困难,基本建设投资不会很多,为了满足当前的急需,对现有房屋的改建增层工作会日益增多,为此必须对已有建筑物的地基进行正确的评价,提出合理的承载力值,重视地基加固与托换技术的探讨与应用。

1.4 本学科的特点

土力学地基与基础课程,对于土木工程专业而言,是一门重要的专业课。地基基础是建筑物的根本,它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危。本学科涉及的内容广泛,综合性强,同时随着地区、土性的不同而变化较大,在许多情况下要因地制宜的处理问题,因而涉及的规范较多,只靠国家规定的标准是不够的,一些地区性的规范、规程和规定也是很重要的。

1.5 本课程的学习方法

应根据本课程的特点,牢固掌握土力学的基本概念和理论,掌握各类基础的基本类型和特点、基础设计计算的基本原则和基本原理,从而能够应用这些基本概念和原理,结合有关部门的力学和结构理论及施工知识,分析和解决地基基础问题。学习时应重视以下几方面。

(1) 重视工程地质勘察及现场原位测试方法

土力学计算和基础设计中所需的各种参数,必须通过土的现场勘察和室内土工试验测定。应学会阅读和使用工程地质勘察资料,并重视原位测试技术。

(2) 重视地区性工程经验

土力学地基与基础是一门实践性很强的学科,又由于土及土与结构物相互作用的复杂化,目前在解决地基基础问题时,还带有一定程度的经验性,因此本学科中有大量的经验公式。《建筑地基基础设计规范》(GB50007-2002)就是理论与经验的总结。

除了全国性的地基基础设计规范外,还有不少地区性的规范与规程。世界各国的规范,更是各不相同。学习时,必须仔细地分析各种公式的基本假定及其适用条件,并结合当地的实践经验加以应用。

(3) 考虑地基、基础和上部结构的共同工作

地基、基础和上部结构是一个统一的整体,它们相互依存,互相影响。设计时应考虑三者的共同工作。特别是在软土地基上的建筑物,考虑共同工作的整体分析表明,结构的应力、基础的内力甚至群体中各单体的分担作用,均与单一分析有很大的区别。共同工作分析结果接近实测的结果。目前,共同工作分析还没有在设计部门中普及,但它是设计的发展方向。

(4) 施工质量的重要性

基础工程是隐蔽工程,由于它深埋地下,往往被人们所忽视。但是,如果施工马虎,甚至偷工减料,必会酿成大祸。必须强调,基础工程的施工质量与上部结构一样,应受到足够的重视。

第二章 土的物理性质及工程分类

2.1 土的概念与基本特性

土是岩石经风化、搬运、沉积所形成的产物。不同的土其矿物成分和颗粒大小存在着很大差异，其土粒间的联结也比较微弱，土粒还可能与周围的水发生一系列复杂的物理、化学作用。因此，在外力作用下，土体并不显示出一般固体的特性，土粒间的联结也并不像胶体那样易于相对位移，也不表现出一般液体的特性。因此，在研究土的工程性质时，既有别于固体力学，也有别于流体力学。

土体的物理性质，如轻重、软硬、干湿、松密等在一定程度上决定了土的力学性质，它是土的最基本的特征。土的物理性质由三相物质的性质、相对含量以及土的结构构造等因素决定。在工程设计中，必须掌握这些物理性质的测定方法和指标间存在的换算关系，按有关特征及指标对地基土进行工程分类及初步判定土体的工程性质。

2.2 土的生成

构成天然地基的物质是地壳外表的土和岩石。地壳厚度一般为 30~80km，地壳以下存在着高温、高压的复杂的硅酸盐熔融体，即人们所说的岩浆。岩浆活动可使岩浆沿着地壳薄弱地带侵入地壳或喷出地表，岩浆冷凝后生成的岩石成为岩浆岩。在地壳运动和岩浆活动中，原来生成的各种岩石在高温、高压及挥发性物质的变质作用下，生成一种新的岩石，称为变质岩。地壳表层的岩石长期受自然界的空气、水、温度、周围环境以及各种生物的共同作用，发生风化，使大块岩石不断地破碎于分解，产生新的产物——碎屑。这些风化产物在山洪、河流、海浪、冰川或风力作用下，被剥蚀、搬运到大陆低洼处或海洋底部沉积下来。在漫长的地质年代中，沉积物越来越厚，在上覆压力和胶结物质的共同作用下，最初沉积下来的松散碎屑逐渐被压密、脱水、胶结、硬化（钙化）生成一种新的岩石，称为沉积岩。而上述过程中，未经成岩过程而形成的沉积物，即是通常所说的大小、形状和成分都不同的颗粒集合体——土。

