

土力学 原理

徐俊 李飞 / 主编



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

土力学 原理

TULIXUE YUANLI



徐俊李飞 / 主编



电子科技大学出版社

University of Electronic Science and Technology of China Press

· 成都 ·

图书在版编目(CIP)数据

土力学原理 / 徐俊, 李飞主编. — 成都: 电子科技大学出版社, 2018. 4

ISBN 978-7-5647-6154-7

I. ①土… II. ①徐… ②李… III. ①土力学 IV. ①TU43

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第084972号

土力学原理

徐俊 李飞 主编

策划编辑 罗雅

责任编辑 罗雅

出版发行 电子科技大学出版社

成都市一环路东一段159号电子信息产业大厦九楼 邮编 610051

主 页 www.uestcp.com.cn

服务电话 028-83203399

邮购电话 028-83201495

印 刷 成都市火炬印务有限公司

成品尺寸 185mm×260mm

印 张 11.75

字 数 300千字

版 次 2018年4月第一版

印 次 2018年4月第一次印刷

书 号 ISBN 978-7-5647-6154-7

定 价 38.00元

版权所有, 侵权必究

前 言

在面向 21 世纪的课程体系里,“土力学原理”是土木、路桥、水利等有关专业的重要专业基础课,同时被列入国家工科力学基地建设的课程之一。土是一种矿物颗粒集合体,它是地质作用的产物,其突出的特征是土材料的碎散性、三相性与各向异性。土力学原理是研究土的基本性质,并将其研究应用到与工程建设有关的土的变形、强度和稳定性等问题中,因此土力学也是一门理论性和实践性都很强的学科。

本书在基本原理和方法的选用上以工程实用为主,并兼顾反映国内外的先进技术水平。教材广泛吸收了国内外优秀教材及研究成果,具有体系完整、内容全面、适应面广等特点。在编写过程中,努力做到内容深入浅出、重点突出、图文详尽,力求考虑学科发展新水平,结合新规范,反映土力学的成熟成果与观点。

本书主要讲述土的基本力学性质及土力学的基本原理在工程中的应用,全书分为 9 章,主要讲述土的基本物理力学性质,涉及土的形成和三相组成、基本物理性质、微细观组构及测量以及土中的应力、变形、强度和简单的应力—应变关系;土的基本力学性质在工程中的应用,涉及地基的沉降变形与计算、土工构筑物上的土压力计算、地基承载力及计算理论,以及土坡稳定性分析等。

本书可作为高等学校土木工程各专业及相近专业土力学课程教材或者参考书,也可供土木工程研究生和工程技术人员参考。

限于编者的水平,书中难免存在不妥之处,敬请专家学者和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 什么是土	(1)
1.2 土的宏观力学与微细观结构的内在联系	(1)
1.3 什么是土力学	(2)
1.4 土力学性质的基本特点	(3)
1.5 土力学的发展简史	(3)
1.6 土力学在工程建设中的地位	(4)
1.7 土力学课程的特点及学习方法	(5)
第 2 章 土的物理性质及分类	(7)
2.1 概述	(7)
2.2 土的形成	(9)
2.3 土的组成	(11)
2.4 土的物理性质指标	(21)
2.5 土的物理状态及指标	(29)
2.6 土的压实性	(35)
2.7 土的分类	(39)
第 3 章 土的渗透性与渗流	(42)
3.1 概述	(42)
3.2 土的渗透性及 Darcy 定律	(43)
3.3 渗透系数的测定	(48)
3.4 渗透力与渗透破坏	(56)
第 4 章 土中应力	(62)
4.1 概述	(62)
4.2 土中的自重应力	(65)
4.3 基底压力	(66)
4.4 地基附加应力	(72)

