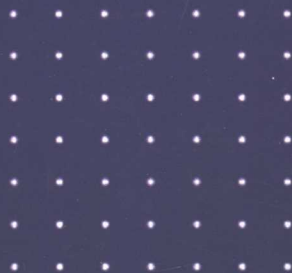


基础工程

设计与分析



JICHU GONG
CHENG SHE
JI YU
FENXI



陈晓平 编著

中国建筑工业出版社

基础工程设计与分析

陈晓平 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基础工程设计与分析/陈晓平编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

ISBN 7-112-07618-8

I. 基... II. 陈... 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 (2005) 第 104978 号

基础工程设计与分析

陈晓平 编著

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 13¼ 字数: 320 千字

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 25.00 元

ISBN 7-112-07618-8
(13572)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书立足现行规范，系统阐述了建筑物常用基础类型的设计理论与分析方法，重点介绍成熟的设计理论和计算方法，同时对一些新方法作了简要介绍，适当反映学科前沿动态。全书共分9章。

本书可供土木工程研究人员及工程技术人员使用，也可作为高年级大学生及研究生教材。

* * *

责任编辑：王 梅

责任设计：董建平

责任校对：刘 梅 王雪竹

前 言

我国基础工程设计与分析的迅速发展始于 20 世纪 80 年代,大规模现代化建设的需要及科学技术的进步给该领域带来了巨大的成就,许多新的概念和新的技术也随之产生。从总体上看,基础工程建设已具一定水准,有的已达国际先进水平。但如何在各种地质条件下经济合理地做好基础工程设计与分析,依然存在许多亟待解决而又有一定难度的问题,一直受到工程界和学术界的高度重视。

随着土木工程的迅速发展,传统的设计方法已不能对复杂的基础工程设计问题做出令人满意的解答。本书在参阅大量有关文献的基础上,以地基承载力与地基变形相适应的设计理念为核心,结合作者多年主持和参与的与之有关的研究和实践,比较系统地阐述了建筑物常用基础类型的设计理论与分析方法,并对目前尚处于研究阶段或仅处于初步应用阶段的设计新方法作了简要介绍。同时,还以适当的篇幅探讨了基础工程设计中一些不可回避的问题,如上部结构与地基基础的共同作用、偏斜缺陷桩设计方法、深基坑支护设计等。

本书既可作为研究人员和工程技术人员的参考书和工具书,也可作为该学科高年级大学生及研究生的教材用书。在内容的选取上立足现行规范,重点介绍成熟的设计理论和计算方法,适当反映学科前沿动态。书中的一些术语和概念依照了最新的国家标准规范。

全书共分九章,包括:绪论、设计新方法、地基模型、交叉条形基础、筏形基础、箱形基础、桩基础工作性状、带桩基础计算、深基坑支护工程等。

限于篇幅,许多问题未能展开讨论,限于水平,书中可能存在种种疏误,敬请读者不吝指正。

作者于暨南大学

2005. 6

目 录

第1章 绪论	1
1.1 基础工程设计特点	1
1.1.1 设计要求	1
1.1.2 设计原则	2
1.2 基础结构的常用类型	3
1.2.1 交叉条形基础	3
1.2.2 筏形基础	3
1.2.3 箱形基础	4
1.2.4 桩基础	5
1.3 基础工程设计方法的演进和前瞻	6
1.3.1 静力平衡方法和共同作用设计方法	6
1.3.2 定值设计方法和概率设计方法	7
1.3.3 设计内涵的拓展	8
1.3.4 理论研究与实际应用的距离	9
第2章 基础工程设计新方法简介	11
2.1 概率极限状态设计方法	11
2.1.1 基本概念	11
2.1.2 基础工程设计中的概率特征	14
2.1.3 基础工程设计中可靠指标的计算方法	16
2.1.4 实用设计表达式	19
2.2 共同作用设计方法	21
2.2.1 上部结构与地基基础的相互影响	21
2.2.2 上部结构刚度的确定方法	23
2.2.3 共同作用分析的基本方程	25
2.2.4 竖向荷载作用下的共同作用特性分析	26
2.2.5 水平荷载作用下的共同作用特性分析	30
2.2.6 地震作用下的共同作用特性分析	31
2.3 变形控制设计方法	32
2.3.1 基本概念	32
2.3.2 受力性状	33

