

高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

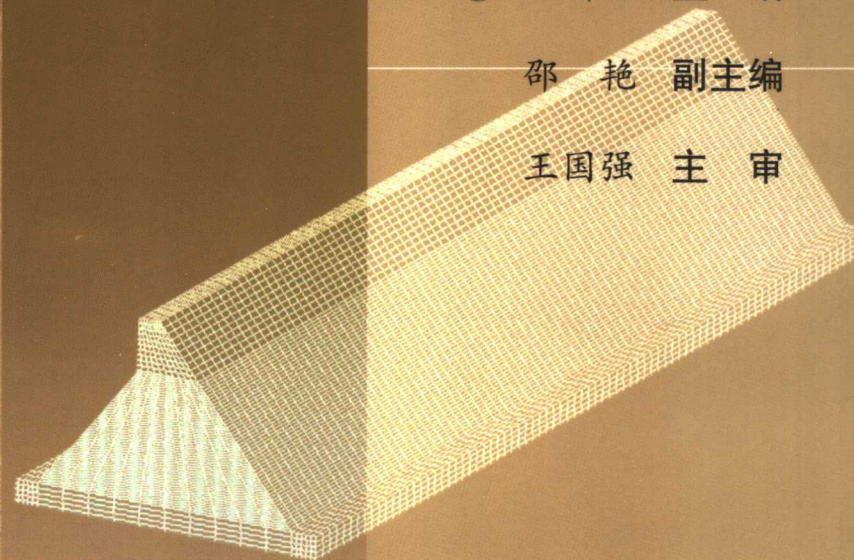
土力学与地基基础

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

◎ 宛新林 主 编

邵 艳 副主编

王国强 主 审



合肥工业大学出版社

高等学校省级规划教材

——土木工程专业系列教材

土力学与地基基础

宛新林 主 编

邵 艳 副主编

王国强 主 审

合肥工业大学出版社

内 容 提 要

《土力学与地基基础》是高等学校省级规划教材——土木工程专业系列教材中的一册。本书系统地介绍了土力学与地基基础的基本原理、计算方法和设计原理。全书主要内容包括:土的物理性质和工程分类、土中应力与变形、土的抗剪强度和地基承载力理论、土压力和土坡稳定、工程地质勘察、天然地基上浅基础设计、桩基础和其他深基础、软弱地基处理和区域性地基、地基基础有关抗震要求。本书按国家教育部审定的《土力学与地基基础》大纲和现行技术规范的有关要求编写,内容新颖,注重实用。为便于自学,本书简化理论推导,加强实践性内容和例题,各章后配有思考题与习题。

本书可作为土木工程、工程管理等专业教学用书,也可供设计、施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础/宛新林主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2006. 11

ISBN 7-81093-490-2

I. 工... II. 宛... III. ①土力学—高等学校—教材—②地基—基础(工程)—高等学校—教材 IV. TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 127755 号

土力学与地基基础

主编:宛新林

责任编辑:陈淮民

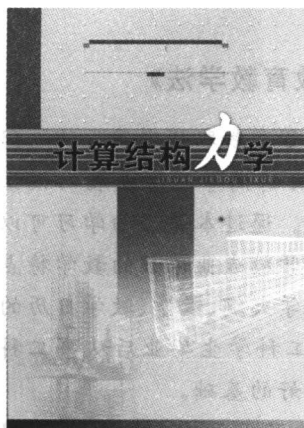
出 版	合肥工业大学出版社
地 址	合肥市屯溪路 193 号
邮 编	230009
电 话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198
网 址	www.hfutpress.com.cn
E-mail	press@hfutpress.com.cn
版 次	2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷
开 本	787×1092 1/16
印 张	13.5
字 数	327 千字
发 行	全国新华书店
印 刷	合肥创新印务有限公司

ISBN 7-81093-490-2/TU·21

定价:21.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

• 推荐 •



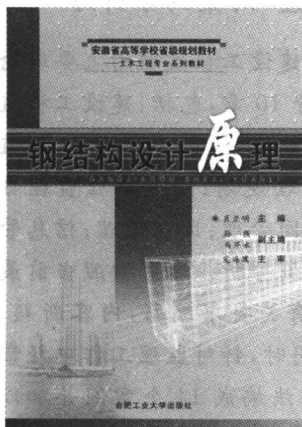
干 洪 主编

定价:20.00 元

书号:7-81093-132-6

《计算结构力学》

本书为土木工程专业重要的技术基础课之一。由于它涉及的学科面较广,内容较多,没有统编教材。本教材是作者经过十多年的艰苦努力,在教学改革上取得了一定成绩,并积累了大量的教学心得的基础上写成。教材侧重对学生基本技能、创新能力的培养和训练。对教学内容进行了优化整合,结合了近阶段课题研究成果,程序设计部分可直接用于工程实际。



