

高职高专土建类“十二五”规划教材

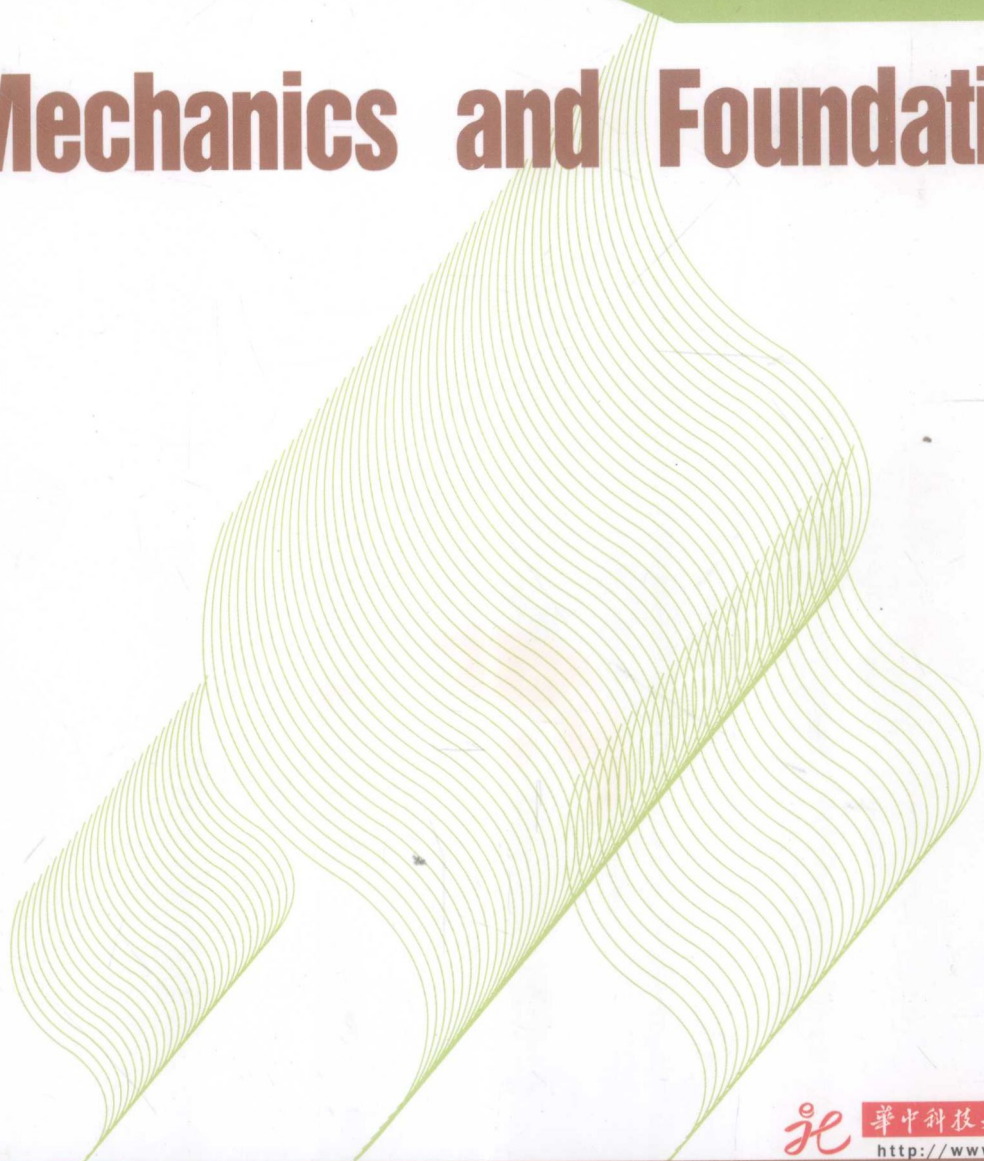
Higher Vocational Textbooks on Civil Engineering and Architecture for the 12th Five-Year Plan

土力学与地基基础

主编 崔秀琴 华四良

(第二版)

Soil Mechanics and Foundation



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高职高专土建类“十二五”规划教材

土力学与地基基础

Soil Mechanics and Foundation

(第二版)

