

房屋基础设计

万世昌 编著

四川科学技术出版社

房屋基础设计

万世昌 编著

四川科学技术出版社

1988年·成都

责任编辑：赵 健
封面设计：张 苏
技术设计：金 平
责任校对：张 憬 代 玲

房屋基础设计 万世昌 编著

四川科学技术出版社出版 (成都盐道街三号)
四川省新华书店发行 安岳县印刷厂印刷
开本 787×1092 1/32 字数 351千
印张 16.5 插页 4 印数 1—6,500册
1988年12月第一版 1988年12月第一次印刷

标准书号：ISBN 7—5364—0528—6/TU·29
定价：4.90元

前 言

从设计角度看，房屋基础工程的设计属于建筑结构的一部分。从事建筑结构设计的专业技术人员，需要了解本学科的世界先进技术水平，而在进行设计计算时，则又必须尽可能地采用最简易的计算方法，利用现成的公式和图表，从而避免繁复的数学演算。这本《房屋基础设计》，正是以开拓眼界和提供实用计算方法为出发点，以基本建设战线广大职工和刚刚走上建筑结构设计岗位的同志为对象，介绍房屋基础设计的基本知识的。由于书中附有大量图表、实例、构造说明，故亦可作为设计人员的参考手册。

本书着眼于土力学和基础工程中的最基本的知识，通过实例，对基础工程设计的基本理论——土力学中的物理概念及其实用分析计算方法进行讲解。换言之，它通过简易运算，介绍土力学中的主要问题和基本知识。

基础设计无严格的科学程序可循。由于各种因素相互牵连，每种基础设计常有几个可以接受的解决方案。本书所阐述的各种基础类型及各种地层情况下所得的解决方案，旨在向读者提供参考。

本书系参照《建筑地基基础设计规范》编写而成。《规范》是根据我国建国以来基本建设经验和科学研究成果制定

的，自试行以来，已根据各地的实践作过两次重大的修改和补充，它是进行地基基础设计和计算的依据。此外，本书对规范编制的有关内容也尽可能地给予了介绍。

由于本人学识肤浅，书中错误在所难免。如蒙赐予教言，自当不胜感纫。

万世昌

1987年5月于青岛

目 录

第一章 绪 论	(1)
§ 1—1 房屋基础工程研究的内容.....	(1)
§ 1—2 土力学研究的对象及其任务.....	(3)
§ 1—3 地基基础的设计与计算.....	(4)
§ 1—4 国际土力学和基础工程发展情况.....	(5)
第二章 地基土的物理力学性质	(7)
§ 2—1 土的成分.....	(7)
§ 2—2 地基土的物理性质基本指标.....	(8)
§ 2—3 评定土状态的物理指标.....	(10)
§ 2—4 土的力学性质指标.....	(13)
§ 2—5 地基土的分类.....	(16)
第三章 地基土的强度与稳定性	(26)
§ 3—1 建筑物地基的计算原则.....	(26)
§ 3—2 地基土极限平衡区的发展.....	(29)
§ 3—3 地基土的容许承载力.....	(32)
§ 3—4 土压力与挡土墙.....	(43)
第四章 地基中应力分布和基础沉降的计算	(62)
§ 4—1 概述.....	(62)
§ 4—2 地基中自重应力 (p_c) 的计算.....	(75)

§ 4—3	地基中附加应力 (p_z) 的计算	(77)
§ 4—4	地基容许变形值	(107)
§ 4—5	基础沉降量的计算	(110)
§ 4—6	相邻荷载对基础沉降的影响	(129)
§ 4—7	重复荷载作用下的地基沉降计算	(138)
第五章	天然地基上基础的设计 (浅基础的设计)	(143)
§ 5—1	浅基础的设计步骤	(144)
§ 5—2	浅基础的类型	(145)
§ 5—3	基础埋置深度的确定	(150)
§ 5—4	砂土上的基础	(155)
§ 5—5	粘土上的基础	(167)
§ 5—6	其他特殊土上的基础	(193)
§ 5—7	刚性浅基础计算	(203)
第六章	钢筋混凝土基础	(229)
§ 6—1	钢筋混凝土基础的构造要求	(229)
§ 6—2	钢筋混凝土单独基础的计算	(243)
§ 6—3	钢筋混凝土条形基础的计算	(323)
§ 6—4	筏片式钢筋混凝土基础与箱形基础	(337)
§ 6—5	壳体基础	(351)
§ 6—6	不埋式基础	(403)
§ 6—7	装配式钢筋混凝土基础	(439)
第七章	桩基础的设计	(455)
§ 7—1	桩及桩基础的分类	(457)
§ 7—2	单桩容许承载力的确定	(461)
§ 7—3	群桩容许承载力的确定	(482)
§ 7—4	桩基设计	(485)