肖亚明 主编

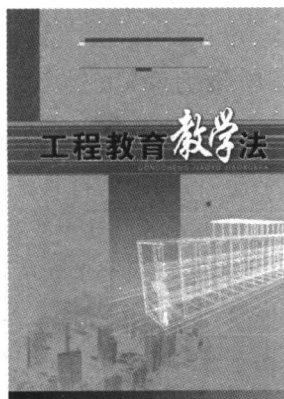
定价:23.00 元

书号:7-81093-298-5

《钢结构设计原理》

本书为高等学校土木工程专业本科的专业基础教材,主要讲述钢结构设计的基本理论和方法。全书共分为6章,分别为:绪论,钢结构的材料,钢结构的连接,轴心受力构件,受弯构件及拉弯和压弯构件。各章均附有设计计算例题,思考题和习题,以利有关基本理论和设计方法的学习和掌握,书后还给出大量的附表,可供设计计算和工程设计应用。

本书可作为高等院校土木工程专业以及相近专业本科生的教材,经过一定删节也可用作专科生的教材,还可供相关工程技术人员参考。



孙 强 主编

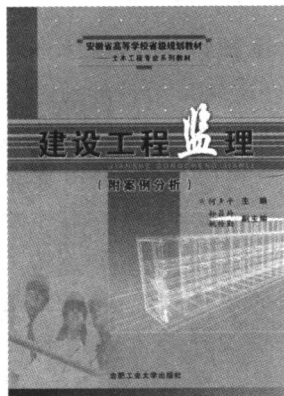
定价:18.00 元

书号:7-81093-110-5

《工程教育教学法》

本书是为土木工程职教职师班开设的一门专业课程,也是适应目前高等教育发展而设立的一个特色专业课程。通过本课程的学习可以使工科学生了解高等学校专业课程的教学特点与教学方法。熟悉教学大纲、教案、教学日历的编写和实施,为培养工科学生毕业后从事工科职业教育工作打下良好的基础。

适用范围:本书除了用于教材之外,还可以作为从事土木工程专业及职业技术教育的教师和大中专学生的参考书。



何夕平 主编

定价:20.00 元

书号:7-81093-299-3

《建设工程监理(附案例分析)》

本书着重介绍了建设工程监理的主要理论和实际运作方法,共分10章,包括:建设工程监理的概念和相关法律法规;监理工程师;工程监理企业;监理组织;监理规划;建设工程监理目标控制;组织协调;合同管理;风险管理;信息管理和建设工程监理案例分析。本书按照当前最新法规、标准规范的有关要求编写,内容新颖、实用、可操作性强。同时,针对监理工作中经常遇到的问题和处理方法编成14个案例并加以分析,以指导读者尽快掌握建设工程监理的主要内容和工作方法,提高分析问题和解决问题的能力。

本书除了用于土木工程、工程管理专业的教材之外,还可供相关工程技术人员参考。

前 言

随着国内外建筑科学与技术的快速发展,2002 年国家相继颁布了《岩土工程勘察规范》(GB50021—2001)、《建筑地基基础设计规范》(GB50007—2002)、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)等与本课程内容有关的系列规范,这就需要教材内容应有所更新。为满足我院教学计划中本课程为少学时的一些土木工程、工程管理等专业的教学需求,并根据国家教育部审定的“土力学与地基基础”教学大纲和现行技术规范的有关要求,我们组织编写了这本《土力学与地基基础》教材。

土力学和地基基础是高等院校土木工程专业四年制本科的必修专业基础课,要求阐明土力学的基本原理和主要概念,以及地基基础设计与分析的基本方法。本书编写内容包括:土的物理性质及分类,土的力学性质,土压力与土坡稳定,工程地质勘察,天然地基上的浅基础设计,桩基础,软弱地基处理,区域性地基,地基基础抗震。本书内容广泛,突出实用。为便于自学,本书简化理论推导,注意理论联系实际,每章后附有思考题与习题供读者练习,以加深对内容的理解和掌握。

本书由安徽建筑工业学院具有多年教学和实践经验的教师编写。全书各章编写分工为:绪论以及第 2、4、9 章由宛新林编写,第 1 章由邵艳、管艺编写,第 3 章由徐云峰编写,第 5、6 章由张威编写,第 7 章由彭曙光编写,第 8 章由吴君虎编写。全书由宛新林担任主编,负责统稿、修改,邵艳担任副主编,合肥工业大学王国强教授担任主审。

在编写过程中,编者所在单位的院系领导对本书的编写给予了大力支持和帮助。此外,合肥工业大学出版社在照排、校对、编辑等方面做了大量的工作,在此一并表示衷心感谢。

由于编写水平和能力所限,加之时间仓促,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

绪 论	1
0.1 土力学与地基基础课程简介	1
0.2 本学科的重要性	2
0.3 本学科发展简介	3
0.4 本课程的主要特点、内容及学习要求	4
第 1 章 土的物理性质及分类	5
1.1 土的生成与基本特征	5
1.2 土的组成及其结构与构造	8
1.3 土的物理性质指标	16
1.4 土的工程分类	26
第 2 章 土的力学性质	32
2.1 地基中的应力计算	32
2.2 土的压缩性	51
2.3 地基的最终沉降量计算	53
2.4 饱和土体渗流固结理论	65
2.5 土的抗剪强度与地基承载力	77
第 3 章 土压力与土坡稳定	98
3.1 概述	98
3.2 作用在挡土墙上的土压力	99
3.3 挡土墙设计	104
3.4 土坡稳定分析	106
第 4 章 工程地质勘察	110
4.1 工程地质勘察的任务	110
4.2 工程地质勘探与原位测试	111
4.3 工程地质勘察报告	120
第 5 章 天然地基上浅基础设计	125
5.1 地基基础设计的基本规定	125
5.2 基础埋置深度的选择	126

