

建筑地基基础设计手册

国振喜 曲昭嘉 编



机械工业出版社

本手册是根据新颁布实施的国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)及其他相关的现行国家标准,并结合工程实践和多方著述编写的实用工具书。

本手册内容包括:建筑地基基础、工程地质、规定及常用资料,岩土工程勘察规定,地基岩土的工程特性指标,地基土中应力计算,土的抗剪强度与地基承载力及基础底面尺寸的确定,土的压缩性与地基变形计算,土压力与挡土墙,浅基础设计,桩基础,软弱地基,地震区地基基础,地基处理等。

本手册具有技术标准新,实用性强,应用方便等特点。全书按表格化、条文化,图形化编写,简单明了,查找迅速,可节省时间,提高效率。

本手册供广大建筑设计人员、施工人员及监理人员使用,也可供大专院校土建专业师生及科学研究人员使用与参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑地基基础设计手册/国振喜,曲昭嘉编. —北京:
机械工业出版社, 2008. 1
ISBN 978-7-111-21459-5

I. 建… II. ①国…②曲… III. 地基—基础(工程)—
建筑设计—技术手册 IV. TU47-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 067165 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:何文军 版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·90.75 印张·3 插页·2990 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-21459-5

定价:156.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010)68326294

购书热线电话:(010)88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010)68327259

封面无防伪标均为盗版

前 言

建筑地基基础工程是工业与民用建筑工程中的重要组成部分。

地基和基础是建筑物的根基，位于地面以下，实属于地下隐蔽工程。它的勘察、设计和施工质量直接关系到建筑物的安危，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。实践表明，许多建(构)筑物工程质量事故往往发生在地基基础问题上。

地基基础工程造价和施工工期在建筑总造价和总工期占的比例与很多因素有关，如上部结构型式和层数、基础结构型式、地质条件、环境条件、施工的合理与否等，可以变动范围在百分之几到几十之间。对于钢筋混凝土结构和一般地质条件而言，采用筏形基础或箱形基础，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。

随着我国现代化建设步伐的加快，建筑规模正以前所未有的速度发展着。高层建筑、地下铁道、地下停车场、地下商场、大型商场、大型水电站、水库、高速公路和铁路、海港码头等现代化设施，以及防治各种自然灾害的构筑物比比皆是。这些建筑物不但要建在良好的基础上，而且还应满足一些新的更严格的要求。首先，我国的人均土地资源有限，特别是耕地面积逐年减少，必须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，因此我们所面临的建筑物地基越来越复杂。其次，建筑物向高、大、重方向发展，对地基与基础工程的承重、沉降、变形控制要求越来越严格，基础的型式规模不同以往，例如桩基和地下连续墙越做越深、越做越大；另外，人们对环保的要求越来越严，对控制环境污染(泥浆、噪声、振动)的要求越来越高，而对施工的工期则要求越来越短。这些都使地基基础工程在社会发展中占有越来越重要的地位。因而，地基基础工程设计要求和施工技术难度均会进一步提高。

为适应我国建设事业快速发展的需要，为了给建筑地基基础设计提供最新的设计方法和依据，为使建筑地基基础设计做到技术先进、经济合理、安全适用、快速设计，我们根据新颁布实施的国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)及其他相关的现行国家标准，并结合工程实践和多方著述，编写了《建筑地基基础设计手册》一书。以此，献给广大的建筑工程工作者！并希望对他们理解问题和处理问题能有所帮助与灵活应用。

编写本手册还依据一些国家现行实施的主要规范如下：

- (1) 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)；
- (2) 《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)；
- (3) 《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)；
- (4) 《岩土工程勘察规范》(GB 50021—2001)；
- (5) 《高层建筑岩土工程勘察规范》(JGJ 72—2004)；
- (6) 《湿陷性黄土地区建筑规范》(GB 50025—2004)；
- (7) 《高层建筑箱形与筏形基础技术规范》(JGJ 6—1999)；
- (8) 《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2002)；
- (9) 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》(GB 50202—2002)。

本手册是上述规范的具体实施、应用和扩充。

本手册主要包括：建筑地基基础、工程地质、规定及常用资料，岩土工程勘察规定，地基岩土的工程特性指标，地基土中应力计算，土的抗剪强度与地基承载力及基础底面尺寸的确定，土的压缩性与地基变形计算，土压力与挡土墙，浅基础设计，桩基础，软弱地基，地震区地基基础，地基处理等。

本手册的主要特点如下：

(1) 简明实用。全手册将建筑地基基础设计人员设计中最常用的、最急需的、最普遍的各种地基情况的设计方法、计算方法、实用计算公式、简化计算用表、典型实用的计算例题等准确地提供给广大的土建结构设计人员，供设计时参照应用，举一反三，从而节省广大设计人员的宝贵时间，提高工作效率，缩短设计周期，满足工程建设需要。

(2) 内容丰富。全手册包括十二大部分主要内容，一般完全可以满足建筑地基基础设计人员关于设计及计算需要。

(3) 应用方便。全手册将繁多的内容取其精华，以条文、表格、公式、计算例题等形式浓缩编写到本书中，携带方便，一目了然，可迅速找到你所需要解决的问题。

(4) 技术标准新。全手册均以新颁布实施的国家标准《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)为依据编写的，是规范的具体应用、扩充与实施，标准新，技术先进，应用准确可靠。

本书主要由国振喜、曲昭嘉编写。在本手册的编写过程中，还有李玉芝、国伟、孙惠琴、孙谔、孙学、翁映华、高名游、李艳荣、高振山、国刚、陈金霞、曲圣伟、王瑾、李伟、张树义、李敏、李树彬、李兴武、王枫、焦德文、于英文、贾军、杨占荣、刘君超、张清波、赵仁波、司浩然、丁正厚、丁力、丁智、国英、国华、曹丽华、孙澍宁等参加了部分编写工作。

