



高等学校“十一·五”精品规划教材

混凝土建筑结构设计

主 编 干 惟

副主编 马 嵘

HUNNINGTU JIANZHU JIEGOU SHEJI



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

责任编辑 韩月平

E-mail: hyp@waterpub.com.cn

销售分类: 建筑结构/设计

ISBN 978-7-5084-6203-5



9 787508 462035 >

定价: 24.00 元

内 容 提 要

高等学校“十一五”精品规划教材

混凝土建筑结构设计

图 书 在 版 编 目 (CIP) 数 据

主 编 干 惟
副 主 编 马 嵘

ISBN 978-7-302-8508-2

干 惟 主 编 干 惟 副 主 编 马 嵘 著 干 惟 主 编 干 惟 副 主 编 马 嵘 著

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第232181号

书 名	混凝土建筑结构设计
作 者	干 惟 主 编 马 嵘 副 主 编
出 版 发 行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路6号 100044)
网 址	www.waterpub.com.cn
E-mail	sales@waterpub.com.cn
电 话	(010) 63202508 (总机) 68267898 (营销中心)
发 行 所	北京科水图书销售中心 (总库)
电 话	(010) 88381394 63202643
全 国 各 地 邮 政 分 局 均 有 代 理 邮 政 网 点	
社 址	中国水利水电出版社机械工业出版社
印 刷	北京市顺义区
纸 张	184mm×260mm 16开本 11.75印张 270千字
定 价	2008年12月第1版 2008年12月第1次印刷
版 次	0001-1000册
定 价	24.00元



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

封面设计：中国水利水电出版社

责任编辑：马 嵘

内 容 提 要

本教材是高等学校“十一五”精品规划教材，共有3章，包括楼屋盖梁板结构、单层厂房结构设计、多层房屋框架结构。编写过程中，编写组人员结合自己长期从事土木工程教学、科研和设计的经验，在传统教材的基础上完善了井字楼盖结构和密肋楼盖结构的设计内容，减少了目前工程中使用较少的预制多孔板的内容；并鉴于概念设计在工程中的重要性，增加了房屋框架的概念设计的部分内容，同时重新编写了各章的思考题和例题，以利于进行设计实践参考。

本教材可作为大学本科土木工程专业的专业基础课教材，也可供从事混凝土结构设计、制作、施工和监理技术人员参考。同时，本教材对于培养应用型高等土木工程专业人才尤为适用。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土建筑结构设计/干惟主编. —北京：中国水利水电出版社，2008

高等学校“十一五”精品规划教材

ISBN 978-7-5084-6203-5

I. 混… II. 干… III. 混凝土结构—结构设计—高等学校—教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 212191 号

书 名	高等学校“十一五”精品规划教材 混凝土建筑结构设计
作 者	主编 干惟 副主编 马嵘
出版发行	中国水利水电出版社（北京市三里河路6号 100044） 网址：www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话：(010) 63202266（总机）、68367658（营销中心）
经 售	北京科水图书销售中心（零售） 电话：(010) 88383994、63202643 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市地矿印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 11.75印张 279千字
版 次	2008年12月第1版 2008年12月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	24.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本教材是高等学校“十一五”精品规划教材，是《混凝土结构》教材的下册。《混凝土结构》教材是根据全国高校土木工程学科专业指导委员会审定通过的教学大纲编写的，分上、下两册，上册为《混凝土结构设计原理》（已于2008年2月由中国水利水电出版社出版，书号为978-7-5084-5292-0），属专业基础课教材，主要讲述混凝土结构设计基本理论和基本构件；下册为《混凝土建筑结构设计》（本教材），属专业课教材，主要讲述混凝土三种基本结构体系，即楼屋盖梁板结构、单层厂房排架结构和多层房屋框架结构。

《混凝土建筑结构设计》一书的编写组人员结合自己长期从事土木工程教学、科研和设计的经验，在传统教材的基础上完善了井字楼盖结构和密肋楼盖结构的设计内容，减少了目前工程中使用较少的预制多孔板的内容；并鉴于概念设计在工程中的重要性，增加了房屋框架的概念设计的部分内容，同时重新编写了各章的思考题和例题，以便于读者进行设计实践参考。

在本教材的编写过程中，特别注意了理论与实践相结合、教材与规范相一致、教学与国家注册工程师制度相统一的原则，突出重点，讲清难点，加强概念理解。因此，本教材对于培养应用型高等土木工程专业人才尤为适用。