5.3 基础底面积的确定	129
5.4 浅基础设计	132
第6章 桩基础	148
6.1 桩的分类	149
6.2 单桩竖向抗压承载力	152
6.3 单桩水平承载力	155
6.4 桩基础设计	156
6.5 桩侧负摩阻力问题	168
6.6 其他深基础	169
第7章 软弱地基处理	173
7.1 概述	173
7.2 换土垫层法	175
7.3 排水固结法	178
7.4 强夯法	180
7.5 注浆加固法	184
第8章 区域性地基	186
8.1 湿陷性黄土地基	186
8.2 膨胀土地基	189
8.3 红粘土地基	192
8.4 山区地基	193
第9章 地基基础抗震	197
9.1 概述	197
9.2 场地类别与地基震害	199
9.3 地基基础抗震措施	204
参考文献	207

绪 论

0.1 土力学与地基基础课程简介

土是地表岩石经长期风化、搬运和沉积作用,逐渐破碎成细小矿物颗粒和岩石碎屑,是各种矿物颗粒的松散集合体。土主要由矿物固体颗粒、液体水和空气三部分组成,或者说,土是由固相(固体颗粒)、液相(水溶液)、气相(气体)所组成的三相体系。土中固体颗粒之间的联结强度,远小于颗粒本身的强度;土中固体颗粒之间存在大量孔隙,这些孔隙为水和空气所充填。所以土与其他连续固体介质相区别的最主要特征就是它具有碎散性、压缩性、固体颗粒之间相对移动性和透水性等。土与工程建设的关系十分密切。归纳起来,土具有两类工程用途:一类作为建(构)筑物的地基或围岩,在土层上修建厂房、住宅、地下洞室等工程,由地基土承受建筑物的荷载;另一类用土作为建筑材料来修筑堤坝与路基。

土力学是用力学的基本原理和土工测试技术,研究土的物理性质以及受外力作用后土的应力、变形、强度和渗透等特性的一门学科,即研究土的工程性质和在应力作用下土体性状的学科。一般认为,土力学是力学的一个分支,但由于土具有复杂的地质成因和工程特性,因此,目前在解决土工问题时,尚不能像其他力学学科一样具备系统的理论和严密的数学公式,而必须借助经验、现场试验以及室内试验辅以理论计算,所以土力学是一门强烈依赖于实践的学科。

土层受到建筑物的荷载作用以后,其内部原有的应力状态就会发生变化。工程上把受建筑物影响其应力发生变化而引起物理、力学性质发生可感变化的那一部分土层称为地基;基础则是指建筑物向地基传递荷载的下部结构。因此,建筑物的地基为支承基础的土体,基础则为将结构所承受的各种作用传递到地基的结构组成部分。当地基由两层以上土层组成时,通常将直接与基础接触的土层称为持力层,其下的土层称为下卧层,上部结构、基础与地基的相互关系如图0-1所示。

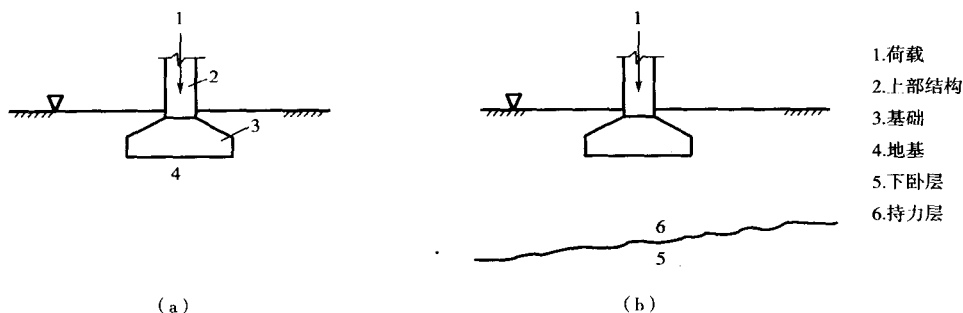


图 0-1 上部结构、基础与地基的关系

天然土层可以作为建筑物地基的称为天然地基;需经人工加固处理后才能作为建筑物地基的称为人工地基。基础有多种形式,通常把相对埋深(基础埋深与基础宽度之比)不大,采用一般方法与设备施工的基础称为浅基础,如单独基础、条形基础、片筏基础、箱形基础、壳体基础等。

而把基础埋深超过某一值,且需借助于特殊的施工方法才能将建筑物荷载传递到地表以下较深土(岩)层的称为深基础,如桩基础、墩基础、深井基础及地下连续墙等。

为了保证建筑物的正常使用,地基基础设计需满足两个基本条件:(1)强度条件,即要求作用于地基上荷载不超过地基承载能力,以保证地基在防止整体失稳方面有足够的安全储备;(2)变形条件,即控制基础沉降使之不超过容许值。为了研究地基的变形和强度,必须掌握土的物理、力学性质,因此,土力学是地基基础工程的理论基础。

