



高职交通运输与土建类专业规划教材

土力学与地基基础

TU LI XUE YU DI JI JI CHU

主 编 靳晓燕 李文英
副主编 焦胜军 龚文惠
主 审 冯广胜



人民交通出版社
China Communications Press



高职交通运输与土建类专业规划教材

土力学与地基基础

T U L I X U E Y U D I J I J I C H U



主 编 靳晓燕
副主编 焦胜军 李文英
主 审 冯广胜 龚文惠



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书系统地介绍了关于土力学和地基基础工程设计与施工的知识。全书主要内容分为两部分。第一部分介绍与地基相关的土力学基本知识,主要讲述土的物理性质与工程分类、土中应力和土的压缩变形计算、土的抗剪强度、地基容许承载力的确定以及浅基础的设计。第二部分介绍基础的施工,主要介绍浅基础和各种深基础的施工步骤以及施工中的注意事项。每章后附习题,便于读者理解书中内容及复习之用。

本书可作为高职高专与各类成人教育铁道工程、桥梁与隧道工程等专业的教学用书,也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础 / 靳晓燕主编. —北京: 人民交通出版社, 2009. 9

ISBN 978 - 7 - 114 - 07176 - 8

I. 土… II. 靳… III. ①土力学②地基-基础(工程)
IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 092537 号

书 名: 土力学与地基基础

著 作 者: 靳晓燕

责任编辑: 杜 琛

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) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 廊坊市长虹印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 22

字 数: 544 千

版 次: 2009 年 9 月第 1 版

印 次: 2009 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978 - 7 - 114 - 07176 - 8

印 数: 0001 ~ 3000 册

定 价: 41.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

高职交通运输与土建类专业规划教材编审委员会

主任委员

邹德奎

副主任委员

车绪武 徐 冬 田和平 韩 敏

委员 (以姓氏笔画为序)

于景臣	刘会庭	李林军	孙立功
张修身	陈志敏	韩建芬	周安福
郑宏伟	赵景民	荣佑范	费学军

总顾问

毛保华

顾问

岳祖润 王新敏 王恩茂 关宝树

秘书

杜 琛

前言 Preface

本书是根据高职高专交通运输与土建类专业人才培养目标、教学理念和要求,并结合目前教学改革发展的需要以及实际工程最新动态编写而成。

本书共分十四章,主要内容包括土的物理性质与工程分类、土中应力计算、土的渗透性、地基变形计算、土的抗剪强度与地基承载力、土压力理论、浅基础设计、浅基础施工、深基础构造与设计特点、深基础施工、其他深基础简介、特殊土地基、地基处理与地基基础抗震。本书采用了最新修订的《铁路桥涵设计基本规范》(TB 10002.1—2005)、《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10002.5—2005)、《铁路工程地质原位测试规程》(TB 10018—2003)以及其他岩土工程新规范、新规程和新标准,结合高职高专教育的特点,突出实用性和针对性。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。另外,由于我国幅员辽阔、土质区域性强,为了照顾各地区特点,对湿陷性黄土地基、膨胀土地基、红黏土地基和冻土地基作了必要的介绍。

本书由济南铁道职业技术学院靳晓燕任主编并统稿。具体编写分工如下:靳晓燕编写绪论及第五、六、七、十一章;天津铁路职业技术学院李文瑛编写第一、二、三、四章和土工试验报告及指导书;陕西铁路工程职业技术学院焦胜军编写第九、十章;陕西铁路工程职业技术学院付润生编写第八、十二章。

本书由中铁大桥局集团有限责任公司副总工程师冯广胜教授级高工和华中科技大学龚文惠副教授任主审,他们对本书提出了很多宝贵意见和建议,在此表示感谢。

在使用教材过程中,如发现有不妥之处,请提出宝贵意见。

编 者
2009. 6

目录 | Content

绪论	1
第一章 地基岩土的物理性质及工程分类	4
第一节 土的成因与特性	4
第二节 土的三相组成	7
第三节 土的物理性质指标	12
第四节 无黏性土的物理状态指标	18
第五节 黏性土的物理状态指标	22
第六节 地基土的工程分类	24
第七节 土的击实原理	26
本章小结	30
思考练习题	30
第二章 地基应力	32
第一节 自重应力	32
第二节 基底压力	35
第三节 土中附加应力	39
第四节 软弱下卧层的应力计算	53
本章小结	55
思考练习题	55
第三章 土的渗透性	57
第一节 土的渗透性	57
第二节 渗透系数及其测定	59
第三节 渗透力与土的渗透破坏	62
本章小结	66
思考练习题	67
第四章 地基变形	68
第一节 土的变形特性	69