《混凝土建筑结构设计》由干惟任主编，马嵘任副主编。参加编写的人员有干惟、马嵘、杨澄秋、曲晨、姜康乐、李刚、华昕若等。

本教材在编写和出版过程中得到了领导、同行、编辑和出版社的大力帮助、支持，在此表示深深的敬意和感谢。

限于编者水平，本教材中难免有不妥之处，敬请读者批评指正。

编者

2008年12月

目 录

1.1	概述	1
1.1.1	楼屋盖的结构类型	1
1.1.2	荷载的传递原则	2
1.1.3	单向板与双向板	2
1.2	现浇单向板肋梁楼盖	3
1.2.1	结构平面布置	3
1.2.2	计算简图	4
1.2.3	连续梁、板按弹性理论的内力计算	7
1.2.4	超静定结构塑性内力重分布的概念	10
1.2.5	连续梁、板按弯矩调幅法的内力计算	13
1.2.6	单向板肋梁楼盖的截面设计与构造要求	17
1.2.7	单向板肋梁楼盖设计例题	22
1.3	双向板肋梁楼盖	33
1.3.1	双向板的受力特点和主要试验结果	33
1.3.2	双向板按弹性理论的内力计算	34
1.3.3	双向板按塑性铰线法的内力计算	36
1.3.4	双向板的截面设计与构造要求	40
1.3.5	双向板支承梁的设计	41
1.4	井式楼盖	41
1.4.1	设计要点	42
1.4.2	构造要求	42
1.5	密肋楼盖	42
1.5.1	设计要点	43
1.5.2	构造要求	43
1.6	无梁楼盖	43

前言

第 1 章	楼屋盖梁板结构	1
1.1	概述	1
1.1.1	楼屋盖的结构类型	1
1.1.2	荷载的传递原则	2
1.1.3	单向板与双向板	2
1.2	现浇单向板肋梁楼盖	3
1.2.1	结构平面布置	3
1.2.2	计算简图	4
1.2.3	连续梁、板按弹性理论的内力计算	7
1.2.4	超静定结构塑性内力重分布的概念	10
1.2.5	连续梁、板按弯矩调幅法的内力计算	13
1.2.6	单向板肋梁楼盖的截面设计与构造要求	17
1.2.7	单向板肋梁楼盖设计例题	22
1.3	双向板肋梁楼盖	33
1.3.1	双向板的受力特点和主要试验结果	33
1.3.2	双向板按弹性理论的内力计算	34
1.3.3	双向板按塑性铰线法的内力计算	36
1.3.4	双向板的截面设计与构造要求	40
1.3.5	双向板支承梁的设计	41
1.4	井式楼盖	41
1.4.1	设计要点	42
1.4.2	构造要求	42
1.5	密肋楼盖	42
1.5.1	设计要点	43
1.5.2	构造要求	43
1.6	无梁楼盖	43

1.6.1	无梁楼盖的受力特点	44
1.6.2	无梁楼盖的内力计算	45
1.6.3	柱帽及板受冲切承载力计算	47
1.6.4	截面设计与构造要求	49
1.7	装配式楼盖	51
1.7.1	预制板	51
1.7.2	预制板的布置与连接	51
1.8	楼梯	52
1.8.1	概述	52
1.8.2	楼梯的结构设计	52
	思考题	57
第2章	单层厂房结构设计	58
2.1	概述	58
2.1.1	单层厂房的特点	58
2.1.2	单层厂房的结构形式	58
2.2	单层厂房的组成和结构布置	59
2.2.1	厂房的组成	59
2.2.2	厂房的结构布置	60
2.2.3	厂房的支撑系统	61
2.2.4	厂房的荷载传递路径	63
2.3	厂房部分构件选型	64
2.3.1	屋面板及檩条	64
2.3.2	屋架及屋面梁	64
2.3.3	吊车梁	66
2.4	厂房排架的内力计算	67
2.4.1	排架的计算单元和计算简图	67
2.4.2	荷载计算	68
2.4.3	内力计算	71
2.4.4	排架内力组合	73
2.4.5	考虑厂房整体空间作用后的排架内力计算	74
2.4.6	两种特殊情况下的排架内力计算	75
2.5	排架柱的设计	76
2.5.1	排架柱的设计	76
2.5.2	牛腿的设计计算	78
2.5.3	柱下独立基础的设计计算	80
2.6	厂房构件的设计要点	86
2.6.1	厂房屋架的设计要点	86