第 5 章 土的压缩性和地基沉降	(89)
5.1 概述	(89)
5.2 土的压缩性	(89)
5.3 地基沉降计算	(96)
5.4 地基沉降随时间的变化规律	(99)
5.5 地基允许变形及预防措施	(100)
第 6 章 土的抗剪强度	(105)
6.1 概述	(105)
6.2 土的抗剪强度理论	(105)
6.3 砂土的抗剪强度	(110)
6.4 黏性土的抗剪强度	(115)
6.5 影响土抗剪强度的因素	(121)
第 7 章 土 压 力	(126)
7.1 概述	(126)
7.2 土压力的分类与相互关系	(127)
7.3 朗肯(Rankine)土压力理论	(129)
7.4 库仑土压力理论	(132)
第 8 章 土坡稳定性	(140)
8.1 概述	(140)
8.2 无黏性土土坡的稳定性	(141)
8.3 黏性土土坡的稳定性	(144)
8.4 边坡稳定性分析的几个问题	(150)
8.5 影响土坡稳定性的因素	(158)
8.6 稳定性分析中存在的问题	(159)
第 9 章 地基承载力	(161)
9.1 概述	(161)
9.2 地基破坏模式	(162)
9.3 地基的临塑荷载和界限荷载	(164)
9.4 地基极限承载力	(168)
9.5 地基承载力的确定	(175)
参考文献	(180)

第1章 绪 论

1.1 什么是土

土是地球上最丰富的资源。土的成因多,用途多。什么是土?土是指地球表面各类岩体风化后经搬运、沉积等地质作用,在极为漫长的历史过程中形成的岩石碎屑和土颗粒组成的松散颗粒集合体。岩石成分和风化类型的不同,直接导致土体成分的差异,搬运和沉积过程中的自然条件和各种随机因素的作用,致使土体具有不同的结构和构造。从母岩到形成土,经历了很长的地质年代,期间的风化、搬运和沉积作用是交错进行的,并且每一过程都会对土的性质产生影响。土体是由一定的材料组成,具有一定的结构,赋存于一定地质环境中的地质体,作为一种松散介质,土体具有不同于一般理想刚体和连续固体的特性——碎散性、多相性和各向异性。土中土颗粒间的胶结强度远小于颗粒本身的强度,有的甚至没有联结,颗粒间具有孔隙,孔隙中通常有水或空气。土一般为三相系,即由土颗粒、水和空气所组成。当土体处于饱水状态或干燥状态时,则为二相系,即仅有土颗粒和水或土颗粒和空气。

工程上的土可分为一般土和特殊土。一般土广泛分布于地表各处,根据其有机质含量的不同又可分为无机土和有机土两类。根据其组成颗粒含量的不同,又可分为碎石类土、砂类土、粉质土和黏性土四大类。根据其颗粒间胶结程度又可分为黏性土和无黏性土。特殊土常见的有遇水发生沉陷的湿陷性土(如湿陷性黄土)、湿胀干缩的膨胀土以及冻土等。

1.2 土的宏观力学与微细观结构的内在联系

土的物理力学性质复杂,主要取决于内因和外因两个方面,表现为土体的微细观物质基础与宏观力学效应二者的辩证关系。在经典土力学中人们通常用宏观连续介质力学方法来建立土体的变形和强度模型,这种从室内试验—唯象分析—建立数学、力学模型的方法,已有百年的历史,并且建立了很多经典的模型。这些模型在工程实践中起到了很大的作用,但采用这种方法建立的模型其计算结果往往与现场监测结果存在较大误差,有时甚至会给工程建设造成一些困难和损失。随着现代土力学的发展,越来越多的学者意识到,对土力学性

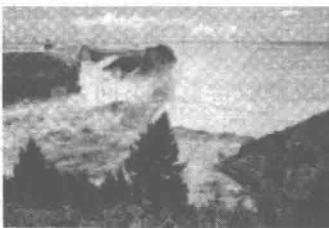
质的研究不仅要研究其宏观力学性质,更要分析土的微细观结构与其与宏观力学响应之间的联系。

一般宏观行为研究将土体视为连续的均质体,忽略土体的结构性,而微细观结构研究将土体视为非均质和非连续体,强调土体微细观结构的显著作用。当然,这两方面的研究不能人为地割裂开来,微细观结构的研究微解释土体的宏观力学响应提供机理,而基于微观机理分析的宏观力学模拟与分析,可以更好地解决实际的土工问题。

