



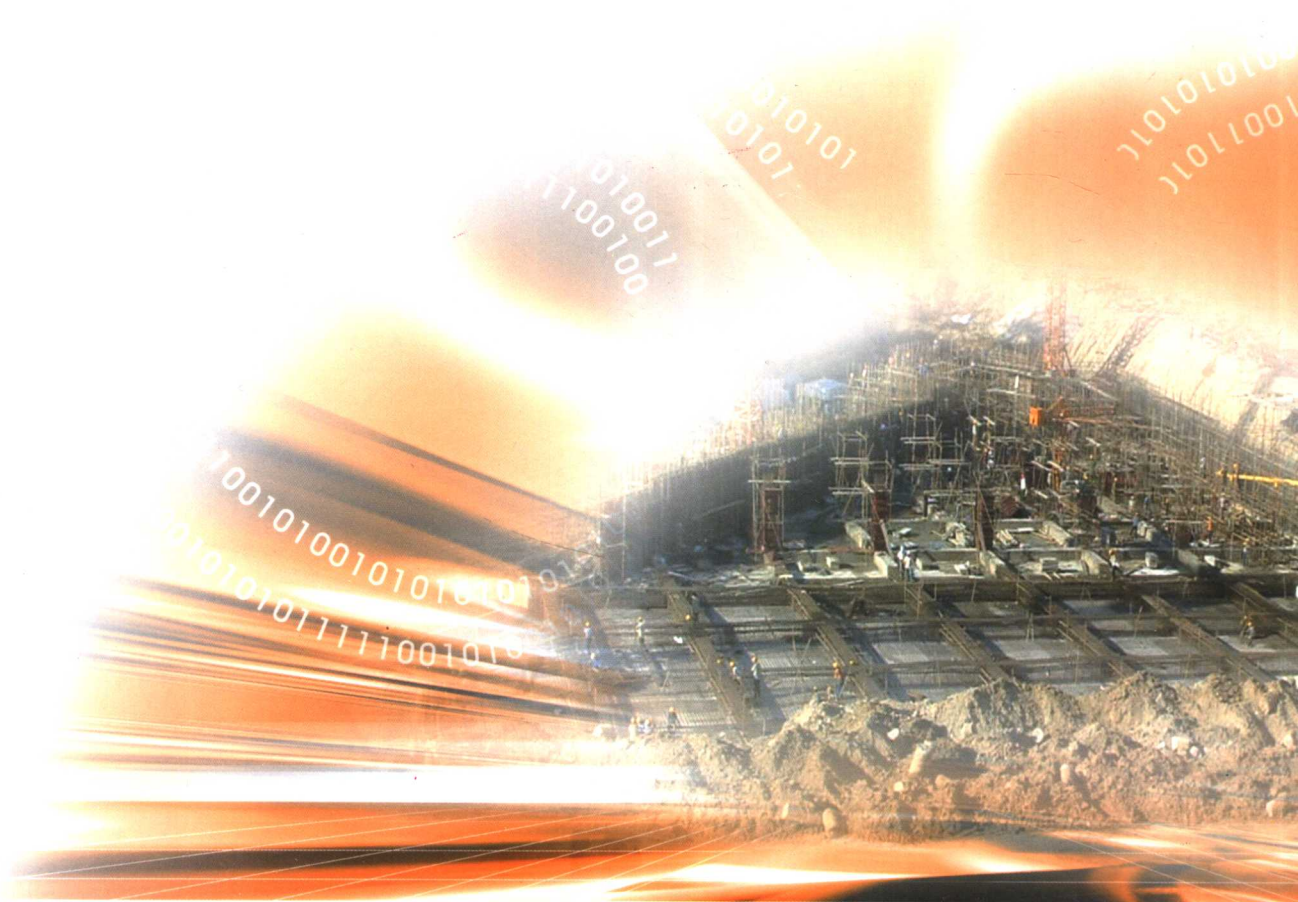
从校园到职场

附：实例光盘

地基基础设计

—— 专业技能入门与精通

徐长节 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



从校园到职场

地基基础设计

——专业技能入门与精通

涂长节 编著



机械工业出版社

本书紧密结合新规范、设计软件和实际工程,内容深入浅出,可以指导初始设计人员快速入门;随书附带一张光盘,包括基础工程、基坑工程设计实例。

本书共九章,内容包括:地基基础设计基础知识、设计荷载及抗力、地基勘察报告的使用、基础设计基本规定、浅基础设计、连续基础设计、桩基础设计、JCCAD 基础设计软件应用、基坑工程设计等。

本书可供结构设计人员使用,也可供高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

地基基础设计——专业技能入门与精通/徐长节
编著. —北京:机械工业出版社, 2007. 10
(从校园到职场)
ISBN 978-7-111-22179-1

I. 地… II. 徐… 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(2007)第 127885 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:张 晶 责任校对:姜 婷

责任印制:洪汉军

北京铭成印刷有限公司印刷

2007 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

210mm×297mm·11.75 印张·371 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-22179-1

ISBN 978-7-89482-304-5(光盘)

定价:28.00 元(含 1CD)

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

出版说明

近年来伴随着国民经济的快速发展,建筑行业的规模越来越大,需要大批的建筑工程设计人才。虽然高等教育机构每年向社会输送大量的学生,但大学毕业生就业后却不能够很好地胜任工作。究其原因,大学生对实际的工程设计缺乏经验,对实际工作没有深入的了解,因此,针对初始设计人员的迫切需求,我们策划了建筑工程设计入门系列指导丛书。

