



高等教育土建类专业规划教材
卓越工程师系列

混凝土结构与 砌体结构设计

HUNNINGTU JIEGOU YU
QITI JIEGOU SHEJI

主 编 杨 红
主 审 傅剑平



重庆大学出版社

内容提要

本书主要讲述各种常用建筑结构体系的受力特点、计算和设计方法,全书共5章,主要包括混凝土楼盖、框架结构、剪力墙结构和框架-剪力墙结构、单层厂房、砌体结构的设计。本书编写时注重基本理论、基础知识与相关规范、规程结合,注重理论与实践相结合,注重抗震、非抗震设计方法相结合。

本书可作为普通高等院校土木工程及相关专业的专业教材,也可供从事土木工程设计、施工等的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构设计/杨红主编. —重庆:重庆大学出版社,2018.2
高等教育土建类专业规划教材·卓越工程师系列
ISBN 978-7-5689-0524-4

I. ①建… II. ①杨… III. ①混凝土结构—高等学校—教材②砌体结构—高等学校—教材 IV. ①TU37②TU209

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第099560号

高等教育土建类专业规划教材·卓越工程师系列

混凝土结构与砌体结构设计

主 编 杨 红

主 审 傅剑平

责任编辑:王 婷 钟祖才 版式设计:王 婷

责任校对:刘志刚 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:28.75 字数:700千

2018年2月第1版 2018年2月第1次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-0524-4 定价:58.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书
制作各类出版物及配套用书,违者必究

编委会名单

顾 问 周绪红

总 主 编 刘汉龙

执行总主编 王志军 夏洪流

编 委 (按姓氏笔画为序)

王桂林 文海家 华建民 刘德华

李英民 吴曙光 何培斌 肖明葵

杨 红 张爱莉 罗济章 胡岱文

姚 刚 程光均 傅剑平

前 言

本书是在土木工程专业本科卓越计划支持下编写的。混凝土结构与砌体结构设计是土木工程专业本科卓越计划必修的一门专业核心课程,具有综合性、应用性强的特点。按照《卓越工程师教育培养计划通用标准》和《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的要求,土木工程专业本科卓越计划的培养目标、课程设置与传统教学模式有相应变化,但目前缺乏质量较高的配套教材可供选择。

本书以混凝土楼盖、多层与高层混凝土建筑结构、单层厂房、砌体结构为对象,主要介绍各种常用建筑结构体系的特点及应用范围;混凝土楼盖、框架结构、剪力墙结构和框架-剪力墙结构、单层厂房、砌体结构的内力计算方法和结构设计方法;各类结构的内力分布、侧移变形特点和规律;各类结构的基本抗震性能及抗震设计方法;非抗震及抗震设计的不同构造要求;筒体结构、复杂高层建筑结构的受力特点、计算方法;高层建筑结构计算机辅助计算、设计方法等。

本书在编写时力求深入浅出、通俗易懂、图文并茂,除注意吸收建筑工程同类教材的长处、保留相似传统教材的精华之外,本教材还具有以下四个主要特点:

第一,为便于读者理解并掌握重点,在编著时注意突出正文中的重要基本概念、基本原理、基本计算和设计方法等,并将它们与相关的繁杂理论推导、规范条文规定等用“[附]”的索引方式联系起来。

第二,在传统教材的基础上更加重视混凝土结构抗震设计的相关知识,一方面加强对抗震设计基本原理、抗震措施以及抗震构造的讲述,同时注意从非抗震设计的相关知识逐渐过渡到抗震设计,加强非抗震设计与抗震设计方法的联系。

第三,对各重要知识点、重要设计步骤,为了加深理解、增强应用,通过在教材中搭配典型算例,并注意在典型算例中充分展示与规范重要条文规定密切相关的设计方法的实际应用(例如框架结构二阶效应的基本原理,以及 $P-\Delta$ 效应的实用计算方法),达到兼顾教学、实用的目的。

第四,在教材中增加与计算机辅助分析相关的力学模型及计算结果提取等内容。

本教材的相关结构设计方法主要依据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ3—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)等进行编写。

本教材第1.1—1.4节由余瑜编写,第1.5—1.6节由郑妮娜编写,第2章由杨红编写,第3.1—3.3节由刘立平编写,第3.4—3.5.5节由郑妮娜编写,第3.5.6—3.8节由皮天祥编写,第4章由朱兰影编写,第5章由刘宝编写。全书由杨红统稿,由傅剑平主审。

编者对教材中采用的相关成果的作者、列入参考文献的教材与专著的作者表示感谢!对协助完成教材部分算例的计算或复核的硕士研究生张莹心、吴加峰、梁恒、温利亚等表示感谢!感谢王志军教授在教材策划、编写、出版过程中的贡献!