建筑物的上部结构、基础与地基三部分虽然功能各异,却构成了一个既相互制约又共同工作的整体,合理的分析方法同时考虑静力平衡和变形协调原则,即共同作用的分析方法。由于目前共同作用的研究与实用设计尚有一段距离,所以在现阶段采用的常规设计方法中仍是将上部结构、基础、地基三部分分开,按照静力平衡原则分别采用不同的假定进行分析计算,但在设计中已采用了共同研究的部分成果。

0.2 本学科的重要性

地基与基础是建筑物的根基,位于地面以下,属于隐蔽工程。它的勘察、设计和施工质量,直接影响建筑物的安全,一旦发生质量事故,补救和处理往往很困难,甚至是不可能的。在建筑史上许多建筑工程质量事故就是发生在地基基础问题上,如著名的意大利比萨斜塔,我国苏州虎丘塔所发生的塔身严重倾斜,就是地基非均匀沉降所致。加拿大特朗康谷仓,由于地基强度破坏发生整体滑动,是建筑物失稳的典型例子(如图 0-2 所示)。该建筑物于 1913 年建造,由 65 个圆柱形筒仓组成,高 31m,平面尺寸为 $59.4\text{m} \times 23.5\text{m}$,片筏基础,厚为 2m,埋置深度为 3.6m,谷仓自重 $20 \times 10^3 \text{kN}$,当建成第一次装谷 $27 \times 10^3 \text{kN}$ 后,谷仓明显倾斜,西端陷入地基 8.8m,东端抬高 1.5m,仓身整体倾斜达 $26^\circ 53'$ 。由于谷仓整体刚度较高,地基破坏后,筒仓仍保持完整,无明显裂缝,事后勘察了解,基础以下埋藏有厚约 15m 的淤泥质软粘土层,谷仓加载使基础底面上的平均荷重达到 330kPa 时,超过了地基的极限承载能力(280kPa),因而地基发生强度破坏而整体失稳。为修复筒仓,在基础下设置了 70 多个支承于深 16m 基岩上的混凝土墩,使用了 388 只 500kN 的千斤顶,逐渐将倾斜的筒仓纠正,修复后位置比原来降低了 4m。

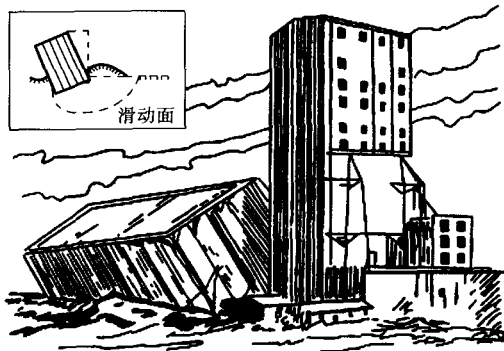


图 0-2 加拿大特朗康谷仓的地基事故

地基基础工程的造价和施工工期在建筑总造价和总工期中所占的比例与多种因素有关,包括上部结构型式和层数、基础结构型式、地质条件等。对钢筋混凝土结构和一般地质条件而言,采用箱形基础或筏基的多层建筑,其基础工程的费用约占建筑总费用的 20%,有的甚至高达

30%。相应的施工工期约占建筑总工期的20%~25%，一般桩基与之相近，有的稍高，对于高层建筑，其地基基础工程设计要求和施工中的技术难度均会进一步提高。

随着建筑业的发展和人均土地资源的有限性，充分利用各种不良地基、不占或少占耕地、最大限度地提高土地利用率，已使地基基础工程在社会发展中占有越来越重要的地位并对之提出越来越高的要求。

0.3 本学科发展简介

早在新石器时代，人类已建造出原始的地基基础，西安市半坡村遗址的土台和石础即为一例。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洹河，净跨达37.02m。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8.4m，桥下通航，桥上行车。桥台落在粉土天然地基上，基底压力约达500KPa—600KPa，从1390年以来沉降与位移甚微，至今安然无恙。1991年美国土木工程师学会选定赵州桥为“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，由于预见到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，以及采用料石基垫，灰土地基等等，积累了本学科丰富的经验。

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C. C. 库伦(Coulomb)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年英国学者W. T. M. 朗肯(Rankine)提出又一种土压力理论。1885年法国J. 布辛尼斯克(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W. 费伦纽斯(Fellenius)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K. 太沙基(Terzaghi)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学术会议，发表大量论文与研究报告。

新中国诞生以来，为适应社会主义建设的需要，本学科得到迅速的发展，全国各地有关勘察、设计、施工、科研和高等院校，总结实践经验，开展现场测试、专题试验和理论研究。不少专家学者对土力学方法理论做出了杰出贡献，如中国科学院院士、全国土力学及基础工程学会前理事长、清华大学教授黄文熙先生，早在1957年就研究提出了非均质地基考虑土侧向变形影响的沉降计算方法，并于20世纪60年代初期研制成功第一台振动三轴仪，在国际学术会议上发表了砂土液化理论。