对于初始设计人员来说,工程设计是一项比较复杂的工作,不仅要具备扎实的理论基础,还要有丰富的实践经验。本丛书就是为他们准备的一把钥匙,帮助指引他们掌握设计内容、设计原则和具体过程,在最短时间内胜任设计岗位。

本系列图书结构包括:地基基础设计、多高层钢筋混凝土结构设计、钢结构设计、砌体结构设计、建筑给水排水与采暖设计、建筑电气工程设计。

本系列图书的特点概括如下:

1. 实用性

内容按照实际工程的设计思路进行编写。每本书主要由设计知识要点、工程设计原则和具体过程、工程设计实例三部分内容组成。这三部分内容的有机结合,可以使初始设计人员很快对工程设计有个整体的概念,并且掌握设计技巧。

2. 创新性

作者由具有丰富教学经验的教师与具有多年设计经验的技术人员组成。丛书紧密结合规范、设计软件和实际工程,可以使初始设计人员掌握工程的设计要领。

在书稿的编写过程当中,选择了一部分人员参加了本丛书的入门测试,作了若干次修改,衷心期待本书能够为刚走上工作岗位的设计人员掌握建筑工程设计技能起到积极的推动作用。

前 言

基础是建筑结构的重要组成部分,它承受着建(构)筑物的全部荷载并将荷载传递给地基。建筑设计的成败,往往取决于基础设计方案的选取是否妥当,以及基础设计能否适应建筑场地的地基条件。掌握地基与基础的基本理论及设计计算方法,是土木工程专业人员必须具备的基本素质。本书在读者已有专业基础理论的前提下,参照我国颁布的《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—1999)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)等多种规范和规程进行编写,以便读者了解最新规范的内容,从而更好地掌握地基与基础的设计核心内容。

本书在编写过程中,充分考虑了初始设计人员的需求,尽可能讲清基本概念,力求深入浅出,着重阐明基本理论和基本方法,按照设计的思路进行编写,结合工程实例,可以使读者系统地掌握设计的关键点,快速地掌握设计技巧,从而顺利地适应设计岗位。

全书共分九章,内容主要有:地基基础设计基础知识、设计荷载及抗力、地基勘察报告的使用、基础设计基本规定、浅基础设计、连续基础设计、桩基础设计、JCCAD 基础设计软件应用、基坑工程设计等。

本书由浙江大学徐长节编著。在编写过程中,高级工程师李星荣参加了基础设计实例的编写,在此表示感谢。限于编者水平,加之时间仓促,书中疏漏之处在所难免,恳请读者批评指正,以使本书日臻完善。

目 录

出版说明

前言

第一章 地基基础设计基础知识	1
第一节 地基基础设计的重要性	1
第二节 力学知识	2
第三节 土力学知识	5
第四节 相关制图标准及图例	9
第二章 设计荷载及抗力	13
第一节 荷载的分类及代表值	13
第二节 规范基本规定	14
第三节 常见荷载取值	16
第四节 钢筋混凝土材料	17
第五节 钢筋混凝土构件配筋计算	19
第三章 地基勘察报告的使用	25
第一节 地基勘察的内容	25
第二节 地基勘察报告的使用	25
第四章 基础设计基本规定	33
第一节 一般要求	33
第二节 设计等级、基本规定	34
第三节 地基变形	35
第五章 浅基础设计	38
第一节 浅基础的分类	38
第二节 浅基础的选型	40
第三节 天然地基上的浅基础设计	41
第四节 扩展基础设计	47
第五节 联合基础设计	53
第六章 连续基础设计	58
第一节 柱下条形基础	58
第二节 筏板基础	62
第三节 箱形基础	64
第四节 补偿性基础概要	67
第七章 桩基础设计	68
第一节 桩基础的设计原则	68

第二节 桩基础设计	72
第八章 JCCAD 基础设计软件应用	80
第一节 概述	80
第二节 地质资料输入	81
第三节 基础人机交互输入	82
第四节 基础梁板弹性地基梁法计算	88
第五节 桩基承台计算和独基沉降计算	90
第六节 桩筏及筏板有限元计算	91
第七节 基础平面施工图	92
第八节 基础设计实例	94
第九章 基坑工程设计	151
第一节 作用于支护结构的土压力	151
第二节 主要支护类型设计	154
第三节 算例(侧重桩-撑式)	166
第四节 基坑围护工程实例	171
附录 光盘使用说明	178
参考文献	179

第一章 地基基础设计基础知识

建筑物的结构设计分为主体结构设计和地基基础设计两部分内容。基础设计的主要内容包括：根据上部结构形式、受力特点、地质条件、周围环境，确定地基基础形式以及地基是否需要特殊处理；进行地基基础分析计算；绘制施工图。本章着重介绍在进行地基基础设计时，应掌握的基本设计知识和必须具备的基本条件。

第一节 地基基础设计的重要性

一、地基及基础的概念及重要性

建筑物最底下被扩大的部分称为基础，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坚固，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。

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) 地基应具有足够的强度，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(例如采用换土垫层、深层密实、排水固结、化学加固、加筋土技术等方法处理过的地基)，这种地基随着建筑业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，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；另一方面查清建筑物的使用要求、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。

