

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



TULIXUE YU DIJI JICHU

土力学与 地基基础

(第二版)

孔 军 主 编
高 翔 副主编



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



TU4/39=2

2008

TULIXUE YU DIJI JICHU

土力学与 地基基础

(第二版)

主 编 孔 军
副主编 高 翔
编 写 肖俊华 魏焕卫
田洪水 孙剑平
吕丛军
主 审 战永亮



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材,是根据教学大纲要求,并结合作者多年的教学实践编写而成。全书共分12章,主要内容包括工程地质概述、土的物理性质与工程分类、地基中的应力、土的压缩性和地基沉降、土的抗剪强度和地基承载力、土压力与土坡稳定、工程地质勘察、浅基础设计、桩基础、软弱土地基处理、区域性地基等。书中系统介绍了土力学的基本概念、基本原理,基础工程设计原理和方法。编写时在注重知识体系的完整性和实用性的同时,还注意采用新规范、新材料、新技术。为了便于学生复习与自学,各章还安排了内容摘要和大量的思考题和习题。本书内容选择合理,突出了基本原理和方法,语言简练,图文并茂。

本书可作为高等院校土木工程专业建筑工程方向及其相关专业,如建筑管理、工程造价等专业的教材,也可作为建筑施工企业、工程咨询部门工作人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础/孔军主编. —2版. —北京:中国电力出版社,2008

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-7681-3

I. 土… II. 孔… 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(2008)第100285号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005年1月第一版

2008年7月第二版 2008年7月北京第四次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 16.5印张 399千字

定价 26.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专为教材并重、新编与修订相结合。本书为修订教材。

为了适应改革开放以来,社会主义市场经济发展的需要,全国各地高等学校正在进行专业改革,以拓宽学生的专业知识。由于全国各地高等学校层次不同,就需要不同的课程教材。本教材适用于土木工程专业建筑工程方向,兼顾相关专业如建筑管理、工程造价等专业的教学需要,也可作为建筑施工企业、工程咨询部门的工作参考书。教学时各校可根据具体情况灵活选用。

本书是根据教学大纲要求编写,系统介绍了土力学的基本概念、基本原理,基础工程设计原理和方法,注重知识体系的完整性和实用性。为了便于学生复习与自学,各章还安排了内容提要 and 大量的思考题和习题,以加深学生的理解和掌握。本教材第一版发行以来,得到了很多院校的选用,提出了宝贵的修订意见,该教材是在第一版的基础上,结合使用情况进行修订而成。

全书由山东建筑大学组织编写,孔军主编。具体编写人员分工为:孔军、田洪水编写第一章、第七章、第九章,高翔编写第二章、第三章、第四章,肖俊华编写第五章、第八章,吕丛军、田洪水编写第六章,孙剑平、魏焕卫编写第十章、第十一章、第十二章。

全书由石油大学战永亮主审。

本书在编写工程中参考了大量的文献资料,在此谨向这些文献的作者表示衷心感谢,由于篇幅有限,文献目录未能全部列出。

对本教材第一版发行以来,提出了宝贵的修订意见的同行专家表示衷心感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免存在不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008.6



第二版前言

为了适应改革开放以来社会主义市场经济发展的需要,全国各地高等学校正在进行专业改革,以拓宽学生的专业知识。由于全国各地高等学校层次不同,就需要不同的课程教材。本教材适用于土木工程专业建筑工程方向,兼顾相关专业如建筑管理、工程造价等专业的教学需要,也可作为建筑施工企业、工程咨询部门的工作参考书。教学时各校可根据具体情况灵活选用。

《土力学与地基基础》的第一版于2005年1月出版发行,是普通高等教育“十五”规划教材。本书的修订,是根据教学大纲的要求编写,系统介绍了土力学的基本概念、基本原理,基础工程设计原理和方法,注重知识体系的完整性和实用性,结合第一版的使用反馈信息,对某些章节进行了部分修订。为了便于学生复习与自学,加深学生的理解和掌握,各章还安排了内容提要 and 大量的思考题与习题,与之配套的《土力学与地基基础学习指导》已经出版,可供学生选用。

全书由山东建筑工程学院组织编写,孔军主编。具体编写人员分工为:孔军、田洪水编写第一章、第七章、第九章,高翔编写第二章、第三章、第四章,肖俊华编写第五章、第八章,吕丛军编写第六章,孙剑平、魏焕卫编写第十章、第十一章、第十二章。

