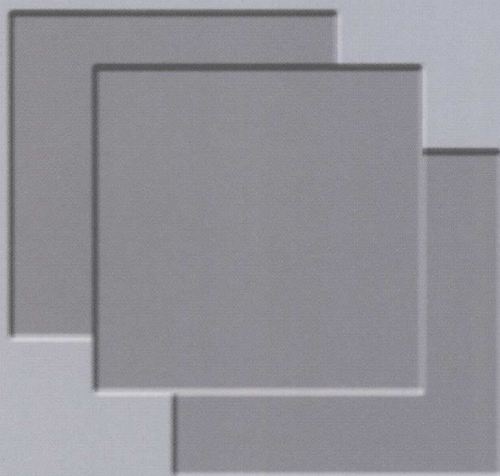




全国高职高专土建类精品规划教材

地基与基础

主 编 李念国 蒋 红



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

全国高职高专土建类精品规划教材

地基与基础

主 编 李念国 蒋 红
副主编 陈一兵 巫朝新 张书俭
薛 艳 刘振京 秦植海



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书内容包括土的物理性质与工程分类、土的渗透性与渗透变形、土中应力与地基变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、工程地质勘察、天然地基上的浅基础、桩基础与其他深基础、地基处理与区域性地基等。本书采用最新技术规范编写,内容简明扼要、重点突出、实用性强、通俗易懂、便于自学。

本书可作为高等职业技术学院、高等专科学校及成人教育学院建筑工程技术专业、工程监理专业、土木工程检测专业、建筑施工与管理专业等土建类专业的教学用书,也可作为土建工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

地基与基础 / 李念国, 蒋红主编. —北京: 中国水利水电出版社, 2007

全国高职高专土建类精品规划教材

ISBN 978-7-5084-7443-4

I. 地… II. ①李…②蒋… III. ①地基—高等学校: 技术学校—教材②基础(工程)—高等学校: 技术学校—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024165 号

书 名	全国高职高专土建类精品规划教材 地基与基础
作 者	主编 李念国 蒋红
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 15.75 印张 373 千字
版 次	2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4100 册
定 价	24.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

序

教育部在《2003—2007 年教育振兴行动计划》中提出要实施“职业教育与创新工程”，大力发展职业教育，大量培养高素质的技能型特别是高技能人才，并强调要以就业为导向，转变办学模式，大力推动职业教育快速发展。高职高专教育的人才培养模式应体现以培养技术应用能力为主线和全面推进素质教育的要求。教材是体现教学内容和教学方法的知识载体，进行教学活动的基本工具；是深化教育教学改革，保障和提高教学质量的重要支柱和基础。因此，教材建设是高职高专教育的一项基础性工程，必须适应高职高专教育改革与发展的需要。

为贯彻这一思想，中国水利水电出版社计划出版高职高专系列精品规划教材。在继 2004 年 8 月成功推出《全国高职高专电气类精品规划教材》和 2005 年 8 月成功推出《全国高职高专水利水电类精品规划教材》后，2006 年 3 月，中国水利水电出版社组织全国性的教材研讨会，全国 14 家高职高专院校共同研讨土木建筑专业高职高专教学的目前状况、特色及发展趋势，启动《全国高职高专土建类精品规划教材》的编写和出版工作。

《全国高职高专土建类精品规划教材》是为适应高职高专教育改革与发展的需要，以培养技术应用性的高技能人才的系列教材。为了确保教材的编写质量，参与编写人员都是经过院校推荐、编委会答辩并聘任的，有着丰富的教学和实践经验，其中主编都有编写教材的经历。教材较好地贯彻了建筑行业新的法规、规程、规范精神，反映了当前新技术、新材料、新工艺、新方法和相应的岗位资格特点，体现了培养学生的技术应用能力和推进素质教育的要求，具有创新特色。同时，结合教育部两年制高职教育的试点推行，编委会也对各门教材提出了满足这一发展需要的内容编写要求，可以说，这套教材既能够适应三年制高职高专教育的要求，也适应了两年制高职高专教育培养目标的要求。

