



普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材

基 础 工 程

主编 李 利 韩 玮
主审 陈 榕



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材

基 础 工 程

主 编 李 利 韩 玮
副主编 陈晓梅 郭雪丰
主 审 陈 榕



TU47-43
59



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社



北航

C1742612

170720710

图书在版编目(CIP)数据

基础工程/李利,韩玮主编. —武汉:武汉大学出版社,2014.6
普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材
ISBN 978-7-307-13393-8

I. 基… II. ①李… ②韩… III. 基础(工程)—高等学校—教材 IV. TU47

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 107212 号



责任编辑:王亚明 孙 丽 责任校对:黄孝莉 装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:湖北睿智印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:15.25 字数:413 千字

版次:2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-13393-8 定价:30.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材
编审委员会

(按姓氏笔画排名)

主任委员:刘殿忠

副主任委员:张利 孟宪强 金菊顺 郑毅 秦力
崔文一 韩玉民

委 员:马光述 王睿 王文华 王显利 王晓天
牛秀艳 白立华 吕文胜 仲玉侠 刘伟
刘卫星 李利 李栋国 杨艳敏 邱国林
宋敏 张自荣 邵晓双 范国庆 庞平
赵元勤 侯景鹏 钱坤 高兵 郭靳时
程志辉 蒙彦宇 廖明军

总责任编辑:曲生伟

秘书长:蔡巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

 本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录www.stmpress.cn下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

前 言

基础工程涉及内容广泛,包括工程地质学、土力学、地基基础的设计与施工等很多方面;加之我国幅员辽阔、地理条件和土质差别很大,使得基础工程的内容很复杂。考虑到这些特点,本书编写时力求尽量多地收集各方面的资料,较系统地介绍基础工程的基本理论、实用设计方法和施工要点。本书依据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑桩基技术规范》(JGJ 94—2008)、《建筑地基处理技术规范》(JGJ 79—2012)、《建筑基坑支护技术规程》(JGJ 120—2012)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)和《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63—2007)等相关最新规范、规程,根据编者多年的教学经验和设计施工方面的经验,按照教学大纲的要求,本着“讲清基本概念,讲透基本计算,教好基本构造,方便教学和自学”的原则编写。

本书在编写上充分考虑了本科教学要求,着重介绍基本原理和基本方法,既不包罗万象,也不拘泥于细节,力求深入浅出,与相关工程技术规范的精神保持一致;在取材上以建筑工程为主,同时兼顾水利、交通、铁道等方面的基础工程问题。

参与本书编写的人员为:东北电力大学,李利;北华大学,韩玮;长春工程学院,陈晓梅;白城师范学院,郭雪丰;长春建筑学院,李晓乐。

本书的具体编写分工如下:李利(第3章),韩玮(第2章、第4章),陈晓梅(第5章、第8章),郭雪丰(第1章、第7章),李晓乐(第6章)。全书由李利、韩玮担任主编,陈晓梅、郭雪丰担任副主编。全书最后由李利统一修改、定稿。

东北电力大学陈榕担任本书主审,详细审阅了编写大纲和全部书稿,并提出了宝贵的修改意见,特此感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足和疏漏之处,敬请各位读者批评指正。

编 者

2014年3月

目 录

1 绪论	1
1.1 基础工程的研究内容/1	
1.2 基础工程学科发展概况/1	
1.3 本课程的特点和学习要求/2	
知识归纳/2	
思考题/2	
2 天然地基上的浅基础	3
2.1 地基基础设计计算原则、设计方法/3	
2.2 基础类型及基础方案的选用/5	
2.3 基础埋置深度的选择/10	
2.4 地基承载力/15	
2.5 基础底面尺寸的确定/19	
2.6 无筋扩展基础设计/25	
2.7 钢筋混凝土扩展基础设计/29	
2.8 联合基础设计/39	
2.9 减轻不均匀沉降危害的措施/43	
知识归纳/47	
思考题/47	
习题/48	
3 连续基础	50
3.1 概述/50	
3.2 地基、基础与上部结构间的相互作用/50	
3.3 梁式基础/56	
3.4 筏形基础/70	
3.5 箱形基础/73	
知识归纳/76	
思考题/77	
4 桩基础	78
4.1 概述/78	
4.2 桩的类型/80	
4.3 单桩竖向承载力的确定/85	
4.4 桩水平承载力的确定/101	

- 4.5 群桩基础/106
- 4.6 桩基础设计/118
- 知识归纳/131
- 思考题/131
- 习题/132

5 沉井基础 133

- 5.1 概述/133
- 5.2 沉井的类型和构造/134
- 5.3 沉井基础施工/138
- 5.4 沉井的设计与计算/145
- 5.5 沉井基础计算实例/158
- 5.6 其他深基础简介/170
- 知识归纳/175
- 思考题/175

