

建筑结构设计及工程应用丛书

建筑地基基础设计 及工程应用

郭继武 编著

中国建筑工业出版社

建筑结构设计及工程应用丛书

建筑地基基础设计及工程应用

郭继武 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑地基基础设计及工程应用 / 郭继武编著. —北京:

中国建筑工业出版社, 2008

(建筑结构设计及工程应用丛书)

ISBN 978-7-112-10153-5

I. 建… II. 郭… III. 地基—基础(工程)—建筑设计

IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 079887 号

本书作为“建筑结构设计及工程应用丛书”之一,根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)编写而成。全书共分 12 章。主要内容包括:地基土的物理性质及岩土分类,地基中的应力和变形,土的抗剪强度与地基承载力,建筑地基基础设计原则,无筋和配筋扩展基础,柱下条形基础和交叉条形基础,筏形基础和箱形基础,软弱地基,桩基础,基槽检验与地基的局部处理等。

为了简化计算,提高设计效率,书中对地基基础中一些需要经常反复试算的内容,如按应力比法确定压缩层厚度,偏心受压基础底面尺寸和基础高度的确定,换土垫层厚度的确定,以及偏心荷载下桩基的设计等,都给出了直接算法。该法克服了反复试算的缺点,并可直接得出精确的结果。

为了使读者更好地掌握书中的基础理论知识和有关规范条文内容,书中列举了有代表性的典型例题。在解题过程中,力求步骤清晰,说明详尽。

本书可供刚参加工作的土建类专业工程技术人员参考应用,也可作为工程施工和监理人员的参考用书。

* * *
责任编辑:赵梦梅 刘婷婷 刘瑞霞

责任设计:赵明霞

责任校对:兰曼利 王雪竹

建筑结构设计及工程应用丛书

建筑地基基础设计及工程应用

郭继武 编著

*
中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京云浩印刷有限责任公司印刷

*
开本:787×1092 毫米 1/16 印张:21¼ 字数:543 千字

2008 年 9 月第一版 2008 年 9 月第一次印刷

印数:1—3500 册 定价:39.00 元

ISBN 978-7-112-10153-5
(16956)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

丛书编写委员会

(以姓氏笔画为序)

主 编：王亚勇 江见鲸 朱炳寅 郭继武

编 委：王昌兴 何浙浙 宋振森 张惠英

李 静 李晨光 姚 谏 胡天兵

胡孔国 蒋秀根 黎 钟

“建筑结构设计及工程应用丛书”出版说明

随着我国建设事业的迅猛发展,需要越来越多素质高、实践能力强的建设人才。高等院校已为学生打下坚实的理论知识及其应用的基础,但从学校到社会实践还需学生向有经验的工程人员学习,并结合实践磨练和提高。在技术日新月异、专业纷繁交错的今天,即使已有一些经验的工程人员,也要不断巩固已有的理论,吸收新的知识和借鉴别人的经验。我社早年出版过一套“建筑结构基本知识丛书”,供在职的初级技术人员学习参考应用,且随着我国建筑工程技术人员水平的提高而经多次修订,但今日的要求远非昔日可比,这套丛书已不能满足今日走向社会的大学生和在职人员的需要。

为了沟通理论与实践、学校教育与社会实际,我社在清华大学、浙江大学、中国建筑科学研究院、中国建筑设计研究院等多所高等院校和研究设计单位部分具有深厚理论基础和丰富实践经验的教授和高级工程师大力支持下,对上述丛书重新组织,编写了这套“建筑结构设计及工程应用丛书”,目的是给新参加建筑结构设计的大专院校学生,以及建筑结构设计、施工、监理人员提供参考。

丛书内容本着加深对基本概念和基本理论的理解,淡化理论计算分析过程的推导,着重理论分析与工程实践的联系,尤其突出从理论、规范规定到在实际工程中的具体应用,以及对实际问题包括电算结果的判断与分析,尽量介绍一些在实践中已得到广泛应用的实用分析方法和简捷设计图表,以求指出一条通向实践的方便之路。

本丛书包括以下10个分册:

