

高校土木工程专业规划教材

GAOXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

基础工程

龚晓南 主编

JICHUGONGCHENG

中国建筑工业出版社

高校土木工程专业规划教材

基 础 工 程

龚晓南 主编

应宏伟 王 钊 杨晓军 王立忠

童小东 俞建霖 陈东霞

参编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

基础工程/龚晓南主编. ——北京: 中国建筑工业出版社,

2008

高校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-112-09864-4

I. 基… II. 龚… III. 地基-基础 (工程)-高等学校-教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 093662 号

本教材是根据全国高等学校土木工程专业指导委员会编制的教学大纲编写的, 是指导委员会推荐的本书主编主持编写的另一部《土力学》教材的姊妹篇。内容包括浅基础、桩基础与深基础的设计、计算、施工, 地基处理与复合地基 (换土垫层法、排水固结法、深层搅拌法、挤密砂石桩法、强夯法、加筋土挡墙法等), 基坑工程, 动力机器基础, 特殊土地基处理 (湿陷性黄土、红黏土、软土、填土、冻土、膨胀土等), 既有建筑物地基加固及纠倾等。注重基本概念的阐述和工程设计实践, 并附有许多算例、习题与思考题。

本书可作为土木工程各专业, 如建筑工程、水利工程、道桥工程、市政工程、地下工程等专业基础工程课程教材, 亦可供土建、水利专业人员学习参考。

* * *

责任编辑: 朱象清 吉万旺

责任设计: 赵明霞

责任校对: 王 爽 刘 钰

高校土木工程专业规划教材

基础工程

龚晓南 主编

应宏伟 王 钊 杨晓军 王立忠 参编
童小东 俞建霖 陈东霞

*

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

北京红光制版公司制版

北京市兴顺印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18½ 字数: 444 千字

2008 年 7 月第一版 2008 年 7 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-09864-4

(16568)

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)

前 言

为了适应土木工程专业教学改革的需要,根据高校土木工程专业指导委员会组织制定的教学大纲组织编写大学本科教材《基础工程》,与《土力学》(龚晓南主编,2002,中国建筑工业出版社)为姊妹篇,供各校选用。

《基础工程》由浙江大学教授龚晓南博士主编,全书包括八章,章名和编写人为:绪论(龚晓南博士)、浅基础(浙江大学副教授应宏伟博士,厦门大学讲师陈东霞硕士),桩基础和深基础(武汉大学教授王钊博士),地基处理与复合地基(龚晓南博士),基坑工程(浙江大学杨晓军博士),动力机器基础与地基基础抗震(浙江大学教授王立忠博士),特殊土地基基础工程问题(东南大学教授童小东博士),既有建筑物地基加固及纠倾(浙江大学副教授俞建霖博士)等。教学时数各校可根据具体情况灵活确定,教学内容请注意与相关课程的配合。书中带“*”号的内容可以不作为教学内容。

在编写过程中作者参考和引用了许多科研、高校和工程单位的研究成果和工程实例,在此一并表示衷心的感谢。

限于作者水平,书中难免有不当和错误之处,敬请读者批评指正。

目 录

第1章 绪论	1	2.7.1 地基变形验算	32
1.1 建筑物对地基要求和基础工程的重要性	1	2.7.2 按允许沉降差调整基础底面尺寸	37
1.2 基础工程发展概况	1	2.7.3 地基稳定性验算	39
1.3 基础工程课程内容与学习方法	2	2.8 浅基础结构设计与计算	40
1.4 关于地基承载力表达形式的说明	2	2.8.1 无筋扩展基础设计	40
思考题	4	2.8.2 墙下钢筋混凝土条形基础设计	42
第2章 浅基础	5	2.8.3 柱下钢筋混凝土独立基础设计	45
2.1 概述	5	2.9 减轻不均匀沉降危害的措施	49
2.2 浅基础的类型以及适用条件	6	2.9.1 建筑措施	50
2.2.1 扩展基础	6	2.9.2 结构措施	53
2.2.2 柱下条形基础	8	2.9.3 施工措施	54
2.2.3 柱下交叉条形基础	8	习题与思考题	55
2.2.4 筏形基础	9	参考文献	56
2.2.5 箱形基础	9	第3章 桩基础与深基础	58
2.2.6 壳体基础	10	3.1 概述	58
2.3 浅基础的设计计算原则	11	3.2 桩基分类与成桩工艺	59
2.3.1 浅基础实用简化设计方法	11	3.2.1 桩的类型	59
2.3.2 地基、基础与上部结构相互作用的概念	12	3.2.2 群桩基础	63
2.3.3 地基基础设计基本原则	15	3.2.3 沉桩方法	63
2.4 基础埋置深度	18	3.2.4 现场灌注桩	64
2.5 地基承载力的确定	21	3.2.5 桩基础的构造	65
2.5.1 地基承载力特征值及影响其大小的因素	21	3.3 单桩的轴向荷载传递	67
2.5.2 地基承载力特征值的确定	21	3.3.1 荷载传递机理	67
2.6 基础底面尺寸的确定	27	3.3.2 负摩阻力	67
2.6.1 按地基持力层承载力计算基底尺寸	27	3.4 单桩竖向承载力的确定	69
2.6.2 软弱下卧层的承载力验算	30	3.4.1 单桩竖向承载力的分析与计算	69
2.7 地基变形与稳定性验算	32	3.4.2 桩的载荷试验	74
		3.4.3 打桩公式(动力分析)	76
		3.4.4 规范的方法	77

