

高等教育“十三五”规划教材

土力学

■ 主编 刘加冬 赵伏田



西北工业大学出版社
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

TULIXUE
土力学

主 编 刘加冬 赵伏田

西北工业大学出版社

【内容简介】 土力学是研究土的物理力学性质、土的渗流理论、土的压缩固结理论和强度理论的一门学科。本书共8章,主要包括土的基本性质、土的渗透特性、土中应力、土的压缩特性、土的抗剪强度、土压力、地基承载力、土坡稳定分析等内容。

本书可作为高等学校土木工程及相关专业的教学用书,也可作为从事相关工作人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土力学/刘加冬,赵伏田主编. —西安:西北工业大学出版社,2017.8

高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5612-5623-7

I. ①土… II. ①刘…②赵… III. ①土力学—高等学校—教材 IV. ①TU43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 220927 号

策划编辑:付高明 李栋梁

责任编辑:杨丽云

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.nwpup.com

印 刷 者:河南理想印刷有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:15.5

字 数:373 千字

版 次:2017 年 9 月第 1 版 2017 年 9 月第 1 次印刷

定 价:43.00 元

P 前言

REFACE

随着我国经济、社会的快速发展,社会对高校相关专业学生的应用能力和实践能力越来越重视,并提出了更高的要求。为此,高等教育已逐步由培养研究型人才向培养应用型人才和复合型人才转变,以适应经济、社会发展的需要。本书是根据培养创新型、应用型人才的特点和需要来编写的。

土力学是研究土的物理力学性质、土的渗流理论、土的压缩固结理论和强度理论的一门学科。它是广大高校中土木、水利、港航以及交通等专业的必修课程,与实际工程密切联系。该课程不仅可以为基础工程、地基处理、土木工程施工技术等后续专业课程提供基本原理和知识,还可以为从事岩土设计、土工测试和基坑与挡土墙施工等相关技术工作提供能力训练,对培养土木、水利、交通等方面的应用型人才具有非常重要的意义。

本书系统地阐述了土力学的基本原理和计算方法,简化复杂公式定理的推导过程,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,重点放在理论联系实际方面,增加大量的工程实例,突出实用性和可操作性,满足应用型人才的培养要求。为了便于学生自学和复习,本书在各章设计了章节学习目标、重点和难点以及章节小结,并安排了大量的思考题和习题,帮助学生理解各章节的知识点。在编著本书过程中,采用了国家和相关行业的最新规范和规程,参考了有关高等院校新编的同类教材,教学内容紧跟土木、水利、交通等行业最新动态。

本书由刘加冬(河海大学文天学院)、赵伏田(河海大学文天学院)担任主编,张成兴(许昌学院)、王永伟(黄河科技学院)、吴灵君(河海大学文天学院)、陈倩倩(河海大学文天学院)、郭一民(延安大学西安创新学院)担任副主编。具体编写分工如下:绪论由张成兴编写,第1章和第6章由刘加冬编写,第2章和第5章由吴灵君编写,第3章和第4章由陈倩倩编写,第7章和第8章由赵伏田编写。全书统筹和校对工作由刘加冬完成。

本书承蒙河海大学文天学院董事长朱洪高,上海交通大学徐永福教授审阅,两位提出的宝贵修改意见提高了教材质量,在此编者对其表示衷心的感谢。

由于水平有限,可能存在选材不当甚至内容错误等问题,欢迎读者不吝赐教,给予编者改进和更正的机会,将不胜感激。

编者

2017年7月

目 录

CONTENTS

绪论	1
0.1 学习本课程的目的	1
0.2 本课程的基本内容和学习要求	4
0.3 土力学的发展简史	5
第 1 章 土的基本性质	7
1.1 土的形成	7
1.2 土的组成	9
1.3 土的结构和构造	18
1.4 土的物理性质指标	20
1.5 土的物理状态指标	26
1.6 土的工程分类	33
本章小结	38
复习思考题	39
习题	39
第 2 章 土的渗透特性	41
2.1 概述	41
2.2 渗透规律	42
2.3 渗透系数的测定	45
2.4 二维渗流和流网	51
2.5 渗流力和渗透破坏	55
2.6 有效应力原理及其应用	62
本章小结	66
复习思考题	67
习题	67
第 3 章 土中应力	69
3.1 概述	69
3.2 土中的自重应力	70
3.3 基底压力	73
3.4 地基中附加应力的计算	79