主 编	崔秀琴	华四良		
副主编	吕世革	刘 扬	梅 魁	
主 审	冯仲仁			
参 编				
崔秀琴	华四良	刘 扬	梅 魁	
吕世革	孙彦飞	袁金艳	刘桂琴	

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

土力学与地基基础(第二版)/崔秀琴,华四良 主编.—2版—武汉:华中科技大学出版社,2012.12
(高职高专土建类“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-5609-8397-4

I. 土… II. ①崔… ②华… III. ①土力学-高等职业教育-教材 ②地基-基础(工程)-高等职业教育-教材 IV. ①TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 230488 号

土力学与地基基础(第二版)

崔秀琴 华四良 主编

责任编辑:陈 骏

封面设计:张 璐

责任校对:周 娟

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:武汉楚海文化传播有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:850mm×1065mm 1/16

印 张:21

字 数:576千字

版 次:2013年1月第2版第2次印刷

定 价:38.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

《土力学与地基基础》是“高职高专土建类‘十二五’规划教材”之一,本教材按照《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等有关设计新规范、新标准编写的。

本教材共分十一章:绪论;土的物理性质及工程分类;地基应力的计算;地基变形的计算;土的抗剪强度;土压力及土坡稳定;建筑场地的岩土工程勘察;天然地基上浅基础设计;桩基础及其他深基础;地基处理;区域性地基。为方便教学,书后附有实验指导书和课程设计指导书。每章最后附有思考题及习题供学生练习,以加深对内容的理解和掌握。

本教材适用于高职高专院校建筑工程技术专业、建筑工程管理专业及相关专业的教学用书,也可作为有关工程技术人员的参考书。

第二版前言

《土力学与地基基础》是“高职高专土建类‘十二五’规划教材”之一,本教材按照《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ94—2008)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB50011—2010)等有关设计新规范、新标准编写的。编写过程中,结合高职高专的特点,强调适用性和实用性,对理论内容的推导作了适当删减,注重理论联系实际,以实用为重点。

本教材主要内容包括:土力学的基本知识;岩土工程勘察内容和方法;常见的浅基础和桩基础及一般挡土结构的设计与构造;地基处理及区域性地基。本教材按 72 学时(包括实验学时)编写。其中软土地基、膨胀土地基、湿陷性黄土地基、红黏土地基、冻土地基、盐渍土地基、山区地基属于区域性地基,讲课时,结合本地区土质情况进行取舍。为方便教学,书后附有实验指导书和课程设计指导。每章最后附有思考题及习题供学生练习,以加深对内容的理解和掌握。

参加编写本教材的教师都具有多年的教学实践经验。本教材由焦作大学崔秀琴、焦作大学华四良担任主编,河北石油职业技术学院刘扬、河南建达工程建设监理公司吕世革担任副主编。其中第 1 章、第 7.1 节、第 7.2 节、第 10 章、第 11 章由焦作大学崔秀琴编写。第 2 章、附录 A.1、附录 A.2 由河南工程学院孙彦飞编写;第 3 章由沧州职业技术学院袁金艳编写;第 4 章由郑州华信学院刘桂琴编写;第 5 章、第 6 章由河北石油职业技术学院刘扬编写;第 7.3 节、第 7.4 节、第 9 章由洛阳理工学院梅魁编写;第 8.1 节~8.11 节由焦作大学华四良编写;第 8.12 节~8.14 节、附录 A.3、附录 A.4、附录 B 由河南建达工程建设监理公司吕世革编写;

本教材由武汉理工大学土木工程与建筑学院副院长冯仲仁教授担任主审,并提出许多宝贵意见,编者非常感谢主审冯仲仁教授严谨、认真的审稿工作。编写过程中参考了一些公开出版和发表的文献,在此表示感谢。

限于编者的理论水平和实践经验,加之时间仓促,教材中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2012 年 6 月

第一版前言

《土力学与地基基础》是“高职高专土建类‘十二五’规划教材”之一,本教材严格按照《建筑地基基础设计规范》(GB 5007—2002)、《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)、《建筑边坡工程技术规范》(GB 50330—2002)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)等有关设计新规范、新标准编写的。编写过程中,结合高职高专的教学特点,强调适用性和实用性,注重理论联系实际,以实用为重点。