全书由石油大学战永亮主审。

本书在编写工程中参考了大量的文献资料,在此谨向这些文献的作者表示衷心感谢,由于篇幅有限,文献目录未能全部列出。

鉴于编者水平有限,书中难免存在不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2008.1

目 录

前言

第一版前言

第一章 绪论	1
第一节 土力学与地基基础的概念	1
第二节 本课程的内容及学习要求	2
第三节 本学科的发展概况	3
思考题	4
第二章 工程地质概述	5
第一节 岩石的类型和特征	5
第二节 土的成因类型	7
第三节 地质作用与地质构造	10
第四节 不良地质条件	12
第五节 地下水	13
思考题	16
第三章 土的物理性质与工程分类	18
第一节 土的组成	18
第二节 土的物理性质指标	24
第三节 无粘性土的密实度	28
第四节 粘性土的物理性质	29
第五节 土的工程分类	32
思考题	34
习题	35
第四章 地基中的应力	36
第一节 土的自重应力	36
第二节 基底压力	38
第三节 地基附加应力	41
思考题	52
习题	53
第五章 土的压缩性和地基沉降	54
第一节 土的压缩性	54
第二节 应力历史与土的压缩性的关系	61
第三节 地基沉降的计算方法	64
第四节 地基沉降与时间的关系	73
思考题	80
习题	81
第六章 土的抗剪强度和地基承载力	83

第一节	土的抗剪强度和极限平衡条件	83
第二节	抗剪强度指标的确定	88
第三节	无粘性土的抗剪强度	92
第四节	土的抗剪强度的影响因素	93
第五节	地基的临界荷载	94
第六节	地基的极限荷载	97
思考题		101
习题		101
第七章	土压力与土坡稳定	102
第一节	概述	102
第二节	静止土压力	104
第三节	朗金土压力理论	104
第四节	库仑土压力理论	114
第五节	挡土墙的设计	120
第六节	土坡稳定分析	127
思考题		130
习题		130
第八章	工程地质勘察	132
第一节	工程地质勘察的任务与内容	132
第二节	工程地质勘察方法	136
第三节	工程地质勘察报告	142
思考题		148
习题		148
第九章	浅基础设计	149
第一节	概述	149
第二节	浅基础的类型	151
第三节	基础埋置深度的选择	156
第四节	地基承载力特征值	159
第五节	基础底面尺寸的确定	164
第六节	地基变形验算	170
第七节	常规浅基础设计	172
第八节	柱下钢筋混凝土条形基础设计	182
第九节	筏形基础与箱形基础设计	189
第十节	减轻不均匀沉降损害的措施	191
思考题		194
习题		195
第十章	桩基础	197
第一节	概述	197
第二节	桩的分类和质量检验	198
第三节	单桩轴向荷载的传递	202
第四节	单桩竖向承载力的确定	206
第五节	桩基础验算	209

第六节 桩基础设计	210
思考题	217
习题	218
第十一章 软弱土地基处理	219
第一节 概述	219
第二节 换土垫层法	222
第三节 强夯法	227
第四节 挤密砂石桩法和振冲法	229
第五节 水泥土搅拌法	233
思考题	236
习题	237
第十二章 区域性地基	238
第一节 概述	238
第二节 湿陷性黄土地基	238
第三节 膨胀土地基	244
第四节 岩溶、土洞和红粘土地基	250
思考题	253
参考文献	254

第一章 绪 论

第一节 土力学与地基基础的概念

在自然界中,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主要取决于它的矿物成分。土是由岩石经物理、化学、生物风化作用,以及剥蚀、搬运、沉积于自然环境中所形成的各种沉积物,由于其生成年代、生成环境以及矿物成分不同,工程特性也千差万别,但在同一地质年代和相似沉积条件下,又有其相似的性状。因此,充分了解、研究建筑场地相应土层的成因、构造、地下水等,正确判断土的工程性质以及是否存在不良地质条件,对建筑场地作出正确评价,是非常重要的。

土力学是研究土体的一门力学,它是研究土体物理、化学和力学性质,以及在外界因素作用下其应力、变形、强度及稳定性的一门学科,是地基基础设计的理论基础。

任何建筑物(包括构筑物)都建造在地层上,地基是地层的一部分。地层包括岩层和土层,它们都是自然界的产物。岩石可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩。土是岩石经风化等作用而形成的,其颗粒有的粗大,有的极细小。土可分为粘性土、粉土、砂土和碎石土等。作为建筑物地基的土和岩石,它的形成过程、物质成分和工程性质非常复杂。未经人工处理就可以满足设计要求的地基称为天然地基;若地基软弱,其承载力不能满足设计要求时,需要对地基进行加固处理的,称为人工地基,人工地基的处理方法有换土垫层、碾压夯(振)实、土桩挤密、振动水冲、排水固结和胶结加固等。一旦拟建场地确定,人们对其地质条件,便没有了选择的余地。人们只能是尽可能对它了解清楚,加以合理地利用或处理。