基础的结构形式很多，设计时应该选择能适应上部结构和场地工程地质条件，符合使用要求，满足地基基础设计基本要求以及技术上合理的基础结构方案。通常把埋置深度不大(一般浅于 5m)，只须经过挖槽、排水等普通施工程序就可以建造起来的基础统称为浅基础(各种单独的和连续的基础)；反之，浅层土质不良，而须把基础埋置于深处的好地层时，就要借助于特殊的施工方法，建造各种类型的深基础(桩基础、沉井和地下连续墙等)。

建筑物的地基、基础和上部结构三部分，虽然各自功能不同、研究方法相异，然而，对一个建筑物来说，在荷载作用下，这三方面却是彼此联系、相互制约的整体。目前，要把三部分完全统一起来进行设计计算还有困难。但在处理地基基础问题时，应该从地基、基础、上部结构相互作用的整体概念出发，全面地加以考虑，才能收到比较理想的效果。

地基和基础的勘察、设计和施工质量直接关系着建筑物的安危。实践表明，建筑物事故的发生，很多与地基

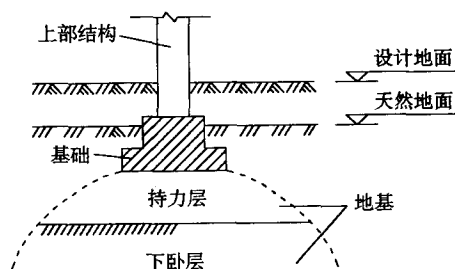


图 1-1 地基与基础示意图

基础问题有关,而且,地基基础事故一旦发生,补救并非容易。此外,基础工程费用与建筑物总造价的比例,视其复杂程度和设计、施工的合理与否,可以在百分之几到百分之几十之间变动。因此,地基及基础在建筑工程中的重要性是显而易见的。工程实践中,地基基础事故的发生固然屡见不鲜,然而,只要严格遵循基本建设原则,按照勘察—设计—施工的先后程序,切实抓好这三个环节,那么,地基基础事故一般是可以避免的。

二、国内外地基工程事故实例

(1) 地基产生整体剪切破坏 建于1914年的加拿大特朗斯康谷仓,由65个圆柱形筒仓构成,高31m,宽23.5m,其下为钢筋混凝土筏板基础,由于事前不了解基础下埋藏有厚达16m的软粘土层,谷仓建成后初次贮存谷物达27000t,发现谷仓明显下沉,结果谷仓西侧突然陷入土中7.3m,东侧上抬1.5m,仓身倾斜近27°。后查明谷仓基础底面单位面积压力超过300kPa,而地基中的软粘土层极限承载力约250kPa,因此,造成地基产生整体破坏并引发谷仓严重倾斜。该谷仓由于整体刚度极大,因此虽倾斜极为严重,但谷仓本身却完好无损。后于土仓基础之下做了70多个支承于下部基岩上的混凝土墩,使用了388个50t千斤顶以及支撑系统才把仓体逐渐扶正,但其位置比原来降低了近4.0m。这是地基产生剪切破坏,建筑物丧失其稳定性的典型事故实例。

(2) 地基产生不均匀沉降 意大利比萨斜塔于1173年动工修建,当塔修建至24m高时发生倾斜,100年后续建该塔至塔顶,建成后塔高54.5m。目前塔北侧沉降1m多,南侧沉降近3m,塔顶偏离中心线约5.54m(倾斜约5.8°)。为使斜塔安全留存,后在国际范围内进行招标,对斜塔进行了加固处理。由此可见地基产生不均匀沉降对建筑物正常使用的危害。

(3) 地基液化失效 1976年7月28日发生在我国唐山市的大地震是人类历史上造成损失最严重的地震之一,震级7.8级,大量建筑物在地震中倒塌损毁,地基土的液化失效是其中的主要原因之一。因地震液化失效致使唐山矿冶学院图书馆书库的第一层全部陷入地面以下。因此,对建筑物场地范围内是否存在可能产生液化地层一定要事先探明,并采取稳妥措施处理。

第二节 力学知识

力学是对结构构件受力状况进行定量分析的基本工具。在基础设计中,具备以下相关的力学基本知识是很有必要的。

一、截面特性计算

工程中常用的基本图形有矩形和圆形两种,下面以二者为特例简要回顾截面特性的计算公式(矩形的计算示意图如图1-2所示):

(一) 面积

$$(1) \text{ 矩形} \quad A = ab \quad (1-1)$$

$$(2) \text{ 圆形} \quad A = \frac{1}{4}\pi d^2 \quad (1-2)$$

式中 a 、 b ——矩形分别平行于 x 轴及 y 轴的边长;
 d ——圆形的直径。

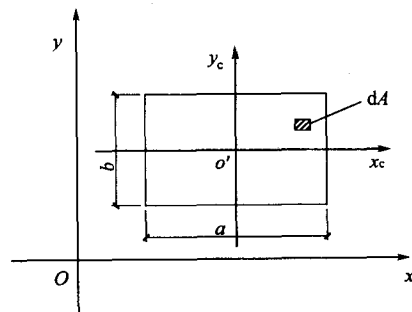


图 1-2 矩形计算示意图

(二) 静矩和形心

1. 基本公式

(1) 静矩

$$S_x = \int_A y dA, S_y = \int_A x dA \quad (1-3)$$

(2) 形心

$$\bar{x} = \frac{S_y}{A}, \bar{y} = \frac{S_x}{A} \quad (1-4)$$

式中 S_x 、 S_y ——图形分别对 x 轴及 y 轴的静矩;
 $\bar{x}$ 、 $\bar{y}$ ——图形分别对 x 轴及 y 轴的形心坐标。

2. 组合图形的计算公式

(1) 静矩

$$S_x = \sum_{i=1}^n A_i \bar{y}_i, S_y = \sum_{i=1}^n A_i \bar{x}_i \quad (1-5)$$