《全国高职高专土建类精品规划教材》的出版，是对高职高专教材建设的一次有益探讨，因为时间仓促，教材可能存在一些不妥之处，敬请读者批评指正。

《全国高职高专土建类精品规划教材》编委会

2006 年 11 月

前 言

本书是按照高职高专土建类建筑工程专业教学基本要求编写的,编写主要依据 GB 50007—2002《建筑地基基础设计规范》、GB 50202—2002《建筑地基基础工程施工质量验收规范》、GB 50010—2002《混凝土结构设计规范》、GB 50021—2001《岩土工程勘察规范》、JGJ 79—2002《建筑地基处理技术规范》等。在编写过程中,编者结合长期教学实践经验,以培养技术应用能力为主线,理论以使用、够用为度,以培养技能为重点构成课程体系。教材内容全面,重点突出,突出实用性,力求反映高等职业教育特点。

本书共分10章,包括土力学基础理论与地基基础工程两大部分。主要内容有土的物理性质与工程分类、土的渗透性与渗透变形、土中应力与地基变形、土的抗剪强度与地基承载力、土压力与土坡稳定、工程地质勘察、天然地基上的浅基础、桩基础与其他深基础、地基处理与区域性地基等。另外,由于我国地域辽阔、土质区域性强,授课时可结合本地区特点,因地制宜地取舍。

本书由山东水利职业学院李念国任主编,李念国、王延恩编写绪论、第1章、实训教学内容与要求;周建芬编写第2章;张书俭编写第3章;巫朝新编写第4章、土工试验指导书;刘振京编写第5章;薛艳、韩汝钊编写第6章;蒋红编写第7章、第10章;李念国、陈一兵、王家涛编写第8章;秦植海编写第9章。全书由李念国统稿。本书在编写过程中,得到了浙江水利水电专科学校、山西水利职业技术学院、福建水利电力职业技术学院、河北工程技术高等专科学校、湖北水利水电职业技术学院、安徽水利水电职业技术学院、湖南水利水电职业技术学院、山东水利职业学院等单位的大力支持,在此表示感谢。

限于编者的理论水平和实践经验,书中不妥之处在所难免,恳请广大读者和同行专家批评指正。

编 者

2007年5月

目 录

序

前言

绪论	1
0.1 土力学、地基与基础的概念	1
0.2 本课程在建筑工程中的重要性	2
0.3 本课程特点及学习要求	3
第1章 土的物理性质与工程分类	5
1.1 土的成因与特性	5
1.2 土的三相组成	7
1.3 土的物理性质指标	11
1.4 土的物理状态指标	15
1.5 土的压实机理	19
1.6 地基岩土的工程分类	21
1.7 土的野外鉴别	24
小结	27
思考题	28
习题	28
第2章 土的渗透性与渗透变形	29
2.1 达西定律及其适用范围	29
2.2 渗透力与渗透变形	34
小结	38
思考题	39
习题	39
第3章 土中应力与地基变形	41
3.1 土体自重应力	41
3.2 基底压力	42
3.3 地基中附加应力的计算	45
3.4 土的压缩性	49
3.5 地基最终沉降量的计算	51
3.6 地基变形与时间的关系	58

3.7 建筑物沉降观测与地基允许变形值	61
小结	63
思考题	64
习题	64
第4章 土的抗剪强度与地基承载力	67
4.1 土的抗剪强度与极限平衡条件	67
4.2 抗剪强度指标的测定	71
4.3 地基承载力的确定	73
小结	78
思考题	79
习题	79
第5章 土压力与土坡稳定	81
5.1 土压力的种类与影响因素	81
5.2 静止土压力的计算	83
5.3 朗肯土压力理论	83
5.4 库仑土压力理论	87
5.5 特殊情况的土压力计算	92
5.6 挡土墙稳定性分析	95
5.7 土坡稳定性分析	102
小结	107
思考题	108
习题	108
第6章 工程地质勘察	110
6.1 工程地质概述	110
6.2 地基勘察的目的和内容	114
6.3 地基勘察方法	117
6.4 地基勘察报告的编制与阅读	122
6.5 验槽与基槽的局部处理	125
小结	127
思考题	127
第7章 天然地基上的浅基础	128
7.1 浅基础的类型	128
7.2 基础埋置深度的选择	132
7.3 基础底面尺寸的确定	137
7.4 基础结构设计	142
7.5 减轻不均匀沉降的措施	155
小结	157

