



成人教育/网络教育系列规划教材

土力学

Tu Lixue

主编 张力霆
主审 李广信



人民交通出版社
China Communications Press

成人教育/网络教育系列规划教材

Tu Lixue

土 力 学

主 编 张力霆

副主编 汤劲松 李 强 王 扬

主 审 李广信

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为成人及网络教育系列规划教材之一。本书根据成人及网络教育土建类专业 40 学时土力学课程教学基本要求而编写。全书共分五章,系统地阐述了土的物理性质与工程分类、土中应力、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定等内容。

本书可作为成人及网络教育土建类专业的教材,也可作为高等院校土建类各相关专业的教材及全国注册土木工程师考试的参考书,同时可供有关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学 / 张力霆主编. --北京:人民交通出版社,
2013.5

ISBN 978-7-114-10546-3

I. ①土… II. ①张… III. ①土力学—成人教育—网
络教育—教材 IV. ①TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 073132 号

成人教育/网络教育系列规划教材

书 名:土力学

著 者:张力霆

责任编辑:付宇斌 贾秀珍

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:880×1230 1/16

印 张:10.5

字 数:265 千

版 次:2013 年 5 月 第 1 版

印 次:2013 年 5 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10546-3

定 价:22.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

成人教育/网络教育系列规划教材

专家委员会

(以姓氏笔画为序)

- | | |
|-----|-----------------|
| 王恩茂 | 兰州交通大学土木工程学院 |
| 任宝良 | 西南交通大学土木工程学院 |
| 吴力宁 | 石家庄铁道大学继续教育学院 |
| 宋玉香 | 石家庄铁道大学土木工程学院 |
| 张鸿儒 | 北京交通大学土木建筑工程学院 |
| 赵晓波 | 北京交通大学远程与继续教育学院 |
| 彭立敏 | 中南大学土木建筑学院 |
| 曾家刚 | 西南交通大学成人教育学院 |
| 韩 敏 | 人民交通出版社 |
| 雷智仕 | 兰州交通大学继续教育学院 |
| 廖 耘 | 中南大学继续教育学院 |

出版说明

随着社会和经济的发展,个人的从业和在职能力要求在不断提高,使个人的终身学习成为必然。个人通过成人教育、网络教育等方式进行在职学习,提升自身的专业知识水平和能力,同时获得学历层次的提升,成为一个有效的途径。

当前,我国成人及网络教育的学生多以在职学习为主,学习模式以自学为主、面授为辅,具有其独特的学习特点。在教学中使用的教材也大多是借用普通高等教育相关专业全日制学历教育学生使用的教材,因为二者的生源背景、教学定位、教学模式完全不同,所以带来极大的不适用,教学效果欠佳。总的来说,目前的成人及网络教育,尚未建立起成熟的适合该层次学生特点的教材及相关教学服务产品体系,教材建设是一个比较薄弱的环节。因此,建设一套适合其教育定位、特点和教学模式的有特色的高品质教材,非常必要和迫切。

《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家教育事业第十二个五年规划》都指出,要加大投入力度,加快发展继续教育。在国家的总体方针指导下,为推进我国成人及网络教育的发展,提高其教育教学质量,人民交通出版社特联合一批高等院校的继续教育学院和相关专业院系,成立“成人及网络教育系列规划教材专家委员会”,组织各高等院校长期从事成人及网络教育教学的专家和学者,编写出版一批高品质教材。

本套规划教材及教学服务产品包括:纸质教材、多媒体教学课件、题库、辅导用书以及网络教学资源,为成人及网络教育提供全方位、立体化的服务,并具有如下特点。

(1)系统性。在以往职业教育中注重以“点”和“实操技能”教育的基础上,在专业知识体系的全面性、系统性上进行提升。

(2)简明性。该层次教育的目的是注重培养应用型人才,与全日制学历教育相比,教材要相应地降低理论深度,以提供基本的知识体系为目的,“简明”,“够用”即可。

(3)实用性。学生以在职学习为主,因此要能帮助其提高自身工作能力和加强理论联系实际解决问题的能力,讲求“实用性”,同时,教材在内容编排上更适合自学。

作为从我国成人及网络教育实际情况出发,而编写出版的专门的全国性通用教材,本套教材主要供成人及网络教育土建类专业学生教学使用,同时还可供普通高等院校相关专业的师生作为参考书和社会人员进修或自学使用,也可作为自学考试参考用书。