(2) 形心

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \bar{x}_i}{\sum_{i=1}^n A_i}, \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \bar{y}_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (1-6)$$

式中 A_i ——第 i 个图形的面积;

$\bar{x}_i$ 、 $\bar{y}_i$ ——第 i 个图形形心分别到 x 轴及 y 轴的距离。

(三) 形心主惯性矩

1. 基本公式

$$I_x = \int_A y^2 dA, I_y = \int_A x^2 dA \quad (1-7)$$

式中 I_x 、 I_y ——图形分别对 x 轴及 y 轴的惯性矩。

(1) 矩形

$$I_{x_c} = \frac{1}{12} a^3 b, I_{y_c} = \frac{1}{12} a b^3 \quad (1-8)$$

(2) 圆形

$$I_{x_c} = I_{y_c} = \frac{1}{64} \pi d^4$$

式中 I_{x_c} 、 I_{y_c} ——图形分别对形心轴 x_c 及 y_c 的惯性矩。

2. 组合图形的计算公式(平行移轴公式)

$$I_{x_c} = \sum_{i=1}^n I_{x_{c_i}} + \sum_{i=1}^n a_i^2 A_i, I_{y_c} = \sum_{i=1}^n I_{y_{c_i}} + \sum_{i=1}^n b_i^2 A_i \quad (1-9)$$

式中 I_{x_c} 、 I_{y_c} ——图形分别对 x 轴、 y 轴的形心主惯性矩;

a_i 、 b_i ——第 i 个图形本身的形心轴到整个图形形心轴的距离。

二、结构内力分析

(一) 计算简图的选择

实际结构总是比较复杂的,要完全按照结构的实际情况进行力学分析,将是很繁杂的,也是不必要的。因此,在计算之前,往往对实际结构加以简化,用一个简化图形来代替实际结构。

1. 简化原则

- (1) 尽可能反应实际情况,使计算结果准确、可靠。
- (2) 略去次要因素,使计算简单。

2. 简化内容

- (1) 荷载的简化。
- (2) 杆件的简化。
- (3) 支座和节点的简化。

3. 考虑因素

- (1) 设计阶段。
- (2) 结构重要性。
- (3) 计算手段先进程度。

例如一根梁两端搁在墙体上,上面放一重物(见图 1-3a)。简化时,梁本身用其轴线来代表。重物近似看作集中荷载,梁的自重则视为均布荷载。至于两端的反力,其分布规律是难以知道的,现假定为均匀分布,并以其作用于墙宽中点的合力来代替。考虑到支承面有摩擦,梁不能左右移动,但受热膨胀时仍可伸长,故可将

其一端视为固定铰支座而另一端视为活动铰支座。这样,便得到图 1-3b 所示的计算简图。显然,只要梁的截面尺寸、墙宽及重物与梁的接触长度均比梁的长度小许多,则作上述简化在工程上一般是许可的。

(二) 内力图的绘制

为了进行各类结构的受力分析,画出结构的内力图是一种比较直观的方法。平面结构在任意荷载作用下,其横截面上一般有三个内力分量,即轴力 N 、剪力 Q 和弯矩 M 。计算内力的基本方法为截面法。在基础设计中,内力的符号通常规定如下:轴力以压力为正;剪力以绕隔离体顺时针方向转动者为正;弯矩以使梁的下侧纤维受拉者为正。绘图时,弯矩图习惯绘在受拉的一侧,而图上可不注明正负号;剪力图和轴力图则将正值的竖标绘在基线的内侧,同时标明正负号。

用简易法绘制内力图的一般步骤是:

(1) 求反力(悬臂梁可不求反力)。

(2) 分段 凡外力不连续处均应作为分段点,如集中力及力偶作用处、均布荷载两端点等。这样,根据外力情况就可以判断各段梁上的内力图形状。

(3) 定点 根据各段梁的内力图形状,选定所需的控制截面,例如集中力及力偶作用点两侧的截面、均布荷载起迄点及中间若干点等,用截面法求出这些截面的内力值,并将它们在内力图的基线上用竖标绘出。这样就定出了内力图上的各控制点。

(4) 连线 根据各段梁内力图的形状,分别用直线或曲线将各控制点依次相连,即得所求内力图。

(三) 简单静定梁的内力图

直梁是基础设计中常采用的一种构件形式。对于直梁,当所有外力均垂直于梁轴线时,横截面上将只有剪力和弯矩,没有轴力。下面将简要介绍一般情况下简支梁和悬臂梁的内力图(Q 图和 M 图)的绘制过程。

1. 悬臂梁

如图 1-4 所示,悬臂梁的内力图自悬臂端至固定端求解,根据简易法即可画出内力图。

2. 简支梁

对于图 1-3 所示的简支梁,由上述简易法绘制内力图的一般步骤为:

(1) 求反力 由结构和荷载的对称性可知,支座反力为 $\frac{1}{2}(P + ql)$ 。

(2) 分段 将梁自集中力作用点 C 分为 AC 和 BC 两段。

(3) 定点 经计算可知,在剪力图中,支座 A 处剪力为 $\frac{1}{2}(P + ql)$;集中力作用点 C 的左端剪力为 $\frac{1}{2}P$,右端剪力为 $-\frac{1}{2}P$;支座 B 处剪力为 $-\frac{1}{2}(P + ql)$ 。在弯矩图中,支座处为零; C 点弯矩为 $\frac{1}{4}Pl + \frac{1}{8}ql^2$ 。

(4) 连线 在剪力图中,各分段点之间以直线依次相连(见图 1-5a);在弯矩图中,各分段点之间以曲线依次相连(见图 1-5b)。

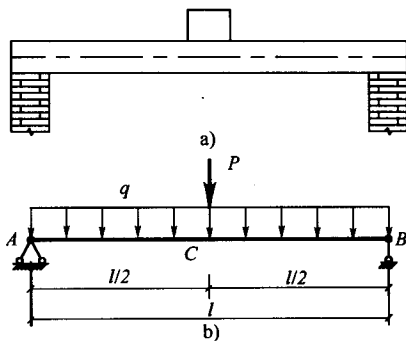


图 1-3 梁的简化计算示意图

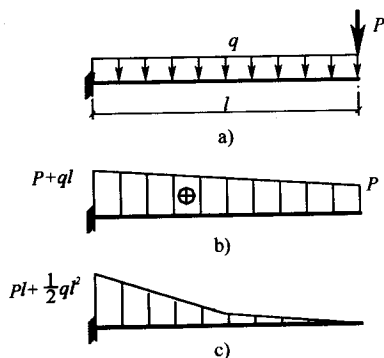


图 1-4 悬臂梁内力图

a) 计算简图 b) Q 图 c) M 图

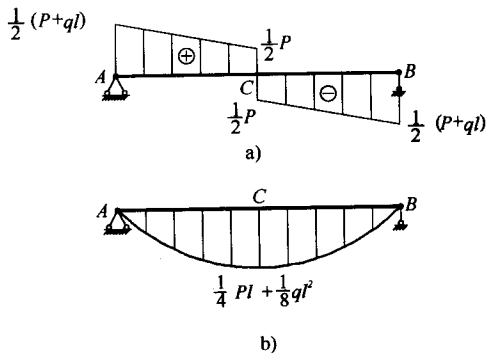


图 1-5 简支梁内力图

a) Q 图 b) M 图

三、最危险截面的判断及其应力计算

(一) 最危险截面的判断

在荷载作用下结构上的各种量值均将随荷载的位置而变化,而设计时必须求出各种量值的最大值(包括最大正值和最大负值,最大负值也称最小值)作为设计的依据。为此,必须先确定使某一量值发生最大(最小)值的荷载位置,即最不利荷载位置。这里需要指出的是,最不利荷载位置不一定是危险截面的位置。危险截面的位置的判断除了考虑荷载大小外,还应考虑构件截面尺寸的变化以及材料的力学特性等因素。

(二) 最危险截面的应力计算

一般来讲,构件的各种量值的最不利情况不会同时出现于同一位置。例如,简支梁在跨中弯矩最大,剪力为零;而在支座处剪力最大,弯矩为零。因此,构件各种量值的最不利情况引起的应力应当分别予以计算。在基础设计中,常用的几种应力计算公式如下:

$$(1) \text{ 正应力: } \left. \begin{array}{l} \sigma_{\max} \\ \sigma_{\min} \end{array} \right\} = \frac{N}{A} \pm \frac{M_x y}{I_x} \pm \frac{M_y x}{I_y} \quad (1-10)$$

$$(2) \text{ 剪应力: } \tau = \frac{QS^*}{Ib} \quad (1-11)$$

式中 N 、 Q 、 A 、 I_x 、 I_y ——符号含义同前;

M_x 、 M_y ——荷载合力分别对 x 轴及 y 轴的力矩;

$\sigma_{\max}$ 、 $\sigma_{\min}$ ——作用于某截面上的最大和最小正应力,以压为正;

x 、 y ——某截面上最危险点分别到 y 轴及 x 轴的距离;

S^* ——计算点以下面积对中性轴的静面矩;

I ——截面对中性轴的惯性矩;

b ——计算点处截面的宽度。

第三节 土力学知识

几乎所有的建筑物都建在土中,为了工程设计的需要,了解土的物理力学性质、岩土的分类及其工程性质等的基本知识就成为必需。

一、地基土的主要物理力学指标

在一般情况下,土是由三部分组成,即固体的颗粒、水和空气,而这三部分之间的比例不是固定不变的。为了便于说明,取一个单元体表示土的三个组成部分,如图 1-6 所示,其符号表示如下:

m_s ——土粒质量;

m_w ——土中水质量;

m ——土的总质量, $m = m_s + m_w$;

V_s ——土粒体积;

V_w ——土中水体积;

V_a ——土中气体体积;

V_v ——土中孔隙体积, $V_v = V_w + V_a$;