2.3.3 设计要求	33
第3章 弹性地基模型及模型参数	35
3.1 文克尔地基模型	35
3.2 双参数模型和三参数模型	36
3.2.1 费洛年柯-鲍罗基契模型	36
3.2.2 海藤尼模型	37
3.2.3 巴斯捷纳克模型	37
3.2.4 符拉索夫模型	37
3.2.5 利夫金模型	37
3.3 弹性半空间模型	38
3.4 分层地基模型	40
3.5 层状横观各向同性弹性半空间模型	41
3.5.1 横观各向同性体的弹性矩阵	41
3.5.2 物理模型及边界条件	41
3.5.3 层元分析	42
3.5.4 整体分析	43
3.6 模型参数的确定	43
3.6.1 基床系数 k 的确定	43
3.6.2 泊松比 μ_0 的确定	46
3.6.3 土的变形模量 E_0 确定	47
第4章 交叉条形基础	50
4.1 设计与构造要求	50
4.1.1 地基承载力要求	50
4.1.2 一般计算要求	50
4.1.3 构造要求	51
4.2 条形基础内力简化分析方法	52
4.2.1 静定分析法	52
4.2.2 倒梁法	53
4.3 文克尔地基上梁的计算	55
4.3.1 弹性地基梁的挠曲微分方程	56
4.3.2 几种情况的特解	57
4.4 双参数弹性地基上梁的计算	61
4.4.1 挠曲微分方程	61
4.4.2 地基梁分析	62
4.5 地基上梁的有限差分法	63

4.5.1	有限差分方程	63
4.5.2	文克尔地基上梁的有限差分法	64
4.5.3	非文克尔地基的可变基床系数法	67
4.6	地基上梁的有限单元法	68
4.6.1	有限元分析步骤	68
4.6.2	梁的刚度矩阵	68
4.6.3	地基刚度矩阵	69
4.6.4	总刚度矩阵	70
4.7	交叉条形基础	70
4.7.1	节点荷载分配原则	71
4.7.2	节点类型和荷载分配公式	71
4.7.3	节点分配荷载的调整	73
第5章	筏形基础	74
5.1	设计原则与构造要求	74
5.1.1	设计要求	74
5.1.2	构造要求	75
5.2	筏板内力计算的简化方法	76
5.2.1	刚性板法	76
5.2.2	弹性板法	83
5.3	筏板的有限差分法	84
5.3.1	地基上板的挠曲微分方程	84
5.3.2	基础板内力的差分公式	86
5.3.3	节点挠度的差分方程	87
5.3.4	基础板内力计算	88
5.4	筏板的有限单元法	89
5.4.1	矩形薄板单元的应力矩阵	89
5.4.2	地基刚度矩阵	93
5.4.3	总刚度矩阵	94
第6章	箱形基础	100
6.1	设计原则与构造要求	100
6.2	地基计算	102
6.2.1	地基承载力计算	102
6.2.2	地基变形计算	103
6.3	基底反力计算	105
6.3.1	基底反力分布规律	105

6.3.2	基底反力计算方法	106
6.4	内力计算和基础强度验算	109
6.4.1	纵向挠曲变化规律	109
6.4.2	内力计算	110
6.4.3	基础强度验算	111
6.5	计算实例	113
第7章	桩基础工作性状分析	121
7.1	概述	121
7.1.1	桩基础特点	121
7.1.2	基桩的分类	121
7.1.3	桩型选择及基本布桩原则	123
7.2	单桩在竖向荷载作用下的工作性状及计算	124
7.2.1	竖向荷载下桩土体系的荷载传递	124
7.2.2	桩侧阻力的发挥特征	125
7.2.3	单桩的轴向刚度和桩的破坏模式	127
7.2.4	桩的负摩阻力	128
7.2.5	单桩竖向承载力验算公式	129
7.2.6	单桩竖向承载力设计值确定	130
7.3	群桩在竖向荷载作用下的工作性状及计算	135
7.3.1	群桩在竖向荷载作用下的工作性状	135
7.3.2	群桩竖向承载力计算	137
7.3.3	群桩沉降计算	139
7.4	桩基在水平荷载作用下的工作性状及计算	140
7.4.1	水平荷载作用下单桩破坏性状	140
7.4.2	水平荷载作用下弹性桩的计算	141
7.4.3	桩顶水平荷载效应及桩基水平承载力计算	142
7.4.4	单桩最大弯矩设计值计算	145
7.5	被动曲桩的工作性状与计算	146
7.5.1	被动曲桩的形成	146
7.5.2	单桩内力和变形计算	147
7.5.3	被动曲桩的单桩承载力分析	151
7.5.4	被动曲桩的工程处理	153
第8章	带桩基础计算与分析	154
8.1	竖向荷载下带桩基础设计的一般要求	154
8.1.1	设计基本原则	154
8.1.2	设计一般步骤	154