3.4.5 桩的抗拔力	79	4.6.3 土体固结抗剪强度	121
3.5 单桩的水平承载力	80	4.6.4 堆载预压法设计	122
3.5.1 水平荷载作用下的竖直桩	80	4.6.5 堆载预压法施工与	125
3.5.2 横向静载荷试验	84	4.6.6 真空预压法	125
3.6 桩基础的设计	84	4.7 深层搅拌法	126
3.6.1 群桩效应	84	4.7.1 加固机理、分类与	126
3.6.2 竖向承载力设计	86	4.7.2 设计	127
3.6.3 群桩的抗拔力	89	4.7.3 质量检验	129
3.6.4 群桩的水平承载力	89	4.8 挤密砂石桩法	129
3.7 桩基沉降计算	90	4.8.1 加固机理与适用范围	129
3.7.1 实体深基础法	90	4.8.2 设计	130
3.7.2 明德林应力公式法	91	4.8.3 施工与质量检验	131
3.8 地下连续墙、沉井与	96	4.9 强夯法	132
沉箱基础	96	4.9.1 加固机理与适用范围	132
3.8.1 地下连续墙	97	4.9.2 设计	133
3.8.2 沉井	98	4.9.3 质量检验	135
3.8.3 沉箱*	100	4.10 低强度桩复合地基*	136
习题与思考题	100	4.10.1 加固机理与适用范围	136
参考文献	101	4.10.2 设计	136
第4章 地基处理与复合地基	102	4.10.3 施工与质量检验	137
4.1 概述	102	4.11 加筋土挡墙法*	138
4.2 地基处理原理与地基处理	103	习题与思考题	139
方法分类	103	参考文献	139
4.3 地基处理选用原则与	106	第5章 基坑工程	140
规划程序	106	5.1 概述	140
4.4 复合地基概论	108	5.1.1 基坑围护体系的作用	140
4.4.1 发展概况	108	5.1.2 基坑工程的特点	140
4.4.2 定义与分类	108	5.2 围护形式类型以及	141
4.4.3 桩体复合地基承载力计算	109	适用范围	141
4.4.4 复合地基沉降计算	112	5.2.1 围护结构形式分类	141
4.4.5 基础刚度与垫层对桩体	114	5.2.2 放坡开挖结构及适用范围	142
复合地基性状影响	114	5.2.3 水泥土重力式围护结构及	142
4.5 换土垫层法	115	适用范围	142
4.5.1 加固机理和适用范围	115	5.2.4 悬臂式围护结构及	143
4.5.2 设计	115	适用范围	143
4.5.3 施工与质量检验	117		
4.6 排水固结法	117		
4.6.1 加固机理与适用范围	117		
4.6.2 地基固结度计算	118		

5.2.5	内撑式围护结构及 适用范围	143
5.2.6	拉锚式围护结构及 适用范围	143
5.2.7	土钉支护及适用范围	144
5.2.8	其他形式围护结构及 适用范围	144
5.3	土压力计算	145
5.3.1	概述	145
5.3.2	水土合算土压力	146
5.3.3	水土分算侧压力	146
5.3.4	附加荷载引起的附加 侧压力	147
5.3.5	特定算法中的土压力*	148
5.4	放坡开挖设计计算	149
5.4.1	概述	149
5.4.2	边坡的坡度允许值	150
5.4.3	边坡稳定验算	151
5.4.4	土坡坡面的防护	153
5.5	重力式围护结构设计计算	154
5.5.1	概述	154
5.5.2	设计计算	154
5.5.3	构造及施工	156
5.6	桩墙式支护	157
5.6.1	概述	157
5.6.2	悬臂式支护静力平衡 法 (Blum 法)	157
5.6.3	等值梁法	158
5.6.4	弹性地基梁法	160
5.6.5	桩墙式围护稳定分析	163
5.7	土钉支护设计计算	165
5.7.1	概述	165
5.7.2	土钉支护作用机理*	166
5.7.3	土钉支护设计计算	167
5.8	基坑降水	172
5.8.1	降水作用与适用条件	172
5.8.2	降水方法与适用范围	173
5.8.3	井点降水设计计算	175
5.8.4	回灌	178

习题与思考题	179
参考文献	180
第 6 章 动力机器基础	181
6.1 概述	181
6.2 实体式机器基础振动原理	181
6.2.1 质阻弹理论	182
6.2.2 弹性半空间理论	188
6.3 振动对地基承载力的影响与 地基动力参数	190
6.3.1 振动对地基承载力的影响	190
6.3.2 天然地基动力参数	190
6.3.3 桩基动力参数	192
6.4 基础的减振与隔振	194
思考题	197
参考文献	197
第 7 章 特殊土地基处理	199
7.1 概述	199
7.2 湿陷性土	199
7.2.1 概述	200
7.2.2 湿陷性黄土地基的评价	201
7.2.3 湿陷性黄土地区建筑物的 设计措施	204
7.2.4 湿陷性黄土地基的 处理方法	206
7.3 红黏土*	210
7.3.1 概述	210
7.3.2 红黏土地区建筑物的 设计原则	211
7.4 软土	213
7.4.1 概述	213
7.4.2 软土地区建筑物的 设计措施	214
7.4.3 软土地基的处理方法	215
7.5 填土	217
7.5.1 概述	217
7.5.2 素填土、杂填土、冲填土	217
7.5.3 素填土、杂填土、冲填土 地基的处理	219
7.5.4 压实填土	221

