

工业与公共建筑 结构构造实例图集

匡敏玲 编

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



T1242

TU242
2003240

工业与公共建筑结构构造实例图集

匡敏玲 编



机械工业出版社

本书选取了近年来一些有代表性的工业与公共建筑结构构造的实例图，并辅以相应的以新规范为依据的构造要求和规定的文字说明。为了加深读者对建筑结构的构造要求和规定的理解，书中对部分结构计算作了介绍；同时还提供了相关的参考资料名称以供部分读者做进一步的学习和研究。

为便于读者有选择地阅读和使用本书，全书按内容共分为结构概述、构造规定、材料强度的标准值及设计值、结构构造实例等六大部分。

本书主要供土建结构设计、建筑施工等领域内具有一定建筑理论基础或实际工作经验的工程人员使用，亦可作为大中专院校内民用土建结构专业师生的辅助教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业与公共建筑结构构造实例图集/匡敏玲编. —北京:

机械工业出版社, 2002.12

ISBN 7-111-11128-1

I. 工… II. 匡… III. ①公共建筑—建筑结构—结构设计—图集 ②工业建筑—建筑结构—结构设计—图集

IV. ①TU242-64 ②TU27-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 084424 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: 薛俊高 版式设计: 冉晓华 责任校对: 刘志文

封面设计: 饶 薇 责任印制: 路 琳

北京蓝海印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/8·18.5 印张·407 千字

0001—4000 册

定价: 35.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677—2527

封面无防伪标均为盗版

前 言

为了给土建结构设计人员、施工技术人员和工业与民用建筑结构专业的本科、大专学生等，提供工程设计施工图中的构造作法实例，特编写本《工业与公共建筑构造实例图集》，同时本书配以对相应的以新规范为依据的构造要求和规定的文字说明，并对部分结构计算作了介绍和提供了参考资料名称等。本图集中选取的图例，在编绘中均作了必要的补充和修改。

本图集的实例图资料，基本上取材于江西省建筑设计院，部分取材于选煤设计研究院，对以上两院的吴旭、焦俊乔等同志的大力支持和帮助，在此表示衷心感谢。

限于编者水平，图集中难免存在不足和错误之处，欢迎读者给予批评指正。

编 者

目 录

前言	42
第 1 章 概述	46
1.1 无梁楼盖	48
1.2 叠合板	49
1.3 悬臂梁配筋	53
1.4 叠合梁	54
1.5 钢筋混凝土框架	57
1.6 筏形基础	58
1.7 现浇钢筋混凝土框架	59
1.8 钢筋混凝土剪力墙	60
1.9 桩基础	64
1.10 沉井基础	68
1.11 地下室配筋构造	70
1.12 网架结构	77
第 2 章 构造规定	81
2.1 钢筋的锚固	88
2.2 钢筋的连接	90
2.3 钢筋焊接接头	93
2.4 钢筋间距的上、下限值	98
2.5 钢筋的弯钩和弯折	107
2.6 钢筋的弯钩	120
2.7 配筋百分率	128
2.8 混凝土保护层最小厚度	129
2.9 结构构件截面尺寸的规定	129
2.10 关于对轴压比、剪压比、剪跨比、强柱弱梁、强剪弱弯、跨高比、包兴格效应、抗撞墙和芯柱的简要说明	129
第 3 章 结构构造实例图	129
3.1 檐口板配筋	129
3.2 门厅雨篷平面和板配筋	129
3.3 双向板配筋	130
3.4 无梁楼盖	42
3.5 叠合板	46
3.6 悬臂梁配筋	48
3.7 叠合梁	49
3.8 钢筋混凝土框架	53
3.9 钢筋混凝土剪力墙	54
3.10 节点大样图	57
3.11 框架节点配筋构造	58
3.12 钢筋混凝土柱、钢筋混凝土墙、砖墙拉结大样	59
3.13 钢筋混凝土桩基础	60
3.14 沉井基础	64
3.15 筏形基础	68
3.16 地下室配筋构造	70
3.17 悬挑楼梯	77
3.18 螺旋楼梯	81
3.19 板式楼梯	88
3.20 泵房、水池建筑	90
3.21 单层厂房	93
3.22 锅炉房建筑	98
3.23 钢结构厂房	107
3.24 网架结构	120
3.25 单层厂房关系尺寸参考资料图	128
第 4 章 结构实例图的说明	129
4.1 结构实例图的统一说明	129
4.2 檐口板配筋	129
4.3 门厅雨篷平面和板配筋	129
4.4 双向板配筋	129
4.5 现浇无梁楼盖	129
4.6 叠合板	130

4.7	悬臂梁	130	4.22	单层厂房	134
4.8	叠合梁	130	4.23	锅炉房	134
4.9	钢筋混凝土框架 KJ-7	131	4.24	钢结构厂房	135
4.10	钢筋混凝土剪力墙	131	4.25	网架结构	138
4.11	节点大样图	131			
4.12	框架节点配筋构造	131	附录	材料的强度标准值、设计值及弹性模量	140
4.13	钢筋混凝土柱、墙拉结大样	131	附录 A	混凝土强度标准值	140
4.14	钢筋混凝土桩基础	131	附录 B	混凝土强度设计值	140
4.15	沉井基础	132	附录 C	混凝土弹性模量	140
4.16	筏形基础	132	附录 D	结构的混凝土最低强度等级	140
4.17	地下室配筋构造	132	附录 E	普通钢筋、预应力钢筋的强度标准值	140
4.18	悬挑楼梯	133	附录 F	普通钢筋、预应力钢筋的强度设计值	141
4.19	螺旋楼梯	133	附录 G	钢筋弹性模量 E_s	141
4.20	板式楼梯	133	附录 H	钢筋的公称、计算截面面积及理论重量	141
4.21	泵房、水池	133	参考文献	142

第1章 概述

本书目的旨在结合较为典型的工程实例的介绍,使读者对建筑设计施工图、建筑结构构造的应用有较全面的了解;同时也有助于读者学习、应用建筑设计的新标准、新规范。本书着重对国家标准 GB 50010—2002《混凝土结构设计规范》,作了介绍。

本书选取了有通用性的结构构件、节点和有整体概念的结构配筋构造图,以供设计者参考。设计中构造要求和计算要求必须同时满足,缺一不可,并通过施工图将其全面表达出来。

选编的结构构造实例图,大部分属于钢筋混凝土结构,个别属于钢结构。这是考虑我国建筑结构中大部分采用钢筋混凝土结构的需要。

本书按下列国家标准作了部分补充和修改,使之更具实用性:

- GB 50010—2002《混凝土结构设计规范》
 - GBJ 50009—2001《建筑结构荷载规范》
 - GB 50011—2001《建筑抗震设计规范》
 - GB 50068—2001《建筑结构可靠度设计统一标准》
 - GB/T 50083—97《建筑结构设计术语和符号标准》
 - JGJ 6—99《高层建筑箱形与筏形基础技术规范》
 - GB 50108—2001《地下工程防水技术规范》
 - GB/T 50001—2001《房屋建筑制图统一标准》
 - GB/T 50104—2001《建筑制图标准》
 - GB/T 50105—2001《建筑制图图例》
 - GB 50007—2002《建筑地基基础设计规范》
 - GB 50003—2001《砌体结构设计规范》
 - JGJ 99—98《高层民用建筑钢结构技术规程》
- 随着时间的推移,科学试验研究和计算理论的发展,设计构造图也将不断有新的补充和修改,为此,本书的构造图仅供读者参考。
- 书中选编的工程实例图,只作为参考图,未附计算和具体条件,切不可照搬套用,以免造成失误。
- 以下结合实例图内容,简述部分结构的设计与构造。

1.1 无梁楼盖

无梁楼盖是由楼板、柱和柱帽组成的板柱结构体系,由于没有肋梁,楼面荷载直接通过柱传给基础。这种结构增大了楼层净空,又改善了采光、通风和卫生条

件,常用于冷库、商场、仓库、书库等建筑。

无梁楼盖的类型:

按楼面结构型式分为平板式和双向密肋式;也可在双向密肋的空隙内,填以轻质块材。

按有无柱帽分为无柱帽轻型无梁楼盖和有柱帽无梁楼盖。

按施工程序分为现浇式无梁楼盖和装配整体式无梁楼盖。采用升板法施工的无梁楼盖是装配整体式的一种。

按平面布置可分为在边缘设置悬臂板和不设置悬臂板的。有悬臂板的可减少边跨中弯矩和柱的不平衡弯矩,同时也减少了柱帽类型。

下面仅介绍现浇无梁楼盖。

1.1.1 一般规定

- (1) 无梁楼盖的柱网通常布置成正方形或矩形,以正方形更为经济。
 - (2) 无梁楼盖每一个方向不宜少于三跨,以保证有足够的侧向刚度。当楼面活荷载在 $5\text{kN}/\text{m}^2$ 以上时,跨度不宜大于 6m 。
 - (3) 无梁楼盖的楼板通常采用等厚平板,板厚由受弯、受冲切计算决定,并不宜小于区格长边的 $1/35\sim 1/32$,也不小于 150mm 。
 - (4) 为改善无梁楼盖的受力性能,节约材料,方便施工,可将沿周边的板伸出边柱外侧,伸出长度(从板边缘至外柱中心)不宜超过板缘伸出方向跨度的 0.4 倍。
 - (5) 当无梁楼板不伸出外柱外侧时,在板的周边应设置圈梁,圈梁截面高度不应小于板厚度的 2.5 倍。圈梁与半个柱上板带共同承受弯矩和剪力外,还承受扭矩,因此应配置附加抗扭纵向钢筋和箍筋。附加抗扭纵向钢筋和箍筋的最小配筋率分别为: $\rho_{tl,\min} = 0.08f_c/f_y$; $\rho_{sv,\min} = 0.055f_c/f_{yv}$ 。
 - (6) 无梁楼盖的柱帽形式和尺寸,一般由建筑美观要求和板的冲切承载能力控制。柱帽扩大了板在柱上的支承面积,减小了板的计算跨度,也增加了房屋的刚度。柱帽的宽度,一般为 $(0.2\sim 0.3)l$, l 为板的跨度。
- 常用的柱帽形式及配筋见图 1-1-1, 1-1-2。