V ——土的总体积, $V = V_s + V_w + V_a$ 。

(1) 天然土的重度 γ 土在天然状态下单位体积的重力。

$$\gamma = \frac{G}{V} \quad (1-12)$$

一般土的天然重度约为每立方米 $16 \sim 22 \text{ kN/m}^3$ 。

(2) 含水量 土中水的重力与颗粒重力之比的百分率。

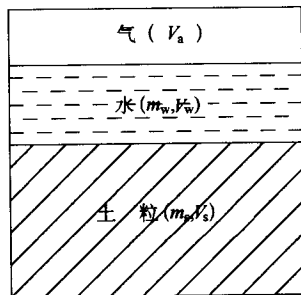


图 1-6 土的三相组成示意图

$$\omega = \frac{g_{\text{水}}}{g_{\text{粒}}} \times 100\% \quad (1-13)$$

天然含水量越大,说明土越湿;如果是粘性大,土越湿,其工程性质就越差,反之,则工程性质较好。

(3) 土粒相对密度 d_s 土颗粒的重度与 4℃ 水的重度 (γ_w) 之比。 $\gamma_w = 0.01 \text{ N/cm}^3$ 。

$$d_s = \frac{\frac{g_{\text{粒}}}{V_{\text{粒}}}}{\gamma_w} \quad (1-14)$$

一般土粒相对密度为 2.65 ~ 2.70, 比值变化不大, 在计算中影响甚小, 故一般按 2.70 计。故土颗粒的重度为 $d_s \gamma_w = 0.0265 \sim 0.027 \text{ N/cm}^3$ 。

(4) 干重度 γ_d 单位体积内颗粒的重力。

$$\gamma_d = \frac{g_{\text{粒}}}{V} \quad (1-15)$$

如已知土的天然重度 γ 和含水率 W , 也可以按下式算出干重度, 即

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + W} \quad (1-16)$$

土的干重度是衡量土质量的一种指标, 其数值越大, 表示颗粒所占比例越大, 则孔隙的体积就相对地较小, 说明土就越密实。

(5) 孔隙率 n 在土的总体积中, 孔隙体积所占的百分率。

$$n = \frac{V_{\text{隙}}}{V} \times 100\% \quad (1-17)$$

(6) 孔隙比 e 土中孔隙体积与颗粒体积之比。

$$e = \frac{V_{\text{隙}}}{V_{\text{粒}}} \quad (1-18)$$

土的孔隙比同样反映土的密实程度, 孔隙比越大, 土越松散。

(7) 饱和度 S_r 土中水的体积与孔隙体积的比, 以百分率计。

$$S_r = \frac{V_{\text{水}}}{V_{\text{隙}}} \times 100\% \quad (1-19)$$

饱和度是衡量地基土潮湿程度的一个指标。在基础工程设计中, 对基础选用材料和砂浆等级根据地基土潮湿程度予以选用, 饱和度与地基土的潮湿程度的关系如下:

当 $S_r < 50\%$ 为稍潮湿的; $50\% < S_r \leq 80\%$ 为很潮湿的; $S_r > 80\%$ 为饱和的。

当土中孔隙内完全被水充满, 即 $S_r = 1$, 此时土的重度应为饱和重度 γ_{sat} :

$$\gamma_{\text{sat}} = \frac{V_{\text{隙}} \gamma_w + g_{\text{粒}}}{V} = \frac{V_{\text{隙}} \gamma_w + V_{\text{粒}} G \gamma_w}{V} \quad (1-20)$$

对处于地下水位以下的饱和土 ($S_r = 1$), 受到水的浮力, 它的重度为浮重度 γ' 。

$$\gamma' = \gamma_{\text{sat}} - 10 \approx \frac{(G \gamma_w - \gamma_w) V_{\text{粒}}}{V} \quad (1-21)$$

(8) 塑限、液限、塑性和液性指数等指标 土中的含水量是随周围条件的变化而变化。对于同一种土, 由于含水量的不同, 它可以分别处于固体状态、塑性状态或流动状态。液性指数是判别粘性土软硬程度(或稠程度)的一个指标, 其值按下式计算:

$$I_L = \frac{\omega - \omega_p}{I_p} \quad (1-22)$$

式中 ω_p ——塑限;

$I_p = \omega_L - \omega_p$, ω_L 为液限。

根据上式计算结果, 土的状态见表 1-1。

表 1-1 粘性土的状态

液性指数 I_L	状 态	液性指数 I_L	状 态
$I_L \leq 0$	坚硬	$0.75 < I_L \leq 1$	软塑
$0 < I_L \leq 0.25$	硬塑	$I_L > 1$	流塑
$0.25 < I_L \leq 0.75$	可塑		

注：当用静力触探探头阻力或标准贯入试验锤击数判定粘性土的状态时，可根据当地经验确定。

(9) 土的压缩系数和压缩模量

$$\alpha = 1000 \times \frac{e_1 - e_2}{p_2 - p_1} \quad (1-23)$$

$$E_s = \frac{1 + e_0}{\alpha} \quad (1-24)$$

式中 α ——压缩系数 (MPa^{-1})；

E_s ——压缩模量 (MPa)；

p_1 、 p_2 ——固结压力 (kPa)；

e_1 、 e_2 ——对应 p_1 、 p_2 时的孔隙比；

e_0 ——土的天然孔隙比。

地基土的压缩性可按 p_1 为 100kPa 、 p_2 为 200kPa 时相对应的压缩系数值 α_{1-2} 划分为低、中、高压缩性，并按以下规定进行评价：

- 1) 当 $\alpha_{1-2} < 0.1\text{MPa}^{-1}$ 时，为低压缩性土；
- 2) 当 $0.1\text{MPa}^{-1} \leq \alpha_{1-2} < 0.5\text{MPa}^{-1}$ 时，为中压缩性土；
- 3) 当 $\alpha_{1-2} \geq 0.5\text{MPa}^{-1}$ 时，为高压压缩性土。