- ◆《钢筋混凝土结构设计及工程应用》
- ◆《预应力混凝土结构设计及工程应用》
- ◆《砌体结构设计及工程应用》
- ◆《钢结构设计及工程应用》
- ◆《轻型钢结构设计及工程应用》
- ◆《建筑结构抗震设计及工程应用》
- ◆《多高层混凝土结构设计及工程应用》
- ◆《建筑地基基础设计及工程应用》
- ◆《建筑加固与改造》
- ◆《工程力学》

希望本丛书的出版能对即将从事建筑结构设计的大学生给予引导,对正在从事建筑结构设计的人员进一步提高提供参考。在设计、施工专家们的支持下,我社将会组织出版更多实用的技术丛书,以满足广大工程技术人员的需要。

中国建筑工业出版社

前言

《建筑地基基础设计及工程应用》是“建筑结构设计及工程应用丛书”之一。它是根据《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2002 编写的。全书共分 12 章。主要包括：地基土的物理性质及岩土分类，地基中的应力和变形，土的抗剪强度与地基承载力，建筑地基基础设计原则，无筋和配筋扩展基础，柱下条形基础和交叉条形基础，筏形基础和箱形基础，软弱地基，桩基础，基槽检验与地基的局部处理等。

我国改革开放以后，大、中城市高层建筑日益增多，为了适应我国高层建筑的迅速发展，书中重点叙述了柱下条形基础和交叉条形基础，筏形基础和箱形基础的设计、计算，介绍了国内外常用的计算方法。

在编写本书过程中，作者在内容叙述上力求做到，由浅入深，循序渐进，理论联系实际。尽量对规范有关条文、公式的来源加以推证和说明。

为了简化计算，提高设计效率，书中对地基基础中一些经常需要反复试算的内容，如按应力比法确定压缩层厚度，偏心受压基础底面尺寸和基础高度的确定，换土垫层厚度的确定，以及偏心荷载下桩基的设计等，都给出了直接计算法。该法克服了反复试算的缺点，并可直接得出精确的结果。

为了使读者更好地掌握书中的基础理论知识和有关规范条文内容，书中列举了有代表性的典型例题。在解题过程中，力求步骤清晰，说明详尽。

在编写本书时，参考了公开发表的一些文献和资料，谨向这些作者表示感谢。

由于编者水平所限，书中可能存在不足和疏漏之处，请读者批评指正。

目录

前言

主要符号

第1章 概述	2
1.1 地基基础的概念	2
1.2 荷载效应不利组合与相应抗力限值	3
1.3 本书内容和学习要求	4
1.4 本学科发展简介	5
第2章 地基土的物理性质及岩土的分类	7
2.1 土的成因与组成	7
2.2 土的物理性质指标	10
2.3 黏性土的塑性	16
2.4 地基岩土的分类及其物理状态	17
第3章 地基中的应力	22
3.1 自重应力的计算	22
3.2 附加应力的计算	25
3.3 基础埋置深度对附加应力的影响	43
第4章 地基变形的计算	51
4.1 土的压缩性	51
4.2 地基最终沉降量的计算	57
4.3 地基沉降与时间关系的估算	69
4.4 建筑物的沉降观测	71
第5章 土的抗剪强度与地基承载力	72
5.1 概述	72
5.2 土的抗剪强度	72
5.3 土的极限平衡理论	73

5.4	土的抗剪强度指标的测定方法	78
5.5	地基临塑压力、临界压力与极限压力	81
5.6	地基承载力特征值的确定	87
第6章	建筑地基基础设计原则	97
6.1	一般要求	97
6.2	地基基础设计步骤	97
6.3	基础埋置深度的确定	98
6.4	地基计算	102
6.5	地基基础设计等级	103
6.6	地基基础设计的规定	103
6.7	地基变形的分类	104
6.8	地基允许变形值	106
第7章	无筋和配筋扩展基础	107
7.1	无筋扩展基础类型	107
7.2	基础底面尺寸的确定	110
7.3	无筋扩展基础剖面设计计算	152
7.4	扩展基础剖面及配筋设计计算	154
7.5	柱下独立基础底板弯矩简捷计算法	170
第8章	柱下条形基础和交叉条形基础	173
8.1	柱下条形基础	173
8.2	柱下交叉条形基础	220
8.3	柱下条形和交叉条形基础构造	227
第9章	筏形基础和箱形基础	230
9.1	筏形基础的设计	230
9.2	箱形基础的设计	247
第10章	软弱地基	263
10.1	一般要求	263
10.2	建筑措施	263
10.3	结构措施	265
10.4	软弱地基的处理	267
10.5	压实填土的密实度	281
第11章	桩基础	284
11.1	桩的功能与种类	284