限于编者的经验和水平,本教材难免存在一些缺点甚至错漏,欢迎读者批评指正。

编 者

2017年1月15日于重庆大学

目 录

1 楼盖结构设计	1
1.1 概述	1
1.2 单向板肋梁楼盖设计	5
1.3 单向板肋梁楼盖设计例题	21
1.4 双向板肋梁楼盖设计	37
1.5 其他类型楼盖设计	43
1.6 楼梯设计	51
附录及拓展内容	60
附 1.1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数	60
附 1.2 影响塑性内力重分布的因素	70
附 1.3 连续梁和连续单向板考虑塑性内力重分布各系数和修正系数	71
附 1.4 内力重分布中弯矩系数的由来	71
附 1.5 用调幅法计算不等跨连续梁、板或各跨荷载值相差较大的等跨连续梁、板	73
附 1.6 连续板纵向受力钢筋锚固及配置要求	75
附 1.7 连续单向板构造钢筋要求	75
附 1.8 受弯构件受压区有效翼缘计算宽度	76
附 1.9 连续梁下部钢筋的锚固要求	77
附 1.10 连续梁支座截面负弯矩钢筋按承载力要求截断	78
附 1.11 次梁支座截面负弯矩钢筋按构造要求截断	78
附 1.12 梁中箍筋构造要求	78
附 1.13 梁中构造纵筋设置要求	79

附 1.14	主次梁相交处附加横向钢筋的设置要求	79
附 1.15	材料抵抗弯矩图	80
附 1.16	双向板弯矩、挠度计算系数	81
附 1.17	装配式楼盖的连接构造	83
附 1.18	板式楼梯的钢筋构造	84
附 1.19	预制装配式楼梯构造	84
思考题		87
练习题		88
2	多层框架结构设计	89
2.1	概述	89
2.2	多层框架结构的组成和特点	91
2.3	框架结构的震害与抗震设计总体要求	93
2.4	框架的结构布置	99
2.5	框架结构内力和侧移的近似计算方法	103
2.6	多层框架的结构设计要求	117
附录及拓展内容		147
附 2.1	框架结构的基础	147
附 2.2	D 值法的柱剪力计算公式推导	148
附 2.3	水平力作用下规则框架的反弯点高度比及修正值	150
附 2.4	钢筋混凝土结构弹性层间位移角限值	155
附 2.5	罕遇地震作用下薄弱层的弹塑性变形验算	156
附 2.6	排架结构柱二阶弯矩设计值计算方法	156
附 2.7	采用增大系数法近似计算剪力墙结构等的 $P-\Delta$ 效应	157
附 2.8	框架柱的 $P-\delta$ 效应计算方法	158
附 2.9	最不利荷载位置法	159
附 2.10	抗震设计时纵向受力钢筋的锚固和连接	160
附 2.11	框架梁纵筋、箍筋的部分抗震构造措施	161
附 2.12	非抗震设计时框架柱纵筋、箍筋的主要构造措施	162
附 2.13	框架柱纵筋、箍筋的部分抗震构造措施	163
附 2.14	非抗震设计时梁柱节点的主要构造措施	163
附 2.15	梁柱节点的主要抗震构造措施	166
附 2.16	现浇混凝土多层框架结构设计	167
思考题		201
练习题		203
3	高层建筑结构设计	204
3.1	高层建筑	204
3.2	高层建筑结构特点	205

3.3	高层建筑结构体系及布置原则	206
3.4	高层建筑结构上的作用	212
3.5	剪力墙结构设计	215
3.6	框架-剪力墙结构	249
3.7	筒体结构	265
3.8	高层建筑计算机计算方法	269
	附录及拓展内容	280
附 3.1	连梁转角刚度计算	280
附 3.2	双肢剪力墙微分方程的求解	281
附 3.3	双肢剪力墙位移计算公式	286
附 3.4	剪力墙底部加强部位	286
附 3.5	T形和工字形截面剪力墙偏心受压承载力计算公式	287
附 3.6	矩形截面偏心受拉剪力墙的正截面承载力公式	288
附 3.7	剪力墙的墙身平面外稳定验算	289
附 3.8	剪力墙和连梁的其他构造要求	289
附 3.9	框架-剪力墙结构基本微分方程的计算	290
附 3.10	总剪力墙位移、内力计算图表	293
附 3.11	框架-剪力墙结构构造要求	296
附 3.12	筒体结构截面设计与构造要求	297
	思考题	298
	练习题	300
4	单层厂房结构设计	302
4.1	概述	302
4.2	单层厂房的结构组成及布置原则	304
4.3	排架计算	310
4.4	单层厂房柱	332
4.5	地震作用下纵向构件的抗震验算	338
4.6	柱下独立基础设计	338
4.7	吊车梁	346
	附录及拓展内容	348
附 4.1	砌体围护结构圈梁的设置位置及构造	348
附 4.2	吊车的工作制与工作级别	348
附 4.3	5~50/5t 一般用途电动桥式起重机基本参数和尺寸	349
附 4.4	例 4.1 中各构件的选型方法	351
附 4.5	多台吊车的荷载折减系数	353
附 4.6	单层厂房柱截面形式及尺寸参考表	354
附 4.7	抗震设防时单层厂房大柱网柱截面及配筋的构造要求	355
附 4.8	山墙抗风柱的配筋构造要求	355