思考题	158
习题	158
第 8 章 桩基础与其他深基础	159
8.1 桩基础的类型	159
8.2 桩的承载力	162
8.3 桩基础设计	170
8.4 桩基础检测与验收	175
8.5 其他深基础	177
小结	181
思考题	182
习题	182
第 9 章 地基处理	184
9.1 概述	184
9.2 软土及其工程特性	185
9.3 机械压实法	186
9.4 换土垫层法	187
9.5 预压法	191
9.6 挤密桩法	196
9.7 强夯法	204
9.8 化学加固法	207
小结	211
思考题	212
习题	212
第 10 章 区域性地基	213
10.1 膨胀土地基	213
10.2 湿陷性黄土地基	215
10.3 红粘土地基	217
10.4 冻土地基	218
10.5 山区地基	219
10.6 地震区的地基基础问题	223
小结	227
思考题	228
土工试验指导书	229
试验一 土的密度与含水量试验	229
试验二 粘性土液限、塑限试验	230
试验三 击实试验	232
试验四 土的压缩(固结)试验	233

试验五 直接剪切试验	235
实训教学内容与要求	238
实训一 验槽	238
实训二 工程地质勘察报告的阅读	238
实训三 浅基础设计	239
实训四 桩基础	240
实训五 地基处理	240
《地基与基础》教学学时分配	242
参考文献	243

绪 论

0.1 土力学、地基与基础的概念

建筑物建造在地层上,将会引起地层应力状态发生改变。我们把因承受建筑物荷载而引起应力状态发生改变的土层称为地基,把建筑物荷载传递给地基的那部分结构称为基础,基础通常埋在地面下一定深度。地基与基础是两个不同的概念,地基属于地层,是支撑建筑物的那一部分土层;基础则属于建筑物,是建筑物的下部结构。由于建筑物的建造改变了地基原有的应力状态,使土层产生附加应力和变形。为了控制建筑物的沉降和保持其稳定性,必须用力学知识研究地基土的变形和强度问题。研究土的特性及土体在各种荷载作用下性状的学科称为土力学,土力学是力学的一个分支,它的研究对象是土,主要研究土的物理力学性质和土的渗透性、压缩性、固结、抗剪强度、土压力、地基承载力、土坡稳定等问题。

地基具有一定深度和范围,当地基由两层及两层以上的土层组成时,将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、地基与基础的相互关系如图 0-1 所示。

良好的地基一般应具有较高的承载力与较低的压缩性,以满足地基基础设计的两个基本条件(强度条件与变形条件)。软弱地基的工程性质较差,需经过人工地基处理才能达到设计要求。我们把不需要处理而直接利用天然土层的地基称为天然地基;把经过人工处理才能达到设计要求的地基称为人工地基。人工地基施工周期长、造价高,因此建筑物一般宜建在良好的天然地基上。

基础结构形式很多,按埋置深度和施工方法的不同,可分为浅基础和深基础两大类。对一般的房屋基础,如土质较好,埋置深度不大(一般不超过 5m),可用一般施工方法和施工机械开挖基坑和进行排水,这类基础称为浅基础,如条形基础、单独基础、筏板基础等。如果建筑物荷载较大或下部地层软弱时,需要把基础埋置于深处较好的地层,需要借助于特殊施工方法施工,这类基础称为深基础,如桩基础、地下连续墙、沉井基础等。

建筑物的地基、基础和上部结构三部分各自功能及研究方法不同,但对同一个建筑物来说,在荷载作用下,三者都是相互联系、相互制约的整体。目前,把三部分完全统一起来进行设计计算还有一定困难,现阶段采用常规设计方法是将建筑物的上部结构、地基、基础三部分分开,按照静力平衡原则,采用不同的假定进行分析计算,同时考虑三者的相

