



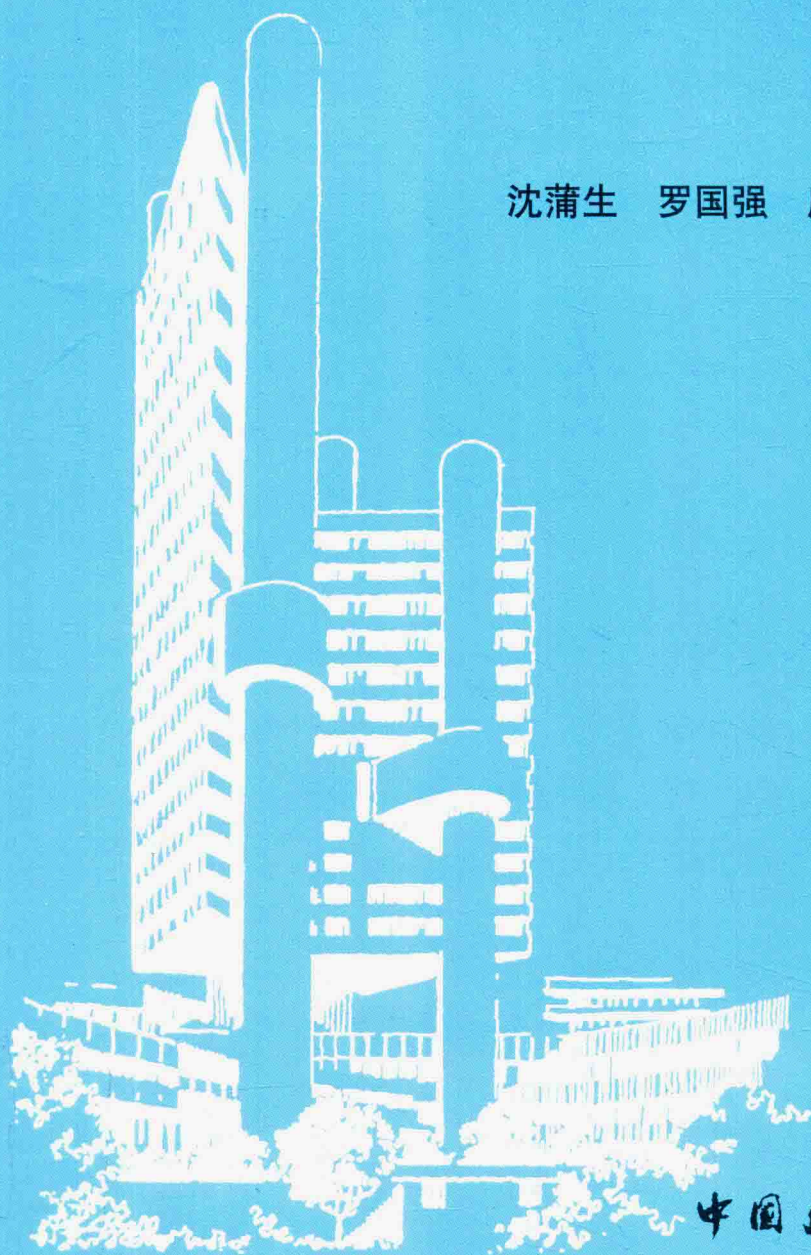
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构

(下册)

(第五版)

沈蒲生 罗国强 廖 莎 刘 霞 编著



中国建筑工业出版社

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材
高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构 (下册)

(第五版)

沈蒲生 罗国强 廖莎 刘霞 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构 (下册) / 沈蒲生等编著. —5 版. —北京:
中国建筑工业出版社, 2011. 11
普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材.
高职高专建筑工程专业系列教材
ISBN 978-7-112-13726-8

I. ①混… II. ①沈… III. ①混凝土结构-高等职业
教育-教材 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 224550 号

本书系根据高职高专建筑工程专业“混凝土结构”课程要求及我国《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010) 编写的。本书是在第四版的基础上修订而成, 全书内容结合新规范, 比第四版有了进一步完善和提高。全书分为上、下两册, 本书为下册, 内容包括: 混凝土结构的分析方法、混凝土梁板结构、单层厂房结构、多层框架结构。

本书既可作为高职高专建筑工程专业的教材, 也可供土建工程技术人员学习参考。

* * *

责任编辑: 朱首明 刘平平 吉万旺

责任设计: 李志立

责任校对: 肖 剑 王雪竹

普通高等教育土建学科专业“十二五”规划教材

高职高专建筑工程专业系列教材

混凝土结构 (下册)

(第五版)

沈蒲生 罗国强 廖 莎 刘 霞 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京富生印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17¼ 字数: 420 千字

2011 年 12 月第五版 2015 年 11 月第二十八次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-13726-8

(21509)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第五版前言

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 已于 2010 年 8 月 18 日发布，并于 2011 年 7 月 1 日实施。新规范总结了最近十年我国混凝土结构设计领域的理论、试验及应用成果。为了及时地将这些成果反映在教材中，我们对第四版《混凝土结构》上、下册进行了修订。