近年来，世界各国超高土坝(坝高超过200m)、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，促进土力学进一步发展，有关单位积极研究土的本构关系、土的弹塑性与粘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、自钻式旁压仪、应用放射性同位素测土的物理性指标仪、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，等等，为土力学理论研究和地基加固体提供了良好的条件。随着电子计算机的应用和实验测试技术自动化程度不断提高，标志着本学科进入了一个新时期。

0.4 本课程的主要特点、内容及学习要求

本课程内容广泛、综合性强,是一门理论和实践性均较强的学科。由于地基土形成的自然条件各异,因而它们的性质是千差万别的,不同地区的土有不同的特性,即使是同一地区的土,其特性在水平方向和深度方向也可能存在较大的差异。从某种意义上说,一个最优的地基基础设计方案更依赖于完整的地质、地基土资料和符合实际情况的周密分析,但从另一方面看,地基土的工程特性并不是不可知的。只要注重调查,加强对土的勘探测试,加强实践,便可积累经验,经验的系统化和对经典力学理论的借鉴,就形成了该学科的理论部分,成为地基基础设计的理论工具。

本课程的另一大特点是知识更新的周期较短,随着建筑、交通等与之有关行业的迅速发展,使该学科不断面临新的问题,如基础型式的创新,地下空间的开发、软土地基的处理、新的土工合成材料的应用等等,导致新技术、新理论不断涌现,往往是实践领先于理论,促使理论不断更新和完善。

本教材共分9章。

第1章“土的物理性质及分类”,这是本课程的基础。要求了解土的三相组成,掌握土的物理性质和土的物理状态指标的定义、物理概念、计算公式和单位。要求熟练地掌握土的物理性质指标的三相换算,了解地基土的工程分类的依据与准确定名。

第2章“土的力学性质”,是土力学的基本理论部分,也是本课程的重点内容。要求掌握土中应力分布及地基沉降的计算方法,掌握土的抗剪强度指标的测试方法,了解土的极限平衡原理和条件,并学会应用公式计算地基承载力。

第3章“土压力与土坡稳定”,要求了解作用于挡土墙土压力的产生条件,掌握各种情况下土压力计算方法以及土坡稳定分析方法。

第4章“工程地质勘察”,要求了解地基勘察与测试的基本任务、内容与方法,了解地基勘察的地基勘察报告书的内容和编制工作。

第5章“天然地基上的浅基础设计”,本章也是本课程的重点。要求了解浅基础的各种类型与应用。掌握地基承载力的概念和地基承载力基本值、标准值与设计值的确定方法,掌握基础的埋置深度和基础尺寸的设计。

第6章“桩基础”,要求了解桩基础的特点及适用条件,了解桩的类型。掌握单桩竖向承载力、群桩承载力和桩基设计。

第7章“软弱地基处理”,要求了解软弱土的种类与工程性质。掌握土的压实原理,各类加固地基方法的原理、适用条件和效果。

第8章“区域性地基”,要求了解湿陷性土、膨胀土、红粘土三种特殊土地基以及山区地基的特性及其工程措施。遇特殊土地基,则应妥善处理。

第9章“地基基础抗震”,要求了解地震的成因类型、地震震级和地震烈度的概念,了解地基的震害与场地土和场地类别的关系。掌握地基土液化的物理概念和液化判别的方法,掌握地基基础抗震设计的基本原则、地基抗震验算和地基基础抗震设计。

本课程与建筑力学、建筑结构、建筑材料、施工技术、工程地质等学科有密切关系,又涉及高等数学、物理、化学、弹性理论等知识,因此,建议在学习本课程时既要注意与其他学科的联系,又要注意紧紧抓住强度和变形这一核心问题来分析和处理地基基础问题,突出重点要求,兼顾一般内容,理论联系实际,注重提高分析问题和解决问题的能力。总之,本课程的学习要求是注意搞清概念,掌握原理,抓住重点,理论联系实际,学会设计计算,重在工程应用。

第 1 章 土的物理性质及分类

土是由固相(固体颗粒)、液相(水溶液)、气相(气体)所组成的三相体系。各种土的颗粒大小和矿物成分差别很大,土的三相间的数量比例也不尽相同,要研究土的工程性质就必须了解土的三相组成性质、比例以及在天然状态下的结构和构造等总体特征。

土的三相组成物质的性质、相对含量以及土的结构和构造等必然在土的轻重、疏密、干湿、软硬等一系列物理性质和状态上有不同的反映。土的物理性质和状态又在很大程度上决定了它的力学性质。

在处理与土相关的工程问题和进行土力学计算时,不但要知道土的物理力学性质及其变化规律,了解各类土的工程特性,而且还要熟悉表征土的物理力学性质的各种指标的概念、测定方法及其相互换算关系,并掌握土的工程分类原则和标准。

