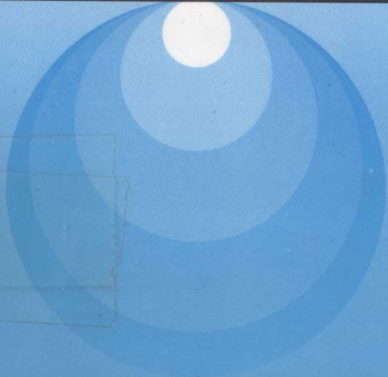
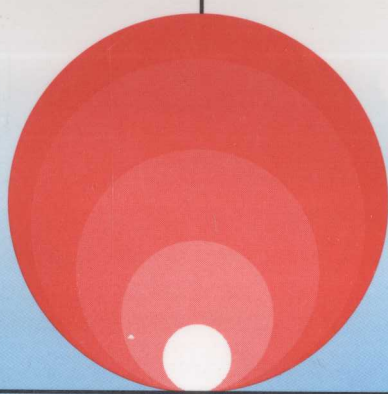


水利行业工人技术考核培训教材

BAGONG
TULIAO
SHIYAN
GONG

坝工土料 实验工

主编 邵奎兴



黄河水利出版社

水利行业工人考核培训教材(新)

编审委员会

坝工土料实验工

主任 杜彦明

主 编 邵奎兴

副主任 张蔚生 彭建明

编 委 倪文进 谈炳忠 徐泽林

郭国顺 吴中胎 陈东文

李清波 盛学品

黄河水利出版社

(豫)新登字 010 号

坝工土料实验工

邵奎兴主编

责任编辑:吕洪予

出版:黄河水利出版社

(地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层)

邮编:450003

印刷:黄河水利委员会印刷厂

发行:黄河水利出版社

开本:850mm×1168mm 1/32

版别:1997 年 8 月 第 2 版

印次:1997 年 8 月郑州第 2 次印刷

印张:3.125

印数:800—2000

字数:74.4 千字

ISBN 7-80621-079-2/TV·56

定价:13.10 元

水利行业工人考核培训教材

编 审 委 员 会

主 任 杜彦甫

副主任 张渝生 宁志泉 彭建明

编 委 倪文进 谈炳忠 徐泽林

郭国顺 吴中贻 陈东文

季诗政 盛学品

坝工土料实验工

会 员 委 审 编

主 编 邵奎兴

副主编 吴正爱 马玉华

咨 询 (以姓氏笔画为序)

马成奎 扬长江 徐文涛

审 定 (以姓氏笔画为序)

季诗政 林兰生 徐泽林

坝工土料实验工

邵奎兴 编

责任编辑：王 平

主 编：黄河水利出版社

(地址：河南省郑州市中州路1号黄河水利委员会出版部)

电话：410-57

印 刷：黄河水利委员会印刷厂

发 行：黄河水利出版社

开 本：630mm×1165mm 1/32

印 张：207年8月，第2版

次：1997年5月郑州第2次印刷

印 数：123

版 数：8001-2000

字 数：21.4千字

ISBN 7-80621-03-2/IV·16

定 价：11.00元

前 言

为了建立和完善水利行业工人考核培训体系,弥补新中国成立以来全国水利行业没有完整的、系统的工人培训教材的空白,我们组织水利行业一百多位专家学者编写了这套“水利行业工人考核培训教材”。本教材是依据劳动部、水利部联合颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准(水利)》规定的 32 个行业工种要求编写的,编写的内容与技术考核规范和试题库相结合,并在每一章后设有思考题,能够满足水利行业技术工人考核前培训和职业技能鉴定的需要。