本章小结	96
复习思考题	96
习题	97
第4章 土的压缩特性	99
4.1 概述	99
4.2 土的压缩试验与压缩性指标	100
4.3 单向压缩量公式	106
4.4 地基最终沉降量计算	107
4.5 应力历史对地基沉降的影响	117
4.6 地基变形与时间的关系	123
本章小结	130
复习思考题	130
习题	131
第5章 土的抗剪强度	134
5.1 概述	134
5.2 土的强度理论	135
5.3 抗剪强度指标的确定	141
5.4 砂性土的剪切性状	151
5.5 饱和黏性土的剪切性状	154
本章小结	164
复习思考题	165
习题	165
第6章 土压力	167
6.1 概述	167
6.2 静止土压力计算	169
6.3 朗肯土压力理论	171
6.4 库仑土压力理论	180
6.5 土压力问题的讨论	186
6.6 工程中挡土墙的设计与稳定性验算	187
本章小结	193
复习思考题	193
习题	193
第7章 地基承载力	195
7.1 地基承载力与破坏类型	195
7.2 按塑性区开展深度计算地基承载力	198
7.3 按理论公式确定地基极限承载力	201
7.4 确定地基承载力特征值	207
7.5 影响地基承载力的因素	210
7.6 地基承载力验算	212

本章小结.....	213
复习思考题.....	213
习题.....	214
第 8 章 土坡稳定分析	215
8.1 概述	215
8.2 无黏性土土坡稳定性分析	217
8.3 黏性土土坡稳定性分析	218
8.4 瑞典条分法	222
8.5 毕肖普条分法	228
8.6 非圆弧滑动面土坡稳定分析	231
8.7 土坡稳定分析讨论	234
本章小结.....	237
复习思考题.....	237
习题.....	238
参考文献	239

绪 论

0.1 学习本课程的目的

土是经历了漫长的地质作用和风化作用而形成的自然界产物,是覆盖在地球表面的颗粒堆积物,具有分散性、复杂性和易变性。各类建设工程均与土密切相关,在工程中,土常常扮演着三种角色:一是建(构)筑物的承载角色,如房屋、厂房、码头等各种类型建(构)筑物的地基,承受基础和上部结构荷载;二是工程材料角色,如用于土石坝、路堤等工程填筑,作为填筑材料;三是工程环境角色,如市政工程、房屋地下室、地铁等地下洞室周围的土体,铁路、厂房、住宅区等旁侧的土坡等。土的变形和稳定直接影响各类建设工程的安全与使用。因此,在设计任何建(构)筑物之前,必须对建(构)筑物的场地进行工程地质勘察,充分了解、研究土的成因及构造、土的物理力学性质等,调查该场地是否存在可能影响场地稳定性的不良地质现象。在工程建设时,必须密切结合土的实际性质进行设计和施工,预测因工程施工可能引起土性质的变异所带来的危害,并加以改良,保证工程不因土的变形或强度不足而影响其正常使用。

国内外工程因不重视对土的勘查和研究,导致与土有关的工程事故数不胜数。归纳起来,主要有以下类型:地基变形问题,土的强度问题,渗透问题等。

0.1.1 与土有关的变形问题

1. 地基过量沉降

西安某住宅楼位于西安市霸桥区,场地为Ⅱ级自重湿陷性黄土场地,建筑物长 18.5 m,宽 14.5 m,为六层砖混结构,基础采用肋梁式钢筋混凝土基础,建筑物修建以前对地基未做任何处理,由于地下管沟积水,致使地基产生湿陷沉降,在沉降发生最为严重的 5 天时间里,该建筑物的累计沉降量超过了 300 mm。后虽经对基础进行托换处理止住了建筑物的继续沉降,但过量沉降严重影响了该建筑物的使用功能,在门厅处形成了倒灌水现象,门洞高度严重不足,人员出入极不方便。