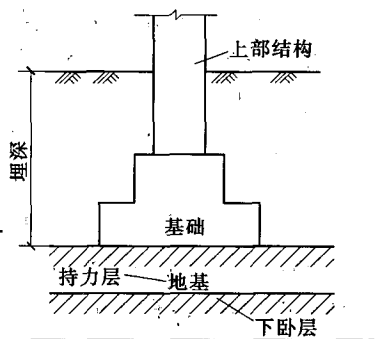
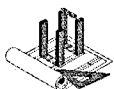


图 0-1 地基与基础示意图



互共同作用。

0.2 本课程在建筑工程中的重要性

地基与基础是建筑物一个重要组成部分,又属于地下隐蔽工程,因此它的质量好坏关系到建筑物的安全、经济和正常使用。由于基础工程在地下或水下进行,施工难度大,造价、工期和劳动消耗量在整个工程中占的比重较大。根据建筑物复杂程度和设计施工合理性不同,基础工程费用在建筑物总造价中所占的比重变幅很大,其工期可占总工期的1/4以上。如果采用人工地基或深基础,则工期和造价所占的比例更大。实践证明,建筑物事故原因很多与地基基础有关,地基基础一旦发生质量事故,补救和处理往往比上部结构困难得多,有时甚至是不可能的。随着高层建筑物兴起,深基础工程越来越多,这对地基基础设计与施工提出了更高的要求。在中外建筑史上,有举不胜举的地基基础事故典型例子。举例如下:

(1) 建筑物地基下沉。上海锦江饭店北楼(原名华懋公寓),建于1929年,共14层,高57m,是当时上海最高的一座建筑。基础坐落在软土地基上,采用桩基础,施工时由于工程承包商偷工减料,未按设计桩数施工,造成了地基大幅度沉降,建筑物的绝对沉降达2.6m,致使建筑物底层陷入地下,成了半地下室,严重影响使用。

(2) 建筑物倾斜。苏州虎丘塔——著名的中国斜塔,该塔建于961年,7层,高47.5m,塔平面呈八角形,由外壁、回廊和塔心三部分组成,主体结构为砖木结构,采用黄泥砌砖,浅埋式独立砖墩基础,坐落在人工夯实的土夹石覆盖层上,覆盖层南薄北厚,变化范围为0.9~3.6m,基岩弱风化。土夹石覆盖层压实后引起不均匀沉降,因不均匀沉降造成塔身倾斜,据实测塔顶偏离中心线2.34m。由于过大的沉降差(根据塔顶偏中计算的不均匀沉降量为66.9cm)引起塔楼从底层到第2层产生了宽达17cm的竖向劈裂;北侧壶门拱顶两侧裂缝发展到了第3层。砖墩压碎、压裂、崩落。经过精心治理,将危塔加固,才使古塔得以保存。

(3) 建筑物地基滑动。建于1941年的加拿大特朗斯康谷仓,平面呈矩形,南北向长59.44m,东西向宽23.47m,高31.00m,容积36368m³。谷仓为圆筒仓,每排13个,5排共计65个。谷仓基础为钢筋混凝土筏形基础,厚度61cm,埋深3.66m。谷仓自重20000t,相当于装满谷物后满载总重量的42.5%。1943年9月装谷物,10月1日当谷仓已装了32822m³谷物时,发现1h内竖向沉降达30.5cm。结构物向西倾斜,并在24h内谷仓倾倒,仓身倾斜26°53',谷仓西端下沉7.32m,东端上抬1.52m,上部钢筋混凝土筒仓坚如磐石。

谷仓在建设初期,未对谷仓地基进行调查研究,而是根据邻近结构物基槽开挖试验结果,计算地基承载力为352kPa,并把此结果应用到谷仓地基基础设计。1952年经勘察试验分析,谷仓地基实际承载力为193.8~276.6kPa,远小于谷仓破坏时发生的压力329.4kPa。因此谷仓地基因超载发生强度破坏而滑动。