本套教材的编写出版如有不当之处,敬请广大师生不吝指正,以使本套教材日臻完善。

人民交通出版社
成人教育/网络教育系列规划教材专家委员会
2012年年底

前 言

《土力学》是根据成人及网络教育土建类专业40学时土力学课程教学基本要求而编写的。本教材以“够用、实用、适用,适合自学”为编写原则,在总体编排上考虑知识的系统全面,而在知识点的介绍上又有相对的独立性,语言通俗易懂,例证丰富,既传授知识又传授学习方法,便于自学,充分体现了教材的系统性、完整性。

本书共分五章,主要内容包括土的物理性质与工程分类、土中应力、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。

本书由石家庄铁道大学张力霆任主编,汤劲松、李强、王扬任副主编。具体分工:第一、二章由张力霆编写,第三章由李强编写,第四章由汤劲松编写,第五章由王扬编写,全书由张力霆统稿。

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

张力霆
2012年10月

自学指导

课程性质:“土力学”是一门土木工程专业的必修课,属专业基础课。“土力学”所包含的知识既是土木工程专业学生必须掌握的专业知识,又是学习后面专业课程所必需的基础知识。

本课程的地位和作用:土力学是一门重要的专业基础课程,随后陆续开设的工程地质、桥梁工程、道路工程、地下工程、土木工程施工等课程,都要应用到土力学的相关知识,例如:土的生成与组成、地下工程支护、挡土墙土压力计算与设计等。通过该课程的学习,可以培养学生将相关的土力学理论有机地组织起来应用于专业技术领域、解决特定领域的实际工程问题的能力。

学习目的与要求:通过本课程的学习,使学生了解土的成因和分类方法,熟悉土的基本物理性质,掌握地基沉降、土的抗剪强度与地基承载力、土压力计算方法和土坡稳定分析方法、地基处理等计算与运用,掌握土工试验方法,达到能应用土力学的基本原理和方法解决实际工程中稳定、变形和渗流等问题的目的。通过本课程的学习,为后续工程地质、桥梁工程、地下工程等专业课程学习打下良好的基础。

为学好这门课程,应注意以下几点:

- (1) 深入理解基本概念和基础理论。
- (2) 注意学习内容的前后联系与区别。
- (3) 学会融会贯通,掌握解决某一类实际工程问题的普遍方法。
- (4) 注意理论联系实际,重视实际应用。

学习方法:

(1) 刻苦钻研,深入理解基础理论。土的物理性质与工程分类、土中应力、地基变形计算、土的抗剪强度、土压力是“土力学”这门学科的基础理论部分。本教材的地基承载力、土坡稳定、地基处理等章节是这些理论在特定领域的综合应用。在基础理论的学习中,应深入理解并掌握所涉及的基本概念和基础理论,在后续章节的学习中,除掌握特定领域的知识之外,还应注意基础理论内容在这些章节的具体应用,达到融会贯通的目的。

(2) 分类总结,熟练应用。在做题过程中,要注意总结各种计算问题的异同,将其分类整理,达到真正掌握的目的。例如:抗剪强度计算与地基承载力密切相关,土坡稳定又是土压力理论的具体运用,地基处理则是土力学在实际工程中的综合应用。因此,遇到类似问题时可立刻找到解决问题的思路。

(3) 摒弃不正确的生活经验,用所学理论解决问题。在学习过程中,你会发现自己的许多固有思维被颠覆,例如土体中的渗透水流一定是由高压区向低压区流动,可能是由上向下流动,也有可能是由下向上运移……当这种冲突发生时,一定要摒弃不正确的生活经验,用教材所介绍的理论科学地解答这些问题。当正确的观念形成后,你就可以主动发现生活中的问