2. 地基不均匀沉降

比萨斜塔是意大利比萨城大教堂的独立式钟楼,位于意大利托斯卡纳省比萨城北面的奇



迹广场上。比萨斜塔从地基到塔顶高 58.36 m,从地面到塔顶高 55 m,钟楼墙体在地面上的宽度是 4.09 m,在塔顶宽 2.48 m,总重约 14 453 t,重心在地基上方 22.6 m 处。比萨斜塔 1173 年动工修建,设计为垂直建造,但是在工程开始后不久(1178 年),便由于地基不均匀和土层松软而倾斜,1372 年完工时塔身向东南方向倾斜。图 0-1 为意大利比萨斜塔倾斜情况图。

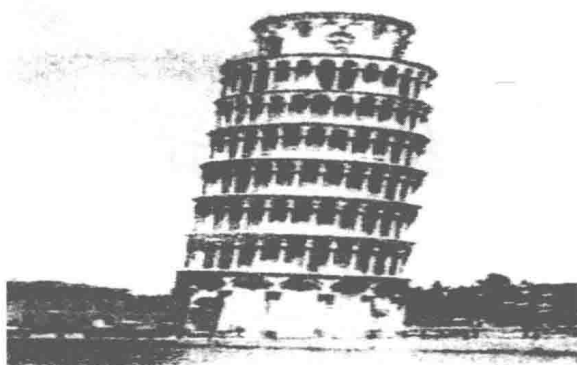


图 0-1 意大利比萨斜塔

0.1.2 与土有关的强度问题

1. 地基产生剪切破坏

加拿大特朗斯康谷仓由 65 个圆柱形筒仓构成,高 31 m,宽 23.5 m,其下为钢筋混凝土筏板基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达 16 m 的软黏土层,谷仓建成后初次储存谷物达 27 000 t 后,发现谷仓明显下沉,结果谷仓西侧突然陷入土中 7.3 m,东侧上抬 1.5 m,仓身倾斜近 27° 。图 0-2 是建于 1914 年的加拿大特朗斯康谷仓地基破坏情况图。

后查明谷仓基础底面单位面积压力超过 300 kPa,而地基中的软黏土层极限承载力才约 250 kPa,因此造成地基产生整体破坏并引发谷仓严重倾斜。该谷仓由于整体刚度极大,因此虽倾斜极为严重,但谷仓本身却完好无损。后于谷仓基础之下做了七十多个支承于下部基岩上的混凝土墩,使用了 388 个 50 t 千斤顶以及支撑系统才把仓体逐渐扶正,但其位置比原来降低了近 4.0 m。这是地基产生剪切破坏,建筑物丧失其稳定性的典型事故实例。

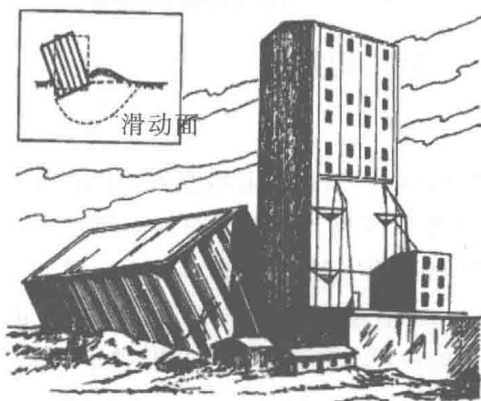


图 0-2 加拿大特朗斯康谷仓



2. 边坡产生滑坡

2015 年 12 月 20 日,位于深圳市光明新区的红坳渣土受纳场发生滑坡事故,造成 73 人死亡,4 人下落不明,17 人受伤(重伤 3 人,轻伤 14 人),33 栋建筑物(厂房 24 栋、宿舍楼 3 栋,私宅 6 栋)被损毁、掩埋,90 家企业生产受影响,涉及员工 4 630 人。事故造成直接经济损失为 8.81 亿元。图 0-3 是 12·20 深圳山体滑坡情况图。

该事故的直接原因:红坳受纳场没有建设有效的导排水系统,受纳场内积水未能导出排泄,致使堆填的渣土含水过于饱和,形成底部软弱滑动带;严重超量超高堆填加载,下滑推力逐渐增大、稳定性降低,导致渣土失稳滑出,体积庞大的高势能滑坡体形成了巨大的冲击力,加之事发前险情处置错误,造成重大人员伤亡和财产损失。



图 0-3 12·20 深圳山体滑坡事件

0.1.3 与土有关的渗透问题

Teton 坝位于美国 Idaho 州的 Teton 河上,是一座防洪、发电、旅游、灌溉等综合利用工程。大坝为土质肥心墙坝,于 1972 年 2 月动工兴建,1975 年建成。

