

面向21世纪高职高专水利水电类规划教材

土力学

黄河水利职业技术学院 务新超 主编

TULIXUE



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

面向 21 世纪高职高专水利水电类规划教材

土 力 学

黄河水利职业技术学院
务新超 主编

江苏工业学院图书馆
藏书章



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书内容包括:土的物理性质及工程分类,土的渗透性,土体中的应力,土的压缩性及地基变形,土的抗剪强度与土坡的稳定分析,挡土墙及土压力,地基承载力,浅基础设计及软土地基处理,附录(土工试验指导书)。

本书在编写中力求反映新规范内容,反映新技术的应用,体现实践技能的培养。各章前有学习目标,各章后附有小结、思考题、练习题与答案,并在书后附有实验指导书,供学生实验和综合实践使用。

本书适于高职高专类水利水电工程专业、农田水利专业等相关专业教学使用,也可供有关专业工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学/务新超主编. —北京:中国水利水电出版社,
2005

面向 21 世纪高职高专水利水电类规划教材
ISBN 7-5084-3256-8

I. 土... II. 务... III. 土力学—高等学校:技术
学校—教材 IV. TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 105735 号

书 名	面向 21 世纪高职高专水利水电类规划教材 土力学
作 者	务新超 主编
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路 6 号 100044) 网址:www. waterpub. com. cn E-mail:sales@ waterpub. com. cn 电话:(010)63202266(总机)、68331835(营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京达卡展示设计有限公司
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 13.25 印张 314 千字
版 次	2005 年 9 月第 1 版 2005 年 9 月第 1 次印刷
印 数	0001—3100 册
定 价	25.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

本书系根据全国水利水电高职高专教研会制定的水利水电类各专业“土力学”教学大纲编写的。编写中考虑了水利水电专业发展的需要,体现了水利类高职高专专业特色,吸收了本学科工程技术的相应新规范。

考虑到高职高专学生的特点及培养目标的要求,在本教材中主要体现了以下特点:

(1)突出土力学概念、原理以及有关计算公式的应用条件,减少了公式繁琐的推导,加强工程应用内容,强调学生应用能力的培养。

(2)在每章后对有关知识作了小结,提出了相关问题,便于学生在学习过程中进行深思,以利于培养学生的学习能力。

(3)力求体现有关行业的岩土工程最新规范。教材吸收了国家以及水利、建筑、交通等行业颁布的最新规范,如《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)、《土工试验规程》(SL237—1999)、《公路土工试验规程》(JTJ051—93)等不同行业的最新技术规范。

(4)本书在处理与技术规范的关系时,对不同行业的工程技术规范进行归纳分类,以介绍普遍性为主,同时兼顾不同行业的特殊性。旨在使学生能灵活应用不同行业的规范,达到培养高职高专学生适应工程实践的能力。

(5)在每章前对本章内容提出学习目标,明确相应的知识点和具体要求,便于学生学习时掌握重点。

土力学是土木工程类各专业的技术基础课,本教材可用于水利水电、工业民用建筑、道路桥梁等专业的专科教学,也可以供各类土建工程施工、监理技术人员参考。

本课程理论教学学时为 50 学时,学时分配建议如下表。

章 序	教学内容	建议学时
0	绪论	1
1	土的物理性质及工程分类	9
2	土的渗透性	4
3	土体中的应力	6
4	土的压缩性及地基变形	6
5	土的抗剪强度与土坡的稳定分析	6
6	挡土墙及土压力	6
7	地基承载力	4
8	地基基础设计与地基处理	8
	总计	50

与本课程相配套的综合试验技能训练为1周,其训练项目包括:①土的密度和含水量试验;②*土粒比重试验;③**渗透试验(常水头、变水头);④**颗粒分析试验(筛分法、密度计法);⑤**液、塑限试验(联合测定、搓条法与圆锥仪法);⑥击实试验;⑦快速压缩试验;⑧直接快剪试验;⑨*三轴剪切实验。注:*为选做项目;**为任选一种实验方法的必做项目。