第五版《混凝土结构》仍然分为上、下两册，章节安排基本未变。上册内容为：绪论、混凝土结构的材料性能、荷载与设计方法、钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算、钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算、钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算、钢筋混凝土受扭构件承载力计算、钢筋混凝土偏心受力构件承载力计算、钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算以及预应力混凝土构件设计计算；下册的内容为：混凝土结构的分析方法、混凝土梁板结构、单层厂房结构以及多层框架结构等内容。

在修订过程中，除了按新规范进行修改外，仍然保持本教材前面各版中说理清楚、简明扼要、便于教学、便于自学等特点。

本次修订由沈蒲生（绪论、第二、三、四、五、六、九、十章以及第十三章正文）、罗国强（第八、十一、十二章）、廖莎（第七章）和刘霞（第一章和第十三章例题）完成，由沈蒲生统稿。

由于我们的水平所限，错误之处在所难免，欢迎批评指正。

编者

2011 年 8 月

第四版前言

我国《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)已经修订,新的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)已经颁布实施。为了使教材能够反映规范的变化情况,我们对《混凝土结构(上、下册)》(第三版)进行了修订。

修订后的教材有以下三个方面的变化:

1. 按新编《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)进行修订。
2. 将“预应力混凝土构件设计计算”一章由下册移至上册,使上册只讲述混凝土结构的设计原理和各类混凝土构件的设计方法;下册讲述几种基本混凝土结构的设计方法。
3. 在下册中增加“混凝土结构分析方法”一章,在具体讲述混凝土结构设计方法之前,扼要地介绍混凝土结构的分析方法。

本书上册的内容为:绪论、混凝土结构的材料性能、荷载与设计方法、钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算、钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算、钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算、钢筋混凝土受扭构件承载力计算、钢筋混凝土偏心受力构件承载力计算、钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算以及预应力混凝土构件设计计算;下册的内容为:混凝土结构的分析方法、混凝土梁板结构、单层厂房结构设计以及多层框架结构等内容。

在修订过程中,我们仍然保持本书前面各版中说理清楚、简明扼要、便于教学、便于自学等特点。

本书由沈蒲生(绪论、第二、四、六、九、十章)、罗国强(第八、十一、十二章)和熊丹安(第一、三、五、七、十三章)编写,由沈蒲生统稿。由于我们的水平所限,书中错误之处在所难免,欢迎批评指正。

编者
2003年6月

目 录

第十章 混凝土结构的分析方法	1
第一节 混凝土结构的分类	1
第二节 结构分析应遵循的基本原则	3
第三节 分析方法及其适用范围	4
思考题	6
第十一章 混凝土梁板结构	7
第一节 概述	7
第二节 钢筋混凝土现浇单向板肋形楼盖	10
第三节 钢筋混凝土现浇双向板肋形楼盖	50
第四节 装配式混凝土楼盖	61
第五节 楼梯、雨篷计算与构造	64
小结	79
思考题	79
习题	80
第十二章 单层厂房结构	83
第一节 单层厂房的结构选型	83
第二节 单层厂房排架结构组成、构件选型和布置	85
第三节 排架计算	99
第四节 单层厂房柱设计	116
第五节 柱下单独基础设计	121
第六节 屋架设计要点	135
小结	161
思考题	161
习题	162
第十三章 多层框架结构	167
第一节 多层框架的结构布置	167
第二节 杆件的截面尺寸和框架计算简图	170
第三节 荷载取值	173
第四节 竖向荷载作用下的内力近似计算——分层法	174
第五节 水平荷载作用下的内力近似计算——反弯点法和 D 值法	176
第六节 水平荷载作用下侧移的近似计算	181
第七节 重力二阶效应计算	182
第八节 框架的荷载组合	182

第九节 框架梁柱的截面配筋	185
第十节 现浇框架的一般构造要求	186
第十一节 多层框架柱基础	191
第十二节 设计例题	191
小结	217
思考题	218
附录	219
附录 1 连续梁板的计算跨度表	219
附录 2 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下按弹性分析的内力系数表	220
附录 3 双向板按弹性分析的计算系数表	233
附录 4 等效均布荷载表	238
附录 5 屋面积雪分布系数表	240
附录 6 电动桥式和单梁式吊车数据表	243
附录 7 风荷载体型系数表	246
附录 8 风压高度变化系数	259
附录 9 单层厂房排架柱柱顶反力与位移系数图	260
附录 10 采用刚性屋盖的单层工业厂房柱、露天吊车柱和栈桥柱的计算长度表	264
附录 11 计算柱下单独基础底面尺寸的 $\beta-C_0$ 曲线图	265
附录 12 规则框架承受均布水平荷载作用时标准反弯点高度比表	267
附录 13 上、下层横梁线刚度比变化时的修正系数表	269
附录 14 上、下层柱高度变化时的修正系数表	269
主要参考文献	270