附 4.9 钢筋混凝土柱在基础内的锚固长度规定·····	355
附 4.10 预制柱的插入深度以及基础杯底和杯壁的厚度·····	356
思考题·····	356
练习题·····	357
5 砌体结构·····	358
5.1 概述·····	358
5.2 砌体的材料性能·····	360
5.3 砌体结构构件的承载力·····	372
5.4 砌体结构房屋设计·····	390
5.5 圈梁、过梁、墙梁和挑梁·····	410
5.6 砌体结构房屋抗震设计·····	422
附录及拓展内容·····	434
附 5.1 砌体抗压强度设计值·····	434
附 5.2 砌体的轴心抗拉强度设计值、弯曲抗拉强度设计值和抗剪强度设计值·····	435
附 5.3 砌体受压构件的计算高度 H_0 ·····	436
附 5.4 影响系数 φ ·····	437
附 5.5 组合砖砌体构件的稳定系数 φ_{com} ·····	438
附 5.6 砌体结构的环境类别·····	439
附 5.7 地面以下或防潮层以下的砌体、潮湿房间的墙所用材料的最低强度等级·····	439
附 5.8 砌体中钢筋耐久性选择·····	439
附 5.9 砌体中钢筋的最小保护层厚度·····	440
附 5.10 砌体房屋伸缩缝的最大间距·····	440
附 5.11 多层砌体房屋的层数和总高度限值·····	441
附 5.12 砌体房屋抗震横墙的最大间距·····	442
附 5.13 《建筑抗震设计规范》关于构造柱设置的规定·····	442
附 5.14 《建筑抗震设计规范》关于圈梁设置的规定·····	443
思考题·····	444
练习题·····	445
参考文献·····	448

1

楼盖结构设计

[内容提要]

本章重点讲述单向板肋梁楼盖和楼梯的计算设计方法,简述了楼盖的组成与分类,以及双向板肋梁楼盖、井式楼盖、密肋楼盖、无梁楼盖等的概念和受力特点。

[学习目标]

(1)了解:楼盖的组成与分类;双向板肋梁楼盖按塑性铰线法的内力计算方法;井式楼盖、密肋楼盖、无梁楼盖等楼盖的布置特点及设计要求。

(2)熟悉:楼盖的荷载传递原则;双向板肋梁楼盖按弹性理论的内力计算方法;单向板与双向板肋梁楼盖的截面设计及构造要求。

(3)掌握:单向板肋梁楼盖的内力计算和设计要求;板式楼梯和梁式楼梯的设计方法。

1.1 概述

楼盖是建筑物的水平结构体系,直接承受楼面的竖向荷载,并将其传递给墙、柱等竖向结构体系;楼盖还担当起联系各竖向承重构件的任务,将各竖向承重构件联系成一个整体,为竖向承重构件在楼层标高处提供水平支撑,增加竖向构件的稳定性。除此之外,在多高层,特别是高层建筑中,依靠楼盖把水平力传递或分配给竖向结构构件,使结构发挥空间整体协同作用,共同抵抗水平力作用。

1.1.1 楼盖的组成与分类

1)按结构形式分

钢筋混凝土楼盖有3种分类方法。

按结构形式,钢筋混凝土楼盖主要分为肋梁楼盖和无梁楼盖。肋梁楼盖是由相交的梁和板组成的楼盖,根据柱网的布置、梁格的划分,肋梁楼盖又可以分为单向板肋梁楼盖、双向板肋梁楼盖、井式楼盖、密肋楼盖。由各梁分隔形成的板,其长边与短边之比很大(长边与短边之比大于3)时,称为单向板肋梁楼盖;长边与短边之比较小时,称为双向板肋梁楼盖。井式楼盖两个方向的梁等高,无主次之分。密肋楼盖中梁与梁的间距和板的厚度较小,一般用于跨度大且梁高受限制的情况。密肋楼盖又分单向密肋楼盖与双向密肋楼盖,当建筑的柱网尺寸为正方形或接近方形时,常采用双向密肋楼盖形式。井式楼盖与双向密肋楼盖的区别是梁的间距不一样,井式楼盖梁间距大,双向密肋楼盖梁间距小。楼板直接支承在柱上而不设梁的楼盖称为无梁楼盖,这是一种板柱体系。各种类型楼盖如图 1.1 所示。