水库于 1975 年 11 月开始蓄水,1976 年春季库水位迅速上升。6 月 5 日上午 7 点,右侧坝趾高程 1 537.7 m 处发现流混水,流量达 $0.56 \sim 0.85 \text{ m}^3/\text{s}$,在高程 1 585.0 m 处也有混水出露,两股水流有明显加大趋势。上午 10 点 30 分,有流量达 $0.42 \text{ m}^3/\text{s}$ 的水流自坝面流出,同时听到炸裂声。随即在坝下 4.5 m,在刚发现出水同一高处出现小的渗水。新的渗水迅速增大,并从与坝轴线大致垂直,直径约 1.8 m 的“隧洞”(坝轴线桩号 15+25)中流出。上午 11 点,在桩号 14+00 附近水库中出现漩涡。11 点 30 分,靠近坝顶的下游坝出现下陷孔洞。11 点 55 分,坝顶开始破坏,形成水库泄水沟槽。从发现流混水到坝开始破坏约经 5 h。溃坝过程如图 0-4 所示。该事故导致直接经济损失 8 000 万美元,起诉 5 500 起,花费 2.5 亿美元,造成 14 人死亡,60 万亩土地、32 千米铁路受损。

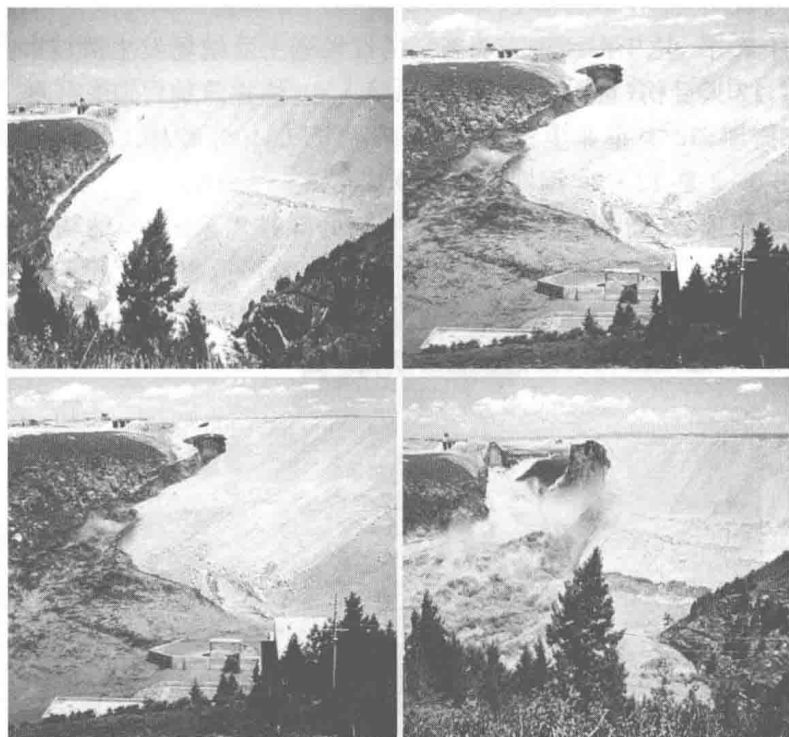


图 0-4 Teton 大坝溃坝过程

0.2 本课程的基本内容和学习要求

土力学以力学和工程地质学的知识为基础,研究土体在外力作用下的变形和强度特性,以及运用土的变形和强度理论分析建筑物的沉降和稳定问题。

土力学课程也是一门实践经验非常强的课程,需要理论、试验和工程实践等多方面知识的支撑和相互促进。学习本课程,一方面,要求通过室内实验、现场测试等手段来揭示土的力学行为,深入理解土的强度、压缩、渗透等理论;另一方面,通过学习土力学基本原理来解决工程实际问题。现将各章节学习内容和要求阐述如下。

第 1 章 土的基本性质。从工程地质的角度介绍了土的生成、土的组成、土的结构、土的物理性质和工程特性等,阐述了土的工程分类方法。本章要求:掌握土粒粒组划分、级配分析、土中水的类型、土的三相指标定义,评价无黏性土的密实程度,分析黏性土的状态,熟悉土的分类方法。