本书由黄河水利职业技术学院务新超副教授主编。参加本书编写的人员有:黄河水利职业技术学院副教授王玉珏(第一章、第八章第一节),黄河水利职业技术学院副教授务新超(第五章、第六章),开封黄河河务局工程师白洪林(第二章、第三章),开封黄河河务局工程师李琪(绪论、第四章、第七章),黄河水利职业技术学院助理实验师孙其龙(第八章第二节、第三节及附录)。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,敬请同行和广大读者予以批评指正。

编者

2005年5月于开封

目 录

前言

绪论	1
第一章 土的物理性质及工程分类	4
第一节 土的组成与结构	4
第二节 土的物理性质指标	9
第三节 土的物理状态指标	13
第四节 土的击实性	16
第五节 土的工程分类	18
小结	23
思考题	24
练习题	24
第二章 土的渗透性	26
第一节 达西定律	26
第二节 渗透系数的测定	28
第三节 渗流作用下土的应力状态	32
第四节 渗透变形	36
小结	41
思考题	41
练习题	42
第三章 土体中的应力	44
第一节 土的自重应力	44
第二节 基底压力	46
第三节 地基中的附加应力	49
小结	61
思考题	61
练习题	62
第四章 土的压缩性及地基变形	64
第一节 土的压缩性	64
第二节 地基最终沉降量的计算	69
第三节 地基变形与时间的关系	79
小结	84
思考题	85
练习题	85

第五章 土的抗剪强度与土坡的稳定分析	87
第一节 土的抗剪强度及其破坏准则	87
第二节 土的极限平衡条件	89
第三节 土的抗剪强度指标的测定	92
第四节 强度指标的表达式及指标的选用	98
第五节 土坡的稳定性分析	99
小结	106
思考题	107
练习题	107
第六章 挡土墙及土压力	109
第一节 挡土墙的土压力	109
第二节 朗肯土压力理论	112
第三节 库仑土压力理论	118
第四节 土压力计算的影响因素及减少土压力的措施	123
第五节 重力式挡土墙设计及新型挡土结构简介	125
小结	129
思考题	130
练习题	130
第七章 地基承载力	131
第一节 概述	131
第二节 按塑性开展区的范围确定地基承载力	133
第三节 按极限荷载确定承载力	136
第四节 按规范确定地基承载力设计值	142
小结	147
思考题	147
练习题	148
第八章 地基基础设计与地基处理	149
第一节 基础类型及设计原则	149
第二节 软土地基处理的一般方法	157
第三节 特殊土	161
小结	168
思考题	168
附录 土工试验	169
附一 土样制备	169
附二 含水率试验	172
附三 密度试验	174
附四 比重试验	175
附五 颗粒分析试验	177

附六	界限含水率试验	180
附七	击实试验.....	184
附八	渗透试验	186
附九	剪切试验.....	191
附十	固结试验.....	198

绪 论

一、土的概念及特点

地球表层多由岩石和土组成,未经风化的岩石,其矿物颗粒间有较强的连接,具有较高的强度、压缩性小、透水性弱,一般为坚硬的块体。而土是岩石风化的产物,是矿物颗粒的松散集合体。土的成土母岩不同,以及形成历史的不同,使得土体在自然界中的种类繁多、分布复杂、性质各异。由于土粒之间的连接强度远小于土颗粒自身的强度,故此土体常表现出散体性;由于土体之间的孔隙内存在水和空气,而常受外界温度、湿度及压力的影响,所以,土又具有多孔性、多样性和易变性等特点。

土与土木工程建筑有着密切的联系,工程中常将土作为地基(如房屋、水闸、码头、公路桥梁等);或作为建筑材料(如土坝、路基、堤防等);或作为建筑物周围环境(如隧道、涵洞、涵闸、运河以及其他地下建筑物)。因此,土的性质对建筑物有着直接的影响。

二、与土有关的工程问题

建筑物的下部结构称为基础,它将建筑物的荷载传给地基,起着中间的连接作用;基础下部的土层中,因修建工程建筑物而引起的应力增加值所不可忽略的部分土层,称为建筑物的地基,如图 0-1 所示。直接与基底接触并承受基底压力的土层称为持力层;下部的土层称为下卧层,下卧层中的软弱土层称为软弱下卧层。地基基础以及建筑物的上部结构三者相互作用、相互影响,构成一个共同工作的整体,在地基基础设计中,需将三者一同考虑。