第二节 地基沉降量计算·····	75
第三节 地基沉降与时间的关系·····	79
本章小结·····	84
思考练习题·····	84

第五章 土的抗剪强度与地基承载力 ····· 86

第一节 土的抗剪强度·····	86
第二节 土的极限平衡状态·····	87
第三节 土的抗剪强度指标的确定·····	90
第四节 影响土抗剪强度指标的因素·····	94
第五节 砂类土的液化机理与液化地基的判别·····	96
第六节 按《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10002.5—2005) 确定地基承载力 ·····	98
本章小结 ·····	107
思考练习题 ·····	107

第六章 土压力理论 ····· 109

第一节 挡土墙概述 ·····	109
第二节 朗肯土压力理论 ·····	111
第三节 库仑土压力理论 ·····	117
第四节 挡土墙简介 ·····	119
本章小结 ·····	124
思考练习题 ·····	124

第七章 天然地基上浅基础设计 ····· 125

第一节 桥梁基础的分类和基础类型选择 ·····	125
第二节 埋置深度的确定 ·····	127
第三节 作用于基础上的荷载 ·····	129
第四节 刚性扩大基础设计 ·····	134
本章小结 ·····	139
思考练习题 ·····	140

第八章 天然地基浅基础施工 ····· 141

第一节 基础施工测量 ·····	141
第二节 旱地上浅基础的施工 ·····	143
第三节 水中基础施工 ·····	152
第四节 钢板桩设计计算与施工 ·····	165

第五节 基底检验及处理	174
本章小结	175
思考练习题	176
第九章 深基础的构造和设计原则	178
第一节 概述	178
第二节 深基础的类型与构造	179
第三节 桩基础的设计	191
第四节 沉井基础的设计	199
第五节 其他类型深基础	203
本章小结	208
思考练习题	209
第十章 深基础施工	210
第一部分 桩基础施工	210
第一节 概述	210
第二节 挖孔桩施工	212
第三节 钻孔桩施工	215
第四节 预制桩的构造与施工	234
第五节 大直径空心桩施工简介	237
第六节 管柱基础	240
第二部分 沉井施工	246
第七节 沉井施工的主要方法及程序	246
第八节 挖井基础	265
本章小结	266
思考练习题	267
第十一章 特殊土地基	269
第一节 湿陷性黄土地基	269
第二节 膨胀土地基	273
第三节 红黏土地基	276
第四节 冻土地基	277
本章小结	281
思考练习题	281
第十二章 软土地基处理	283
第一节 软土地基及加固方法	283

第二节	换土垫层法	285
第三节	预压固结法	290
第四节	复合地基	305
第五节	其他软土地基处理技术简介	313
本章小结		316
思考练习题		317

附录 土工试验指导书..... 318

试验一	颗粒大小分析试验	318
试验二	土的含水率、密度试验和土粒相对密度试验.....	319
试验三	液、塑限试验.....	325
试验四	压缩(固结)试验	327
试验五	直接剪切试验	332
试验六	击实试验	336

参考文献 340

绪 论

一 本课程的研究对象

土是整体岩石经自然界风化、搬运、沉积等地质作用形成的松散的堆积物或沉淀物。铁路桥梁和路基都是修建在土层或岩层上,这种支承建筑物的土层或岩层叫做地基。地基承受着上部建筑物的全部荷载,它的变形或破坏,直接影响到整个结构的安全和使用。

地基土具有独特的力学性质。地基土中的应力分布规律、地基的强度和变形计算以及土压力计算是地基工程的主要研究对象。只有搞清楚这些力学规律,才能较好地解决土建工程实践中所遇到的地基设计问题。