教材分为通用教材和专业教材两大类。通用教材共 8 本,分别为:《水利工程施工基础知识》、《工程力学与建筑结构基础知识》、《地质与土力学基础知识》、《水工建筑物基础知识》、《水力学与水文测验基础知识》、《水利工程制图基础知识》、《机械基础知识》、《电工基础知识》,其内容主要侧重于为 30 本专业教材配套使用的基础理论知识;专业教材共 30 本,分别为:《开挖钻工》、《水工爆破工》、《锻钎工》、《坝工模板工》、《坝工钢筋工》、《坝工混凝土工》、《钻深灌浆工》、《喷护工》、《防渗墙工》、《砌筑工》、《坝工土料实验工》、《坝工混凝土实验工》、《水工泥沙实验工》、《水工结构实验工》、《混凝土维修工》、《土石维修工》、《闸门运行工》、《水工防腐工》、《水工监测工》、《河道修防工与防治工》、《渠道维护工》、《灌区供水工》、《灌溉试验工》、《泵站机电设备维修工与泵站运行工》、《灌排工程工》、《水文勘测工》、《水文勘测船工》、《水土保持防治

工》、《水土保持测试工》、《水土保持勘测工》，其内容包括各工种的初、中、高级工的专业知识和技能知识。两类教材均突出了水利行业专业工种的特点，具有专业性、权威性、科学性、整体性、实用性和相对稳定性。它包括了本行业技术工人考核晋升技术等级时试题的范围和内容，是水利行业各工种职业技能鉴定的必备教材。

本次教材编写时参照的技术规范或规定、标准等是以1995年7月底尚在使用的为准，涉及的个别计量单位虽属非法定单位，但考虑到这些计量单位与有关规定、标准的一致性和实际使用的现状，本次出版时暂行保留，在今后修订时再予改正。

编写全国水利行业统一的工人培训教材，对于我们来说尚属首次，曾得到了各级领导、有关专家及广大水利职工的关怀和支持。经过大家一年来的辛勤耕耘和不断探索，现已面世出版了，但由于它是一项新的工作、新的尝试，不足之处在所难免，希望大家在使用中提出宝贵意见，使其日臻完善。

水利行业工人考核培训教材

编审委员会

一九九五年七月

目 录

绪 论	(1)
第一章 土的物理性质及工程分类	(4)
第一节 土及其形成	(4)
第二节 土的组成	(6)
第三节 土的物理性指标及测试方法	(17)
第四节 土的物理状态指标及测试方法	(26)
第五节 土的工程分类	(31)
第二章 土的渗透性与渗透稳定	(39)
第一节 土中渗流与达西定律	(39)
第二节 渗透系数及渗透试验	(40)
第三节 渗透力及临界水力坡降	(44)
第四节 管涌与流土	(45)
第三章 土的压缩性与地基沉降	(49)
第一节 土的压缩性与压缩试验	(49)
第二节 影响土压缩性的因素	(51)
第三节 地基稳定沉降量的计算	(52)
第四节 有效应力与孔隙水压力	(54)
第五节 沉降与时间的关系	(55)
第四章 土的抗剪强度及土压力	(58)
第一节 基本概念	(58)
第二节 土的抗剪强度及其破坏准则	(59)
第三节 土的抗剪强度的测定	(65)
第四节 影响土的抗剪强度的主要因素	(71)
第五节 挡土墙土压力	(73)

第五章 填土的压实性	(85)
第一节 概述	(85)
第二节 粘性填土的压实性	(85)
第三节 无粘性填土的压实性	(89)

绪 论

一、土与土力学

地壳表面的岩石经过风化等多种因素的作用而形成的松散沉积物,在工程中称为土。由于土是由松散颗粒组成的,其间存在孔隙,孔隙一般由水和空气填充,所以土是土粒、水和空气组成的多相体,这是它的一种基本特征。

在工程建设中,特别是水利工程建设中,土被广泛用作各种建筑物的地基、材料和环境介质。如在土上修建房屋、堤坝、桥梁等,土被用作地基;修建土坝、路基等土工建筑物,土被用作建筑材料;在土层中修建涵洞、渠道、地下厂房,土就作为建筑物的环境介质。

由于土具有散粒性和孔隙性,所以土易透水,易变形,且强度也很低。因此,在水利工程建设中,提出了大量与土有关的工程技术问题,如水工建筑物的地基渗漏、渗透变形问题,沉降及稳定问题,土料的压实及挡土墙上的土压力问题等。在水利工程建设中,如果对上述问题考虑不周,解决不当,将会给工程造成浪费或带来危害。