11.2	单桩竖向承载力的确定	287
11.3	单桩水平承载力的确定	292
11.4	桩的根数及布置	296
11.5	承台的设计与计算	309
11.6	桩基沉降验算	316
11.7	桩基设计的步骤	317
第12章	基槽检验与地基的局部处理	323
12.1	基槽检验	323
12.2	地基的局部处理	326
12.3	地基局部处理实例	330
附录		333
附录 A	标准贯入试验和轻便触探试验	333
附录 B	抗剪强度指标的计算方法	334
参考文献		340

主 要 符 号

A ——基础底面面积;
 a ——压缩系数;
 b ——基础底面宽度;
 c ——黏聚力;
 d ——基础埋置深度, 桩身直径;
 d_s ——土粒相对密度(比重);
 E_a ——主动土压力;
 E_s ——土的压缩模量;
 e ——孔隙比;
 F ——基础顶面竖向力;
 f ——地基承载力设计值;
 f_0 ——地基承载力基本值;
 f_{ak} ——地基承载力特征值;
 f_k ——岩石饱和单轴抗压强度标准值;
 G ——恒载;
 H_f ——自基础底面算起的建筑物高度;
 H_g ——自室外地面算起的建筑物高度;
 L ——房屋长度或沉降缝分隔的单元长度;
 I_L ——液性指数;
 I_P ——塑性指数;
 l ——基础底面长度;
 M ——作用于基础底面的力矩或截面的弯矩;

p ——基础底面处平均压力;
 p_0 ——基础底面处平均附加压力;
 Q ——竖向荷载, 相应于荷载效应基本组合时桩基中单桩所受竖向力设计值;
 q_{pa} ——桩端土的承载力特征值;
 q_{sa} ——桩周土的摩擦力特征值;
 R_a ——单桩竖向承载力特征值;
 s ——沉降量;
 u ——周边长度;
 w ——土的含水量;
 w_L ——液限;
 w_p ——塑限;
 z_0 ——标准冻深;
 z_n ——地基沉降计算深度;
 α ——附加应力系数;
 $\bar{\alpha}$ ——平均附加应力系数;
 β ——边坡对水平面的坡角;
 γ ——土的重力密度, 简称土的重度;
 δ ——土对挡土墙墙背的摩擦角;
 θ ——地基的压力扩散角;
 μ ——土对挡土墙基底摩擦系数;
 φ ——内摩擦角;
 η_b ——基础宽度的承载力修正系数;
 η_d ——基础埋深的承载力修正系数;
 ψ_s ——沉降计算经验系数。

第1章

概 述

1.1 地基基础的概念

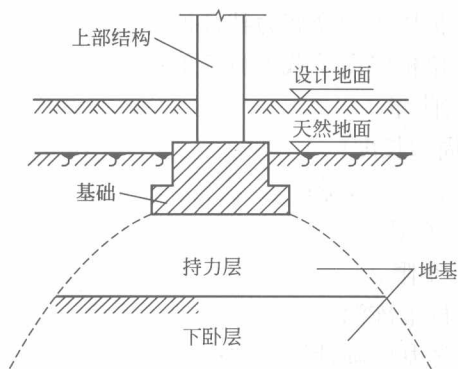


图 1-1 地基与基础示意图

任何建筑物都要建造在土层或岩石上面。土层受到建筑物的荷载作用后,就要产生压缩变形。土层的压缩性比建造墙或柱的建筑材料(如砖、混凝土等)的压缩性大得多,为了减小建筑物的下沉和保证它的稳定性,就需要将墙或柱与土接触部分的断面尺寸适当地扩大,以减小建筑物与土接触部分的压强。我们将建筑物最底下被扩大的这一部分称为基础,而将承受由基础传来荷载的土层(或岩层)称为地基,位于基础底面下的第一层土称为持力层,持力层以下的土层统称为下卧层。如图 1-1 所示。