8.1.3 桩身结构设计	157
8.1.4 承台结构设计	159
8.2 桩筏(箱)基础内力计算	163
8.2.1 构造要求	163
8.2.2 计算方法的发展	164
8.2.3 刚性板法	164
8.2.4 弹性板法	165
8.3 桩筏(箱)基础设计验算	169
8.3.1 水平荷载验算	169
8.3.2 底板的抗剪计算	171
8.3.3 底板的抗冲切计算	173
8.3.4 局部受压验算	174
8.4 桩筏(箱)基础沉降计算	175
8.4.1 简易理论法	175
8.4.2 半经验方法	179

第9章 深基坑支护工程	181
9.1 设计规定	181
9.1.1 设计状态	181
9.1.2 安全等级	181
9.1.3 设计内容	181
9.1.4 支护结构的作用	182
9.2 支护结构形式及适用	182
9.2.1 放坡设计	182
9.2.2 悬臂式支护结构	183
9.2.3 土钉墙支护结构	183
9.2.4 重力式支护结构	183
9.2.5 桩锚式支护结构	184
9.2.6 内撑式支护结构	184
9.3 支护结构上的荷载计算	185
9.3.1 按经典土压力理论计算	185
9.3.2 按 Terzaghi-Peck 模式计算	186
9.4 支护结构计算的简化方法	187
9.4.1 结构力学方法	187
9.4.2 弹性地基梁法	188
9.5 支护结构设计与分析	188
9.5.1 悬臂式支护结构	188

9.5.2 单层锚杆支护结构	189
9.5.3 多层锚杆支护结构	190
9.5.4 锚杆的设计锚固力	191
9.5.5 基坑稳定分析	191
9.6 支护结构计算的有限元法	193
9.6.1 一维杆系有限元法	193
9.6.2 三维杆系有限元法	195
9.6.3 连续介质有限元法	196
9.6.4 三维杆系有限元法分析实例	197
参考文献.....	200

第1章 绪 论

1.1 基础工程设计特点

基础工程（Foundation Engineering）泛指包括地基及基础在内的所有下部结构工程，是工程体系中最为核心的部分。其研究内容为岩土地层中建筑工程的技术问题，即下部结构物与岩土相互作用共同承担上部结构物所产生的各种变形与稳定问题。

1.1.1 设计要求

由于基础结构一般构建于岩土地层中，所以基础工程的设计与分析不可避免地要考虑岩土和结构物的共同作用，也正是由于这种特殊的环境介质，使得基础结构的设计理论和计算方法与上部结构有较大的不同，涉及更多的复杂因素。大量工程实践表明，基础工程设计在土木建筑工程中有着非常重要的作用，基础的稳定性直接关系到建（构）筑物的安危和正常使用。因此，要求基础工程的设计质量得到最可靠的保证。

对于任何工程，基础结构的设计和计算都应在下述方面有足够的安全度：

- （1）地基不产生剪切破坏和失稳；
- （2）地基特征变形量不超过允许值；
- （3）基础结构满足承载力、刚度和耐久性要求，并满足使用需求。

对于承担重大荷载的高层建筑基础、桥梁基础、水利工程基础等，在设计中除满足上述要求外，还应综合考虑下述因素：

（1）竖向荷载和水平荷载的同时作用

这一类基础不仅承受大而集中的竖向荷载，而且风荷载和地震作用引起的倾覆力矩、水压力产生的水平作用力也对基础的安全有显著影响，因此要求基础和地基能提供更高的竖向与水平承载力。