土力学就是围绕上述迫切需要解决的问题,来研究土的物理力学性质、应力、变形、强度、稳定以及土压力等课题。对水工建筑物来说,还要研究地基及土方工程在渗流作用下的抗渗稳定问题。

二、土力学的特点和研究方法

由于土是一种复杂的多相体系,成土母岩的岩性千变万化,土在形成过程中又往往经过多次搬运和沉积,而且在搬运和沉积过程中风化作用仍然继续进行,所以土的种类繁多,分布复杂,性质

各不相同。甚至在同一地区或同一地点都可能埋藏有多种土层。土的性质又往往受外界的温度、湿度、压力、地下水位等条件的影响而发生很大的变化。因此在研究土的物理力学性质时,必须注意它的复杂性。

由于土的特殊性,它的力学性质与刚体、弹性体及流体等有所不同,一般连续体力学的规律在土力学中应结合土的特殊性具体运用,此外还要用专门的土工试验技术来研究土的变形、渗透等特殊性质。因此,土力学是利用力学知识和土工试验技术来研究土的强度和变形及其规律的一门学科。

土工试验技术是土力学不可分割的组成部分,它有以下两方面的作用。

一是它的工程实践作用。为了解决各种土工问题,提出了一些新的理论和设计方法,然而无论这些理论和方法如何先进、合理,要为工程实践所应用,如果没有测试手段的相应发展,则是不可能的。所以,土工测试技术是从根本上保证工程设计的精确性、代表性以及经济合理性的重要手段。

二是它在学科理论的研究与发展中起着决定性作用。如土的一维固结理论得到了主固结过程的解析解,同时还提出了次固结的概念,但是由于当时的试验手段落后,试验中无法准确划分主、次固结的界限。直至70年代,等梯度固结试验方法提出之后,才能够真正划分二者的界限。所以土工试验技术的发展带动了理论研究的进一步发展。

因此可以说,土工测试技术是以土力学理论为指导法则和服务对象的,而土力学理论又是以土工测试技术为试验依据和发展背景的。

本书作为水利系统坝工土料实验工的培训教材,要求学员必须掌握以下几方面内容:

(1)了解土的基本特性,掌握土工试验原理及相关仪器设备的

性能,能熟练进行有关的土工试验。对土的各种物理、力学性质指标应具有明确的概念。

(2)一般了解土在外荷作用下的应力、变形特性及渗透、压缩、固结、强度等基本概念。

(3)了解土力学在水工建筑设计中的应用及一般的设计计算方法等。

第一章 土的物理性质及工程分类

第一节 土及其形成

地球表面的整体岩石,在大气中经受长期的风化作用,形成形状不同、大小不一的细小颗粒,而这些颗粒又在不同的自然环境下堆积(或沉积)下来,即形成了通常所说的土。从上述土的形成来看,土即为松散颗粒的堆积物。

岩石的风化,一般可分为物理崩解和化学分解两个过程。物理崩解就是指由于地壳的构造变动、大气中的温度变化,以及水流、冰凌、波浪等的冲击作用,整体岩石碎裂成细小的岩屑或颗粒的过程。化学分解就是指岩石或经物理崩解以后的岩屑与大气中的各种气体、水以及各种水溶液相接触,起化学反应而进一步分解成更细小的颗粒的过程。从上述这两种风化作用可知,物理崩解仅引起量的变化,而化学分解则引起质的变化。一般来说,这两种风化过程是互相交错进行的。

岩石经风化作用形成细小的松散颗粒以后,由于它们的形成年代和沉积方式的不同,其工程性质有很大的差异。工程上遇到的大多数土都是在第四纪地质历史时期内形成的,而第四纪地质时代的土又可划分为更新世及全新世两类,见表 1-1。

表 1-1 第四纪地质时代的划分

纪(或系)	世(或统)	
第四纪(Q)	全新世(Q ₄)	
	更新世(Q _p)	晚更新世(Q ₃)
		中更新世(Q ₂)
		早更新世(Q ₁)