1.1.2 无梁楼盖的板带划分计算简图和常用计算方法

1. 板带划分计算简图

板带划分计算简图如图 1-1-3 所示。

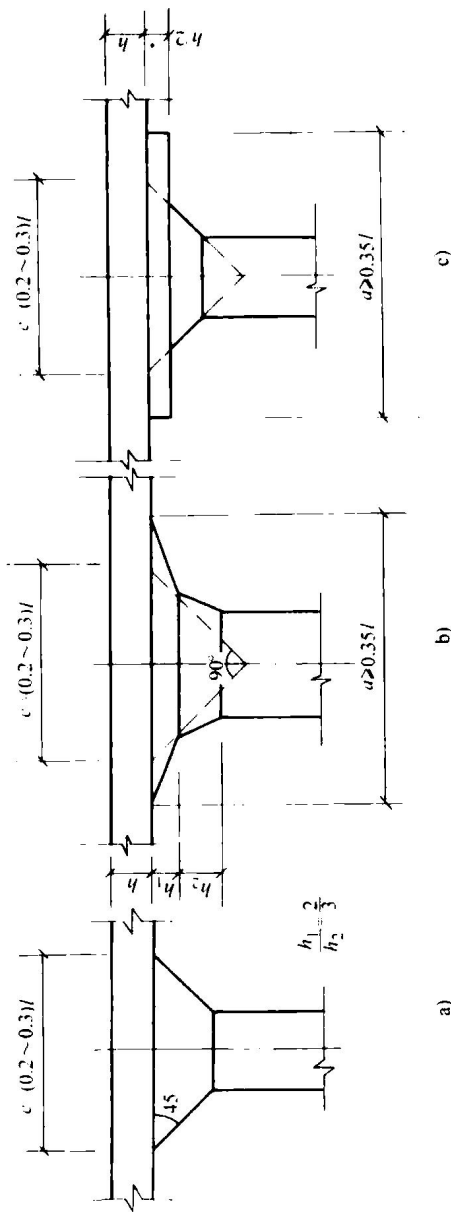


图 1-1-1 无梁楼盖的柱帽形式

a) 用于轻荷载 b) 用于重荷载 c) 用于重荷载

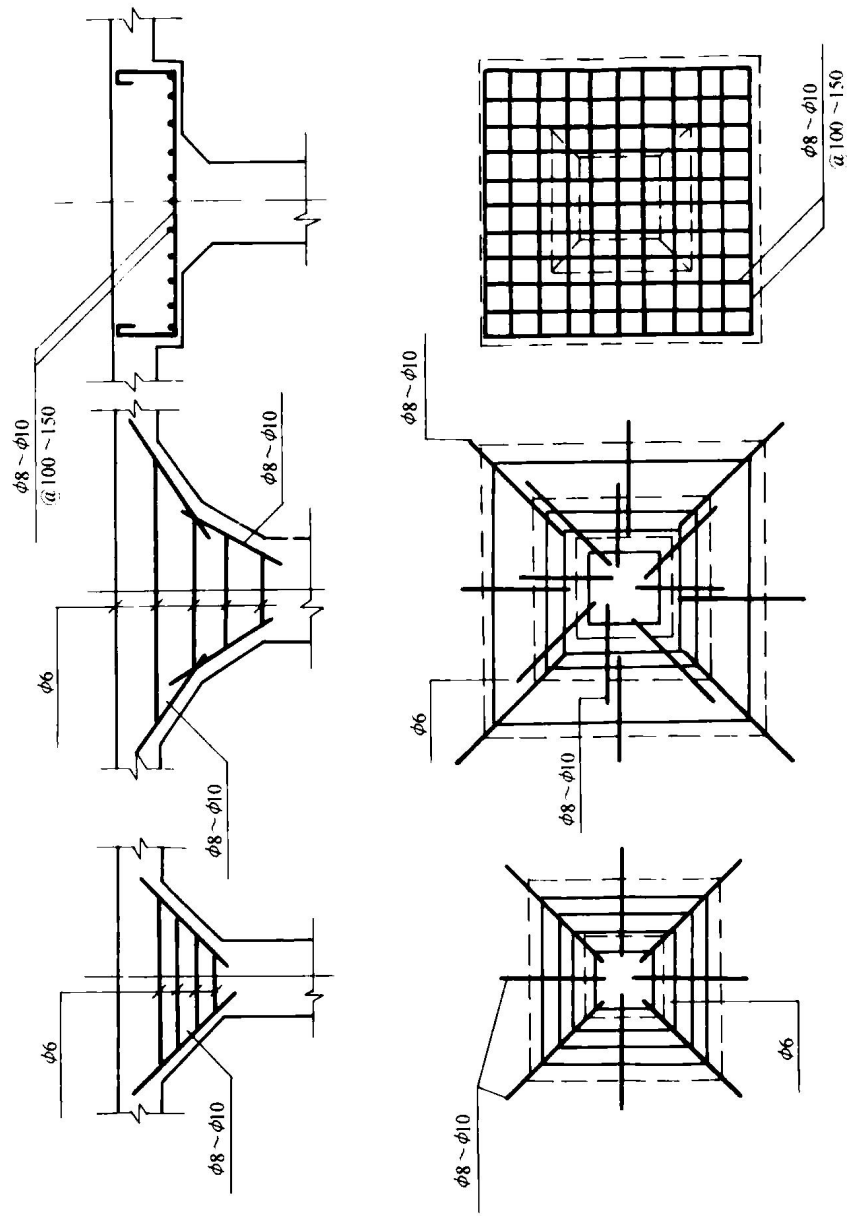


图 1-1-2 无梁楼盖柱帽的构造配筋

2. 等代框架法

等代框架法，即将整个无梁楼盖结构分别沿纵、横柱列方向划分为纵、横两个方向的等代框架。等代框架梁的宽度为竖向荷载作用时，取板跨中心线之间的距离；为水平荷载作用时，则取板跨中心线之间距离的一半较为适宜。等代框架梁

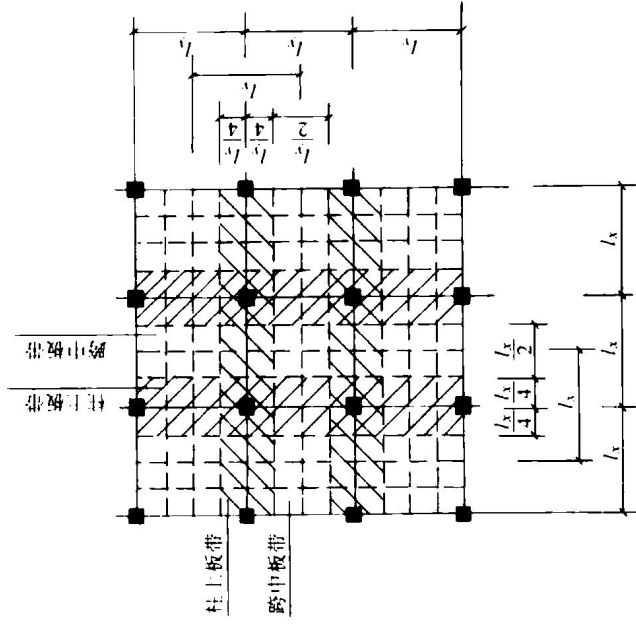


图 1-1-3 板带划分计算简图

的高度取板的厚度。等代框架梁的跨度，取等于 $l_x - \frac{2c}{3}$ ；或 $l_y - \frac{2c}{3}$ ， c 为柱帽宽度。等代框架柱的计算高度为：对于楼层，取层高减去柱帽的高度；对于底层，取基础顶面至该楼层楼板底面的高度减去柱帽的高度。

当仅有竖向荷载时，等代框架可近似地按分层法计算：所计算楼板均看作上层柱与下层柱的固定远端。这就将一个等代的多层框架的计算变为简单的二层或一层（对顶层）框架的计算。计算中应考虑活荷载的不利组合。

最后得出的等代框架梁弯矩值，按表 1-1-1 中的系数分配给柱上板带和跨中板带。

表 1-1-1 等代框架梁弯矩分配系数表

	截面	
	柱上板带	跨中板带
内跨	支座截面负弯矩	0.75
	跨中正弯矩	0.55
边跨	第一内支座截面负弯矩	0.75
	跨中正弯矩	0.55
	边支座截面负弯矩	0.90