7.6 多年冻土*	222	8.1.1 既有建筑物进行地基加固及 纠倾的原因	244
7.6.1 概述	223	8.1.2 既有建筑地基基础的鉴定	245
7.6.2 多年冻土地基的设计原则	225	8.1.3 既有建筑地基加固与纠倾前的 准备工作	246
7.6.3 多年冻土地基的处理方法	225	8.1.4 既有建筑地基加固与纠倾中的 监测工作	247
7.7 膨胀土	228	8.2 既有建筑物地基加固	247
7.7.1 概述	228	8.2.1 基础扩大和加固技术	248
7.7.2 膨胀土地基的建筑物设计原则 与设计措施	229	8.2.2 墩式托换技术*	250
7.7.3 膨胀土地基处理方法	230	8.2.3 锚杆静压桩托换技术	251
7.8 盐渍土*	231	8.2.4 坑式静压桩托换技术*	255
7.8.1 概述	231	8.2.5 树根桩托换技术	256
7.8.2 盐渍土地基、基础的 设计要求	236	8.2.6 高压喷射注浆法 托换技术*	260
7.8.3 盐渍土地基的处理方法	236	8.2.7 注浆法托换技术*	262
7.9 残积土	239	8.3 既有建筑物纠倾	263
7.9.1 概述	239	8.3.1 概述	263
7.9.2 残积土地基的设计原则和 施工措施	239	8.3.2 堆(卸)载纠倾技术*	266
7.10 污染土*	240	8.3.3 掏土纠倾技术	267
7.10.1 概述	240	8.3.4 顶升纠倾技术	270
7.10.2 污染土的腐蚀作用机理	240	8.3.5 其他纠倾技术*	275
7.10.3 污染土地基处理方法	240	8.4 既有建筑物迁移	276
习题与思考题	241	8.4.1 概述	276
参考文献	242	8.4.2 既有建筑迁移设计*	278
第8章 既有建筑物地基加固 及纠倾	244	习题与思考题	284
8.1 概述	244	参考文献	284

第1章 绪论

1.1 建筑物对地基要求和基础工程的重要性

“高楼万丈平地起”，任何建筑物（包括房屋和构筑物）都要坐落在地基上。图 1-1 为一建筑物示意图，上部结构的荷载通过基础再传递给地基。为了保证坐落在地基上的建筑物的安全，地基应具有足够的承载能力，在荷载作用下地基不能产生破坏，并根据其重要性而具有相应的安全储备；地基在荷载作用下产生的变形也不能超过容许值。

当天然地基能够满足承载力和变形的要求时，应尽量采用天然地基。当天然地基不能满足上述要求时，则需要对天然地基进行处理，形成能够满足上述要求的人工地基，或者将基础加深，使之坐落在能够满足上述要求的土层上。

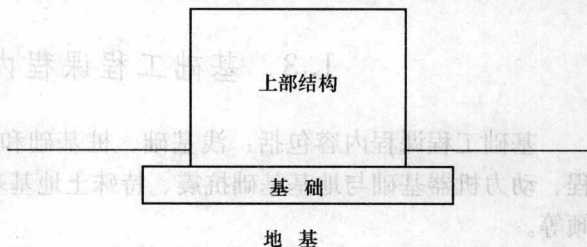


图 1-1 建筑物示意图

上部结构、基础和地基三者是一个整体。基础的形式很多，按埋置深度可分为浅基础（条形基础、柱基础和筏板基础等）、深基础（沉井、沉箱和桩基础等）和明置基础。按基础变形特性可分为柔性基础和刚性基础。按基础形式可分为独立基础、联合基础、条形基础、筏板基础、桩基础、箱形基础等多种形式。基础设计时应根据上部结构的要求和场地工程地质条件合理选用基础形式，做到技术合理、经济、满足环境保护等要求。

基础工程的研究对象是建筑物的基础和地基，是土木工程的一部份。对一般建筑物主要是地面以下部分。

地基土体是自然历史的产物，其物理力学性质十分复杂。基础工程又是隐蔽工程。在土木工程建设领域中，与上部结构比较，基础工程的不确定因素多、问题复杂、难度大。基础工程问题处理不好，后果严重。据调查统计，在世界各国发生的土木工程的工程事故中，源自基础工程问题的工程事故占多数。因此，处理好基础工程问题，不仅关系所建工程是否安全可靠，而且关系所建工程投资大小。基础工程在土木工程中的重要性是很明显的。

1.2 基础工程发展概况

基础工程在我国的发展可以追溯到古代，我们的祖先第一次使用灰土垫层和木桩的日期估计难以考证。在人类历史发展过程中，随着土木工程的发展，基础工程技术也在不断

发展。

18 世纪欧洲工业革命开始以后,随着工业化的发展,建筑工程、道路工程和桥梁工程的建设规模不断扩大,促使人们重视基础工程的研究。作为基础工程的基础学科土力学也得到了人们的重视。太沙基根据试验研究和工程实践经验,于 1925 年出版第一本《土力学》著作,标志着土力学学科的形成。土力学的发展促进了现代基础工程技术的发展。