第四纪土由于其搬运或沉积方式的不同,又可分为残积土和运积土两大类。残积土就是指岩石表面经风化作用形成细小颗粒后,残留在原地的一种堆积物。这种土的特征是颗粒表面多棱角、粗糙,颗粒粗细不均(从大的碎块直至微细的胶粒),无层理。运积土就是指岩石经风化作用形成细小颗粒后,通过水流、冰川、风等动力搬运作用,离开原地而在他处沉积下来的堆积物。这种土的特征是颗粒表面圆浑、光滑,经过分选作用后,粒度变化小,有明显的层理。运积土根据其搬运的动力不同,可分为:

(1)坡积土——雨水或雪水挟带岩石风化后的细小颗粒在坡面或坡脚附近聚集起来的堆积物,或由于崩塌或滑坡在坡面或坡脚附近聚集起来的堆积物。坡积土的颗粒形状及大小变化大,其压缩性和强度也有很大差异。

(2)洪积土——由于山洪暴发,把原为残积或坡积的颗粒冲挟至山前沿途沉积而形成的堆积物。洪积土由于水流的冲刷、挟带,具有一定的分选作用,其性质随着距山区的远近有较大的差别。距山区较近的洪积土颗粒较粗,强度较高,压缩性较低;远者则反之。

(3)冲积土——由于江河水流搬运而形成的沉积物。它位于山区河谷的中下游或冲积平原上,其特征是有明显的分选性,层理清晰,多为砂与粘粒的交错层理,也可能存在砾石层。

(4)湖相或沼泽沉积土——在极为缓慢的水流或静水条件下所形成的沉积物。除了含有大量的微细颗粒外,常伴有有机质存在,形成了具有特殊性质的淤泥或泥炭,其含水量大,压缩性高,强度低。

(5)海相沉积土——由水流挟带到海水中沉积起来的堆积物。这种土的特征是含有有机质的混合物,以淤泥质为主,土质松软,含水量大,压缩性高,强度低。

(6)冰积土——由于冰川或冰水的挟带而形成的沉积物。这种土的粒度变化很大,以砾石为主,夹有砂和粘土,具有明显的层理。

麻土 (7) 风积土——由风力搬运形成的堆积物。我国西北的黄土是风积土的一种典型代表。另外,干旱地区的沙丘也属于风积土。这种土的特征是没有层理,颗粒均匀。

第二节 土的组成

从前述土的形成可知,土是由固体颗粒和颗粒之间的孔隙所组成的,而孔隙中通常又存在着水和空气,因此,土是固体颗粒、水和空气的混合物。我们常称土为三相体,其中土的颗粒称为固相,土孔隙中的水称为液相,而孔隙中的空气则称为气相。土的颗粒与颗粒之间的互相联结或架叠所构成的有机体称为土的骨架。根据研究,组成土的三部分即固相、液相和气相所占的比例不同而对土的工程性质有着很大的影响,其中影响最大的为固相,其次为液相。下面将分别介绍三相的属性及其对土的工程性质的影响。

一、土的固相

(一) 土粒及其矿物成分

土粒的形状极不规则,但总的来说,粗的呈粒状,微细的呈片状。工程上为了研究方便,通常把土粒假想为球体,并以球的直径来表征土粒的大小,该直径即称为土粒的粒径,以 d 表示。

土粒的大小与其矿物成分有关,土粒的矿物成分是决定土的性质的主要因素。矿物成分按其成因可分为两大类:

(1) 原生矿物,即母岩风化后化学成分尚未发生变化的矿物。常见的有石英、长石、云母等,它们大部分是物理风化的产物。

(2) 次生矿物,即母岩风化过程中新产生的矿物。其中数量最多的一种是粘土矿物,常见的有高岭石、伊利石和蒙脱石,它们是由各种硅酸盐矿物经化学风化作用分解形成的。如长石化学风化后经常形成高岭石,玄武岩风化后主要形成蒙脱石。还有一类次生

