

高等学校大土木工程专业新编教材

混凝土结构

(下册)

HUN NING TU JIE GOU

● 张锡增 彭亚萍 主编

按新规范编写专业用书



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

高等学校大土木工程专业新编教材

混凝土结构

下册

主 编	张锡增	彭亚萍		
副 主 编	胡 伟	张玉敏		
参 编	高红卫	朱春梅	张良成	
	翟爱民	周翠玲	王 萱	赵怀收



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书根据全国高校土木工程学科专业指导委员会审定通过的《混凝土结构》教学大纲,以国家标准 GB50010—2002《混凝土结构设计规范》作为主要编写依据,部分内容适当结合 JTJ023—85《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》编写。

全书分上、下两册,上册为混凝土结构的基本原理,主要讲述各类混凝土结构基本构件的受力性能分析和计算,共十章,包括绪论,材料性能,计算原理,弯、剪、扭、压、拉、预应力等基本构件。下册为混凝土结构设计,共三章,主要讲述混凝土建筑结构的设计与计算,包括楼盖、单层厂房、多层框架、高层建筑的设计。

本书作为高等学校土木工程专业用教材,也可供从事土木工程钢筋混凝土结构设计与施工的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构.下册/张锡增等主编.—北京:中国水利水电出版社,2004
高等学校土木工程专业新编教材
ISBN 7-5084-1690-2

I.混... II.张... III.混凝土结构—高等学校—教材 IV.TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 080460 号

书 名	高等学校土木工程专业新编教材 混凝土结构 下册
作 者	张锡增 彭亚萍 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) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	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	北京市兴怀印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 16.75 印张 397 千字
版 次	2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	72.00 元(上、下册)

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

《混凝土结构》编委会

(下 册)

主 编 张锡增 彭亚萍

副主编 胡 伟 张玉敏

参 编 高红卫 朱春梅 张良成
翟爱民 周翠玲 王 莹 赵怀收

前 言

本书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《混凝土结构》教学大纲编写的。

全书分上、下两册。上册为混凝土结构的基本原理,作为土木工程专业的一门专业基础课程,主要讲述土木工程专业涉及领域内各类混凝土结构中具有共性的基本构件的受力性能分析和计算,共10章,包括绪论,材料性能,计算原理,弯、剪、扭、压、拉、预应力等基本构件。鉴于目前土木工程不同结构类别采用的设计规范尚不一致,本书在以建筑工程方向为主的同时,考虑土木工程专业拓宽专业面的需要,对路桥知识相关的内容作了简要介绍。

本书为下册,内容包括“梁板结构”、“单层厂房排架结构”、“多层与高层建筑结构”三章。从建筑结构的角,这三章内容不仅具有本学科知识的经典性,而且具有工程应用的广泛性;从学习建筑结构的角,只有在熟练掌握了一本教材内容的基础上,才有可能应对复杂多变的结构设计问题以及施工、管理中遇到的结构问题。因而,本书在组织上,着眼于学生基本概念和 design 方法培养,在内容中,则着眼体现最新的设计理念以及学生对工程结构综合把握能力、创新能力的培养。

通过上册的学习,学生已基本掌握了混凝土“房屋基本构件”的设计与构造方法,按照先“零”、后“整”的思路,下册则把“房屋结构”的设计与构造作为研究对象;在编写上也采取循序渐进的方式,先通过第十一章“梁板结构”学习楼盖、楼梯等“房屋局部结构”的设计与构造,从第十二章开始进入“房屋结构”的整体设计与构造。

随着我国经济迅速发展,高层建筑迅速普及,目前高层结构体系已经成为设计与施工最常见的形式之一,因此,从提高学习效率的角,多层、高层结构都具有许多相同或相似的内容;从概念设计和对结构整体把握的角,把多层、高层结构体系统一编写会更加有利。

本书按国家最新颁布的标准或规范编写,无论设计理论和构造理论,均符合下述相关规范的要求:

建筑结构可靠度设计统一标准 GB50068—2001;

建筑结构荷载规范 GB50009—2001;

混凝土结构设计规范 GB50010—2002;

建筑地基基础设计规范 GB50007—2002;