建筑物在地面以下的部分,承受上部荷载并将上部荷载传递至地基的结构,就是建筑物的基础,它是建筑物的一部分。基础底面至设计地面的垂直距离,称为基础的埋置深度。通常把埋置深度不大、只需经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础称为浅基础,如柱下的单独基础、墙下的条形基础、片筏基础和箱形基础等;反之,若浅层土质不良,须把基础埋置于深层好的地层时,就得借助于特殊的施工方法,建造各种类型的深基础,如桩基、沉井、沉箱和地下连续墙等。建筑物的全部荷载,都由基础下面的地基来承担。对于埋置深度和平面尺寸不大的基础,受到影响的地层,其深度大约相当于几倍基础底面的宽度。

基础的作用是将建筑物的全部荷载传递给地基;地基的作用是承受建筑物基础传来的荷载。地基基础是保证建筑物安全和满足使用要求的关键之一。

为了保证安全,地基基础必须满足两个基本条件:

(1) 地基的土(岩)体必须稳定,且具有一定的承载力。在建筑物使用期间,不会发生开裂滑动和塌陷等有害的现象;要求作用于地基的荷载不超过地基的承载能力,保证地基不发生整体强度的破坏。

(2) 地基的变形(沉降和不均匀沉降)不超过建筑物地基的容许变形值,保证建筑物不因地基变形而发生开裂、损坏或者影响正常使用。

建造基础的材料,常用的有灰土、砖石砌体、混凝土和钢筋混凝土等。与上部结构相

同,基础应有足够的强度、刚度和耐久性。基础的材料、类型、埋置深度、底面尺寸和截面需要设计人员进行选择和计算。

基础的设计和施工,不仅要考虑上部结构的具体情况和要求,也要注意地层的具体条件。基础和地基互相关联,不能忽视地基情况孤立考虑基础的设计与施工。虽然建筑物的地基、基础和上部结构的功能不同,研究方法相异,但是,对一个建筑物来说,在荷载作用下,这三方面却是彼此联系、相互制约的整体。应该从地基—基础—上部结构相互作用的整体概念出发,全面地加以考虑,才能收到理想的效果。由于基础工程是建筑物的隐蔽工程,一旦失事,不仅损失巨大,且补救十分困难,因此,在土木工程中具有十分重要的作用。

随着我国基本建设的发展,大型、重型、多高层建筑和特殊建筑物日益增多,在基础工程设计和施工中积累了不少经验和教训,只有深入了解地基情况,掌握地质勘察资料,精心设计与施工,才能使基础工程做到既经济合理,又能保证工程质量。

第二节 本课程的内容及学习要求

本课程包括土力学和基础工程两部分,涉及工程地质学、土力学、结构设计等学科领域,内容广泛,综合性、理论性强,学习时应从本专业出发重视工程地质的基本知识,培养阅读和使用工程地质勘察资料的能力,掌握土的应力、应变、强度、土压力等土力学基本原理,应用这些基本概念和基本原理,结合建筑结构理论和施工知识,分析和解决地基基础问题。

第二章主要阐明岩石和土的成因类型,地质构造的基本类型以及常见的不良地质条件,地下水按埋藏条件划分的基本类型以及土的渗透性,渗透系数和动水力的概念,以及产生流砂破坏的条件。

第三章阐明土的组成,土的结构和构造,土的物理性质指标的定义、试验及其换算方法,无粘性土的密实度的定义及其判别方法,粘性土的物理特性及其物理状态的评价方法,地基土的工程分类方法。

第四章阐明自重应力和附加应力的概念,基底压力的简化计算方法和基底附加压力的计算方法,均质土及成层土中的自重应力计算方法,矩形和条形均布荷载作用下附加应力的计算方法和分布规律。