建筑物借以向地基传递荷载的最下部分叫做基础。基础通常埋置在地面以下,是建筑物的一个重要组成部分。地基和基础的关系如图 0-1 所示。

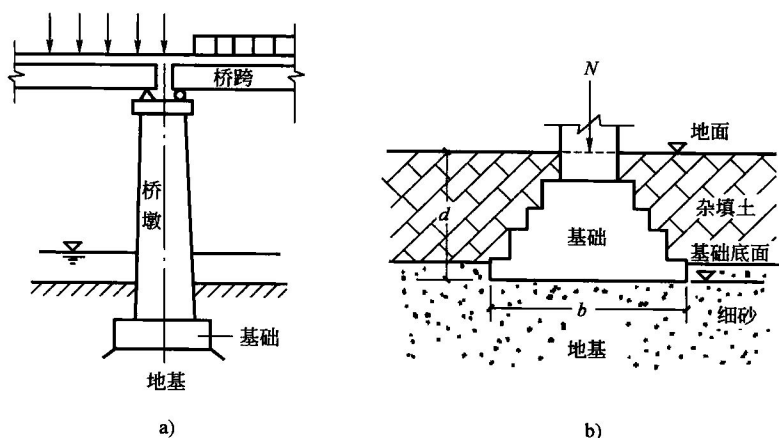


图 0-1 地基与基础

铁路桥梁的墩台基础主要采用桩基础、沉井基础等深基础类型,这些基础的施工常在地下或水下进行,施工难度大,施工周期长,所占工程造价比例高;同时基础又是隐蔽工程,一旦出现问题,修复补救十分困难。因此,基础工程的设计与施工质量的好坏直接影响到铁路桥梁的安全与长久使用。

本课程主要研究地基土的工程性质以及地基土在上部结构物荷载作用下的应力、变形、承载力和稳定性问题,提供铁路桥梁地基与基础的设计计算方法,各种类型基础的施工方法和工艺顺序。其包含的主要内容有:

(1) 土的物理性质和工程分类。讲述与铁路工程设计及施工有关的土的物理性质指标和物理状态指标,四大类土的分类依据和土的定名原则。

(2)土中应力分布。介绍土的自重应力、基底压力和附加应力的分布规律和计算方法。

(3)土的渗透性。介绍土中水的渗流规律,以及由于渗流而产生的力学作用。

(4)地基变形计算。主要介绍地基沉降量的计算方法,研究在荷载作用下地基土的变形规律。

(5)土压力理论。介绍三种土压力的概念和产生条件以及计算方法。在铁道工程中,经常遇到挡土墙的土压力计算问题,是需要重点学习的内容。

(6)土的抗剪强度和地基承载力。主要介绍土的抗剪强度理论和测定抗剪强度指标的几种方法,介绍了按《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10002.5—2005)确定天然地基容许承载力的方法。

(7)浅基础设计。主要介绍铁路桥涵荷载类型和桥涵刚性扩大基础的设计计算方法。

(8)浅基础施工。主要介绍旱地及水中浅基础的施工方法和工艺顺序。

(9)深基础施工。介绍各种桩基础和沉井基础的施工方法和工艺顺序。

(10)特殊土地基。主要介绍了湿陷性黄土、膨胀土、红黏土、冻土的工程危害、工程特性指标以及处理措施。

(11)软土地基处理。主要介绍了软土地基中常用的换填垫层法、预压固结法、复合地基的原理、适用范围和施工工艺。

本课程的特点和学习要求

土是由固体颗粒和颗粒之间的水和气体组成的,土粒之间以及土粒与水之间的相互作用,使土体具有十分复杂的物理力学性质,而且在自然环境湿度、温度、水流、压力和振动的影响下,土的性质会发生显著变化,存在很多不确定性。土体不是理想的弹性体或塑性体,目前研究土的力学性质所用的弹性理论和塑性理论都只能得出近似的计算结果,不完全符合实际情况,甚至还有较大偏差。在进行地基基础设计时,土力学虽然是重要的理论依据,但还应通过试验、实测并根据实践经验进行综合分析,才能获得较满意的结果。所以理论联系实际是本学科的显著特点。至于基础施工,目前亟须解决的问题是如何进一步改善劳动条件,改进施工方法、降低施工成本和提高施工质量。

本课程是一门重要的专业课,其内容涉及较多学科,如建筑力学、工程测量、工程地质和结构设计原理。因此要学好地基与基础课程,首先必须很好地掌握上述先修课程的基本内容和基本原理,为学好本课程打好基础。