二、岩土的分类和工程特性

作为建筑地基的岩土，可分为岩石、碎石土、砂土、粉土、粘性土和人工填土。

(1) 岩石的坚硬程度应按表 1-2 划分。当缺乏饱和单轴抗压强度资料或不能进行该项试验时，可在现场通过观察定性划分，划分标准可按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) 附录 A.0.1 执行。

表 1-2 岩石坚硬程度的划分

坚硬程度类别	坚 硬 岩	较 硬 岩	较 软 岩	软 岩	极 软 岩
饱和单轴抗压强度 标准值 f_{rk}/MPa	$f_{rk} > 60$	$60 \geq f_{rk} > 30$	$30 \geq f_{rk} > 15$	$15 \geq f_{rk} > 5$	$f_{rk} \leq 5$

(2) 岩石按风化程度分类见表 1-3。

表 1-3 岩石按风化程度分类

风 化 程 度	野 外 特 征	风化程度参数指标	
		波数比 K_v	风化系数 K_f
未风化	岩质新鲜，偶见风化痕迹	0.9 ~ 1.0	0.9 ~ 1.0
微风化	结构基本未变，仅节理面有渲染或略有变色，有少量风化裂隙	0.8 ~ 0.9	0.8 ~ 0.9
中等风化	结构部分破坏，沿节理面有次生矿物，风化裂隙发育，岩体被切割成岩块，用镐难挖，岩芯钻方可钻进	0.6 ~ 0.8	0.4 ~ 0.8
强风化	结构大部分破坏，矿物成分显著变化，风化裂隙很发育，岩体破碎，用镐可挖，干钻不易钻进	0.4 ~ 0.6	< 0.4
全风化	结构基本破坏，但尚可辨认，有残余结构强度，可用镐挖，干钻可钻进	0.2 ~ 0.4	—
残积土	组织结构全部破坏，已风化成土状，锹镐易挖掘，干钻易钻进，具可塑性	< 0.2	—

(3) 岩体完整程度应按表 1-4 划分。

表 1-4 岩体完整程度划分

完整程度等级	完 整	较 完 整	较 破 碎	破 碎	极 破 碎
完整性指数	>0.75	$0.75 \sim 0.55$	$0.55 \sim 0.35$	$0.35 \sim 0.15$	<0.15

注：完整性指数为岩体纵波波速与岩块纵波波速之比的平方。选定岩体、岩块测定波速时应有代表性。

(4) 碎石土的分类见表 1-5。

表 1-5 碎石土的分类

土 的 名 称	颗 粒 形 状	粒 组 含 量
漂石 块石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 200mm 的颗粒含量超过全重 50%
卵石 碎石	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 20mm 的颗粒含量超过全重 50%
圆砾 角砾	圆形及亚圆形为主 棱角形为主	粒径大于 2mm 的颗粒含量超过全重 50%

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

(5) 碎石土的密实度见表 1-6。

表 1-6 碎石土的密实度

重型圆锥动力触探 锤击数 $N_{63.5}$	密 实 度	重型圆锥动力触探 锤击数 $N_{63.5}$	密 实 度
$N_{63.5} \leq 5$	松散	$10 < N_{63.5} \leq 20$	中密
$5 < N_{63.5} \leq 10$	稍密	$N_{63.5} > 20$	密实

注：1. 本表适用于平均粒径小于或等于 50mm 且最大粒径不超过 100mm 的卵石、碎石、圆砾、角砾。对于平均粒径大于 50mm 或最大粒径大于 100mm 的碎石土，可按《建筑地基基础设计规范》附录 B 鉴别其密实度。

2. 表内 $N_{63.5}$ 为经综合修正后的平均值。

(6) 砂土的分类见表 1-7。

表 1-7 砂土的分类

土 的 名 称	粒 组 含 量	土 的 名 称	粒 组 含 量
砾砂	粒径大于 2mm 的颗粒含量占全重 25% ~ 50%	细砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 85%
粗砂	粒径大于 0.5mm 的颗粒含量超过全重 50%	粉砂	粒径大于 0.075mm 的颗粒含量超过全重 50%
中砂	粒径大于 0.25mm 的颗粒含量超过全重 50%		

注：分类时应根据粒组含量栏从上到下以最先符合者确定。

(7) 砂土的密实度见表 1-8。

表 1-8 砂土的密实度

标准贯入试验锤击数 N	密 实 度	标准贯入试验锤击数 N	密 实 度
$N \leq 10$	松散	$15 < N \leq 30$	中密
$10 < N \leq 15$	稍密	$N > 30$	密实

注：当用静力触探探头阻力判定砂土的密实度时，可根据当地经验确定。

(8) 粘性土的分类见表 1-9。

表 1-9 粘性土的分类

塑性指数 I_p	土 的 名 称	塑性指数 I_p	土 的 名 称
$I_p > 17$	粘土	$10 < I_p \leq 17$	粉质粘土

注：塑性指数由相应于 76g 圆锥体沉入土样中深度为 10mm 时测定的液限计算而得。

(9) 粉土为介于砂土与粘性土之间, 塑性指数 $I_p \leq 10$ 且粒径大于 0.075mm 的颗粒含量不超过全重 50% 的土。

(10) 淤泥为在静水或缓慢的流水环境中沉积, 并经生物化学作用形成, 其天然含水量大于液限, 天然孔隙比大于或等于 1.5 的粘性土。当天然含水量大于液限而天然孔隙比小于 1.5 但大于或等于 1.0 的粘性土或粉土为淤泥质土。