基础是建筑物十分重要的组成部分,没有一个坚固而耐久的基础,上部结构就是建造得再结实,也是要出问题的。因此,为了保证建筑物的安全和必需的使用年限,基础应当具有足够的强度和耐久性。地基虽不是建筑物的组成部分,但是,它的好坏却直接影响整个建筑物的安危。实践证明,建筑物的事故很多是与地基基础有关的。例如,著名的意大利比萨斜塔的倾斜就是由于地基不均匀沉降而造成的。该塔高度约 55m,始建于 1173 年,当建至 24m 高时发现塔身倾斜而被迫停工,至 1273 年续建完工。该塔由于建造在不均匀的高压缩性地基上,致使北侧下沉 1m 有余,南侧下沉近 3m,沉降差达 1.8m,倾角达 5.8° 之多。现在这个塔还以每年 1mm 的沉降速率下沉。又如,建于 1913 年的加拿大特朗斯康谷仓,由于设计前不了解地基埋藏有厚达 16m 的软黏土层,建成后谷仓的荷载超过了地基的承载能力,造成地基丧失稳定性,使谷仓西侧陷入土中 8.8m,东侧抬高 1.5m,仓身倾斜 27° 。

为了保证建筑物的安全,地基应同时满足以下两个基本要求:

- (1) 地基应具有足够的承载力,在荷载作用后,不致因地基失稳而破坏。
- (2) 地基不能产生过大的变形而影响建筑物的安全与正常使用。

良好的地基一般具有较高的强度与较低的压缩性,容易满足上述要求。软弱地基的工程

性质较差，对这种地基必须进行人工处理，才能满足强度与变形的要求。经过人工处理而达到设计要求的地基称为人工地基，这种地基随着建设的发展已被广泛利用。若地基上部软弱，下部坚实，可考虑采用桩基础，将上部结构荷载穿过软弱土层，传至坚实土层。不需处理而直接利用的地基称为天然地基。建筑物应尽量建造在良好的天然地基上，以减少地基处理的费用。

在地基基础设计中，保证它具有足够的可靠性是十分重要的。为此，在设计地基基础前，要充分进行调查研究，掌握必要的设计资料。一方面通过地基勘探和验槽查清地基土的类别及其分布情况，有无软土层、暗塘、古井、古墓与地下人防工程等异常部位，以及地下水位高低，它对基础材料有无侵蚀作用；另一方面弄清建筑物使用要求，荷载大小，有无振动设备，振动频率与振幅大小等。根据这两方面情况，按照安全可靠、经济合理、技术先进和便于施工的原则，考虑上部结构和地基的共同作用，全面分析，权衡利弊，最后，拟出地基基础的设计方案，作出正确的设计。

1.2 荷载效应不利组合与相应抗力限值

地基基础设计时，荷载效应的最不利组合与相应的抗力限值，可按表 1-1 的规定采用。

地基基础设计时荷载效应不利组合与相应抗力限值			表 1-1
项次	计 算 内 容	荷载效应组合	抗 力 限 值
1	按地基承载力确定基础底面积	按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合，按式(1-1)计算	地基承载力特征值
2	按单桩承载力确定桩数	同上	单桩承载力特征值
3	按变形计算地基	按正常使用极限状态下荷载效应的准永久组合，按式(1-2)计算	地基变形容许值
4	计算挡土墙土压力、地基或斜坡稳定及滑坡推力	按承载力极限状态下荷载效应的基本组合(荷载分项系数均取 1.0)，按式(1-3)计算	挡土墙、地基或斜坡稳定性容许抗力
5	确定基础或承台高度及支挡结构截面、计算支挡结构截面内力以确定配筋和验算材料强度	按承载力极限状态下荷载效应的基本组合，用相应的荷载分项系数。按式(1-3)或式(1-4)计算	结构抗力设计值，按有关建筑结构设计规范的规定确定
6	验算基础裂缝宽度	按正常使用极限状态下荷载效应的标准组合，按式(1-1)计算	最大裂缝宽度限值

1.2.1 标准组合

标准组合主要用于当一个极限状态被超越时将产生严重的永久性损坏的情况。组合时，对永久荷载采用荷载标准值效应，对参加组合的其他可变荷载，除效应最大的主导荷载采用荷载标准值效应外，其余的可变荷载均采用荷载组合值效应。其表达式可写成：

$$S_k = S_{Gk} + S_{Qk} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qi} \tag{1-1}$$