本课程内容广泛、综合性强,学习时应抓住重点,兼顾全面。从专业要求出发,必须牢固掌握土的基本物理性质指标以及土的应力分布、变形、强度和地基计算等基本概念和基本理论,从而能够应用这些概念和理论并结合结构设计和施工知识,分析和计算地基基础问题。

铁路桥涵地基基础的施工,涉及施工测量、防排水、水下灌注混凝土等复杂施工问题。对于同样的基础结构,因所处地域不同,施工单位的情况不同,就可能采用风格迥异的施工方法。所以不良地基的人工处理、基础的设计与施工,可谓方法众多,特色鲜明。要掌握这些知识,除应具备扎实的地基基础理论知识外,还需要有较丰富的实践经验。在实际工程施工中,应根据实际情况制定最佳施工方案,选择先进的施工机具,以求达到安全、高效、低耗地修建基础。作为初学者,首先应掌握解决问题的理论知识、原理;同时多实践,理论联系实际,通过各个教学

环节,紧密结合工程实际,才能真正掌握处理地基与基础问题的方法与技巧,提高解决工程实际问题的能力。

本教材适用于铁道工程专业,在讲述铁路桥涵地基基础的内容和要求时,都以《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10002.5—2005)、《铁路桥涵设计基本规范》(TB 10002.1—2005)等铁路规范为依据。在本课程的学习中,除了系统掌握地基与基础的设计理论和施工方法,还应逐步熟悉规范,用规范的要求来指导自己的工程实践。

第一章 地基岩土的物理性质及工程分类

【本章职业能力目标】:学完本章后,你应:

1. 掌握与铁路桥涵、线路有关的土的物理性质和力学性质;
2. 对地基土具有初步的分类和鉴别能力。

【知识目标】:

1. 明确土的粒度、粒组、粒度成分的概念及颗粒分析及表示方法;
2. 掌握土的物理性质及物理状态指标的含义,能够进行物理性质和物理状态指标换算;
3. 能进行土的密度、含水率、液限、塑限及颗粒分析试验;
4. 掌握按相关规范进行土的分类的方法。

第一节 土的成因与特性

一 土的成因

土木工程所称的土,有狭义和广义两种概念。狭义概念所指的土,是岩石风化后的产物,即指覆盖在地表上松散的、没有胶结或胶结很弱的颗粒堆积物。广义的概念,则将整体岩石也视为土。

地壳表层的岩石暴露在大气中,受到温度和湿度变化的影响,体积经常膨胀和收缩,不均匀的膨胀和收缩使岩石产生裂缝,岩石还长期经受风、霜、雨、雪的侵蚀和动植物活动的破坏,逐渐由大块崩解为形状和大小不同的碎块,这个产生裂缝和逐渐崩解的过程,叫做物理风化。物理风化只改变颗粒的大小和形状,不改变颗粒的成分。物理风化后所形成的碎块与水、氧气、二氧化碳和某些由生物分泌出的有机酸溶液等接触,发生化学变化,产生更细的并与原来的岩石成分不同的颗粒,这个过程叫做化学风化。经过这些风化作用所形成的矿物颗粒(有时还有有机物质)堆积在一起,中间贯穿着孔隙,孔隙中还有水和空气,这种松散的固体颗粒、水和气体的集合体就叫做土。

物理风化不改变土的矿物成分,仅产生了像碎石和砂等颗粒较粗的土,这类土的颗粒之间没有黏结作用,呈松散状态,称为无黏性土。化学风化产生颗粒很细的土,这类土的颗粒之间因为有黏结力而相互黏结,干时结成硬块,湿时有黏性,称为黏性土。这两类土由于成因不同,因而物理性质和工程特性也不一样,对这点要特别注意。

风化作用生成的土,如果没有经过搬运,堆积在原来的地方,称为残积土。残积土一般分布在山坡或山顶。土受到各种自然力(如重力、水流、风力、冰川等)的作用,搬运到别的地方再沉积下来,称为沉积土。沉积土是一种最常见的土。