等代框架法的适用范围为任一区格的长跨与短跨之比不大于 2；可用于经验系数法受到限制处，如双跨结构、不等跨结构、活荷载过大的结构、不同的竖向荷载和水平荷载等。

3. 经验系数法

经验系数法是最方便的方法，因而被广为采用。经验系数法是在试验研究与实践经验的基础上提出来的，计算时，只要算出总弯矩，再乘上弯矩分配系数，即得各截面的弯矩。但此法适用于比较规则的等代框架，且必须符合下列条件：

- (1) 每一个方向至少要有三个连续跨；
- (2) 同一方向的最大跨度与最小跨度之比应不大于 1.2，且两端跨不大于相邻的内跨；
- (3) 任一区格的长边与短边之比应不大于 1.5；
- (4) 活荷载与静荷载之比应不大于 3。

经验系数法的计算荷载，按全部均布荷载计算，不考虑活荷载的不利组合。计算一个区格的跨中弯矩与支座弯矩的总和，对 x 方向的总弯矩为：

$$M_{ox} = \frac{1}{8} q l_y (l_x - \frac{2c}{3})^2 \quad (1-1-1)$$

对 y 方向的总弯矩为：

$$M_{oy} = \frac{1}{8} q l_x (l_y - \frac{2c}{3})^2 \quad (1-1-2)$$

式中 c ——柱帽宽度；

q ——均布荷载。

板柱节点处上、下柱柱端弯矩之和可近似取以下数值：

中柱 $0.25M_{ox}$ 或 $0.25M_{oy}$

边柱 $0.40M_{ox}$ 或 $0.40M_{oy}$

上、下柱的弯矩，可按线刚度进行分配。如楼盖外边缘有悬臂伸出，则边柱节点弯矩可扣除由悬臂荷载引起的弯矩后再分配。

计算出总弯矩后，按表 1-1-2 中所列系数将总弯矩分配给柱上板带和跨中板带。

表 1-1-2 经验系数法总弯矩分配表

内跨	截面	
	柱上板带	跨中板带
支座截面负弯矩	$0.50M_{ox} (M_{oy})$	$0.17M_{ox} (M_{oy})$
跨中正弯矩	$0.18M_{ox} (M_{oy})$	$0.15M_{ox} (M_{oy})$
第一内支座截面负弯矩	$0.50M_{ox} (M_{oy})$	$0.17M_{ox} (M_{oy})$
跨中正弯矩	$0.22M_{ox} (M_{oy})$	$0.18M_{ox} (M_{oy})$
边跨	边支座截面负弯矩	$0.48M_{ox} (M_{oy})$
		$0.05M_{ox} (M_{oy})$

注：1. 在总弯矩不变条件下，必要时允许将柱上板带负弯矩的 10% 分给跨中板带负弯矩。

2. 此表为无悬臂板的经验系数，有较小悬臂板时仍可采用；当悬臂板较大且其负弯矩大于边支座截面负弯矩时，须考虑悬臂弯矩对边支座与内跨的影响。

1.1.3 截面设计

对竖向荷载作用下有柱帽的板，考虑到板的穹顶作用，除边跨跨中及边支座外，其他截面的计算弯矩，均乘以 0.8 的折减系数。

板的有效高度，同一区格在两个方向的不同弯矩作用下，应分别采用不同的有效高度。

当为正方形区格时，为了简化起见，可取两个方向有效高度的平均值。

1.1.4 无梁楼盖的冲切计算

对于无梁的平板楼盖，当柱内仅有上、下层轴向力 N_t 及 N_b 而无弯矩作用时，下柱压力 N_b 与上柱压力 N_t 之差对板构成均匀冲切作用，见图 1-1-4a。

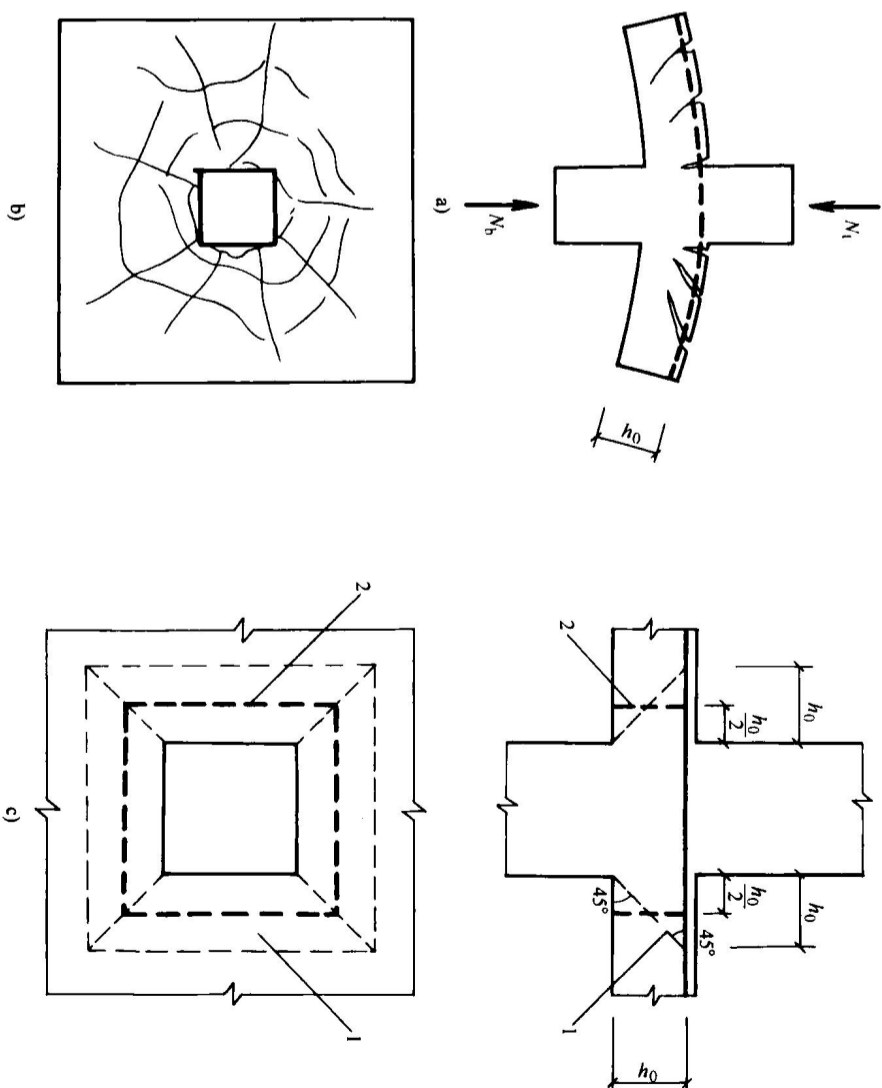


图 1-1-4 板的冲切

a) 柱的冲切力 b) 板顶裂缝 c) 板的冲切临界截面

1—锥台斜面 2—临界截面

平板受柱自下向上的冲切力作用后，将首先在板的顶面围绕柱子发生环向裂缝，在板的双向负弯矩作用下，发生辐射状裂缝，见图 1-1-4b。冲切破坏的极限界面为倒锥形，大底面在上，小底面在下。冲切破坏倒锥台的斜面大体呈 45° 倾角。

尽管冲切破坏界面是斜向的，但为了便于分析计算，假想一个围绕柱子（或局部冲切荷载面）四周并和柱子保持一定距离的竖向面作为受剪面，这是一个和试验结果拟合后的虚拟截面，称为冲切临界截面。冲切临界截面的位置应是它的周长为最小且距柱（或冲切荷载面）周边 $h_0/2$ 处板垂直截面的周长，见图 1-1-4c。