建筑物在外荷载作用下,不仅要保证建筑物自身的强度和稳定性,还要求地基必须具有足够的强度和稳定性,并且不能产生过大的变形。在工程设计中,若缺乏对地基土性质的了解,或采用不规范的施工方法,往往会带来严重的后果。此外在建筑物施工期间以及正常使用时期的费用要尽可能减少。

我国连云港钢板桩码头的抛石棱体,1974 年发生多次滑坡,其主要原因是地基中有一层 5~6m 厚的淤泥层,且带有倾向外部的坡度,促成了滑坡产生,如图 0-2 所示;美国纽约水泥仓库、加拿大特朗斯康谷仓的倒塌破坏(图 0-3 所示),都是由于地基强度不足而引起的;而墨西哥市的艺术宫(图 0-4 所示)、原上海锦江饭店都是因地基产生过大的变形而影响了正常使用;意大利比萨斜塔(图 0-5 所示)、苏州虎丘塔、瑞典皇宫等工程均因地基不均匀沉降而导致严重倾斜;又如,软基高速公路的“桥头跳车”问题、软基处理问题、振动液化问题,以及水利工程的渗透稳定问题、土坝滑坡问题等都是与土有关的工程问题。

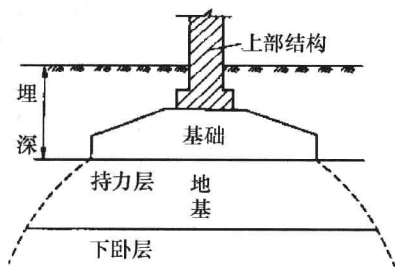


图 0-1 地基与基础示意图

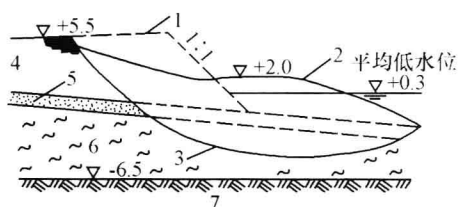


图 0-2 连云港钢板桩码头抛石棱体滑动示意图

1—原抛石棱体面;2—滑动后的地面;3—滑动面;
4—抛石;5—砂垫层;6—淤泥;7—硬土层

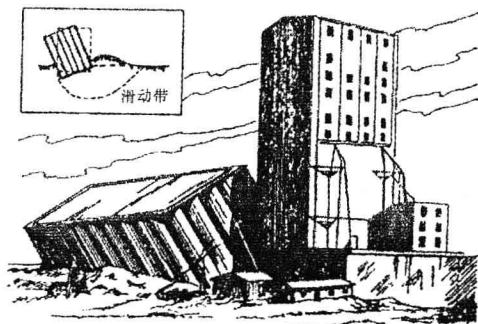


图 0-3 加拿大特朗斯康谷仓

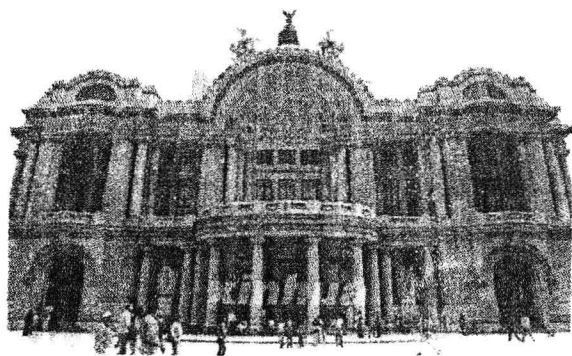


图 0-4 墨西哥市的艺术宫

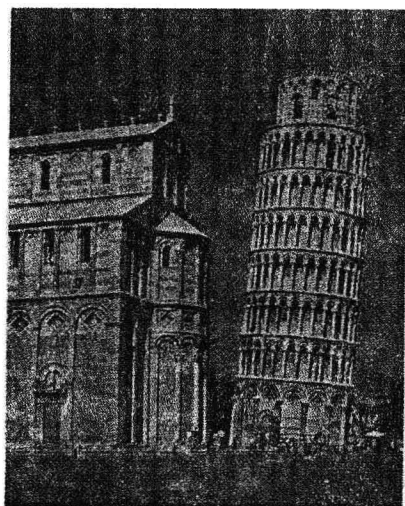


图 0-5 意大利比萨斜塔

三、土力学及其发展简史

土力学是利用力学知识和土工试验技术来研究土的强度、变形及其规律的一门科学。它是一门既古老又年轻的应用科学。古代人类兴建的大型水利工程、宫殿、庙宇、堤坝、桥梁以及灵巧的水榭楼台、巍峨的高塔、蜿蜒万里的长城、大运河等,都为本学科的发展积累了丰富的经验,奠定了古典土力学的基础。然而,这些仅限于工程实践经验,未能形成系统的理论。土力学的理论始于18世纪兴起工业革命的欧洲,随着大量建筑物的兴建,促使人们对土进行进一步的研究,并开始在经验的基础上作理论解释。经过17世纪、18世纪很多学者的研究,如法国的库仑(Coulomb. C. A)、达西(Darcy. H)、英国的朗肯(Rankine. W. J. M)等学者都为土力学的发展作出了大量的贡献,初步奠定了土力学的理论基础。