第 2 章 土的渗透特性。本章阐述了土的渗透性、流土、管涌等定义,达西定律,渗透实验,二向渗流,有效应力原理。本章要求:掌握达西定律、粗粒及细粒土渗透系数的测定方法,渗透变形,有效应力原理;了解二向渗流的特征,流网、有效应力原理的应用。

第 3 章 土中应力。本章阐述了自重应力、基底压力、基底附加应力、地基中的附加应力概念,自重应力、基础压力和地基中的附加应力的计算方法。本章要求:熟悉土的自重应力、附加应力等概念;掌握自重应力的计算、基础底面压力的简化计算、空间和平面问题下附加应力



的计算及其分布规律。

第4章 土的压缩特性。本章主要介绍了土的压缩性指标及其测定方法、应力历史对地基沉降的影响、地基最终沉降量的计算原理和规范法、解决饱和黏性土沉降与时间关系的一维固结理论。本章要求:掌握单向压缩原理,熟悉 $e-p$ 曲线、规范法等方法。

第5章 土的抗剪强度。本章主要介绍了土的强度理论与抗剪强度指标、土的极限平衡条件、土抗剪强度指标的测定方法,无黏性土与黏性土的剪切形状,三轴压缩试验中的孔隙应力系数。本章要求:掌握强度的概念、莫尔—库仑理论;熟悉剪切试验的方法和强度理论的应用;了解三轴试验中土的剪切性状。

第6章 土压力。本章主要介绍了土压力的形成过程、朗肯土压力理论和库仑土压力理论、重力式挡土墙的设计。本章要求:了解静止土压力、主动土压力、被动土压力的概念及发生条件;掌握朗肯土压力理论和库仑土压力理论;熟悉确定土压力类型、大小、合力作用点的方法;熟悉挡土结构物的设计和验算。

第7章 地基承载力。本章主要介绍了地基破坏的形式、特点及地基承载力的确定方法、浅基础的设计。本章要求:掌握地基的破坏形式;熟悉确定地基承载力的方法及其应用。

第8章 土坡稳定分析。本章主要介绍了土坡稳定的分析方法。本章要求:掌握无黏性土和黏性土土坡分析的原理;熟悉瑞典条分法、毕肖普条分法的应用。

为了学好本课程,应该注意以下几点。

(1)重点掌握本课程涉及的基本概念。主要包括土的结构、土的压实性、有效应力、前期固结应力、土压力、条分法、地基承载力等的基本定义,它们是土力学课程的最基本内容和进行学术交流的基本前提。

(2)熟悉土力学的基本理论。这些基本理论有土体抗剪强度理论、土体压缩与固结理论、土体渗流理论、有效应力原理等。

(3)注重理论联系实际。学习本课程,要弄清土力学的基本原理,重视现场观察与试验,不断熟悉各类试验的技术方法、适用范围和试验数据分析,为后续其他专业课的学习及从事土木、水利、交通等领域的技术工作奠定基础。

0.3 土力学的发展简史

土力学是一门古老而年轻的应用学科。它起源于人类生产生活所积累的经验,古时候人们就利用压实土料修筑堤坝防洪,利用夯实土作为建筑地基兴修各类工程,如我国长城、大运河、赵州桥等,国外的比萨斜塔等。但土力学成为一门完整的学科才有约 90 多年的历史。

土力学的发展始于 18 世纪的欧美国家,1773 年,法国的库仑(Coulomb)创立了著名的砂土抗剪强度公式,接着又提出了计算挡土墙土压力的滑动楔体理论。1869 年,英国的朗肯(Rankine)依据强度理论又从另一角度推导了土压力理论。1885 年,法国的布辛奈斯克(J. Boussinesq)求得了弹性半无限空间在竖向集中力作用下的应力与变形的理论解,为当时高层建筑的大量涌现引发的沉降问题的研究提供了必要的手段。1922 年法国的费伦纽斯(W. Fellenius)为了解决铁路塌方提出了土坡稳定分析方法。1923 年,K. 太沙基(Terzaghi)发表了著名的论文《黏土中动水应力的消散计算》,提出了土体一维固结理论,接着又在另一文献中