第五章阐明地基土的压缩性、应力历史与土的压缩性的关系、地基沉降的计算方法及地基沉降与时间的关系。土的压缩性和压缩指标的确定,计算基础沉降的分层总和法和规范法。

第六章阐明土的抗剪强度的概念和测定强度指标的常用方法及取值,影响土的抗剪强度指标的因素,土的极限平衡概念,计算地基的临塑荷载、塑性荷载和极限荷载。

第七章阐明各种土压力的概念及产生条件,朗金和库仑土压力理论的计算方法;重力式挡土墙的墙型选择、验算内容和方法。

第八章阐明工程地质勘察的目的、内容及常用勘察方法,勘察报告的内容、阅读和使用。

第九章阐明浅基础的类型,基础埋置深度的选择,地基承载力特征值的确定,基础底面尺寸的确定,刚性基础、扩展基础的设计方法,柱下条形基础、十字交叉基础、墙下筏板基

础及箱形基础的设计要点,减轻不均匀沉降危害的措施。

第十章阐明桩基的适用条件及类型,单桩竖向承载力与群桩承载力的确定与计算方法,桩基础设计内容与方法。

第十一章阐明软弱土地基的特性和各种软弱地基处理方法的要点与适用范围。

第十二章阐明区域特殊土如湿陷性黄土、膨胀土、红粘土等的特性与评价,以及相应防止工程事故的措施。

土力学部分为专业基础课,研究的对象“土”由固体矿物、液体水和气体三相组成。具有碎散性、压缩性、固体颗粒之间相对移动性和透水性等特性。学习时应特别注意土的特性,理论联系实际,抓住重点,掌握原理,准确计算。基础工程部分为专业课,有很多经验总结的技术,重在工程应用。学习时要学会与相关课程和现行规范的理解与贯通。

学习时在理论上主要掌握土力学的基本理论和概念、各类地基基础的计算原理和有关的结构理论。由于问题的复杂性,进行理论研究时,常需要作出某些假设和忽略某些因素。虽然现有的理论还难以模拟、概括地基土的各种力学性状的全貌,但本书所介绍的基本理论是读者应当掌握的。有的理论比较抽象,但如果理解了,就能使它在工程实践中发挥作用。本书的计算公式较多,要求主要了解公式的来源、意义和应用。通过试验,了解土的物理力学性质和当地土的特性,为现有理论的应用提供计算指标和参数,还可以验证现有理论、发现规律和建立新的理论。常规的室内试验较简便,但有时不完全符合现场实际情况,而且试件易受到扰动,所以常需要进行现场原位测试。现场测试比较理想,但有的比较费时费钱。主要要求学生掌握常规室内的各种试验,掌握各项最基本的土工试验技术。只凭经验没有土力学的基本理论不行,但是只靠这些基本理论也难于解决问题。试验资料是需要的,但很可能与实际条件有差别。这些都需要根据实践经验加以判别和修正。因此,经验也是重要的,工程技术人员在完成一项工程设计或解决一个工程问题之后,应从现场实测、成果评价与理论计算的比较中取得认识,并从这些比较中改进自己的经验积累。虽然这需要很长的工作经验的积累,但具有这样的意识是很重要的。

第三节 本学科的发展概况

本学科的发展经历了漫长的过程,是人类在长期的生产实践中发展起来的一门学科。18世纪欧洲工业革命开始以后,随着资本主义工业化的发展,城市建设、水利、道路等建筑规模也不断扩大,从而促使人们对土力学与地基基础加以重视并加以研究。作为理论基础的土力学方面,通常认为太沙基(1925年)出版的第一本《土力学》著作标志着土力学学科的形成,从而带动了各国学者对本学科的研究与探索。在此以前,很多科学家也对土力学学科发展做出了突出贡献,库仑于1773年根据试验建立了库仑强度理论,随后还发展了库仑土压力理论。达西1856年研究了砂土的渗透性,发展了达西渗透公式。朗肯1857年研究了半无限体的极限平衡,随后发展了朗肯土压力理论。布辛涅斯克1885年求得了弹性半空间在竖向集中荷载作用下应力和变形的理论解答。弗伦纽斯1922年建立了极限平衡法,用于土坡稳定分析。这些理论的建立与发展为土力学学科的形成奠定了基础。同时这些理论与方法,直到今天,仍不失其理论与实用的价值。基础工程工艺更是早在史前的人们的建筑活动中就出现了,例如西安半坡村新石器时代遗址中的土台和石础,公元前2世纪修建的万里长

城, 后来修建的南北大运河, 黄河大堤以及天坛、故宫、苏州虎丘塔、赵州桥等宏伟建筑, 虽经历沧桑变迁, 仍能留存至今。随着土力学学科的发展, 以土力学作为理论基础的基础工程也得到了空前的发展。

随着新技术的发展, 特别是计算机技术、计算技术以及现代测试技术的发展, 有力促进了土力学与基础的发展。如人们试图建立较为复杂的考虑土的应力—应变—强度—时间关系的计算模型, 在工程实践中考虑较为复杂的土的应力—应变关系。与此同时新的基础设计理论与施工技术, 也得到了迅速发展, 如出现了补偿性基础、桩—筏基础、桩—箱基础、巨型沉井基础等, 在基础处理技术方面, 如强夯法、砂井预压法、振冲法、深层搅拌法及压力注浆法等方法, 都得到了发展与完善。