在本手册的编写过程中，曾参阅和引用过一些文献资料内容，谨向它们的作者表示真诚的感谢！

在本手册的编写和出版过程中，得到许多同志的支持和帮助，在此一并致谢！

由于我们水平有限，难免有不妥之处，敬请指教，以利改进。

国振喜 曲昭嘉

目 录

前言

第1章 建筑地基基础、工程地质、

规定及常用资料 1

1.1 建筑地基基础 1

1.1.1 地基与基础概述 1

1.1.2 建筑地基基础设计基本规定 9

1.2 工程地质 16

1.2.1 地壳运动与地质作用及地质年代 16

1.2.2 第四纪沉积地层与地貌 19

1.2.3 地下水 25

1.2.4 工程地质灾害及防治 33

1.3 混凝土结构设计材料标准及一般规定 45

1.3.1 混凝土强度等级定义及选用规定 45

1.3.2 混凝土强度标准值、设计值及 弹性模量 45

1.3.3 混凝土结构的耐久性规定 46

1.3.4 混凝土保护层的最小厚度 47

1.3.5 钢筋混凝土结构的钢筋选用 48

1.3.6 普通钢筋强度标准值、设计值 及弹性模量 48

1.3.7 纵向受拉钢筋的锚固长度计算 49

1.3.8 非抗震及四级抗震等级结构钢筋的 最小锚固长度计算用表 50

1.3.9 钢筋的连接 50

1.3.10 结构抗震构造措施及抗震等级 53

1.3.11 承载力抗震调整系数 57

1.3.12 抗震结构构件材料的选用 57

1.3.13 抗震钢筋的锚固和连接接头规定 58

1.3.14 抗震钢筋的锚固长度和钢筋的 绑扎搭接长度计算用表 58

1.3.15 素混凝土结构伸缩缝与钢筋 混凝土结构伸缩缝 59

1.3.16 钢筋计算用表 60

1.3.17 常用构件代号 62

1.4 建筑抗震场地、地基和基础 62

1.4.1 场地 62

1.4.2 天然地基和基础 65

1.4.3 液化土和软土地基 66

1.4.4 桩基 78

1.5 砌体结构设计材料标准及一般规定 82

1.5.1 块体和砂浆的强度等级 82

1.5.2 砌体强度设计值 82

1.5.3 砌体强度设计值调整系数及施工 阶段的砌体强度 86

1.5.4 砌体的弹性模量、线膨胀系数、 收缩系数和摩擦系数 87

1.5.5 各类砌体的强度标准值 88

1.5.6 墙的防潮 89

1.5.7 墙、柱的最小截面尺寸及材料 最低强度等级 89

1.5.8 需设置垫块或壁柱的梁的跨度 90

1.5.9 预制钢筋混凝土板梁的支承长度 91

1.5.10 防止或减轻墙体开裂的主要措施 91

1.5.11 砌体房屋伸缩缝的最大间距 92

1.6 常用资料 93

1.6.1 常用字母 93

1.6.2 数学符号 94

1.6.3 专用符号 95

1.6.4 符号用字的一般规定 95

1.6.5 用大写字母(斜体)表示的 主体符号 96

1.6.6 用小写字母(斜体)表示的 主体符号 96

1.6.7 用小写希腊字母(斜体)表示的 主体符号 96

1.6.8 用小写字母(正体)或标记 表示的一般上标 97

1.6.9 用小写字母(正体)或数字 表示的下标 97

1.6.10 用拉丁字母(斜体)表示作用、

作用效应和抗力的下标	98	1.6.43 风级	119
1.6.11 化学元素符号	98	1.6.44 降雨等级	120
1.6.12 米(m)的倍数单位换算	99	第2章 岩土工程勘察规定	121
1.6.13 英寸的分数、小数习惯称呼与 毫米对照	99	2.1 勘察分级和岩土分类	121
1.6.14 各种长度单位换算	99	2.1.1 术语与工程地质勘察的目的、 工作内容和任务	121
1.6.15 平方米(m^2)倍数单位换算	99	2.1.2 岩土工程勘察分级与岩石的分类 和鉴定	122
1.6.16 立方米(m^3)倍数单位换算	101	2.1.3 土的分类和鉴定	126
1.6.17 各种面积单位换算	101	2.2 各类工程的勘察基本要求	129
1.6.18 各种体积、容积单位换算	101	2.2.1 房屋建筑和构筑物及地下洞室	129
1.6.19 千克(kg)倍数单位换算	101	2.2.2 岸边工程及管道和架空线路工程	134
1.6.20 主要质量(重量)单位换算	104	2.2.3 废弃物处理工程	137
1.6.21 单位长度的质量(重量)换算	104	2.2.4 核电厂及边坡工程	139
1.6.22 单位体积、容积的质量(重量) 换算	105	2.2.5 基坑工程及桩基础	143
1.6.23 千克与磅换算	105	2.2.6 地基处理及既有建筑物的增载 和保护	145
1.6.24 日、俄制计量单位名称	105	2.3 不良地质作用和地质灾害	148
1.6.25 力(牛顿,N)单位换算	106	2.3.1 岩溶及滑坡	148
1.6.26 压力或压强(帕斯卡,Pa 或 N/mm^2)单位换算	106	2.3.2 危岩和崩塌及泥石流	150
1.6.27 力矩(弯矩、扭矩、力偶矩、转矩) 单位换算	106	2.3.3 采空区及地面沉降	152
1.6.28 功率单位换算	106	2.3.4 场地和地基的地震效应及活动 断裂	154
1.6.29 速度单位换算	106	2.4 特殊性岩土	156
1.6.30 流量单位换算	106	2.4.1 湿陷性土及红黏土	156
1.6.31 温度单位换算	110	2.4.2 软土及混合土	158
1.6.32 各种温度的热力学零度、水冰点 及水沸点温度值	110	2.4.3 填土及多年冻土	159
1.6.33 热导率单位换算	110	2.4.4 膨胀岩土及盐渍岩土	162
1.6.34 传热系数单位换算	111	2.4.5 风化岩和残积土及污染土	165
1.6.35 热阻单位换算	111	2.5 地下水	166
1.6.36 水的硬度单位换算	112	2.5.1 地下水的勘察要求	166
1.6.37 钢的硬度换算	112	2.5.2 水文地质参数的测定及地下水 作用的评价	167
1.6.38 常用的国际单位制的基本单位	115	2.6 工程地质测绘和调查	169
1.6.39 常用的国际单位制中具有专门 名称的导出单位	115	2.7 勘探和取样	170
1.6.40 常用的国家选定的非国际单位制 单位	115	2.7.1 一般规定与钻探、井探、槽探 和洞探	170
1.6.41 常用的组合形式的单位	116	2.7.2 岩土试样的采取与地球物理 勘探	172
1.6.42 习惯用的非法定计量单位与法定 计量单位的换算	116		