6 基坑工程 177

- 6.1 概述/177
- 6.2 支护结构的设计荷载/183
- 6.3 水泥土重力式围护墙结构的设计计算/187
- 6.4 地下水的控制/190
- 知识归纳/197
- 独立思考/197

7 特殊土地基 198

- 7.1 软土地基/198
- 7.2 湿陷性黄土地基/200
- 7.3 膨胀土地基/204
- 7.4 红黏土地基/209
- 知识归纳/211
- 思考题/211

8 地基基础抗震 212

- 8.1 概述/212
- 8.2 地基基础的震害现象/214
- 8.3 地基基础抗震设计/217
- 知识归纳/231
- 思考题/232

参考文献 233

1 绪 论

内容提要

本章主要介绍了基础工程的研究内容、学科发展概况、课程特点和学习要求。

能力要求

通过本章的学习,学生应了解基础工程的重要性及其发展概况,了解基础工程的学科特点,熟悉本课程的学习内容、学习要求和学习方法。

1.1 基础工程的研究内容

基础工程是研究土力学基本原理、地基及基础处理技术的一门学科。基础工程是结构工程的一部分,并相对独立。地基、基础的设计与施工是同时进行的。设计必须满足三个基本要求:① 地基在满足承载力要求的同时具备一定的承载力储备;② 基础沉降在不影响正常使用的前提下,应满足一定的沉降要求;③ 充分考虑地基、基础及上部结构的相互作用,进行合理的设计。

1.2 基础工程学科发展概况

基础工程学由来已久,而且在不断创新。地基基础工艺的进步是一个从古至今不断继承与发展的过程。如我国公元前 2 世纪修筑的万里长城,还有许多举世闻名的高塔、桥梁虽经历了无数次强震、洪峰仍安然无恙。我国《水经注》中有关于今山西汾水上 30 墩木柱木梁桥的记载,《法苑珠林》中有关于郑州隋朝超化寺打入淤泥的塔基本桩的记载,这些都是我国古代桩基技术工程实践的先例。

随着 18 世纪欧洲工业革命的爆发,基础工程的基础学科——土力学开始兴起。许多水利、建筑、基础、地下工程需要面对诸多土力学方面的问题,从而使土力学理论得到了继承与延伸。法国库仑(Coulomb)、英国朗肯(Rankine)分别在砂土的抗剪强度公式、挡土墙理论方面做出了卓越贡献。

在归纳本领域学者的不断研究成果下,美国的太沙基(Terzaghi)系统论述了土力学的研究理论及分析方法,并出版了第一本土力学著作。在国际土力学与基础工程学会成立后,土力学作为一门学科取得了卓著的成绩。各国家、地区的土力学爱好者出版了大量土力学文献,为土力学的研究做出了卓越贡献。

当代,我国在桥梁、水利、基础工程领域都取得了卓著成绩。1962 年以来,我国先后举行了多届全国土力学与基础工程会议,建立了许多地基基础研究机构和土工试验室,激发了大批人才对基础工程领域的研究兴趣,为基础工程的理论和实践发展做出了重大贡献,提高了其在国际岩土界的受重视程度。

这些年,我国在工程地质勘察、新基础的施工、基础与地基承载能力测定等诸多方面取得了很大进步。结合科技的发展,计算机新型分析软件的应用,基础工程横跨水利水电、桥梁、港口、建筑等多个领域。相信在不久的将来,基础工程这门学科会取得更加惊人的成绩。

1.3 本课程的特点和学习要求

本课程在土木工程专业中占有重要地位,实践性强,涉及施工、工程地质、地质勘察等多个领域。

我国国土面积大,分布土类较多。将湿陷性黄土、软土、膨胀土等作为地基时,必须采用特殊措施对其进行处理。所以,在研究基础问题的同时,需要考虑土体的区域性——即使是在小范围内,土层的性质也有很大的变化。在基础工程设计领域,不仅需要理论知识,还需要一定的工程实践知识,需要进行相应的试验求得土层试验指标。因此,学习时要将理论与实践相结合,通过教学联系工程实践的方式提高解决基础工程实际问题的能力。本课程所涉及的规范、规程比较多,基础工程的设计和施工必须遵循法定的规范、规程。不同行业有不同的专门规程,且各行业间不尽平衡,土木工程专业学习涉及交通运输部、建设部、原铁道部等部门颁布的规范、规程,各部委颁布的标准内容也尚未完全统一。理论知识应成一定的体系,注意设计和施工是以方法为依托的。学生做设计的过程,也是熟悉、了解相应专业规范的过程。