由于基础工程是处在地下隐蔽工程, 工程地质条件极其复杂且差异较大, 虽然土力学与基础的理论与技术比以往有了突飞猛进的发展, 但仍有许多问题值得研究与探索。

思 考 题

- 1-1 试说明地基与基础的意义、作用和分类, 并说明建筑物对地基与基础的要求。
- 1-2 试联系实际说明学习本课程的重要性。

第二章 工程地质概述

本章提要

通过本章的学习,掌握岩石和土的成因类型,了解地质构造的基本类型及常见的不良地质条件,了解地下水按埋藏条件划分的基本类型及土的渗透性,掌握渗透系数和动水力的概念,了解产生流砂破坏的条件。

工程地质与建筑物的关系十分密切。在地球形成至今的约 46 亿年的历史中,地壳在内力和外力地质作用下,经历了一系列的演变过程,形成了各种类型的地质构造和地形地貌以及复杂多样的岩石和土。地表的工程地质条件的优劣直接影响建筑物的设计、施工和使用。对于不同的地区,场地的工程地质条件可能有很大的差别,勘察人员常根据该地区的地质构造和地形地貌对建筑场地进行稳定性评价,并根据该地区岩石和土的工程性质对建筑物地基强度和变形进行评价。

地壳表层的岩石和土常作为建筑物地基。岩石形成年代较长,颗粒间牢固联结,呈整体或具有节理裂隙的岩体,在山区或平地深处都可遇到。而土是松散的沉积物,它是岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积而成,形成年代较短,一般在第四纪(在地质年代中新近的一个纪)时沉积,故土又称为“第四纪沉积物”。

第一节 岩石的类型和特征

组成地壳的岩石,都是在一定的地质条件下,由一种或多种矿物自然组合而成的矿物集合体。矿物的成分、性质及其在各种因素影响下的变化,都会对岩石的强度和稳定性产生影响。

一、主要造岩矿物

矿物是地壳中天然生成的自然元素或化合物,它具有一定的化学成分和物理性质。岩石的特征及其工程特性,在很大程度上取决于它的矿物成分。组成岩石的矿物称为造岩矿物。

地壳上已发现的矿物有三千多种,但最主要的造岩矿物只有三十多种,如石英、长石、辉石、角闪石、云母、方解石、高岭石等。矿物按生成条件可分为原生矿物和次生矿物两大类。原生矿物一般由岩浆冷凝生成,如石英、长石、辉石、角闪石、云母等;次生矿物一般由原生矿物经风化作用直接生成,如由长石风化而成的高岭石、由辉石或角闪石风化而成的绿泥石等,或在水溶液中析出形成,如水溶液中析出的方解石和石膏等。表 2-1 列出了几种主要造岩矿物的特征。

二、岩石的成因类型

自然界中岩石种类繁多,按其成因可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。沉积岩主要分布在地壳表层。在地壳深处,主要是岩浆岩和变质岩。

表 2-1

主要造岩矿物特征表

矿物名称	形 状	颜 色	光 泽	硬度等级	解 理	比 重
石 英	块状、六方柱状	无色、乳白色	玻璃、油脂	7	无	2.6~2.7
正长石	柱状、板状	玫瑰色、肉红色	玻 璃	6	完 全	2.3~2.6
斜长石	柱状、板状	灰白色	玻 璃	6	完 全	2.6~2.8
辉 石	短柱状	深褐色、黑色	玻 璃	5~6	完 全	2.9~3.6
角闪石	针状、长柱状	深绿色、黑色	玻 璃	5.5~6	完 全	2.8~3.6
方解石	菱形六面体	乳白色	玻 璃	3	三组完全	2.6~2.8
云 母	薄片状	银白色、黑色	珍珠、玻璃	2~3	极完全	2.7~3.2
绿泥石	鳞片状	草绿色	珍珠、玻璃	2~2.5	完 全	2.6~2.9
高岭石	鳞片状	白色、淡黄色	暗 淡	1	无	2.5~2.6
石 膏	纤维状、板状	白 色	玻璃、丝绸	2	完 全	2.2~2.4

注 解理是指矿物受外力作用后沿一定方向裂开成光滑平面的性能；硬度等级越高，硬度越大。

1. 岩浆岩

岩浆岩是由岩浆侵入地壳或喷出地表而形成的。岩浆喷出地表后冷凝形成的称为喷出岩；在地表以下冷凝形成的则称为侵入岩。

岩浆岩的矿物成分有两类：一类是石英、正长石、斜长石等含铝硅酸盐矿物，比重较小，颜色较浅，称浅色矿物；另一类是角闪石、辉石、黑云母、橄榄石等含铁硅酸盐矿物，比重较大，颜色较深，称深色矿物。正长石和斜长石是岩浆岩主要矿物成分，其次为石英，它们是岩浆岩的鉴别和分类的根据。