1. 在局部荷载或集中反力作用下不配置箍筋或弯起钢筋的板，其受冲切承载力应符合下列规定（图 1-1-5）：

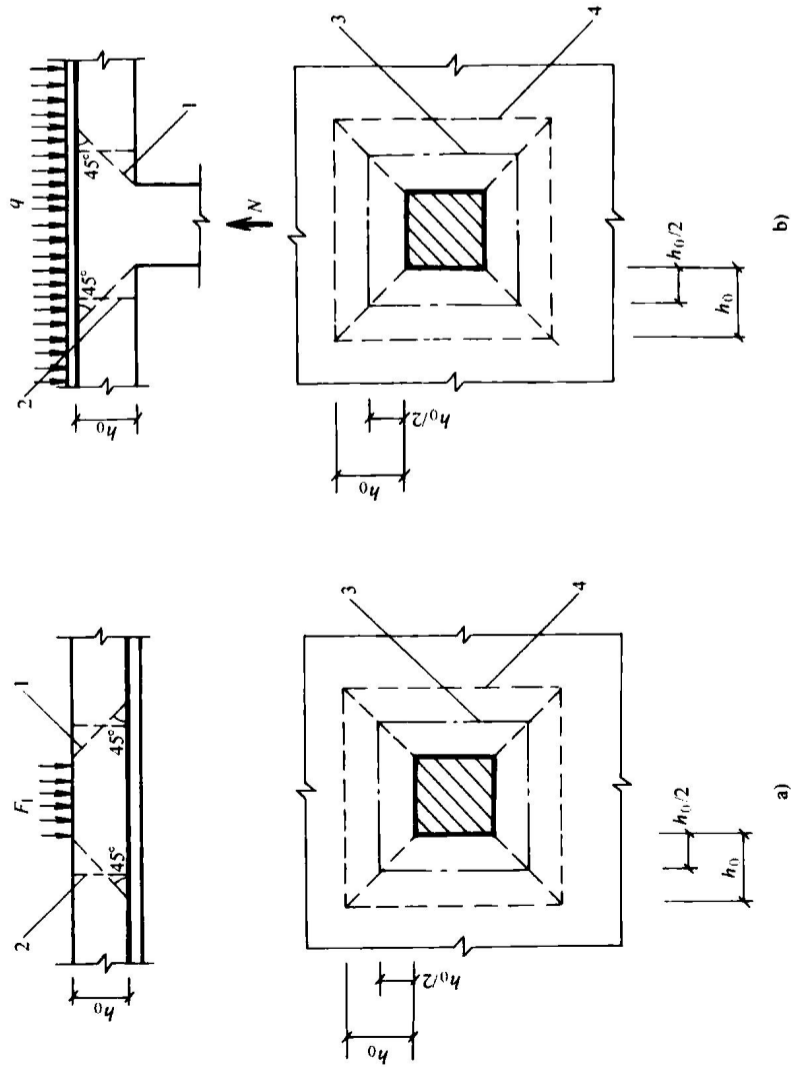


图 1-1-5 板受冲切承载力计算

- a) 局部荷载作用下 b) 集中反力作用下
1—冲切破坏锥体的斜截面 2—临界截面
3—临界截面的周长 4—冲切破坏锥体的底面线

系数 η 按下列两个公式计算，并取其中较小值：

$$F_1 \leq 0.7\beta_h f_t \eta u_m h_0 \quad (1-1-3)$$

$$(1-1-3)$$

$$\eta_1 = 0.4 + \frac{1.2}{\beta_s} \quad (1-1-4)$$

$$\eta_2 = 0.5 + \frac{\alpha_s h_0}{4u_m} \quad (1-1-5)$$

式中 F_1 ——局部荷载设计值或集中反力设计值；对板柱结构的节点，取柱所承受的轴向压力设计值的层间差值减去冲切破坏锥体范围内板所承受的荷载设计值；当有不平衡弯矩时，应按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 第 7.7.5 条的规定确定；

β_h ——截面高度影响系数：当 $h \leq 800\text{mm}$ 时，取 $\beta_h = 1.0$ ；当 $h \geq 2000\text{mm}$ 时，取 $\beta_h = 0.9$ ，其间按线性内插法取用；

f_t ——混凝土轴心抗拉强度设计值；

u_m ——临界截面的周长：距离局部荷载或集中反力作用面积周边 $h_0/2$ 处

板垂直截面的最不利周长；

h_0 ——截面有效高度，取两个配筋方向的截面有效高度的平均值；

η_1 ——局部荷载或集中反力作用面积形状的影响系数；

η_2 ——临界截面周长与板截面有效高度之比的的影响系数；

β_s ——局部荷载或集中反力作用面积为矩形时的长边与短边尺寸的比值， β_s 不宜大于 4；当 $\beta_s < 2$ 时，取 $\beta_s = 2$ ；当面积为圆形时，取 $\beta_s = 2$ ；

α_s ——板柱结构中柱类型的影响系数。对中柱，取 $\alpha_s = 40$ ；对边柱，取 $\alpha_s = 30$ ；对角柱，取 $\alpha_s = 20$ 。

2. 配置箍筋或弯起钢筋的板

受冲切截面应符合下列条件：

$$F_1 \leq 1.05 f_t \eta u_m h_0 \quad (1-1-6)$$

板受冲切承载力应符合下列规定：

当配置箍筋时

$$F_1 \leq 0.35 f_t \eta u_m h_0 + 0.8 f_{yv} A_{svu} \quad (1-1-7)$$

当配置弯起钢筋时

$$F_1 \leq 0.35 f_t \eta u_m h_0 + 0.8 f_y A_{sbu} \sin \alpha \quad (1-1-8)$$

式中 A_{svu} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部箍筋截面面积；

A_{sbu} ——与呈 45° 冲切破坏锥体斜截面相交的全部弯起钢筋截面面积；

α ——弯起钢筋与板底面的夹角。

对配置抗冲切钢筋的冲切破坏锥体以外的截面，还应按式 (1-1-3) 进行受冲切承载力计算，此时， u_m 应取配置抗冲切钢筋的冲切破坏锥体以外 $0.5h_0$ 处的

最不利周长。

注：当有可靠依据时，也可配置其他有效形式的抗冲切钢筋（如 I 字钢、槽钢、抗剪锚栓和扁钢 □ 形箍等）。

1.1.5 无梁楼盖的构造要求

1. 柱帽的形式及构造配筋
见图 1-1-1、图 1-1-2。

2. 无梁楼盖无柱帽构造

(1) 抗冲切箍筋配置 按计算所需的箍筋及相应的架立钢筋截面面积应配置在与 45° 冲切破坏锥体面相交的范围内，且从集中荷载作用面或柱截面边缘向外的分布长度不应小于 $1.5h_0$ ；箍筋应做成封闭式，箍筋直径不应小于 6mm，也不宜大于 12mm，其间距不应大于 $h_0/3$ ，见图 1-1-6。

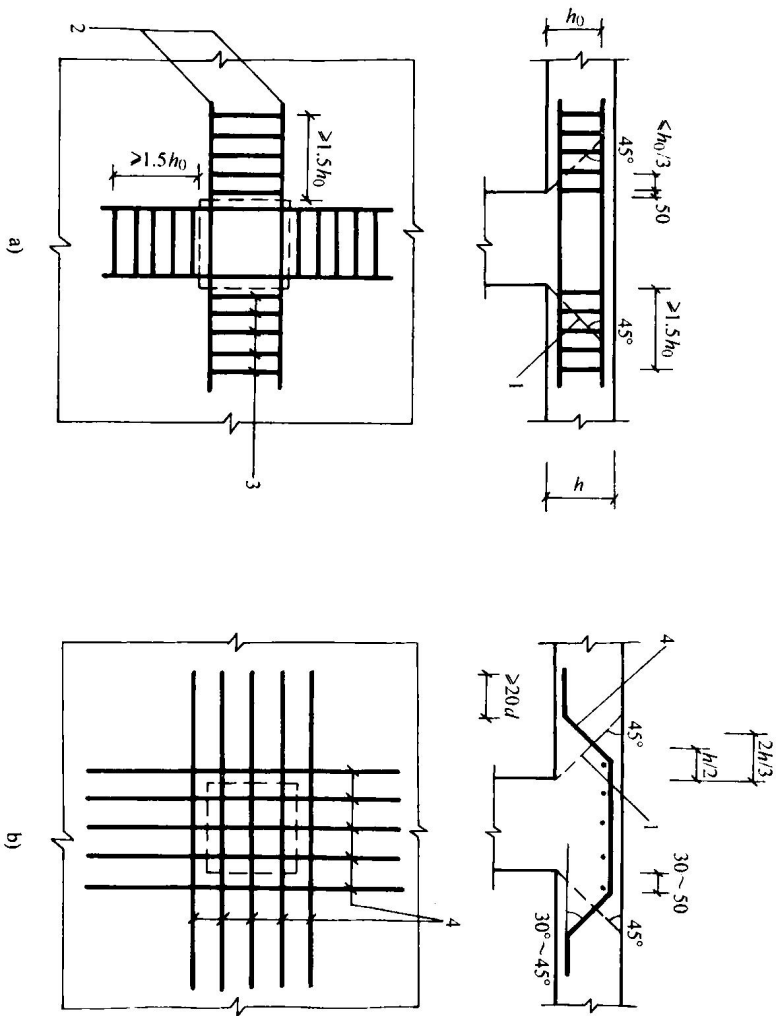


图 1-1-6 板中抗冲切钢筋布置

a) 用箍筋作抗冲切钢筋 b) 用弯起钢筋作抗冲切钢筋

注：图中尺寸单位 mm。

1—冲切破坏锥体 2—架立钢筋 3—箍筋 4—弯起钢筋

(2) 抗冲切弯起钢筋配置 按计算所需的弯起钢筋其弯起角度可根据板的厚度在 $30^\circ \sim 45^\circ$ 之间选取；弯起钢筋的倾斜段应与冲切破坏锥体斜截面相交，其交点

应在集中荷载作用面或柱截面边缘以外 $1/2 \sim 2/3$ 板厚度的范围内。弯起钢筋直径不宜小于 12mm，且每一方向不宜少于三根。见图 1-1-6b。

(3) 板的厚度不应小于 150mm。

3. 楼盖板筋形式

楼盖板筋一般采用双向配筋。在柱上板带和柱上板带相交区，弯矩同号，均为正值，钢筋均布置在板底；在跨中板带与跨中板带相交区，弯矩同号，但均为正值，钢筋均布置在板底；在跨中板带与柱上板带相交区，弯矩不同号，柱上板带为正值，钢筋布置在板底，跨中板带为负值，钢筋布置在板面。对同号弯矩区，应将较大弯矩方向的受力钢筋置于外层。