矿物,称为水溶盐,主要是由土中水溶液蒸发而沉淀充填在土孔隙内的可溶性卤化物,如硫酸盐及碳酸盐等,在土中构成不稳定的胶结物。常见的有氯化钙、石膏及碳酸钙等。

石英和长石呈粒状,是砾石、砂等无粘性土的主要矿物成分,强度很高。云母呈薄片状,强度很低,压缩性高,在外力作用下易变形。通常细砂及粉砂可能含有较多云母。含云母较多的土作为地基时,沉降量较大,承载力较低;作为筑坝土料时不易压实。

粘土矿物是组成粘性土的重要成分,颗粒极细,一般粒径都小于 0.005mm ,呈片状或针状,具胶体特性,亲水性强,与水相互作用形成粘性土的一系列特性,如可塑性、胀缩性等。不同类型的粘土矿物,亲水性和胶体特性的强弱也有差异,其强弱的顺序为:蒙脱石>伊利石>高岭石。

水溶盐矿物种类很多,按其溶解度可区分为难溶盐、中溶盐和易溶盐三类。难溶盐主要是碳酸钙(CaCO_3),中溶盐常见的是石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$),易溶盐常见的是各种氯化物(如 NaCl 、 KCl 、 CaCl_2)以及易溶的钾与钠的硫酸盐和碳酸盐等。这些盐类因具有可溶性,对土的性质影响极大。土中的水溶盐溶解并溶滤(被渗流带走)后,会导致地基或土坝坝体发生集中渗流、不均匀沉降以及强度降低。例如某些粘土,当所含石膏溶滤后,其压缩性可能增大一倍,强度也相应降低。因此,通常规定筑坝土料的中、易溶盐单独含量或两者含量的总和不超过 8%。水工建筑物地基的水溶盐含量如果较高,必须采取适当的防渗措施,以防流失。

(二)土中的有机质

在岩石风化以及风化产物搬运、沉积过程中,常有动、植物的残骸及其分解物质参与沉积,成为土中的有机质。其中分布较较多的是植物残骸、分解不全的泥炭和分解完全的腐殖质。

腐殖质呈胶体状,亲水性很强,即与水的作用十分强烈。淤泥类土含腐殖质较多(1.5%以上),压缩性较高,强度极低。分解不全

的泥炭,一般都疏松多孔,强度低,压缩性高,而且还将继续分解变化,随着分解度的增高,亲水性增强。生物遗骸也是如此。所以有机质也是土中的有害物质成分。选择筑坝土料时对有机质含量应有一定限制,通常认为不宜超过5%(防渗料应小于2%)。

(三)土的结构

土的结构是指土粒相互之间的联结或排列的形式。天然沉积土的结构受到粒间作用力、作用于土粒上的外力(包括重力)、成土后的地质作用及其他因素的影响。土的结构通常有下列三种基本类型。

1. 单粒结构

单粒结构多见于砂、砾等粗粒土中。它们的特点是土粒在沉积过程中主要受到重力作用,粒间以点接触为主。根据其排列的情况,又可分为紧密结构和疏松结构两种,如图1-1所示。一般地说,单粒结构比较稳定,孔隙所占的比例较小,但是对于疏松结构的砂土,特别是饱和的粉细砂,当受到地震等动力荷载作用时,极易产生液化现象,必须引起注意。

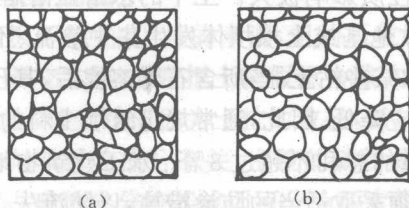


图 1-1 土的单粒结构

(a) 紧密的 (b) 疏松的

2. 蜂窝结构

蜂窝结构多见于以粉粒为主所组成的细粒土中。根据研究,细小的粉粒在水中沉积时,基本上以单个土粒下沉,当碰到已沉积的土粒时,由于粒间相互作用的引力大于重力,因此,土粒就停留在