1.3 什么是土力学

土力学是工程力学的一个分支,是利用力学的基本原理研究土的物理性质和土中的应力分布、变形和强度、渗流、稳定性以及其随时间的变化规律的学科。

土力学的三个核心理论包括渗透理论、变形理论和强度理论,图 1.1 所示为由于土的渗流、变形和强度问题所引起的工程事故。渗透理论研究水在土中的流动规律、水流动时对土中应力和土体稳定性的影响等,揭示水在土中渗流速度与水力坡度的关系。土的变形理论研究土的形变特性、反映土变形的指标及测试方法以及变形过程的计算等,揭示土中应力与孔隙比变化的关系,这对预测建筑物的沉降具有重要意义。而土的强度理论研究土的抗剪强度规律、抗剪强度指标的测试和强度准则等,揭示土中应力与土强度的关系,这对验算建筑物的地基稳定性等问题有重要意义,也是计算作用在挡土墙上的土压力时所必须知道的关系。



(a) 美国 Teton 坝——渗流破坏



(b) 意大利比萨斜塔——变形破坏



(c) 某住宅楼倾倒——强度破坏

图 1.1 工程中由于渗流、变形和强度问题引起的事故

因此,土力学是运用力学知识和土工测试技术,研究土的生成、组成、密度或软硬状态等

物理性质以及土的应力、变形、强度和稳定性等静力、动力性状和规律的一门学科。它以力学和工程地质学的知识为基础,研究与工程建筑有关的土的渗流、变形和强度问题,为土木工程建设服务。

1.4 土力学性质的基本特点

土力学将土作为物理—力学系统,根据土的应力—应变—强度关系提出力学计算模型,用数学力学方法求解土在各种条件下的应力分布、变形等,但由于土形成的复杂性,土的力学性质比其他材料复杂得多,其影响因素也更多,这在根本上决定了土的基本物理力学特性。由于土体在形成过程中的沉积作用,土的力学性质具有明显的各向异性强度特征,不同地域土的性质往往不一,同一场地不同深度土的特质不一,同一点不同方向土的性质也可能存在很大差异。

土最主要特点是碎散性、三相性和各向异性,这是其在变形、强度等力学性质与连续固体介质不同的根本内在原因。除此之外,土的性质容易受外界湿度、温度、地下水和荷载等条件变化的影响。一般情况下,土既服从连续介质力学的一般规律,又具有其特殊的应力—应变关系和特殊的强度、变形规律。

在实际工作中,必须通过勘察和测试手段获取有关土的物理力学性质指标,才能进行设计和计算。因此,土力学是一门理论性与实践性很强的课程。

1.5 土力学的发展简史

早在新石器时代,人类已开始建造原始的地基基础,西安半坡遗址的土台和石基础即为一例。公元前2世纪修建的万里长城,后来修建的南北大运河、黄河大堤以及宏伟的宫殿、寺庙、宝塔等建筑,都有坚固的地基基础,经历地震强风考验,留存至今。隋朝修建的河北省赵州桥,为世界最早最长的石拱桥,全桥仅一孔石拱横越汶河,净跨达37.02 m。此石拱桥两端主拱肩部设有两对小拱,结构合理,造型美观,节料减重,简化桥台,增加稳定性,桥宽8.4 m,桥下通航,桥上行车。桥台位于粉土天然地基上,基底压力达500~600kPa,从1390年以来沉降与位移甚微,至今安然无恙。1991年赵州桥被列为“国际历史土木工程第12个里程碑”。公元989年建造开封开宝寺木塔时,预见塔基土质不均会引起不均匀沉降,施工时特意做成倾斜,待沉降稳定后塔身正好竖直。此外,在西北地区黄土中大量建窑洞,以及采用石料基垫、灰土地基等,积累了丰富的地基处理经验。

18世纪产业革命后,城市建设、水利工程和道路桥梁的兴建,推动了土力学的发展。

1773年法国的库仑根据试验,创立了著名的土的抗剪强度的库仑定律和土压力理论;1857年英国的朗肯又提出一种土压力理论;1885年法国的布辛奈斯克(J. Boussinesq)求得半无限空间弹性体,在竖向集中力作用下,全部6个应力分量和3个变形的理论解;1922年瑞典费伦纽斯为解决铁路滑坡,完善了土坡稳定分析圆弧法。这些理论与方法至今仍在广泛应用。1925年美国土力学家太沙基发表第一部土力学专著,使土力学成为一门独立的学科。为了总结和交流世界各国的理论和经验,自1936年起,每隔4年召开一次国际土力学和基础工程会议。各地区也召开类似的专业会,提出大量论文与研究报告。