支座上承受负弯矩的钢筋，宜采用不小于直径为 12mm 的钢筋。

考虑抗震的无梁楼盖，板顶面应配置抗震钢筋，其配筋率应大于 0.25ρ (ρ 为支座处负钢筋的配筋率)。

无梁楼盖配筋见图 1-1-7。

板带	位置	钢筋数量	无柱帽	有柱帽	备注	
柱上板带	原筋	50%	$\geq 0.3l_n$ $\geq 0.2l_n$	$\geq 0.35l_n + c/3$ $\geq 0.2l_n + c/3$	$\geq 0.35l_n + c/3$ $\geq 0.2l_n + c/3$	l_n 用于非抗震设计 l_{aE} 用于抗震设计
	底筋	100%	$\geq 1.5d$ l_{aE}	$\geq 1.5d$ l_{aE}	$\geq 1.5d$ l_{aE}	
跨中板带	顶筋	100%	$\geq 0.25l_n$	$\geq 0.25l_n$ $\geq 0.25l_n + c/3$	$\geq 0.25l_n$ $\geq 0.25l_n + c/3$	l_n 用于非抗震设计 l_{aE} 用于抗震设计
	底筋	100%	$\geq 1.5d$ l_{aE}	$\geq 1.5d$ l_{aE}	$\geq 1.5d$ l_{aE}	

图 1-1-7 无梁楼盖的配筋

4. 设置抗震墙的板柱结构设计要求

(1) 房屋的周边和楼梯、电梯洞口周边应采用有梁框架。

(2) 抗震烈度 8 度时宜采用有托板或柱帽的板柱节点, 托板或柱帽根部的厚度 (包括板厚) 不宜小于柱纵筋直径的 16 倍。托板或柱帽的边长不宜小于 4 倍板厚及柱截面相应边长之和。

(3) 房屋的屋盖和地下一层顶板, 宜采用梁板结构。

(4) 板柱结构在地震作用下按等代平面框架分析时, 其等代梁的宽度宜采用垂直于等代平面框架方向柱距的 50%。

(5) 无柱帽平板宜在柱上板带中设构造暗梁, 暗梁宽度可取柱宽及柱两侧各不大于 1.5 倍板厚。暗梁支座上部钢筋面积应不小于柱上板带钢筋面积的 50%, 暗梁下部钢筋不宜少于上部钢筋的 1/2。

(6) 无柱帽柱上板带的板底钢筋, 宜在距柱面为 2 倍纵筋锚固长度以外搭接, 钢筋端部宜有垂直于板面的弯钩。

(7) 沿两个主轴方向通过柱截面的板底连续钢筋的总截面面积, 应符合下式要求:

$$A_s \geq N_G / f_y \quad (1-1-9)$$

式中 A_s ——板底连续钢筋总截面面积;

N_G ——在该层楼板重力荷载代表值作用下的柱轴压力设计值;

f_y ——楼板的抗拉强度设计值。

(8) 板柱—抗震墙结构的抗震墙, 应承担结构的全部地震作用, 各层板柱部分应满足计算要求, 并应承担不少于各层全部地震作用的 20%。

(9) 板柱—抗震墙结构的抗震墙, 其抗震构造措施应符合 GB 50011—2001《建筑抗震设计规范》第 6.4 节的有关规定, 且底部加强部位及相邻上一层应按《建筑抗震设计规范》第 6.4.7 条设置约束边缘构件, 其他部位应按第 6.4.8 条设置

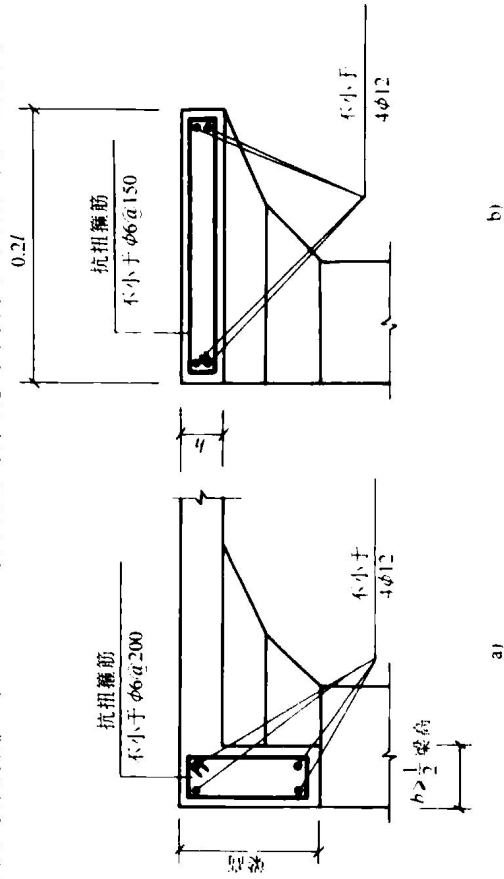


图 1-1-8 梁配筋构造
a) 圈梁外露构造 b) 圈梁不外露构造

构造边缘构件; 柱 (包括抗震墙端柱) 的抗震构造措施应符合《建筑抗震设计规范》第 6.3 节对框架柱的有关规定。

5. 圈梁配筋形式

圈梁按计算配筋, 抗扭箍筋不宜小于 $\phi 6@200$ 或 $\phi 6@150$, 且做成封闭式, 搭接长度不小于锚固长度, 抗扭纵筋不宜小于 $4\phi 12$, 圈梁下部纵向钢筋两端伸到柱外边, 上部纵向钢筋须通长布置, 且搭接点宜在跨中。

圈梁配筋构造见图 1-1-8。

1.2 叠合构件

1.2.1 叠合构件概念

凡叠合构件的截面都由上、下两部分组成, 下部为预制, 称预制构件; 上部为现浇, 称叠合层, 总称叠合构件。其优点是节省模板、方便施工。

叠合构件有钢筋混凝土和预应力混凝土叠合构件两种。前者预制构件和叠合层都是非预应力的, 后者预制构件是预应力的, 叠合层是非预应力的。

工程上常用的有叠合梁和叠合板两种。

1.2.2 叠合构件受力特点

按受力性能, 叠合构件可分为“一阶段受力叠合构件”和“二阶段受力叠合构件”两类。前者是指施工阶段在预制构件下设有可靠支撑, 能保证施工阶段作用的荷载通过预制构件全部直接传给支撑, 而预制构件不承受荷载, 待后浇的混凝土叠合层达到强度设计值后, 再拆除支撑, 这样, 叠合构件就一次承受全部荷载, 故称为“一阶段受力叠合构件”。这类构件除预制和后浇的混凝土强度可能不同, 以及需考虑叠合面的受剪强度外, 其受力性能及设计计算基本上与一次浇灌的构件相同; 后者是指施工阶段在预制构件下不加支撑或所加支撑并不可靠, 需要预制构件承受施工阶段作用的恒荷载 (预制构件、预制楼板以及叠合层混凝土等的自重) 和施工荷载, 待叠合层混凝土达到强度设计值后, 才由叠合构件承受后加的恒荷载 (如面层、吊顶等自重) 和使用阶段的可变荷载。这样的叠合构件分二个阶段受力, 故称为“二阶段受力叠合构件”。

根据大量二阶段受力叠合构件试验表明: 二次受力叠合梁的受拉钢筋应力, 比普通梁在相同弯矩作用下的要大得多, 这是由于二次受力叠合梁在一次受力时, 预制构件的高度比普通梁要小所致。上述现象通常称为“应力超前”现象。“应力超前”现象只影响钢筋提前达到流限, 对叠合梁的极限强度并不降低。

二次受力叠合梁在一次受力时, 是由预制构件的受压区混凝土承受压力, 但在

二次受力时却主要由后浇混凝土承受压力。这种由两种混凝土交替承压的情况，使得后浇混凝土受压应变比相应普通梁在相同弯矩作用下的受压应变要小。上述现象称为后浇混凝土的“受压应变滞后”现象。

