

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

混凝土结构 原理与设计

HUNNINGTU JIEGOU YUANLI YU SHEJI ▶ (第2版)

主编 赵 亮 熊海滢
主审 熊丹安



武汉理工大学出版社
WUTP Wuhan University of Technology Press

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

主要内容

《混凝土结构原理与设计》(第2版)是“十二五”规划教材,也是高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材。本书共分10章,主要内容包括:绪论、混凝土材料性能、混凝土结构设计原理、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受压构件、钢筋混凝土轴心受拉构件、钢筋混凝土偏心受拉构件、钢筋混凝土受扭构件、钢筋混凝土组合构件、钢筋混凝土结构抗震设计。本书可作为高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材,也可供从事土木工程的工程技术人员参考。

混凝土结构原理与设计

(第2版)

主 编 赵 亮 熊海滢
副主编 张智茹 赫桂梅 潘桂桦
主 审 熊丹安

武汉理工大学出版社

· 武汉 ·

内 容 提 要

本书包括混凝土结构原理和结构设计两部分,系依据最新国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)和相应规范的有关内容编写。包括:绪论、钢筋和混凝土的力学性能、设计原则和方法、钢筋混凝土轴心受力构件承载力、钢筋混凝土受弯构件承载力、钢筋混凝土偏心受力构件承载力、受扭构件承载力、钢筋混凝土构件的正常使用极限状态、预应力混凝土结构构件、钢筋混凝土梁板结构、单层厂房排架结构和多层钢筋混凝土框架结构。

本书的特点是:突破传统的计算表达式的表述方法,用尽量简洁的语言说明原理,用较多的实例示范;对设计计算方法及施工图的绘制等都有深入浅出的论述,并以相应例题进行讲解。每章开始有提要,章末有小结、思考题和习题,还有设计任务书、指导书等。

本书可作为高等学校应用型本科土木工程专业专业必修课教材,也可供土木工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构原理与设计/赵亮,熊海滢主编.—2版.—武汉:武汉理工大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5629-4148-4

I. ①混… II. ①赵… ②熊… III. ①混凝土结构—高等学校—教材 IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 199576 号

项目负责人:	王利永	责任编辑:	王利永
责任校对:	张明华	封面设计:	许伶俐
出版发行:	武汉理工大学出版社		
地 址:	武汉市洪山区珞狮路 122 号		
邮 编:	430070		
网 址:	http://www.techbook.com.cn		
经 销 者:	各地新华书店		
印 刷 者:	武汉理工大学印刷厂		
开 本:	787×1092 1/16		
印 张:	27.25		
字 数:	680 千字		
版 次:	2013 年 9 月第 2 版 2010 年 7 月第 1 版		
印 次:	2013 年 9 月第 1 次印刷		
印 数:	1~3000 册		
定 价:	42.00 元		

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线电话:027-87515778 87515848 87785758 87165708(传真)

· 版权所有,盗版必究 ·

高等学校土建类专业应用型本科“十二五”规划教材

编审委员会

顾问: 马成松 杜月中 孟高头 唐友尧 熊丹安

主任: 李新福 杨学忠

副主任: (按姓氏笔画排列)

江义声 许立强 许程洁 向惠生 陈升平

陈礼和 陈 蓓 陈俊杰 张志国 张伯平

杨和礼 杨子江 郑 毅 柳立生 姚金星

荀 勇 胡铁明 袁海庆 蒋沧如

委员: (按姓氏笔画排列)

马成松 牛秀艳 邓 训 王有凯 王晓琴

史兆琼 孙 艳 刘富勤 许汉明 许程洁

刘 江 刘 伟 刘 斌 吴秀丽 张志国

张朝新 张淑华 陈金洪 沈中友 杜春海

李永信 李武生 宋非非 杨双全 杨子江

郑 毅 赵 亮 赵元勤 胡忠君 胡铁明

施鲁莎 柳立生 董晓琳 韩东男 程 瑶

熊海滢 熊瑞生

秘书: 王利永

总责任编辑: 于应勉

前 言

(第 2 版)