本书主要内容包括:土力学的基本知识;工程地质勘察内容和方法;常见的浅基础和桩基础及一般挡土结构的设计与构造;地基处理及区域性地基。本教材按 72 学时(包括实验学时)编写,其中软土地基、膨胀土地基、湿陷性黄土地基、红黏土地基、冻土地基、盐渍土地基、山区地基属于区域性地基,讲课时可结合本地区土质情况进行取舍。为方便教学,书后附有实验指导书和课程设计指导。每章末附有思考题及习题供学生练习,以加深对教材内容的理解和掌握。

本书由郑州市市政工程管理处张浩华、焦作大学崔秀琴担任主编,焦作大学华四良、河北石油职业技术学院刘扬、洛阳理工学院梅魁担任副主编。其中第 1 章、4.1 节、8.12 节~8.14 节、附录 A.3、附录 A.4、附录 B 由张浩华编写;第 2 章、附录 A.1、附录 A.2 由河南工程学院孙彦飞编写;第 3 章由沧州职业技术学院袁金艳编写;4.2 节、4.3 节由郑州华信学院刘桂琴编写;第 5 章、第 6 章由刘扬编写;7.3 节、7.4 节、第 9 章由梅魁编写;8.1 节~8.11 节由华四良编写;7.1 节、7.2 节、第 10 章、第 11 章由崔秀琴编写。

本书由张生华教授担任主审,并提出许多宝贵意见,在此表示诚挚的谢意。编写过程中还参考了一些公开出版或发表的文献,在此表示感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免有不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2010 年 7 月

目 录

第 1 章 绪论	1
【学习要求】	1
1.1 土力学、地基与基础的概念	1
1.2 地基基础在建筑工程中的重要性	2
1.3 土力学与地基基础课程特点	3
【思考题】	3
第 2 章 土的物理性质及工程分类	4
【学习要求】	4
2.1 土的形成	4
2.2 土的组成与结构构造	6
2.3 土的物理性质指标	12
2.4 土的物理状态指标	18
2.5 地基土(岩)的工程分类	24
【思考题】	28
【习题】	28
第 3 章 地基应力的计算	30
【学习要求】	30
3.1 土层自重应力的计算	31
3.2 基底压力的计算	33
3.3 地基附加应力的计算	39
【思考题】	49
【习题】	49
第 4 章 地基变形的计算	50
【学习要求】	50
4.1 土的压缩性和压缩性指标	50
4.2 地基最终沉降量的计算	56
4.3 建筑物沉降观测与地基允许变形值	72
【思考题】	75
【习题】	75
第 5 章 土的抗剪强度	77
【学习要求】	77
5.1 土的抗剪强度概述	77
5.2 抗剪强度指标的测定方法	81

5.3 土的抗剪强度指标	87
5.4 地基的极限承载力确定	98
5.5 地基承载力的确定	102
【思考题】	108
【习题】	109
第6章 土压力及土坡稳定	110
【学习要求】	110
6.1 概述	110
6.2 作用在挡土墙上的土压力	111
6.3 朗肯土压力理论	112
6.4 库仑土压力理论	118
6.5 挡土墙设计	124
6.6 土坡和地基的稳定分析	130
【思考题】	133
【习题】	134
第7章 建筑场地的岩土工程勘察	135
【学习要求】	135
7.1 岩土工程勘察的目的和任务	135
7.2 岩土工程勘察的方法	137
7.3 岩土工程勘察报告	144
7.4 基槽检验与基槽的局部处理	152
【思考题】	155
第8章 天然地基上浅基础设计	156
【学习要求】	156
8.1 概述	156
8.2 地基基础设计的一般规定	157
8.3 浅基础类型	160
8.4 基础埋置深度确定	165
8.5 基础底面尺寸的确定	170
8.6 地基验算	173
8.7 刚性基础设计	177
8.8 墙下钢筋混凝土条形基础	179
8.9 柱下钢筋混凝土独立基础	185
8.10 柱下钢筋混凝土条形基础	195
8.11 十字交叉钢筋混凝土条形基础	200
8.12 筏板基础简介	203
8.13 箱形基础简介	207
8.14 减轻建筑物不均匀沉降的措施	208