2.8 原位测试	176	指标	242
2.8.1 一般规定与荷载试验	176	3.1.1 土的三相组成	242
2.8.2 静力触探试验与圆锥动力触探 试验	178	3.1.2 土的实测物理性质指标	243
2.8.3 标准贯入试验与十字板剪切 试验	180	3.2 土的其他物理性质指标与土的物理 性质指标换算	244
2.8.4 旁压试验与扁铲侧胀试验	181	3.2.1 土的其他物理性质指标	244
2.8.5 现场直接剪切试验与波速测试	183	3.2.2 土的物理性质指标换算	246
2.8.6 岩体原位应力测试与激振法 测试	185	3.2.3 计算例题	249
2.9 室内试验	186	3.3 黏性土的物理状态特性	253
2.9.1 一般规定与土的物理性质试验	186	3.3.1 黏性土的物理状态特性指标	253
2.9.2 土的压缩固结试验与土的抗剪 强度试验	186	3.3.2 黏性土的物理状态计算例题	257
2.9.3 土的动力性质试验与岩石试验	187	3.4 无黏性土的物理状态特性	259
2.10 水和土腐蚀性的评价	188	3.4.1 无黏性土的物理状态特性指标	259
2.10.1 取样和测试	188	3.4.2 无黏性土的物理状态计算例题	263
2.10.2 腐蚀性评价	189		
2.11 现场检验和监测	192	第4章 地基土中应力计算	265
2.11.1 一般规定与地基基础的检验 和监测	192	4.1 地基土中应力简述与自重应力	265
2.11.2 不良地质作用和地质灾害的 监测与地下水的监测	192	4.1.1 地基土中应力简述	265
2.12 岩土工程分析评价和成果报告	194	4.1.2 土中自重应力计算	265
2.12.1 一般规定与岩土参数的分析 和选定	194	4.1.3 土中自重应力计算例题	268
2.12.2 成果报告的基本要求	195	4.2 基底压力与基底附加压力	273
2.13 湿陷性黄土地基岩土工程勘察规定	196	4.2.1 基底压力计算	273
2.13.1 术语与基本规定	196	4.2.2 基底压力计算例题	275
2.13.2 湿陷性黄土地基岩土勘察规定	198	4.2.3 基底附加压力计算	281
2.14 高层建筑岩土工程勘察规定	208	4.2.4 基底附加压力计算例题	282
2.14.1 术语、说明和基本规定	208	4.3 地基土中附加应力计算	286
2.14.2 勘察方案布设	210	4.3.1 竖向集中力作用下地基土中附加 应力计算	286
2.14.3 地下水与室内试验和原位测试	214	4.3.2 矩形面积上作用均布荷载时地基 土中附加应力计算	290
2.14.4 岩土工程评价	218	4.3.3 矩形面积上作用三角形分布荷载 时地基土中附加应力计算	296
2.14.5 设计参数检测、现场检验和 监测	237	4.3.4 圆形面积上作用分布荷载时地基 土中附加应力计算	298
2.14.6 岩土工程勘察报告	239	4.3.5 均布条形荷载下的地基土中附加 应力计算	300
		4.3.6 地基土中附加应力计算例题	303
第3章 地基岩土的工程特性指标	242		
3.1 土的三相组成与土的实测物理性质		第5章 土的抗剪强度与地基承载力及 基础底面尺寸的确定	321

5.1 概述	321	6.1.1 简述与压缩试验	645
5.2 土的破坏准则和土的抗剪强度指标	323	6.1.2 土的变形模量	648
5.2.1 土的破坏准则	323	6.1.3 土的压缩性计算例题	651
5.2.2 土的抗剪强度指标	329	6.2 地基变形(沉降)计算	652
5.2.3 计算例题	330	6.2.1 一般规定	652
5.3 土的抗剪强度测定方法	330	6.2.2 单一压缩土层的沉降计算	655
5.3.1 直接剪切试验与三轴压缩试验	330	6.2.3 单一压缩土层的沉降计算例题	656
5.3.2 无侧限抗压强度试验与十字板 剪切试验	332	6.2.4 用分层总和法计算地基最终 沉降量	658
5.3.3 计算例题	334	6.2.5 分层总和法计算例题	660
5.4 饱和黏性土与无黏性土的抗剪强度	335	6.2.6 用规范法(应力面积法)计算地基 最终沉降量	672
5.4.1 饱和黏性土的抗剪强度	335	6.2.7 规范法(应力面积法)计算例题	684
5.4.2 无黏性土的抗剪强度	339	6.2.8 弹性理论方法与考虑不同变形 阶段的沉降计算	702
5.4.3 计算例题	339	6.2.9 地基沉降差和倾斜计算	705
5.5 地基临塑压力、临界压力与极限压力	340	6.2.10 应力历史对地基沉降的影响	706
5.5.1 地基临塑压力	340	6.2.11 地基沉降与时间关系的计算	711
5.5.2 地基临界压力与地基的极限压力	343	6.2.12 大面积地面荷载作用下地基附加 沉降量计算	718
5.5.3 计算例题	344	6.2.13 计算例题	719
5.6 地基承载力的确定	345	6.3 减少建筑物沉降和不均匀沉降的措施 与建筑物的沉降观测	724
5.6.1 地基土的破坏形式	345	6.3.1 减少建筑物沉降和不均匀沉降的 措施	724
5.6.2 地基承载力的确定方法	346	6.3.2 建筑物的沉降观测	725
5.6.3 地基承载力特征值的修正	350		
5.6.4 修正后的地基承载力特征值 计算用表	352		
5.6.5 计算例题	478		
5.7 地基承载力计算	487		
5.7.1 基础底面压力计算	487		
5.7.2 地基受力层范围内有软弱下卧 层时的验算	488		
5.7.3 条形基础宽度 b 值计算用表	490		
5.7.4 独立基础矩形底面积 A 值计算 用表	537		
5.7.5 计算例题	601		
5.8 偏心受压矩形基础底面积直接 算法	616		
5.8.1 计算公式与计算用表	616		
5.8.2 计算例题	639		
第6章 土的压缩性与地基变形计算	645		
6.1 土的压缩性	645	第7章 土压力与挡土墙	727
		7.1 土压力与挡土墙概述	727
		7.1.1 土压力概述	727
		7.1.2 挡土墙概述	729
		7.2 土压力计算与计算例题	733
		7.2.1 静止土压力计算	733
		7.2.2 朗金土压力理论计算土压力	734
		7.2.3 库仑土压力理论计算土压力	739
		7.2.4 第二破裂面算法	792
		7.2.5 用规范法计算主动土压力	793
		7.2.6 一些常用情况下土压力的计算	847
		7.2.7 计算例题	848
		7.3 车辆荷载作用下土压力计算与计算	