为适应我国高等教育事业的发展,培养土木工程专业的实用型高级工程技术人才,本书编者根据独立学院的教学特点和教学实践,按照教学大纲的要求,以“讲清基本概念、熟悉基本计算、掌握基本构造、方便教学和自学”为原则,编写了《混凝土结构原理和设计》,供读者使用。

本书第 2 版是依据最新国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)和相应规范的有关内容编写的,具体讲述两部分内容:① 混凝土结构的设计原理以及各类混凝土结构构件的设计方法(包括钢筋混凝土材料的力学性能,设计的基本原则和方法,轴心受力构件、受弯构件、偏心受力构件、受扭构件的承载力计算,钢筋混凝土裂缝宽度验算和受弯构件挠度验算,以及预应力混凝土结构构件的设计计算等);② 混凝土基本结构的设计(包括梁板结构、单层厂房排架结构、多层钢筋混凝土框架结构)。

本书由武汉理工大学华夏学院赵亮、熊海滢担任主编,吉林建筑工程学院张智茹和武汉理工大学华夏学院赫桂梅、潘桂稼担任副主编,武汉理工大学华夏学院熊丹安担任主审。具体编写分工如下:武汉理工大学华夏学院赵亮(绪论、第 4 章)、熊海滢(第 1、5 章)、赫桂梅(第 2 章)、潘桂稼(第 8 章)、汪芳(第 9 章)、吴秀丽(第 10 章)、付慧琼(第 11 章);吉林建筑工程学院张智茹(第 6 章);华中科技大学文华学院符蓉(第 3 章);武汉科技大学中南分校王燕(第 7 章)。

自从国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)和相应规范颁行后,已陆续出版了多个版本的混凝土结构教材。而本书的显著特点是:突破传统的计算表达式的表述方法,在受弯构件和偏心受力构件的正截面承载力计算中,以混凝土相对受压区高度 ξ 代替 x ,使计算公式和适用条件统一;直接求解 ξ 以简化计算过程,加快计算速度,摒弃了传统的查表方法;用简化的流程图说明计算步骤;用尽量简洁的语言说明原理,用较多的实例进行示范;用★标明重要说明;用*表示不一定讲授但可自学提高的部分;编制有可操作的课程设计任务书、指导书和计算书;将属于学科基础课的混凝土结构设计原理和属于专业必修课的混凝土结构设计合为一书,浑然一体,更便于教学和学习。

总之,期盼本书的出版能够使读者受益。书中不当之处,请批评指正。

编 者

2013 年 5 月

目 录

0 绪论	(1)
0.1 混凝土、钢筋、混凝土结构	(1)
0.1.1 混凝土、钢筋	(1)
0.1.2 混凝土结构	(1)
0.1.3 混凝土结构构件的类型	(2)
0.1.4 混凝土结构的分类	(3)
0.1.5 钢筋混凝土结构构件的优缺点	(6)
0.2 混凝土结构的发展概况	(7)
0.3 本课程的特点和学习方法	(8)
0.4 本书的主要符号和计量单位	(9)
0.4.1 主要符号	(9)
0.4.2 计量单位	(9)
本章小结	(10)
思考题	(10)

上篇 混凝土结构原理

1 钢筋和混凝土的力学性能	(11)
1.1 钢筋	(11)
1.1.1 钢筋的强度和变形	(11)
1.1.2 钢筋的分类和品种	(14)
1.1.3 钢筋的冷加工	(15)
* 1.1.4 钢筋的其他性能	(16)
1.1.5 钢筋的选用	(16)
1.2 混凝土	(17)
1.2.1 概述	(17)
1.2.2 混凝土的强度	(18)
1.2.3 复合应力状态下的混凝土强度	(20)
1.2.4 混凝土的变形	(21)
1.2.5 混凝土强度等级的选用原则	(27)
1.3 钢筋与混凝土的粘结	(28)
1.3.1 粘结的作用及产生的原因	(28)
1.3.2 粘结力的测定	(29)
1.3.3 保证钢筋和混凝土间可靠粘结的措施	(30)