第一章 绪 论

§ 1—1 房屋基础工程研究的内容

任何建筑物都要建造在土层（或岩石）上。人们把建筑物埋在地面以下的那一部分称为基础，而把承受基础传来荷载的土层称为地基。

基础是建筑物极其重要的组成部分，所以必须建造得坚固耐久；地基是承受建筑物荷载的土层，所以地基必须稳定可靠，避免过大的沉降。

基础工程设计和土力学是密不可分的。为了使建筑物安全地建造在地基之上，房屋基础工程的内容就依据这一特点而分为两部分，即：

- A. 研究松散岩土性质的土力学；
- B. 房屋基础的设计与计算。

按照上述内容，本书共分七章。在本章中，除介绍基础工程研究的内容以外，还将概略地介绍国际土力学和基础工程发展概况。

在第二至第四章中，将简略地介绍土力学基本知识。土力学是地基基础设计的理论依据，不熟悉和掌握有关土力学的基本知识，就不可能做好房屋基础的设计工作。所介绍的地基土的物理力学性质及其指标、土力学中的三大基本理论（压缩定理、摩擦定理和渗流定理）都是土力学中的最基本概念。通过这些基本概念的学习，将会使读者对土的重要性质有所认识。

地基土的强度与稳定性，地基土的应力分布和变形，是土力学理论的基本内容。土的强度系指土的抗剪强度，土的稳定性系指土因建筑物荷重所产生的应力小于土的强度的程度。如果土的应力等于土的抗剪强度，则土就处于极限平衡状态。地基土的承载力和挡土墙的土压力计算均属于极限平衡的理论问题。

求地基土的应力分布及变形，一般采用直线变形理论，即应用弹性理论方法求解。房屋基础的设计和沉降的计算，就是根据这一理论推导出来的。

第五章至第七章介绍房屋基础的设计计算，这是本书的主要内容。在这三章中，将针对目前常用的大量的房屋基础型式，重点介绍浅基础、墙下条形基础、柱下单独基础和桩基础的设计计算。柱下条形基础、片筏基础、箱形基础，应按弹性地基上梁板计算（属结构力学或弹性理论的一部分）。限于篇幅，对这部分内容将另作专门介绍。

值得指出的是：不埋式基础是一种新型基础型式，直接建造在地面上，可减少土方量，节约劳动力，缩短工期，代表着基础改革的方向，很适用于我国南方软弱土层。短桩基础（包括爆扩短桩基础）施工也很简单，也可减少土方

量，节约劳动力，缩短工期，同样是基础改革的一种很好的型式。本书对这两种基础均将给予介绍。

§ 1—2 土力学研究的对象及其任务

土力学就是研究松散岩土（通常称为土）物理力学性质的科学，它是基础工程设计的理论根据。众所周知，在力学领域中，理论力学是研究不变形固体（刚体），确定其运动规律和平衡条件的科学；结构力学和弹性力学则是研究连续介质物体的物理和力学性质的科学；而土力学则是依据理论力学、结构力学和弹性力学的原理，增补了松散岩土的孔隙特性，从而建立起来的一门独立学科。

当土中应力变化不大时（不超过比例极限，压缩曲线成直线），可以认为土体是直线变形的物体，即应力和变形成正比，因而可以采用直线变形理论。这种直线关系，弹性理论是适用的，但若要确定全部变形，即弹性和非弹性剩余变形（压密变形），弹性理论就不适用了。正因为如此，在土力学中引用的是直线变形体理论，而非纯弹性理论，初学者应当注意区分。