近年来,世界各国超高土石坝、超高层建筑与核电站等巨型工程的兴建,各国多次强烈地震的发生,促进了土力学的进一步发展。有关单位积极研究土的本构关系、土的弹塑性与黏弹性理论和土的动力特性。同时,各国研制成功多种多样的工程勘察、试验与地基处理的新设备,如自动记录静力触探仪、现场孔隙水压力仪、径向膨胀仪、测斜仪、自进式旁压仪、应用放射性同位素测土的物理性质指标仪、薄壁原状取土器、高压固结仪、自动固结仪、大型三轴仪、振动三轴仪、真三轴仪、大型离心机、流变仪、震冲器、三重管旋喷器、粉喷机、塑料排水板插板机、扩底桩机械扩底机等,为土力学理论研究和地基基础工程的发展提供了良好的条件。

经过30多年的努力,现代土力学在下列几方面取得了重要进展:

- (1) 线性模型和弹塑性模型的深入研究和大量应用;
- (2) 损伤力学模型的引入与结构性模型的初步研究;
- (3) 非饱和土固结理论的研究;
- (4) 砂土液化理论的研究;
- (5) 剪切带理论及渐进破损问题的研究;
- (6) 土的细观力学研究。

1.6 土力学在工程建设中的地位

所有的工程建设项目,包括高层建筑、高速公路、机场、铁路、桥梁、隧道等,都与它们赖以存在的土体有着密切关系,在很大程度上取决于土体能否提供足够的承载力,取决于工程结构是否遭受超过允许的沉降和差异变形等,这就要涉及土中应力计算、土的压缩性、土的抗剪强度以及地基极限承载力等土力学基本理论。

在路基工程中,土既是修筑路堤的基本材料,又是支承路堤的地基。路堤的临界高度和边坡的取值都与土的抗剪强度指标及土体的稳定性有关;为了获得具有一定强度和良好水稳定性的路基,需要采用碾压的施工方法压实填土,而碾压的质量控制方法正是基于对土的

击实特性的研究成果;挡土墙涉及的侧向荷载——土压力——的取用需借助于土压力理论计算;近年来,我国高速公路大量修建,对路基的沉降与控制提出了更高的要求,而解决沉降问题需要对土的压缩特性进行深入研究。

水工建筑物在复杂荷载作用(尤其是水平荷载)下,常发生水平滑移和倾斜,这种现象在我国港口及近海工程中较为常见。如原胜利4号坐底式钻井平台和前渤海2号沉垫自升式钻井平台,由于波浪水流等荷载的作用,在渤海湾浅水区作业时,曾发生多次水平滑移,致使正在钻井的井位报废,造成重大经济损失。同样,在水平荷载作用下,水工建筑物发生倾覆也是建筑物破坏的形式之一。

由此可见,土力学这门课程与土木工程专业课的学习和今后的土木工程技术工作有着非常密切的关系,对地基的设计、施工及对建筑的抗震性能具有相当重要的作用,对土木工程的发展起着举足轻重的作用。它主要研究土体的地质特性及其在工程活动影响下的应力、变形、强度和稳定性。随着人口不断密集,人类活动的范围日益狭小,现代工程建设不得不向高(高层建筑)、深(地下工程)、远(高速公路/铁路)的方向发展。同时通过对不良场地土体的改善进行工程建设,可以充分利用日益紧缺的土地资源。因此,土力学在现代交通、土木工程建设事业中拥有着非常重要的地位。

1.7 土力学课程的特点及学习方法

本课程是土木工程专业的一门主干的专业基础课程。其涉及工程地质学、结构设计和施工等几个学科领域,内容广泛,综合性、理论性和实践性都很强,故学习应突出重点、顾及全面。下面就如何学习这门课程,提出几点建议以供参考。