提出了著名的有效应力原理。1925年,K. 太沙基发表的世界上第一本《土力学》专著被公认为是土力学学科形成的标志。1963年,Roscoe发表了著名的剑桥弹塑性模型,提出第一个可以全面考虑土的压硬性和剪胀性的数学模型。

时至今日,伴随着工程建设事业突飞猛进的发展,土力学围绕从宏观到微观结构、本构关系与强度理论、物理模拟与数值模拟、测试与监测技术等方面取得了长足进展。电子技术的应用为这门学科注入了新的活力,实现了测试技术的自动化和理论分析的准确性,标志着本学科进入一个新的时期。

第 1 章 土的基本性质

本章学习目标

1. 了解土的形成;掌握土的组成,包括矿物成分、土粒大小形状、土中的水和气体等内容;掌握土的颗粒级配的含义及用途;了解土的结构和构造。
2. 掌握土的物理性质指标的定义、实验以及其换算方法。
3. 掌握土的物理状态指标、应用意义及其测定方法。
4. 熟悉土的工程分类。

本章重点与难点

本章重点是土的组成和结构、土的物理性质指标和土的物理状态;本章难点是三相指标的换算。

1.1 土的形成

土是岩石在风化作用下形成的大小、形状各异的颗粒,其在原地残留或经过搬运、堆积或沉积在地球表面。因此,土是松散颗粒的堆积物,是岩石风化的产物。

风化作用是指地表或接近地表的坚硬岩石、矿物与大气、水及生物接触过程中产生物理、化学变化而形成松散堆积物的全过程。根据风化作用的因素和性质可将其分为三种类型:物理风化作用、化学风化作用和生物风化作用。

(1)物理风化作用是指岩石经受风、霜、雨、雪的侵蚀,波浪的冲击、地震等力的作用,温度变化产生的不均匀胀缩和冻胀等作用使岩石产生裂隙、崩解碎裂成岩块、岩屑的过程。这种风化作用使岩石只发生机械破碎,改变其大小和形状,而不改变其矿物成分。

(2)化学风化作用是指地表岩石接触氧气、水和二氧化碳等物质,发生氧化、水化和碳化等作用,使其矿物成分和内部结构发生变化,将岩石分解为极细颗粒,生成新的矿物的过程。例如,赤铁矿中的主要成分 Fe_2O_3 与水接触将发生水化反应生成 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$,水化后的矿物



硬度一般都低于原来的无水矿物,这样就削弱了岩石抵抗风化作用的能力。这种风化作用不但改变了岩石的大小和形状,也改变了岩石的矿物成分。

(3)生物风化作用是指动物、植物和人类活动对岩石产生破坏的过程,它可以加速或促进物理和化学风化作用的进行。例如,植物根系生长过程中使岩石破碎;菌类、藻类及其他微生物等分泌出的有机酸,有利于分解岩石或吸取某些元素变成有机化合物。

在自然界中,岩石和土在不断进行着这三种风化作用,不同地区由于受到的主要风化作用不同,其矿物成分和工程性质也不同。

根据土在形成过程中堆积或沉积的条件通常把土分为残积土和运积土两大类。残积土是指岩石经风化后仍留在原地未经搬运的堆积物,如图 1-1 所示。残积土的厚度和风化程度主要取决于气候条件和暴露时间。在湿热地带,风化速度快,这里的残积土主要由黏粒组成,大多松软,性质易变,其厚度可达几米至几十米;在严寒地带,以物理风化为主,残积土主要由岩块和砂组成,性质稳定,且厚度不大。

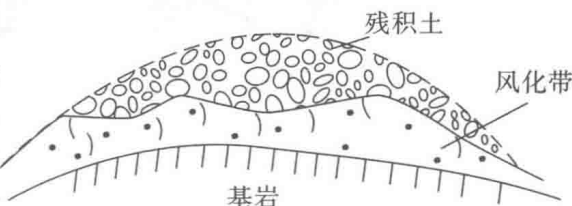


图 1-1 残积土

运积土是指岩石风化后经水流、风和冰川等动力搬运离开生成的所在区域后再沉积下来的堆积物。由于搬运的动力不同,常分为冲积土、风积土、冰川沉积土等。

冲积土是指在降雨形成的地表径流作用下冲刷、带动或搬运土粒,经过一段搬运距离后在较平缓的地带沉积下来的土层。由于流水所能带走土粒的最大尺寸与其流速的平方成比例,所以大小不同的土粒随着河流流速的改变堆积在不同的部位,这使冲积土有一定程度的颗粒分选和不均匀性。