风化分为物理风化和化学风化两种。长期暴露在大气中的岩石，受到温度、湿度变化的影响，体积经常膨胀、收缩，从而逐渐崩解、破裂为大小和形状各异的碎块，这个过程叫做物理风化。物理风化的过程仅限体积的改变，不改变颗粒的矿物

成分。其产物保留了原来岩石的性质和成分,称为原生矿物,如石英、长石和云母等。砂、砾石和其他粗颗粒土即无黏性土就是物理风化的产物。如果原生矿物与周围的氧气、二氧化碳、水等接触,并受有机物、微生物的作用,发生化学变化,产生出与原来岩石颗粒成分不同的次生矿物,这个过程叫做化学风化。化学风化所形成的细粒土颗粒之间具有黏结能力,该产物为黏土矿物,如蒙脱石、伊利石和高岭石等通常称为黏性土。自然界中这两种风化过程是同时或相互交替进行的。由此可见,原生矿物与次生矿物是堆积在一起的。这就是我们所见到的性质复杂的土。

土由于不同的成因而具有不同的工程地质特征,下面简单介绍几种主要类型。

1. 残积土

残积土是残留在原地未被搬运的那一部分原岩风化剥蚀后的产物(图2-1)。因未被搬运的颗粒棱角分明,残积土与基岩之间没有明显的界限,一般分布规律为,上部残积土、中部风化带、下部新鲜岩石。残积土中残留碎屑的矿物成分在很大程度上和下卧岩层一致,根据这个道理也可推测下卧岩层的种类。由于残积土没有层理构造,土的物理性质相差较大,且有较大的孔隙,作为建筑物地基容易引起不均匀沉降。

2. 坡积土

坡积土是降水水流的作用力将高处岩石风化产物缓慢冲刷、剥蚀,顺着斜坡向下逐渐移动,沉积指较平缓的山坡上而形成的沉积物。它分布于坡腰致坡脚,上部与残积土相接,基岩的倾斜程度决定了坡积土的倾斜度(图2-2)。坡积土随斜坡自上而下呈现由粗而细的分选现象,矿物成分与下卧基岩无直接关系,这一点与残积土不同。

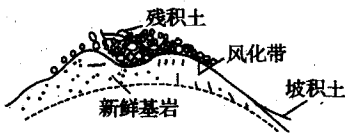


图 2-1 残积土示意图

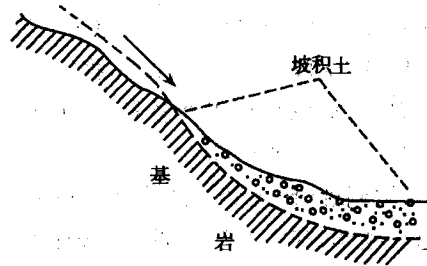


图 2-2 坡积土示意图

坡积土由于在山坡形成,故常发生沿下卧基岩斜面滑动的现象。组成坡积土的颗粒粗细混杂,土质不均匀,厚度变化大,土质疏松,压缩性较大。

3. 洪积土

降水造成的暂时性山洪急流,具有很大的剥蚀和搬运能力。它可以夹带地表大量碎屑堆积在山谷冲沟出口或山前平原而形成洪积土。山洪流出山谷后因水断面增大,流速骤减,被搬运的粗颗粒大量堆积下来,离山越远,颗粒越细,分布范围也越大(图 2-3)。

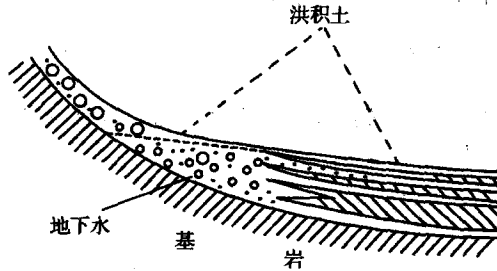


图 2-3 洪积土示意图

洪积土的颗粒虽因搬运过程中的分选作用而呈现由粗到细的变化,但由于搬运距离短,颗粒棱角仍较明显。由于靠近山地的洪积土颗粒较粗,承载力一般较高,属于良好的天然地基;离山较远的地段所形成的洪积土颗粒较细,成分均匀,厚度较大,这部分土分为两种情况,一种因受到周期性干旱的影响,土质较为密实,是良好的天然地基;另一种由于场地环境影响,地下水溢出地面,造成沼泽地带,因此承载力较低。