“应力超前”现象和“受压应变滞后”现象是二次受力叠合梁受力性能中一对孪生现象。两者的变化规律是随着 M_1 的增大而增大，随着 h_1 的增大而减小。

与二次受力的钢筋混凝土叠合构件相似，二次受力的预应力叠合构件也有着钢筋应力超前和后浇混凝土受压应变滞后现象，其破坏特征基本上也是相似的。

1.2.3 截面应力应变示意图

见图 1-2-1, 图 1-2-2。

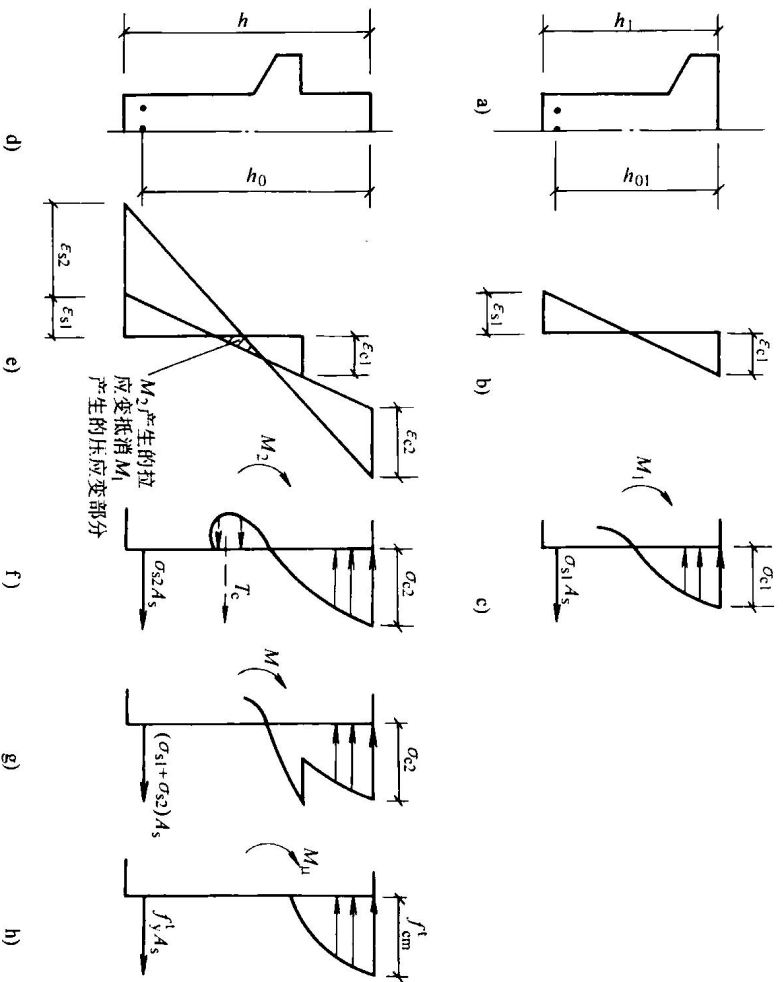


图 1-2-1 预制构件、叠合构件截面应力状态

1.2.4 叠合构件设计要点

对一阶段受力叠合构件的内力计算可参照普通梁进行，但斜截面和叠合面的受剪承载力计算同下述的二阶段受力叠合构件的计算一样。

1. 叠合构件的构造要求

见图 1-2-3、图 1-2-4。

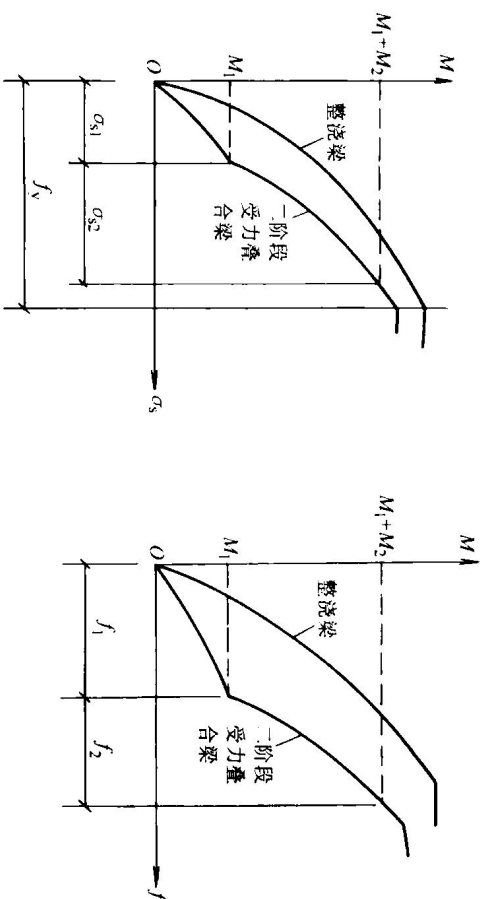


图 1-2-2 叠合构件与一次成型构件受力性能比较

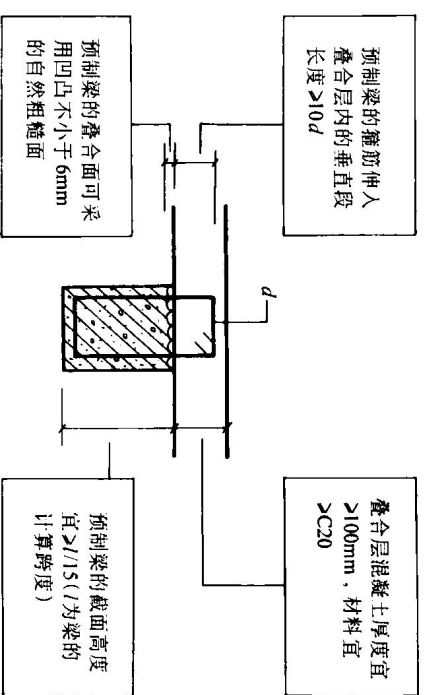


图 1-2-3 叠合梁的构造要求

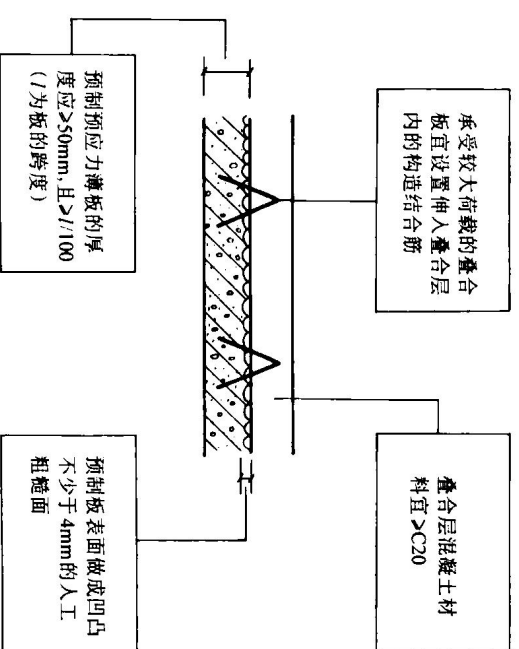


图 1-2-4 叠合板的构造要求

2. 荷载

第一阶段即叠合层混凝土未达到强度设计值前的阶段，预制构件按简支构件计算，这时荷载应考虑预制构件自重、预制楼板自重、叠合层自重和本阶段的施工荷载；

第二阶段即叠合层混凝土达到强度设计值以后的阶段，叠合构件按整体结构计算，这时荷载应考虑下列两种情况，再取其大者。

(1) 施工阶段荷载

叠合构件自重、预制楼板自重、面层和吊顶等自重及本阶段的施工荷载。

(2) 使用阶段荷载

叠合构件自重、预制楼板自重、面层和吊顶等自重以及使用阶段的可变荷载。

3. 正截面受弯承载力

预制构件和叠合构件的正截面受弯承载力可按一般整浇受弯构件计算，弯矩设计值取用如下：

预制构件

$$M_1 = M_{1G} + M_{1Q} \quad (1-2-1)$$

叠合构件的正弯矩区段

$$M = M_{1G} + M_{2G} + M_{2Q} \quad (1-2-2)$$

叠合构件的负弯矩区段

$$M = M_{2G} + M_{2Q} \quad (1-2-3)$$

式中 M_{1G} ——预制构件自重、预制楼板自重和叠合层自重在计算截面产生的弯矩设计值；

M_{2G} ——第二阶段面层、吊顶等自重在计算截面产生的弯矩设计值；

M_{1Q} ——第一阶段施工荷载在计算截面产生的弯矩设计值；

M_{2Q} ——第二阶段可变荷载在计算截面产生的弯矩设计值，取本阶段施工荷载或使用阶段可变荷载在计算截面产生的弯矩设计值中的较大值。

对混凝土强度等级，在正弯矩区段，按叠合层取用；在负弯矩区段，按计算截面受压区的实际情况取用。

4. 斜截面受弯承载力

预制构件和叠合构件的剪力设计值分别取用如下：

预制构件

$$V_1 = V_{1G} + V_{1Q} \quad (1-2-4)$$

叠合构件

$$V = V_{1G} + V_{2G} + V_{2Q} \quad (1-2-5)$$

式中 V_{1G} ——预制构件自重、预制楼板自重和叠合层自重在计算截面产生的剪力设计值；

V_{1Q} ——第一阶段施工活荷载在计算截面产生的剪力设计值；

V_{2G} ——第二阶段面层、吊顶等自重在计算截面产生的剪力设计值；

V_{2Q} ——第二阶段可变荷载在计算截面产生的剪力设计值，取本阶段施工活荷载或使用阶段可变荷载在计算截面产生的剪力设计值中的较大值。

需注意，叠合构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值 V_{cs} ，应取叠合层和预制构件中较低的混凝土强度等级进行计算，且不低于预制构件的受剪承载力设计值；对预应力混凝土叠合构件，不考虑预应力对受剪承载力的有利影响，取 $V_p = 0$ 。

5. 叠合面的受剪承载力

叠合面的受剪承载力是保证叠合构件整体工作的必要条件，因此必须进行计算。

剪弯区段叠合面的受力情况比较复杂，通常是借用图 1-2-5 所示的直接剪切试验来研究叠合面的受力性能。试验表明，叠合面的受剪承载力将随配箍率的增大而增大；同时还随混凝土强度的提高而提高。对于叠合梁，其叠合面剪切可近似地用图 1-2-6 表示。