（2）上部结构和地基基础的共同作用

一般来说，上部结构都与基础和地基同处于一个完整体系中，地基基础的工作性状对上部结构稳定性有明显影响，上部结构刚度对地基基础承载性能也有一定的贡献。

（3）对地基非均匀沉降的敏感性

承担重大荷载和较大水平荷载的基础由于对非均匀沉降比较敏感，因此由其产生的重心偏移可能会对建筑物产生明显危害。故在基础设计时，应保证沉降和倾斜在允许的范围内。

（4）环境效应

为了满足建筑使用功能和稳定性要求，基础工程的设置一般都有一定的埋深，且越高、重、大的建筑，基础埋深越大。因此，这一类基础工程施工的环境效应问题是一个非常突出的问题，经济合理的基坑支护结构和各种严密的防护措施是基础工程设计中应特别

予以重视的问题。

1.1.2 设计原则

各类基础的具体设计原则将在本书各相应章节分别介绍，本节仅阐述在基础工程设计中必须考虑的总体原则。

1. 一般规定

(1) 基础的选型

选型应根据上部结构情况、工程地质和施工条件等因素综合考虑确定，并应注意使上部结构重心与基础形心尽量重合，以防止建筑物倾斜。

(2) 基础的埋深

基础的埋置深度必须满足地基变形和稳定的要求，以减少建筑物的整体倾斜，防止建筑物的倾覆及滑移。

在满足地基稳定和变形要求的前提下，基础宜浅埋，当上层地基的承载力大于下层土时，宜利用上层土作持力层。除岩石地基外，基础埋深不宜小于 0.5m。

在抗震设防区，天然土地基上的箱形和筏形基础，埋深应不小于建筑高度的 1/15；采用桩基时当桩与箱底板或筏板连接符合要求时，桩箱或桩筏基础的埋深（不计桩长）不宜小于建筑物高度的 1/20 ~ 1/18。抗震设防烈度为 6 度或非抗震设计的建筑，基础埋深可适当减小。

位于岩石地基上的高层建筑，其基础埋深应满足抗滑要求。

基础宜埋置在地下水位以上，当必须埋在地下水位以下时，应采取措施使地基土在施工时不受扰动。

当存在相邻建筑物时，新建建筑物的基础埋深不宜大于原有建筑基础。如果必须大于，应注意在两基础间保持一定净距，净距大小由上部荷载、基础形式和土质情况确定。当这些要求不能满足时，可考虑采取分段施工、设临时加固结构或加固原有建筑物地基的措施，保证土体的稳定。

(3) 主建筑与裙房

主建筑物与裙房之间，经计算基础后期沉降差在允许范围内并采取了有关措施时，基础可以不分开，但应通过计算确定基础及上部结构由于差异沉降引起的内力，进行配筋。为减小主楼部分与裙房的差异沉降量，在施工时应采用施工后浇带断开，待主楼部分主体结构完成时再连接成整体。如采用桩基，可根据沉降情况，在高层部分主体结构未全部完成时连接成整体。

主建筑与裙房设沉降缝分开时，如两者的基础埋置深度相同或高差较小，则应采取措施保证高层部分基础的侧向约束。

2. 安全性、经济性、合理性

在基础工程设计中，无论是哪类基础，设计的总原则都要求安全性、经济性和合理性三方面兼顾，设计时必须同时满足。

安全性要求包括两个方面，一是基础与地基土相互之间的作用是稳定的；二是基础自身的结构强度是足够的。前者要求基础和地基在设计荷载作用下具有足够的承载力，同时不产生过量的变形和不均匀变形，后者要求基础结构内力必须在材料强度容许范

围内。

基础设计的经济性是要求在设计中要通过运用先进技术和手段，充分把握基础特性，通过多方案的比较，寻求最佳设计方案，使设计的基础造价最低。

基础设计的合理性是指基础的持力层选择、几何尺寸等布置合理，在设计上能充分发挥基础承载能力和减少基础内力，在施工中确实可行。另外，设计中按准确的内力计算结果确定基础材料强度等级和配筋率时，无论是整体还是局部，都要求设计结果既满足构造要求，又不过量配置材料；同时，不影响建筑物的使用功能。