2.6.2 吊车梁的设计要点	88
2.7 单层厂房排架柱结构设计实例	89
思考题	103
第3章 多层房屋框架结构	104
3.1 多层框架结构的组成与布置	104
3.1.1 多层与高层建筑结构的定义	104
3.1.2 框架结构的组成	105
3.1.3 框架结构的布置	106
3.2 多层框架上的荷载	110
3.2.1 竖向荷载	110
3.2.2 水平风荷载	110
3.2.3 水平地震荷载	111
3.3 框架的内力及侧移的近似计算方法	112
3.3.1 框架结构梁、柱截面尺寸及计算简图	113
3.3.2 竖向荷载作用下的分层法	115
3.3.3 水平荷载作用下的反弯点法	116
3.3.4 水平荷载作用下的 D 值法	117
3.3.5 框架结构侧移近似计算及其限值	125
3.4 框架结构的内力组合	127
3.4.1 竖向活荷载的最不利位置	127
3.4.2 荷载效应组合	128
3.4.3 最不利内力组合	130
3.4.4 控制截面及梁端控制截面内力	131
3.5 多层混凝土框架设计	131
3.5.1 结构概念设计的提出	131
3.5.2 框架结构的延性设计	135
3.5.3 设计步骤及框架内力的调整	140
3.5.4 框架结构梁、柱截面设计	140
3.5.5 框架结构梁、柱及节点的构造	142
3.6 多层框架结构基础	148
3.6.1 基础的类型与选择	148
3.6.2 柱下条形基础设计	149
3.6.3 柱下交叉梁基础设计	152
3.6.4 柱下条形基础的构造要求	155
思考题	156
附录1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数	157
附录2 等截面等跨度连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	159

附录3 双向板弯矩、挠度计算系数	166
附录4 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距	171
附录5 单阶柱柱顶反力与水平位移系数值	172

参考文献	176
------------	-----

后记	178
----------	-----

第1章 楼屋盖梁板结构

1.1 概 述

建筑结构承重体系可分为水平的和竖向的两个结构体系，它们共同承受作用在建筑物上的水平力和竖向力，并把这些力可靠地传给竖向构件直至基础。构成楼屋盖的梁板结构属于水平结构体系；承重砌体、柱、剪力墙、筒体等属于竖向结构体系。

梁板结构是工程结构中最常见的水平结构体系，广泛用于建筑中的楼屋盖结构、基础底板结构等。各种钢筋混凝土梁板结构的受力分析和设计原理基本相同，本章主要以建筑工程中的楼屋盖结构为例，介绍梁板结构的设计计算方法。

1.1.1 楼屋盖的结构类型

楼屋盖的结构类型有三种分类方法。

(1) 按结构布置形式，楼屋盖可分为肋梁楼盖、井式楼盖、密肋楼盖和无梁楼盖（又称板柱结构），如图 1.1 所示。其中，肋梁楼盖应用得最普遍，它又分为单向板肋梁楼盖和双向板肋梁楼盖。

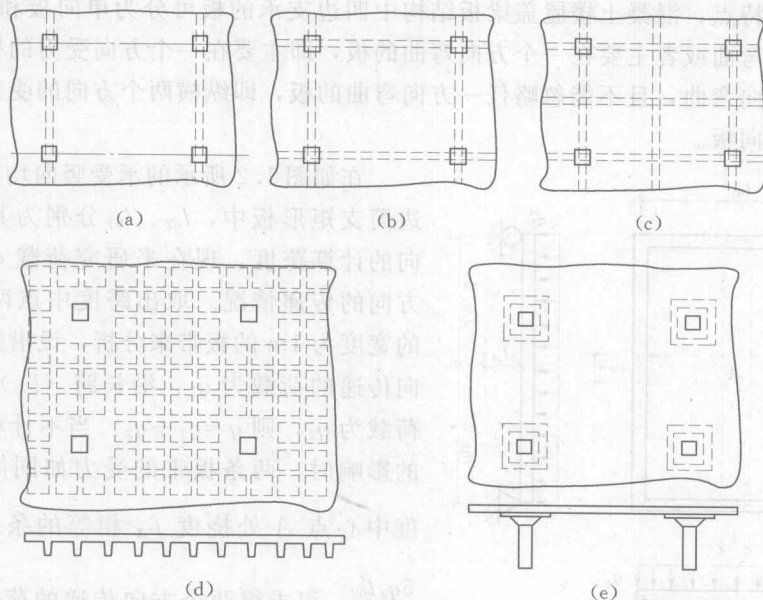


图 1.1 楼屋盖的结构类型

(a) 单向板肋梁楼盖；(b) 双向板肋梁楼盖；(c) 井式楼盖；(d) 密肋楼盖；(e) 无梁楼盖

(2) 按预加应力情况, 楼屋盖可分为钢筋混凝土楼盖和预应力混凝土楼盖。预应力混凝土楼盖中用得最普遍的是无黏结预应力混凝土平板楼盖, 当柱网尺寸较大时, 预应力楼盖可有效减小板厚, 降低建筑层高。

(3) 按施工方法, 楼盖可分为现浇楼盖、装配式楼盖和装配整体式楼盖三种。现浇楼盖的优点是刚度大, 整体性好, 抗震、抗冲击性能好, 防水性好, 对不规则平面的适应性强, 开洞容易。缺点是需要大量的模板, 现场的作业量大, 工期也较长。我国《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002) 规定, 在高层建筑中, 楼盖宜现浇; 对抗震设防的建筑, 当高度 $\geq 50\text{m}$ 时, 楼盖应采用现浇; 当高度 $\leq 50\text{m}$ 时, 在顶层、刚性过渡层和平面复杂或开洞过多的楼层, 也应采用现浇楼盖。