建筑抗震设计规范 GB50011—2001。

本书在编写风格上强调深入浅出、内容详实和结合工程实际的特点,因此,本书也更适合于地方院校本科学生使用,并可作为工程问题处理时的资料用书。

本书编写内容针对我国高级土木工程专门人才培养模式正在向专业宽口径方向转变的现实,结合工程实际和混凝土结构的国内外最新研究应用成果,注意吸收同类教材的优点,列出了较多的计算示例,以强化学生对基本理论、基本知识的应用能力。章后均附有思考题、计算习题和相应课程的设计题目。

本书的编写人员均具有丰富的教学经验。下册主编:张锡增、彭亚萍,副主编:胡伟、张玉敏。参加编写的有:张玉敏、彭亚萍、张良成(第十一章),张锡增、高红卫、翟爱良(第十二章),胡伟、朱春梅、王萱、周翠玲(第十三章)。

写书是一门遗憾的艺术,本书肯定会存在一些不足或差错,敬请读者批评指正,以便再版时更正。

编 者

2003年7月

目 录

前言

第十一章 梁板结构	1
第一节 概述	1
第二节 现浇单向板肋梁楼盖	4
第三节 双向板肋梁楼盖	37
第四节 无梁楼盖	56
第五节 装配式楼盖	65
第六节 楼梯	72
第七节 雨篷等悬挑构件	80
思考题	82
习题	83
课程设计题 I	84
第十二章 单层厂房排架结构	85
第一节 概述	85
第二节 装配式钢筋混凝土排架厂房的组成与布置	89
第三节 装配式排架结构主要构件的选型	94
第四节 排架结构的内力分析	100
第五节 排架柱的设计	117
第六节 柱下独立基础的设计	123
第七节 排架分析中的几个问题处理	130
第八节 单厂的其他主要构件设计	135
第九节 单层厂房的设计例题	140
思考题	159
习题	160
课程设计题 II	161
第十三章 多层与高层建筑结构	163
第一节 概述	163
第二节 结构体系的分类与结构布置的原则	164
第三节 框架的结构设计	169
第四节 剪力墙的结构设计	204
第五节 框架—剪力墙的结构设计	219

第六节 多层与高层结构的截面设计与构造	227
思考题	240
习题	240
附录 1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久系数	242
附录 2 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	243
附录 3 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距 (m)	256
附录 4 GB50007—2002《建筑地基基础设计规范》关于地基变形验算的规定	257
主要参考文献	259

第十一章 梁 板 结 构

概要：(1) 对于现浇整体式单向板肋形楼盖，要求掌握结构平面布置；熟练掌握其内力按弹性理论及考虑塑性内力重分布的计算方法；建立折算荷载、塑性铰、内力重分布、弯矩调幅等概念；深入理解连续梁板截面设计特点及配筋构造要求。

(2) 对于现浇双向板肋形楼盖，要求了解静力工作特点；掌握内力按弹性理论计算的近似方法；熟悉这种楼盖结构的截面设计和构造要求。

(3) 对于无梁楼盖，要求了解其静力工作特点，熟悉内力按弹性理论计算的近似方法，熟悉这种楼盖结构的截面和柱帽设计以及构造要求。

(4) 对于装配式楼盖，要求了解预制梁板的形式，掌握其结构布置和连接构造要求以及内力计算特点。

(5) 了解常用楼梯的形式，熟悉其受力特点，掌握内力计算、截面设计及配筋要求。

(6) 要求掌握雨篷的设计方法及构造要求。

第一节 概 述

混凝土梁板结构是工业与民用建筑和构筑物中常用的结构，例如楼盖、屋盖、板式基础、阳台、雨篷、楼梯、水池的底板和顶板等，其中楼盖和屋盖是最典型的梁板结构。

一、楼盖的结构类型

楼盖的结构类型有三种分类方法：

(1) 按结构形式楼盖可分为单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖、井式楼盖、密肋楼盖和无梁楼盖。其中，单向板肋梁楼盖和双向板肋梁楼盖应用最普遍。

(2) 按施工方法可分为现浇式、装配式和装配整体式三种。现浇混凝土楼盖的刚度大，整体性好，抗震性强，防水性能好。现浇楼盖、屋盖适用于各种特殊的情况。例如，有较重的集中设备荷载或有较复杂的孔洞，有振动荷载作用，平面布置不规则，高层建筑以及抗震结构等。缺点是需要现场支模和铺设钢筋，现场的工作量大，且工期较长。