(1)着重搞清基本概念、基本理论,掌握基本计算方法,同时还应注意它们的基本假定和使用条件。基本概念、基本理论是进行分析、计算的前提,概念、理论的掌握要重在理解,把握实质;基本计算方法多是一些通用的、易于掌握的方法,应充分理解,熟练掌握。由于土力学问题十分复杂,其中的许多计算理论和公式是在某些假设和简化前提下建立的,如土中应力计算、土的压缩变形与地基固结沉降计算方法、土的抗剪强度等。因此,在学习中应当了解这些理论难以模拟、概括土各种力学性状全貌的不完善之处,注意这些理论在工程实际使用中的适用条件,全面掌握这些基本理论和方法,学会将其应用到工程实际中,并通过实际工程中经验的积累,对其进行验证、完善和发展。

(2)把握各理论之间的相互联系,明晰学习思路。尽管土力学内容非常广泛,但教材各章都是从不同的角度阐述土的应力、变形、渗流及稳定问题,抓住这一线索,找出各章间的内在联系,做到融会贯通,使得纷杂的土力学知识变得相对体系化。

第2章 土的物理性质及分类

地壳的表层是由基岩及其覆盖土组成的。岩石发生风化作用后,原来高温高压下形成的矿物被破坏,形成一些在常温常压下较稳定的新矿物,构成陆壳表层风化层。风化层之下的完整岩石称为基岩,所谓覆盖土是指覆盖于基岩之上各类土的总称。土是由岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积作用形成的松散沉积物。没有经过搬运,堆积在原来地方的土称为残积土,一般分布在山顶或山坡上。土由于生成条件、环境的不同,土的成分、结构和构造也不同,其物理力学性质相差很大。土既可以作为建筑工程材料,用来烧制砖瓦或作为路基材料,也可以作为建筑物及构筑物地基。不加处理就能满足强度和变形要求,直接进行工程建设的地基,称为天然地基;经过换土垫层、排水固结等措施处理后才能进行工程建设的地基,称为人工地基。

土是由固相、液相、气相组成的三相体系,其中固相指的是土颗粒,它是土的骨架;液相指的是土中的水;气相指的是土中的气体。土在特定条件下也可以为二相体系,如当土中没有水或没有气体的时候。土是在自然界漫长的地质历史时期演化形成的多矿物组合体,各种土的矿物成分、颗粒大小不尽相同,故土体性质复杂,极不均匀,因此,土的三相之间的比例关系差别很大。同时,在荷载作用下土中的气体和水可以排出,三相之间的比例关系还会随时间、荷载条件和气候条件等不断发生变化,这将直接影响土的工程性质。因此,要研究土的性质,就必须研究土的三相组成以及土的结构、构造等特征。

从物理的观点,定量地描述土粒的物理特性、土的物理状态,以及三相比例关系(即构成土的各种物理指标)是非常必要的。土的三相组成物质、三相比例、土的结构和构造不同,土的密度、密实程度、软硬或干湿状态等就会有所不同,土的物理性质又在一定程度上决定了它的力学性质(如压缩性、强度、渗透性等),因此土的物理性质是土最基本的工程特性。

2.1 概述

土体(soil mass)简称土,是岩体(rock mass)经过物理和化学风化作用,在各种自然环境中形成的沉积物。土再经过固结成岩作用,又可形成岩体(沉积岩)。

作为形状不规则、粒径大小不等的颗粒的集合体,土包括土颗粒(简称土粒)和土颗粒之

间的孔隙(部分孔隙体积被水填充,其余孔隙体积被气体占据)。在一年四季中,若温度低于冰点,孔隙中的水(孔隙水)将凝结为冰,导致土粒相互分离,造成土体积膨胀;当冰融化为水时,土粒又相互靠紧,造成土体积缩小。这种土被称为“季节性冻土”(seasonal frozen soil)。如果冰常年不化,这种冰—土混合物被称为“多年冻土”(perennially frozen soil)。显而易见,孔隙水是一个状态变量,可以随着温度处于水蒸气、液态水或固态冰等状态。孔隙水量的多少取决于气候条件、土颗粒排列的密实程度以及土是否处于饱和状态。