(11) 红粘土为碳酸盐岩系的岩石经红土化作用形成的高塑性粘土。其液限一般大于 50。红粘土经再搬运后仍保留其基本特征, 其液限大于 45 的土为次生红粘土。

(12) 人工填土根据其组成和成因, 可分为素填土、压实填土、杂填土、冲填土。

素填土为由碎石土、砂土、粉土、粘性土等组成的填土。经过压实或夯实的素填土为压实填土。杂填土为含有建筑垃圾、工业废料、生活垃圾等杂物的填土。冲填土为由水力冲填泥沙形成的填土。

(13) 膨胀土为土中粘粒成分主要由亲水性矿物组成, 同时具有显著的吸水膨胀和失水收缩特性, 其自由膨胀率大于或等于 40% 的粘性土。

(14) 湿陷性土为浸水后产生附加沉降, 其湿陷系数大于或等于 0.015 的土。

三、工程特性指标

(1) 土的工程特性指标应包括强度指标、压缩性指标以及静力触探探头阻力、标准贯入试验锤击数、载荷试验承载力等其他特性指标。

(2) 地基土工程特性指标的代表值应分别为标准值、平均值及特征值。抗剪强度指标应取标准值, 压缩性指标应取平均值, 载荷试验承载力应取特征值。

(3) 载荷试验包括浅层平板载荷试验和深层平板载荷试验。浅层平板载荷试验适用于浅层地基, 深层平板载荷试验适用于深层地基。

(4) 土的抗剪强度指标, 可采用原状土室内剪切试验、无侧限抗压强度试验、现场剪切试验、十字板剪切试验等方法测定。当采用室内剪切试验确定时, 应选择三轴压缩试验中的不固结不排水试验。经过预压固结的地基可采用固结不排水试验。每层土的试验数量不得少于六组。

在验算坡体的稳定性时, 对于已有剪切破裂面或其他软弱结构面的抗剪强度, 应进行野外大型剪切试验。

(5) 土的压缩性指标可采用原状土室内压缩试验、原位浅层或深层平板载荷试验、旁压试验确定。

当采用室内压缩试验确定压缩模量时, 试验所施加的最大压力应超过土自重压力与预计的附加压力之和, 试验成果用 $e-p$ 曲线表示。当考虑土的应力历史进行沉降计算时, 应进行高压固结试验, 确定先期固结压力、压缩指数, 试验成果用 $e-\lg p$ 曲线表示。为确定回弹指数, 应在估计的先期固结压力之后进行一次卸荷, 再继续加荷至预定的最后一级压力。

当考虑深基坑开挖卸荷和再加荷时, 应进行回弹再压缩试验, 其压力的施加应与实际的加卸荷状况一致。

第四节 相关制图标准及图例

工程图是表达和交流技术思想的重要工具, 也是生产实践和科学研究中的重要资料。土木工程师具备一定的看图识图能力是必不可少的。

一、国家建筑制图标准

为使建筑工程图纸达到规格统一, 图面简洁清晰, 便于进行技术交流, 满足设计、施工、管理等要求, 国家建设部会同有关部门于 2001 年 11 月 1 日颁布了重新修订的国家标准《房屋建筑制图统一标准》(GB/T 50001—2001), 该标准自 2002 年 3 月 1 日起实行。

设计人员在制图过程中应参阅标准中有关图幅、比例、线型、图例、字体以及尺寸标注等规定。这里仅列举一些常用的制图标准以供参考, 其余可参阅相关标准。

表 1-10 图纸幅面尺寸

(单位:mm)

尺寸代号	幅面代号				
	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
c	10			5	
a	25				

表 1-11 绘图所用比例

常用比例	1:1, 1:2, 1:5, 1:10, 1:20, 1:50, 1:100, 1:150, 1:200, 1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000, 1:10000, 1:20000, 1:50000, 1:100000, 1:200000
可用比例	1:3, 1:4, 1:6, 1:15, 1:25, 1:30, 1:40, 1:60, 1:80, 1:250, 1:300, 1:400, 1:600

二、房屋施工图的识读

由于专业分工的不同,房屋施工图又分为建筑施工图(简称建施)、结构施工图(简称结施)和设备施工图(如给水排水、采暖通风、电气等,简称设施)。

一套房屋施工图一般有:图纸目录、施工总说明、建筑施工图、结构施工图、设备施工图等。

识读施工图时,除应具备基本的制图常识外,还应了解施工图的规定和表示方法,如比例、图线、定位轴线及其编号、尺寸和标高、字体、图例(见表 1-12)及代号、索引符号和详图符号、指北针及风向频率玫瑰图等。

表 1-12 常用建筑材料图例

名称	图例	备注
自然土壤		包括各种自然土壤
夯实土壤		
砂、灰土		靠近轮廓线绘较密的点
砂砾石、碎砖三合土		
石材		
毛石		
普通砖		包括实心砖、多孔砖、砌块等砌体。断面较窄不易绘出图例线时,可涂红
混凝土		1. 本图例指能承重的混凝土及钢筋混凝土 2. 包括各种强度等级、集料、添加剂的混凝土 3. 在剖面图上画出钢筋时,不画图例线 4. 断面图形小,不易画出图例线时,可涂黑
钢筋混凝土		
多孔材料		包括水泥珍珠岩、沥青珍珠岩、泡沫混凝土、非承重加气混凝土、软木、蛭石制品等