装配式楼盖、屋盖是采用混凝土预制构件在现场安装连接而成，便于工业化生产和机械化施工，可减轻劳动强度，提高生产率，减少现场湿作业。但是这种楼面由于整体性、抗震性、防水性能较差，不便于开设孔洞，在一些地区的建筑中，装配式楼盖的使用已受到某些限制。

装配整体式楼盖、屋盖是将各种预制梁、板在现场吊装就位后,通过整结措施和现浇混凝土构成整体。装配整体式楼盖的刚度、整体性和抗震性能比装配式的好,又比现浇式的节省模板和支承,但是装配整体式的焊接工作量往往较大,并且需要混凝土二次浇灌。

(3) 按施加应力情况可分为钢筋混凝土楼盖和预应力混凝土楼盖两种。预应力混凝土楼盖用得最广泛的是无粘结预应力混凝土平板楼盖;预应力楼盖可有效地减轻结构自重,降低建筑物层高,增大楼板跨度,减小裂缝的发生和发展。

二、肋梁楼盖和无梁楼盖

用梁将楼板分成多个区格,从而形成整浇的连续板和连续梁,因板厚也是梁高的一部分,故梁的截面形状为T形。这种由梁板组成的现浇楼盖,通常称为肋梁楼盖。随着板区格平面尺寸比的不同,又可分为单向板肋梁楼盖和双向板肋梁楼盖,如图 11-1 (a)、(b) 所示。

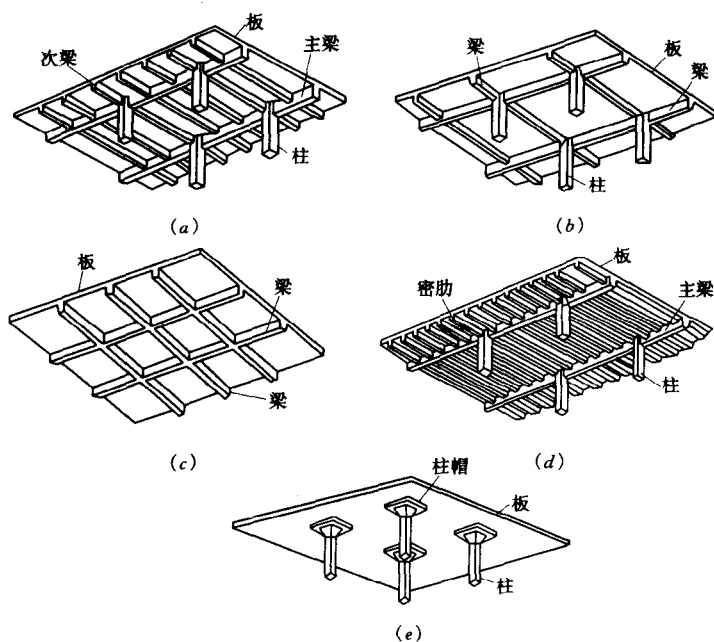


图 11-1 楼盖的结构类型

(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

肋梁楼盖一般由板、次梁和主梁组成。次梁承受板传来的荷载,并通过自身的受弯将荷载传递到主梁上,主梁作为次梁的不动支点承受次梁传来的荷载,并将荷载传递给主梁的支承—柱或墙。即传力路线为:板→次梁→主梁→柱或墙→基础。肋梁楼盖中的主梁可以是连续梁,也可以与柱子构成的框架结构,即主梁是框架梁。

用梁将楼板划分成若干个正方形或接近正方形的小区格,两个方向的梁截面相同,不分主梁和次梁,都直接承受板传来的荷载,这种楼盖称为井式楼盖,如图 11-1 (c)

所示。

用间距较密的小梁作为楼板的支承构件而形成的楼盖称为密肋楼盖,如图 11-1 (d) 所示。

不设梁,将板直接支承在柱上的楼盖称为无梁楼盖,如图 11-1 (e) 所示。无梁楼盖与柱构成板柱结构,在柱的上端通常要设置柱帽。

三、单向板和双向板的概念

对于四边支承的板,荷载将通过板的双向受弯传给四周的支承,当板上荷载主要沿短跨方向传递给支承构件,而沿长跨方向传递的荷载可忽略不计,这种主要沿短跨方向弯曲的板称为单向板。当沿长跨方向传递的荷载不能忽略时,这种在两个方向弯曲的板称为双向板。