常见的岩浆岩有花岗岩、花岗斑岩、正长岩、闪长岩、安山岩、辉长岩和玄武岩等。

2. 沉积岩

沉积岩是在地表条件下，由原岩（即岩浆岩、变质岩和早期形成的沉积岩）经风化剥蚀作用而形成的岩石碎屑、溶液析出物或有机质等，经流水、风、冰川等搬运到陆地低洼处或海洋中沉积，再经成岩作用而形成的。沉积岩是地壳表面分布最广的一种层状岩石。

沉积岩的物质成分主要有三种：

- (1) 原岩经物理风化后保留下来的抗风化能力强的矿物，如石英、白云母等矿物颗粒；
- (2) 硅酸盐的原岩经化学风化作用后产生的粘土矿物；
- (3) 从溶液中结晶析出的物质，如方解石等。

此外，还有把碎屑颗粒胶结起来的胶结物。胶结物的性质对沉积岩的力学强度、抗水性及抗风化能力有重要影响，常见的胶结物有硅质的（ SiO_2 ）、钙质的（ CaCO_3 ）、铁质的（ FeO 或 Fe_2O_3 ）和泥质的粘土矿物。上述胶结物以硅质（呈白、灰白色）硬度最大，抗风化能力最强；铁质（呈红色或褐色）、钙质（呈白色、灰白色）次之；泥质胶结物硬度最小，且遇水后很易软化。在工程实践中，常遇到不是由单一胶结物胶结的沉积岩石。因此，分析沉积岩工程性质时，必须鉴别它以何种胶结物为主。在沉积岩的组成物质中，粘土矿物、方解石、白云石、有机质等是沉积岩所特有的，是物质组成上区别于岩浆岩的一个重要特征。

常见的沉积岩有砾岩、砂岩、石灰岩、凝灰岩、泥岩、页岩和泥灰岩等。

3. 变质岩

变质岩是由组成地壳的岩石因地壳运动和岩浆活动而在固态下发生矿物成分、结构构造的改变形成的新岩石。引起变质的主要因素是高温、高压以及新的化学成分的加入。例如石灰岩类在炽热的岩浆烘烤下，岩石中的矿物重新结晶，晶粒变粗，成为大理岩；富含铝的泥质岩石，在地壳运动和温度作用下，变成矿物有定向排列的板岩、千枚岩，这些新的岩石均称为变质岩。变质岩不仅具有自身独特的特点，而且还常保留着原来岩石的某些特征。

变质岩的矿物成分有两种：

- (1) 与岩浆岩或沉积岩共有的矿物，如石英、长石、云母、角闪石和方解石等；
- (2) 变质岩独有的矿物，如滑石、硅线石、红柱石、蛇纹石和绿泥石等。

常见的变质岩有片麻岩、云母片岩、大理岩和石英岩等。

不同类型的岩石，由于它们生成的地质环境和条件不同，产生了各种不同的结构和构造。鉴别岩石方法有很多，但最基本的是根据岩石的外观特征，用肉眼和简单工具（如小刀、放大镜等）进行鉴别。

第二节 土的成因类型

土是在第四纪（距今约一百八十万年）中由原岩风化产物经各种地质作用剥蚀、搬运、沉积而成的。第四纪沉积物在地表分布极广，成因类型也很复杂。不同成因类型的沉积土，各具有一定的分布规律、地形形态及工程性质。根据地质成因类型，可将第四纪沉积物的土体划分为残积土、坡积土、洪积土、冲积土、湖积土、海积土、风积土、冰积土等。

一、残积土

残积土是指由岩石经风化后未被搬运而残留于原地的碎屑物质所组成的土体，如图 2-1 所示，它处于岩石风化壳的上部，向下则逐渐变为强风化或中等风化的半坚硬岩石，与新鲜岩石之间没有明显的界限，是渐变的过渡关系。残积土的分布受地形控制。在宽广的分水岭上，由于地表水流速度很小，风化产物能够留在原地，形成一定的厚度。在平缓的山坡或低洼地带也常有残积土分布。