土可以分为“残积土”(residual soil)和“运积土”(transported soil)。残积土由母岩在原地风化后形成。在土层和岩层的交界区域常含有不同尺寸的、具有棱角的岩石碎块。岩体在一个地方被风化,风化产物再经过风、水、冰或重力的搬运作用至现在位置所形成的土称为运积土。“残积土”和“运积土”这两个概念是相对而言的,因为当前的残积土是由岩体在原地风化而形成,而这些岩体又可能是由更早地质时期的运积土经过固结成岩作用而形成的,后来的地壳抬升使得这些岩体再次暴露成为风化作用的新对象。石灰岩、砂岩和页岩等沉积岩是早期地质年代运积土典型的固结成岩产物。这些岩层被抬升,经受风化作用后再变成土,然后又开始新一轮的地质循环。

相比较而言,残积土一般具有较好的工程性质;而经历搬运作用的运积土,则往往工程性能较差。运积土的典型特征为颗粒粒径小,孔隙体积大,通常具有高压缩性。但是,上述结论并不是绝对的,也存在性能较差的残积土和性能较好的运积土。

土是由土粒(固相)、水(液相)和气(气相)组成的三相混合体。从理论上讲,只含有土粒和水而没有气的土处于饱和状态;只含有土粒和气而没有水的土处于干燥状态;由土粒、水 and 气三者共同组成的土处于非饱和状态。研究土这种多相混合体的物理力学性质,应重视组成土的各相的性质。图 2.1 为土的三相示意。

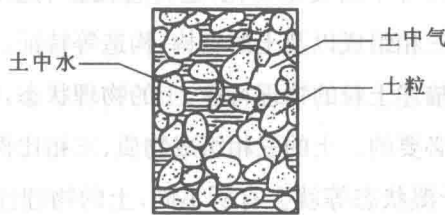


图 2.1 土的三相示意

土的三相组成物质的性质、相对含量以及土的结构、构造等因素,必然会影响到土的物理性质,而土的物理性质又在一定程度上决定了其力学性质。所以,研究土的力学性质必须首先研究其物理性质。本章主要介绍土的组成、土的结构构造、土的物理性质指标以及土的分类等。

2.2 土的形成

地球表面的整体岩石在阳光、大气、水和生物等因素影响下发生风化作用,使岩石崩解、破碎,经流水、风、冰川等动力作用,形成形状各异、大小不一的颗粒。这些颗粒受各种自然力作用,在各种不同的自然环境下堆积起来,就形成了土。因此,通常说土是岩石风化的产物。

堆积下来的土,在很长的地质年代中发生复杂的物理化学变化,逐渐压密、岩化,最终又会形成岩石,这就是沉积岩。这种长期的地质过程称为沉积过程。因此,在自然界中,岩石不断风化破碎形成土,而土又不断压密、岩化而形成岩石。这一循环过程永无休止地重复进行。

2.1.1 风化作用

岩石的风化是岩石在自然界各种因素和外力作用下遭到破碎和分解,产生颗粒变小及化学成分改变的现象。岩石风化后产生的物质,其性质与原生岩石的性质有很大区别。通常把风化作用分为物理风化、化学风化和生物风化3类。这3类风化经常是同时作用并且互相联系的。

2.1.1.1 物理风化

岩石中发生的只改变颗粒的大小与形状,而不改变原来矿物成分的变化过程称为物理风化。物理风化一般包括岩石在经受风、霜、雨、雪等自然力的影响下而发生的机械破碎作用、周围环境的温度和湿度发生变化引起的不均匀膨胀与收缩而产生的破裂作用等。

2.1.1.2 化学风化

岩石与周围环境中的水、氧气和二氧化碳等物质的长时接触,其内部的化学成分逐渐发生变化,从而导致其组成矿物成分发生改变的过程称为化学风化。由化学风化而产生的一些新的矿物成分称为次生矿物。

2.1.1.3 生物风化

动植物和人类活动对岩石的破坏作用称为生物风化。例如,树在岩石缝隙中生长时树根伸展使岩石缝隙扩展开裂,人类开采矿石、修建隧道时的爆破工作,对周围岩石产生的破坏等。生物风化的方式又可分为物理生物风化和化学生物风化两种形式。

2.1.2 不同形成条件下的土

土的工程特性与其形成条件有很大的关系。根据土的形成条件可将土分为两大类,一

类为残积土,另一类为运积土。

2.1.2.1 残积土

岩石风化后产生的碎屑物质,一部分被风和降水带走,一部分保留在原地。保留在原地的风化碎屑物质所构成的土称为残积土,它的特征是颗粒表面粗糙、多棱角、粗细不均、无层理。