至1925年美国著名科学家、土力学奠基人太沙基(K. Terzaghi)归纳了前人的成就,发表了《土力学》一书,比较系统地介绍了土力学的基本内容,土力学才成为一门独立的科学。20世纪60年代后期,由于计算机的产生、计算方法的改进与测试技术的发展以及本构模型的建立等,又迎来了土力学发展的新时期。现代土力学主要表现在一个模型(本构模型),三个理论(非饱和土的固结理论、液化破坏理论和逐渐破坏理论),四个分支(理论土力学、计算土力学、实验土力学和应用土力学)。其中,理论土力学是龙头,计算土力学是筋脉,实验土力学是基础,应用土力学是动力。未来人类的发展将面对资源与环境对人类生存的挑战,更多的各种岩土工程问题需要解决,青年学生、祖国的栋梁将要肩负起历史的重任。

四、土力学的研究内容与学习方法

土力学主要有以下三部分内容:一是土的基本性质,包括物理性质和力学性质;二是土体受力后的变形与稳定性问题;三是工程应用中的要求和措施,主要是地基设计与处理等。

土力学的学习包括理论、实验和经验。理论是土力学研究中的一些方法,理论研究中常作一些假设,学习中要重点掌握理论公式的意义和应用条件,明确理论的假定条件,掌握理论的适用范围。试验是了解土的物理性质和力学性质的基本手段,学习中要重点掌握基本的土工试验技术,尽可能多动手操作,从实践中获取认识,积累经验。经验在工程应用中是必不可少的,工程技术人员要不断从实践中总结经验,以便能切合实际地解决工程实际问题。学习土力学还要注意着重搞清基本概念,抓住中心内容,重点落实应用。

每一门课都有其特有的基本概念,对于这些基本概念要着重理解概念的含义和有关概念之间的关系,在理解的基础上尽可能熟记。土力学主要是解决工程中土体的稳定和变形问题,这就是本课程的中心内容。所以整个课程都是围绕这两个中心内容,学习时要找出各章之间的联系,明确学习的重点,做到凌而不乱,循序渐进。

第一章 土的物理性质及工程分类

学 习 目 标

1. 知识点与教学要求

(1) 土的组成。

掌握颗粒级配的概念、表达方法、评价指标和评价标准。理解土的粒组概念、划分标准及其颗粒分析方法,土中水的类型及其特点。了解土的矿物组成、特点,以及土中气体对土性质的影响,土的结构与灵敏度。

(2) 土的物理性质指标。

掌握土的各物理性质指标的概念及获取方法和相互间的关系。理解土的三相图。了解各物理性质指标在工程中的应用。

(3) 土的物理状态指标。

掌握现行规程中液限和塑限的测定方法,塑性指数、液性指数的概念及作用,掌握土体密实度的评价方法。理解粘性土的稠度、稠度状态及判别方法,砂土密实度的概念和评价方法。了解土的物理状态指标在工程中的应用。