图 11-2 所示的为承受竖向均布荷载作用的四边简支矩形板, l_{01} 、 l_{02} 分别为短、长跨方向的计算跨度,下面来研究荷载 q 在短、长跨方向的传递情况。在板中心点 A 处,取出两个单位宽度的正交板带来分析。设沿短跨方向板带承受的均布荷载为 q_1 ,沿长跨方向板带承受的均布荷载为 q_2 ,则 $q = q_1 + q_2$ 。假定相邻的板带对它们没有影响,这两条板带的受力如同简支梁一样,根据两个板带在跨中 A 点处挠度 f_A 相等的条件,可求出荷载 q 在短、长跨方向的分配值 q_1 、 q_2 :

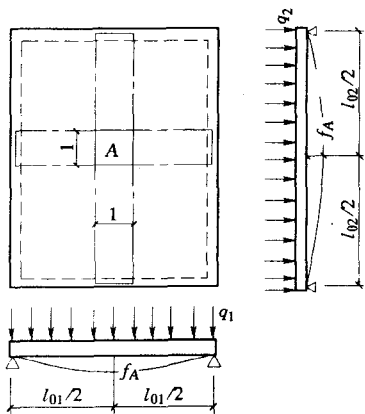


图 11-2 四边支承板的荷载传递

$$f_A = \frac{5q_1 l_{01}^4}{384EI_1} = \frac{5q_2 l_{02}^4}{384EI_2}$$

$$q = q_1 + q_2$$

如果忽略钢筋在两个方向的位置差别和数量不同等影响,取 $I_1 = I_2$, 则

$$q_1 = \frac{l_{02}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4} q = k_1 q, \quad q_2 = \frac{l_{01}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4} q = k_2 q$$

$$k_1 = \frac{l_{02}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4}, \quad k_2 = \frac{l_{01}^4}{l_{01}^4 + l_{02}^4}$$

式中 k_1 、 k_2 ——短跨、长跨方向的荷载分配系数。

当 $l_{02}/l_{01} = 2$ 时, $k_1 = 0.941$, $k_2 = 0.059$ 。可见,尽管忽略了邻近板带的影响,但其受力特性已很显然,即当 $l_{02}/l_{01} > 2$ 时,板上的荷载主要沿短跨方向传递给支承构件,而在长跨方向分配到的荷载不到 6%,以至可以忽略不计。因此当按弹性理论分析时,称 $l_{02}/l_{01} > 2$ 的板为单向板,即主要在一个跨度方向受弯的板; $l_{02}/l_{01} \leq 2$ 的板为双向板,即在两个跨度方向受弯的板;当按塑性理论分析时,称 $l_{02}/l_{01} > 3$ 的板为单向板, $l_{02}/l_{01} \leq 3$ 的板为双向板。

单向板的计算方法与梁相同,故又称为梁式板,一般包括以下三种形式:

- (1) 悬臂板。一边支承的板式雨篷和一边支承的板式阳台等。
- (2) 对边支承板。对边支承的装配式铺板和走廊中的现浇走道板等。

(3) 主要在一个方向受力的四边支承板。

第二节 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，确定板厚和主、次梁的截面尺寸；②确定梁、板的计算简图；③荷载计算；④梁、板的内力计算；⑤截面承载力计算（变形及裂缝宽度验算），配筋及构造处理；⑥绘施工图。

一、结构平面布置

单向板肋梁楼盖由板、次梁和主梁组成。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，柱或墙的间距决定了主梁的跨度。根据工程实际，单向板、次梁和主梁的常用跨度为：

单向板：1.7~2.5m，一般不宜超过 3.0m，荷载较大时宜取较小值；

次梁：4~6m；

主梁：5~8m。

常用的单向板肋梁楼盖的结构平面布置方案有以下三种：

(1) 主梁横向布置，次梁纵向布置，如图 11-3 (a) 所示，主梁和柱可形成横向框架，提高了房屋的横向抗侧移刚度，而各榀横向框架间由纵向的次梁联系，故房屋的整体性能较好。此外，由于外纵墙处仅布置次梁，窗户高度可开得大些，这样有利于房屋室内的采光和通风。