第十章 混凝土结构的分析方法

提 要

- 1. 了解结构常用的分类方法。
- 2. 熟悉结构的分析步骤。
- 3. 掌握结构分析应遵循的基本原则。
- 4. 会正确选用结构的分析方法。

第一节 混凝土结构的分类

上册中介绍了混凝土结构的材料性能、设计原理和各种基本构件的设计方法及构造要求，下册中将对混凝土结构的分析方法以及混凝土梁板结构、单层厂房结构和多层框架结构的设计方法进行介绍。

一、结构的定义

广义的结构是指房屋建筑和土木工程的建筑物、构筑物及其相关组成部分的实体；狭义的结构是指各种工程实体的承重骨架。

任何一栋建筑物都可能包含承重结构、围护结构、装饰结构等，下面讨论中所指的结构是特指其承重结构。

二、混凝土结构的分类

混凝土结构有多种分类方法，例如：

(一) 按结构构件的几何形状尺寸和受力特点分类

结构按其构件的几何形状尺寸和受力特点可分为：

1. 杆系结构

由杆件组成的结构称为杆系结构，如图 10-1 中的连续梁、桁架、框架、排架结构等。它们是实际工程中数量最多、使用面最广的一类结构。

2. 板壳结构

板和壳的两个方向的尺寸远大于第三个方向的尺寸，其中，平者为板，曲者为壳。板以弯曲为主，壳中内力以压力为主。图 10-2 (a) 和 (b) 分别为带

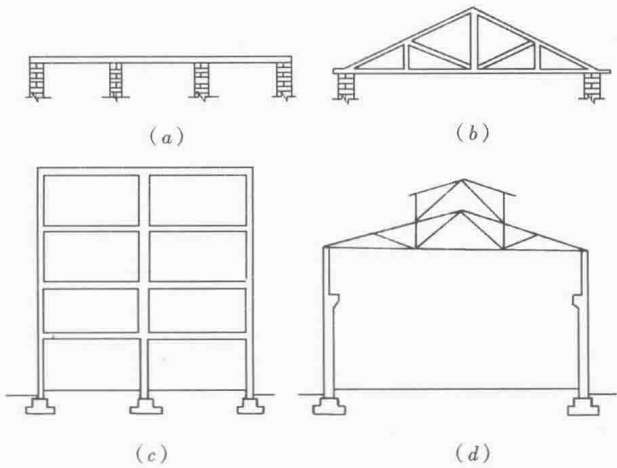


图 10-1 常见的杆件结构

肋板和无梁板，图 10-2 (c) 和图 10-2 (d) 分别为双曲扁壳和筒壳。

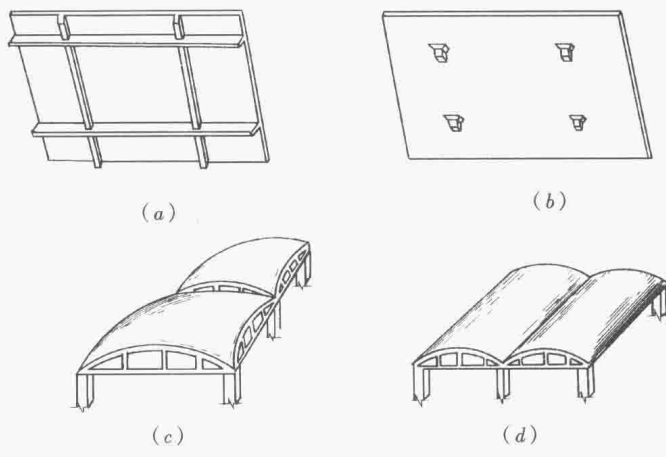


图 10-2 板和壳结构

(a) 带肋板; (b) 无梁板; (c) 双曲扁壳; (d) 筒壳

3. 块体结构

三个方向的尺寸为同量级的结构，称为块体结构。

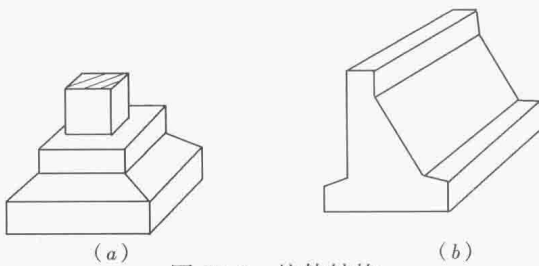


图 10-3 块体结构

属于块体结构的有柱下独立基础和设备基础、桥台和桥墩等。图 10-3 为块体结构示意图。

4. 索结构

索结构中，主要的受力构件为柔性的缆索及其支承构件。缆索只能承受拉力，不能承受压力。索结构可以跨越很大的空间，特别适合于在大跨结构中采用。图 10-4 为索结构示意图。