(4) 建筑物墙体开裂。天津市人民会堂办公楼东西向长约27.0m,南北向宽约5.0m,高约5.6m,两层楼房。工程建成后使用正常。1984年7月在办公楼西侧新建天津市科学



会堂学术楼,此学术楼东西向长约34.0m,南北宽约18.0m,高约22.0m。两楼外墙净距仅30cm。1984年年底,人民会堂办公楼西侧北墙发现多条裂缝,此后,裂缝长度不断延伸,宽度不断加宽,最大的一条裂缝位于办公楼西北角,上下墙体1986年7月已断开错位150mm,在地面以上高2.3m处,开裂宽度超过100mm,这条裂缝朝东向下斜向延伸至地面,长度超过6m。这是相邻荷载影响导致建筑工程事故的典型例子,新建学术楼的附加应力扩散至人民会堂办公楼西侧软弱地基,引起地基严重下沉,造成墙体开裂。

(5) 土坡滑动。香港宝城大厦建在香港山坡上,1972年5~6月出现连续大暴雨,特别是6月份雨量竟高达1658.6mm,引起山坡因残积土软化而滑动。7月18日7时,山坡下滑,冲毁高层建筑宝城大厦,居住在该大厦的120位银行界人士当场死亡。这一事故引起全世界的震惊,从而对岩土工程倍加重视。

从上述工程实例可见,基础工程属百年大计,必须慎重对待。只有详细掌握勘察资料,深入了解地基情况,精心设计、精心施工,防患于未然,才能确保工程质量。

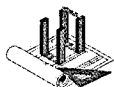
0.3 本课程特点及学习要求

“地基与基础”是土木建筑专业的一门重要课程,其任务是保证各类建筑物安全可靠和使用正常,不发生上述各种地基基础工程质量事故。为此需要学习和掌握土力学的基本理论与地基基础设计原理,运用这些原理和概念并结合建筑物设计方法和施工知识,分析和解决地基基础的工程问题。

本课程是一门理论性和实践性均较强的课程。由于地基土形成条件不同,其性质千差万别,不同地区的土有不同的特性,即使是同一地区的土,其特性也存在较大差异。地基基础设计前,必须通过各种测试和试验,获得地基土的各种计算资料。读者在学习本课程时要特别注意理论联系实际,注意理论的适用条件和应用范围,不可不问具体情况,盲目生搬硬套,要学会从实际出发分析问题和解决问题。

本课程涉及到工程地质、土力学、建筑力学、建筑结构、建筑材料、施工技术等领域。同学在学习本课程时,既要注意与其他学科的联系,又要注意紧紧抓住土的应力、强度和变形这一核心问题。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方法。并应用这些基本知识和原理,结合建筑结构和施工技术 etc 知识,解决地基基础工程问题。

本教材共分10章,第1章“土的物理性质与工程分类”是本课程的基础,要理解各概念物理意义,掌握土的物理性质指标的换算方法,了解六大类岩土分类依据。第2~第4章为土力学的基本原理部分,也是本课程的重点内容,包括土的渗透性与渗透变形、土中应力与地基变形、土的抗剪强度与地基承载力;要求了解土的渗透变形破坏形式,掌握基坑开挖流砂防治措施;了解土中应力分布及地基沉降的计算方法,学会用规范方法计算地基沉降量;掌握土的抗剪强度定律及抗剪强度指标的测试方法,学会根据规范要求确定地基承载力的特征值。第5章“土压力与土坡稳定”,要求了解土压力的概念及产生条件,学会一般情况下的土压力计算及重力式挡土墙的验算。第6~第10章为地基基础部分,包括工程地质、浅基础、桩基础、地基处理和区域性地基有关知识,要求能够运用土力学



理论解决实际工程中经常遇到的一般性的地基基础问题。

土是散粒体，具有多孔性，这就决定了土的压缩性高、强度低、渗透性大的特点。读者在学习本门课程时，要特别注意土的特性，搞清概念，抓出重点，掌握原理，理论联系实际，通过学习达到以下基本要求：