(4) 土的击实性。

掌握粘性土击实试验的目的、方法以及成果的应用。理解粘性土击实性的影响因素。了解粘性土击实曲线与饱和曲线的关系,以及砂性土的击实特性。

(5) 土的工程分类。

掌握《99 规程》对土的分类定名方法。了解《建筑地基基础设计规范》(GB50009—2002)对土的分类方法。

2. 能力培养要求

(1) 能通过颗分试验绘出颗粒级配曲线,用颗粒曲线判别土的颗粒级配的优劣,能根据工程要求选择料场。

(2) 能测定土的物理性质指标和物理状态指标,进行有关指标的计算。

(3) 会根据击实试验成果确定压实参数,进行填土压实质量的检查。

(4) 能对土体分类定名。

第一节 土的组成与结构

天然状态的土一般为三相土,即由固体、液体和气体三部分组成,其中固相为土颗粒,它构成土的骨架,土骨架之间的孔隙被水和气体所填充。若土中孔隙全部由气体所填充时,称为干土;若孔隙全部由水所充填时,称为饱和土;若孔隙中同时存在水和气体时,称为湿土。饱和土和干土都是二相系,天然土体几乎不存在干土。

一、土的固相

土的固相是土中最主要的组成部分,它由各种矿物成分及有机质组成。土粒的矿物成分不同、粗细程度不同、形状不同,土的性质也不同。

1. 土的矿物成分和土中的有机质

土的矿物成分取决于成土母岩的成分以及所经受的风化作用,通常可分为原生矿物和次生矿物两大类。

岩石经物理风化作用后破碎形成的矿物颗粒,称原生矿物。原生矿物在风化过程中,其化学成分并没有发生变化,它与母岩的矿物成分是相同的。常见的原生矿物有石英、长石和云母等。岩石经化学风化作用所形成的矿物颗粒,称次生矿物。次生矿物的矿物成分与母岩不同。常见的次生矿物有高岭石、伊利石(水云母)和蒙脱石(微晶高岭石)等三大粘土矿物。

自然界的土,是岩石风化的产物,其颗粒大小的变化很大,相差极为悬殊,其矿物成分不同,性质也差别很大。通常把自然界的土颗粒按照颗粒大小划分为不同的粒组,如漂石或块石、卵石或碎石、砾石、砂粒、粉粒和粘粒等六大粒组(划分标准详见表 1-1)。

土中的有机质是在土的形成过程中动、植物的残骸及其分解物质与土混参沉积在一起经生物化学作用生成的物质,其成分比较复杂,主要是植物残骸、未完全分解的泥炭和完全分解的腐殖质。当有机质含量超过 5% 时,称为有机土。有机质亲水性很强,因此有机土压缩性大、强度低。有机土不能作为堤坝工程的填筑土料,否则会影响工程的质量。

2. 土的粒组划分

颗粒的大小及其含量直接影响着土的工程性质。例如颗粒较粗的卵石、砾石和砂粒等,其透水性较大,无粘性和可塑性;而颗粒很小的粘粒则透水性较小,粘性和可塑性较大。土颗粒的大小常以粒径来表示。土的粒径与土的性质之间有一定的对应关系,土的粒径相近时,土的矿物成分接近,所呈现出的物理力学性质基本相同。因此,通常将土的性质相近的土粒划分为一组,称为粒组。把土在性质上表现出有明显差异的粒径作为划分粒组的分界粒径。

建设部颁发的《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)和《岩土工程勘察规范》(GB50021—94)中粒组划分标准见表 1-1。水利部颁发的《土工试验规程》(SL237—1999)在砂粒组与粉粒组的界限上与上述规范的划分标准相同,但要将卵石粒组与砾石粒组的分界粒径改为 60mm,其粒组划分标准见表 1-2。交通部颁发的《公路土工试验规程》(JTJ051—93)中的粒组划分与水利部颁发的基本相同,只是将粉粒组与粘粒组的分界粒径改为 0.002mm 即可,其粒组划分标准见表 1-2。

表 1-1 GB50021—94 和 GB50007—2002 对土粒组的划分

粒组名称	漂石(块石)组	卵石(碎石)组	砾石组	砂粒组	粉粒组	粘粒组
粒组范围(mm)	>200	20~200	2~20	0.075~2	0.005~0.075	<0.005