5. 膜结构

用膜材制作而成的结构，称为膜结构。

膜材是在高强纤维机织布上涂上各种有机防水材料加工而成的新型产业用纺织品，是一种新型建筑材料。

与缆索一样，膜材只能承受拉力，不能承受压力。因此，膜材常配合钢索、钢支柱、钢桁架及其支撑系统组成。

膜结构具有造型自如、形式多样、白天透光、夜间发亮、耐久性强、自洁性高、结构轻巧、施工快捷等优点，近年来在许多体育场馆的屋盖结构中被广泛采用。图 10-5 为膜结构示意图。

(二) 按结构所在空间位置分类

结构按其所在空间位置分为：

(1) 水平承重结构：如房屋中的楼

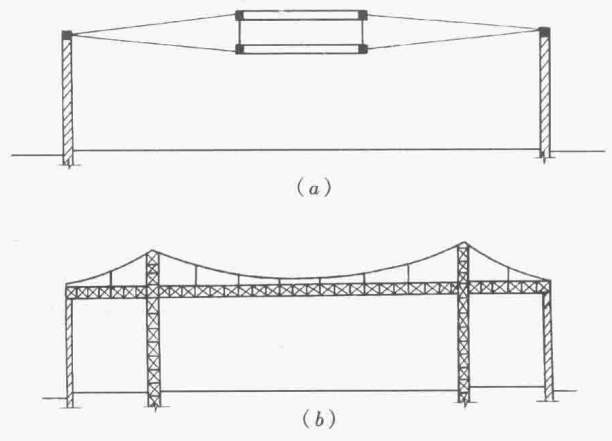


图 10-4 索结构

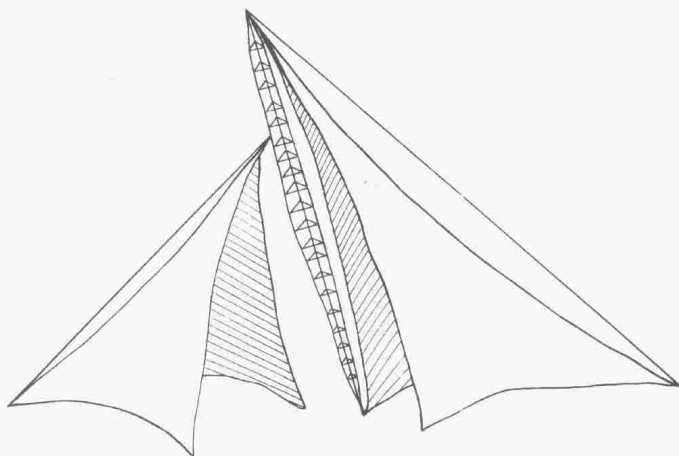


图 10-5 膜结构示意图

盖结构和屋盖结构。

(2) 竖向承重结构：如房屋结构中的框架结构、排架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构和筒体结构等。

(3) 底部承重结构：如房屋结构中的地基和基础。

水平承重结构、竖向承重结构和底部承重结构之间的荷载传递关系如图 10-6 所示，即水平承重结构将楼盖和屋盖上的各种荷载传递给竖向承重结构，竖向承重结构将自身承受的荷载以及水平承重结构传来的荷载传递给底部承重结构。



图 10-6 结构上的荷载传递图

水平承重结构、竖向承重结构和底部承重结构是一个整体。它们相互作用、相互影响。水平承重结构将荷载传递给竖向承重结构，水平承重结构有可能也是竖向承重结构的组成部分，例如，楼盖结构中的主梁可能是框架结构中的横梁；竖向结构将荷载传递给底部承重结构，底部承重结构的不均匀沉降也将引起上部结构的内力和变形发生改变。

结构还可以划分为平面结构和空间结构。结构各构件都处在同一平面内时为平面结构。反之，结构的各构件不全在一个平面内时为空间结构。

第二节 结构分析应遵循的基本原则

一、结构分析的步骤

结构的选型和布置确定之后，可以进行结构分析。结构分析的步骤可以概括如下：

(1) 假定结构构件截面尺寸，选择材料的品种和级别；

(2) 确定结构的计算简图；

(3) 计算荷载的大小。当有抗震设防要求时，还要计算地震作用的大小。当要求对温度、地基不均匀沉降、混凝土收缩、徐变影响进行分析时，还要计算温差、地基不均匀沉

降量以及混凝土收缩、徐变量的大小；

(4) 选择合适的结构分析方法；

(5) 进行结构的内力与变形计算。

结构的内力求得以后，可以对其进行配筋计算。结构的变形求得以后，可以对其进行变形验算，以检验结构构件的刚度是否满足要求。

二、结构分析的基本原则

进行结构分析时，应遵循以下基本原则：

(1) 所有情况下均应对结构进行整体分析。对结构中的重要部位、形状发生突变的部位以及内力和变形有异常变化的部位，例如较大孔洞的周围、节点及其附近、支座和集中荷载附近、高层建筑的转换层、高层建筑的薄弱层等，必要时应另作更详细的局部分析。