土力学既是依据直线变形体理论建立起来的一门独立学科，但同时又与工程地质学密不可分。实践证明：土的基本特性与其工程地质成因有很大关系，应用土力学对土进行分析研究时，首先要通过工程地质勘察，现场采取土试件，来进行土工试验。采取土试件能否做到结构不被破坏或破坏轻微，这是保证土力学研究成果的最重要的问题之一。

目前，在土力学中有关土的性质研究方面，采用野外分析试验和现场原位测试日益被重视。因此，土力学的理论便直接指导着野外的工程地质勘察工作了。

土力学研究的任务是：

- 1) 研究土的物理与力学特性；
- 2) 研究土中的应力分布和变形问题；
- 3) 研究土的强度与稳定性，以及挡土墙的土压力。

§ 1—3 地基基础的设计与计算

基础工程的设计主要包括两种，即天然地基基础的设计和桩基（人工地基）的设计。要进行地基基础的设计与计算，首先必须熟悉和应用《工业与民用建筑地基基础设计规范》TJ7-74（试行），它是地基基础设计的依据。

由于各种因素（包括上部结构型式及荷载作用、地层情况和基础造价等）相互牵连，每一种基础设计，可以有好几种基础方案。本书以后各章所介绍的各种基础类型及各种地层情况的有关方案，可供缺乏实际经验的工程技术人员作为借鉴。选择基础类型时，必须依次完成下述五个步骤：

（1）收集上部结构型式及荷载作用资料；（2）收集地层情况的地质资料；（3）选择几种方案进行分析比较，排除显然不合理的方案；（4）选择1~2个方案进行初步设计；（5）进行基础造价概算，通过技术与经济的比较，选择合理的基础型式。

针对不同的地基状况，采用恰当的基础型式，这就是基

础设计的工作内容。欲在某一地点修建某一类型的基础，首先必须满足地基承载力的要求，以保证基础的稳定性；同时又应当避免地基发生过大的沉降，以防止建筑物开裂。

§ 1—4 国际土力学和基础工程发展情况

理论土力学为美国人太沙基 (Terzaghi) 所首创，他把土的压密理论和库仑土压力理论、布辛乃斯克的弹性半空间理论，以及莫尔应力圆理论综合在一起，形成了独立的土力学理论。1936年在美国波士顿召开的第一届国际土力学会议上，正式把土力学和基础工程联系在一起了 (Soil mechanics foundation engineering)。实际上，这次会议是一次普及太沙基理论的会议。

1945年在荷兰芦泽登召开的第二届国际土力学会议，和以后在瑞士召开的第三届国际土力学会议，仍然是对理论土力学和实用土力学进行普及，那时已有三轴试验和静力触探等测试手段。

1957年在英国伦敦召开的第四届国际土力学会议，标志着土力学在理论上有了新的进展，即流变理论在土力学中得到了应用。我国学者陈宗基是流变学创始人之一，他从流变观点研究粘土特性，提出了粘土结构的假设力学模型，并以此发展粘土地基的固结理论。在原位测试技术上则出现了十字板剪切仪和旁压仪，在基础工程中出现了桩基及加固处理、电渗化学加固等。我国学者茅以升、陈宗基、黄文熙参加了这次会议。

1960年在法国巴黎召开的第五届国际土力学会议，我国有两篇桩基础论文。此后的几届国际土力学会议，总的来说是很平淡的。

1977年在日本东京召开的第九届国际土力学会议，则又是标志着新的里程碑的一次会议。尽管在理论上没有提出更新的东西，但随着测试技术和电子计算机的发展，使土力学的研究更系统化了，突出地表现在对流变理论的应用，土的动力特性的研究更广泛深入了，地基现场原位测试技术也更精确化和自动化。此后，土力学与基础工程的发展方向已转向土的技术科学，即土工学（geotechnic）。

1982年在瑞典召开的第十届国际土力学会议，表明了地基与基础工程技术已向商品化的方向发展，直接地服务于生产建设，应用于实际工程。

第二章 地基土的物理力学性质

§ 2—1 土的成分

构成土的成分有三种：（1）固体矿物颗粒，它是岩石破碎后的产物；（2）水，它存在于土颗粒间的孔隙中，有的土只是部分孔隙充满水，而有的土则是全部孔隙都充满了水；（3）气体，它也存在于孔隙中。