随着商品混凝土、泵送混凝土以及工具式模板的广泛使用, 钢筋混凝土结构, 包括楼盖在内, 大多采用现浇。目前, 我国装配式楼盖主要用在多层砌体房屋, 特别是多层住宅中。在抗震设防区, 有限制使用装配式楼盖的趋势。装配整体式楼盖是提高装配式楼盖刚度、整体性和抗震性能的一种改进楼盖, 最常见的方法是在板面做 40mm 厚的配筋现浇层。

1.1.2 荷载的传递原则

(1) 荷载沿短跨方向的传递大于沿长跨方向的传递, 且随着长短跨比的增大, 沿短跨方向传递的荷载与沿长跨方向传递的荷载之比迅速增长, 这就是荷载按最短路线传递的原则。

(2) 荷载沿刚度大方向的传递大于沿刚度小方向的传递, 两个方向荷载传递比例与两个方向梁的抗弯刚度基本成正比, 这就是荷载按刚度分配的原则。

1.1.3 单向板与双向板

按照受力特点, 混凝土楼屋盖梁板结构中四边支承的板可分为单向板和双向板两类。只在一个方向弯曲或者主要在一个方向弯曲的板, 即主要在一个方向受力的板, 称为单向板; 在两个方向弯曲, 且不能忽略任一方向弯曲的板, 即纵横两个方向的受力都不能忽略的板, 称为双向板。

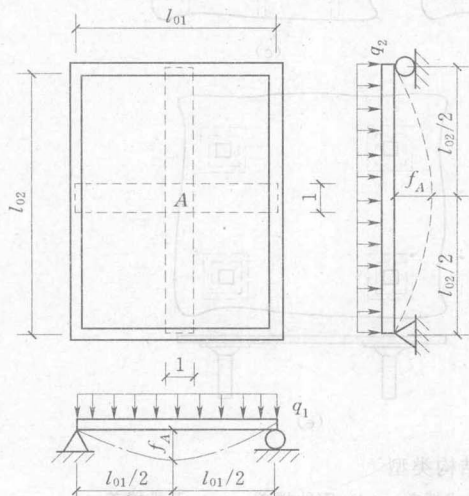


图 1.2 四边支承板的荷载传递

在如图 1.2 所示的承受竖向均布荷载 q 的四边简支矩形板中, l_{02} 、 l_{01} 分别为其长、短跨方向的计算跨度, 现在来研究荷载 q 在长、短跨方向的传递情况。取出跨度中点两个相互垂直的宽度为 1m 的板带来分析, 设沿短跨 (l_{01}) 方向传递的荷载为 q_1 , 沿长跨 (l_{02}) 方向传递的荷载为 q_2 , 则 $q = q_1 + q_2$ 。当不计相邻板对它们的影响时, 两条板带的受力如同简支梁, 由跨度中心点 A 处挠度 f_A 相等的条件: $\frac{5q_1 l_{01}^4}{384EI} =$

$$\frac{5q_2 l_{02}^4}{384EI}, \text{ 可求得两个方向传递的荷载比值为: } \frac{q_1}{q_2} = \left(\frac{l_{02}}{l_{01}} \right)^4。$$

故

$$q_1 = \eta_1 q, \quad q_2 = \eta_2 q$$

$$\eta_1 = \frac{l_{02}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4}, \quad \eta_2 = \frac{l_{01}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4}$$

式中 η_1 、 η_2 ——短跨、长跨方向的荷载分配系数。

当 $l_{01}/l_{02} = 3$ 时, $\eta_1 = 0.988$, $\eta_2 = 0.012$ 。可见, 尽管近似地忽略了相邻板的影响, 但其受力特性也很显然, 即当 $l_{01}/l_{02} \geq 3$ 时, 荷载主要沿短跨方向传递, 可忽略荷载沿长跨方向的传递。因此在设计中, 称 $l_{01}/l_{02} \geq 3$ 的板为单向板, $l_{01}/l_{02} \leq 2$ 的板为双向板。对于 $2 < l_{01}/l_{02} < 3$ 的板, 宜按双向板计算; 当按沿短跨方向受力的单向板计算时, 应沿长跨方向布置足够数量的构造钢筋。

单向板的计算方法与梁相同, 故又称梁式板, 一般包括以下三种情况: ①悬臂板; ②对边支承板; ③主要在一个方向受力的四边支承板。

1.2 现浇单向板肋梁楼盖

现浇单向板肋梁楼盖的设计步骤为: ①结构平面布置, 并初步拟定板厚和主次梁的截面尺寸; ②确定梁、板的计算简图; ③荷载计算及梁、板内力分析; ④截面承载力计算、配筋及构造措施; ⑤绘制施工图。