对结构的两种极限状态进行分析时，应分别采用相应的荷载代表值和荷载组合值。

(2) 当结构在施工和使用期的不同阶段有多种受力状况时，应分别进行结构分析，并确定其最不利的作用效应组合。以预应力空心板为例，其在制作、运输、安装和使用阶段的受力情况都不相同，应分别进行结构分析，并确定其可能的最不利的作用效应组合。

结构有可能遭遇火灾、爆炸、撞击等偶然作用时，尚应按国家现行有关标准的要求进行相应的结构分析。

当混凝土的收缩、徐变以及温度变化等间接作用在结构中产生的作用效应可能危及结构的安全或正常使用时，宜进行间接作用效应的分析，并应采取相应的构造措施和施工措施。

(3) 结构分析所需的各种几何尺寸，以及所采用的计算图形、边界条件、作用的取值与组合、材料性能的计算指标、初始应力和变形状况等，应符合结构的实际工作状况，并应具有相应的构造保证措施。

结构分析中所采用的各种简化和近似假定，应有理论或试验的依据，或经工程实践验证。计算结果的准确程度应符合工程设计的要求。

(4) 结构分析应符合下列要求：

1) 应满足力学平衡条件；

2) 应在不同程度上符合变形协调条件，包括节点和边界的约束条件；

3) 应采用合理的材料或构件单元的本构关系。

对任何结构进行分析时，力学平衡条件是必须满足的。变形协调条件对有些方法不能严格符合，但应在不同程度上予以满足。材料或构件的本构关系则需合理地选用。

(5) 结构的分析方法应根据结构类型、构件布置、材料性能和受力特点等进行选择。

(6) 结构分析所采用的电算程序应经考核和验证，其技术条件应符合有关标准的要求。

对分析的结果应进行判断和校核，在确认其合理有效后，才可以用于工程设计。

第三节 分析方法及其适用范围

如同上册中所述，混凝土不是理想的弹性材料，混凝土的抗拉强度只是其抗压强度的1/10左右，处于受压状态的混凝土，当压应力较小时，应力-应变关系接近直线，材料可

近似地认为处于弹性状态，当压应力较大时，应力-应变关系不为直线，呈非线性发展，应变的增长速度比应力增长速度快。混凝土材料的性能对混凝土结构构件的性能有极大的影响。混凝土结构构件在荷载的作用下，当荷载较低时可近似看成为弹性材料制成的结构构件；当荷载稍大时，受力较大的截面出现裂缝，非线性变形发展，截面刚度降低，应力沿截面高度的分布发生变化，内力与按弹性方法计算的结果有较大出入。混凝土结构的受力性能十分复杂。对混凝土结构进行内力和变形计算时，要尽可能地反映出这些特性，才能使计算结构与实际情况接近。

当前，混凝土结构的分析方法可归纳为四类，它们的特点和应用范围各不相同，进行结构分析时，宜根据结构类型、构件布置、材料性能和受力特点等进行选择。这四类方法是：

1. 弹性分析方法

弹性分析方法以弹性材料为基础，假定材料的应力-应变成比例，是最早建立的分析方法，也是最成熟的结构分析方法。它可以用于各种混凝土结构的承载能力极限状态及正常使用极限状态的作用效应分析。但是，当荷载较大时，计算结果与实际受力情况会有一些出入。

下列结构构件宜采用弹性分析方法进行分析：

- (1) 直接承受动力荷载的结构；
- (2) 使用期间要求不出现裂缝的结构；
- (3) 处于侵蚀环境的结构；
- (4) 长期处于高温或负温的结构。

2. 塑性内力重分布分析方法

这种方法考虑了混凝土结构在较大荷载下结构由于裂缝的出现与开展、混凝土的塑性变形、钢筋与混凝土间粘结滑移、受拉钢筋屈服等原因导致的结构内力相对于弹性分析结果发生变化，是对弹性计算的内力进行调整的方法。在进行内力调整时，要兼顾正常使用阶段对变形、裂缝的有关要求。

考虑塑性内力重分布的分析方法设计超静定混凝土结构，反映了结构实际的受力情况，并具有能充分发挥结构潜力、节约材料、简化设计和方便施工等优点。

房屋建筑中的钢筋混凝土连续梁和连续单向板，宜采用考虑塑性内力重分布的分析方法进行分析。

框架、框架-剪力墙结构以及双向板等经过弹性分析求得内力后，也可对支座或节点弯矩进行调幅，并确定相应的跨中弯矩。

3. 塑性极限分析方法

塑性极限分析方法又称为塑性分析法或极限平衡法，主要用于有明显屈服点钢筋配筋的混凝土结构破坏阶段的分析。此法具有计算简单、构造设计简便易行等特点，可保证结构安全，但结构在正常使用阶段的变形可能较大，裂缝可能较宽。