本章小结	(34)
思考题	(35)
习题	(35)
2 设计原则和方法	(36)
2.1 结构可靠度的一般知识	(36)
2.1.1 设计使用年限	(36)
2.1.2 结构的功能要求	(36)
2.1.3 作用和作用效应	(38)
2.1.4 结构抗力	(39)
2.1.5 结构的可靠性和可靠度	(39)
2.2 结构可靠度理论简介	(40)
2.2.1 随机变量的分析和处理	(40)
2.2.2 结构的可靠概率和失效概率	(41)
2.2.3 按可靠指标的设计准则	(42)
2.3 极限状态设计法	(43)
2.3.1 极限状态的定义和分类	(43)
2.3.2 承载能力极限状态设计	(44)
2.3.3 正常使用极限状态设计	(45)
2.4 结构设计的一般概念	(47)
2.4.1 结构分析的基本原则	(47)
2.4.2 弹性分析方法	(48)
2.4.3 结构设计步骤	(49)
2.5 荷载代表值和材料强度代表值	(49)
2.5.1 设计基准期 (design reference period)	(49)
2.5.2 荷载代表值	(49)
2.5.3 材料强度取值	(51)
本章小结	(51)
思考题	(51)
习题	(52)
3 钢筋混凝土轴心受力构件承载力	(53)
3.1 概述	(53)
3.2 轴心受拉构件	(54)
3.2.1 轴心受拉构件的受力特点	(54)
3.2.2 轴心受拉构件承载力计算	(55)
3.2.3 构造要求	(56)
3.3 轴心受压构件	(57)
3.3.1 普通箍筋柱	(57)

3.3.2 配有螺旋箍筋的轴心受压构件	(62)
本章小结	(65)
思考题	(65)
习题	(65)
4 钢筋混凝土受弯构件承载力	(66)
4.1 受弯构件的一般构造规定	(66)
4.1.1 板的构造规定	(66)
4.1.2 梁的构造规定	(67)
4.2 受弯构件正截面性能试验研究	(69)
4.2.1 试件设计和加载程序	(69)
4.2.2 受力的三个阶段	(70)
4.2.3 梁的正截面破坏特征	(71)
4.3 受弯构件正截面承载力计算公式	(72)
4.3.1 计算基本假定	(72)
4.3.2 基本计算公式	(73)
4.3.3 公式的适用条件	(74)
4.4 按正截面受弯承载力的设计计算	(75)
4.4.1 单筋矩形截面	(75)
4.4.2 双筋矩形截面	(80)
4.4.3 T形截面	(84)
4.5 受弯构件剪弯段的受力特点	(89)
4.5.1 无腹筋梁(beams without web reinforcement)	(89)
4.5.2 配有箍筋的梁	(93)
4.6 受弯构件受剪承载力计算公式	(94)
4.6.1 无腹筋梁的受剪承载力	(94)
4.6.2 有腹筋梁的斜截面受剪承载力	(95)
4.7 梁按斜截面受剪承载力的设计计算	(96)
4.7.1 计算公式的适用范围	(96)
4.7.2 计算位置	(98)
4.7.3 设计计算步骤	(99)
4.7.4 计算例题	(100)
4.8 纵向钢筋的弯起、锚固、截断及箍筋构造要求	(103)
4.8.1 正截面受弯承载力图(材料图)的概念	(103)
4.8.2 满足斜截面受弯承载力的纵向钢筋弯起位置	(105)
4.8.3 纵向受力钢筋的截断位置	(105)
4.8.4 纵向钢筋在支座处的锚固	(106)
4.8.5 弯起钢筋的锚固	(109)