现代基础工程技术是伴随现代化建设发展而发展的。20 世纪 80 年代改革开放以后,我国土木工程建设掀起了高潮,基础工程技术在飞速进步。城市化建设的推进、地下空间的开发利用、高速公路的发展、跨海大桥的建设等极大地推动了基础工程的发展。

需求促进发展,实践发展理论。在工程建设的推动下,近些年来我国基础工程技术发展很快,基础工程技术水平不断提高。学习、总结国内外基础工程技术方面的经验教训,掌握基础工程技术,对于土木工程师特别重要。搞好基础工程对保证工程质量、加快工程建设速度、节省工程建设投资具有特别重要的意义。

1.3 基础工程课程内容与学习方法

基础工程课程内容包括:浅基础、桩基础和深基础、地基处理与复合地基、基坑工程、动力机器基础与地基基础抗震、特殊土地基基础工程问题、既有建筑物地基加固及纠倾等。

建筑物的形式丰富多彩,工程地质条件复杂多变,基础形式很多,因此基础工程课程内容很广。学习基础工程需要有材料力学、土力学、工程地质学以及结构力学等学科知识。基础工程与土力学关系非常密切。有的基础工程教材不仅包括上述基础工程的内容,还包括工程地质学和土力学的相关内容。

基础工程是一门实践性很强的学科,在学习基础工程课程时,一定要紧密结合工程实际,有条件的可结合工程案例学习。上部结构、基础和地基要综合考虑。前面已经提到作用在建筑物上荷载是通过基础再传递给地基的,基础工程的研究对象是建筑物的基础和地基。在学习某一基础形式时,首先要搞清楚荷载的传递路线、传递规律,也就是力的传递和力的平衡;然后是相应的地基承载力和地基变形。荷载的传递规律往往比较复杂,需要学会抓主要矛盾。基础工程设计就是如何保证在荷载传递过程中建筑物的使用安全、可靠,而且经济。

1.4 关于地基承载力表达形式的说明*

我国在不同时期、不同行业的规范中对地基承载力的表达采用了不同的形式和不同的测定方法。因此,在已发表的论文、工程案例、出版的著作和已完成的设计文件中对地基承载力也采用了多种不同的形式表达。对地基承载力的表达形式主要有下述几种:地基极限承载力、地基容许承载力、地基承载力特征值、地基承载力标准值、地基承载力基本值以及地基承载力设计值等等。在介绍上述不同表述的地基承载力概念前,先介绍土塑性力学中关于条形基础 Prandtl 极限承载力解的基本概念。

条形基础 Prandtl 极限承载力解的极限状态示意图如图 1-2 所示。

设条形基础作用在地基上的压力为均匀分布, 基础底面光滑。地基为半无限体, 土体应力应变关系服从刚塑性假设, 即当土体中应力小于屈服应力时, 土体表现为刚体, 不产生变形, 当土中应力达到屈服应力时, 土

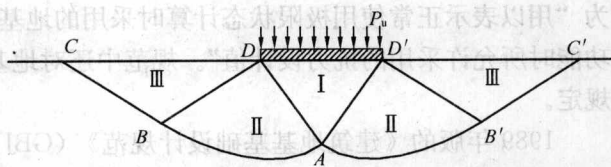


图 1-2 Prandtl 解示意图

体处于塑性流动状态。土体的抗剪强度指标为 c 、 φ 。在求解中不考虑土体的自重。根据土塑性力学理论, 当条形基础上荷载处于极限状态时, 地基中产生的塑性流动区如图 1-2 所示。图中 I 和 III 区为等腰三角形, II 区为楔形, 其中 AB 和 AB' 为对数螺线。图 1-2 中 $\angle ADD'$ 和 $\angle AD'D$ 为 $\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}$, $\angle BCD$ 和 $\angle B'C'D'$ 为 $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$, $\angle ADB$ 和 $\angle AD'B'$ 为 $\frac{\pi}{2}$ 。

根据极限分析理论或滑移线场理论, 可得到条形基础极限荷载 P_u 的表达式为:

$$P_u = c \cot \varphi \left[\frac{1 + \sin \varphi}{1 - \sin \varphi} \exp(\pi \tan \varphi) - 1 \right] \quad (1-1)$$

式中 c ——土体黏聚力;

φ ——内摩擦角。

当 $\varphi=0$ 时, 式 (1-1) 蜕化成

$$P_u = (2 + \pi)c \quad (1-2)$$

土力学及基础工程中的太沙基地基承载力解等表达形式均源自该 Prandtl 解, 可根据一定的条件, 通过对式 (1-1) 进行修正获得。

地基极限承载力是地基处于极限状态时所能承担的最大荷载, 或者说地基产生失稳破坏前所能承担的最大荷载。

地基极限承载力也可通过载荷试验确定。在载荷试验过程中, 通常取地基处于失稳破坏前所能承担的最大荷载为极限承载力值。

对某一地基而言, 一般说来地基极限承载力值是唯一的。或者说对某一地基, 地基极限承载力值是一确定值。

地基容许承载力是通过地基极限承载力除以安全系数得到的。影响安全系数取值的因素很多, 如安全系数取值大小与建筑物的重要性、建筑物的基础类型、采用的设计计算方法以及设计计算水平等因素有关, 还与国家的综合实力、生活水平以及建设业主的实力等因素有关。因此, 一般说来对某一地基而言, 其地基容许承载力值不是唯一的。