2 土 力 学

题并尝试解答之。

(4) 深入学习, 锻炼综合解决问题的能力。教材只是列举少量经典例题说明一般性理论, 而实际工程问题的复杂度更高, 理论综合性更强, 因此决不能满足于掌握某些例题的解题方法和步骤, 只会解决与例题相近的某些习题。本教材每一章后面都设有难度不等的思考题和计算题, 应结合学习内容, 去做相应的习题, 旨在深入理解各种理论和计算方法的过程中, 培养自己综合分析解决工程计算问题的能力。

(5) 横向比较, 融会贯通。教材讲述了诸多基本概念和各类问题的计算方法, 要求学生不仅要掌握不同类型问题各自的解题思路, 同时还要将各种问题加以对比, 搞清楚各种解题方法的相同点和不同点, 做到融会贯通, 灵活地运用各种理论和方法来分析问题。

目 录

第一章 土的物理性质与工程分类	1
第一节 土的概念与基本特征	3
第二节 土的生成	3
第三节 土的组成	5
第四节 土的三相量比例指标	9
第五节 无黏性土的密实度	15
第六节 黏性土的稠度	16
第七节 土的压实原理	19
第八节 地基土(岩)的工程分类	21
本章小结	25
思考题	26
习题	26
第二章 土中应力	27
第一节 土中应力类型	29
第二节 土中自重应力	29
第三节 基底压力	31
第四节 土中附加应力	34
本章小结	52
思考题	52
习题	53
第三章 地基变形计算	55
第一节 土的压缩性	57
第二节 地基最终变形计算	62
第三节 土的渗透性与渗透变形	79
第四节 饱和黏性土的单向渗透固结理论	83
第五节 建筑物沉降观测与地基变形容许值	90
本章小结	93
思考题	93
习题	94
第四章 土的抗剪强度与地基承载力	95
第一节 土的抗剪强度与极限平衡理论	97
第二节 土的剪切试验	101
第三节 土的剪切特性	106

2 土 力 学

第四节 地基承载力	111
本章小结	120
思考题	121
习题	121
第五章 土压力与土坡稳定	123
第一节 土压力的种类与影响因素	125
第二节 静止土压力的计算	127
第三节 朗肯土压力理论	127
第四节 库仑土压力理论	132
第五节 特殊情况下的土压力计算	137
第六节 挡土墙稳定性分析	140
第七节 土坡稳定分析	147
本章小结	153
思考题	154
习题	154
部分习题参考答案	156
参考文献	157

第一章 DIYIZHANG

土的物理性质与工程分类



本章导读

土是地壳表层的岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积而形成的松散堆积物,由固体颗粒、液态水和气体共同组成的三相体系,不同于一般的工程材料。土的物理性质,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。因此,要深刻理解土的力学性质,首先必须了解并熟悉土的物理性质。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。

本章首先概要介绍土的生成,主要介绍土的三相组成物质的性质以及土的结构和构造,详细阐述了土的三相组成比例指标及土的物理状态指标,简要介绍了土的压实原理,介绍了土的工程分类方法。这些内容为土力学最基本的知识,是本课程后续知识的基础。



学习目标

1. 熟悉并掌握土的生成与组成的基本概念;
2. 熟练掌握并能熟练计算土的物理性质与物理状态指标;
3. 熟悉土的压实机理;
4. 了解并掌握土的工程分类。



学习重点

1. 土的物理性质与物理状态指标;
2. 土的工程分类。



学习难点

土的物理性质与物理状态指标



本章学习计划

内 容	建议自学时间 (学时)	学习建议	学习记录
第一节 土的概念与基本特征	0.5	掌握土的生成要点并熟知土的各组成部分	
第二节 土的生成	1		
第三节 土的组成			
第四节 土的三相量比例指标	2	1. 弄清楚哪些指标为直接测定指标； 2. 哪些指标为换算指标； 3. 掌握无黏性土密实度的定义	
第五节 无黏性土的密实度	0.5		
第六节 黏性土的稠度	1.0	1. 掌握黏性土的界定范围； 2. 掌握界限含水率的定义； 3. 能准确判断黏性土的状态； 4. 熟知最优含水率和最大干密度的工程意义	
第七节 土的压实原理	1.5		
第八节 地基土(岩)的工程分类	1.5		