(2) 主梁纵向布置，次梁横向布置，如图 11-3 (b) 所示。这种布置方案适用于横向柱距比纵向柱距大得多的情况，这样可以减小主梁的截面高度，增加室内净高。

(3) 只布置次梁，不设主梁，如图 11-3 (c) 所示。它仅适用于有中间走廊的砌体墙承重的混合结构房屋。

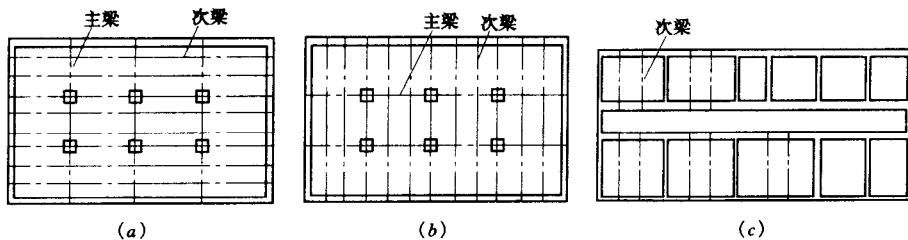


图 11-3 梁的平面布置

(a) 主梁横向布置；(b) 主梁纵向布置；(c) 只布置次梁

在进行楼盖的结构平面布置时，应注意以下问题。

(1) 受力处理。荷载传递要简捷，梁宜拉通，避免凌乱；尽量避免将梁，特别是主梁搁置在门、窗过梁上，否则会增大过梁的荷载，影响门窗的开启；在楼、屋面上有机器设备、冷却塔、悬吊装置和隔墙等荷载比较大的地方，宜设次梁承重；主梁跨内最好不要只放置一根次梁，以减小主梁跨内弯矩的不均匀；楼板上开有较大尺寸（大于 800mm）的洞口时，应在洞边设置小梁。

(2) 满足建筑要求。不封闭的阳台、厨房和卫生间的板面标高宜低于相邻板面 30~50mm; 当房间不做吊顶时, 一个房间平面内不宜只放一根梁, 否则会影响美观。

(3) 方便施工。梁的布置尽可能规则, 梁的截面类型不宜过多, 梁截面尺寸应考虑支模的方便, 特别是采用钢模板时。

二、计算简图

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, 通常作如下简化假定:

- (1) 梁板能自由转动, 支座处没有竖向位移;
- (2) 不考虑薄膜效应对板内力的影响;
- (3) 在确定板传给次梁的荷载以及次梁传给主梁的荷载时, 为了方便, 分别忽略板、次梁的连续性, 每一跨都按简支构件来计算其支座竖向反力。

在内力分析之前, 应按照尽可能符合结构实际受力情况和简化计算的原则, 确定结构构件的计算简图。其内容包括确定支承条件、计算跨度和跨数、荷载分布及其大小。

1. 支承条件

对于板和次梁, 不论其支承是砌体还是现浇在一起的钢筋混凝土梁, 均可简化成集中于一点的支承连杆。

主梁可支承在砖柱上, 也可以与钢筋混凝土柱现浇在一起。对于前者, 可视为铰支承; 对于后者, 应根据梁与柱的抗弯线刚度比值确定, 如果梁比柱的抗弯线刚度大很多 (如大于 5), 仍可将主梁视为铰支于钢筋混凝土柱上的连续梁进行计算, 否则应按框架横梁设计。

支座处没有竖向位移, 实质上忽略了次梁的竖向变形对板的影响, 主梁的竖向变形对次梁的影响, 柱的竖向变形对主梁的影响。

上述将支座看成铰支承忽略约束所引起的误差, 可以通过适当调整板和次梁的荷载设计值以及梁的支座截面弯矩设计值和剪力设计值的方法来弥补。

2. 计算跨数

对于五跨和五跨以内的连续梁、板, 按实际跨数计算; 对于实际跨数超过五跨的等跨连续梁、板, 可简化为五跨计算, 因为中间各跨的内力与第三跨的内力非常接近, 为了减