在本课程的学习中,应注意与力学、材料工程学科、工程地质及结构工程学科建立紧密的联系,通过了解其中的联系找到学科之间的相互支撑理论,并注重掌握学科之间的理论穿插,而不仅仅是以计算为目的而掌握一些公式。学习基础工程时必须掌握本学科的基本原理,并通过深入的研究针对不同的情况作具体分析,因此要注重理论联系实际,才能提高分析、解决问题的能力。

知识归纳

- 1 (1) 基础工程的主要研究内容。
- 2 (2) 基础工程的发展。
- 3 (3) 基础工程课程的特点及学习要点。

思考题

- 1-1 基础工程学科与哪些学科有联系?
- 1-2 常用基础形式有哪些?
- 1-3 上部结构、基础、地基的工作机理是什么?

2 天然地基上的浅基础

内容提要

本章的主要内容包括地基基础的设计计算原则和设计方法、基础埋置深度的选择、基础底面尺寸的确定、钢筋混凝土扩展基础的设计、联合基础的设计、减轻不均匀沉降危害的措施。本章的教学重点为地基承载力特征值的计算、基础底面尺寸的确定、钢筋混凝土基础的结构设计,教学难点为联合基础设计。

能力要求

通过本章的学习,学生应能够确定出基础底面的尺寸,掌握持力层承载力的验算方法,掌握墙下条形基础和柱下独立基础的结构设计方法。

2.1 地基基础设计计算原则、设计方法

地基基础设计包括地基计算和基础设计。地基计算的内容为:① 防止地基强度发生破坏,应进行承载力极限状态控制;② 防止地基变形,应保证正常使用极限状态;③ 地基的稳定性验算。基础设计包括基础结构的强度、刚度、耐久性方面的设计。

常规设计法将地基、基础、上部结构三者分离,分别对三者进行设计。

2.1.1 设计等级

《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)中根据地基复杂程度、建筑物规模和功能特征以及地基问题可能造成的建筑物破坏或影响其正常使用的程度,将地基基础设计分为 3 个设计等级,设计时应根据具体情况按表 2-1 选用。

2.1.2 地基基础设计要求

根据建筑物地基基础设计等级及长期荷载作用下地基变形对上部结构的影响程度,地基基础设计应符合下列规定:

- ① 所有建筑物的地基计算均应满足承载力计算的有关规定。
- ② 设计等级为甲级、乙级的建筑物,均应按地基变形设计。
- ③ 设计等级为丙级的建筑物有下列情况之一时应作变形验算。
 - a. 地基承载力特征值小于 130 kPa,且为体型复杂的建筑时。
 - b. 在基础上及其附近地面有堆载或相邻基础荷载差异较大,可能引起地基产生过大的不均匀沉降时。
 - c. 软弱地基上的建筑物存在偏心荷载时。
 - d. 相邻建筑距离较近,可能发生倾斜时。
 - e. 地基内有厚度较大或厚薄不均的填土,其自重固结未完成时。

表 2-1 地基基础设计等级

设计等级	建筑和地基类型
甲级	重要的工业与民用建筑物； 30 层以上的高层建筑； 体型复杂、层数相差超过 10 层的高低层连成一体的建筑物； 大面积的多层地下建筑物(如地下车库、商场、运动场等)； 对地基变形有特殊要求的建筑物； 复杂地质条件下的坡上建筑物(包括高边坡)； 对原有工程影响较大的新建建筑物； 场地和地基条件复杂的一般建筑物； 位于复杂地质条件及软土地区的两层及两层以上地下室的基坑工程； 开挖深度大于 15 m 的基坑工程； 周边环境条件复杂、环境保护要求高的基坑工程
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建筑物； 除甲级、丙级以外的基坑工程
丙级	场地和地基条件简单、荷载分布均匀的 7 层及 7 层以下民用建筑及一般工业建筑； 次要的轻型建筑物； 非软土地区且场地地质条件简单、基坑周边环境条件简单、环境保护要求不高且开挖深度小于 5.0 m 的基坑工程