式中 S_{Gk} ——按永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应值；

S_{Qik} ——按可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应值；

ψ_{ci} ——可变荷载 Q_{ik} 的组合系数。按现行《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 版)的规定取值。

1.2.2 准永久组合

准永久组合主要用于长期效应是决定性因素时的一些情况。组合时，对永久荷载采用荷载标准值效应，对可变荷载均采用荷载准永久值效应。其表达式可写成：

$$S_k = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik} \quad (1-2)$$

式中 ψ_{qi} ——准永久值系数，按现行《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 版)的规定取值。

1.2.3 基本组合

基本组合用于承载力极限状态计算。荷载效应组合的设计值应从下列组合值中取最不利值确定：

1. 由可变荷载效应控制的组合：

$$S = \gamma_G S_{Gk} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (1-3)$$

式中 γ_G ——永久荷载分项系数，按现行《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 版)的规定取值；

γ_{Qi} ——可变荷载分项系数按现行《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)(2006 版)的规定取值。

2. 由永久荷载效应控制的组合：

$$S = 1.35 S_k \leq R \quad (1-4)$$

式中 S_k ——荷载效应的标准组合值；

R ——结构构件抗力的设计值，按现行建筑结构设计规范的规定确定。

1.3 本书内容和学习要求

本书是参照国家新颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)编写的。书中反映了新规范的主要内容，特别是对新规范的条文作了必要的解释和说明。

全书共分 12 章，包括以下内容：

第 1 章为绪论。

第 2 章地基土的物理性质及岩土的分类，简要地介绍了土的成因、组成和反映土的物理性质的指标，以及岩土的分类方法。本章内容是学好地基基础的必备知识，不可忽视。

第 3、4、5 章较详细地叙述了土中的应力、变形及强度稳定性的计算方法。这些内容是地基基础设计的理论基础，必须掌握。

第 6 章建筑地基的计算原则，本章根据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)的有关内容，叙述了地基基础设计等级，地基按承载力、变形和稳定性的计算规定。在学习本章时，要特别注意地基按承载能力计算，按变形计算和按稳定性计算，以及计算时结构荷载效应的组合方法。

第7章无筋和配筋扩展基础。过去,这两种基础分别称为刚性基础和钢筋混凝土基础。它们多用于浅基础工程中。本章主要叙述基础底面尺寸(特别重点介绍了偏心受压基底尺寸直接算法)和剖面尺寸的确定,以及基础配筋的计算。无筋和配筋扩展基础应用最为广泛,因此,应重点掌握。

第8章柱下条形基础和交叉条形基础。这种类型基础多用于高层建筑。本章主要介绍其国内外几种常用的计算方法:倒梁法、文克尔方法、半无限大弹性地基链杆法等。读者要熟悉这些方法的适用范围和计算原理。

第9章筏形基础和箱形基础,这两种类型基础多用于高层建筑。前者适用于需要设置地下车库和地下商场的工程中,后者多用于横墙较多的高层住宅、旅馆的建筑中。关于筏形基础的基底反力和内力的计算,主要介绍了有限差分法。箱形基础的基底反力和内力的计算,介绍了《高层建筑箱形与筏形基础技术规范》(JGJ 6—1999)的方法。

第10章软弱地基,叙述了关于软弱地基勘察、设计和施工的一般规定,软弱地基的利用与处理以及在软弱地基上兴建房屋所采取的建设和结构措施。

第11章桩基础,较详细地介绍了桩的功能和种类、单桩竖向承载力特征值的确定以及桩基的设计方法。随着我国经济建设的发展,高层建筑的不断出现,桩基在高层建筑中广泛应用。因此,要掌握桩基设计。

第12章基槽检验与地基的局部处理,本章叙述了基槽检验的目的、方法和地基的局部处理。验槽是地基勘察的补充,是保证地基基础安全的重要措施。因此,在基础工程中,要十分重视验槽工作。

由于地基土的种类繁多,土层分布又十分复杂,所以,在设计地基基础前,必须通过地基原位测试和室内土工试验,获得土的各种计算资料。因此,土的现场原位测试和室内土工试验也是本学科的一个重要内容。