表 1-2 SL237—1999 与 JTJ051—93 土的粒组划分

粒组统称	《土工试验规程》(SL237—1999)		《公路土工试验规程》(JTJ051—93)	
	粒组划分	粒组范围(mm)	粒组划分	粒组范围(mm)
巨粒组	漂石(块石)组	>200	漂石(块石)组	>200
	卵石(碎石)组	200~60	卵石(小块石)	200~60
粗粒组	砾粒 (角砾)	粗砾	粗砾	60~20
		中砾	中砾	20~5
		细砾	细砾	5~2
	砂粒	粗砂	粗砂	2~0.5
		中砂	中砂	0.5~0.25
		细砂	细砂	0.25~0.075
细粒组	粉粒	0.075~0.005	粉粒	0.074~0.002
	粘粒	<0.005	粘粒	<0.002

3. 土的颗粒级配

(1) 颗粒级配与颗粒分析。土中各粒组的相对含量用各粒组占土粒总质量的百分数表示,称为土的颗粒级配。颗粒级配是通过颗粒大小分析试验来测定的。土的颗粒大小分析试验,简称“筛分”试验。常用的“筛分”试验方法有筛分法和密度计法两种。

筛分法适用于粒径大于 0.075mm 的粗粒土,密度计法适用于粒径小于 0.075mm 的细粒土。密度计法是将一定质量的风干土样倒入盛水的玻璃量筒中,将其搅拌成均匀的悬液状。根据土颗粒的大小不同在水中沉降的速度也不同的特性,将密度计放入悬液中,测记 1min、5min、30min、120min 和 1440min 的密度计读数,然后通过公式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。

(2) 颗粒级配的评价。土颗粒大小分析试验的成果,通常在半对数坐标系中点绘成一条曲线,称为土的颗粒级配曲线,如图 1-1 所示,图中曲线的纵坐标为小于某粒径的质量百分数,横坐标为用对数尺度表示的土粒粒径。因为土中的粒径通常相差悬殊,横坐标用对数尺度可以把粒径相差悬殊的粗、细粒的含量都表示出来。

土中各粒组的相对含量为小于两个分界粒径质量百分数之差。图 1-1 中的曲线,对应各粒组的百分比含量分别为:砾(60~2mm)占 100% - 86% = 14%;砂粒(2~0.05mm)占 86% - 32% = 54%;粉粒(0.075~0.005mm)占 32% - 10% = 22%。

(3) 良好级配的判别。级配良好的土,粗细颗粒搭配较好,粗颗粒间的孔隙有细颗粒填充,易被压实到较高的密度。因而渗透性和压缩性较小,强度较大,所以颗粒级配常作为选择筑填土料的依据。为了定量地衡量土的颗粒级配是否良好,常用不均匀系数 C_u 和曲率系数 C_c 两个判别指标:

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

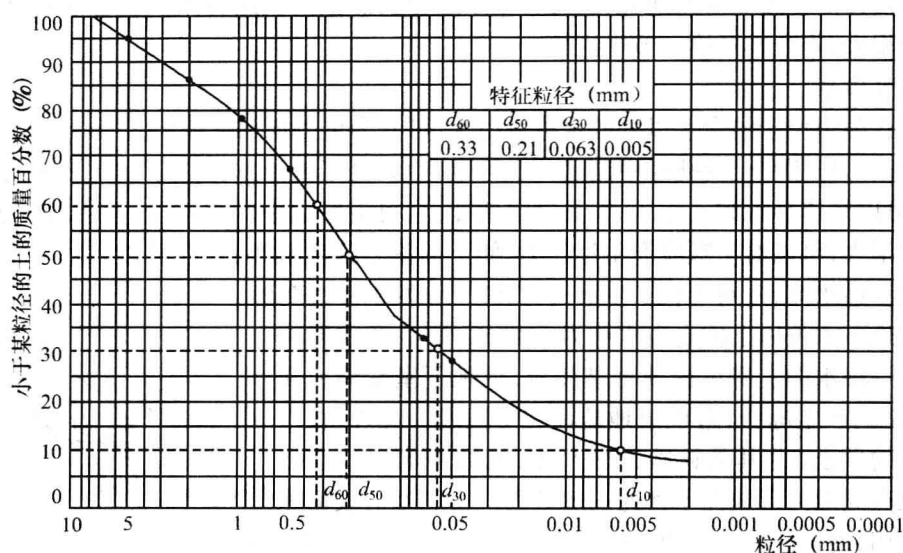


图 1-1 土的颗粒级配累计曲线

$$C_c = \frac{d_{30}^2}{d_{60}d_{10}} \quad (1-2)$$

式中 d_{60} 、 d_{30} 、 d_{10} ——颗粒级配曲线上纵坐标为 60%、30%、10% 时所对应的粒径, d_{10} 称为有效粒径, d_{60} 称为控制粒径。