2.1.2.2 运积土

运积土是指风化所形成的土颗粒,受自然力的作用,被搬运到远近不同地点所沉积的堆积物,其特点是颗粒经过滚动和摩擦作用而变圆滑。在沉积过程中因受水流等自然力的分选作用而形成颗粒粗细不同的层次,由于粗颗粒下沉快,细颗粒下沉慢而形成不同粒径的土层。搬运和沉积过程对土的性质影响很大,下面将根据搬运动力不同,介绍几类运积土。

1. 坡积土

坡积土是指残积土受重力和暂时性流水(雨水、雪水)的作用,搬运到山坡或坡脚处沉积起来的土,坡积颗粒随斜坡自上而下呈现由粗而细的分选性和局部层理。

2. 洪积土

洪积土是指残积土和坡积土受洪水冲刷、搬运,在山沟出口处或山前平原沉积下来的土,随离山远近有一定的分选性,颗粒有一定的磨圆度。

3. 冲积土

冲积土是指河流的流水作用搬运到河谷坡降平缓的地带沉积下来的土,这类土经过长距离的搬运,颗粒具有较好的分选性和磨圆度,常形成砂层和黏性土层交叠的地层。

4. 风积土

由风力搬运形成的土,其颗粒磨圆度好,分选性好。我国西北地区黄土就是典型的风积土。

5. 湖泊沼泽沉积土

在湖泊及沼泽等极为缓慢水流或静水条件下沉积下来的土,或称淤积土。这类土除了含大量细微颗粒外,常伴有生物化学作用所形成的有机物,成为具有特殊性质的淤泥或淤泥质土。

6. 海相沉积土

由河流流水搬运到海洋环境下沉积下来的土。

7. 冰积土

由冰川或冰水夹带搬运形成的沉积物,其颗粒粗细变化大,土质不均匀。

2.1.2.3 土的特点

土的上述形成过程决定了它具有特殊的物理力学性质。与一般建筑材料相比,土具有 3

个重要特点。

(1)散体性:颗粒之间无黏结或有一定的黏结,存在大量孔隙,可以透水、透气。

(2)多相性:土往往是由固体颗粒、水和气体组成的三相体系,相系之间质和量的变化直接影响它的工程性质。

(3)自然变异性:土是在自然界漫长的地质历史时期演化形成的多矿物组合体,性质复杂,不均匀,且随时间还在不断变化。

2.3 土的组成

土是由固体颗粒、水和气体所组成的三相体系。当土骨架的孔隙完全被水充满时,这种土称为饱和土;有时一部分被水占据,另一部分被气体占据,称为非饱和土;有时可能完全充满气体,就称为干土。这三种组成部分本身的性质和它们之间的比例关系和相互作用决定了土的物理力学性质。

2.3.1 土的固体颗粒

土的固相是土的主体,决定着土的性质,是一种土区别于另一种土的依据。根据土颗粒大小和矿物成分把土划分为黏性土和无黏性土两大类,这两类土的变形性质、强度性质和渗透性质有极明显差别。

土中的固体颗粒(土粒)大小、形状、矿物成分及其组成情况是决定土的物理性质的重要因素。

2.3.1.1 土粒粒组及粒组划分

土颗粒大小不同,其性质也不同。例如粗颗粒的砾石,具有很大的透水性,完全没有黏性和可塑性;而细颗粒的黏土则透水性很小,黏性和可塑性较大。颗粒大小通常以粒径表示。所谓粒组(fraction),就是某一级粒径的变化范围,或者为相邻两分界粒径之间性质相近的土粒。划分粒组的分界尺寸称为界限粒径。

在自然界中,土常是由多种粒组所组成。对粒组的划分,各个国家,甚至一个国家的各个部门都有不同的规定。目前土的粒组划分方法并不完全一致,表 2.1 是一种常用的土粒粒组的划分方法,表中根据界限粒径 200、60、2、0.075、0.005 把土粒分为六大粒组:漂石或块石颗粒、卵石或碎石颗粒、圆砾或角砾颗粒、砂粒、粉粒及黏粒。