1.2.1 结构平面布置

1. 结构平面布置

单向板肋梁楼盖由板、次梁和主梁组成, 楼盖则支承在柱、墙等竖向承重构件上。其中, 次梁的间距决定了板的跨度; 主梁的间距决定了次梁的跨度; 柱网尺寸或墙的间距决定了主梁的跨度, 如图 1.3 (a) 所示。工程实践表明, 单向板、次梁、主梁的常用跨度如下。

单向板: 1.7~2.5m, 荷载较大时取较小值, 一般不宜超过 3m;

次梁: 4~6m;

主梁: 5~8m。

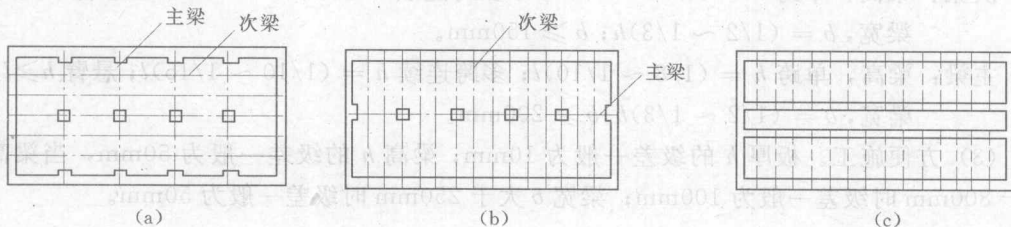


图 1.3 梁的布置

(a) 主梁横向布置; (b) 主梁纵向布置; (c) 不布置主梁

单向板肋梁楼盖结构平面布置方案通常有以下三种。

(1) 主梁横向布置, 次梁纵向布置, 如图 1.3 (a) 所示。其优点是主梁和柱子可形成横向框架, 房屋的横向抗侧移刚度大, 而各横向框架间由纵向的次梁相连, 故房屋的纵

向刚度也大,整体性较好。此外,由于外纵墙处仅设次梁,故窗户高度可开得大些,对采光有利。

(2) 主梁纵向布置,次梁横向布置,如图 1.3 (b) 所示。这种布置适用于横向柱距比纵向柱距大得多的情况。它的优点是减小了主梁的截面高度,增加了室内净高。

(3) 只布置次梁,不布置主梁,如图 1.3 (c) 所示。它仅适用于有中间走道的砌体墙承重的混合结构房屋中。

在进行楼盖的结构平面布置时,应注意以下问题:

(1) 受力合理。荷载传递要简捷,梁宜拉通,避免凌乱;主梁跨间最好不要只布置一根次梁,以减小主梁跨间弯矩的不均匀;尽量避免把梁,特别是主梁搁置在门、窗过梁上;在楼屋面上有机器设备、冷却塔、悬挂装置等荷载比较大的地方,宜设次梁。楼板上开有较大尺寸(大于 800mm)的洞口时,应在洞口周边设置加劲的小梁。

(2) 满足建筑要求。不封闭的阳台、厨房间和卫生间的板面标高宜低于其他部位 30~50mm (在该处如无墙体,应布置次梁);当不做吊顶时,一个房间平面内不宜只放一根梁。

(3) 方便施工。梁的截面种类不宜过多,梁的布置尽可能规则,梁截面尺寸应考虑设置模板的方便,特别是采用钢模板时。

2. 梁、板截面尺寸的初步选定

(1) 构造要求。现浇钢筋混凝土单向板的厚度 h 除应满足建筑功能外,还应符合下列要求:

屋面板	$h \geq 60\text{mm}$;
民用建筑楼板	$h \geq 60\text{mm}$;
工业建筑楼板	$h \geq 70\text{mm}$;
行车道下的楼板	$h \geq 80\text{mm}$ 。

(2) 满足竖向荷载下的挠度要求。按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002) 的挠度规定,并根据经验,常用截面尺寸可参照下列数值确定 (l 为跨度):

板: 简支单向板厚 $h \geq l/35$; 连续单向板厚 $h \geq l/40$; 悬臂板厚 $h \geq l/12$ 。

次梁: 梁高, 单跨 $h = (1/10 \sim 1/12)l$; 多跨连续 $h = (1/12 \sim 1/18)l$; 悬臂 $h \geq l/8$ 。

梁宽, $b = (1/2 \sim 1/3)h$; $b \geq 150\text{mm}$ 。

主梁: 梁高, 单跨 $h = (1/8 \sim 1/10)l$; 多跨连续 $h = (1/10 \sim 1/15)l$; 悬臂 $h \geq l/6$ 。

梁宽, $b = (1/2 \sim 1/3)h$; $b \geq 200\text{mm}$ 。

(3) 方便施工。板厚 h 的级差一般为 10mm; 梁高 h 的级差一般为 50mm, 当梁高 h 大于 800mm 时级差一般为 100mm; 梁宽 b 大于 250mm 时级差一般为 50mm。