1.1 土的生成与基本特征

1.1.1 土的生成

1.1.1.1 土和土体的概念

1. 土

在自然界中,地壳表层分布有岩石圈(广义的岩石包括基岩及覆盖土)、水圈及大气圈。岩石是一种或多种矿物的集合体,其工程性质在很大程度上取决于它的矿物成分,而土是岩石风化的产物,不同的风化作用,形成不同性质的土。地壳中原来完整坚硬的岩石,经风化、剥蚀搬运、沉积,形成固体矿物、水和气体的集合体称为土,可见,土是由固相、液相、气体三相物质组成的。

2. 土体

土体不是一般土层的组合体,而是与工程建筑的稳定和变形有关的土层的组合体。土体是由厚薄不等与性质各异的若干土层,以特定的上下次序组合在一起的。

地壳表面广泛分布着的土体是完整坚硬的岩石经过风化、剥蚀等外力作用而瓦解的碎块或矿物颗粒,再经水流、风力或重力作用、冰川作用搬运在适当的条件下沉积成各种类型的土体。

在搬运过程中,由于形成土的母岩成分的差异、颗粒大小、形态,矿物成分又进一步发生变化,并在搬运及沉积过程中由于分选作用形成在成分、结构、构造和性质上有规律的变化。

土体沉积后:①靠近地表的新近形成的土,一方面将经过生物化学及物理化学变化,即成壤作用,形成土壤;另一方面未形成土壤的土,继续受到风化、剥蚀、侵蚀而再破碎、再搬运、再沉积等地质作用。②地层深处较老的土,在上覆沉积物的自重压力及地下水的的作用下,经受成岩作用,逐渐固结成岩,强度增高。

总之,土体的形成和演化过程就是土的性质变化的过程,因此,土的形成年代和自然条件的不同,使各种土的工程性质有很大差异。

1.1.1.2 土的成因类型

1. 残积土

残积土是由岩石风化后, 未经搬运而残留于原地的土(如图 1-1)。它处于岩石风化壳的上部, 是风化壳中的剧风化带, 向下则逐渐变为半风化的岩石。它的分布主要受地形的控制, 在雨水产生地表径流速度小, 风化产物易于保留的地方, 残积物就比较厚。在不同的气候条件下、不同的原岩, 将产生不同矿物成分、不同物理力学性质的残积土。我国南方花岗岩分布广泛, 如深圳地区约占 60% 的面积, 花岗岩残积土的厚度在 15 ~ 40m 之间, 是该区城市建筑物基础的主要持力层。

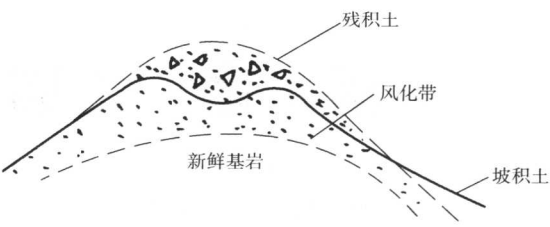


图 1-1 残积土层剖面

2. 坡积土

坡积土是残积土经水流搬运, 顺坡移动堆积而成的土。其成分与坡上的残积土基本一致。由于地形的不同, 其厚度变化大, 新近堆积的坡积土, 土质疏松, 压缩性较高(如图 1-2)。

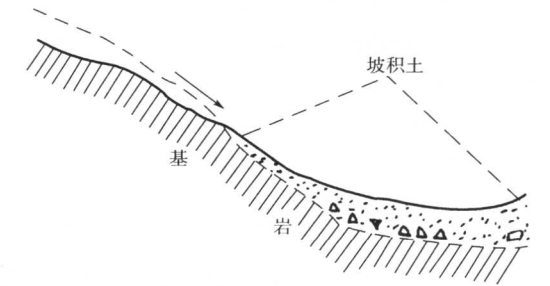


图 1-2 坡积土层剖面

3. 洪积土

洪积土是山洪带来的碎屑物质, 在山沟的出口处堆积而成的土(如图 1-3)。山洪流出沟谷后, 由于流速骤减, 被搬运的粗碎屑物质首先大量堆积下来, 离山渐远, 洪积物的颗粒随之变细, 其分布范围也逐渐扩大。其地貌特征, 靠山近处窄而陡, 离山较远宽而缓, 形如锥体, 故称为洪积扇。山洪是周期性发生的, 每次的大小不尽相同, 堆积下来的物质也不一样, 因此, 洪积土常呈现不规则交错的层理。由于靠近山地的洪积土的颗粒较粗, 地下水位埋藏较深, 土的承载力一般较高, 常为良好地基; 离山较远地段较细的洪积土, 土质软弱而承载力较低。

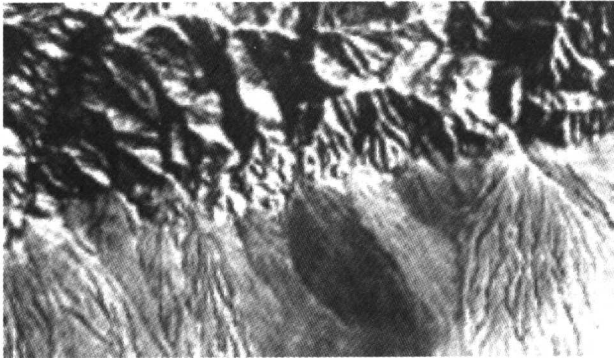


图 1-3 洪积土层剖面

4. 冲积土

冲积土是由于河流的流水作用, 将碎屑物质搬运堆积在它流经的区域内, 随着从上游到下游水动力的不断减弱, 搬运物质从粗到细逐渐沉积下来, 一般在河流的上游以及出山口, 沉积有粗粒的碎石土、砂土, 在中游丘陵地带沉积有中粗粒的砂土和粉土, 在下游平原三角洲地带, 沉积了