【思考题】	211
【习题】	212
第 9 章 桩基础及其他深基础设计	214
【学习要求】	214
9.1 概述	214
9.2 单桩竖向极限承载力的确定	216
9.3 桩基础设计	226
9.4 桩基的种类	233
9.5 承台的设计	234
9.6 灌注桩施工	239
9.7 其他深基础简介	246
【思考题】	248
【习题】	249
第 10 章 地基处理	250
【学习要求】	250
10.1 概述	250
10.2 机械压实法	253
10.3 强夯法	255
10.4 换土垫层法	257
10.5 排水固结法	260
10.6 挤密法和振冲法	263
10.7 化学加固法	264
10.8 托换法	268
【思考题】	270
第 11 章 区域性地基	271
【学习要求】	271
11.1 软土地基	271
11.2 膨胀土地基	274
11.3 湿陷性黄土地基	275
11.4 红黏土地基	279
11.5 冻土地基	281
11.6 盐渍土地基	282
11.7 山区地基	284
11.8 地震区地基与基础问题	286
【思考题】	291
附录 A 土工试验指导书	292
【学习要求】	292
A.1 含水率、密度、比重试验	292

4 土力学与地基基础(第二版)

A.2 液限、塑限试验	299
A.3 土的固结试验	304
A.4 土的抗剪强度试验	310
附录 B 课程设计指导	314
【学习要求】	314
B.1 设计目的	314
B.2 设计资料	314
B.3 设计要求	316
B.4 基础设计步骤	316
B.5 设计实例	317
参考文献	324

第1章 绪 论

【学习要求】

知 识 点	学 习 要 求
土力学的概念	熟悉
地基的概念	熟悉
基础的概念	熟悉
地基、基础在建筑中的重要性	了解

1.1 土力学、地基与基础的概念

所有建筑物都支承在地层上。地球表面地层一般是由地壳岩石经过风化、剥蚀、搬运、沉积而形成的堆积物,是由各种矿物颗粒组成的松散集合体,由固体颗粒、水和空气组成的三相体系,工程中称之为土。土可以分为无黏性土和有黏性土两大类,土力学是运用力学原理和土工测试技术,研究土的物理性能及土的应力、变形、强度、稳定和渗透特性及其随时间变化规律的一门学科。

受建筑物荷载作用后,建筑物以下一定土层范围内原有的应力状态发生变化,使土层产生附加应力和变形,且随着深度增加向四周土中扩散并逐渐减弱至可以忽略,把不可忽略附加应力和变形的那部分土层称为地基。

建筑物为满足稳定性的要求,同时为使之落在较好的土层上,一般要埋入土层一定深度。埋入土层一定深度的下部结构,起着支撑上部结构并把上部结构荷载传给地基的作用,称为基础。由于土的压缩性比建筑材料大得多,为防止土的剪切破坏,通常把建筑物与土层接触的断面尺寸适当扩大,以减少地基的压应力。

地基具有一定的深度与范围,当地基由两层以上土层组成时,直接与基础接触的土层称为持力层,持力层以下的土层称为下卧层,承载力低于持力层的下卧层称为软弱下卧层。上部结构、地基与基础的关系如图 1-1 所示。

建筑物的地基设计应满足两方面要求:①地基的承载力不小于作用于地基上的压力,在防止地基整体破坏和建筑物失稳方面具有足够的安全储备;②地基的变形值不能过大,应保证建筑物不因沉降过大而损坏或影响其正常使用。良好的地基一般具有较高的承载力和较低的压缩性,能满足地基基础设计的两个基本要求;软弱地基的承载力低、压缩性高,必须经过人工地基处理才能满足设计要求。不需要处理就可以直接利用的天然土层的地基称为天然地基;需要经过人工加固处理才能作为地基的称为人工地基。因人工地基的施工周期长、造价高,所以建筑物一般宜建造在良好的天然地基上。