④ 对经常受水平荷载作用的高层建筑、高耸结构和挡土墙等,以及建造在斜坡上或边坡附近的建筑物和构筑物,应验算其稳定性。

⑤ 基坑工程应进行稳定性验算。

⑥ 建筑地下室或地下构筑物存在上浮可能性时,应进行抗浮验算。

设计等级为丙级的建筑物可不作地基变形验算的范围见表 2-2。

表 2-2 设计等级为丙级的建筑物可不作地基变形验算的范围

地基主要受力层情况	地基承载力特征值 f_{ak} /kPa		$80 \leq f_{ak} < 100$	$100 \leq f_{ak} < 130$	$130 \leq f_{ak} < 160$	$160 \leq f_{ak} < 200$	$200 \leq f_{ak} < 300$	
	各土层坡度/%		≤ 5	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	
建筑类型	砌体承重结构、框架结构/层		≤ 5	≤ 5	≤ 6	≤ 6	≤ 7	
	单层排架结构(6 m 柱距)	单跨	吊车额定起重量/t	10~15	15~20	20~30	30~50	50~100
			厂房跨度/m	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
		多跨	吊车额定起重量/t	5~10	10~15	15~20	20~30	30~75
			厂房跨度/m	≤ 18	≤ 24	≤ 30	≤ 30	≤ 30
	烟囱		高度/m	≤ 40	≤ 50	≤ 75		≤ 100
	水塔		高度/m	≤ 20	≤ 30	≤ 30		≤ 30
容积/m ³			50~100	100~200	200~300	300~500	500~1000	

注:1. 地基主要受力层是指条形基础底面下深度为 $3b$ (b 为基础底面宽度),独立基础下为 $1.5b$,且深度均不小于 5 m 的范围(二层以下一般民用建筑除外);

2. 地基主要受力层中如有承载力特征值小于 130 kPa 的土层时,表中砌体承重结构的设计应符合《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)第 7 章的有关要求;



3. 表中砌体承重结构和框架结构均指民用建筑,对于工业建筑可按厂房高度、荷载情况折合成与其相当的民用建筑层数;
4. 表中吊车额定起重量、烟囱高度和水塔容积的数值是指最大值。

2.1.3 作用效应与相应的抗力限值

进行地基基础设计时,所采用的作用效应与相应的抗力限值应符合下列规定:

- ① 按地基承载力确定基础底面积及埋深,或按单桩承载力确定桩数时,传至基础或承台底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的标准组合。相应的抗力应采用地基承载力特征值或单桩承载力特征值。
- ② 计算地基变形时,传至基础底面上的作用效应应按正常使用极限状态下作用的准永久组合,不应计入风荷载和地震作用。相应的限值应为地基变形允许值。
- ③ 计算挡土墙、地基或边坡稳定以及基础抗浮稳定时,作用效应应按承载能力极限状态下作用的基本组合,但其分项系数均为 1.0。
- ④ 在确定基础或桩基承台高度、支挡结构截面,计算基础或支挡结构内力,确定配筋和验算材料强度时,上部结构传来的作用效应和相应的基底反力、挡土墙土压力以及滑坡推力,应按承载能力极限状态下作用的基本组合,采用相应的分项系数。当需要验算基础裂缝宽度时,应按正常使用极限状态下作用的标准组合。
- ⑤ 基础设计安全等级、结构设计使用年限、结构重要性系数应按有关规范的规定采用,但结构重要性系数不应小于 1.0。

2.2 基础类型及基础方案的选用

基础分为浅基础和深基础。基础埋深小于 5 m,或基础埋深大于 5 m 但小于基础宽度的大尺寸基础(如箱形基础),统称为天然地基上的浅基础。其优点是:埋置深度较浅,用料较少,无须使用复杂的施工设备,开挖基坑后必要时可支护坑壁和排水疏干,对地基不加处理即可修建,工期短,造价低。

深基础是指埋深较大的基础。由于深基础埋深较大,故可利用地基深处较为坚实的土层或岩层作为持力层。深基础是采用特殊结构形式、特殊施工方法完成的基础。深基础的施工需要使用专用设备,且施工技术复杂,造价高,工期长。

浅基础可根据结构的材料、外形、结构形式、受力性能等进行分类,具体如下。

① 按组成基础的材料,浅基础可分为刚性基础(砖基础、毛石基础、混凝土基础、毛石混凝土基础、灰土基础、三合土基础)和柔性基础(钢筋混凝土基础)。

② 按基础外形和结构形式,浅基础可分为独立基础、条形基础(墙下条形基础和柱下条形基础)、联合基础、十字交叉基础、筏形基础、箱形基础、壳体基础。

深基础主要分为桩基础、沉井基础、地下连续墙。当浅基础不能满足承载力要求的时候就必须采用深基础,具体可见后面章节的介绍。

地基基础方案总的来说有 3 种:天然地基上的浅基础、人工地基上的浅基础和天然地基上的深基础。其中,天然地基上的浅基础具有技术简单,工程量小,施工方便,造价较低的特点,所以应尽可能优先选用。只有当天然地基上的浅基础无法满足工程安全或正常使用要求时,才考虑采用其他方案。

