

土建工长（技术员）培训教材



全国“星火计划”丛书

通用教材

地基与基础

郭继武 冯小川



清华大学出版社

22# 86.117
C-1

土建工长(技术员)培训教材

地基与基础

郭继武



清华大学出版社

内 容 简 介

本书是《土建工长培训教材丛书》之一，主要介绍房屋地基与基础设计的基本知识。全书共十章。主要内容有：地基土的物理性质、分类和容许承载力；地基中的应力计算；建筑物地基的计算原则；天然地基上的基础设计；地基施工与地基的局部处理；地基变形的计算；软弱地基和特殊土地基；桩基的设计与计算；挡土墙上的土压力与土坡稳定等。书中列举了许多计算图表和实例。为了便于自学，每章后面有学习方法指导和思考题、习题。

本书是土建工长岗位技术培训教材，也可供具有初中以上文化程度
的广大建筑工人和技术员阅读。

土建工长（技术员）培训教材

地 基 与 基 础

郭继武 冯小川

责任编辑 刘汉升

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

河北香河县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

☆

开本：787×1092 1/32 印张：8 字数：178千字

1988年12月第1版 1989年1月第2次印刷

印数：001-17000 定价：2.95元

ISBN 7-302-00384-X/TU·39

86.111

《全国“星火计划”丛书》编委会

主任委员

杨 浚

副主任委员（以姓氏笔划为序）

卢鸣谷 罗见龙 徐 简

委 员（以姓氏笔划为序）

王晓方 向华明 米景九 应日珪

张志强 张崇高 金耀明 赵汝霖

俞福良 柴淑敏 徐 骏 高承增

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

前 言

随着我国四化建设的深入发展，城乡基本建设任务日趋繁重，建筑职工队伍不断扩大。为了确保工程质量和安全生产、提高企业的经济效益，对建筑工人、技术人员进行岗位培训，提高他们的技术素质和管理水平，是当前城乡建设中一项十分迫切的任务。根据建设部（86）城建字第492号文关于对基层土建综合工长（技术员）实行岗位证书制度（要求施工工长（技术员）必须经技术考试合格、取得岗位证书），到1991年所有工程项目都要由持证人员组织施工的精神，清华大学出版社为了配合建设部全面开展基层土建综合工长（技术员）的岗位培训工作，组织了对土工长的培训教育有丰富教学经验，并多次参加过北京市土工长岗位技术考试的辅导、命题、评卷等工作的清华大学、北京工业大学、北京建筑工程学院、北京城市建设学校等院校的教师和施工单位的技术人员，参照建设部基层施工技术员岗位培训教材编审组制定的《基层施工技术员（土建综合工长）岗位培训教材教学大纲》的要求，以及新修订的有关设计规范，并考虑到施工技术人员的特点和文化基础，编写了这套培训教材。

全套教材共13本：《建筑工程施工测量》、《建筑材料》、《房屋构造》、《建筑识图与制图》、《建筑力学》、《建筑结构》、《地基与基础》、《建筑施工技术》、《建

《建筑施工组织与管理》、《建筑工程定额与预算》、《建筑水电知识》、《建筑机械基础》与《结构抗震基本知识》。本教材全部采用我国法定计量单位，内容丰富，重点明确，联系实际，深入浅出，通俗易懂，书中附有必要的例题，每章后有思考题和习题，供读者参考。

由于编写时间仓促，也限于编者的水平，教材中难免有不少缺点和错误，恳请广大读者指正。

编者

1988年3月

目 录

第一章 概述	1
第二章 地基土的物理性质、分类和容许承载力	4
第一节 地基土的物理性质.....	4
第二节 地基土的分类.....	11
第三节 地基土的容许承载力.....	18
第三章 地基中应力的计算	28
第一节 基础底面应力的计算.....	28
第二节 地基中应力的计算.....	34
第四章 建筑物地基变形的概念	54
第一节 地基计算的基本原理.....	54
第二节 地基变形的分类.....	55
第三节 地基容许变形值.....	57
第四节 地基计算的分类.....	59
第五章 天然地基上基础设计	63
第一节 地基基础的设计步骤.....	63
第二节 基础的类型.....	64
第三节 基础埋置深度的确定.....	74
第四节 基础底面尺寸的确定.....	82
第五节 基础剖面尺寸的确定.....	92
第六章 基础施工与地基的局部处理	118
第一节 基础施工.....	118
第二节 地基的局部处理.....	126
第三节 地基处理实例.....	134