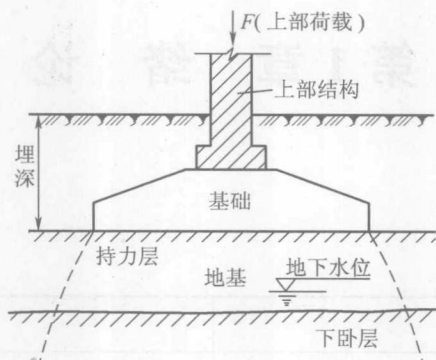


图 1-1 上部结构、地基与基础示意图

根据不同的分类方法基础可分为多种形式,按照基础埋置深度分为浅基础和深基础。浅基础包括单独基础、条形基础、十字交叉基础、筏板基础、箱形基础等,深基础包括桩基础、沉井、地下连续墙等。不论是何种基础形式,基础结构本身均应具有足够的承载力和刚度,在地基反力作用下不发生破坏,并具有改善沉降与不均匀沉降的能力。

虽然建筑物的地基、基础和上部结构的功能和研究方法各不相同,但三者是彼此联系、相互制约的整体。例如,软弱地基可以采取人工地基、增大基础底面尺寸、适当加强结构上部整体刚度、桩基础、沉井等方案。施工时,应对各种设计方案进行经济技术比较,从而使所选择的设计方案安全可靠、经济合理、技术先进、施工方便。

1.2 地基基础在建筑工程中的重要性

建筑荷载的传递路径为:上部结构荷载通过墙、柱传给基础,基础再传给地基。地基、基础的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安全和正常使用,没有坚固、耐久、的地基基础,上部结构即使建造的再结实,也会出问题。基础是建筑物重要的组成部分,应具有足够的强度、刚度和耐久性以保证建筑物的安全和使用年限;地基虽不是建筑物的组成部分,但其质量的好坏却直接影响整个建筑物的安危。实践证明,建筑物事故很多是由于地基基础设计或施工不当而引起的,轻则上部开裂、倾斜,重则建筑物整体倒塌,危及生命财产的安全。

由地基基础事故导致建筑物失效并造成较大经济损失的事例在国内外已屡见不鲜,应引以为鉴:著名的意大利比萨斜塔,由于地基不均匀沉降,使南北两侧沉降差达 1.8 m;加拿大特朗斯康谷仓,建于 1941 年,由于地基强度不足发生整体滑动使谷仓倾倒;日本新潟市位于东京以北,西邻日本海,1964 年 6 月 16 日发生 7.5 级强烈地震,使砂土地基液化,丧失地基承载力,新潟市机场建筑物最大沉降 915 mm,有的高层公寓陷入土中并发生严重倾斜,该次地震中新潟市房屋毁坏 2890 幢,大部分都是地基液化引起的破坏;1976 年 7 月 28 日,河北唐山发生 7.8 级强烈地震,由于地基液化失效,唐山某大学书库,一层楼全部沉入地面以下,室外地面与二层楼面接近;2008 年 5 月 12 日,四川汶川发生 8.0 级强烈地震,映秀镇由于坐落在河滩松散堆积物上,地震发生后,场地效应和砂土地基液化失效,导致房屋震陷破坏;2009 年 6 月 27 日清晨,上海市闵行区莲花南路罗阳路口的“莲花河畔景苑”一期

工地靠近河岸的一幢十三层高在建住宅7号楼整座向后倒塌,横卧地盘,底部折断的水泥桩外露,事故造成一名工人死亡,如图1-2所示。“莲花河畔景苑”房屋倾倒的主要原因是紧贴该楼北侧在短期内堆土过高,最高处达10米左右。与此同时,紧临大楼南侧的地下车库基坑正在开挖,开挖深度达4.6米。大楼两侧的压力差使土体产生水平位移,过大的水平力超过了桩基的抗侧能力,导致房屋倾倒。

地基基础设计要充分掌握地基土的工程性质,从实际出发进行多种方案比较,绝不能盲目套用,以免发生工程事故。同时,由于地基基础属于地下隐蔽工程,一旦发生质量事故,不仅不易被发现,补救和处理也往往比上部结构困难得多,有时甚至是不可能的。地基基础工程的造价和工期占建筑总造价和总工期的比例与多种因素有关,一般占20%~25%,高层建筑或需地基处理时,所需费用则更高,工期更长。因此,搞好地基基础设计具有十分重要的意义。



图1-2 上海市“莲花河畔景苑”7号楼倒塌事故图

1.3 土力学与地基基础课程特点

土力学与地基基础是土建专业的一门重要课程,目的是通过教学使学生掌握土力学的基本理论与地基基础设计原理,运用这些原理并结合建筑物设计和施工知识,分析和解决地基基础的工程问题。