例题	860	8.5.1 联合基础计算	1006
7.3.1 车辆荷载作用下土压力计算	860	8.5.2 联合基础计算例题	1007
7.3.2 计算例题	862	8.6 高层建筑筏形基础	1010
7.4 挡土墙设计	863	8.6.1 高层建筑筏形基础构造	1010
7.4.1 一般规定	863	8.6.2 多层砌体房屋墙下筏形基础构造	1013
7.4.2 挡土墙构造	866	8.6.3 筏形基础计算	1014
7.4.3 挡土墙计算	870	8.6.4 筏形基础计算例题	1023
7.4.4 计算例题	889	8.7 高层建筑箱形基础	1027
第8章 浅基础设计	903	8.7.1 箱形基础一般规定	1027
8.1 一般规定及基础类型和基础材料	903	8.7.2 箱形基础各部截面尺寸构造要求	1030
8.1.1 地基基础设计一般规定	903	8.7.3 箱形基础配筋的构造要求	1032
8.1.2 基础类型和基础材料	904	8.7.4 箱形基础地基计算	1033
8.2 基础底面尺寸及埋置深度的确定	909	8.7.5 箱形基础的计算	1037
8.2.1 基础底面尺寸的确定	909	8.7.6 箱形基础计算例题	1047
8.2.2 基础埋置深度的确定	911	8.8 岩石锚杆基础	1059
8.2.3 计算例题	918	8.8.1 岩石锚杆基础应用规定与计算	1059
8.3 无筋扩展基础	920	8.8.2 岩石锚杆基础计算例题	1063
8.3.1 基础特点及材料	920	8.9 墙下轴心受压条形钢筋混凝土基础	
8.3.2 无筋扩展基础构造与计算	923	计算用表	1064
8.3.3 无筋扩展基础计算例题	925	8.9.1 制表公式	1064
8.4 钢筋混凝土扩展基础	931	8.9.2 计算用表及适用范围	1065
8.4.1 包括内容与基础构造	931	8.9.3 计算例题	1082
8.4.2 墙下钢筋混凝土条形基础	932	8.10 轴心受压方形钢筋混凝土基础计算	
8.4.3 墙下钢筋混凝土条形基础计算例题	935	用表	1082
8.4.4 柱下钢筋混凝土条形基础构造	942	8.10.1 制表公式	1082
8.4.5 柱下钢筋混凝土条形基础计算	946	8.10.2 计算用表及适用范围	1083
8.4.6 柱下钢筋混凝土条形基础计算例题	968	8.10.3 计算例题	1175
8.4.7 柱下钢筋混凝土十字交叉条形基础计算	973	第9章 桩基础	1176
8.4.8 柱下钢筋混凝土十字交叉条形基础计算例题	978	9.1 桩基础的组成、特点、分类和选型	1176
8.4.9 现浇柱下钢筋混凝土独立基础	980	9.1.1 桩基础简述及组成	1176
8.4.10 预制柱下钢筋混凝土独立基础	984	9.1.2 桩基础的特点、分类和选型	1179
8.4.11 钢筋混凝土柱下独立基础计算	988	9.2 桩基础构造要求	1185
8.4.12 钢筋混凝土柱下独立基础计算例题	994	9.2.1 桩的构造要求	1185
8.5 联合基础	1006	9.2.2 桩承台构造	1197
		9.3 单桩承载力的确定	1200
		9.3.1 单桩竖向承载力的确定	1200
		9.3.2 单桩水平承载力的确定	1206

9.4 桩的平面布置及桩的根数计算	1211	11.1 地基基础抗震设计基本知识	1309
9.4.1 桩的平面布置	1211	11.1.1 地震	1309
9.4.2 桩的根数计算	1211	11.1.2 场地、地基和基础	1312
9.4.3 桩基础直接计算法	1213	11.2 场地的地震效应及计算例题	1315
9.5 桩基承台	1219	11.2.1 场地的地震效应	1315
9.5.1 桩基承台的作用、种类和破坏形式	1219	11.2.2 计算例题	1318
9.5.2 桩基承台的计算	1219	11.3 液化地基及计算例题	1320
9.6 桩基础沉降验算	1224	11.3.1 液化地基	1320
9.6.1 应进行沉降验算的桩基础建筑物和沉降允许值	1224	11.3.2 计算例题	1326
9.6.2 桩基础沉降验算方法	1225	11.4 天然地基基础抗震验算及计算例题	1331
9.7 桩基础计算例题	1225	11.4.1 天然地基基础抗震验算	1331
9.7.1 桩计算例题	1225	11.4.2 计算例题	1333
9.7.2 桩与承台计算例题	1231	11.5 低承台桩基抗震承载力验算及计算例题	1336
		11.5.1 低承台桩基抗震承载力验算	1336
		11.5.2 计算例题	1338
第10章 软弱地基	1247	第12章 地基处理	1340
10.1 软弱地基一般规定与处理方法	1247	12.1 冲沟、落水洞、土洞和古河、古湖泊	1340
10.1.1 软弱地基一般规定	1247	12.1.1 冲沟、落水洞、土洞	1340
10.1.2 软弱地基常用的处理方法	1249	12.1.2 古河、古湖泊	1342
10.2 换填垫层法	1254	12.2 流砂地基和橡皮土地基	1343
10.2.1 简述与规定、设计与施工及质量检验	1254	12.2.1 流砂地基	1343
10.2.2 换填垫层法计算例题	1260	12.2.2 橡皮土地基	1359
10.3 预压法	1262	12.3 滑坡地基和膨胀土地基	1359
10.3.1 简述与规定、设计与施工及质量检验	1262	12.3.1 滑坡地基	1359
10.3.2 预压法计算例题	1268	12.3.2 膨胀土地基	1363
10.4 强夯法和强夯置换法	1269	12.4 灰土地基与砂和砂石地基	1366
10.4.1 简述与规定、设计与施工及质量检验	1269	12.4.1 灰土地基	1366
10.4.2 计算例题	1273	12.4.2 砂和砂石地基	1368
10.5 复合地基的承载力计算	1273	12.5 土工合成材料地基和粉煤灰地基	1369
10.5.1 复合地基	1273	12.5.1 土工合成材料地基	1369
10.5.2 柔性桩	1280	12.5.2 粉煤灰地基	1372
10.5.3 柔性桩计算例题	1290	12.6 强夯地基和水泥注浆地基	1374
10.5.4 半刚性桩	1293	12.6.1 强夯地基	1374
10.5.5 半刚性桩计算例题	1303	12.6.2 水泥注浆地基	1378
第11章 地震区地基基础	1309	12.7 振冲地基和高压喷射(旋喷)注浆地基	1380