第七章 地基变形的计算	139
第一节 土的压缩性.....	139
第二节 地基压缩层.....	144
第三节 地基变形的计算.....	145
第八章 软弱地基和特殊土地基	154
第一节 软弱地基.....	154
第二节 湿陷性黄土地基.....	167
第三节 膨胀土地基.....	171
第四节 山区地基.....	174
第九章 桩基的设计与计算	182
第一节 桩的功能和种类.....	182
第二节 单桩垂直容许承载力的确定.....	184
第三节 桩群垂直容许承载力.....	196
第四节 桩基设计的步骤.....	197
第十章 挡土墙上的土压力与土坡稳定	211
第一节 概述.....	221
第二节 土压力的分类.....	222
第三节 主动土压力的计算.....	225
第四节 挡土墙的设计.....	232
第五节 简单土坡稳定性分析.....	239
附录	243
附录 1 基本符号.....	243
附录 2 国际单位换算表.....	245

第一章 概 述

禁

万丈高楼平地起，任何建筑物都要建造在土层（或岩石）上面。土受到压力后就要产生压缩变形，其压缩程度比其它一些建筑材料（如砖、混凝土）大得多。为了控制建筑物的下沉和保证它的稳定，就需要将建筑物与土接触部分的底面积适当扩大，也就是要比柱和墙身的横断面尺寸大一些，以减小建筑物与土的接触面积上的压强。我们将建筑物埋在地面以下的这一部分叫做基础；而将承受由基础传来的荷载的土层叫做地基。

图1-1是房屋的荷载通过基础传给地基的示意图。从图中可以看出，屋顶荷载由屋面梁传给墙，再传给基础；楼面荷载由楼板传给梁，再由梁传给墙和柱，再传给基础。最后，全部荷载，包括墙、柱自重在内，都由基础传给地基。

由上可知，基础是建筑物极其重要的组成部分，所以，没有一个坚固耐久的基础，上部结构^①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。如有的工程，由于设计人员对地基了解不够或处理得不好，结果房屋建成后，地基变形值超过了容许值，造成房屋下沉和墙身严重开裂。所以，我们在设计地基基础时要保证

^① 建筑物在地面以上的部分，通常叫做上部结构。

地基基础有足够的安全度。除此之外，还要使设计符合经济合理、技术先进和便于施工的要求。

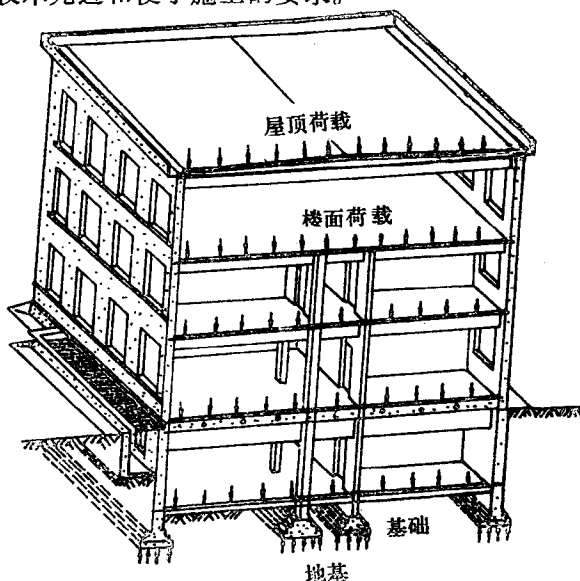


图 1-1 房屋荷载传递示意图

设计地基基础前，需要进行充分的调查研究，掌握必要的设计资料。一方面，必须彻底查清地基土质好坏，承载能力大小，土层分布是否均匀，地下水位高低，地下水对基础材料有无侵蚀作用，有无软弱土层，软弱土层厚度和位置怎样，有无暗塘、池塘以及有无溶洞、古井、古墓、垃圾坑等；另一方面，必须彻底弄清楚建筑物的使用要求，荷载大小，荷载分布是否均匀，有无振动设备，振动大小、建筑物地基容许变形值等情况。根据这两方面情况，按照安全可靠、经济合理、技术先进、便于施工的原则，结合上部结构