本课程是一门综合性、理论性和实践性均较强的课程,涉及工程地质、土力学、建筑力学、建筑材料、建筑结构、施工技术 etc 学科领域。学习时,既要注意与其他学科的联系,又要注意土的应力、强度和变形等问题。地基土形成的自然条件不同,其性质也千差万别。在设计地基基础前,必须通过各种测试和试验获得地基土的计算资料,学会阅读和使用工程地质勘察资料,掌握土的现场原位测试和室内土工试验。

学习本课程时,要特别注意土的特性,弄清概念,掌握原理,同时理论联系实际,学会基础设计、计算及工程应用。

【思考题】

- 1-1 简述土力学的概念。
- 1-2 简述地基、基础的概念。
- 1-3 简述地基、基础的重要性。

第 2 章 土的物理性质及工程分类

【学习要求】

知 识 点	学 习 要 求
土的概念、土的成因	了解
土的组成、土的结构与构造	熟悉
土的物理性质指标的定义及指标间的换算	掌握
无黏性土的密实度划分标准	掌握
黏性土的界限含水率、液性指数、塑性指数	掌握
黏性土的灵敏度与触变性	了解
地基土(岩)的工程分类	熟悉

2.1 土的形成

2.1.1 土的概念

土是地球表面的坚硬岩石在一系列风化作用下形成的大小悬殊的颗粒,经过不同的搬运方式,在各种自然环境中沉积生成的松散沉积物。

风化作用包括物理风化、化学风化以及生物风化。物理风化是指岩石经受风、霜、雨、雪的侵蚀或受波浪的冲击、地震作用等,温度、湿度发生变化,产生不均匀膨胀与收缩,使岩石裂隙、崩解为碎块。这种风化作用只改变颗粒的大小与形状,不改变原来的矿物成分与化学性质。化学风化是指岩石的碎屑与水、氧气和二氧化碳等物质相接触,并经氧化、碳化和水化作用,使这些岩石碎屑逐渐发生化学变化,改变了原来组成矿物的成分,产生新的成分——次生矿物。生物风化是指动物、植物和人类活动对岩体的破坏,如长在岩石缝隙中的树,因树根伸展使岩石裂隙扩展开裂,其矿物成分没有变化。

2.1.2 土的成因

土形成的过程错综复杂,根据地质成因及条件可将土分为以下几类。

1. 残积土

残积土是岩石经风化作用后未经搬运残留于原地的碎屑堆积物。其分布主要受地形控制,在宽

广的分水岭上、平缓的山坡上常有残积土覆盖。残积土的成分与母岩密切相关,它没有明显的层理构造,孔隙度较大,透水性较强,均匀性很差,作为建筑物地基时,要特别注意其不均匀沉降。

2. 坡积土

坡积土是指高处的风化碎屑物由于本身的重力作用或经水力、风力等的搬运而在斜坡或坡脚堆积形成的堆积物。坡积土厚度变化较大,在坡脚地段堆积较厚,可达一二十米,而在斜坡较陡地段则较薄。坡积土土质不均匀,尤其是新近堆积的坡积土土质疏松、压缩性较高,作为建筑场地时,应慎重处理其沉降与稳定问题,以防止给工程带来危害。

3. 洪积土

洪积土是指在山区或高地由暂时性的山洪急流把大量残积土、坡积土搬运并堆积在山谷中或山前平原上的堆积物。洪积土的颗粒随近山到远山呈现由粗到细的分选作用,但由于山洪不规则爆发,使洪积土具有不规则的交错层理。一般距山口较近的粗碎屑堆积物强度高、压缩性低、透水性强,是良好的天然地基。由此向下距山口稍远的地方主要为砂土,此处修筑建筑物开挖基坑时,应特别注意可能引起的流砂现象。在距山口更远的地段,沉积的多为更细的细颗粒土,此地段土的工程性质因其压密程度而异。在砂土与黏性土的过渡地段,土粒组成复杂,潜水埋藏浅,常由于地下水溢出地面而形成沼泽地带,存在尖灭或透镜体,土质较弱,承载力较低,工程建设时应注意其复杂的地质条件。