如果把土颗粒成分和相对排列、联结的规律性统称为土的结构的话，那么由于土颗粒沉积过程的不同及沉积后所处的环境、条件、状态的不同，土的结构也不相同。

土的固体矿物颗粒，孔隙中的水和气体，分别称为土的固相、液相和气相。如土中同时包含有水和气体，即土的孔隙中一部分充满水，另一部分为气体所填充，这种土称为三相系。土中三相间相互的比例不同，便反应着土处于各种不同的状态：稍湿或很湿，密实或松散，这对于评定土的物理和力学性质有很重要的意义。为了研究土的物理性质，应当掌握土的三个组成部分间的比例关系。

为了便于说明和计算，用图 2—1 表示土的三个组成部分，并采用下列符号：

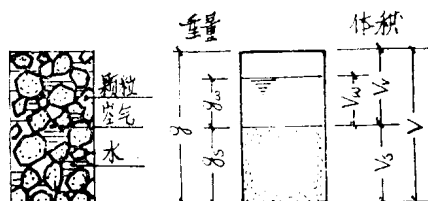


图 2—1 土的三个组成部分示意图

g ——土的总重量；

g_s ——土中颗粒的重量；

g_w ——土中水的重量；

V ——土的总体积；

V_s ——土中颗粒的体积；

V_w ——土中水所占的体积；

V_a ——土中孔隙的体积。

§ 2—2 地基土的物理性质基本指标

1. 实验指标：直接用实验方法测定的物理指标，通常称为实验指标。

(1) 容重 γ 土在天然状态下单位体积的重量，即土的总重与总体积之比。

$$\gamma = \frac{g}{V} \text{ KN/m}^3 \quad (2-1)$$

(2) 含水量 W 在天然状态下, 土中水的重量与颗粒重量之比的百分率。

$$W = \frac{g_w}{g_s} 100\% \quad (2-2)$$

(3) 比重 G 土颗粒的重量与同体积水重之比。

$$G = \frac{g_s}{V_s \gamma_w} \quad (2-3)$$

其中 $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$ 为水的容重。

2. 计算指标 用理论方法计算的物理指标, 称为计算指标。

(1) 干容重 γ_d 土的单位体积内固体颗粒的重量, 即土颗粒重量与总体积之比。

$$\gamma_d = \frac{g_s}{V} \quad (2-4)$$

干容重越大, 表示土越密实。在填土夯实时, 常以土的干容重来控制土的夯实标准。

(2) 孔隙比 e 土的孔隙体积与颗粒体积之比。

$$e = \frac{V_v}{V_s} \quad (2-5)$$

(3) 饱和度 S_r 土中水的体积与孔隙体积之比的百分率。

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} 100\% \quad (2-6)$$

饱和度是衡量砂土潮湿程度的一个指标。

【例 2-1】已知土的物理指标容重 γ 、含水量 W 和比重 G , 试求干容重 γ_d 、孔隙比 e 和饱和度 S_r 。

【解】按公式 (2-4)

$$r_d = \frac{g_s}{V} = \frac{g_s}{V} \cdot \frac{g}{g} = \frac{\frac{g}{V}}{\frac{g}{g_s} \cdot \frac{r}{g_s + g_w}} = \frac{r}{1 + W}$$

按公式 (2-5) $e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s} = \frac{V}{V_s} - 1 = \frac{V}{V_s} \cdot \frac{g_s}{g_s}$

$$- 1 = \frac{\frac{g_s}{V}}{\frac{g_s}{V}} - 1 = \frac{Gr_v}{r_d} - 1$$

$$= \frac{Gr_v(1+W)}{r} - 1$$

按公式 (2-6) $S_r = \frac{V_v}{V_v} = \frac{\frac{g_w}{V_v}}{\frac{r_w}{V_v}} \cdot \frac{V_s}{V_s} \cdot \frac{g_s}{g_s} = \frac{g_w}{g_s} \cdot \frac{V_s r_w}{V_v}$

$$= \frac{WG}{e} = \frac{WGr}{Gr_v(1+W) - r}$$

§ 2-3 评定土状态的物理指标

在天然条件下，土具有各种不同的物理状态，砂类土从密实到松散，粘性土从坚硬到流塑，这些状态都可作为评定地基土承载力的依据。

粘性土的含水量对土所处的状态影响很大。随着含水量