建筑物整体是一个其各部分有着内在联系的共同作用系统，设计时必须综合考虑上部结构的特征和荷载、地基土的物理力学性质、基础的选型布置和材料特性、施工方法及其环境影响、工程的可靠度和造价等多种因素。这些因素既各具特点，又密切联系，构成了一个复杂、多层次的设计系统。因而，基础工程设计必须运用系统分析的理念，以安全、经济、合理作为设计目标，以规范规定的设计原则和使用、施工、环境等要求作为约束条件，将土工设计原理和土与结构物作用机理作为优化模型的理论基础，运用优化技术和工程经验对期望目标进行寻优，以使系统的各组成部分充分协调，保证整个工程设计的预定功能和目标的实现。

1.2 基础结构的常用类型

根据地基的支承条件和结构特点，基础结构的类型主要有以下几种：

- (1) 直接由天然地基支承的浅基础，如：条形基础、交叉条形基础、筏形基础、箱形基础；
- (2) 由地基较深土层支承的深基础，如桩基础、沉井基础、地下连续墙基础；
- (3) 由桩基和各类浅基础组成的复合基础，如：桩－箱基础、桩－筏基础等。

1.2.1 交叉条形基础

交叉条形基础由柱网下纵横两向钢筋混凝土条形基础组成，如图 1-1 所示。

交叉条形基础的采用一般应符合下列条件：

- (1) 上部结构传来的荷载不是太大、柱网较为均匀、柱距较小且各柱荷载差异较小；
- (2) 地基土质均匀、地基土承载力较高且压缩性较小；
- (3) 建筑物无地下室要求。

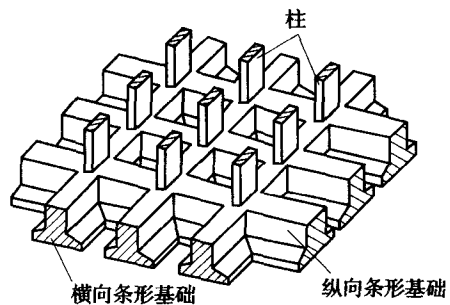


图 1-1 交叉条形基础

1.2.2 筏形基础

若上部结构传来的荷载较大，上述交叉条形基础不能够提供足够的承载面积时，可将条形基础的底面积扩大为整板基础，简称筏形基础。

筏形基础可以是一块等厚的钢筋混凝土平板，称为平板式筏基（图 1-2a）；当柱荷载较大时，也可以局部加大柱下面的基础板厚度，形成梁板式筏基，使其能承受相应的剪力

和负弯矩（图 1-2b）；或设计成墩板式筏基（图 1-2c）；如果柱距太大或柱荷载差将产生较大的弯曲应力时，则可沿柱轴线采用加厚的基础板肋带，形成格形梁板式筏基（图 1-2d 所示的刚性结构），或使基础板与地下室墙组成刚架。

一般在下列情况下可考虑采用筏形基础：

- （1）软土地基上采用交叉条形基础不能满足建筑物的容许变形和地基承载力要求时；
- （2）当建筑物的柱距较小，而柱荷载很大，必须将基础连成一体后才能满足地基承载力要求时；
- （3）在风荷载或地震作用下，欲使基础有足够的刚度和稳定性时。