4. 冲积土

冲积土是由河流流水作用将两岸基岩及其上部覆盖的坡积土、洪积物质剥蚀后搬运、沉积在河流坡降平缓地带而形成的堆积物。冲积土具有明显的层理构造,颗粒在河流上游较粗,向下游逐渐变细,分选性和磨圆度均好。冲积土根据其形成条件可分为山区河谷冲积土、平原河谷冲积土和三角洲冲积土。

(1) 山区河谷冲积土

山区河谷冲积土颗粒较粗,多由卵石、碎石等组成,分选性较差,大小不均。有时为水平排列的透镜体和不规则的夹层。一般情况下承载力较高、透水性好、压缩性小,是良好的建筑地基。但如果是河流侧向侵蚀带来了大量的细小颗粒,会导致粗细颗粒沉积层交织在一起,因此承载力降低。

(2) 平原河谷冲积土

平原河谷冲积土中的粗颗粒由于经过远距离的搬运,其磨圆度较好,颗粒形状一般为亚圆形或圆形,颗粒粒径由河流上游向下游逐渐变细,具水平层理,岩性成分比较均匀,具有良好的分选性。

(3) 三角洲冲积土

三角洲冲积土是由河流携带的大量细小碎屑物在入海或入湖的地方堆积而成的冲积物。它的含水量很高,孔隙率大,呈饱和状态,常有较厚的淤泥或淤泥质土层,因而承载力较低,压缩变形量大。但在三角洲冲积土的表面有一层厚度不大且经过长期干燥形成的黏性土硬壳层,承载力较高,可作为一般建筑物基础的持力层。

5. 海洋沉积土

海洋沉积土是由河水带入海洋的物质和海岸破坏后的物质以及其他化学、生物物质在搬运过程中随着流速逐渐降低在海洋的海滨、浅海、陆坡以及深海地区沉积下来的堆积物。海滨(海水高潮位时淹没,低潮位时露出的海洋地带)沉积土主要由卵石、圆砾和砂等粗碎屑物质组成,具有基本水平或缓倾斜的层理构造,作为地基时强度较高。浅海(水深0~200 m,宽度100~200 km的大陆架)沉积

土主要是细颗粒砂土、黏性土、淤泥和生物化学沉积物。该沉积土具有层理构造,其中砂土比滨海带更疏松,易发生流砂现象,其分布广,厚度不均匀,压缩性高。陆坡(浅海区与深海区之间过渡的陆坡地带,水深 200~1000 m,宽度 100~200 km)及深海(水深超过 1000 m 的海洋底盘)的沉积物主要为有机质软泥,成分均匀单一。

6. 湖泊沉积土

湖泊沉积土是由于湖浪、湖流冲蚀及湖泊地质作用而在湖中沉积的堆积物,可分为湖边沉积土和湖心沉积土。湖边沉积土主要是由湖浪冲蚀湖岸、破坏岸壁形成的碎屑物质组成,具有明显的斜层理构造,又分为近岸沉积土和远岸沉积土。近岸沉积土主要由粗颗粒组成,作为地基时,具有较高的承载力,远岸沉积土主要由细颗粒组成,承载力较前者低。湖心沉积土是由河流和湖流携带的细小悬浮颗粒到达湖心后沉积形成,该沉积土强度低,压缩性高。湖泊逐渐淤塞后可变成沼泽,形成沼泽土,沼泽土主要由泥炭(有机物含量近 60%以上)组成,其含水量极高,透水性极低,压缩性很高且不均匀,承载力也很低,不能作为天然地基。

冰积土和风积土分别是在冰川地质作用和风的地质作用下形成的。

总之,各种成因类型的土都有其不同的特征,反映到工程地质性质上,亦有明显的差别。了解土的成因对工程设计十分重要。

2.2 土的组成与结构构造

2.2.1 土的组成

一般情况下,土是由固体颗粒(固相)、水(液相)和气体(气相)三相所组成。固体颗粒包括矿物颗粒和有机质,构成土的骨架。骨架间有许多孔隙,被水、气所填充。土中孔隙完全被水充满时称为饱和土,孔隙完全被气体充满时称为干土,土中孔隙同时有水和气体存在时称为非饱和土。饱和土和干土是两种特殊情况的土,均为两相体系。土体三个组成部分的性质、比例关系和相互作用决定着土的物理性质。