12.7.1 振冲地基	1380	12.12 湿陷性黄土地基	1414
12.7.2 高压喷射(旋喷)注浆地基	1384	12.12.1 一般规定	1414
12.8 水泥土搅拌桩地基与土和灰土 挤密桩复合地基	1389	12.12.2 地基处理方法和使 用与维护	1418
12.8.1 水泥土搅拌桩地基	1389	12.13 山区地基	1421
12.8.2 土和灰土挤密桩复合地基	1394	12.13.1 简述和山区不均 匀岩土地基	1421
12.9 预压地基	1396	12.13.2 岩石地基和采空 区地表塌陷	1425
12.9.1 砂井堆载预压地基	1396	12.14 软土地基	1429
12.9.2 塑料排水带堆载预压地基	1399	12.14.1 软土的形成和软 土的物理力学性质	1429
12.10 水泥粉煤灰碎石桩与 夯实水泥土桩复合地基	1402	12.14.2 软土地基的计 算和设计应采取的措施	1433
12.10.1 水泥粉煤灰碎石 桩复合地基	1402		
12.10.2 夯实水泥土桩 复合地基	1405		
12.11 砂桩地基和地基局 部处理	1406	参考文献	1437
12.11.1 砂桩地基	1406		
12.11.2 地基局部处理	1412		

第1章 建筑地基基础、工程地质、规定及常用资料

1.1 建筑地基基础

1.1.1 地基与基础概述

地基与基础概述如表 1-1 所示。

表 1-1 地基与基础概述

序号	项 目	内 容
1	名词术语	(1) 地基。支承基础的土体或岩体 (2) 基础。将结构所承受的各种作用传递到地基上的结构组成部分 (3) 地基承载力特征值。指由荷载试验测定的地基土压力变形曲线线性变形段内规定的变形所对应的压力值，其最大值为比例界限值 (4) 重力密度(重度)。单位体积岩土所承受的重力，为岩土的密度与重力加速度的乘积 (5) 岩体结构面。岩体内开裂的和易开裂的面，如层面、节理、断层、片理等，又称不连续构造面 (6) 标准冻深。在地面平坦、裸露、城市之外的空旷场地中不少于 10 年的实测最大冻深的平均值 (7) 地基变形允许值。为保证建筑物正常使用而确定的变形控制值 (8) 土岩组合地基。在建筑地基(或被沉降缝分隔区段的建筑地基)的主要受力层范围内，有下卧基岩表面坡度较大的地基；或石芽密布并有出露的地基；或大块孤石或个别石芽出露的地基 (9) 地基处理。指为提高地基土的承载力，改善其变形性质或渗透性质而采取的人工方法 (10) 复合地基。部分土体被增强或被置换，而形成的由地基土和增强体共同承担荷载的人工地基 (11) 扩展基础。将上部结构传来的荷载，通过向侧边扩展成一定底面积，使作用在基底的压力等于或小于地基土的允许承载力，而基础内部的应力应同时满足材料本身的强度要求，这种起到压力扩散作用的基础称为扩展基础 (12) 无筋扩展基础。由砖、毛石、混凝土或毛石混凝土、灰土和三合土等材料组成的，且不需配置钢筋的墙下条形基础或柱下独立基础 (13) 桩基础。由设置于岩土中的桩和联接于桩顶端的承台组成的基础 (14) 支挡结构。使岩土边坡保持稳定、控制位移而建造的结构物
2	土	(1) 土的概念。任何建筑物都支承于地层之上，地球表面的地层一般是由岩石经风化、搬运、沉积而形成的松散的堆积物，工程中称之为土。土是自然界的产物，土是由原岩经风化、剥蚀、搬运、沉积等物理、化学、生物作用而成的 土在地球表面分布极广，它与工程建设关系密切。在工程建设中，土被广泛用做各种建筑的地基或材料，或构成建筑物周围的环境或护层。在土层上建造工业厂房、民用住宅、涵管、桥梁、码头等时，土是作为承受上述结构物荷载的地基；修筑土质堤坝、路基等时，土又被用作建筑材料。因此，土是土木工程中应用最广泛的一种建筑材料或介质 工程用土总的分为一般土和特殊土。广泛分布的一般土又可分为无机土和有机土。原始沉积的无机土大致上可分为碎石类土、砂类土、粉性土和黏性土四大类。当土中巨粒、粗粒粒组的含量超过全重 50% 时属于碎石类土或砂类土；反之，属于粉性土或黏性土。碎石类土和砂类土总称为无黏性土，其一般特征是透水性大，无黏性；黏性土的透水性小；而粉性土的性质介于砂类土和黏性土之间。特殊土有遇水沉陷的湿陷性土(如常见的湿陷性黄土)、湿胀干缩的胀缩性土(习称膨胀土)、冻胀性土(习称冻土)、红黏土、软土、填土、混合土、盐渍土、污染土、风化岩与残积土等