承受均布荷载的周边支承的双向矩形板，可采用塑性极限分析法进行承载能力极限状态设计，同时应满足正常使用极限状态的要求。

4. 弹塑性分析方法

弹塑性分析方法以钢筋混凝土的实际力学性能为依据，引入相应的弹塑性本构关系

后，可准确地分析结构受力全过程的各种荷载效应，而且可以解决各种体形和复杂受力的结构分析问题。

特别重要的或受力状况特殊的大型杆系结构和二维、三维结构，必要时尚应对其整体或局部进行受力全过程的非线性分析。

思 考 题

1. 构件与结构有什么关系？
2. 结构分析与结构设计有什么关系？
3. 什么情况下除应进行结构整体分析以外，还需进行结构局部分析？
4. 混凝土结构为什么需要多种分析方法？
5. 混凝土结构有哪几种分析方法？各有何特点？各自的适用范围是什么？

第十一章 混凝土梁板结构

提 要

1. 对于现浇整体式单向板肋形楼盖,要求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,要求了解其静力工作特点;掌握内力按弹性理论计算的近似方法;熟悉这种楼盖结构截面设计和构造要求。
3. 了解几种常用楼梯结构的受力特点、应用场合及其内力计算和配筋构造的要点。
4. 了解雨篷梁的设计内容,特别是对整体抗倾覆验算的要求。

第一节 概 述

混凝土梁板结构如楼盖、屋盖、阳台、雨篷、楼梯等,在建筑中应用十分广泛。此外,在特种结构中,水池的顶板和底板、烟囱的板式基础也都是梁板结构。混凝土楼盖是建筑结构的主要组成部分,对于6~12层的框架结构,楼盖用钢量占全部结构用钢量的50%左右;对于混合结构,其用钢量主要在楼盖中。因此,楼盖结构选型和布置的合理性以及结构计算和构造的正确性,对建筑的安全使用和经济有着非常重要的意义。同时,对美观也有一定的影响。

混凝土楼盖按其施工方法可分为现浇式、装配式和装配整体式三种型式。

现浇混凝土楼盖由于整体性好、抗震性强、防水性能好,适用于下列情况:

- (1) 布置上有特殊要求的各种楼面,如:多层厂房中需布置重型机器设备或要求开设较复杂孔洞的楼面;
- (2) 有振动荷载作用的楼面;
- (3) 公共建筑的门厅部分,平面布置不规则的局部楼面(如剧院的耳光室)以及对防水要求较高的楼面,如卫生间、厨房等;
- (4) 高层建筑的楼(屋)盖以及地下室顶板和底板。

随着施工技术的不断革新和多次重复使用的工具式钢模板的推广以及结构抗震的需要,现浇楼盖结构的应用日益增多。

现浇楼盖结构按楼板受力和支承条件的不同,又分为单向板肋形楼盖(图11-1)、双向板肋形楼盖(图11-2)、井式楼盖(图11-3)和无梁楼盖(图11-4)。后者适用于柱网