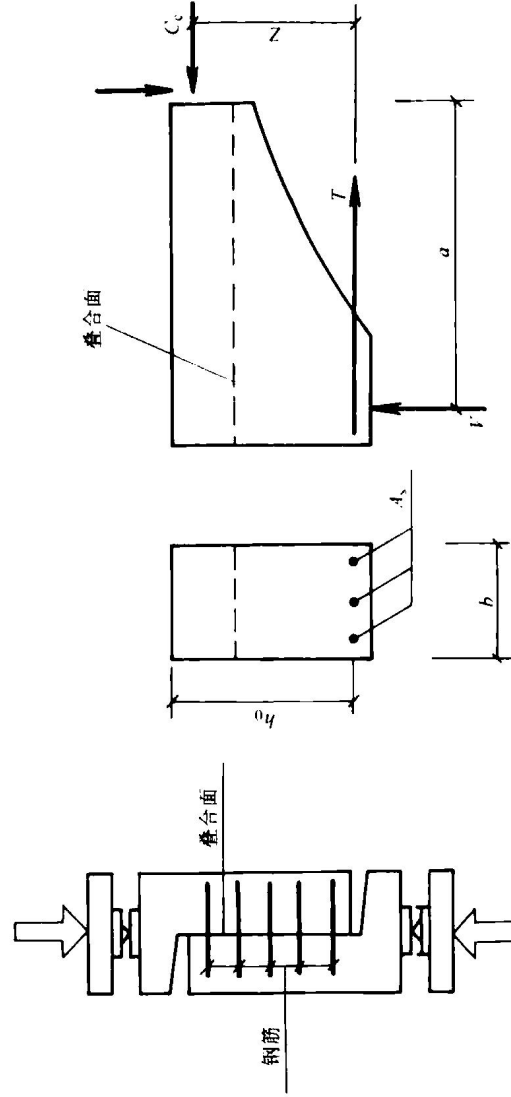


图 1-2-5

当假定剪应力 τ 沿叠合面均匀分布，并近似取 $C_c = T$ ，则可得：

$$V_a = C_c z \quad (1-2-6)$$

$$V_a = \tau a b z \quad (1-2-7)$$

$$\tau = \frac{V}{b z} \quad (1-2-8)$$

图 1-2-6

近似取 $z = 0.85h_0$

当叠合梁符合“混凝土结构设计规范 (GB 50010 - 2002)”第 10.2.10 条、第 10.2.11 条和第 10.6.14 条的各项构造要求时,其叠合面的受剪承载力应按下列公式计算:

$$V \leq 1.2f_tbh_0 + 0.85f_{yv} \frac{A_{sv}^{sv}h_0}{s} \quad (1-2-9)$$

式中 V ——作用于叠合梁斜截面上的剪力设计值, $V = V_{1G} + V_{2G} + V_{2Q}$;

f_t ——混凝土的轴心抗拉强度设计值,取叠合层和预制构件中的较低值;

f_{yv} ——钢筋的抗拉强度设计值;

A_{sv} ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积, $A_{sv} = nA_{sv1}$, n 为在同一截面内箍筋的肢数, A_{sv1} 为单肢箍筋的截面面积;

s ——沿构件长度方向上箍筋的间距。

当叠合面的配箍率 $\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} < 0.15\%$ 时,箍筋对叠合面受剪所起的作用已很小,可忽略不计,故式 (1-2-9) 仅适用于 $\rho_{sv} \geq 0.15\%$ 的叠合梁。

试验还表明,当 ρ_{sv} 过大,叠合面的受剪承载力将由混凝土强度控制。因此叠合梁的截面尺寸应符合下列要求:

$$V \leq 0.25f_cbh_0 \quad (1-2-10)$$

对不配箍筋的叠合板及配箍率 $\rho_{sv} < 0.15\%$ 的叠合梁,其叠合面的受剪强度应符合下列要求:

$$\frac{V}{bh_0} \leq 0.4N/\text{mm}^2 \quad (1-2-11)$$

同时,叠合构件必须满足图 1-2-3、图 1-2-4 的构造要求。

6. 正截面抗裂验算

预应力混凝土叠合式受弯构件,其预制构件和叠合构件应进行正截面抗裂验算。此时,在荷载的标准组合下,抗裂验算边缘混凝土的拉应力不应大于预制构件的混凝土抗拉强度标准值 f_{tk} 。抗裂验算边缘混凝土的法向应力应按下列公式计算:

预制构件

$$\sigma_{tk} = \frac{M_{1k}}{W_{01}} \quad (1-2-12)$$

叠合构件

$$\sigma_{ck} = \frac{M_{1Gk}}{W_{01}} + \frac{M_{2k}}{W_0} \quad (1-2-13)$$

式中 M_{1Gk} ——预制构件自重、预制楼板自重力和叠合层自重力标准值在计算

截面产生的弯矩值;

M_{1k} ——第一阶段荷载效应标准组合下在计算截面产生的弯矩值,取 $M_{1k} = M_{1Gk} + M_{1Qk}$, 此处, M_{1Qk} 为第一阶段施工活荷载标准值在计算截面产生的弯矩值;

M_{2k} ——第二阶段荷载效应标准组合下在计算截面上的弯矩值,取 $M_{2k} = M_{2Gk} + M_{2Qk}$, 此处, M_{2Gk} 为面层、吊顶等自重力标准值在计算截面产生的弯矩值; M_{2Qk} 为使用阶段可变荷载标准值在计算截面产生的弯矩值;

W_{01} ——预制构件换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩;

W_0 ——叠合构件换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩,此时,叠合层的混凝土截面面积应按弹性模量比换算成预制构件混凝土的截面面积。

7. 斜截面抗裂验算

预应力混凝土叠合构件应根据“混凝土结构设计规范 (GB 50010 - 2002)”规定的裂缝控制等级,分别对斜截面混凝土主拉应力和主压应力进行验算:

混凝土主拉应力

(1) 一级——严格要求不出现裂缝的构件,应符合下列规定:

$$\sigma_{tp} \leq 0.85f_{tk} \quad (1-2-14)$$

(2) 二级——一般要求不出现裂缝的构件,应符合下列规定:

$$\sigma_{tp} \leq 0.95f_{tk} \quad (1-2-15)$$

混凝土主压应力

对严格要求和一般要求不出现裂缝的构件,均应符合下列规定:

$$\sigma_{cp} \leq 0.6f_{ck} \quad (1-2-16)$$

式中 σ_{tp} 、 σ_{cp} ——混凝土的主拉应力、主压应力,按“混凝土结构设计规范 (GB 50010 - 2002)”第 8.1.6 条确定。

8. 钢筋应力验算

钢筋混凝土叠合式受弯构件在荷载效应的标准组合下,其纵向受拉钢筋的应力应符合下列规定:

$$\sigma_{sk} \leq 0.9f_y \quad (1-2-17)$$

$$\sigma_{sk} = \sigma_{s1k} + \sigma_{s2k} \quad (1-2-18)$$

在弯矩 M_{1Gk} 作用下,预制构件纵向受拉钢筋的应力 σ_{s1k} 可按下列公式计算:

$$\sigma_{s1k} = \frac{M_{1Gk}}{0.87A_s h_{01}} \quad (1-2-19)$$

式中 h_{01} ——预制构件截面有效高度。

在弯矩 M_{2k} 作用下，叠合构件纵向受拉钢筋中的应力增量 σ_{s2k} 可按下列公式

$$\sigma_{s2k} = \frac{0.5 \left[1 + \frac{h_1}{h} \right] M_{2k}}{0.87 A_s h_0} \quad (1-2-20)$$

当 $M_{1Gk} < 0.35 M_{10}$ 时，上式中的 $0.5 \left(1 + \frac{h_1}{h} \right)$ 值应取等于 1.0；此处， M_{10} 为预制构件正截面受弯承载力设计值，应按“混凝土结构设计规范（GB 50010-2002）”第 7.2.1 条计算，但式中应取等号，并以 M_{10} 代替 M 。

9. 裂缝宽度验算

在钢筋混凝土叠合构件中，按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响的最大裂缝宽度 ω_{\max} 可按下列公式计算：

$$\omega_{\max} = 2.2 \frac{\psi(\sigma_{s1k} + \sigma_{s2k})}{E_s} \left[1.9C + 0.8 \frac{d_{eq}}{\rho_{tel}} \right] \quad (1-2-21)$$

$$\psi = 1.1 - \frac{0.65 f_{tk1}}{\rho_{tel} \sigma_{s1k} + \rho_{te2} \sigma_{s2k}} \quad (1-2-22)$$

式中 C ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离（mm）：当 $C < 20$ 时，取 $C = 20$ ；当 $C > 65$ 时，取 $C = 65$ ；

d_{eq} ——受拉区纵向钢筋的等效直径，按“混凝土结构设计规范（GB 50010-2002）”第 8.1.2 条的规定计算；

ρ_{tel} 、 ρ_{te2} ——按预制构件、叠合构件的有效受拉混凝土截面面积计算的纵向受拉钢筋配筋率，按“混凝土结构设计规范（GB 50010-2002）”第