扩展基础有如下几类。

(1) 无筋扩展基础

无筋扩展基础是指由砖、毛石、混凝土或毛石混凝土、灰土和三合土等材料组成的无须配置钢筋

的墙下条形基础或柱下独立基础(图 2-1)。无筋扩展基础的材料都具有较好的抗压性能,但抗拉、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,设计时通常会加大基础的高度。因此,这种基础几乎不发生挠曲变形,故习惯上把无筋扩展基础称为刚性基础。无筋扩展基础技术简单,材料充足,造价低廉,施工方便,多层砌体结构应优先选用这种形式。

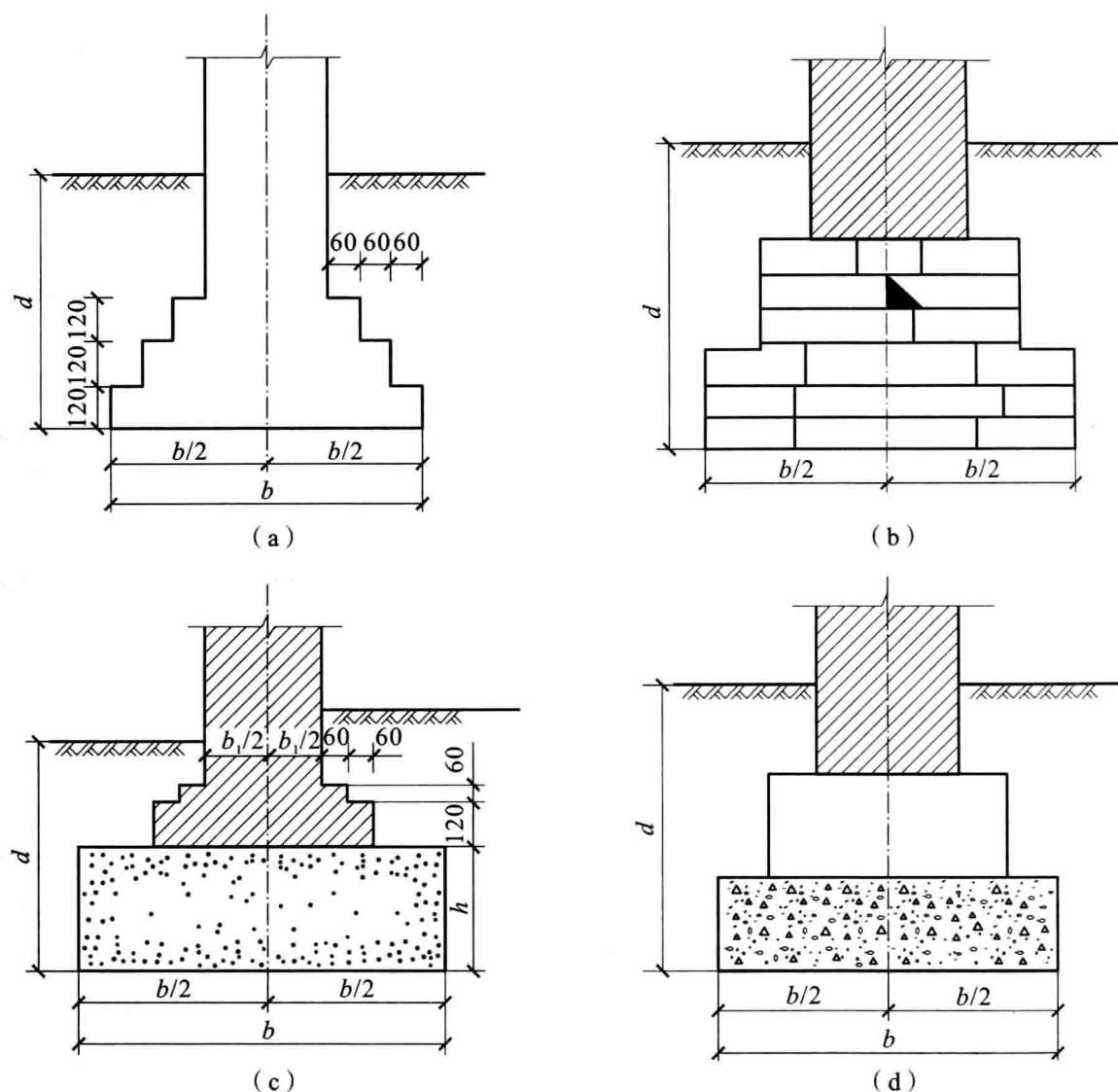


图 2-1 无筋扩展基础

(a) 砖基础;(b) 毛石基础;(c) 灰土基础;(d) 混凝土基础

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,在地下水位以下或当地基土潮湿时则应用水泥砂浆。当荷载较大或要减小基础高度时,可采用混凝土基础,也可以在混凝土中掺入体积分数为 25%~35% 的毛石(石块尺寸不宜超过 300 mm),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。灰土由石灰和土料配制而成:石灰以块状为宜,熟化 1~2 d 后过 5 mm 筛立即使用;土料用塑性指数较低的粉土和黏性土,土料团粒应过筛,粒径不得大于 15 mm。石灰和土料按体积比为 3:7 或 2:8 拌和均匀,在基槽内分层夯实(每层虚铺 220~250 mm,夯实至 150 mm)。在我国南方则常用三合土基础。三合土是石灰、砂和骨料(矿渣、碎砖或碎石)加水泥混合而成的。