1.4 本学科发展简介

地基基础工程技术远溯到我国史前就已应用于建筑工程中。如在我国西安半坡村发现的新石器时代的遗址中就有土台石础,就是古代的地基基础。自公元前两世纪开始修建的驰名中外的万里长城、宏伟的宫殿和寺院以及宝塔建筑,都是因为有了坚固的地基基础,才能经受强风考验和历次大地震的袭击而保留至今。

隋朝石工李春所修赵州桥,不仅因其造型艺术高超而为后人所赞许,其地基基础设计合理也是令人称奇的。他把桥台埋在密实的粗砂层上,赵州桥迄今虽已逾1300余年,其下沉量也不过几厘米。现经计算,其基础底面压力为 $500\sim 600\text{kN/m}^2$,与持力层土的承载力设计值十分接近。

桩基和人工地基在我国建筑中也由来已久。如郑州隋朝所建超化寺的塔基,采用的就是桩基。许多古建筑的基础就应用了灰土垫层。但是,由于当时生产力发展水平的限制,这些地基基础高超技艺未能提炼成系统的科学理论。

18世纪工业革命后,随着资本主义工业化的发展,建筑、铁路和水利的兴建,推动了作为地基基础的理论基础的土力学的发展。1773年法国库伦(C. A. Coulomb)根据实验提出了砂土的抗剪强度公式,创立了滑动土楔的土压力理论。之后,1857年英国朗金

(W. J. M. Rankine)根据土体极限平衡条件,从另一途径建立了土压力理论。1885年法国布辛奈斯克(J. Boussinesq)求得了半无限弹性体在竖向集中力作用下的应力和变形理论解答。1922年瑞典费伦纽斯(B. H. Fellenius)解决了土坡稳定计算理论课题。以上这些古典理论和计算方法,至今仍在工程中沿用。1925年美国太沙基(K. Terzaghi)发表了土力学专著,这对土力学理论的发展起了很大的推动作用。

近年来,世界各国大型水利工程、高层建筑及核电站巨型工程的兴建,促进了土力学和基础工程理论的进一步发展。我国建国五十多年来,在勘察、测试技术、土的物理力学性质研究、土力学理论以及地基基础设计和施工技术等方面,都取得了很多科研成果和实践经验。这对保证完成我国基本建设任务具有重大意义。

第2章

地基土的物理性质及岩土的分类

2.1 土的成因与组成

2.1.1 土的成因

地壳表面的岩石在大气中由于长期受到风、霜、雨、雪的侵蚀和生物活动的破坏作用(风化作用),使其崩解和破碎而形成大小不同的松散物质,这种松散物质就称为土。风化后残留在原地的土称为残积土,它主要分布在地面岩石暴露受到强烈风化的山区和丘陵地带。由于残积土未经分选作用,所以无层理,厚度很不均匀。因此,在残积土地基上进行工程建设时应注意其不均匀性,防止建筑物的不均匀沉降。风化后的土受到各种自然力(例如重力、雨雪水流、山洪急流、河流、风力和冰川等)的作用,搬运到大陆低洼地区或海底沉积下来,在漫长的地质年代里沉积的土层逐渐加厚,并在自重和外力作用下逐渐压密,这样形成的土就称为沉积土。陆地上大部分平原地区的土都属于沉积土。由于沉积土在沉积过程中地质环境不同,生成年代不一,它的物理力学性质有很大差异。如洪水沉积的洪积土,有一定的分选作用,距山区较近地段,其颗粒较粗,远的地方颗粒较细。由于每次洪水搬运能力不同,就形成了土层粗细颗粒交错的地质剖面。通常,粗颗粒的土层压缩性较低,承载力高,细颗粒的土层压缩性高,承载力较低。在沉积土地基上进行工程建设时,应尽量选择粗颗粒土层作为基础的持力层。

土的沉积年代不同,其工程性质将有很大变化,所以,了解土的沉积年代的知识,对正确判断土的工程性质是有实际意义的。土的沉积年代通常采用地质学中的相对地质年代来划分。所谓相对地质年代,是指根据主要地壳运动和古生物演化顺序,将地壳历史所划分的时间段落。最大的时间单位称为代,每个代分为若干纪,纪分为若干世,世再分为若干期。