在工程设计中安全系数取值不同, 地基容许承载力值也就不同。安全系数取值大, 该工程的安全储备也大; 安全系数取值小, 该工程的安全储备也小。

在工程设计中, 地基容许承载力是设计人员能利用的最大地基承载力值, 或者说在工程设计中, 地基承载力取值不能超过地基容许承载力值。

地基极限承载力和地基容许承载力是国内外基础工程设计中最常用的概念。

地基承载力特征值、地基承载力标准值、地基承载力基本值、地基承载力设计值等都是与相应的规范规程配套使用的地基承载力表达形式。

现行《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002) 采用的地基承载力表达形式是地基承载力特征值, 对应的荷载效应为标准组合。在条文说明中对地基承载力特征值的解释

为“用以表示正常使用极限状态计算时采用的地基承载力值,其涵义即为在发挥正常使用功能时所允许采用的抗力设计值”。规范中还对地基承载力特征值的试验测定作出了具体规定。

1989年版的《建筑地基基础设计规范》(GBJ 7—89)采用地基承载力标准值、地基承载力基本值和地基承载力设计值等表达形式。地基承载力标准值是按该规范规定的标准试验方法经规范规定的方法统计处理后确定的地基承载力值。也可以根据土的物理和力学性质指标,根据规范提供的表确定地基承载力基本值,再经规范规定的方法进行折算后得到地基承载力标准值。对地基承载力标准值,经规范规定的方法进行基础深度、宽度等修正后可得到地基承载力设计值,对应的荷载效应为基本组合。这里的地基承载力设计值应理解为工程设计时可利用的最大地基承载力取值。

在某种意义上可以将上述规范中所述的地基承载力特征值和地基承载力设计值理解为地基容许承载力值,而地基承载力标准值和地基承载力基本值是为了获得上述地基承载力设计值的中间过程取值。

笔者认为掌握了地基极限承载力、地基容许承载力以及安全系数这些最基本的概念,就不难在此基础上理解各行业现行及各个时期的规范内容,并能够使用现行规范进行工程设计。

除采用极限承载力和容许承载力概念外,为配合现行《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002),本教材也采用地基承载力特征值的概念。

思考题

1. 简述建筑物对地基的要求。
2. 简述基础工程的学科特点。
3. 简述地基极限承载力、地基容许承载力和地基承载力特征值的概念。

第2章 浅基础

2.1 概 述

地基和基础在建筑物的设计和施工中占有重要地位,它对建筑物的安全和工程造价影响很大。因此,合理选择地基基础的类型非常重要。设计地基基础时,应主要考虑以下因素:一是建筑物的性质,包括其用途、上部结构类型、重要性、荷载的大小及性质;二是场地工程地质和水文地质条件,三是施工条件、工期和造价等其他方面的要求。

常见的地基基础形式主要分为:天然地基或人工地基上的浅基础、复合地基、深基础、深浅结合的基础(如桩-筏、桩-箱基础)等。如果地基为良好土层或上部有较厚的良好土层,一般将基础直接设置在天然土层上,此时地基称之为天然地基,采用地基处理方法对上部土层进行改良后的地基则称为人工地基。如果基础的埋置深度较小(小于5m),或者虽然埋置深度超过5m但小于基础宽度(如筏形基础、箱形基础等大尺寸基础),这类基础称为浅基础,从建筑物荷载传递过程的角度来分析,浅基础是通过基础底面把荷载扩散分布于浅部地层,如墙下、柱下扩展基础,计算中不考虑基础侧面摩阻力。深基础的埋置深度与基础底面相比则较大,其作用是把承受的荷载相对集中地传递到地基深部,如桩基础。一般而言,天然地基上浅基础埋置深度不深,无需复杂的施工设备,便于施工,而且工期短、造价低,在满足地基承载力和变形要求的前提下,应优先选用。若采用简单的浅基础方案难以满足地基承载力和变形要求,则应考虑采用天然地基上的复杂浅基础(如连续基础)、复合地基、人工地基上的浅基础或深基础等地基基础形式。

天然地基上浅基础的设计内容包括下列各方面:

- (1) 初步选择基础的材料和结构形式;
- (2) 确定基础的埋置深度;
- (3) 计算地基承载力特征值,并经过深度和宽度修正,确定修正后的地基承载力特征值;
- (4) 根据作用在基础顶面荷载和深宽修正后的地基承载力特征值,计算基础的底面积;
- (5) 计算基础高度并确定剖面形状;
- (6) 若地基持力层下部存在软弱土层时,需验算软弱下卧层的承载力;
- (7) 地基基础设计等级为甲、乙级建筑物和部分丙级建筑物应计算地基的变形;
- (8) 对建在斜坡上或有水平荷载作用的建筑物,必要时验算建筑物的稳定性;
- (9) 基础细部结构和构造设计;
- (10) 绘制基础施工图。