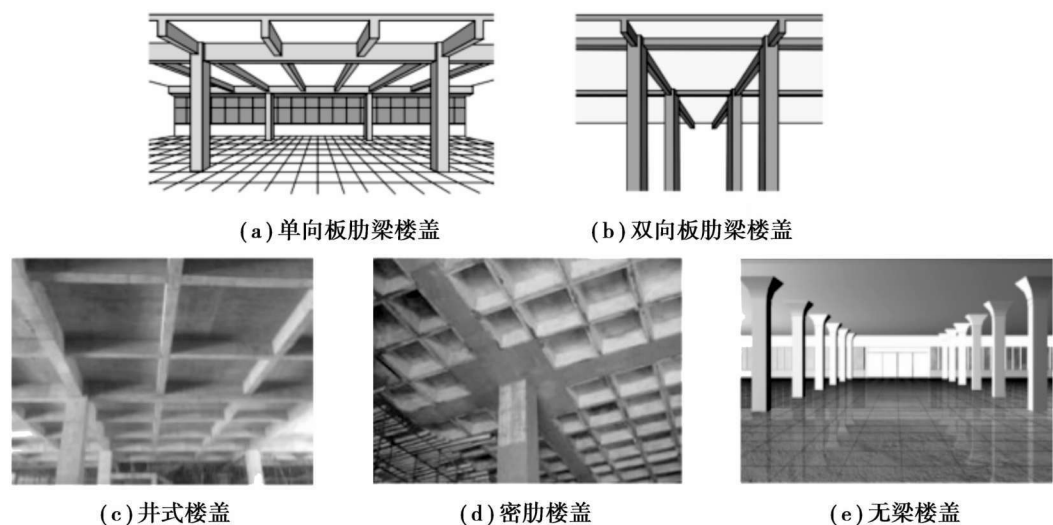


图 1.1 楼盖按结构形式分类

2) 按施加预应力情况分

按施加预应力情况,楼盖可以分为钢筋混凝土楼盖和预应力混凝土楼盖两种。普通钢筋混凝土楼盖施工方便,但变形和抗裂性能不如预应力混凝土楼盖好。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。预应力混凝土楼盖用得最为普遍的是无粘结预应力混凝土平板楼盖。

3) 按施工方法分

按施工方法又可将楼盖分为整体式楼盖、装配式楼盖及装配整体式楼盖。整体式楼盖的全部构件均为现场浇筑,具有整体性好和适应性强的优点,对于楼面荷载较大、平面形状复杂、防渗、防漏或抗震要求较高的建筑物,或在构件运输和吊装有困难的场合,宜采用整体式楼盖。它的缺点是模板用量较多,施工现场工作量大。装配式楼盖一般采用预制板、现浇梁的结构形式,也可以是预制梁和预制板结合而成。装配式楼盖节省模板,且工期较短,但整体性、抗震性较差。装配整体式楼盖是在预制梁、板吊装就位后,于板面上现浇叠合层而形成整体,这种楼盖的整体性较装配式好,又比现浇整体式差,需二次浇筑混凝土,费工费料,造价较高。

1.1.2 楼盖的荷载传递

1) 荷载传递原则

如图 1.2 所示,以跨中集中荷载 P 作用下的十字交叉梁为例进行说明。四个支座均为铰支,设两个方向的跨度分别为 L_1 和 L_2 ,两个方向的抗弯刚度分别为 EI_1 和 EI_2 ,两个方向梁承担的集中荷载分别为 P_1 和 P_2 , $P=P_1+P_2$ 。根据两根梁跨中交叉点竖向挠度的变形协调条件有:

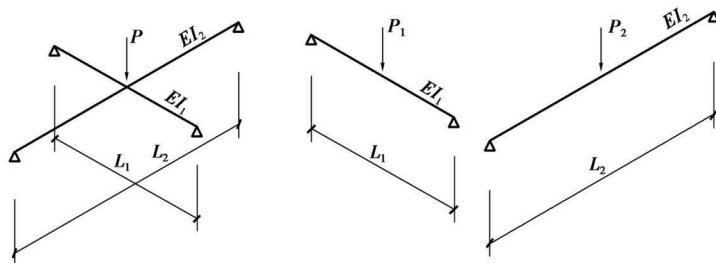


图 1.2 交叉梁的荷载传递

$$f_1 = \frac{1}{48} \frac{P_1 L_1^3}{EI_1} = f_2 = \frac{1}{48} \frac{P_2 L_2^3}{EI_2} \quad (1.1)$$

由此可得:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{L_2^3}{L_1^3} \cdot \frac{EI_1}{EI_2} \quad (1.2)$$

代入: $P=P_1+P_2$

可得:

$$\frac{P_1}{P} = \frac{L_2^3 \cdot EI_1}{L_1^3 \cdot EI_2 + L_2^3 \cdot EI_1} \quad (1.3)$$

$$\frac{P_2}{P} = \frac{L_1^3 \cdot EI_2}{L_1^3 \cdot EI_2 + L_2^3 \cdot EI_1} \quad (1.4)$$

由此可以看出:沿较小跨度梁方向传递的荷载大于沿较大跨度梁方向传递的荷载,且随着长短跨比的增大,沿较小跨度梁方向传递的荷载与沿较大跨度梁方向传递的荷载之比 P_1/P_2 迅速增长,这就是荷载最短路径传递原则。