工程上常将 $C_u < 5$ 的土称为均匀土, 把 $C_u \geq 5$ 的土称为不均匀土。曲率系数 C_c 是反映 d_{60} 与 d_{10} 之间曲线主段弯曲形状的指标。同时满足 $C_u \geq 5$ 和 $C_c = 1 \sim 3$ 的土称为级配良好。

二、土中的水

1. 结合水

研究表明, 大多数粘土颗粒表面带有负电荷, 因而围绕土粒周围形成了一定强度的电场, 使孔隙中的水分子极化, 这些极化后的极性水分子和水溶液中所含的阳离子 (如钾、钠、钙、镁等阳离子), 在电场力的作用下定向地吸附在土颗粒周围, 形成一层不可自由移动的水膜, 该水膜称为结合水, 结合水又可根据受电场力作用的强弱分成强结合水和弱结合水。

强结合水是指被强电场力紧紧地吸附在土粒表面附近的结合水膜。这部分水膜因受电场力作用大, 与土粒表面结合的十分紧密, 所以分子排列密度大, 其密度约为 $1.2 \sim 2.4 \text{ g/cm}^3$, 冰点很低, 可达 -78°C , 沸点较高, 在 105°C 以上才蒸发, 而且很难移动, 没有溶解能力, 不传递静水压力, 失去了普通水的基本特性, 其性质接近于固体, 具有很大的粘滞性、弹性和抗剪强度。

弱结合水是指分布在强结合水外围的结合水。这部分水膜由于距颗粒表面较远, 受电场力作用较小, 它与土粒表面的结合不如强结合水紧密。其密度约为 $1.0 \sim 1.7 \text{ g/cm}^3$, 冰点低于 0°C , 不传递静水压力, 也不能在孔隙中自由流动, 只能以水膜的形式由水膜较

厚处缓慢移向水膜较薄的地方,这种移动不受重力影响。弱结合水的存在对粘性土的性质影响很大,将在本章第三节中论述。

2. 自由水

土孔隙中位于结合水以外的水称自由水,可分为重力水和毛细水。

受重力作用在土的孔隙中流动的水称重力水,处于地下水位以下。重力水与一般水一样,可以传递静水和动水压力,具有溶解能力,可溶解土中的水溶盐,使土的强度降低,压缩性增大;可以对土颗粒产生浮托力,使土的重力密度减小;它还可以在水头差的作用下形成渗透水流,并对土粒产生渗透力,使土体发生渗透变形。

在地下水位以上的自由水称为毛细水。在工程实践中应注意毛细水的上升可能使地基浸湿,使地下室受潮或使地基、路基产生冻胀,造成土地盐渍化等问题。此外,在一般潮湿的砂土(尤其是粉砂、细砂)中,孔隙中的水仅在土粒接触点周围并形成互不连通的弯液面。由于水的表面张力的作用,使弯液面下孔隙水中的压力小于大气压力,因而产生使土粒相互挤紧的力,这个力称为毛细压力,如图1-2所示。由于毛细压力的作用,砂土也会像粘性土一样,具有一定的粘聚力,如在湿砂中能开挖一定深度的直立坑壁,一旦砂土处在干燥或饱和状态时,毛细现象便不存在,毛细水连接即可消失,直立坑壁就会坍塌,故又把无粘性土粒间的这种连接力称为“假粘聚力”。

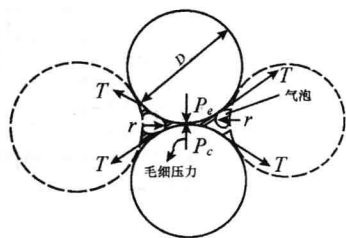


图1-2 毛细压力

三、土中的气体

土中的气体可分为与大气连通的气体 and 以气泡形式存在的封闭气体。封闭气体可以使土的弹性增大,延长土的压缩过程,使土层不易压实。此外,封闭气体还能阻塞土内的渗流通道,使土的渗透性减小。