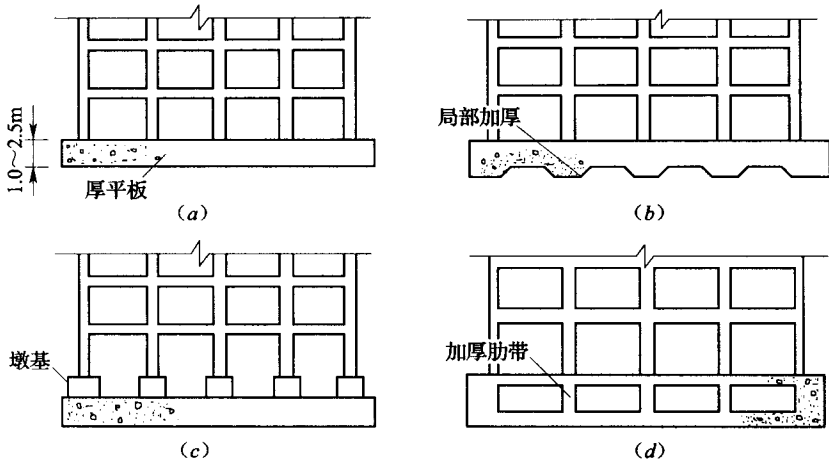


图 1-2 筏形基础的一般形式

(a) 平板式筏基；(b) 梁板式筏基；(c) 墩板式筏基；(d) 格形梁板式筏基

1.2.3 箱形基础

当上部结构荷载较大、底层墙柱间距过大、地基承载力相对较低、采用筏形基础不能满足要求时，可考虑采用箱形基础。箱形基础是由钢筋混凝土底板、顶板和纵横交错的隔墙组成的一个空间的整体结构（图 1-3）。这种基础本身具有很大的刚度和整体性，能够抵抗并协调由于软弱地基在大荷载作用下产生的不均匀变形，并能加大基底面积，使上部荷载均匀地传递到地基土层中去，减少建筑物的不均匀沉降，基础本身还可以被利用作为地下室。

箱形基础具有下述特性：

- （1）基础本身刚度很大，计算中可将上部结构视为嵌固于基础；
- （2）基础的形式能够增强结构和周围土体的协同工作，因而可增加建筑物的整体稳定性；
- （3）基础的埋深一般较大，使之既有利于提高地基承载力，又由于基础体积所占空间部分挖去的土方重量能够部分或全部抵消基础重量，减小基底附加

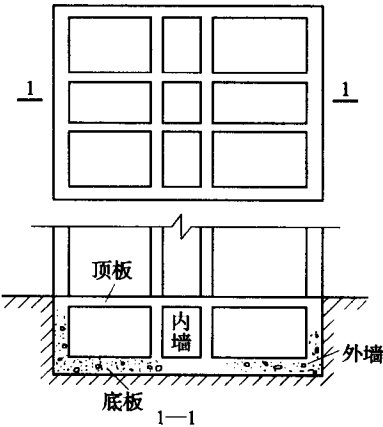


图 1-3 箱形基础

压力，因而是一种理想的补偿基础；

(4) 基础较好的整体性使其具有较好的抗震性能。

1.2.4 桩基础

桩基础是目前各类建筑最常用的基础形式，具有承载能力大，能抵御复杂荷载以及能良好地适应各种地质条件的优点，尤其对于软弱地基，桩基础是最理想的基础形式之一。

根据结构形式的特点，桩基础又被分为下述几种。

1. 桩－柱基础

桩－柱基础即柱下独立桩基础，可以是单根桩，亦可以由几根桩联合组成。为了加强基础结构的整体性，特别是为了提高抵御水平荷载的能力，通常在各个桩－柱基础之间设置拉梁相互连接，或将地下室底板适当加强。

桩－柱基础是框架结构或含有部分框架结构（如框剪结构、框筒结构等）的一种造价较低的基础形式，但有较严格的适用条件，特别是单桩柱基一般只适用于端承桩。

2. 桩－梁基础

桩－梁基础系指框架柱荷载通过基础梁（或承台梁）传递给桩的桩基础。沿柱网轴线布置一排或多排桩，桩顶用刚度很大的基础梁相连接，以便将柱网荷载较均匀地分配给每根桩。这种结构形式比仅靠拉梁相连的桩－柱基础具有较高的整体刚度和稳定性，在一定程度上具有调整不均匀沉降的能力。

一般来说，桩－梁基础主要适用于端承桩的情况。

3. 桩－墙基础

桩－墙基础系指剪力墙或实腹筒壁下的单排桩或多排桩基础。剪力墙可看作特殊的深梁，以其巨大的刚度把荷载较均匀地传给各支承桩，无需再设置基础梁。但由于桩径尺寸一般大于剪力墙厚度和筒壁厚度，故为了保证桩与墙体或筒体很好地共同工作，通常在桩顶做一条形承台，其尺寸按构造要求确定。