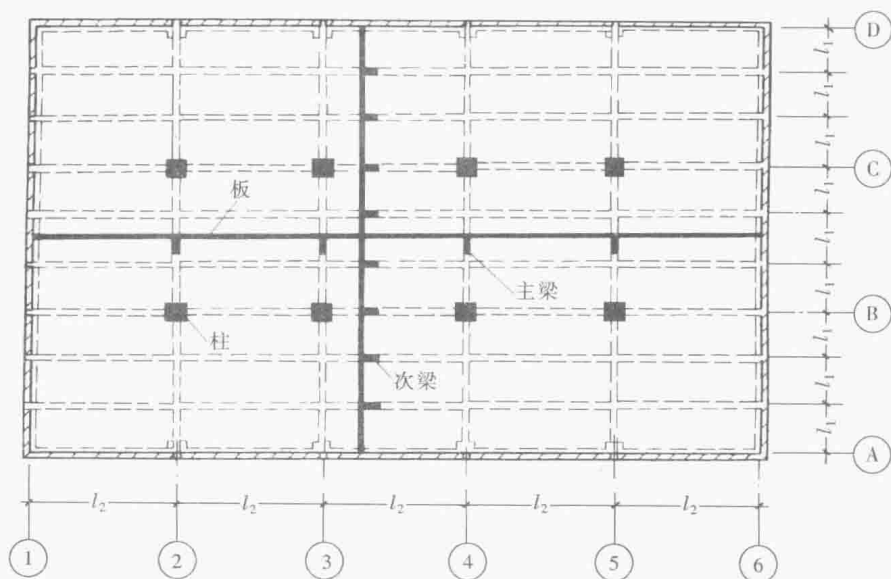


图 11-1 单向板肋形楼盖

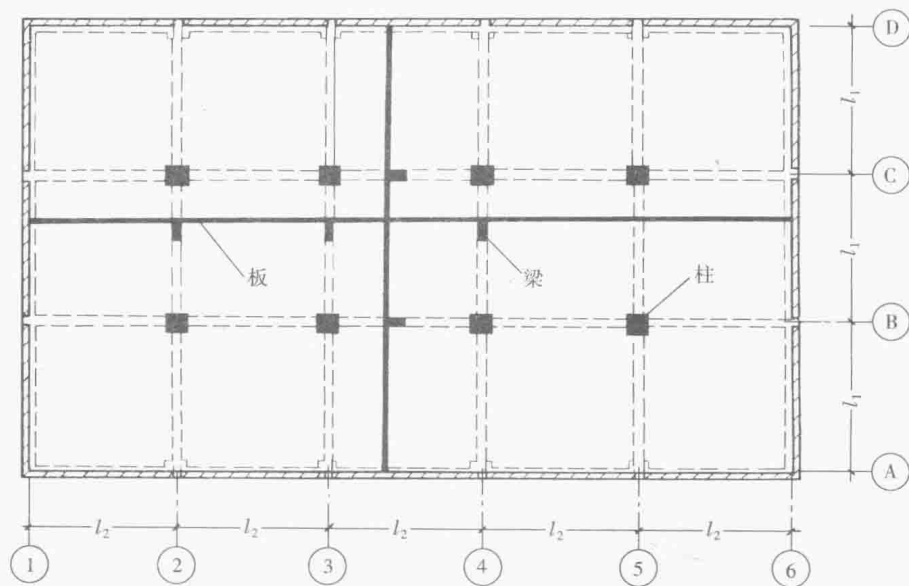


图 11-2 双向板肋形楼盖

尺寸不超过 6m 的图书馆、冷冻库等建筑以及矩形水池的池顶和池底等结构。井式楼盖可少设或取消内柱，能跨越较大的空间，获得较美观的天花板，适用于方形或接近方形的中、小礼堂、餐厅以及公共建筑的门厅，但用钢量和造价较高。双向板肋形楼盖多用于公共建筑和高层建筑。单向板肋形楼盖广泛用于多层厂房和公共建筑。

装配式混凝土楼盖，楼板采用混凝土预制构件，便于工业化生产，在多层民用建筑和多层工业厂房中得到广泛应用。但是，这种楼面由于整体性、抗震性、防水性较差，不便于开设孔洞，故对于高层建筑及有抗震设防要求的建筑以及使用上要求防水和开设孔洞的