(1)~(7)中不满足要求时,应对基础设计进行调整,如加大埋深或加宽基础等措施,直至全部满足要求。

天然地基上浅基础设计所需资料,包括以下几项:

- (1) 建筑场地的地形图;
- (2) 岩土工程勘察成果报告;
- (3) 建筑物平面图、立面图、荷载、特殊结构物布置与标高;
- (4) 建筑场地环境,邻近建筑物基础类型与埋深,地下管线分布;
- (5) 工程总投资与当地建筑材料供应情况;
- (6) 施工队伍技术力量与工期要求。

如果地基软弱,为了减轻不均匀沉降的危害,在进行基础设计的同时,更应把地基、基础和上部结构视为一个统一的整体,从三者相互作用的概念出发,从整体上对建筑设计和结构设计采取相应的措施,并对施工提出具体要求。

本章主要讨论浅基础的类型及天然地基上浅基础的设计原则、计算方法,这些原则和方法也基本适用于人工地基上的浅基础。

2.2 浅基础的类型以及适用条件

浅基础根据结构形式主要可分为扩展基础、联合基础、柱下条形基础、柱下交叉条形基础、筏形基础、箱形基础和壳体基础等。根据基础所用材料的性能可分为无筋基础(刚性基础)和钢筋混凝土基础。

2.2.1 扩展基础

墙下条形基础和柱下独立基础(单独基础)统称为扩展基础。扩展基础的作用是把墙或柱的荷载扩散分布于基础底面,使之满足地基承载力和变形的要求。扩展基础包括无筋扩展基础和钢筋混凝土扩展基础。

1. 无筋扩展基础

由砖、毛石、素混凝土、毛石混凝土以及灰土等材料修建的墙下条形基础或柱下独立基础称为无筋扩展基础,旧称刚性基础(图 2-1)。无筋扩展基础的材料抗压强度较大,但抗拉和抗剪强度都不高,为了使基础内产生的拉应力和剪应力不超过相应的材料强度设计值,设计时需加大基础的高度。

采用砖或毛石砌筑无筋扩展基础时,在地下水位以上可用混合砂浆,在水下或地基土潮湿时则应采用水泥砂浆。当荷载较大,或要减小基础高度时,可采用素混凝土基础,也可以在素混凝土中掺体积占 25%~30%的毛石(石块尺寸不宜超过 300mm),即做成毛石混凝土基础,以节约水泥。灰土基础宜在比较干燥的土层中使用,多用于我国华北和西北地区。灰土由石灰和土配制而成,作为基础材料用的灰土一般为三七灰土(体积比),即用三分石灰和七分黏性土拌匀后在基槽内分层夯实,夯实合格的灰土承载力可达 250~300kPa。在我国南方常用三合土基础。三合土是由石灰、砂和骨料(矿渣、碎砖或碎石)加水泥混合而成的。