实践经验表明,土的工程特性一方面取决于其原始堆积条件,使其组成土的结构构造、矿

物成分、粒度成分、孔隙中水溶液的性质不同,另一方面也取决于堆积以后的经历。在沉积过程中,由于颗粒大小、沉积环境和沉积后所受的力等不同,所形成土的类型和性质就不同。一般来说,在大致相同的地质年代及相似的沉积条件下形成的土,其成分和性质是相近的。沉积年代愈长,上覆土层重力愈大,土压得愈密实,由孔隙水中析出的化学胶结物也愈多。因此,老土层的强度和变形模量比新土层的要高,甚至由散粒体经过成岩作用又变成整体岩石,如砂类土成为砂岩,黏土变成页岩等。目前常见的土大都是第四纪沉积层,这个沉积层还正处于成岩过程中,因此一般都呈松散状态。但第四纪是距今约一百万年前开始的相当长的时期,第四纪早期沉积的土,在性质上就与近期沉积的土有相当大的差别。这种沉积年代长短对土的性质影响,对黏性土尤为明显。不同的自然地理环境对土的性质也有很大影响。我国沿海地区的软土、严寒地区的多年冻土、西北地区的湿陷性黄土和西南亚热带的红黏土等,除了具有一般土的共性外,还具有各自的特点。

二 土的结构

土粒或土粒集合体的大小、形状、相互排列与联结等综合特征,称为土的结构。土的天然结构是在其沉积和存在的整个历史过程中形成的。土因其组成、沉积环境和沉积年代不同,形成各种很复杂的结构。通常土的结构可分为三种基本类型:单粒结构、蜂窝结构和絮状结构。

1. 单粒结构(图 1-1)

这种结构由较大土粒在自重作用下,于水或空气中下落堆积而成。碎石类土和砂类土就是单粒结构的土。因土粒较大,土粒之间的分子引力远小于土粒自重,土粒之间几乎没有相互联结作用,是典型的散粒状物体。这种结构的土,其强度主要来源于土粒之间的内摩擦力。

由于生成条件的不同,单粒结构可能是紧密的,也可能是松散的。在松散的砂类土中,砂粒处于较不稳定状态,并可能具有超过土粒尺寸的较大孔隙,在静力荷载作用下,压缩量不大,但在动力荷载或其他振动荷载作用下,土粒易于变位压密,孔隙率降低,地基突然沉陷,导致建筑物破坏。密实砂土则相反。从工程地质观点来看,紧密结构是最理想的结构。具有紧密结构的土层,在建筑物的静力荷重下不会压缩沉陷,在动力荷重或振动的情况下,孔隙率的变化也很小,不致造成破坏。紧密结构的砂土只有在侧向松动,如开挖基坑后才会变成流沙状态。

2. 蜂窝结构(图 1-2)

较细的土粒在自重作用下于水中下沉时,由于其颗粒细、质量轻,碰到已沉稳的土粒,如两土粒间接触点处的分子引力大于下沉土粒的重力,土粒便被吸引而不再下沉。如此继续不已,逐渐形成链环状单元。很多这样的链环联结起来,就形成疏松的蜂窝结构。蜂窝结构的土中单个孔隙体积一般远大于土粒本身的尺寸,如沉积后没有受过比较大的上覆压力,则在建筑物上覆荷载作用下,可能产生较大沉降。这种结构常见于黏性土中。

3. 絮状结构(图 1-3)

絮状结构是颗粒最细小的黏性土的特有结构形式。最细小的黏粒大都呈针状或片状,它在水中呈现胶体特性。这主要是由于电分子力的作用,使土粒表面附有一层极薄的水膜。这种带有水膜的土粒在水中运动时,与其他土粒碰撞而凝聚成小链环状的土粒集合,然后沉积成大的链环,形成不稳定的复杂的絮状结构。这种结构在海相沉积黏土中最为常见。

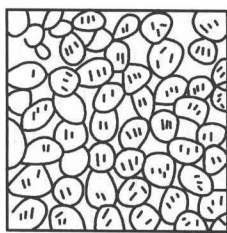


图 1-1 单粒结构

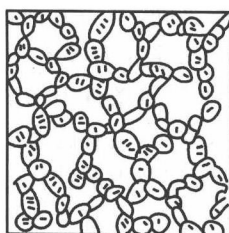


图 1-2 蜂窝结构

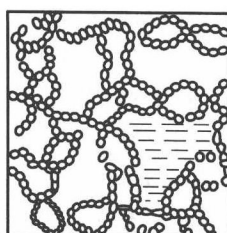


图 1-3 絮状结构

土的以上三种结构,密实的单粒结构强度大、压缩性小、工程性质最好,蜂窝结构其次,絮状结构最差。尤其是絮状结构在其天然结构遭到破坏时,强度极低,压缩性极大,不能作为天然地基。