- (1) 掌握土的基本物理力学性质；学会常规的室内与现场土工试验方法。
- (2) 掌握天然地基上一般浅基础的简单设计方法或验算方法。
- (3) 掌握常用桩基础的简单设计方法或验算方法。
- (4) 能正确使用 GB 50007—2002《建筑地基基础设计规范》及相关规范，解决地基基础设计中遇到的一般问题。

第1章 土的物理性质与工程分类

学习目标 掌握并能熟练计算土的物理性质指标与物理状态指标；熟悉土的压实机理、土的工程分类和土的野外鉴别方法；了解土的成因与组成的基本概念。为后续课程学习打下基础。

1.1 土的成因与特性

1.1.1 土的成因

土是由地壳岩石经风化、剥蚀、搬运、沉积，形成由固体矿物、液态水和气体组成的一种集合体。简言之，土是岩石风化的产物，不同的风化作用形成不同性质的土。

1. 物理风化

岩石受风霜雨雪的侵蚀，温度、湿度的变化，产生不均匀膨胀与收缩，使岩石出现裂隙，崩解为碎块。这种风化作用只改变颗粒的大小与形状，而不改变原来的矿物成分，称为物理风化。由物理风化生成的土为粗颗粒土，如块石、碎石、砾石、砂土等，这种土呈松散状态，总称为无粘性土。

2. 化学风化

当岩石的碎屑与水、氧气和二氧化碳等物质接触时，将发生化学变化，并改变了原来组成矿物的成分，产生一种次生矿物。这类风化称为化学风化。经化学风化生成的土为细粒土，具有粘聚力，如粘土与粉质粘土，总称为粘性土。

3. 生物风化

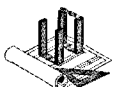
由动物、植物和人类活动所引起岩体的破坏称为生物风化。如生长在岩石缝隙中的树，因树根生长使岩石缝隙扩展开裂；人类开采矿山、打隧道、劈山修路等活动形成的土，其矿物成分没有变化。

自然界的土，形成过程十分复杂，天然土绝大多数是有地表岩石在漫长的地质历史年代经风化作用形成的。物理风化使岩石产生量的变化，而化学风化则使岩石产生质的变化，这两种风化作用同时或交替进行。所以，任何一种天然土，通常既有物理风化的产物，又有化学风化的产物。

土的沉积年代不同，其工程性质有很大的变化。大多数土是在第四纪地质年代沉积形成的，这一地质历史时期距今大约有100万年。由于沉积年代不同、地质作用不同以及岩石成分不同，使各种沉积土的工程性质差异较大。

1.1.2 土的结构

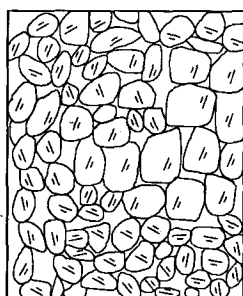
土的结构是指由土粒单元大小、形状、表面特征、相互排列及其连接关系等因素形成



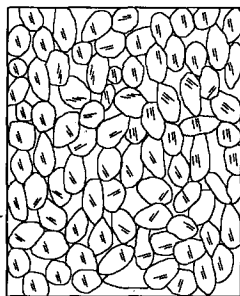
的综合特征,一般可分为单粒结构、蜂窝结构和絮状结构三种基本类型。

1. 单粒结构

单粒结构是无粘性土的基本组成形式,是由较粗的砾石颗粒、砂粒在自重作用下沉积



(a)



(b)

图 1-1 土的单粒结构

(a) 松散; (b) 密实

形成的。因其颗粒较大,土粒间分子引力相对很小,颗粒间几乎没有连接,有时仅有微弱的毛细水连接。单粒结构可以是疏松的,也可以是紧密的,如图 1-1 所示。呈紧密状单粒结构的土,强度较大,压缩性较小,可作为良好的天然地基。呈疏松状单粒结构的土,其骨架是不稳定的,当受到震动及其他外力作用时,土粒易于移动而产生很大的变形,未经处理一般不宜作为天然地基。

如果饱和疏松的土是由细粒砂或粉砂组成,在强烈振动(地震)作用下,土的结构会突然变成流动状态,产生砂土“液化”破坏。1976 年唐山大地震后,当地许多地方出现了喷砂冒水现象,这就是砂土液化的结果。