的具体情况，考虑上部结构同地基的相互影响，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。

本书重点叙述土的物理和力学性质，地基中应力和变形的计算，天然地基上的基础和桩基础的设计。同时，对基础施工和地基的局部处理、软弱地基和特殊土地基、挡土墙和土坡稳定等有关理论也作了简要介绍。为了帮助读者更好地掌握这些基础知识，还由浅入深地选编了一些计算实例和计算图表。

本书参照我国《工业与民用建筑地基基础设计规范》（TJ-74）修订本而编写，反映了新的地基基础规范的基本精神。由于规范尚未最后定稿，本书的一些内容与正式颁布的规范可能有不一致之处，所以，工程设计应以规范内容为准。为了便于学习和对照，我们将主要符号和国际单位制换算表列于书后，供学习时参考。

第二章 地基土的物理性质、分类 和容许承载力

第一节 地基土的物理性质

任何建筑物都要建造在土层上面，因此，建筑物基础的设计是和地基土分不开的。由于地基土的种类繁多，土层分布情况又十分复杂。所以设计一栋建筑物的地基基础时，就需要在建筑场地上进行勘察，进行原位测试或采取土样进行试验，确定土的物理及力学性质，以使所设计的基础能满足安全可靠，经济合理，技术先进，便于施工的要求。

土不象钢、木、混凝土等建筑材料那样坚实，而是一种散粒状的物体。在土颗粒之间有许多孔隙，通常在这些孔隙中有气体（一般是空气）也有液体（一般是水）。所以，在一般情况下，土是由固定的颗粒、水和空气三部分组成。这三部分之间的比例不是固定不变的，而是随着周围的条件变化而变化。例如，当地下水位上升时，原来在地下水位以上的地基土中水的含量就要增加。土中的颗粒、水和空气相互的比例不同，便反应着土处于各种不同的状态：稍湿或很湿、密实或松散，这些对于评定土的物理和力学性质有很重要的意义。因此，为了研究土的物理性质，就要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：

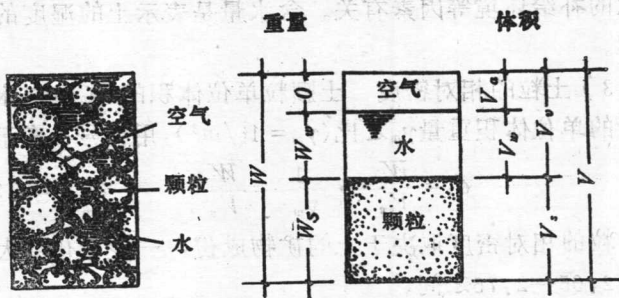


图 2-1 土的三个组成部分示意图

W ——土的总重量； V_s ——土中颗粒的体积；
 W_s ——土中颗粒的重量； V_a ——土中空气的体积；
 W_w ——土中水的重量； V_w ——土中水所占的体积；
 V ——土的总体积； V_a ——土中孔隙的体积。

(1) 土的天然密度^① 土在天然状态下单位体积的重量，用符号 γ 表示，单位是 t/m^3 或 g/cm^3 。

$$\gamma = \frac{W}{V} \quad (2-1)$$

土的天然密度随着土的颗粒组成、孔隙多少和水的含量而不同，一般土的天然密度为 $1.6-2.2t/m^3$ 。

(2) 土的含水量 土在天然状态下土中水的重量与颗粒重量之比的百分率，用符号 w 表示：

$$w = \frac{W_w}{W_s} 100\% \quad (2-2)$$

^①在进行力的计算时，需采用土的重力密度，也称重度。其定义与土的密度相同，但单位为 kN/m^3 。

土的含水量变化范围较大，与土的类别、天然埋藏条件、水的补给环境等因素有关。含水量是表示土的湿度的一个指标。

(3) 土粒的相对密度 土颗粒单位体积的重量与在4℃时的单位体积重量 γ_w 之比($\gamma_w = 1\text{t}/\text{m}^3$)，用符号 d_s 表示：