沿刚度大的梁方向传递的荷载大于沿刚度小的梁方向传递的荷载,两个方向荷载传递比例与梁两个方向的抗弯刚度基本成正比,即荷载按刚度分配原则。

2) 单向板和双向板

钢筋混凝土肋梁楼盖,每一梁格中的板,一般四边有梁支承,形成四边支承板。设板面承受竖向均布荷载 q ,由于梁的刚度比板的刚度大很多,所以分析板的受力时,忽略梁的竖向变形,近似将梁作为板的不动支座。四边支承板一般在两个方向受力,荷载通过板在两个方向受弯、剪向四边传递,如图 1.3 所示。设板在两个方向的跨度分别为 l_1 和 l_2 。由于板是一个整体,弯曲时板任意一点的挠度在两个方向是相同的,因此在短跨 l_1 方向的竖向平面内曲率较大,弯矩也较大;在长跨 l_2 方向的竖向平面内曲率较小,弯矩也较小。取出跨度中点两个互

相垂直的宽度为单位 1 的板带分析,设沿短跨 l_1 方向传递的荷载为 q_1 ,沿长跨 l_2 方向传递的荷载为 q_2 。当不计相邻板对它们的影响时,这两条板带的受力如同简支梁,由跨度中心点处

挠度相等的条件,得到: $\frac{5q_1 l_1^4}{384EI} = \frac{5q_2 l_2^4}{384EI}$,可求得两个方向传递荷载比值 $\frac{q_1}{q_2} = (l_2/l_1)^4$,由于 $q =$

$q_1 + q_2$,故 $q_1 = \frac{l_2^4}{l_1^4 + l_2^4} q, q_2 = \frac{l_1^4}{l_1^4 + l_2^4} q$ 。当 $l_2/l_1 = 3$ 时, $q_1 = 0.988q, q_2 = 0.012q$ 。可见,当 $l_2/l_1 \geq 3$

时,荷载主要沿短跨方向传递,可忽略沿长跨方向的传递,因此称 $l_2/l_1 \geq 3$ 的板为单向板,即主要在一个跨度方向弯曲的板,如图 1.4 所示,长跨方向仅通过配置必要的构造钢筋予以考虑。 $l_2/l_1 \leq 2$ 的板为双向板,即在两个跨度方向弯曲的板。对于 $2 < l_2/l_1 < 3$ 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以承担长跨方向的弯矩。

根据上述原则,在肋形楼盖设计中,对于单向板通常沿短跨中将板面均布荷载传给板短跨的两边,忽略荷载沿长跨方向的传递,如图 1.5 所示。对于双向板,一般近似按 45° 线划分,将板面荷载传递给邻近的支承梁或墙,如图 1.6 所示。

需要说明的是,以上分析是针对板面均布荷载的情况。当板面作用集中荷载时,即使是两对边支承的简支板,其板内也是双向受弯。因此要充分认识荷载传递方式和板内的受力状态,才能采用合理的力学分析模型。

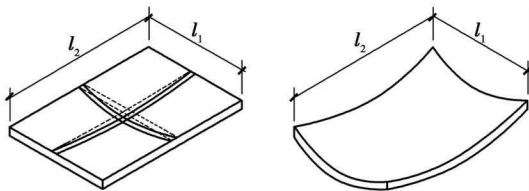


图 1.3 双向板双向弯曲

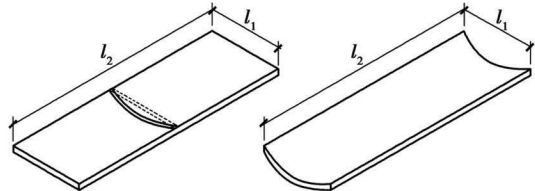


图 1.4 单向板单向弯曲

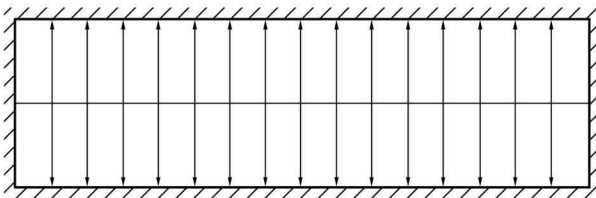


图 1.5 单向板荷载向两对边传递

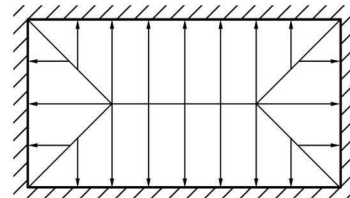


图 1.6 双向板荷载向四边传递

3) 主梁和次梁

钢筋混凝土肋梁楼盖,其两个方向的梁形成一正交交叉梁系,假设梁 AB 上承受均布线荷载 q ,如图 1.7 所示,梁 AB 与梁 DE 互相承托,交叉点 C 相当于一个弹性支座。我们可以用结构力学的方法对此交叉梁系进行分析。设 AB 和 DE 梁的线刚度分别为 i_{AB} 和 i_{DE} 。随着 DE 梁的线刚度与 AB 梁的线刚度之比 i_{DE}/i_{AB} 增加,C 点的弹性支座逐渐接近不动铰支座,当 i_{DE}/i_{AB} 无穷大时,梁 DE 即为梁 AB 的不动铰支座。分析计算结果表明,当 $i_{DE}/i_{AB} > 8$ 时,AB 梁跨中的负弯矩与将 C 点作为 AB 梁的不动铰支座得到的 C 支座负弯矩已较为接近,因此为简化计算,设计中当 $i_{DE}/i_{AB} > 8$ 时,可近似地将 DE 梁看作 AB 梁的不动铰支座,承担 AB 梁传来的荷载,AB 梁则可以按一两跨连续梁进行计算。工程中称这样的体系为主次梁体系,AB 梁为次梁,DE 梁为主梁。交叉梁体系通过这种方式简化为两次梁,对主梁和次梁分别进行计