(2) 钢筋混凝土扩展基础

钢筋混凝土扩展基础常简称为扩展基础,是指墙下钢筋混凝土条形基础和柱下钢筋混凝土单独



基础。这类基础的抗弯和抗剪性能良好,可在竖向荷载较大、地基承载力不高以及承受水平力和力矩荷载等情况下使用。与无筋扩展基础相比,其高度较小,因此更适宜在基础埋置深度较小时使用。

① 墙下钢筋混凝土条形基础。

墙下钢筋混凝土条形基础的构造如图 2-2 所示。一般情况下可采用无肋的墙下钢筋混凝土条形基础;如地基不均匀,为了增强基础的整体性和抗弯能力,可以采用有肋的墙下钢筋混凝土条形基础[图 2-2(b)],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。

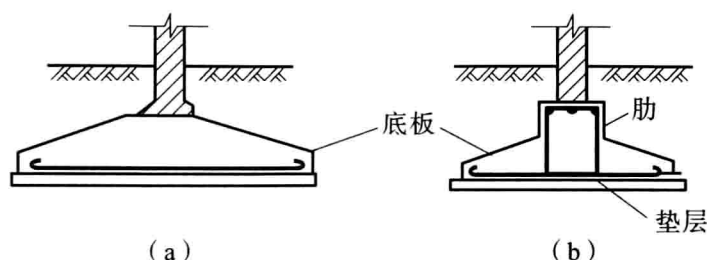


图 2-2 墙下钢筋混凝土条形基础

(a) 无肋;(b) 有肋

② 柱下钢筋混凝土独立基础。

柱下钢筋混凝土独立基础的构造如图 2-3 所示。现浇柱的独立基础可以做成锥形或阶梯形,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。

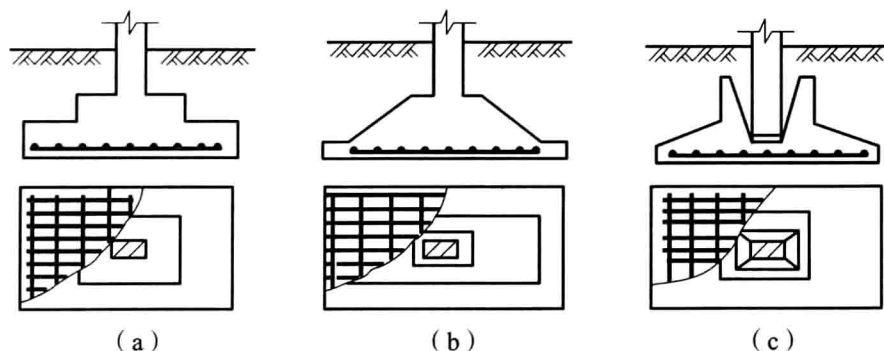


图 2-3 柱下钢筋混凝土独立基础

(a) 阶梯形基础;(b) 锥形基础;(c) 杯口基础

在砖基础、毛石基础和钢筋混凝土基础施工前,常在基坑底面敷设强度等级为 C10 的混凝土垫层,其厚度一般为 100 mm。垫层的作用在于保护坑底土体不受人为扰动和雨水浸泡,同时可改善基础的施工条件。

(3) 联合基础

联合基础主要指同列相邻两柱公共的钢筋混凝土基础,即双柱联合基础(图 2-4)。其设计原则可供其他形式联合基础参考。

在为相邻两柱分别配置独立基础时,常因其中一柱靠近建筑界线或两柱间距较小而出现地基面积不足或者荷载偏心过大等情况,此时可考虑采用联合基础。联合基础也可用于调整相邻两柱的沉降差,或防止两柱之间产生相向倾斜等。

(4) 柱下条形基础和柱下交叉条形基础

当地基较为软弱,柱荷载或地基密实度分布不均匀,以致可能产生较大的不均匀沉降时,常将同一方向(或同一轴线)上若干柱子的基础连成一体而形成柱下条形基础(图 2-5)。这种基础抗弯刚度较大,具有调整不均匀沉降的能力,并能将所承受的集中柱荷载较均匀地分布到整个基底面积