大多数的土是在第四纪地质年代沉积形成的,这一地质历史时期是距今较近的时间段落(大约100万年)。在第四纪中包括四个世,即早更新世(用符号 Q_1 表示)、中更新世(Q_2),晚更新世(Q_3)和全新世(Q_4)。

2.1.2 土的组成

如前所述,土是一种松散物质,这种松散物质主要是矿物^①,在矿物颗粒之间有许多孔隙,通常孔隙中间有液体(一般是水),也有气体(一般是空气)。所以,在一般情况下,

① 矿物是指在地壳中具有一定化学成分和物理性质的自然元素或化合物,如石英、云母等。

土是由固体颗粒、水和气体三部分(也称为三相)组成。

显然,土的工程性质与组成土的这三部分的性质及其之间的比例有关。因此,对这三个部分的性质和它们之间的比例关系应分别加以研究。本节仅叙述固体矿物颗粒、水和气体的性质。关于土的三个组成部分的比例关系及其对土的性质的影响,将在下一节讨论。

1. 土的固体颗粒

土的固体颗粒主要由矿物颗粒构成,对于有些土来说,除矿物颗粒外还含有有机质。土的固体颗粒的大小和形状、矿物成分及组成情况对土的物理力学性质有很大的影响。

(1) 土的颗粒级配

自然界中的土都是由大小不同的土粒组成的。大的颗粒粒径有几百毫米,小的颗粒粒径仅有几微米。试验表明,土粒的粒径随着由粗变细,土的性质相应地发生很大变化,例如,可使土的透水性由大变小,甚至变为不透水,可使土由无黏性变为有黏性等。因此,为了便于分析和利用土的工程性质,解决工程建设问题,可将性质相近的土粒划分若干粒组,见表 2-1。由表中可见,粒径较大的粒组与水之间几乎没有物理化学作用,而粒径小的粒组,例如黏粒组和胶粒组就受到水的强烈影响,遇水后出现黏性、可塑性等。

土的粒组划分

表 2-1

粒 组 名 称		分界粒径(mm)	一 般 特 征
漂石或块石颗粒 卵石或碎石颗粒		>200 200~20	透水性大,无黏性,无毛细水,不能保持水分
圆砾或角砾颗粒	粗	20~10	透水性大,无黏性,无毛细水
	中	10~5	
	细	5~2	
砂 粒	粗	2~0.5	易透水,无黏性,干燥时不收缩,呈松散状态,不表现可塑性,压缩性小,毛细水上升高度不大
	中	0.5~0.25	
	细	0.25~0.075	
粉 粒	粗	0.075~0.01	透水性小,湿时稍有黏性,干燥时稍有收缩,毛细水上升高度较大,极易出现冻胀现象
	细	0.01~0.005	
黏 粒 胶 粒		0.005~0.002	几乎不透水,结合水作用显著,潮湿时呈可塑性,黏性大,遇水膨胀,干燥时收缩显著,压缩性大
		<0.002	

注: 1. 漂石、卵石和圆砾颗粒均呈一定的磨圆形状(圆形或亚圆形),块石、碎石和角砾颗粒都带有棱角。
2. 黏粒、粉粒可分别称为黏土粒、粉土粒。

显然,土中所含各粒组相对含量不同,表现出来的土的工程性质也必然不同。为此,工程上常以土中各个粒组的相对含量(各粒组占土粒总重的百分数)表示土中颗粒的组成情况。粒组的相对含量称为土的颗粒级配,它是确定土的名称和选用建筑材料的重要依据。

确定粒组相对含量的方法称为粒径分析法。对于粒径大于 0.075mm 的土采用筛分法,粒径小于 0.075mm 的土采用比重计法。所谓筛分法就是将所要分析的风干分散的代表性土样放进一套筛子[常用每套共计 6 个筛子,筛孔尺寸(mm)分别为 200、20、2、0.5、0.25 和 0.075,另外还有顶盖与底盘各一个]的顶部,当筛子振动时,大小不同的土粒就被筛分开来,直径大于 20mm 的颗粒留在最上边的筛子里,直径小于 0.075mm 的颗粒通过各层筛子,最后落到底盘里,留在每个筛子里的土重除以土的总重再乘以 100%,即可