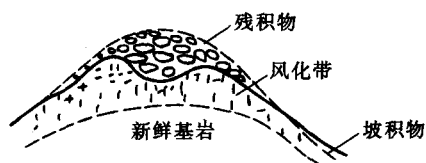


图 2-1 残积土

残积土中残留碎屑的矿物成分，在很大程度上与下卧母岩一致，这是它区别于其他沉积土的主要特征。例如，砂岩风化剥蚀后生成的残积土多为砂岩碎块。由于残积土未经搬运，其颗粒大小未经分选和磨圆，颗粒大小混杂，没有层理构造，均质性差，土的物理力学性质各处不一，且其厚变化大。同时多为棱角状的粗颗粒土，孔隙度较大，作为建筑物地基容易引起不均匀沉降。因此，在进行工程建设时，要注意残积土地基的不均匀性。我国南部地区的某些残积层，还具有一些特殊的工程性质。如，由石灰岩风化而成的残积红粘土，虽然孔隙比较大，含水量高，但因结构性强故而承载力高。又如，由花岗岩风化而成的残积土，虽然室内测定的压缩模量较低，孔隙也比较大，但是其承载力并不低。

二、坡积土

坡积土是雨雪水流将高处的岩石风化产物，顺坡向下搬运，或由于重力的作用而沉积在

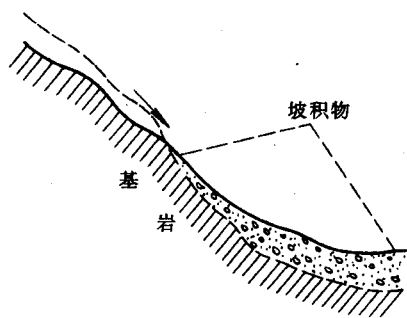


图 2-2 坡积土

较平缓的山坡或坡角处的土,如图 2-2 所示。它一般分布在坡腰或坡脚,其上部与残积土相接。

坡积土随斜坡自上而下逐渐变缓,呈现由粗而细的分选作用,但层理不明显。其矿物成分与下卧基岩没有直接关系,这是它与残积土明显区别之处。

坡积土底部的倾斜度取决于下卧基岩面的倾斜程度,而其表面倾斜度则与生成的时间有关。时间越长,搬运、沉积在山坡下部的物质越厚,表面倾斜度也越小。坡积土的厚度变化较大,在斜坡较陡地段的厚度通常较薄,而在坡脚地段则较厚。坡积

物中一般见不到层理,但有时也具有局部的不清晰的层理。

新近堆积的坡积物经常具有垂直的孔隙,结构比较疏松,一般具有较高的压缩性。由于坡积土形成于山坡,故较易沿下卧基岩倾斜面发生滑动。因此,在坡积土上进行工程建设时,要考虑坡积土本身的稳定性和施工开挖后边坡的稳定性。

三、洪积土

洪积土是由暴雨或大量融雪骤然集聚而成的暂时性山洪急流,将大量的基岩风化产物或将基岩剥蚀、搬运、堆积于山谷冲沟出口或山前倾斜平原而形成的堆积物,如图 2-3 所示。由于山洪流出沟谷口后,流速骤减,被搬运的粗碎屑物质先堆积下来,离山渐远,颗粒随之变细,其分布范围也逐渐扩大。洪积土地貌特征,靠山近处窄而陡,离山较远处宽而缓,形似扇形或锥体,故称为洪积扇(锥)。

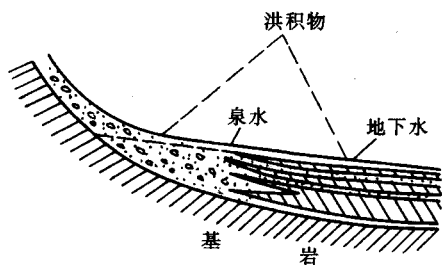


图 2-3 洪积土

洪积物质离山区由近渐远颗粒呈现由粗到细的分选作用,碎屑颗粒的磨圆度由于搬运距离短而仍然不佳。又由于山洪大小交替和分选作用,常呈现不规则交错层理构造,并有夹层或透镜体(在某一土层中存在着形状似透镜的局部其他沉积土)等,如图 2-4 所示。

洪积土作为建筑物地基,一般认为是较理想的。尤其是靠近山区的洪积土,颗粒较粗,所处的地势较高,而地下水位低,且地基承载力较高,常为良好的天然地基;离山区较远地

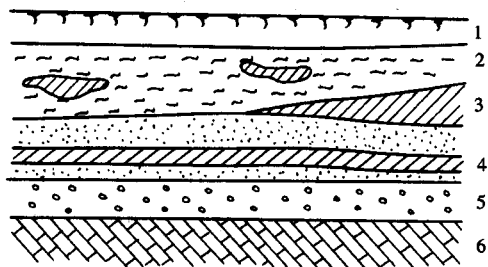


图 2-4 土的层理构造

- 1—表土层; 2—淤泥夹粘土透镜体; 3—粘土尖灭层;
4—砂土夹粘土层; 5—砾石层; 6—石灰岩层

段的洪积土多由较细颗粒组成,由于形成过程受到周期性干旱作用,土体被析出的可溶性盐类使土质较坚硬密实,承载力较高;中间过渡地段由于地下水溢出地表而造成宽广的沼泽地,土质较弱而承载力较低。