第一节 土的概念与基本特征

土是岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积所形成的产物。不同类型的土,其矿物成分和颗粒大小存在着很大差异,颗粒、水和气体的相对比例也各不相同。

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,熟练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。

第二节 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、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称为岩浆岩。在地壳运动和岩浆活动的过程中,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,生成另外一种新的岩石,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,使大块岩体不断地破碎与分解,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,即是通常所说的颗粒大小、形状和成分都不相同的颗粒集合体——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,体积经常发生膨胀、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大小和形状的改变,而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,并受到有机物、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。

◆ 请练习[思考题 1-1]

土由于不同的成因而具有各异的工程地质特征。下面简单介绍几种土的主要类型。

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 1-1)。未被搬运的颗粒棱角分明。残积土与基岩之间



图 1-1 残积土示意图

4 土 力 学

学习记录

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,作为建筑地基容易引起不均匀沉降。

2. 坡积土

坡积土是由于自身重力或暂时性水流(雨水或雪水)的作用,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,至较平缓的山坡上而形成的堆积物。它分布于坡腰至坡脚,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 1-2)。坡积土随斜坡自上而下呈现水力分选现象,但层理不明显,其矿物成分与下卧基岩无直接关系,这一点与残积土不同。

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,因过水断面增大,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 1-3)。

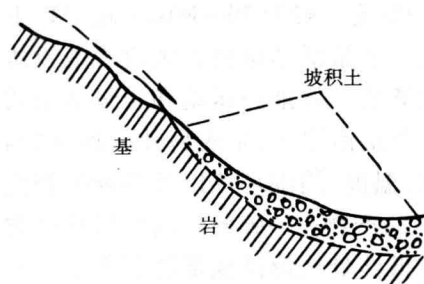


图 1-2 坡积土示意图

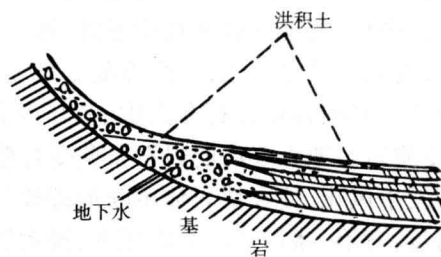


图 1-3 洪积土示意图

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,地下水溢出地表,形成沼泽地带,因此承载力较低。

4. 冲积土

冲积土是流水的作用力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、海陆交互相沉积土和风积土。它们分别由海洋、湖泊、冰川及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击湖岸,破坏岸壁形成的碎屑组成。近岸带沉积的主要为粗颗粒,远岸带沉积的是细颗粒。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到达湖心后沉积形成的,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。

第三节 土的组成

土是松散的颗粒集合体,它是由固体、液体和气体三部分所组成(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、气体所占据。水及其溶解物构成土中液体部分;空气及其他一些气体构成土中的气体部分。这些组成部分各自的性质、数量比例关系和相互作用,决定着土的物理力学性质。

◆ 请练习[思考题 1-2]

一、土的固体颗粒

1. 土粒的矿物组成

土中固体颗粒的形状、大小、矿物成分及组成情况是决定土的物理力学性质的主要因素。粗大颗粒往往是岩石经物理风化后形成的碎屑,即原生矿物;而细粒土主要是化学风化作用形成的次生矿物和生成过程中混入的有机物质。粗大颗粒均呈块状或粒状,而细小颗粒主要呈片状。土粒的组合情况就是大大小小的土粒含量的相对数量关系。

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。但在自然界中,以单一粒径存在的颗粒并不多见,绝大部分是大小不同的颗粒混杂在一起的,那么要判断土的性质,就需对土的颗粒组成进行分析。