还应说明,土的结构受扰动后,其原有的物理力学性质会发生变化。因此,在取土样做试验时,应尽量减少扰动,避免破坏土的原状结构。

三 土的构造

土的构造是指同一土层中物质成分和颗粒大小等相近的各部分之间的相互位置与充填空间的特征。其主要构造类型为层状构造。另外,还包括分散构造、裂隙构造和结核状构造等几种常见的土的构造类型。

1. 层状构造

土粒在沉积过程中,由于不同的地质作用和沉积环境条件,大体相同的物质成分和土粒在水平方向沉积成一定厚度,呈现出成层特征。第四纪冲积层具有明显的层状构造(又称层理)。因沉积环境条件的变化,常又会出现夹层、尖灭和透镜体等交错层理。砂、砾石等沉积物,当沉积厚度较大时,往往无明显的层理而呈分散状,又称为分散构造。

2. 裂隙构造

裂隙构造是指土层中存在的各种裂隙,裂隙中往往有盐类的沉淀。如黄土层中常分布的柱状裂隙。坚硬或硬塑黏土层中有不连续裂隙,破坏了土的整体性。裂隙面是土中的软弱结构面,沿裂隙面的土抗剪强度很低而渗透性却很高,浸水后裂隙张开,工程性质更差。

3. 结核构造

结核构造是指在细粒土中明显掺有大颗粒或聚集的铁质、钙质等结合体、贝壳等杂物。如含结核黄土中的结合体,含砾石的冰积黏土等均属此类。由于大颗粒或结核往往较分散,故此土的性质取决于细颗粒部分。

当把土层作为地基时,应认真研究土层的构造情况,特别是尖灭层和透镜体的存在会影响土层的受力和压缩的不均匀性,常会引起地基的不均匀变形。

四 土的特性

由土的成因可知,土是地壳表层的岩石经风化作用后,在不同条件下所形成的堆积物和沉积物,是碎散颗粒的集合体。这与一般的建筑材料(如钢材、混凝土、石料等)是连续的固体有根本的区别。这种碎散性使土具有与一般建筑材料不同的若干特性:

(1)土有较大的压缩性。土的固体颗粒之间有孔隙,当受外力作用时,这些孔隙大大缩小,使土具有压缩性较大这个特性。这个特性是引起建筑物沉降的内因。

(2)土颗粒之间具有相对移动性。土体受荷载作用时,土颗粒之间可发生相对移动,土颗粒之间这种相对移动性是引起地基丧失稳定,产生滑动破坏的内因。

(3)土具有较大的透水性。土的固体颗粒之间有大的孔隙,水可以在孔隙中流动而透水。而一般建筑材料的透水性往往是很小的。

第二节 土的三相组成

如前所述,土是由固体颗粒、水和气体三部分所组成的三相体系。固体部分,一般由矿物质所组成,有时含有有机质(半腐烂和全腐烂的植物质和动物残骸等),这一部分,构成土的骨架,称为土骨架。土骨架间布满相互贯通的孔隙。这些孔隙有时完全被水充满,称为饱和土;有时一部分被水占据,另一部分被气体占据,称为非饱和土;有时也可能完全充满气体,就称为干土。水和溶解于水的物质构成土的液体部分。空气及其他一些气体构成土的气体部分。这三部分本身的性质以及它们之间的比例关系和相互作用决定土的物理力学性质。因此,研究土的性质,首先必须研究土的三相组成。

一 固体颗粒

固体颗粒构成土骨架,它对土的物理力学性质起决定性的作用。研究固体颗粒就要分析粒径的大小及其在土中所占的百分比,称为土的粒径级配。另外,还要研究固体颗粒的矿物成分以及颗粒的形状。这三者之间又是密切相关的。

(一)颗粒的矿物成分和粒组划分

土的颗粒一般由各种矿物组成,也含有少量有机质。土粒的矿物成分可分为两类:

1. 原生矿物

原生矿物,即物理风化所产生的粗颗粒的矿物,它们是原来岩石的矿物成分,常见的有长石、石英、角闪石和云母等。

2. 次生矿物

次生矿物,即化学风化后产生的矿物,如颗粒极细的黏土矿物,常见的有高岭土、伊利土和蒙脱土等。矿物成分对黏性土性质的影响很大,例如,黏性土中含有大量蒙脱土时,这种土就具有强烈的膨胀性,它的收缩性和压缩性也大。

颗粒的粗细对土的性质影响也很大。颗粒愈细,单位体积内颗粒的表面积就愈大,与水接触的面积就愈大,颗粒相互作用的能力就愈强。

颗粒具有不同的形状,如块状、片状等,这和土的矿物成分有关,也和土粒所经历的风化搬运过程有关。

颗粒粒径的大小称为粒度,把粒度相近的颗粒合为一组,称为粒组。粒组的划分应能反映粒径大小变化引起土的物理性质变化这一客观规律。一般来说,同一粒组的土,其物理性质大致相同,不同粒组的土,其物理性质则有较大差别。《铁路桥涵地基和基础设计规范》(TB 10002.5—2005)对粒组的划分见表 1-1。

土的颗粒分组

表 1-1

颗粒名称		粒径 d (mm)
漂石(浑圆、圆棱)或块石(尖棱)	大	$d > 800$
	中	$400 < d \leq 800$
	小	$200 < d \leq 400$
卵石(浑圆、圆棱)或碎石(尖棱)	大	$100 < d \leq 200$
	小	$60 < d \leq 100$
粗圆砾(浑圆、圆棱)或粗角砾(尖棱)	大	$40 < d \leq 60$
	小	$20 < d \leq 40$
细圆砾(浑圆、圆棱)或细角砾	大	$10 < d \leq 20$
	中	$5 < d \leq 10$
	小	$2 < d \leq 5$
砂粒	粗	$0.5 < d \leq 2$
	中	$0.25 < d \leq 0.5$
	细	$0.075 < d \leq 0.25$
粉粒	$0.005 \leq d \leq 0.075$	
黏粒	$d < 0.005$	

(二)用筛析法作土的颗粒大小分析

天然土是粒径大小不同的土粒的混合物,它包含着若干粒组的土粒。各粒组的质量占干土土样总质量的百分数叫做颗粒级配。颗粒大小分析的目的,就是确定土的颗粒级配,也就是确定土中各粒组颗粒的相对含量。颗粒级配是影响土(特别是无黏性土)的工程性质的主要因素,因此常被用来作为土的分类和定名的标准。根据铁道部《铁路工程土工试验方法》(TB 10102—2004)的规定,颗粒大小分析可采用筛析法、密度计法和移液管法。筛析法适用于粒径大于 0.075mm 但不大于 60mm 的土,密度计法和移液管法适用于粒径小于 0.075mm 的土。考虑到学习本课程的主要要求,是将学到的知识用于解决桥涵和路基施工及设计中较简单的实际问题,因此,本书只介绍与路基、地基和混凝土施工关系密切的筛析法。

用筛析法做土的颗粒大小分析,其主要设备是一套分析筛。这套筛子中的各筛按筛孔孔径大小的不同由上至下排列(最上层筛子的筛孔最大,往下筛孔依次减小),上加顶盖,下加底盘,叠在一起。分析筛有粗筛和细筛两种。粗筛的孔径(圆孔)为 60mm、40mm、20mm、10mm、5mm 和 2mm,细筛的孔径为 2.0mm、1.0mm、0.5mm、0.25mm 和 0.075mm。试验时,对于无黏性土,将烘干或风干的土样倒入依次叠好的粗筛最上层筛中筛析,称出存留在每层筛子和底盘内的土粒质量,就可以计算出粒径小于(或大于)某一数值的土粒质量占土样总质量的百分数,表 1-2 是某土样颗粒大小分析试验的筛析成果记录。

对于含有黏土粒的砂类土的筛析方法,《铁路工程土工试验方法》(TB 10102—2004)另有规定,本书从略。

对土的颗粒大小分析试验成果,可用下列两种方式表达:

1. 表格法

表 1-3 就是根据表 1-2 列出的该土样的颗粒级配表。