算,使得计算大为简化。

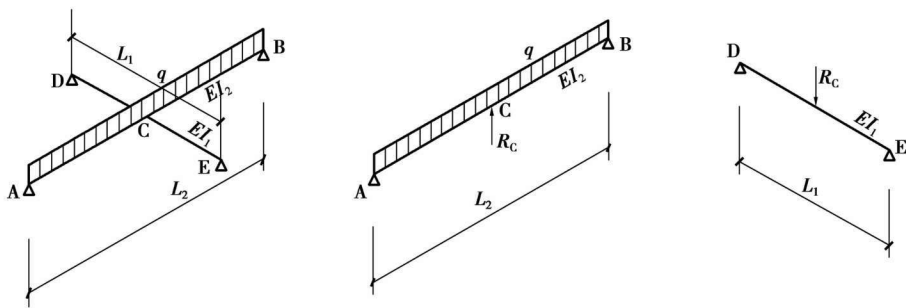


图 1.7 主次梁的荷载传递

实际应用中,对上述交叉梁简化分析概念的把握要准确,否则有可能会得出偏于不安全的结果。设计中,应对采用简化分析方法后可能出现的偏于不安全的结果予以充分认识,从而在构造措施中予以弥补。

1.2 单向板肋梁楼盖设计

1.2.1 结构布置

单向板肋梁楼盖一般由板、次梁、主梁组成。由主次梁分隔成的板,其长边与短边之比很大(长边与短边之比大于3),板上的均布荷载主要沿短边方向传递到支承构件上;沿长边方向传递的荷载很小,可以忽略不计。

单向板肋梁楼盖布置主要包括柱网布置、主梁布置和次梁布置。其柱网和梁格的布置应满足生产工艺和使用要求,并使结构具有良好的经济指标。柱网的布置决定了主梁的跨度,通常主梁的经济跨度为5~8m,主梁截面估算时,截面高度可取主梁跨度的 $1/14 \sim 1/8$,截面宽度可取主梁截面高度的 $1/3 \sim 1/2$;主梁之间的间距即为次梁的跨度,次梁的经济跨度为4~6m,次梁截面估算时,截面高度可取次梁跨度的 $1/18 \sim 1/12$,截面宽度可取次梁截面高度的 $1/3 \sim 1/2$;次梁之间的间距决定了板的跨度,单向板的经济跨度为1.7~2.7m;为了满足结构安全及刚度要求,单向板的厚度与跨度之比不小于 $1/30$;此外,对于屋面板和民用建筑的楼面板,其厚度不得小于60mm;对工业建筑楼面板,其厚度不得小于70mm;行车道下的楼板,其厚度不得小于80mm。

梁格布置还应尽可能规整、统一,减少梁、板跨度的变化,以简化设计,方便施工。

1.2.2 计算简图

单向板肋梁楼盖的荷载传递路径为:单向板→次梁→主梁→柱,其板、次梁、主梁分别为支承在次梁、主梁、柱上的连续梁。

1) 计算模型及简化假定

①假定支座没有竖向位移,假定支座可以自由转动。单向板以次梁为支座,通常板的厚度远远小于次梁的截面高度,因此板的线刚度远远小于次梁的线刚度,次梁的竖向位移可以

忽略而成为板的不动支座,同时又假定支座可以自由转动,因此单向板可以简化为连续梁计算。上述连续梁模型,支座可以自由转动,忽略了次梁的抗扭刚度对板的转动约束能力,使得

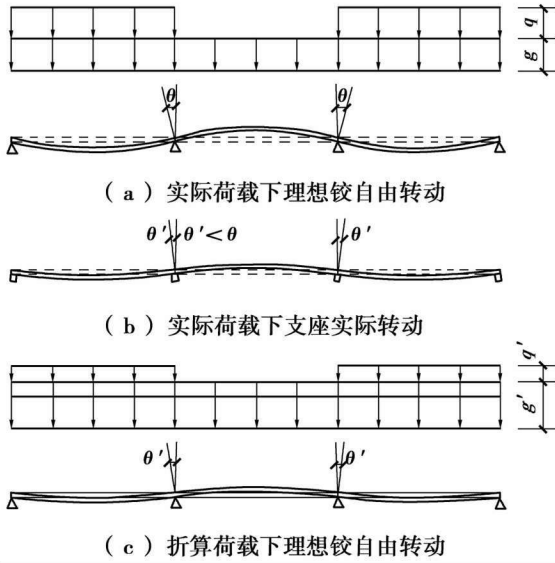


图 1.8 连续梁板的折算荷载

计算得到的转角大于实际支座转角,因而计算得到的跨中弯矩大于实际跨中弯矩,计算得到的支座弯矩小于实际支座弯矩。次梁的约束对跨中弯矩带来的有利影响将通过增大恒荷载和减小活荷载,保持总荷载不变的办法来考虑。这是因为恒荷载是满布布置,板在中间支座发生的转角很小,按实际情况和铰支算出的结果差异很小。而活荷载要考虑最不利布置,求跨中最大正弯矩时,活荷载需隔跨布置,此时按铰支座计算产生的转动角 θ 很大,而实际转角 θ' 小些,这引起计算结果误差较大。因此,采取适当增加恒载和相应减小活荷载的措施,使按计算模型得到的支座转角减小,内力值与实际情况相近,即用调整后的折算