四、土的结构

土的结构是指土粒或粒团的排列方式及其粒间或粒团间连接的特征,它与土的矿物成分、颗粒形状和沉积条件有关。通常土的结构可分为三种基本类型,即单粒结构、蜂窝结构和絮凝结构,如图1-3所示。

粗粒土(如砂土和砂砾石土等)由于其比表面积小,在沉积过程中,主要依靠自重下沉。下沉过程中的土颗粒一旦与已经沉积稳定的颗粒相接触,找到自己的平衡位置而稳定下来,就形成点与点接触的单粒结构。疏松排列的单粒结构,由于孔隙大,在荷载作用下,土粒易发生移动,引起土体变形,承载力也较低,特别是饱和状态的细砂、粉砂及匀粒粉土,受振动荷载作用后,易产生液化现象。

较细的土粒(主要指粉粒和部分粘粒),由于土粒细、比表面积大,粒间引力大于下沉土粒的重量,在自重作用下沉积时,碰到别的正在下沉或已经沉稳的土粒,在粒间接触点上产生连接,逐渐形成链环状团粒,很多这样的链环状团粒连接起来,形成孔隙较大的蜂窝结构。

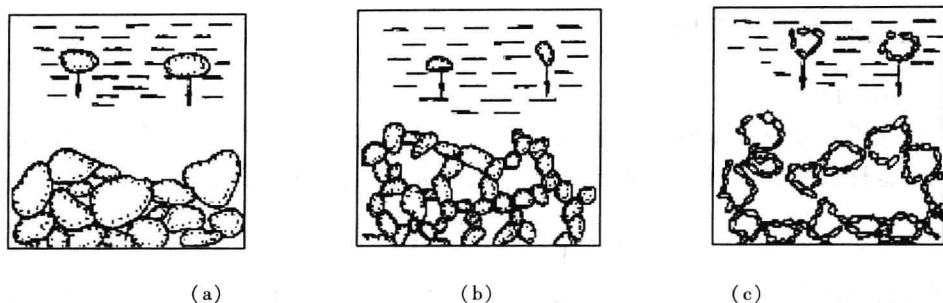


图 1-3 土的结构

(a) 单粒结构; (b) 蜂窝结构; (c) 絮凝结构

极细小的粘土颗粒($d < 0.002\text{mm}$), 能在水中长期悬浮, 一般不以单粒下沉, 而是聚合成絮状团粒下沉。下沉后接触到已经沉稳的絮状团粒时, 由于引力作用又产生连接, 最终形成孔隙很大的絮凝结构。

蜂窝结构和絮凝结构的特点都是土中孔隙较多, 结构不稳定, 相对于单粒结构而言, 具有较大的压缩性, 强度也较低。

第二节 土的物理性质指标

土中三相物质本身的特性以及它们之间的相互作用, 对土的性质有着本质的影响, 但土体三相之间量的比例关系也是一个非常重要的影响因素。如对于无粘性土, 密实状态强度高, 松散时强度低; 而对于细粒土, 含水少时硬, 含水多时则软。所以把土体三相间量的比例关系称为土的物理性质指标, 工程中常用土的物质性质指标作为评价土体工程性质优劣的基本指标。为了便于研究土中三相数量之间的比例关系, 常常理想地把土中实际交错混杂在一起的三相以图 1-4 的形式表示出来, 称为土的三相简图。

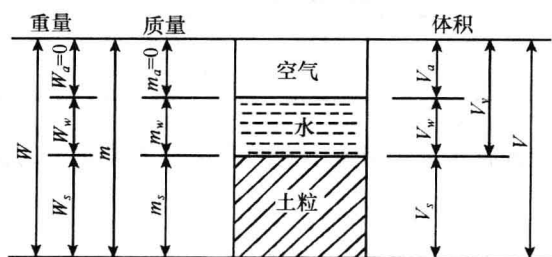


图 1-4 土的三相简图

图中各符号的意义如下:

W 表示重量, m 表示质量, V 表示体积。下标 a 表示气体, 下标 s 表示土粒, 下标 w 表示水, 下标 v 表示孔隙。如 W_s 、 m_s 、 V_s 分别表示土粒重量、土粒质量和土粒体积。图中有如下关系:

$$m = m_s + m_w, V = V_s + V_w。$$