2. 蜂窝结构

蜂窝结构主要是由粉粒(粒径 $0.005 \sim 0.075\text{mm}$) 组成。研究发现,粒径在 $0.005 \sim 0.075\text{mm}$ 左右的土粒在水中沉积时,基本上是以单个土粒下沉,当碰到已沉积的土粒时,由于它们之间的相互引力大于其重力,因此土粒就停留在最初的接触点上不再下沉,形成的结构像蜂窝一样,具有很大的孔隙,如图 1-2 所示。

3. 絮状结构

絮状结构是由粘粒(粒径小于 0.005mm) 集合体组成的。粘粒在水中处于悬浮状态,不会因单个颗粒的自重而下沉。当这些悬浮在水中的粘粒被带到电解质浓度较大的环境中,粘粒凝聚成絮状的粘粒集合体而下沉,并相继和已沉积的絮状集合体接触,而形成孔隙更大的絮状结构,如图 1-3 所示。

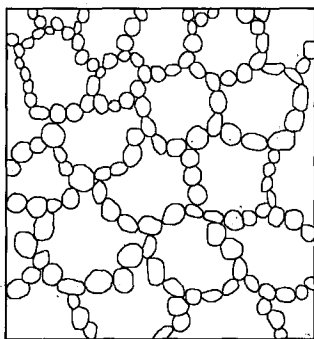


图 1-2 土的蜂窝结构

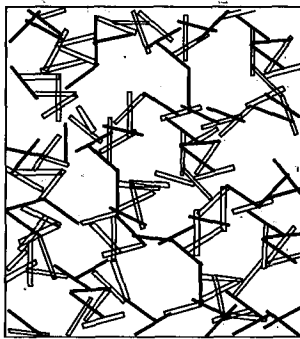


图 1-3 土的絮状结构

蜂窝结构和絮状结构的土中存在大量的孔隙,压缩性高、抗剪强度低、透水性弱,其土粒之间的粘结力往往由于长期的压密作用和胶结作用而得到加强。在工程建设中,这两



种结构的土，一般不宜作为天然地基。

1.1.3 土层构造

在同一土层中，物质成分和颗粒大小等都相近的各部分之间的相互关系的特征称为土的构造。常见土的构造包括层状构造、分散构造和裂隙构造。

1. 层状构造

层状构造最主要的特征就是成层性。土粒在沉积过程中，由于不同阶段沉积的物质成分、颗粒大小或颜色不同，而沿竖向成层状分布。

2. 分散构造

分散构造是土层颗粒间无大的差别，分布均匀，性质相近，常见于厚度较大的粗粒土。

3. 裂隙构造

裂隙构造是土体被许多不连续的小裂隙所分割，某些硬塑或坚硬状态的粘土为此种构造。裂隙的存在大大降低了土体强度和稳定性，增大了透水性，对工程不利。

1.1.4 土的特性

土与钢材、混凝土、岩石等其他连续介质的建筑材料相比，具有以下特性。

1. 高压缩性

反映材料压缩性高低的弹性模量 E （对于土称为变形模量），随着材料性质不同而有很大的差别。例如：钢筋 $E = 2.1 \times 10^5 \text{ MPa}$ ；C20 混凝土 $E = 2.55 \times 10^4 \text{ MPa}$ ；卵石 $E = 40 \sim 50 \text{ MPa}$ ；饱和细砂 $E = 8 \sim 16 \text{ MPa}$ 。由此可见，当应力数值相同，材料厚度一样时，卵石的压缩性约是钢筋压缩性的 4200 倍；饱和细砂的压缩性约比 C20 混凝土的压缩性高 1600 倍。软塑或流塑状态的粘性土往往比饱和细砂的压缩性还要高。

2. 低承载力

土颗粒之间孔隙具有较大的相对移动性，导致土的抗剪强度较低，而土体的承载力实质取决于土的抗剪强度。无粘性土的强度来源于土粒表面粗糙不平产生的摩擦力；粘性土的强度除摩擦力外，还有粘聚力。无论摩擦力还是粘聚力，都远远小于建筑材料本身的强度。故土的承载力较低。