无筋扩展基础技术简单、材料充足、造价低廉、施工方便,多用于 6 层和 6 层以下(三合土基础不宜超过 4 层)的民用建筑和轻型厂房。

2. 钢筋混凝土扩展基础

由钢筋混凝土材料建造的扩展基础称为钢筋混凝土扩展基础,简称扩展基础,旧称柔

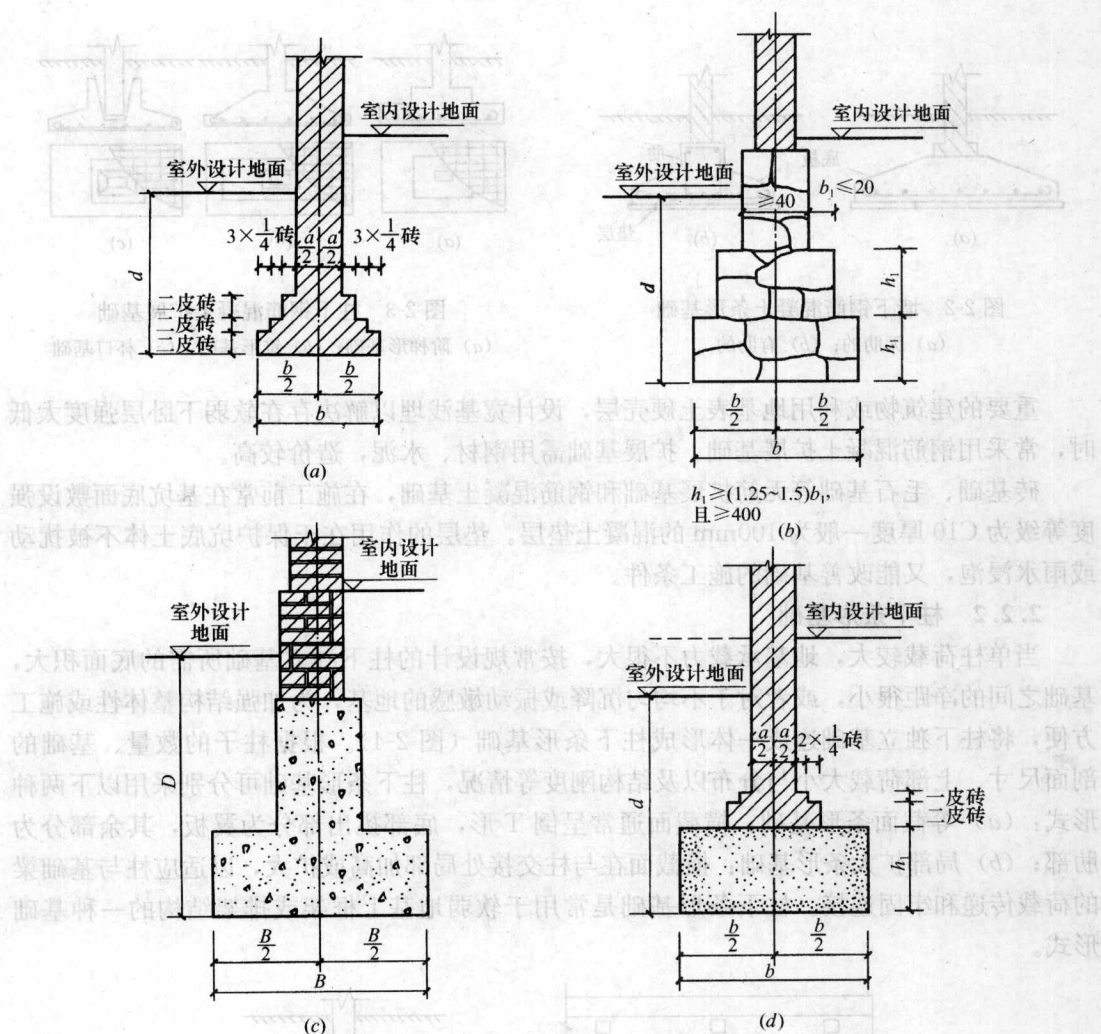


图 2-1 无筋扩展基础

(a) 砖基础；(b) 毛石基础；(c) 混凝土基础或毛石混凝土基础；(d) 灰土基础或三合土基础

性基础，可分为墙下钢筋混凝土条形基础和柱下钢筋混凝土独立基础两类。这类基础的抗弯和抗剪性能良好，适用于上部结构荷载较大，或偏心荷载、承受弯矩和水平荷载的建筑物基础。

(1) 墙下钢筋混凝土条形基础

该类基础的构造如图 2-2 所示。一般可采用无肋式（或称板式）墙基础，但当基础延伸方向的墙上荷载及地基土的压缩性不均匀时，为了增强基础的整体性和纵向抗弯能力，减小不均匀沉降，多采用带肋的墙基础（图 2-2b），即在肋部配置足够的纵向钢筋和箍筋，以承受由不均匀沉降引起的弯曲应力。

(2) 柱下钢筋混凝土独立基础

该类基础的构造如图 2-3 所示。现浇钢筋混凝土柱下的独立基础可做成锥形或阶梯形；预制柱则采用杯口基础。杯口基础常用于装配式单层工业厂房。

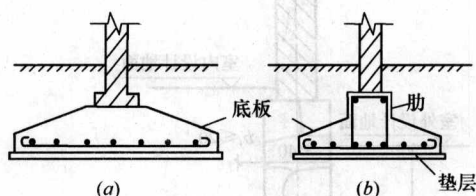


图 2-2 墙下钢筋混凝土条形基础
(a) 无肋的；(b) 有肋的

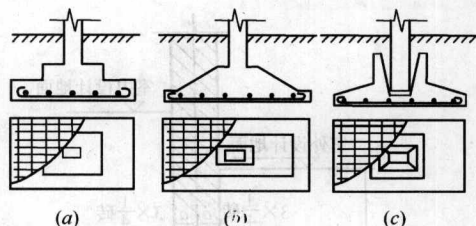


图 2-3 柱下钢筋混凝土扩展基础
(a) 阶梯形基础；(b) 锥形基础；(c) 杯口基础

重要的建筑物或利用地基表土硬壳层，设计宽基浅埋以解决存在软弱下卧层强度太低时，常采用钢筋混凝土扩展基础。扩展基础需用钢材、水泥，造价较高。

砖基础、毛石基础等无筋扩展基础和钢筋混凝土基础，在施工前常在基坑底面敷设强度等级为 C10 厚度一般为 100mm 的混凝土垫层。垫层的作用在于保护坑底土体不被扰动或雨水浸泡，又能改善基础的施工条件。

2.2.2 柱下条形基础

当单柱荷载较大，地基承载力不很大，按常规设计的柱下独立基础所需的底面积大，基础之间的净距很小，或者对于不均匀沉降或振动敏感的地基，为加强结构整体性或施工方便，将柱下独立基础连成一体形成柱下条形基础（图 2-4）。根据柱子的数量、基础的剖面尺寸、上部荷载大小与分布以及结构刚度等情况，柱下条形基础可分别采用以下两种形式：(a) 等截面条形基础：横截面通常呈倒 T 形，底部挑出部分为翼板，其余部分为肋部；(b) 局部扩大条形基础：横截面在与柱交接处局部加高或扩大，以适应柱与基础梁的荷载传递和牢固连接。柱下条形基础是常用于软弱地基上框架或排架结构的一种基础形式。