四、冲积土

冲积土是河流两岸的基岩及其上部覆盖的松散物质被河流流水剥蚀后,经搬运、沉积于河流坡降平缓地带而形成的沉积土。冲积土的特点是具有明显的层理构造。经过搬

运过程的作用,颗粒的磨圆度好。随着从上游到下游的流速逐渐减小,冲积土具有明显的分选现象。上游沉积物多为粗大颗粒,中下游沉积物大多由砂粒逐渐过渡到粉粒(粒径为 $0.075\sim 0.005\text{mm}$)和粘粒(粒径小于 0.005mm)。典型的冲积土是形成于河谷内的沉积物,冲积土可分为平原河谷冲积土、山区河谷冲积土、三角洲冲积土等类型。

1. 平原河谷冲积土

平原河谷除河床外,大多有河漫滩及阶地等地貌单元,如图 2-5 所示。平原河谷的冲积土比较复杂,它包括河床沉积土、河漫滩沉积土、河流阶地沉积土及古河道沉积土等。河床沉积土大多为中密砂砾,作为建筑物地基,其承载力较高,但必须注意河流冲刷作用可能导致建筑物地基的毁坏及凹岸边坡的稳定问题。河漫滩沉积土其下层为砂砾、卵石等粗粒物质,上部则为河水泛滥时沉积的较细颗粒的土,局部夹有淤泥和泥炭层。河漫滩地段地下水埋藏很浅,当沉积土为淤泥和泥炭土时,其压缩性高,强度低,作为建筑物地基时,应认真对待,尤其是在淤塞的古河道地区,更应慎重处理;如冲积土为砂土,则其承载力可能较高,但开挖基坑时必须注意可能发生的流砂现象。河流阶地沉积土是由河床沉积土和河漫滩沉积土演变而来的,其形成时间较长,又受周期性干燥作用,故土的强度较高,可作为建筑物的良好地基。

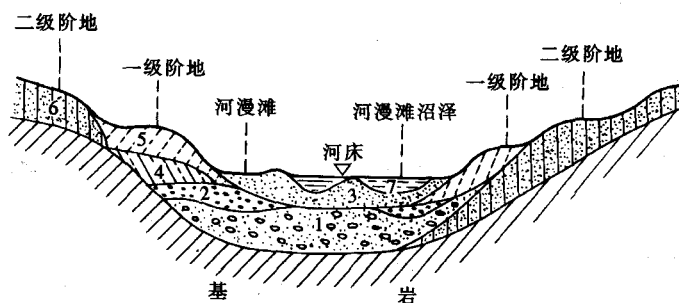


图 2-5 平原河谷横断面示例(垂直比例尺放大)

1—砾卵石; 2—中粗砂; 3—粉细砂; 4—粉质粘土; 5—粉土; 6—黄土; 7—淤泥

2. 山区河谷冲积土

在山区,河谷两岸陡峭,大多仅有河谷阶地,如图 2-6 所示。山区河流流速很大,故沉积土较粗,大多为砂粒所填充的卵石、圆砾等。山间盆地和宽谷中有河漫滩冲积土,其分选性较差,具有透镜体和倾斜层理构造,但厚度不大,在高阶地往往是岩石或坚硬土层,作为地基,其工程地质条件很好。

3. 三角洲冲积土

三角洲冲积土是由河流所搬运的物质在入海或入湖的地方沉积而成的。三角洲的分布范围较广,其中水系密布且地下水位较高,沉积物厚度也较大。

三角洲沉积土的颗粒较细,含水量大且呈饱和状态。在三角洲沉积土的上层,由于经过长期的干燥和压实,已形成一层所谓“硬壳”层,硬

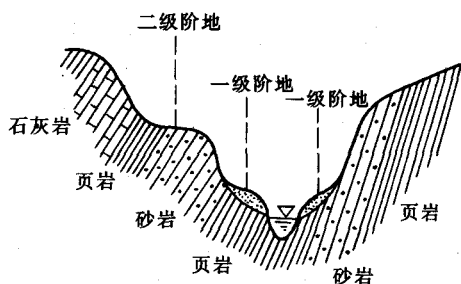


图 2-6 山区河谷横断面示例