土粒由粗到细逐渐变化时,土的性质相应发生变化,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界限粒径。表 1-1 是常用粒组划分方法,表中根据界限粒径 200mm、20mm、2mm、0.075mm 和 0.005mm 把土粒分成六大组,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。

土粒的粒组划分

表 1-1

粒组名称	粒径范围(mm)	一般特征
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
	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;毛细水上升高度较大较快,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,但速度较慢

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。

土中各粒组相对含量百分数称为土的颗粒级配。

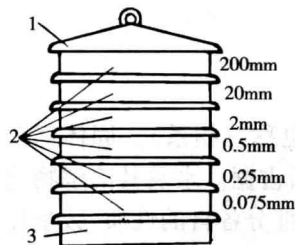


图 1-4 标准筛

1-筛盖;2-筛盘;3-底盘

土的各粒组含量可通过土的颗粒分析试验测定,方法如下: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 的筛及底盘,见图 1-4),经振摇后,分别称出留在各个筛及底盘上土的质量,即可求出各粒组相对含量的百分数。小于 0.075mm 的土颗粒不能采用筛分的方法分析,可采用比重计法测定其级配。

根据颗粒大小分析试验结果,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量的百分数,横坐标表示颗粒直径,绘出颗粒级配曲线(图 1-5)。由曲线的陡缓大致可判断土的均匀程度。

如曲线较陡,则表示颗粒大小相差不多,土粒均匀;反之,曲线平缓,则表示粒径大小相差悬殊,土粒不均匀。

◆ 请练习[思考题 1-3]

在工程中,采用定量分析的方法判断土的级配,常以不均匀系数 C_u 表示颗粒的不均匀程度,即:

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

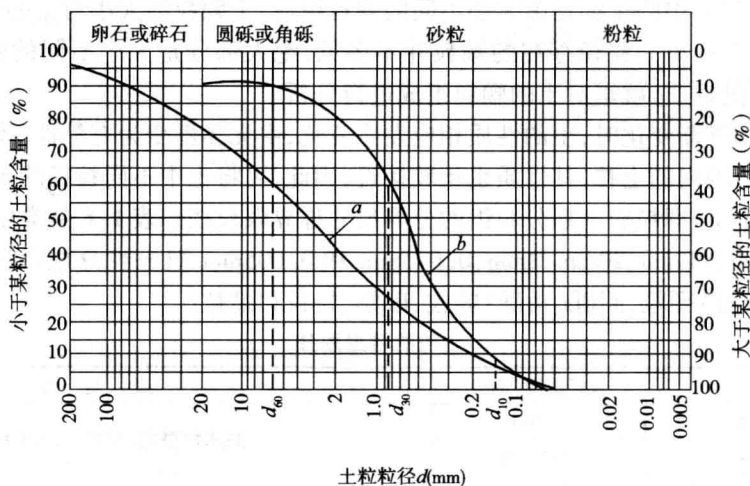


图 1-5 颗粒级配曲线

同时,以曲率系数 C_c 描述级配曲线的整体形状,即:

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

式中: d_{60} ——小于某粒径颗粒质量占总土粒质量 60% 时的粒径,该粒径称为限定粒径;

d_{10} ——小于某粒径颗粒质量占总土粒质量 10% 时的粒径,该粒径称为有效粒径;

d_{30} ——小于某粒径颗粒质量占总土粒质量 30% 时的粒径,该粒径称为连续粒径。

不均匀系数 C_u 反映颗粒的分布情况, C_u 越大,表示颗粒分布范围越广,越不均匀,其级配越好,作为填方工程的土料时,比较容易获得较大的干密度; C_u 越小,颗粒越均匀,级配不良。若曲率系数 C_c 在 1~3 之间,反映颗粒级配曲线形状没有突变,各粒组含量的配合使该土容易达到密实状态;反之,则表示缺少中间颗粒。工程中通常将满足不均匀系数 $C_u \geq 5$ 且曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$ 两个条件的