1.2.2 计算简图

建筑结构的计算简图包括计算模型及计算荷载两个方面。

1. 计算模型及简化假定

在现浇单向板肋梁楼盖中,板、次梁、主梁的计算模型为连续板或连续梁,其中,次梁是板的支座,主梁是次梁的支座,柱或墙是主梁的支座。为了简化计算,通常作如下假定:

(1) 支座可以自由转动,但没有竖向位移。

假定支座可以自由转动,实际上忽略了次梁对板、主梁对次梁、柱子对主梁的转动约束能力,在现浇钢筋混凝土楼屋盖结构中,梁、板是整体浇筑在一起的,当板发生弯曲转动时,支承它的次梁将产生扭转,次梁的抗扭刚度将约束板的弯曲转动,使板在支承处的实际转角 θ' 小于理想铰支承时的转角 θ ,如图 1.4 所示。同样的情况也发生在次梁和主梁之间,由此假定带来的误差将通过折算荷载的方式来弥补。而通常柱与主梁是刚接的,柱对主梁弯曲转动的约束能力取决于主梁线刚度与柱子线刚度之比,当比值较大时,柱对主梁的约束能力较弱,一般认为,当其比值大于 5 时,可忽略这种影响,按连续梁模型计算主梁,否则应按梁、柱刚接框架模型计算。

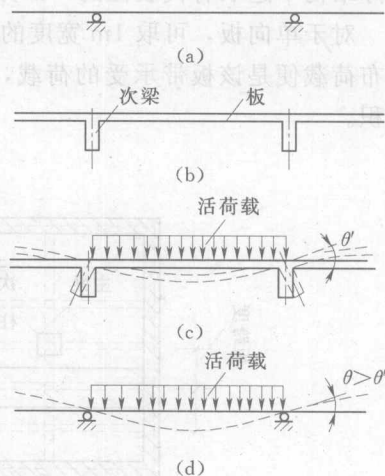


图 1.4 支座抗扭刚度的影响

假定支座处没有竖向位移,实际上忽略了次梁、主梁、柱子的竖向变形对板、次梁、主梁的影响。

(2) 不考虑薄膜效应对板内力的影响。

四周与梁整体连接的低配筋率板,临近破坏时其中和轴非常接近板的表面,如图 1.5 所示,因此,在纯弯矩作用下,板跨中截面受压区在板的上部,支座截面受压区在板的下部,在受拉混凝土开裂后,实际中和轴成拱形,因周边变形受到约束,板内(拱内)将存在轴向压力,称为薄膜力。这种力将减少板在竖向荷载下的截面弯矩,为了简化计算,在内力分析时,一般不考虑板的薄膜效应。这一有利作用将在板的截面设计时,根据不同的支座约束情况,对板的计算弯矩进行折减。

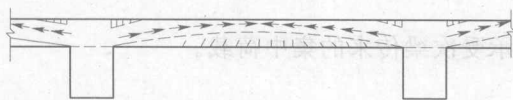


图 1.5 板的内拱作用

(3) 在确定板传给次梁的荷载以及次梁传给主梁的荷载时,分别忽略板、次梁的连续性,每跨都按简支构件来计算支座竖向反力。

这个假定主要是为了简化计算,且误差也不大。

(4) 跨数超过五跨的连续梁、板,当各跨荷载相同,且跨度相差不超过 10% 时,可按五跨的等跨连续梁、板计算。

对连续梁、板的某一跨来说,作用在其他跨上的荷载都会对该跨内力产生影响,但作用在它相隔两跨以上的其余跨内的荷载对它的内力影响较小,可以忽略。这样,当跨数超过五跨时,中间各跨的内力与第三跨非常接近,为了减少计算工作量,所有中间跨的内力和配筋都可以按第三跨来处理。等跨连续梁的内力有现成的图表可以利用,非常方便;对于非等跨,但跨度相差不超过 10% 的连续梁也可借用等跨连续梁的内力图表,以简化计算。

2. 计算单元及从属面积

为减少计算工作量,对结构进行内力分析时,常常不是对整个结构进行分析,而是从

实际结构中选取有代表性的一部分作为计算的对象,称为计算单元。

对于单向板,可取 1m 宽度的板带作为其计算单元,即图 1.6 中用阴影线表示的楼面均布荷载便是该板带承受的荷载,这一负荷范围称为从属面积,即计算构件负荷的楼面面积。