4. 冲积土

冲积土是流水的作用将河岸基岩及上部覆盖的坡积土、洪积土剥蚀后搬运、沉积在河道坡度较平缓的地带形成的。随着水流的急、缓、消失重复出现,冲积土呈现出明显的层理构造。由于搬运过程长,搬运作用显著,棱角颗粒经碰撞、滚磨逐渐形成亚圆形或圆形的颗粒。搬运距离越长,沉积的颗粒越细。

5. 其他沉积土

除上述几种沉积土之外,还有海洋沉积土、湖泊沉积土、冰川沉积土、海陆交互沉积土和风积土。它们分别由海洋、湖泊、冰川和风的地质作用而形成,下面仅介绍湖泊沉积土。

湖泊沉积土主要由湖浪冲积湖岸,破坏岸壁形成的碎屑组成。近岸带沉积的主要为粗粒土,远岸带沉积的是细粒土。近岸带有较高的承载能力,远岸带则差些。湖心沉积物是由河流和湖流夹带的细小颗粒达到湖心后沉积形成的,主要是黏土和淤泥,常夹有细砂、粉砂薄层,称为带状土。这种土压缩性高,强度低。

2.3 土的三相组成及土的结构

土是松散的颗粒集合体,它是由固体、液体和气体三部分组成(也称三相系)。固体部分即为土粒,它构成土的骨架,骨架中布满着许多孔隙,孔隙为液体和气体所占据。水及其溶液构成土中液体部分;空气及其他一些气体构成土中的气体部分。这些组成部分之间的数量比例关系和相互作用,决定着土的物理力学性质。

2.3.1 土的固体颗粒(固相)

土的固体颗粒组成土的骨架,其大小和形状、矿物成分及其组成情况是决定土物理力学性质的重要因素。

1. 土的矿物成分

土的矿物成分主要取决于母岩的成分及其所经受的风化作用。不同的矿物成分对土的性质有着不同的影响,其中细粒土的矿物成分尤为重要。

土的固体颗粒物质分为无机矿物和有机质。矿物颗粒的成分有两大类:①原生矿物。即岩浆在冷凝过程中形成的矿物,如石英、长石、云母等。由它们组成的粗粒土,例如漂石、卵石、圆砾等,都是岩石的碎屑,其矿物成分与母岩相同。由于颗粒大,比表面积(单位体积内颗粒的总表面积)小,与水的作用能力弱,故工程性质比较稳定。若级配好,则土的密度大,强度高,压缩性低。②次生矿物。原生矿物经风化作用后形成的矿物。它们的颗粒细小,成片状,是黏土固相的主要成分,其颗粒非常小,比表面积很大,与水的作用能力很强,能发生一系列的物理、化学变化。另外,对土的工程性质影响较大的,还有土粒粒间各种相互作用力的影响,而粒间的相互作用力又与矿物颗粒本身的结晶结构特征有关,也就是说,与组成矿物的原子和分子的排列有关,与原子分子的键力有关。

2. 土的颗粒级配

众所周知,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有密切的关系。但单一粒径存在的颗粒并不多见,绝大部分大小不同的颗粒是混杂在一起的,所以要判断土的性质,需对土的颗粒组成进行分析。

土粒由粗到细逐渐变化时,土的性质相应的变化,由无黏性变为有黏性,渗透性由大变小。粒径大小在一定范围内的土粒,其性质也比较接近,因此,可将土中不同粒径的土粒按适当的粒径范围分成若干小组,即粒组。划分粒组的分界尺寸称为界限粒径。表 2-1 是《建筑地基基础设计规范》使用的粒组划分方法。表中界限粒径为 200mm、20mm、2mm、0.075mm 和 0.005mm,土粒分成 6 组,即漂石(块石)颗粒、卵石(碎石)颗粒、圆砾(角砾)颗粒、砂粒、粉粒和黏粒。

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (2.1)$$

表 2-1 土粒的粒组划分

粒组名称		粒径范围/mm	一般特性
漂石或块石颗粒		>200	透水性很大,无黏性,无毛细水
卵石或碎石颗粒		200~20	
圆砾或角砾颗粒	粗	20~10	透水性大,无黏性,毛细水上升高度不超过粒径大小
	中	10~5	
	细	5~2	
砂粒	粗	2~0.5	易透水,当混入云母等杂物时透水性小,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
	中	0.5~0.25	
	细	0.25~0.1	
	极细	0.1~0.075	
粉粒	粗	0.075~0.01	透水性小;湿时稍有黏性,遇水膨胀小,干时稍有收缩;毛细水上升较大较快,极易出现冻胀现象
	细	0.01~0.005	
黏粒		<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;毛细水上升高度大,但速度慢