最细的粘土。冲积土分布广泛,特别是冲积平原是城市发达、人口集中的地带。对于粗粒的碎石土、砂土,是良好的天然地基,但如果作为水工建筑物的地基,由于其透水性好会引起严重的坝下渗漏;而对于压缩性高的软粘土,一般都需要处理地基。

5. 风积土

风积土是由风作为搬运动力,将碎屑物由风力强的地方搬运到风力弱的地方沉积下来的土。风积土生成不受地形的控制,我国西北地区的黄土就是典型的风积土。主要分布在沙漠边缘的干旱与半干旱气候带。风积黄土的结构疏松,含水量小,浸水后具有湿陷性。

6. 湖泊沉积物

湖泊沉积物可分为湖边沉积物和湖心沉积物。湖边沉积物是湖浪冲蚀湖岸形成的碎屑物质在湖边沉积而形成的,湖边沉积物中近岸带沉积的多是粗颗粒的卵石、圆砾和砂土,远岸带沉积的则细颗粒的砂土和粘性土。湖边沉积物具有明显的斜层理构造,近岸带土的承载力高,远岸带则差些。湖心沉积物是由河流和湖流挟带的细小悬浮颗粒到达湖心后沉积形成的,主要是粘土和淤泥,常夹有细砂、粉砂薄层,土的压缩性高,强度低。

若湖泊逐渐淤塞,则可演变为沼泽,沼泽沉积土称为沼泽土,主要由半腐烂的植物残体和泥炭组成的,泥炭的含水量极高,承载力极低,一般不宜作天然地基。

7. 海洋沉积物

按海水深度及海底地形,海洋可分为滨海带、浅海区和深海区,相应的四种海相沉积物性质也各不相同。滨海沉积物主要由卵石、圆砾和砂等组成,具有基本水平或缓倾的层理构造,其承载力较高,但透水性较大。浅海沉积物主要由细粒砂土、粘性土、淤泥和生物化学沉积物(硅质和石灰质)组成,有层理构造,较滨海沉积物疏松、含水量高、压缩性大、强度低。陆坡和深海沉积物主要是有机质软泥,成分均一。海洋沉积物在海底表层沉积的砂砾层很不稳定,随着海浪不断移动变化,选择海洋平台等构筑物地基时,应慎重对待。

8. 冰积土和冰水沉积土

冰积土和冰水沉积土是分别由冰川和冰川融化的冰下水进行搬运堆积而成。其颗粒以巨大块石、碎石、砂、粉土及粘性土混合组成。一般分叠性极差,无层理,但冰水沉积常具斜层理。颗粒呈棱角状,巨大块石上常有冰川擦痕。

1.1.2 土的基本特征

从工程地质观点分析,土有以下共同的基本特征:

1. 土是自然历史的产物

土是由许多矿物自然结合而成的。它在一定的地质历史时期内,经过各种复杂的自然因素作用后形成各类土的形成时间、地点、环境以及方式不同,各种矿物在质量、数量和空间排列上都有一定的差异,其工程地质性质也有所不同。

2. 土是相系组合体

土是由固相(固体颗粒以下简称土粒)、液相(水溶液)、气相(气体)所组成的三相体系;相系组成之间的变化,将导致土的性质的改变。当土中孔隙被水充满时,则是有土粒(固相)、土中水(液相)组成的二相体系。

土体具有与一般连续固体材料(如钢、木、混凝土及砌体等建筑材料)不同的孔隙特性,它不是刚性的多孔介质,而是大变形的孔隙性物质。在孔隙中水的流动显示土的透水性(渗透性);土孔隙体积的变化显示土的压缩性、胀缩性;在孔隙中土粒的错位显示土内摩擦和粘聚的抗剪强度

特性。

3. 土是多矿物组合体

在一般情况下,土将含有 5 ~ 10 种或更多的矿物,其中除原生矿物外,次生粘土矿物是主要成分。粘土矿物的粒径很小(小于 0.002mm),遇水呈现出胶体化学特性。

1.2 土的组成及其结构与构造

在土的三相组成物质中,固体颗粒(土粒)是土的最主要的物质成分,其构成土的骨架主体,也是最稳定、变化最小的成分。三相物质之间相互作用中,土粒一般居于主导地位。从本质而言,土的工程性质主要取决于组成土的土粒的大小和矿物类型,即土的粒度成分和矿物成分。各种类型土的划分,首先是根据组成土的土粒成分。而土的结构特征,也是通过土粒大小、形状、排列方式及相互连结关系反映出来的。