土称为级配良好的土,而不均匀系数 $C_u < 5$ 或曲率系数 $C_c \neq 1 \sim 3$ 的土称为级配不良的土。

颗粒级配可以在一定程度上反映土的某些性质。对于级配良好的土,较粗颗粒间的孔隙被较细的颗粒填充,颗粒之间粗细搭配填充好,易被压实,因而土的密实度较好,相应地基土的强度和稳定性也较好,透水性和压缩性较小,可用作路基、堤坝或其他土建工程的填方土料。

二、土中水

在天然情况下,土中常有一定数量的水。土中细粒越多,水对土的性质影响越大。对水的研究,包括其存在状态和与土的相互作用。存在于土粒晶格之间的水称为结晶水,它只有在较高的温度 ($> 105^\circ\text{C}$) 下才能化为气态水与土粒分开。从工程性质上分析,结晶水作为矿物的一部分。建筑工程中所讨论的土中水,主要是以液态形式存在着的结合水与自由水。

1. 结合水

结合水是指在电分子引力下吸附于土粒表面的水。这种电分子引力高达几千到几万个大气压,使部分水分子和土粒表面牢固地黏结在一起。这一点已被电渗电泳试验所验证。

黏土矿物由于土粒表面一般带有负电荷,围绕土粒形成电场,在土粒电场范围内的水分子和水溶液中的阳离子被吸附在土粒表面,原来不规则排列的极性水分子,被吸附后呈定向排列。在靠近土粒表面处,由于静电引力较强,能把水化离子和极性分子牢固地吸附在颗粒表面而形成固定层。在固定层外围,静电引力比较小,水化离子和极性水分子活动性比在固定层中大些,形成扩散层。由此可将结合水分成强结合水和弱结合水两种。

(1) 强结合水

强结合水是指紧靠土粒表面的结合水。它的特征是:没有溶解盐类的能力,不能传递静水压力,只有吸热变成蒸汽时才能移动。这种水分子极牢固地结合在土颗粒表面上,其性质接近固体,密度为 $1.2 \sim 2.4\text{g}/\text{cm}^3$,冰点为 -78°C ,具有极大的黏滞性、弹性和抗剪强度。如果将干燥的土放在天然湿度和温度的空间,则土的质量增加,直到土中强结合水达到最大吸着度为止。土粒越细,吸着度越大。黏性土只有强结合水存在时,才呈固体状态。

(2) 弱结合水

弱结合水紧靠于强结合水的外围形成一层结合水膜。它仍不能传递静水压力,但水膜较厚的弱结合水能向邻近较薄的水膜缓慢移动。当土中含有较多的弱结合水时,土具有一定的可塑性。因砂粒比表面积较小,几乎不具有可塑性。而黏性土的比表面积较大,含薄膜水较多,其可塑范围较大(图 1-6)。

随着与土粒表面距离增大,吸附力减小,弱结合水逐渐过渡为自由水。

2. 自由水

存在于土孔隙中颗粒表面电场影响范围以外的水称为自由水。它的性质和普通水一样,能传递静水压力和溶解盐类,冰点 0°C 。自由水按其移动所受作用力的不同分为重力水和毛细水。

(1) 重力水

重力水是在土孔隙中受重力作用能自由流动的水,具有一般液态水的共性,存在于地下水位以下的透水层中。重力水在土的孔隙中流动时,能产生渗透力,带走土中细颗粒,而且还能

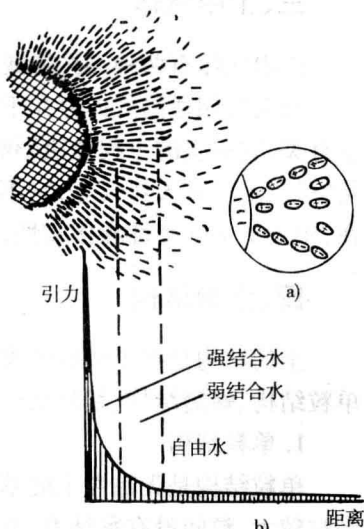


图 1-6 土中水示意图