$$d_s = \frac{W_s}{V_s} \cdot \frac{1}{\gamma_w} = \frac{W_s}{V_s} \quad (2-3)$$

土粒的相对密度取决于土的矿物成份，一般变化不大，大约在2.65—2.75之间。

上述三个物理指标是直接由实验方法确定的，通常叫做实验指标。已知这三个指标，就可以用公式算出下面几个物理指标。

(4) 干土的密度^① 单位体积内颗粒的重量，用符号 γ_d 表示：

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

干土的密度愈大，表示土愈密实。在填土夯实时，常以干土的密度来控制土的夯实标准。例如：房心填土和基础回填土夯实时后的干土的密度要求为1.5—1.65t/m³。

如果已知土的天然密度 γ 和含水量 w ，就可以按下式求出干土的密度，即：

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+w} \quad (2-5)$$

现将公式(2-5)推证如下：

^①在进行力的计算时，需采用干土的重力密度，也称干土的重度。其定义与干土的密度相同，但单位为kN/m³。

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V} = \frac{W_s}{V} \cdot \frac{W}{W} = \frac{\frac{W}{V}}{\frac{W_s}{W}} = \frac{\gamma}{\frac{W_s + W_w}{W_s}} = \frac{\gamma}{1+w}$$

(5) 孔隙比 土中孔隙体积与颗粒体积之比，用符号 e 表示：

$$e = \frac{V_w}{V_s} \quad (2-6)$$

孔隙比还可以按下面公式进行计算：

$$e = \frac{d_s \gamma_w (1+w)}{\gamma} - 1 \quad (2-7)$$

根据上面所介绍的物理指标定义，公式(2-7)是这样推导出来的：

$$\begin{aligned} e &= \frac{V_w}{V_s} = \frac{V - V_s}{V_s} \cdot \frac{W_s}{W_s} = d_s \gamma_w \left(\frac{V}{W_s} - \frac{V_s}{W_s} \right) \\ &= d_s \gamma_w \left(\frac{1}{\gamma_d} - \frac{1}{d_s \gamma_w} \right) = \frac{d_s \gamma_w}{\gamma_d} - 1 \end{aligned}$$

将公式(2-5)代入上式就可得到公式(2-7)。

式中 γ_w ——单位体积的水重，通常按 g/cm^3 计算。

孔隙比也是表示土的密实程度的一个物理指标，由公式(2-6)知道，孔隙比是两个体积之比，它不象干土的密度 γ_d ，与土的相对密度有关，所以，用孔隙比表示土的密实程度比用干土的密度表示要更好一些。但由于干土的密度可以通过试验指标经过简单计算就可以得出，所以在填土夯实时，仍采用干土的密度作为夯实标准的指标。

(6) 饱和度 土中水的体积与孔隙体积的比，用符号

S_r 表示:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} 100\% \quad (2-8)$$

饱和度也可按下式计算:

$$S_r = \frac{w d_s}{e} \quad (2-9)$$

公式(2-9)是这样推导出来的:

$$S_r = \frac{V_w}{V_v} = \frac{W_w / \gamma_w}{V_v} \cdot \frac{V_s}{V_s} = \frac{w d_s}{e} \cdot \frac{1}{W_s} = \frac{w d_s}{e}$$

饱和度是衡量砂土潮湿程度的一个指标。如孔隙完全被水充满,即当 $V_w = V_v$ 时,则 $S_r = 100\%$,这种土叫做饱和土(《地基基础设计规范》规定 $S_r \geq 80\%$ 就认为是饱和的)。另外饱和度的大小还可以说明土的可能的压实程度,例如对于 $S_r = 100\%$ 的饱和土,就不可能再把它夯实。所以在基础施工中遇到饱和土就不要再夯实了。因为在这种情况下不但夯不实,反而破坏了土的天然结构,降低了地基的强度。在工地有时遇到夯不实的“橡皮土”就是这个道理。

这里顺便说一下,含水量虽然也是表示土的潮湿程度的一个指标,但它不如用饱和度 S_r 表示直观,所以在衡量砂土的潮湿程度时,用饱和度而不用含水量。

粘性土的含水量对土所处的状态影响很大,随着含水量的增加,土逐渐从固体状态经过塑性状态而变为流动状态(图2-2),土所处的状态不同,它的强度也就不同。下面我们就来研究不同状态转变时的含水量,这个含水量也就是分界含水量。

(7) 塑限 当土由固体状态变到塑性状态时的分界含水量叫做塑限,用符号 w_p 表示。