风积土是由风力带动土粒经过一段搬运距离后沉积下来的堆积物,主要有砂土和黄土,常在干旱和半干旱地区大面积分布。风所能带走的颗粒大小取决于风速,颗粒的去向取决于风向,因此,风积土具有一定程度的颗粒分选,没有明显层理,颗粒以带角的细砂粒和粉粒为主,同一地区颗粒较均匀。

冰川沉积土是由冰川剥落、搬运形成的堆积物,也可称为冰积土。其中,几乎未经流水搬运直接从冰层中搁置下来的土称为冰碛土。冰碛土颗粒粒径范围变化较大,有巨砾、砾石乃至砂、粉砂、黏土等各种级别,分选性极差,以砾石为主,矿物成分与母岩基本一致。由于冰川搬运距离短,冰碛土中的砾石多数未经磨圆。冰碛土一般具有密度大、压缩性小、强度大等工程性质,因此可作为良好的建筑场地。由冰川融化水流搬运、堆积在冰层外围的冲积土称为冰水冲积土。冰水冲积土具有与河流冲积土类似的性质,通常由砾石、砂和粉砂组成,是优良的透水材料和混凝土骨料。

当经岩石风化形成的土中含有较高的有机质时,这种土称为有机土或有机质土,如沼泽土。沼泽土是在停滞或流动不畅的浅水地区,在条件合适的情况下植物和动物大量繁殖,由构造运动或环境变化使得大片植物和动物遗骸被水或土覆盖,随着时间的推移植物完全或部分分解并腐烂变质,从而形成的沉积物。充分腐化的土称为腐殖土,其年代较久。未完全腐化还保留有植物残余物的土称为泥炭土。泥炭土通常呈海绵状,干密度很小,含水率极高,土质十分疏松,因而其压缩性和灵敏度很高而强度很低。



1.2 土的组成

从土的形成机理可知,土的固体颗粒是由岩石风化后形成的松散堆积体,在固体颗粒之间存在相互连通的孔隙,孔隙通常由水和(或)气体充填,如图 1-2 所示。因此,土一般情况下是由固体颗粒、水和气体三部分组成的混合物,称土为三相系,其中土的固体颗粒称为固相,土体孔隙中的水称为液相,而孔隙中的气体则称为气相。

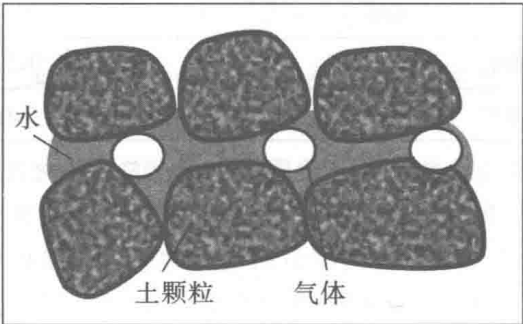


图 1-2 土的组成

土的固体颗粒互相联结或架叠构成土的骨架,当土骨架间的孔隙全部被水占满时,称为饱和土;当骨架间的孔隙仅存在气体时,就称为干土;一般在地下水位以上地面以下一定深度内的土的孔隙中同时含气体和水,此时的土体三相同时存在,称为湿土。组成土的三个部分即固体颗粒、水和气体所占的比例不同对土的工程性质的影响也不同。

1.2.1 土的固体颗粒

1.2.1.1 土颗粒大小与级配

自然界的土都是由大小不同的土粒组成的。土粒大小逐渐变化时,土的性质也相应地发生变化。工程中,要逐个研究土粒的大小是不可能的。通常把工程性质相近的一定尺寸范围的土粒划分为一组,称为粒组,并给以常用的名称。对粒组的划分,各个国家甚至一个国家中的各个部门都有不同的规定。表 1-1 为《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007)中规定的粒组划分情况。

表 1-1 国家标准规定的粒组划分

粒组	颗粒名称	粒径(d)的范围/mm
巨粒	漂石(块石)	$d > 200$
	卵石(碎石)	$200 \geq d > 60$