续表 1-1

序号	项 目	内 容
2	土	(2) 土的形成。风化作用是一种使岩石产生物理和化学变化的破坏作用。岩石风化后变成粒状的物质, 导致强度降低, 透水性增强。风化作用根据其性质和影响因素的不同可分为物理风化、化学风化和生物风化三种类型。由于温度变化和岩石裂隙中水的冻结以及岩类的结晶引起岩石表面逐渐破碎崩解, 这种过程称为物理风化。这一作用仅使岩石机械破碎, 风化产物与母岩矿物成分相同, 其化学成分没有发生变化。地表岩石在水溶液、大气以及有机体的化学作用或生物化学作用下引起的破坏过程称为化学风化。它不仅破坏岩石的结构, 而且使其化学成分改变, 从而形成新的矿物(次生矿物)。例如, 处于花岗岩风化带中的正长石, 其表面常有一层白色粉末状物质, 这是正长石经化学风化所形成的新矿物高岭土。化学风化主要有氧化、水化、水解、溶解和碳酸化等作用。生物活动过程中对岩石产生的破坏过程称为生物风化。如穴居地下的蚯蚓、树根生长时施加周围岩石的压力、鼠类等活动都可以引起岩石的机械破碎。生长在岩石表面的细菌、苔藓类分泌的有机酸溶液可产生化学作用, 分解岩石的成分, 促使岩石发生变化 土在地表分布极广, 成因类型也很复杂。不同成因类型的沉积物, 各具有一定的分布规律、地形形态及工程性质, 下面简单介绍几种主要类型: 1) 残积物。地表岩石经风化作用后残留在原地的碎屑物, 称为残积物(图 1-1)。它的分布主要受到地形的控制。在宽广的分水岭上, 由于地表水流速很小, 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物分布 残积物中残留碎屑的矿物成分, 在很大程度上与下卧基岩一致, 这是它区别于其他沉积物的主要特征。例如, 砂岩风化剥蚀后生成的残积物多为砂岩碎块。由于残积物未经搬运, 其颗粒大小未经分选和磨圆, 故其颗粒大小混杂, 均质性差, 土的物理力学性质各处不一, 且其厚度变化大。因此, 在进行工程建设时, 要注意残积物地基的不均匀性。我国南部地区的某些残积物, 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黏土, 虽然其孔隙比较大, 含水率高, 但因其结构性强因而承载能力高。又如, 由花岗岩风化而成的残积土, 虽室内测定的压缩模量较低, 孔隙也比较大, 但其承载力并不高 2) 坡积物。高处的岩石风化产物, 由于受到雨雪水流的搬运, 或由于重力的作用而沉积在较平缓的山坡上, 这种沉积物称为坡积物。它一般分布在坡腰或坡脚, 其上部与残积物相接(图 1-2) 坡积物随斜坡自上而下逐渐变缓, 呈现由粗而细的分选现象, 但层理(层理是由于沉积物的物质成分、颜色、颗粒大小不同而在垂直方向上表现出来的成层现象)不明显。其矿物成分与下卧基岩没有直接关系, 这是它与残积物明显区别之处 坡积物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。在斜坡较陡地段的厚度常较薄, 而在坡脚地段的坡积物则较厚 由于坡积物形成于山坡, 故较易沿下卧基岩倾斜面发生滑动。因此, 在坡积物上进行工程建设时, 要考虑坡积物本身的稳定性和施工开挖后边坡的稳定性 3) 洪积物。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洪积物。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(图 1-3), 其分布范围也逐渐扩大。洪积物地貌特征, 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 1-4) 洪积物质离山区由近渐远颗粒呈现由粗到细的分选作用, 碎屑颗粒由于搬运距离短, 颗粒的磨圆度仍然不佳。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(在某一土层中存在的形状似透镜的局部其他沉积物)等 从工程观点可把洪积物分为三个部分: 靠近山区(图 1-3 中 I 地段)的洪积物, 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; 离山区较远地段(图 1-3 中 III 地段)洪积物多由粉粒、黏粒组成, 由于形成过程受到周期性干旱作用, 土体被析出的可溶盐胶结而较坚硬密实, 承载力较高; 中间过渡地段(图 1-3 中 II 地段)常常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