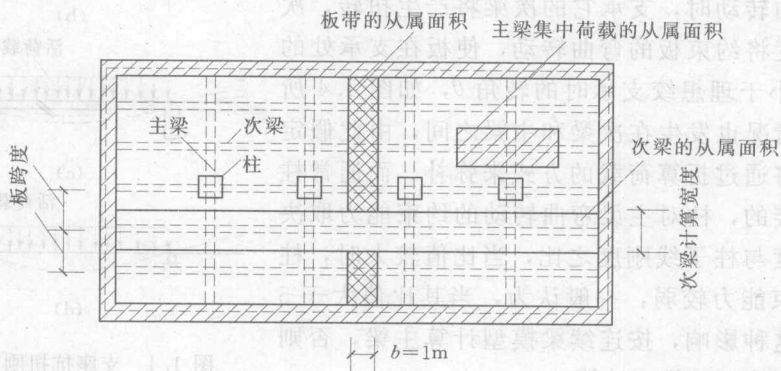


图 1.6 板、梁的荷载计算范围

楼屋盖中部主、次梁截面都是两侧带翼缘(板)的 T 形截面,楼屋、盖周边处的主、次梁截面则是一侧带翼缘(板)的 L 形截面,T 形和 L 形截面的翼缘(板)计算宽度按《混凝土结构设计原理》第 5 章表 5.5 来确定。一根次梁的负荷范围以及次梁传给主梁的集中荷载范围如图 1.6 所示。

板、次梁主要承受均布线荷载,主梁主要承受次梁传来的集中荷载。

3. 计算跨度

由图 1.6 知,次梁的间距就是板的跨长,主梁的间距就是次梁的跨长,但不一定就等于计算跨度。梁、板的计算跨度 l_0 是指在内力计算时所采用的跨间长度。当按弹性理论计算时,对于板和梁,中间各跨计算长度取支承中心线之间的距离,即 $l_{02} = l_{n2} + b$;而边跨由于端支座情况不同,分以下几种情况:

(1) 当边跨端支座为固定支座时,对于板和梁,边跨计算长度均为: $l_{01} = l_{n1} + \frac{b}{2} + \frac{a}{2}$ 。

(2) 当边跨端支座为简支支座时,对于板,边跨计算长度在 $l_{01} = 1.025l_{n1} + \frac{b}{2}$ 与 $l_{01} = l_{n1} + \frac{b}{2} + \frac{h}{2}$ 两者中取较小值。而对于梁,边跨计算长度在 $l_{01} = 1.025l_{n1} + \frac{b}{2}$ 与 $l_{01} = l_{n1} + \frac{b}{2} + \frac{a}{2}$ 两者中取较小值。这里 l_{n1} 为梁、板边跨的净跨长, a 为端支座的支承宽度, b 为第一内支座的支承宽度, h 为板厚。如图 1.7 所示。

4. 荷载取值

楼盖上的荷载有恒荷载和活荷载两类。恒荷载包括结构自身重力、建筑面层、固定设备等;活荷载包括人群、堆料和临时设备等。

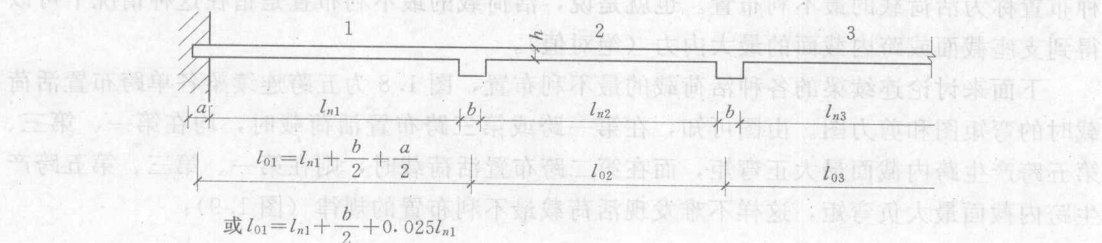


图 1.7 按弹性理论计算时的计算跨度

恒荷载的标准值可按其几何尺寸和材料的重力密度计算。民用建筑楼面上的均布活荷载标准值可以从《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)的有关表格中查得,见附录1。工业建筑楼面活荷载,在生产、使用或检修、安装时,由设备、管道、运输工具等产生的局部荷载,均应按实际情况考虑,可采用等效均布活荷载代替。

确定荷载效应组合的设计值时,恒荷载的分项系数取为:当其效应对结构不利时,对由活荷载效应控制的组合,取1.2,对由恒荷载效应控制的组合,取1.35;当其效应对结构有利时,对结构计算,取1.0,对倾覆和滑移验算,取0.9。活荷载的分项系数一般情况下取1.4;对楼面活荷载标准值大于 4kN/m^2 的工业厂房楼面结构的活荷载,取1.3。

对于民用建筑,当楼面梁的负荷范围较大时,负荷范围内同时布满活荷载标准值的可能性相当小,故可以对活荷载标准值进行折减。折减系数依据房屋的类别和楼面梁的负荷范围大小,取0.6~1.0不等。