恒荷载设计值 g' 和调整后的折算活荷载设计值 q' 代替实际的恒荷载设计值 g 和活荷载设计值 q ,如图 1.8 所示。对于板,取:

$$g' = g + \frac{q}{2}, q' = \frac{q}{2} \quad (1.5)$$

次梁与主梁形成交叉梁系,由前述关于主次梁的分析可知,当主次梁线刚度比大于 8 时,可以忽略主梁的竖向位移,次梁以主梁为不动支座,同时又假定支座可以自由转动,因此次梁可以简化为连续梁计算。当主次梁线刚度比不满足要求时,主梁产生的竖向位移将会对次梁和主梁的内力产生影响,严格说应该按照交叉梁系进行内力分析,但这样做比较复杂。因此,当仍忽略主梁的竖向位移,把主梁作为次梁的不动支座,将次梁简化为连续梁计算时,得到的次梁的跨中弯矩将比实际受到的跨中弯矩小,偏于不安全;得到的主梁跨中弯矩将比实际受到的跨中弯矩大,偏于安全,设计过程中应该注意此处存在的误差。在次梁简化为连续梁的模型中,支座可以自由转动,同样忽略了主梁对次梁的转动约束能力,使得次梁在支承处的计算转角大于实际转角,由此带来的误差和次梁对板的约束是一样的。因此,仍然可采用折算荷载的方法进行修正。由于主梁抗扭刚度对次梁转动的约束程度与次梁抗扭刚度对板转动的约束程度不同,对于次梁,近似取:

$$g' = g + \frac{q}{4}, q' = \frac{3q}{4} \quad (1.6)$$

通常主梁与混凝土柱刚接形成框架,柱对主梁弯曲转动的约束能力取决于主梁线刚度与柱线刚度之比。当梁柱线刚度比大于 5 时,主梁的转动受到柱端的约束可忽略,而柱的受压引起的竖向变形通常很小,此时柱可以作为主梁的不动铰支座,因此主梁可以简化为连续梁计算。当梁柱线刚度比不满足要求时,则应该按框架结构模型计算。

②不考虑拱效应对板内力的影响。在单向连续板中,支座截面由于负弯矩的作用,顶面开裂,而跨中截面由于正弯矩的作用,底面开裂,这就使得板的实际中性轴变成了拱形,如图 1.9 所示。当板的四周支承构件具有足够刚度时,则成为具有抵抗横向位移的拱支座,其提供的水平推力将减少板在竖向荷载下的截面弯矩。但是在边跨,作为端支座的边梁缺乏足够的刚度传递水平推力,板的拱效应减弱。在内力分析时,为了简化计算,一般不考虑板的上述薄膜效应。这一有利作用将在板截面设计的时候,根据不同的支座约束情况,对板的计算弯矩进行折减。通常对四周与梁整体连接的中间跨的跨中截面及中间支座截面弯矩设计值折减 0.8,对于边跨的跨中截面及支座截面不予折减,如图 1.10 所示。使用中,为了方便,也常进一步简化为对计算所得的钢筋面积乘以 0.8 的折减系数。