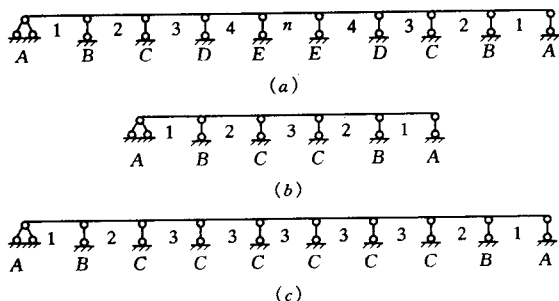


图 11-4 连续梁和板的计算简图

(a) 实际简图; (b) 计算简图; (c) 配筋构造简图

少计算工作量,所有中间跨的内力和配筋均可按第三跨处理,如图 11-4 所示;对于非等跨,但跨度相差不超过 10% 的连续梁、板可按等跨计算。

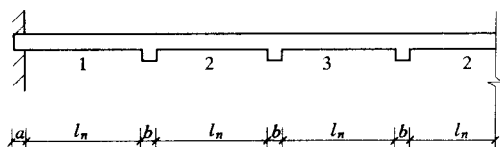


图 11-5 计算跨度的确定

3. 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,该值与支座反力分布有关,也即与构件的支承长度和构件的抗弯刚度有关。从理论上讲,某一跨的计算跨度应取为两端支座处转动点之间的距离。当按

弹性理论计算时,根据边支座的支承形式,板和次梁边跨的计算跨度取值与中间跨的取值方法不同。

(1) 当边跨端支座为固定支座时,边跨和中间跨的计算跨度 l_0 都取为支座中到中的长度,如图 11-5,即

$$\text{边跨} \quad l_0 = l_n + \frac{a}{2} + \frac{b}{2} \quad (11-1)$$

$$\text{中间跨} \quad l_0 = l_n + b \quad (11-2)$$

式中 a 、 b ——分别为边支座、中间支座或第一内支座的长度;

l_n ——净跨长。

(2) 当边跨端支座为简支支座时,对于板,当板厚 h 不小于 a ,对于主、次梁, a 不小于 $0.05l_n$,边跨的计算跨度仍按式 (11-1),否则按下式计算

$$\text{对于板当 } h < a \text{ 时,} \quad l_0 = l_n + \frac{b}{2} + \frac{h}{2} \quad (11-3)$$

$$\text{对于主、次梁当 } a < 0.05l_n \text{ 时,} \quad l_0 = l_n + \frac{b}{2} + 0.025l_n \quad (11-4)$$

这是为了防止边支座 a 过长时,合力作用点可能内移而作出的规定(板的边支座合力作用点位置主要与板厚有关,主次梁则主要与其跨度有关)。

当按塑性理论计算时,板和次梁的计算跨度取值,边跨一般取 $l_n + h/2$,中间跨取 l_n 。

梁、板的计算跨度也可按表 11-1 采用。

表 11-1

连续梁和板的计算跨度 l_0

支 承 情 况	按弹性理论计算		按塑性理论计算	
	梁	板	梁	板
两端与梁(柱)整体连接	l_c	l_c	l_n	l_n
两端搁置在墙上	$1.05l_n \leq l_c$	$l_n + h \leq l_c$	$1.05l_n \leq l_c$	$l_n + h \leq l_c$
一端与梁整体连接 另一端搁置在墙上	$1.025l_n + b/2 \leq l_c$	$l_n + b/2 + h/2 \leq l_c$	$1.025l_n \leq l_n + a/2$	$l_n + h/2 \leq l_c + a/2$

注 表中的 l_c 为支座中心线间的距离, l_n 为净跨, h 为板的厚度, a 为板、梁在墙上的支承长度, b 为板、梁在梁或柱上的支承长度。

4. 计算单元及从属面积

结构内力分析时,常常不是对整个结构进行分析计算,而是从实际结构中选取有代表

性的一部分作为计算对象,称为计算单元。

图 11-6 所示为承受均布荷载的单向肋梁楼盖,对于板可取 1m 宽度的板带作为计算单元,主、次梁的计算宽度取梁两侧各延伸 $1/2$ 梁间距的范围。板承受楼面均布荷载,次梁承受板传来的均布线荷载,主梁承受次梁传来的集中荷载。在确定板、次梁以及主梁间荷载传递时,为了简化计算,分别忽略板、次梁的连续性,按简支构件计算支座竖向反力值。