8.1.2 条计算；

f_{tk1} ——预制构件的混凝土抗拉强度标准值，按表 A 采用。

10. 挠度验算

叠合构件应按“混凝土结构设计规范（GB 50010-2002）”第 8.2.1 条的规定进行正常使用极限状态下的挠度验算，其中，叠合式受弯构件按荷载效应标准组合并考虑荷载长期作用影响的刚度可按下列公式计算：

$$B = \frac{M_k}{\left[\frac{B_{s2}}{B_{s1}} - 1 \right] M_{1Gk} + (\theta - 1) M_q + M_k} B_{s2} \quad (1-2-23)$$

$$M_k = M_{1Gk} + M_{2k} \quad (1-2-24)$$

$$M_q = M_{1Gk} + M_{2Gk} + \psi_q M_{2Qk} \quad (1-2-25)$$

式中 θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数，按“混凝土结构设计规范（GB 50010-2002）”第 8.2.5 条采用；

M_k ——叠合构件按荷载效应的标准组合计算的弯矩值；

M_q ——叠合构件按荷载效应的准永久组合计算的弯矩值；

B_{s1} ——预制构件的短期刚度，按“混凝土结构设计规范（GB 50010-2002）”第 10.6.11 条取用；

B_{s2} ——叠合构件第二阶段的短期刚度，按“混凝土结构设计规范（GB 50010-2002）”第 10.6.11 条取用；

ψ_q ——第二阶段可变荷载的准永久值系数。

荷载效应标准组合下叠合式受弯构件正弯矩区段内的短期刚度，可按下列规定计算：

(1) 钢筋混凝土叠合构件：

1) 预制构件的短期刚度 B_{s1} 可按下式计算：

$$B_{s1} = \frac{E_s A_s h_0^2}{1.15 \psi + 0.2 + \frac{6 \alpha_E \rho}{1 + 3.5 \gamma_f}} \quad (1-2-26)$$

2) 叠合构件第二阶段的短期刚度可按下列公式计算

$$B_{s2} = \frac{E_s A_s h_0^2}{0.7 + 0.6 \frac{h_1}{h} + \frac{4.5 \alpha_E \rho}{1 + 3.5 \gamma_f}} \quad (1-2-27)$$

式中 α_E ——钢筋弹性模量与叠合层混凝土弹性模量的比值 E_s/E_c 。

γ_f ——受压翼缘截面面积与腹板有效截面面积的比值。

(2) 预应力混凝土叠合构件

1) 预制构件的短期刚度 B_{s1} 可按下式计算：

$$B_{s1} = 0.85 E_{c1} I_{01} \quad (1-2-28)$$

2) 叠合构件第二阶段的短期刚度可按下式计算：

$$B_{s2} = 0.7 E_{c1} I_0 \quad (1-2-29)$$

式中 E_{c1} ——预制构件的混凝土弹性模量；

I_0 ——叠合构件换算截面的惯性矩，此时，叠合层的混凝土截面面积应按弹性模量比换算成预制构件混凝土的截面面积。

荷载效应标准组合下叠合式受弯构件负弯矩区段内第二阶段的短期刚度 B_{s2} 可按公式（1-2-26）计算，其中，弹性模量的比值取 $\alpha_E = E_s/E_{c1}$ 。

$$\psi = 1.1 - 0.65 \frac{f_{tk}}{\rho_{te} \sigma_{sk}} \quad (1-2-30)$$

式中 ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数：当 $\psi < 0.2$ 时，取 $\psi = 0.2$ ；当 $\psi > 1$ 时，取 $\psi = 1$ ；对直接承受重复荷载的构件，取 $\psi = 1$ ；

ρ ——纵向受拉钢筋配筋率：对钢筋混凝土受弯构件，取 $\rho = A_s/(bh_0)$ ；对

预应力混凝土受弯构件, 取 $\rho = (A_p + A_s) / (bh_0)$;

1.3 筏形基础

1.3.1 筏形基础的适用范围

- (1) 在软土地基上, 当用条形基础不能满足建、构筑物上部结构的容许变形和地基承载力要求时;
- (2) 当建筑物的柱距较小, 而柱作用的荷载很大, 必须将基础连成一体后才能满足地基承载力时;
- (3) 风荷载或地震作用起主要作用的多层或不多于20层的高层房屋, 欲使基础有足够的刚度和稳定性时采用筏形基础。

筏形基础整体性好, 刚度大, 能有效分散上部结构的荷载、调整基底的压力和不均匀沉降, 可以跨越局部软弱区或溶洞, 并且有较好的抗渗性能。

采用筏形基础能使地基上的承载力随着基础埋深和宽度的增加而增大, 而基础的沉降随着基础埋深的增加而减小。

1.3.2 筏形基础的类型

1. 平板式筏形基础

筏板厚度应满足抗冲切、抗剪计算要求, 对多层建筑其厚度一般在0.3~0.4m以上, 对高层建筑其厚度为1.0~3.0m左右。因施工方便, 建造快, 在国外高层建筑的基础中用得较多, 但是混凝土用量偏大。按结构特点又可分为以下几类:

- (1) 柱下筏板基础 国外高层建筑中应用较多
 - (2) 墙下筏板基础 广泛用于多层及高层住宅、办公楼等民用建筑。
 - (3) 墙下浅埋筏板基础 适用于六层及六层以下
- 横墙较密, 纵向刚度较大的民用建筑, 可建造在硬壳层(该层土与下层土压缩模量之比 $\alpha \geq 3$) 和包括人工处理形成的比较均匀的软弱地基上。

2. 柱下梁板式筏形基础

梁板式筏形基础的梁可以正放(梁在筏板下)或反放(梁在筏板上), 见图1-3-1a, 图1-3-1b。正梁的筏板面平整, 使用方便, 也便于排水, 但施工复杂, 采用卷材防水时, 卷材施工中容易被损坏, 使地下室容易渗漏。反梁筏板施工方便, 可设置

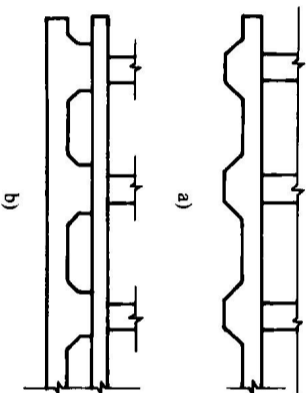


图1-3-1 柱下梁板式

筏形基础

- a) 肋梁向下凸出(正放)
- b) 肋梁向上凸出(反放)

架空地坪以满足使用和排水, 防潮的要求, 这时应在梁中留出排水的小孔。通常采用的是反梁形式的筏形基础。柱下梁板式筏形基础一般用于框架、框架-剪力墙、筒体结构等。

1.3.3 筏形基础的构造

- (1) 混凝土垫层厚度不小于100mm;
- (2) 混凝土强度等级不低于C20, 当有防水要求时, 外围墙及底板的抗渗等级不应低于0.6MPa;
- (3) 筏板外伸长度, 横向不宜大于1m, 纵向不宜大于0.6m。当上部结构周边为柱时, 筏板外缘可伸出柱边1.0m以上, 使柱传下来的集中力可以分散, 筏板下的地基反力较为均匀。当采用平板式筏基时, 板内钢筋较多, 外伸一段可以在柱外侧留有板边, 有利于柱下板带的配筋;
- (4) 筏板中, 跨中板带(纵向板带及横向板带)应有配筋率不小于0.15%的下钢筋拉通, 拉通的下钢筋也不少于支座钢筋的1/3; 跨中板带的上钢筋应将实际需要的配筋全部拉通。底板钢筋的搭接长度按受拉搭接长度考虑;
- (5) 长度较大的筏形基础在施工过程中, 可能在混凝土的收缩和露天施工的过程中因温度变化而产生裂缝, 所以筏形基础施工时, 沿长度每隔20~40m留一道, 宽度为700~800mm的后浇带。后浇带宜设在柱间距的三分之一处, 后浇带内的梁和板的钢筋不切断, 两侧宜设置钢丝网隔断, 以利于新老混凝土的粘结;
- (6) 筏板受力钢筋直径不应小于12mm, 间距100~200mm, 分布钢筋直径一般为8~10mm, 间距200~250mm;
- (7) 底板有垫层时, 钢筋保护层的厚度不小于40mm, 无垫层时, 钢筋保护层的厚度不小于70mm;
- (8) 为了减少基底压力而设置架空层(架空地板)或在反梁筏板上铺设架空地板时, 架空层的净空, 应满足管道检修的要求;
- (9) 当地基承载力满足要求, 采用不埋式筏板基础时, 建筑物四周必须设置边梁, 其埋入室外地坪下的深度不得小于500mm, 梁宽不小于200mm, 最小配筋率不小于上、下各2φ10的钢筋, 箍筋φ8@150, 与边梁连接的筏板上部, 要配置受力钢筋。底板四角尚应布置放射状钢筋。

1.3.4 筏形基础的计算方法

1. 梁板式筏形基础

梁板式筏形基础相当于倒置的楼盖, 柱和剪力墙相当于楼盖的竖向支承, 地基反力相当于楼盖上的竖向荷载。工程设计中, 大多采用简化计算方法, 按倒置的平面楼盖, 分别进行板、次梁及主梁的内力计算。其中合理地确定地基反力分布是