如前所述,计算假定(1)忽略了支座对被支承构件的转动约束,这对等跨连续梁、板在恒荷载作用下带来的误差是不大的,但在活荷载不利布置下,次梁的转动将减小板的内力,同理,主梁的转动势必也将减小次梁的内力。因此比较简便的修正方法是在荷载总值不变的条件下,增大恒荷载、减小活荷载。即采用折算荷载:

$$\text{连续板:} \quad \text{恒荷载 } g' = g + \frac{q}{2}; \quad \text{活荷载 } q' = \frac{q}{2} \quad (1.1)$$

$$\text{连续次梁:} \quad \text{恒荷载 } g' = g + \frac{q}{4}; \quad \text{活荷载 } q' = \frac{3q}{4} \quad (1.2)$$

式中 g 、 q ——单位长度上恒荷载、活荷载设计值;

g' 、 q' ——单位长度上折算恒荷载、折算活荷载设计值。

这样调整后,活荷载 q' 作用下的板或次梁的支座转角大致与实际情况接近。由于主梁的重要性高于板和次梁,且它的抗弯刚度通常比柱子大,故对主梁一般不作调整。

当板或次梁搁置在砌体或钢结构上时,则荷载不做调整。

1.2.3 连续梁、板按弹性理论的内力计算

1. 活荷载的不利布置

连续梁、板上的荷载有恒荷载和活荷载。一旦结构建成使用,恒荷载的量值和作用形式及位置在结构整个使用期间基本保持不变;而活荷载的作用位置是可以改变的,因此在设计连续梁、板时,应研究活荷载如何布置将使梁、板内某一截面的内力绝对值最大,这

种布置称为活荷载的最不利布置。也就是说,活荷载的最不利布置是指在这种情况下可以得到支座截面或跨内截面的最大内力(绝对值)。

下面来讨论连续梁的各种活荷载的最不利布置,图 1.8 为五跨连续梁各单跨布置活荷载时的弯矩图和剪力图。由图可知,在第一跨或第三跨布置活荷载时,均在第一、第三、第五跨产生跨内截面最大正弯矩,而在第二跨布置活荷载时,则在第一、第三、第五跨产生跨内截面最大负弯矩,这样不难发现活荷载最不利布置的规律(图 1.9):

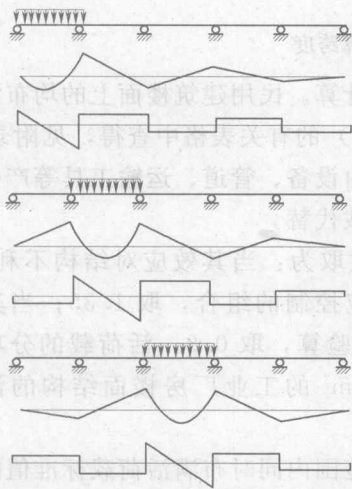


图 1.8 单跨活荷载作用下连续梁内力图

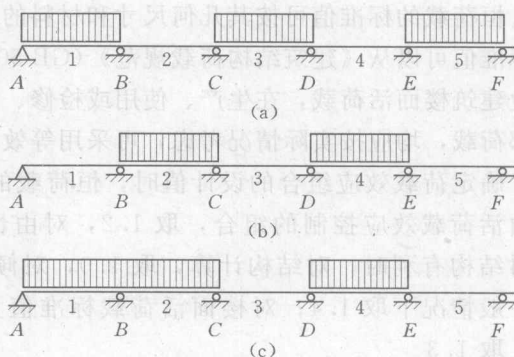


图 1.9 活荷载的最不利布置

- (a) 第一、第三、第五跨跨内截面最大正弯矩的活荷载布置;
(b) 第二、第四跨跨内截面最大正弯矩的活荷载布置;
(c) B 支座截面最大负弯矩和最大剪力的活荷载布置

(1) 求某跨跨内截面最大正弯矩时,除应在该跨布置活荷载外,还要每隔一跨布置活荷载。

(2) 求某跨跨内截面最大负弯矩时,该跨不布置活荷载,而在其左右邻跨布置,然后隔一跨布置活荷载。

(3) 求某支座截面最大的负弯矩时,除应在该支座左右邻跨布置活荷载外,还要每隔一跨布置活荷载。

(4) 求某支座左、右截面最大剪力时,活荷载布置与(3)相同。

2. 内力计算

明确活荷载不利布置后,可按结构力学的方法求出弯矩和剪力。对于等跨连续梁、板,可由附录 2 查出相应的弯矩、剪力系数,并利用公式计算跨内或支座截面的最大内力。

3. 内力包络图

当求出了支座截面和跨内截面的最大弯矩和最大剪力值后,就可进行截面设计,确定钢筋用量。但这只能确定支座截面和跨内的配筋,而不能确定钢筋在跨内的变化情况,如果要确定梁上部纵向钢筋的切断与下部纵向钢筋的弯起,还需要知道每一跨内最大弯矩和最大剪力的沿跨度的变化情况,这就要求画出弯矩和剪力的包络图,即内力包络图。