1. 土中固体颗粒

土中固体颗粒是土的主要组成部分,是决定土的性质的主要因素。土颗粒的大小、形状、矿物成分及颗粒级配对土的物理性质有很大影响。

(1) 土颗粒的大小与形状

自然界中的土都是由大小不同的土粒组成。随着土粒的粒径由粗到细逐渐变化,土的性质也相应地发生变化。土颗粒的大小称为粒度,通常以粒径表示。工程上将不同的土粒按其粒径范围划分为若干粒组,同粒组内土的工程性质相似,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,根据国家标准《土的工程分类标准》(GB/T 50145—2007)中规定,采用界限粒径 200、60、2、0.075、0.005 mm 把土粒分为六大粒组:漂石(块石)、卵石(碎石)、圆砾(角砾)、砂粒、粉粒和黏粒,这是一种常用的土粒粒组的划分方法(见表 2-1)。

表 2-1 土粒粒组的划分

粒组统称	粒组名称		粒径 d 的范围/mm	一般特征
巨粒	漂石(块石)		$d>200$	透水性很大,无黏性,无毛细水
	卵石(碎石)		$60<d\leq 200$	
粗粒	砾粒(圆砾或角砾颗粒)	粗	$20<d\leq 60$	透水性大,无黏性,毛细水上升高度不超过粒径大小
		中	$5<d\leq 20$	
		细	$2<d\leq 5$	
	砂粒	粗	$0.5<d\leq 2$	易透水,当混入云母等杂质时透水性减小,而压缩性增加;无黏性,遇水不膨胀,干燥时松散;毛细水上升高度不大,随粒径变小而增大
		中	$0.25<d\leq 0.5$	
		细	$0.075<d\leq 0.25$	
细粒	粉粒		$0.005<d\leq 0.075$	透水性小,湿时稍有黏性,遇水膨胀小,干时稍有收缩;毛细水上升高度较大较快,极易出现冻胀现象
	黏粒		$d\leq 0.005$	透水性很小,湿时有黏性,可塑性,遇水膨胀大,干时收缩显著;毛细水上升高度大,但速度较慢

注:① 漂石、卵石和圆砾颗粒均呈一定的磨圆状(圆形或亚圆形);块石、碎石和角砾颗粒均呈棱角状;
② 粉粒或称粉土粒,粉粒的粒径上限为 0.075 mm,相当于 200 号筛的孔径;
③ 黏粒或称黏土粒,黏粒的粒径上限也有采用 0.002 mm 为标准的。

至于颗粒的形状,土颗粒带棱角形状的土表面粗糙,不易滑动,因而其强度比土颗粒圆滑的土要高。

(2) 土的颗粒级配

天然土体中包含有大小不同的颗粒,为了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。

土的颗粒级配是通过土的颗粒分析试验测定的,《土工试验方法标准》(GB/T 50123—1999)中规定:对于粒径小于或等于 60 mm、大于 0.075 mm 的土,可用筛析法测定;对于粒径小于 0.075 mm 的土,可用沉降分析法测定。沉降分析法包括密度计法(比重计法)、移液管法等。

筛析法是用一套孔径不同的标准筛(如 60、20、2、0.5、0.25、0.1、0.075 mm),按从上到下筛孔逐渐减小的顺序放置。将事先称过质量的烘干土样过筛,称出留在各筛上的土的质量,并计算其占总质量的百分数,即可求得各个粒组的相对含量。

沉降分析法是根据球状的细颗粒在水中下沉的速度与颗粒直径的平方成正比的原理,将颗粒按其在水中的下沉速度进行粗细分组。实验室具体操作时,可采用密度计法(比重计法)或移液管法测得某一时间土粒沉降距离 L 处土粒和水混合悬液的密度,据此可计算小于某一粒径的累计百分含量。采用不同的测试时间,可计算出细颗粒各粒组的相对含量。

根据颗粒分析试验结果,可绘制如图 2-1 所示的颗粒级配曲线。图中纵坐标表示小于(或大于)某粒径的土重(累计百分)含量,横坐标表示土粒的粒径,以“mm”表示。由于土体中所含粒组的粒径往往相差几千、几万倍,且细粒土的含量对土的性质影响很大,必须清楚表示,因此将粒径的坐标取为对数坐标。