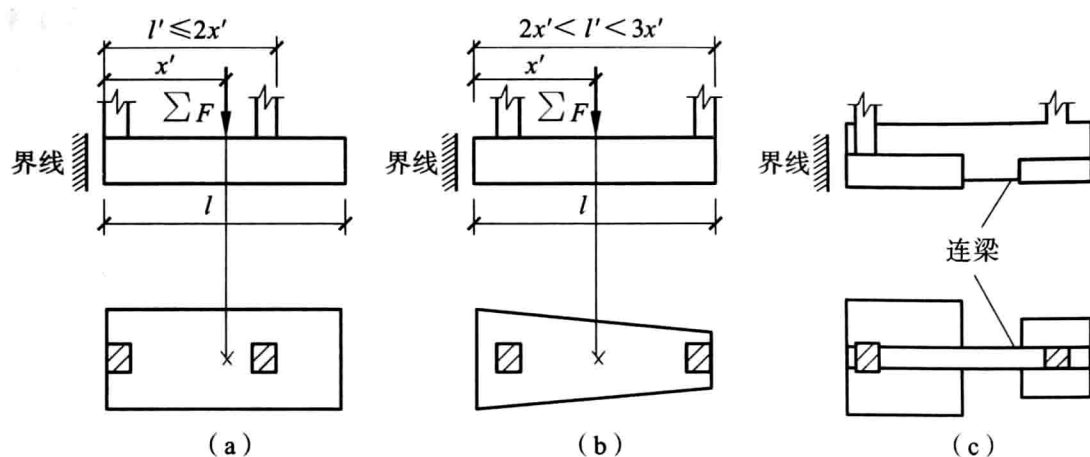


图 2-4 双柱联合基础

(a) 矩形联合基础; (b) 梯形联合基础; (c) 连梁式联合基础

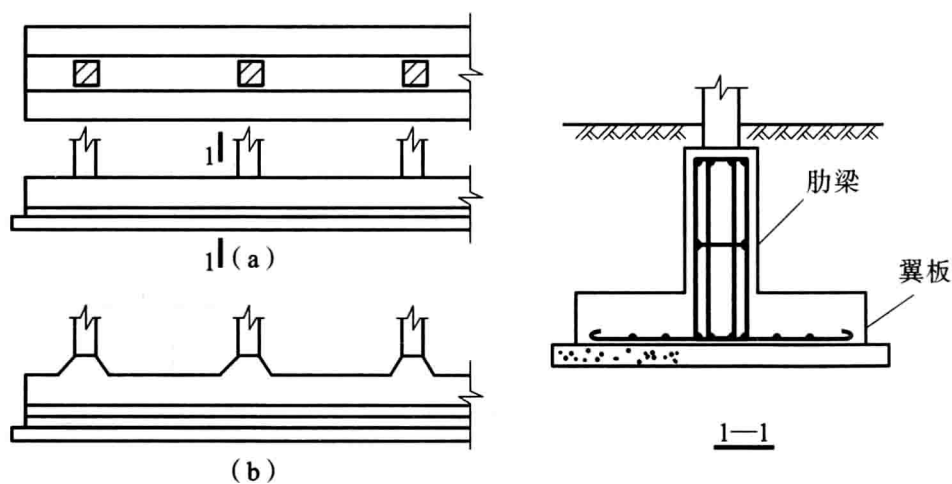


图 2-5 柱下条形基础

(a) 等截面; (b) 柱位处加腋

上。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结构形式。

如果地基软弱且荷载在两个方向上分布不均,则需要基础在两个方向上都具有一定的刚度来调整不均匀沉降。这时可在柱位下沿纵、横两方向分别设置钢筋混凝土条形基础,从而形成柱下十字交叉条形基础(图 2-6)。

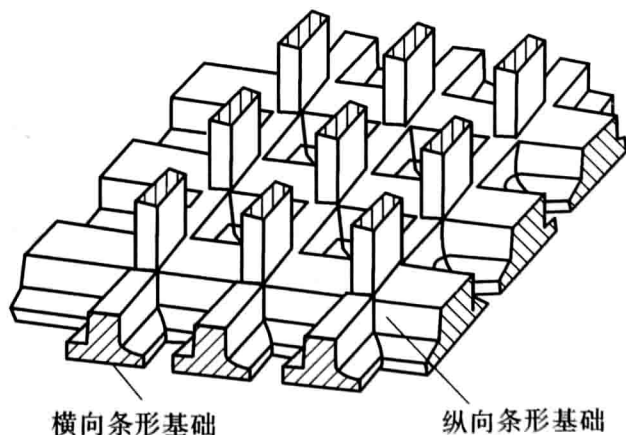


图 2-6 柱下十字交叉条形基础



如果单向条形基础的底面积已能满足地基承载力的要求,为了减小基础之间的沉降差,则可在另一方向加设连梁,组成连梁式交叉条形基础。为了使基础受力明确,连梁不宜着地。这样,连梁式交叉条形基础的设计就可按单向条形基础来考虑。连梁的配置通常是带经验性的,需要有一定的承载力和刚度,否则作用不大。