4. 桩－筏基础

当受地质条件或施工条件限制，单桩的承载力不高，而不得不满堂布桩或局部满堂布桩才足以支承建筑荷载时，常通过整块钢筋混凝土板把柱、墙（筒）集中荷载分配给桩。根据浅基础的分类习惯，通常将此板称为筏，而将这一类基础称为桩－筏基础。筏可做成梁板式或平板式。

从设计角度看，应注意鉴别某种形似桩－筏而实为桩－墙的基础形式。如有时将柱下或墙下端承桩顶承台之间的拉梁省去，而代之以整块现浇板，这种板实际上并不传递竖向荷载，仅能传递水平荷载，起着增强建筑物基础横向整体稳定性的作用。其设计计算不同于桩－筏基础。

5. 桩－箱基础

桩－箱基础是通过具有底板、顶板、外墙和若干纵横内隔墙构成的空箱结构将上部结构分配给桩。由于其刚度很大，具有调整各桩受力和沉降的良好性能，因此在软弱地基上建造高层建筑时较多采用这种基础形式。

有些带地下室的基础看上去像是桩－箱基础，实际上却是桩－筏基础。主要区别在于这类基础没有按箱基要求设置纵、横贯通的内隔墙，因此其整体刚度比箱基小得多。

上述几种基础形式是目前各类建筑所采用的典型基础形式。事实上,随着土木工程的发展和施工技术的进步,基础形式也得到了很大的发展,变得更加灵活多样。目前在设计中已不仅仅只是采用上述某种单一的基础形式,而是综合多种基础的特点,形成优化基础形式,以取得更好的技术效果和使用效果。

1.3 基础工程设计方法的演进和前瞻

随着土木工程的迅速发展,相应的基础工程设计研究也取得了显著的成果,一些与上部结构设计发展水平不相适应的传统观念正在逐渐被新的设计思维所代替,特别是对一些先进的设计概念、设计方法的实用研究,使得安全、经济、合理三者之间的有机统一正在逐步由抽象、定性转为具有实际内涵的定量设计目标。

1.3.1 静力平衡方法和共同作用设计方法

如同地基基础学科中的许多问题一样,在共同作用设计这一研究领域也是工程实践先于理论研究。早在20世纪30年代,上海地区就在高层建筑桩基础设计中采用了最简单的桩土荷载分配设计方法,即对于基础底面有效面积范围内的土层,按 80kN/m^2 的承载力来分担部分建筑物荷载,余下的荷载才由桩承担。这种设计方法虽然在机理方面缺乏必要研究和描述,但在理论上是较先进的,而且在实践上也易于操作,基于此方法设计的建筑物也是成功的。事实证明,按这种方法设计的许多建筑并没有发生过量沉降和其他的基础质量方面的问题。

随后,根据设计中对上部结构、基础、地基接触点处理方式的考虑,基础工程的设计理念和研究过程在国内大致经历了如下三个阶段的发展过程:

- (1) 只满足接触点静力平衡的设计方法;
- (2) 在满足静力平衡基础上同时考虑地基与基础接触点变形协调的设计方法;
- (3) 在满足静力平衡基础上同时考虑上部结构与基础接触点、地基与基础接触点变形协调的设计方法。

上述第一阶段的方法是首先将上部结构的刚度视为无穷大,从而将基础与上部结构连接的节点看作是不动铰支点,然后在基础底部接触压力为直线分布的假定下计算基础内力。显然,这样计算的结果只满足了总荷载与总反力的静力平衡条件,未考虑各接触点上位移连续的条件,因而与基础的实际工作状态是不相符的,会造成各支座反力的分配和地基反力的分布与实际情况存在差异,并可能导致计算内力和变形与实际有较大的偏离。

这一阶段的设计方法不仅未能将上述桩土荷载分配设计法在理论上予以发展和完善,而且在设计理念上是倒退的,即完全采用结构力学的方法将整个平衡体系分割成三个独立的部分:上部结构、基础和地基,然后每个部分单独求解。从计算结果看,这类方法在总体上是偏于保守的,其代表性方法有倒梁法、倒楼盖法等,统称为不考虑共同作用性状的设计方法。

第二阶段的方法是先将基础的刚度视为无限大,求出上部结构在基础顶面处的墙柱脚固端反力,然后再把该反力作用于基础,在同时考虑基础与地基静力平衡和变形协