注: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)黏粒或称黏土粒、粉粒或称粉土粒;

3)黏粒的粒径上限也有采用0.002mm的。

土中所含各粒组的相对含量,以土粒总重的百分数来表示,称为土的颗粒级配。

土的各粒组含量可通过土的颗粒分析试验测定。根据颗粒大小分析实验结果,在半对数坐标纸上,以纵坐标表示小于某粒径颗粒含量占总土重的百分数,横坐标表示颗粒直径,绘出颗粒级配曲线(图 2-4)。由曲线的陡缓大致可判断土的均匀程度。如曲线平缓表示粒径大小相差悬殊,颗粒不均匀,级配良好;反之,曲线较陡,则颗粒均匀,级配不良。为了定量说明问题,工程中常用不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c 来反映颗粒级配的不均匀程度,即

$$C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \times d_{60}} \quad (2.2)$$

式中: d_{60} ——小于某粒径的土颗粒重量占总土重的 60% 时的粒径,该粒径称为限定粒径;

d_{10} ——小于某粒径的土颗粒重量占总土重的 10% 时的粒径,该粒径称为有效粒径;

d_{30} ——小于某粒径的土颗粒重量占总土重的 30% 时的粒径。

工程上对土的级配是否良好可按如下规定判断:

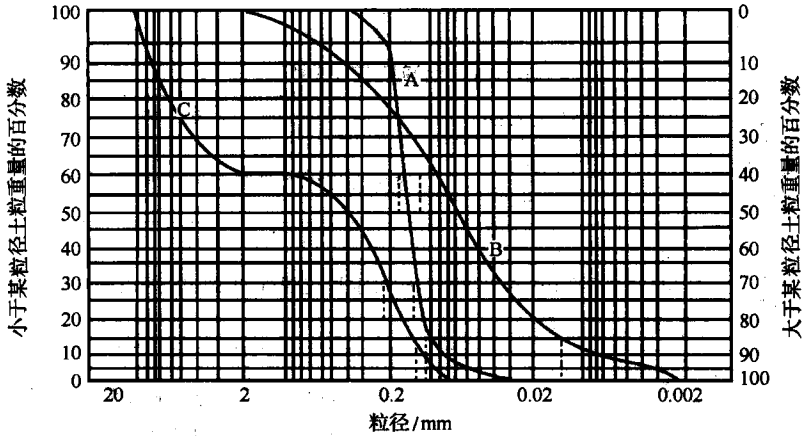


图 2-4 土的颗粒级配曲线

级配良好的土,大多数颗粒级配曲线主段呈光滑凹面向上的形式,坡度较缓,土粒大小连续,曲线平顺且粒径之间有一定的变化规律,能同时满足 $C_u > 5$ 及 $C_c = 1 \sim 3$ 两个条件,如图 2-4 中的 B 线所示。

级配不良的土,土粒较均匀,其颗粒级配曲线较陡;或土粒大小虽然不均匀,但也不连续,其颗粒级配曲线呈阶梯状(有缺粒段)。它们不能同时满足 $C_u > 5$ 及 $C_c = 1 \sim 3$ 两个条件,如图 2-4 中的 A、C 线所示。工程中级配良好的土作为填土用料时,比较容易获得较大的密实度。土的粒度成分见表 2-2。

表 2-2 土的粒度成分

土粒组成 / % 土样编号	粒径 / mm				d_{60}	d_{10}	d_{30}	C_u	C_c
	10~2	2~0.05	0.05~0.005	<0.005					
A	0	99	1	0	0.65	0.11	0.15	1.5	1.24
B	0	66	30	4	0.115	0.012	0.044	9.6	1.40
C	44	56	0	0	3.00	0.15	0.25	20	0.14

3. 颗粒分析试验

确定土中各个粒组相对含量的方法是土的颗粒分析实验。对于粒径大于 0.075mm 的粗粒土,可用筛分法。对于粒径小于 0.075mm 的细粒土,则可用沉降分析法。通常需上述两种方法联合适用。

1) 筛分法。将土样风干、分散之后,取具有代表性的土样倒入一套按孔径大小排列的标准筛,例如孔径为 200mm、20mm、2mm、0.5mm、0.25mm、0.075mm 的筛及筛底(图 2-5),经振摇后,分别称出留在各个筛及筛底上土的质量,即可求出各