续表 1-1

序号	项 目	内 容
2	土	4) 冲积物。河流两岸的基岩及其上部覆盖的松散物质,被河流水剥蚀后,经搬运、沉积于河道坡度较平缓的地带而形成的沉积物,称为冲积物。沉积物的特点是具有明显的层理构造。经过长距离的搬运过程,颗粒的磨圆度好。随着从上游到下游的流速逐渐减小,冲积物具有明显的由粗到细的分选现象。上游沉积物多为粗大颗粒,中下游冲积物大多为细小颗粒 5) 其他沉积物。除了上述几种成因类型的沉积物外,还有海洋沉积物、湖泊沉积物、冰川沉积物及风积物等,它们分别是海洋、湖泊、冰川及风的地质作用而形成。下面只简略介绍海洋沉积物和湖泊沉积物 ① 海洋沉积物。海洋按海水深度及海底地形划分为滨海区、浅海区、陆坡区及深海区 滨海(海水高潮位时淹没,低潮位时露出的海洋地带)沉积物主要由卵石、圆砾和砂等粗碎屑物质组成(可能有黏性土夹层),具有基本水平或缓倾斜的层理构造,在砂层中常有波浪作用留下的痕迹。作为地基,其强度高,但透水性较大 浅海(水深约0~200m,宽度约100~200km的大陆架)沉积物主要有细颗粒砂土、黏性土、淤泥和生物化学沉积物(硅质和石灰质等)。离海岸愈远,沉积物的颗粒愈细小。浅海沉积物具有层理构造,其中砂土较滨海区更为疏松,因而压缩性高且不均匀;一般近岸黏土质沉积物的密度小、含水率高,因而其压缩性大、强度低 陆坡(浅海区与深海区之间过渡的陆坡地带,水深约200~1000m,宽度约100~200km)和深海(水深超过1000m的海洋底盘)沉积物主要是有机质软泥,成分均一 ② 湖泊沉积物。湖泊沉积物可分为湖边沉积物和湖心沉积物 湖边沉积物主要由湖浪冲蚀湖岸、破坏岸壁形成的碎屑物质组成的。在近岸带沉积的多数是粗颗粒的卵石、圆砾和砂土;远岸带沉积的则是细颗粒的砂土和黏性土。湖边沉积物具有明显的斜层理构造。作为地基时,近岸带有较高的承载力,远岸带则差些 湖心沉积物是由河流和湖流夹带的细小悬浮颗粒到达湖心后沉积形成的,主要是黏土和淤泥,常夹有细砂、粉砂薄层,称为带状黏土,这种黏土压缩性高、强度低 (3) 土的组成 1) 简述。土是由岩石经风化生成的松散沉积物。它的物质成分包括构成土的骨架的矿物颗粒及充填在孔隙中的水和气体。一般来说,土就是由颗粒(固相)、水(液相)和气(气相)所组成的三相体系。当孔隙全部被水充满时、形成饱和土;当孔隙中只有空气时,即为干土。饱和土和干土均属二相体系。土体中颗粒大小和矿物成分差别很大,各组成部分的数量比例也不同,土粒与其周围的水又发生复杂的作用。因此,要研究土的工程性质就必须了解土的组成以及土的结构构造 2) 土的固体颗粒。土的固体颗粒(土粒)构成土的骨架,土粒大小与其颗粒形状、矿物成分、结构构造存在一定的关系。粗大颗粒往往是岩石经物理风化作用形成的碎屑,其形状呈块状或粒状,常形成单粒结构;而细小土粒主要是化学风化形成的次生矿物和有机质,多呈片状,形成蜂窝或絮状结构。砂土和黏土是两种不同的土类,其颗粒形状、矿物成分、结构构造各不相同,这主要是由于它们的颗粒组成显著不同所致 ① 土的颗粒级配。在自然界中很难遇到由大小相同的颗粒组成的土,绝大多数是由大小不同的土粒组成。土粒大小及其矿物成分的不同,对土的物理力学性质影响极大。当土粒的粒径由粗到细逐渐变化时,土的性质相应地也发生变化,由量变引起质变。随着土粒粒径变小,土由无黏性且透水性强变为透水性弱、有黏性和可塑性。因而,在研究土的工程特性时,应将土中不同粒径的土粒,按某一粒径范围,分为若干粒组。划分时同一粒组的土,其物理力学性质应较为接近。粒组与粒组之间的分界尺寸称为界限粒径 表1-2列出土粒粒组的划分方法,即将土粒划分为六大粒组:漂石或块石、卵石或碎石、圆砾或角砾、砂粒、粉粒及黏粒。各组的界限粒径分别是200mm、20mm、2mm、0.075mm和0.005mm 土中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(各粒组占土粒总质量的百分数)来表示,称为土的颗粒级配

序号	项 目	内 容
2	土	土中各个粒组的相对含量可通过颗粒分析试验得到。颗粒分析方法目前有筛分法、密度计法或移液管法两种。前者适用于粒径大于 0.075mm 的土,后者适用于粒径小于 0.075mm 的土 筛分法是用一套不同孔径的标准筛,将风干、分散的具有代表性的土样,放入一套从上到下、筛孔由粗到细排列的标准筛进行筛分,称出留在各个筛子上的颗粒质量,并算出相应的质量百分比,由颗粒分析结果可判断土粒的级配情况及确定土的名称。标准筛孔径由粗筛孔径(60mm、40mm、20mm、10mm、5mm、2mm)及细筛孔径(2.0mm、1.0mm、0.5mm、0.25mm、0.075mm)组成 颗粒分析试验结果可用表或曲线表示。表 1-3 为表格法表示某土样的颗粒分析结果。图 1-5 所示的为根据试验结果绘出的粒径级配累积曲线。根据上述两个方法整理出来的结果可确定土的分类名称 用粒径级配曲线表示试样颗粒组成情况是一种比较完善的方法,它能表示土的粒径分布和级配。图中纵坐标表示小于(或大于)某粒径的土的含量(以质量的百分数表示),横坐标表示粒径。由于土的粒径相差悬殊,采用对数表示,可以把粒径相差几千、几万倍的颗粒的含量表达得更清楚一些,图 1-5 中曲线 a、b 分别表示两个试样颗粒组成情况,由曲线的坡度陡缓可以大致判断土的均匀程度。如曲线较陡(试样 b),则表示颗粒大小相差不大,土粒较为均匀,土粒级配不良;反之,曲线平缓,则表示粒径相差悬殊,土粒级配良好 工程上常用不均匀系数 c_u 来反映粒径级配的不均匀程度 $c_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1-1)$ 式中 d_{60}——小于某粒径的土粒质量累计百分率为 60% 时相应的粒径,又称限制粒径 d_{10}——小于某粒径的土粒质量累计百分率为 10% 时相应的粒径,又称有效粒径 把 $c_u < 5$ 的土,如 b 试样($c_u = 4.8$),看作是均粒土,属级配不良。把 $c_u > 10$ 的土看作级配良好,如 a 试样($c_u = 155$)。在填土工程中,可根据不均匀系数 c_u 值来选择土粒。若 c_u 值较大,则土粒较为不均匀。这种土比之粒径均匀的土(c_u 值较小)易于夯实 ② 土粒的矿物成分。土是岩石的风化产物。土粒的矿物成分主要取决于母岩的成分及其所经受的风化作用。土中矿物成分可分为原生矿物和次生矿物两大类。原生矿物是岩石经物理风化而成的颗粒,其矿物成分与母岩相同,母岩中抗风化能力强的矿物往往构成土中的粗大颗粒,如石英、长石、云母等;原生矿物性质较为稳定。次生矿物是指岩石中矿物经化学风化作用后形成的新矿物,如三氧化二铝、三氧化二铁、次生二氧化硅及各种黏土矿物 漂石、卵石、砾石(圆砾、角砾)等粗大粒组都是岩石的碎屑,它们的矿物成分与母岩相同 砂粒大部分是母岩中的单矿物颗粒,如石英、长石和云母等。其中石英的抗化学风化能力强,在砂岩中尤为多见 粉粒的矿物成分是不同的,主要是石英和难溶的盐类 CaCO_3、MgCO_3 等颗粒 黏粒的矿物成分主要有黏土矿物、氧化物、氢氧化物和各种难溶盐类。它们是次生矿物,颗粒很微小。其中黏土矿物主要有高岭石、伊里石(水云母)和蒙脱石三类。高岭石是在酸性介质条件下形成的,它的亲水性弱,遇水后膨胀性和可塑性小;蒙脱石亲水性强,遇水后具有极大的膨胀性与可塑性;伊里石的亲水性介于高岭石与蒙脱石之间,膨胀性与可塑性也介于高岭石与蒙脱石之间,比较接近蒙脱石 黏粒组除了上述矿物外,还有腐殖质等胶态物质,它的颗粒很微小,能吸附大量水分子。因此,黏性土中若含有较多的蒙脱石、伊里石和胶态腐殖质,极易与水结合,使土具有高塑性、膨胀性和黏性,并受外界条件变化影响,工程性质较复杂多变 3) 土中的水。土中水可以处于液态、固态和气态。当土中温度在 0℃ 以下时,土中水冻结成冰,形成冻土,其强度增大。但冻土融化后,强度急剧降低。土中气态水,对土的性质影响不大。土中液态水可分为结合水和自由水 ① 结合水。结合水(又称吸附水)是指受电分子吸引力吸附于土粒表面的土中水。由于细小土粒表面一般带有负电荷,使土粒周围形成电场,在电场范围内的水分子和水溶液中的阳离子一起被吸附在