从属面积是指计算构件负荷范围内的实际面积。图 11-6 阴影线部分给出了板、次梁、主梁的从属面积。

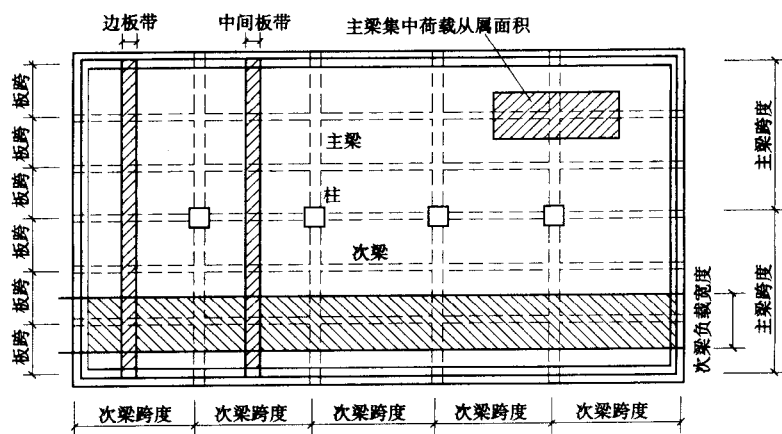


图 11-6 板与梁的荷载计算范围

5. 荷载

楼盖上的荷载分恒荷载和活荷载两大类。恒荷载包括结构自身重力、构造层重、固定设备等。活荷载包括人群、堆料和临时设备等。

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的标准值可以从 GB50009—2001《建筑结构荷载规范》的表 4.1.1 中根据房屋类别查得,可查阅本书附录一。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、运输工具及可能拆移的隔墙等产生的局部荷载,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,应取 1.2,对由恒荷载效应控制的组合,应取 1.35;当其效应对结构有利时,一般情况下应取 1.0,对结构的倾覆和滑移的验算应取 0.9。活荷载的分项系数一般情况下应取 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,应取 1.3。

对于民用建筑,当楼面梁的从属面积较大时,从属面积内同时满布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从属面积大小,在 0.6~1.0 范围内变动。

6. 折算荷载

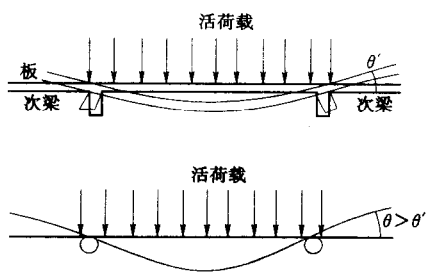


图 11-7 次梁抗扭刚度对板的影响

在计算简图中,把与支座整体浇筑的梁、板假定为铰支承,对于等跨连续梁、板,当活荷载沿各跨均为满布时,是可行的,因为此时梁、板在中间支座发生的转角很小,按铰支简图计算的内力与实际情况相差甚微。但是,当活荷载不利布置时,情况则不相同。现以支承在次梁上的连续板为例来说明。如图 11-7 所示的连续板,当按铰支简图计算时,板绕支座的转角为 θ 值。实际上,由于板与次梁整体浇在一起,当板受荷载弯曲在支座发生转动时,将带动次梁绕次梁轴线一道转动。而次梁实际上是具有一定抗扭刚度的,且两端又受到主梁的约束,这样次梁将阻止板自由转动,最终只能发生两者变形协调的约束转动角 θ' ,其值小于铰支承时的转动角 θ ,这样也就减小了板的内力。同样,主梁将阻止次梁的自由转动,也将减小次梁的内力,为了使计算结果比较符合实际情况,可以进行适当的调整。

由于板或次梁在支承处的转动主要是由活荷载的不利布置产生的,因此比较简便的修正方法是在荷载总值不变的条件下,采取增大恒荷载,相应地减小活荷载,即在计算板和次梁的内力时,采用折算荷载

$$\text{连续板} \quad g' = g + \frac{q}{2}, \quad q' = \frac{q}{2} \quad (11-5)$$

$$\text{连续次梁} \quad g' = g + \frac{q}{4}, \quad q' = \frac{3q}{4} \quad (11-6)$$

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。

当板、次梁搁置在砌体或钢结构上时,荷载不作调整,按实际荷载进行计算。

这样调整后,在 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的大,故对主梁一般不作调整。

三、连续梁、板按弹性理论的内力计算

1. 活荷载的最不利布置

活荷载是按一整跨为单元来改变其位置的,因此在设计连续梁、板时,应研究活荷载如何布置将使梁、板内支座截面或跨内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。