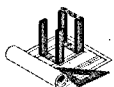
3. 强渗透性

由于土体中固体颗粒之间存在孔隙，因此它的渗透性远比其他材料大。尤其是粗颗粒的卵石或砂，透水性极大。

土压缩性高、强度低、透水性大的工程特性与建筑工程设计和施工关系密切。土的压缩性高低、渗透性强弱是影响地基变形的两个重要因素，前者决定地基最终变形量的大小，后者决定基础沉降的快慢程度，这需要在工程建设中高度重视。

1.2 土的三相组成

土是松散的颗粒集合体，它是由固体颗粒、液态水和气体三部分组成（也称三相系）。土的固体颗粒构成土的骨架，骨架之间存在大量孔隙，孔隙中填充着液态水和空气，因此土也被称为三相介质。自然界的土体，土体的三相比例不是固定不变的，而是随着周围环



境条件改变而变化。土的三相比比例不同,土的状态和工程性质也各不相同。土中孔隙全部由气体填充时为干土,此时粘土呈坚硬状态,砂土呈松散状态;当土中孔隙由液态水和气体填充时为湿土;当土中孔隙全部由液态水填充时为饱和土。饱和土和干土都是两相体系,湿土为三相体系。

1.2.1 土的固体颗粒

土中固体颗粒的大小、形状、矿物成分及粒径大小的搭配情况,是决定土的物理力学性质的主要因素。

1. 土的矿物成分

(1) 原生矿物。岩石经物理风化作用形成的碎屑物,其成分与母岩相同,如石英、长石、云母、角闪石、辉石等。

(2) 次生矿物。岩石经过化学风化作用形成新的矿物成分,成为一种颗粒很细的新矿物,主要是粘土矿物。粘土矿物的粒径小于 0.005mm ,肉眼看不清,用电子显微镜观察为鳞片状。常见的有高岭石、蒙脱石、伊利石。

(3) 有机质。岩石在风化以及风化产物搬运、沉积过程中,常有动植物残骸及其分解物质参与沉积,成为土中有机质。如果土中有机质含量过多,土的压缩性就会增大。如果土中有机质含量超过 $3\%\sim 5\%$ 的土应予注明,不宜作为填筑材料。

2. 土的粒组划分

自然界中土颗粒都是由大小不同的土粒所组成,土的粒径发生变化,其主要性质也发生相应变化。土的粒径从大到小,则可塑性从无到有,粘性从无到有,透水性从大到小,毛细水从无到有,工程上将各种不同的土粒按性质相近的原则划分为若干粒组,见表1-1。

表1-1 土粒粒组的划分

粗粒统称	粒组名称	粒径范围 (mm)	一般特性
巨粒	漂石(块石)颗粒	$d > 200$	透水性很大,无粘性,无毛细水
	卵石(碎石)颗粒	$60 < d \leq 200$	
粗粒	砾粒 粗粒 细粒	$20 < d \leq 60$ $2 < d \leq 20$	透水性大,无粘性,毛细水上升高度不超过粒径大小
	砂粒	$0.075 < d \leq 2$	易透水,无粘性,遇水不膨胀,干燥时松散,毛细水上升高度不大
细粒	粉粒	$0.005 < d \leq 0.075$	透水性小,湿时稍有粘性,遇水膨胀小,干时稍有收缩,毛细水上升高度较大,易冻胀
	粘粒	$d \leq 0.005$	透水性很小,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,但速度慢

颗粒大小不同的土,它们的工程性质也不相同。同一粒组土的工程性质相似,通常粗粒土的压缩性低、强度高、渗透性大。至于颗粒的形状,带棱角土粒的表面粗糙不易滑动,其强度要比表面圆滑的土粒强度要高。

3. 土的颗粒级配

天然土常常是不同粒组混合而成,土的颗粒有粗有细,为了表示土中各粒组搭配情况,工程中常用各粒组的相对含量来表示,即土中各粒组的质量占土粒总质量的百分数来