续表 1-1

序号	项 目	内 容
2	土	土粒表面。因为水分子是极性分子(其正、负电荷偏在分子的两端,不重合),它被土粒表面电荷或溶液中离子电荷的吸引而定向排列(图 1-6) 水溶液中的阳离子处于土粒周围时,一方面受到土粒表面所形成的电场静电引力作用,另一方面又受到布朗运动(热运动)的扩散力作用。愈靠近土粒表面,静电引力愈强,把水化离子(吸附了水分子的离子)和极性分子牢固地吸附在颗粒表面上形成固定层。在固定层外围,静电引力比较小,受到扩散力的作用,水化离子和极性水分子形成扩散层 结合水又分为强结合水和弱结合水。强结合水是相当于固定层中的水,而弱结合水则相当于扩散层中的水 a. 强结合水。指紧靠土粒表面的吸附水。它没有溶解能力,不能传递静水压力,只有温度在 105℃ 以上才蒸发。这种水极其牢固地吸附在土粒表面上,其性质接近固体,重度约为 $12 \sim 24 \text{ kN/m}^3$,冰点为 -78°C,具有极大的黏滞度、弹性和抗剪强度 b. 弱结合水。存在于强结合水外围的一层吸附水。它仍不能传递静水压力,但水膜较厚的弱结合水能向邻近较薄水膜缓慢转移。黏性土中含有较多的弱结合水时,土具有一定可塑性 ② 自由水。自由水是存在于土粒表面电场范围以外的水。它的性质与普通水一样,服从重力定律,能传递静水压力,冰点为 0°C,有溶解能力 自由水按其移动所受作用力的不同,可分为重力水和毛细水 a. 重力水。指受重力作用而移动的自由水。它存在于地下水位以下的透水层中 b. 毛细水。毛细水受到水与空气交界面张力的作用,它存在于地下水位以上的透水土层中。当土孔隙中局部存在毛细水时,毛细水的弯液面和土粒接触处的表面张力反作用于土粒,使土粒之间由于这种毛细压力而挤紧(图 1-7),土因而具有微弱的黏聚力,称为毛细黏聚力。在施工现场常常可以看到稍湿状态的砂堆,能保持垂直陡壁达几十厘米高而不坍落,就是因为砂粒间具有黏聚力的缘故。在饱和的砂或干砂中,土粒之间的毛细压力消失。在工程中,毛细水的上升对建筑物地下部分的防潮措施和地基土的浸湿和冻胀有重要影响。碎石土中无毛细现象产生 4) 土中气体。土中气体存在于土孔隙中未被水占据的空间。在粗粒的沉积物中常见到与大气相联通的空气,在土受压时可较快逸出,它对土的力学性质影响不大。在细粒中则常存在与大气隔绝的封闭气泡,不易逸出,它在外力作用下具有弹性,并使土的透水性减小。在淤泥等含有大量有机质的土中,由于微生物的活动,在土中分解产生了一些可燃气体,如甲烷、硫化氢等,使土层在自重作用下不易压密而形成高压缩性的软土层 (4) 土的结构。土的结构是指土粒或土粒集合体的大小、形状、相互排列与联结等综合特征,一般分为单粒结构、蜂窝结构和絮状结构三种类型 单粒结构是由土粒在水或空气中下沉而形成的,全部由砂粒或更粗土粒组成的土,常具有单粒结构。因其颗粒较大,在重力作用下落到较为稳定的状态,土粒间的分子引力相对很小,所以颗粒之间几乎没有联结。单粒结构可以是疏松的,也可以是紧密的(图 1-8)。呈紧密状态单粒结构的土,强度较高,压缩性较小,是较为良好的天然地基。具有疏松单粒结构的土,土粒间的空隙较大,其骨架是不稳定的,当受到振动及其他外力作用时,土粒易于发生相对移动,引起很大的变形。因此,这种土层如未经处理一般不宜作为建筑物地基 蜂窝结构主要是较细的土粒(如粉粒)组成的结构形式。这些土粒在水中基本上是以单个土粒下沉,当碰到已经下沉的土粒时,由于土粒之间的分子引力大于土颗粒的重力,因而土粒就停留在最初的接触点上不再下沉,形成孔隙体积大的蜂窝状结构(图 1-9) 絮状结构是由黏粒集合体组成的结构形式。黏粒($<0.005 \text{ mm}$)能够在水中长期悬浮,不因重力而下沉。当悬浮液介质发生变化,黏粒便凝聚成絮状的集粒,并相继和已沉积的絮状集粒接触,从而形成孔隙体积很大的絮状结构(图 1-10) 具有蜂窝结构和絮状结构的土,其土粒之间有着大量的孔隙,结构不稳定,当其天然结构被破坏后,土的压缩性增大而强度降低,故也称为有结构性土。但土粒之间的联结强度往往会由于长期的压