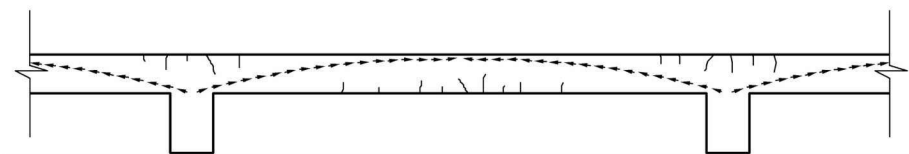


图 1.9 板的内拱作用

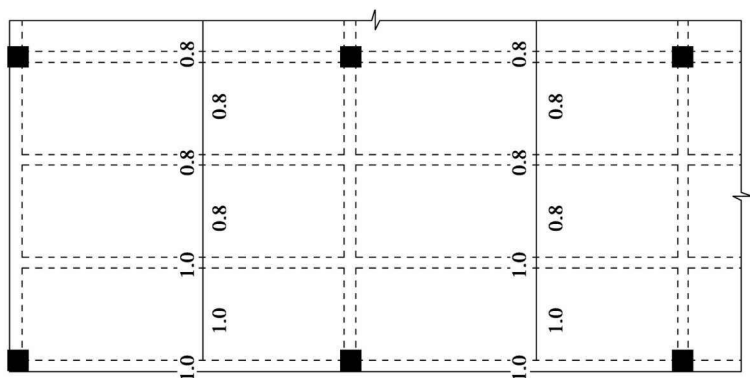


图 1.10 板的弯矩折减系数

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,按简支构件计算支座竖向反力。

这样做主要是为了简化计算,误差并不大。

④跨数超过 5 跨的连续梁、板,当各跨截面尺寸相同及荷载相同,且跨度相差不超过 10% 时,可按 5 跨的等跨连续梁、板计算。

对于 5 跨和 5 跨以内的连续梁(板),跨数按实际取;对于 5 跨以上的连续梁(板),当跨差相差不超过 10% 时,且各跨截面尺寸及荷载相同时,可按 5 跨的等跨连续梁、板计算。因为对超过 5 跨的等跨连续梁,除两边第 1 跨和两边第 2 跨以外,中间各跨的内力和配筋都与 5 跨连续梁的中间跨(第 3 跨)相接近,因此中间各跨仅用一跨代替即可,如图 1.11 所示。把实际跨数超过 5 跨的连续梁简化成 5 跨连续梁,5 跨连续梁内力算出后,实际连续梁的两边第 1 跨和两边第 2 跨内力同 5 跨连续梁的两边第 1 跨和两边第 2 跨内力;实际连续梁的中间各跨的内力均同 5 跨连续梁的中间跨内力。

2) 计算单元及从属面积

为减小计算工作量,结构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

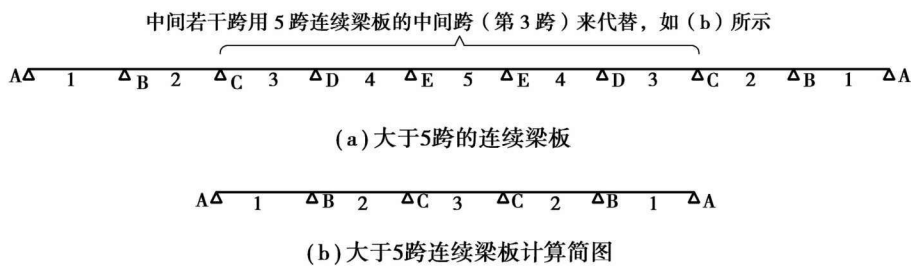


图 1.11 大于 5 跨的连续梁板的计算简图

选取有代表性的一部分作为计算的对象,称为计算单元,如图 1.12 所示。

对于单向板,取 1 m 宽度的板带作为计算单元,在此范围内,楼面均布荷载就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。

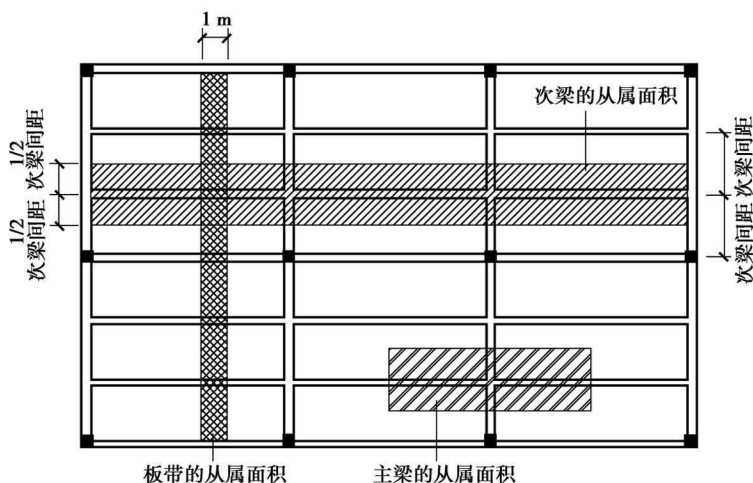


图 1.12 单向板肋梁楼盖的计算简图

楼盖中部主、次梁截面形状都是两侧带翼缘(板)的 T 形截面,次梁承受板传来的均布线荷载,每侧翼缘板的计算宽度取与相邻次梁中心距的一半。主梁承受次梁传来的集中荷载,荷载范围为纵横两个方向梁间距的一半。

3) 计算跨度

梁、板的计算跨度 l_0 是指内力计算时所采用的跨间长度。由图 1.12 知,次梁的间距就是板的跨长,主梁的间距就是次梁的跨长,跨长不一定就等于计算跨度。从理论上讲,某一跨的计算跨度应该取为该跨两端支座处转动点之间的距离,所以中间各跨取支承中心线之间的距离,对于边跨,当梁板在边支座与支承构件整浇时,边跨也取支承中心线之间的距离,如图 1.13 所示。

1.2.3 荷载取值

楼屋盖上的竖向荷载有恒荷载和活荷载两类。恒荷载包括结构自重、构造层质量,对于工业建筑楼盖,还需要考虑永久性设备质量等。楼面活荷载包括使用时的人群、家具、办公设备,不上人屋面活荷载包括施工或者维修荷载,上人时可根据使用功能确定。对于屋面活荷