图 11-8 为五跨连续梁分别于不同跨单独布置活荷载后的弯矩图和剪力图。由图 11-8 可知,当活荷载布置在连续梁的一、三、五跨时,这些活荷载各自在梁的一、三、五跨跨中所产生的弯矩都是正弯矩,从而使梁在一、三、五跨跨中出现正弯矩最大值。如果活荷载布置在二、四跨,就会在一、三、五跨跨中产生负弯矩,即使跨中正弯矩减小,由此可知,活荷载在连续梁各跨满布时,并不是梁最不利的布置。

通过分析图 11-8 中的弯矩和剪力分布规律以及不同组合后的效果,不难得出确定截面最不利活荷载布置的规律:

(1) 求某跨跨内最大正弯矩时,应在本跨布置活荷载,然后隔跨布置。

(2) 求某跨跨内最大负弯矩时,本跨不布置活荷载,而在其左右邻跨布置,然后隔跨布置。

(3) 求某支座绝对值最大的负弯矩时,或支座左、右截面最大剪力时,应在该支座左右两跨布置活荷载,然后隔跨布置。

恒荷载应按实际情况分布。

2. 内力计算

活荷载最不利布置确定后,可按“结构力学”中讲述的方法计算弯矩和剪力。对于等跨的连续梁、板的内力,可由本书附录二查出相应的弯矩及剪力系数,利用下列公式计算跨内或支座截面的最大内力。

在均布及三角形荷载作用下

$$M = k_1 gl^2 + k_2 ql^2 \quad (11-7)$$

$$V = k_3 gl^2 + k_4 ql^2 \quad (11-8)$$

在集中荷载作用下

$$M = k_5 Gl + k_6 Pl \quad (11-9)$$

$$V = k_7 G + k_8 P \quad (11-10)$$

式中 g 、 q ——单位长度上的均布恒荷载设计值、均布活荷载设计值;

G 、 P ——集中恒荷载设计值、集中活荷载设计值;

l ——计算跨度;

k_1 、 k_2 、 k_5 、 k_6 ——附录二中相应栏中的弯矩系数;

k_3 、 k_4 、 k_7 、 k_8 ——附录二中相应栏中的剪力系数。

3. 内力包络图

当求出跨内截面和支座截面的最大弯矩值和最大剪力值后,就可以进行正截面和斜截面承载力设计,确定钢筋用量。但这只能确定跨内截面和支座截面的配筋,而不能确定钢筋在跨内的变化情况,例如梁上部纵向钢筋的切断与下部纵向钢筋的弯起。这就需要知道每一跨内其他截面最大弯矩和最大剪力沿跨度的变化情况,即内力包络图。

内力包络图是由内力叠合图形的外包线构成。现以承受均布线荷载的五跨连续梁的弯矩包络图来说明。根据活荷载的不利布置情况,每一跨都可以画出四个弯矩分布图形,分别对应于跨内最大正弯矩、跨内最小正弯矩(或负弯矩)和左、右支座截面的最大负弯矩。当端支座为简支时,边跨只能画出三个弯矩分布图。把这些弯矩分布图全部叠画在同一基线上,就是弯矩的叠合图形。弯矩叠合图形的外包线所对应的弯矩值代表了各截面上可能出现的弯矩上、下限值,如图 11-9(a)所示,故由弯矩叠合图形外包线所构成的弯矩图称为弯矩包络图。

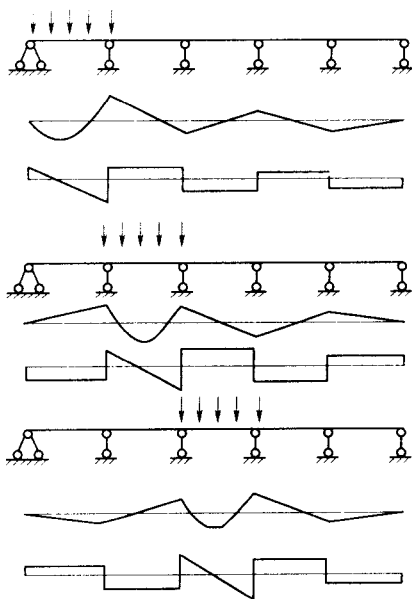


图 11-8 单跨承载时连续梁的内力图