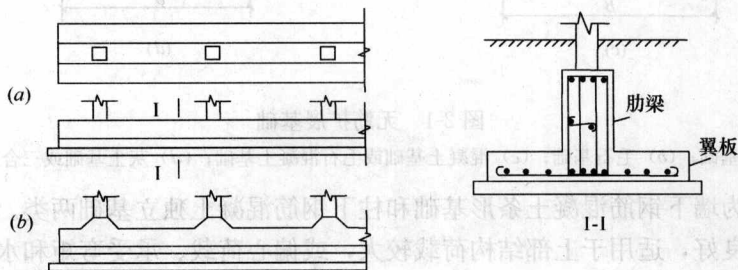


图 2-4 柱下条形基础
(a) 等截面条形基础 (b) 局部扩大条形基础

2.2.3 柱下交叉条形基础

当单柱的上部荷载大，地基土较软弱，按条形基础设计无法满足地基承载力要求时，则可在柱下沿纵横两向分别设置钢筋混凝土条形基础，形成柱下交叉条形基础（图 2-5），即十字交叉基础，使基础底面面积和基础整体刚度相应增大，同时可以减小地基的附加应力和不均匀沉降。

若单向条形基础的底面积能满足地基承载力的要求，为了减少基础之间的沉降差，可

在另一方向加设连梁，组成如图 2-6 所示的连梁式交叉条形基础，其设计就可按单向条形基础来考虑。连梁的配置通常凭经验设计，但要有一定的承载力和刚度，否则作用不大。

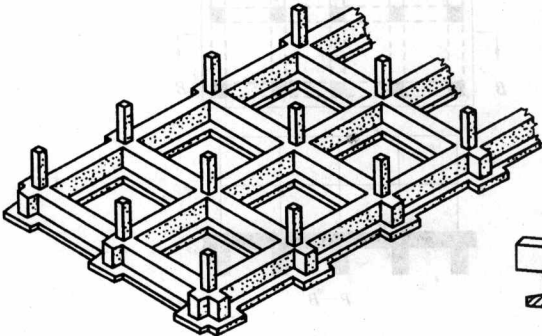


图 2-5 柱下交叉条形基础

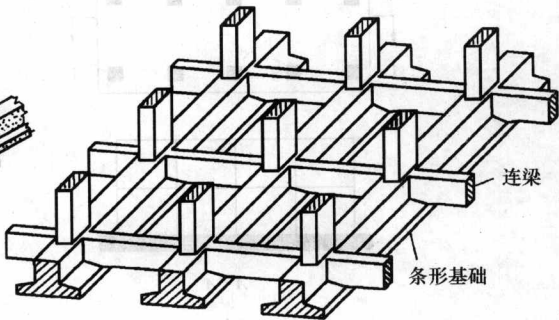


图 2-6 连梁式交叉条形基础

柱下交叉条形基础常做为多层建筑或地基较好的高层建筑的基础，对于较软弱的地基土，还可与桩基连用。

2.2.4 筏形基础

当上部结构荷载较大，地基土较软，采用十字交叉基础不能满足地基承载力要求或采用人工地基不经济时，可以在建筑物的柱、墙下方做成一块满堂的基础，即筏形（片筏）基础。筏形基础由于底面积大，埋置深度较大，故可减小基底压力，同时提高地基土的承载力，比较容易满足地基承载力的要求。筏板把上部结构连成整体，可以充分利用结构物的刚度，调整基底压力分布，减小不均匀沉降。此外，筏形基础还具有前述各类基础所不完全具备的功能，例如能跨越地下浅层小洞穴、沟槽和局部软弱层；提供比较宽敞的地下使用空间；作为地下室、水池、油库等的防渗底板；增强建筑物的整体抗震性能；满足自动化程度较高的工艺设备对不允许有差异沉降的要求等等。

当地基有显著的软硬不均或结构物对差异变形很敏感时，采用筏形基础要慎重，这是由于筏板的覆盖面积大而厚度和抗弯刚度有限，不能调整过大的沉降差，这种情况下应考虑以对地基进行局部处理或使用桩筏基础。另外，由于地基土上的筏板工作条件复杂，内力分析方法难以反映实际情况，设计中往往需要双向配置受力钢筋，工程造价有所提高，因此需要经过技术经济比较后才能确定是否选用筏形基础。

柱下筏形基础按结构特点可分为平板式和梁板式两种类型（图 2-7）。平板式筏形基础是一大片钢筋混凝土平板，柱直接连于平板上，其基础的厚度不应小于 400mm，一般为 0.5~2.5m。其特点是施工方便、建造快，但混凝土用量大。当柱荷载较大时，可将柱位下板厚局部加大或设柱墩（图 2-7a），以防止基础发生冲切破坏。若柱距较大，为了减小板厚，可在柱轴两个方向设置肋梁，形成梁板式筏形基础（图 2-7b）。梁板式则布置有主梁、次梁及平板，柱设在梁的交界处。当梁的断面一致时，则无主次梁之分。梁及平板的断面尺寸及配筋量均应根据计算而定。

2.2.5 箱形基础

箱形基础是由底板、顶板、外墙和一定数量的纵横内隔墙构成的整体刚度较大的单层或多层箱形钢筋混凝土结构（图 2-8）。适用于软弱地基上或不均匀地基土上建造带有地