(5) 筏形基础

当柱下交叉条形基础底面积所占建筑物平面面积的比例较大,或者建筑物在使用上有要求时,可以在建筑物的柱、墙下方做成一块满堂基础,即筏形(片筏)基础。筏形基础底面积大,可减小基底应力,同时可提高地基土的承载力,并能更有效地增强基础的整体性,调整不均匀沉降。当地基有显著软硬不均情况,例如地基中岩石与软土同时出现时,应首先对地基进行处理,单纯依靠筏形基础来解决这类问题是不经济甚至是不可行的。筏形基础的板面与板底均配置有受力钢筋,因此经济指标较高。

按所支承上部结构的类型划分,筏形基础分为用于砌体承重结构的墙下筏形基础和用于框架、剪力墙结构的柱下筏形基础。前者是一块厚度为 200~300 mm 的钢筋混凝土平板,埋深较浅,适用于具有硬壳持力层、比较均匀的软弱地基上 6 层及 6 层以下承重横墙较密的民用建筑。柱下筏形基础分为平板式和梁板式两种类型(图 2-7)。平板式柱下筏形基础的厚度不应小于 400 mm,一般为 0.5~2.5 m。其特点是施工方便,工期短,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,以防止基础发生冲切破坏。若柱距较大,为了减小板厚,可在柱轴两个方向上设置肋梁,形成梁板式筏形基础。

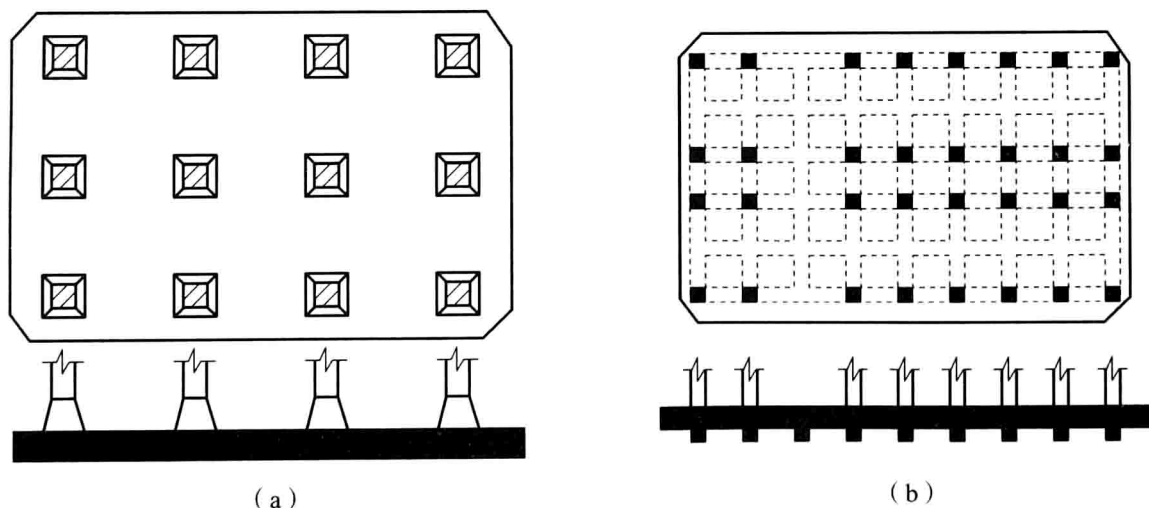


图 2-7 筏形基础

(a) 平板式; (b) 梁板式

(6) 箱形基础

箱形基础是由钢筋混凝土底板、顶板、纵横墙体组成的整体空间结构(图 2-8),适用于软弱地基上的高层、重型或对不均匀沉降有严格要求的建筑物。与筏形基础相比,箱形基础具有更大的抗弯刚度,只会产生大致均匀的沉降或整体倾斜,从而基本上消除了因地基变形而使建筑物开裂的可能性。箱形基础埋深较大,基础中空,从而可使开挖卸去的土重部分抵消上部结构传来的荷载,因此与一般实体基础相比,它能显著减小基底压力,减小基础沉降量。此外,箱形基础的抗震性能较好。高层建筑的箱形基础往往与地下室结合考虑,其地下空间可作人防、设备间、库房等。

(7) 壳体基础

为了发挥混凝土抗压性能好的特性,可以将基础做成壳体形式。常见的壳体基础有 3 种形式,