1.2.1 土中固体颗粒

土中固体颗粒简称土粒,土粒分为无机矿物颗粒与有机质,无机矿物颗粒由原生矿物和次生矿物组成。原生矿物是指地壳岩浆在冷凝过程中形成的矿物,常见的如石英、长石、云母、辉石等,原生矿物颗粒是原岩经物理风化(机械破碎的过程)形成的,其物理化学性质较稳定,其成分与母岩完全相同。原生矿物经化学风化(成分改变的过程)后形成次生矿物,主要有粘土矿物、无定形的氧化物胶体(如 Al_2O_3 、 Fe_2O_3)和盐类(如 CaCO_3 、 CaSO_4 、 NaCl 等)。粘土矿物通常是指蒙脱石、伊利石和高岭石三类。次生矿物颗粒成分与母岩成分完全不同。微生物参与风化过程,在土中产生有机质成分,如多种复杂的腐殖质,形成淤泥或淤泥质土;此外,土中的植物残骸体等有机残余物,形成土泥炭。

粗大土粒往往是岩石经物理风化作用形成的原岩碎屑,是物理化学性质比较稳定的原生矿物颗粒,一般有单矿物颗粒和多矿物颗粒两种形态。细小土粒主要是化学风化作用形成的次生矿物颗粒和生成过程中有机质的介入,次生矿物的成分、性质及其与水的作用均很复杂,是细粒土具有塑性特征的主要因素之一,对土的工程性质影响很大。有机质同样对土的工程性质有很大的影响。

1.2.1.1 土的粒度成分

在自然界中存在的土,都是由大小不同的土粒组成。土粒的粒径由粗到细逐渐变化时,土的性质相应地发生变化。土粒的大小称为粒度,通常以粒径表示。

1. 土的粒组划分

天然土的粒径一般是连续变化的,为了描述方便,工程上常把大小相近的土粒合并为组,称为粒组。各个粒组随着分界尺度的不同,而呈现出一定质的变化。划分粒组的分界尺寸称为界限粒径。

土的粒组划分方法各行业部门并不完全一致,表 1-1 是一种常用的土粒粒组的划分方法。表中根据国际《土的分类标准》(GBJ141-90)新规定的界限粒径 200、20、2、0.075 和 0.005mm 把土粒粒组划分为 6 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、粉粒及粘粒。

表 1-1 土粒粒组的划分

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;无粘性;无毛细作用
卵石或碎石颗粒		$200 \sim 20$	
圆砾或角砾颗粒	粗	$20 \sim 10$	透水性大;无粘性;毛细水上升高度不超过粒径大小
	中	$10 \sim 5$	
	细	$5 \sim 2$	
砂粒	粗	$2 \sim 0.5$	易透水;无粘性,无塑性,干燥性,干燥时松散;毛细水上升高度不大(一般不于 1m)
	中	$0.5 \sim 0.25$	
	细	$0.25 \sim 0.1$	
	极细	$0.1 \sim 0.075$	
粉粒	粗	$0.075 \sim 0.01$	透水性较强;湿时稍有粘性(毛细力连接),干燥时松散,饱和时易流动;无塑性和遇水膨胀性;毛细水上升高度大;湿土振动之有水析现象(液化)
	细	$0.01 \sim 0.005$	
粘粒		< 0.005	几乎不透水;湿时有粘性、可塑性,遇水膨胀大,干时收缩显著;毛细水上升高度大,但速度缓慢

表 1-1 所述各粒组特征的规律是:颗粒越细小,与水的作用越强烈。所以,毛细作用由无到毛细上升高度逐渐增大;透水性由大到小,甚至不透水;逐渐由无粘性、无塑性到具有愈大的粘性和塑性以及吸水膨胀性等一系列特殊性质(结合水发育的结果);在力学性质上,强度逐渐变小,受外力时,愈易变形。

2. 粒度成分分析及其成果表示

土粒的大小及其组成情况,通常以土中各个粒组的相对含量(是指土样各粒组的质量占土粒总质量的百分数)来表示,称为土的颗粒级配或粒度成分。

土的粒度成分是通过土的粒度分析(亦称颗粒分析)试验测定的。对于粒径大于 0.075mm 的粗粒土,可用筛分法测定。试验时将风干、分散的代表性土样通过一套孔径不同的标准筛(例如:60、20、2、0.05、0.025、0.01、0.0075mm),称出留在各个筛子上的土的重量,即可求得各个粒组的相对含量。粒径小于 0.075mm 的粉粒和粘粒难以筛分,一般可以根据土粒在水中匀速下沉时的速度与粒径的理论关系,用比重计法或移液管法(见有关土工试验书籍)测得颗粒级配。

常用的粒度成分的表示方法有表格法、累计曲线法和三角坐标法。这里主要介绍累计曲线法。根据颗粒分析试验成果,可以绘制如图 1-4 所示的颗粒级配累计曲线。其横坐标表示粒径。因为土粒粒径相差常在百倍、千倍以上,所以宜采用对数坐标表示。纵坐标则表示小于(或大于)某粒径的土的含量(或称累计百分含量)。由曲线的坡度可以大致判断土的均匀程度。如曲线较陡,则表示粒径大小相差不多,土粒较均匀;反之,曲线平缓,则表示粒径大小相差悬殊,土粒不均匀,即级配良好。