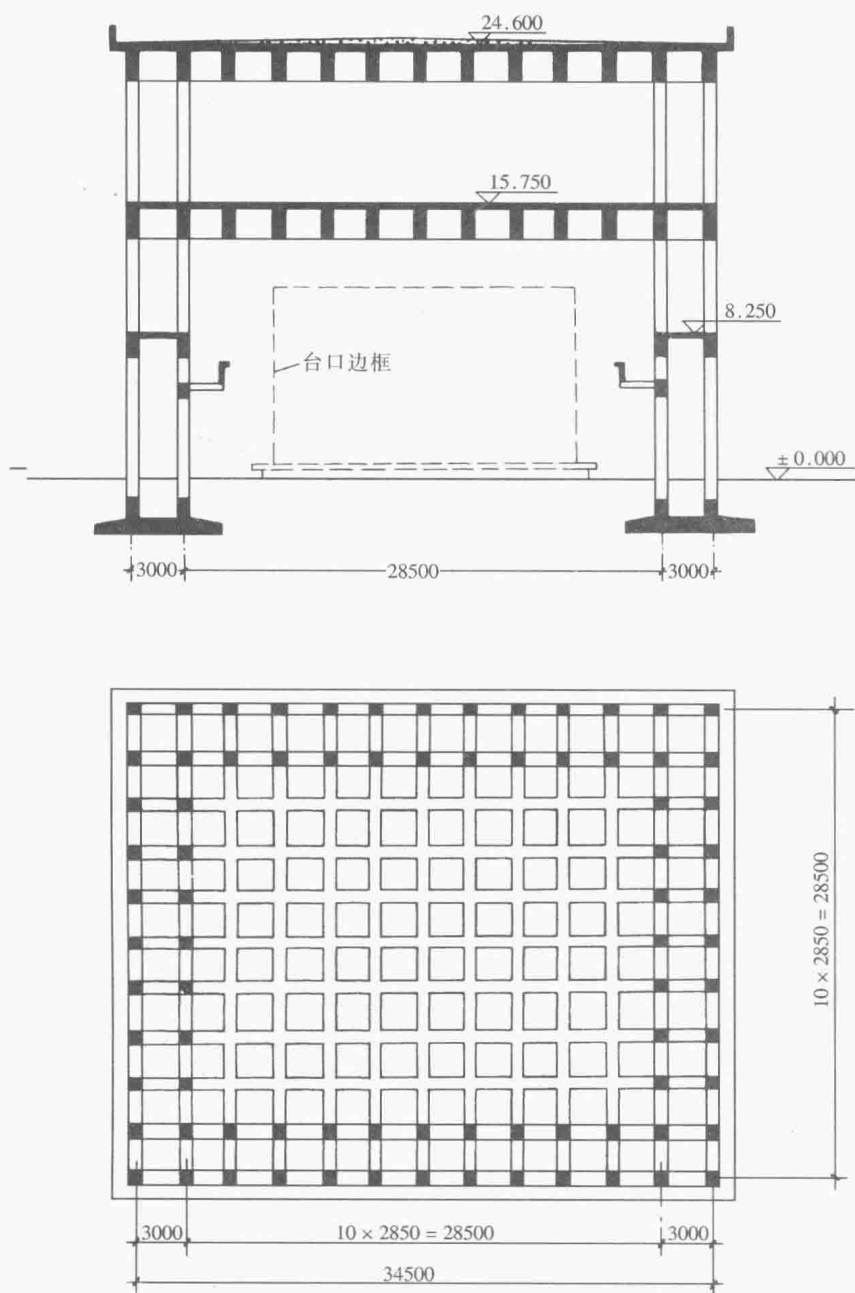


图 11-3 井式楼盖

楼面，均不宜采用。

装配整体式混凝土楼盖，其整体性较装配式的好，又较现浇式的节省模板和支撑。但是，这种楼盖要进行混凝土二次浇灌，有时还需增加焊接工作量，故对施工进度和造价都带来一些不利影响。因此，这种楼盖仅适用于荷载较大的多层工业厂房、高层民用建筑及有抗震设防要求的建筑。近年来，由预制空心块组成的大跨度装配整体式井式楼盖，可减

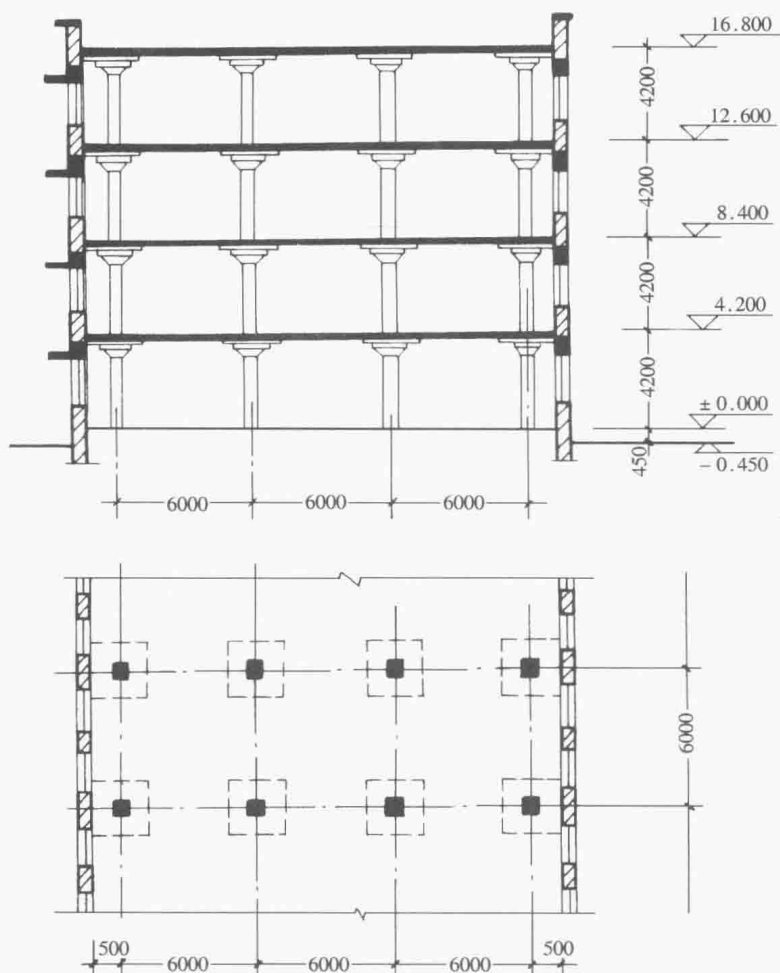


图 11-4 无梁楼盖

少用钢量和造价，在建筑工程中得到推广应用。

第二节 钢筋混凝土现浇单向板肋形楼盖

现浇单向板肋形楼盖，是一种比较普遍采用的结构型式。学习和掌握这种楼盖的计算和构造，将有助于进一步对其他楼盖以及其他梁板结构设计的学习和应用。

单向板肋形楼盖一般由板、次梁和主梁组成（图 11-1）。板的四边可支承在次梁、主梁或砖墙上。当板的长边 l_2 与短边 l_1 之比较大时（图 11-1），板上荷载主要沿短边方向传递，而沿长边方向传递的荷载效应可忽略不计。这种主要沿短边方向弯曲的板，称为单向板。分析表明，当按弹性理论计算时，对于 $l_2/l_1 > 2$ 的板，沿短边支承的影响已很小，可视为单向板；当按塑性理论计算时，对于 $l_2/l_1 > 3$ 的板，才能忽略沿短边支承的影响而视为单向板。

因此，为合理进行四边支承板的计算，《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 规定：①当 $l_2/l_1 \leq 2$ 时，应按双向板计算；②当 $2 < l_2/l_1 < 3.0$ 时，宜按双向板计算；③当 $l_2/l_1 \geq 3$ 时，可按沿短边方向受力的单向板计算。