4.8.6	箍筋的构造要求	(109)
4.8.7	梁腹部的构造钢筋	(110)
4.9	伸臂梁设计	(110)
4.9.1	设计条件	(111)
4.9.2	梁的内力计算和内力图	(111)
	本章小结	(117)
	思考题	(117)
	习题	(118)
5	钢筋混凝土偏心受力构件承载力	(122)
5.1	偏心受压构件的构造要求	(123)
5.1.1	截面形式	(123)
5.1.2	纵向受力钢筋	(123)
5.1.3	箍筋	(124)
5.1.4	混凝土	(124)
5.2	偏心受压构件的受力性能	(125)
5.2.1	试验研究分析	(125)
5.2.2	大偏心受压与小偏心受压的分界	(128)
5.2.3	弯矩增大系数	(129)
5.3	矩形截面偏心受压构件受压承载力计算	(130)
5.3.1	基本计算公式	(130)
5.3.2	垂直于弯矩作用平面的受压承载力验算	(131)
5.3.3	基本计算公式的应用	(131)
5.4	对称配筋 I 形截面受压承载力计算	(149)
5.4.1	偏心受压类型的判断	(149)
5.4.2	大偏心受压的计算	(149)
5.4.3	小偏心受压	(149)
5.5	偏心受拉构件正截面承载力计算	(152)
5.5.1	偏心受拉构件分类和破坏特征	(152)
5.5.2	偏心受拉构件正截面承载力计算	(154)
5.6	偏心受力构件的斜截面受剪承载力	(156)
5.6.1	截面应符合的条件	(156)
5.6.2	斜截面受剪承载力计算公式	(157)
	本章小结	(158)
	思考题	(159)
	习题	(159)
6	受扭构件承载力	(162)
6.1	矩形截面纯扭构件承载力	(162)

6.1.1	纯扭构件的受力性能	(162)
6.1.2	纯扭构件受扭承载力计算	(163)
6.2	矩形截面剪扭构件承载力	(164)
6.2.1	受扭承载力降低系数 β_t	(164)
6.2.2	剪扭构件的剪扭承载力	(164)
6.2.3	不需考虑剪力或扭矩作用的情形	(165)
6.3	矩形截面弯扭构件承载力	(165)
6.3.1	弯扭构件的受力性能	(165)
6.3.2	弯扭构件的承载力计算	(166)
6.4	受扭构件的计算和构造	(166)
6.4.1	受扭构件的计算内容和步骤	(166)
6.4.2	主要构造规定	(167)
	本章小结	(169)
	思考题	(169)
	习题	(169)
7	钢筋混凝土构件的正常使用极限状态	(171)
7.1	裂缝宽度验算	(171)
7.1.1	裂缝的产生、分布和开展过程	(171)
7.1.2	裂缝宽度验算	(172)
7.1.3	减小裂缝宽度的主要措施	(175)
7.2	受弯构件的挠度验算	(176)
7.2.1	裂缝出现后的受弯构件刚度	(177)
7.2.2	长期刚度计算	(179)
7.2.3	受弯构件的挠度验算	(179)
7.2.4	减小挠度的主要措施	(180)
	本章小结	(181)
	思考题	(181)
	习题	(181)
8	预应力混凝土结构构件	(183)
8.1	预应力混凝土的一般概念	(183)
8.1.1	预应力混凝土的受力特征	(183)
8.1.2	预应力混凝土构件的分类	(184)
8.1.3	预应力钢筋的制图符号	(184)
8.2	施加预应力的方法	(185)
8.2.1	先张法 (pretensioning)	(185)
8.2.2	后张法 (posttensioning)	(185)
8.3	锚具和夹具	(185)

8.4 预应力混凝土构件的材料	(186)
8.4.1 钢筋	(186)
8.4.2 混凝土	(186)
8.5 张拉控制应力及预应力损失	(187)
8.5.1 张拉控制应力 σ_{con}	(187)
8.5.2 预应力损失值 σ_l 及其组合	(187)
8.6 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	(191)
8.6.1 应力分析	(191)
8.6.2 计算内容	(194)
8.6.3 设计计算例题	(198)
8.7 预应力混凝土受弯构件的计算	(200)
8.7.1 应力分析	(201)
8.7.2 预应力混凝土受弯构件承载力计算	(204)
8.7.3 正常使用极限状态验算	(205)
本章小结	(208)
思考题	(208)
习题	(209)

下篇 混凝土结构设计

9 钢筋混凝土梁板结构	(211)
9.1 整浇楼(屋)盖的受力体系	(211)
9.1.1 单向板肋形楼盖	(211)
9.1.2 双向板肋形楼盖	(214)
9.1.3 无梁楼盖	(215)
9.2 单向板肋形楼盖的设计计算	(215)
9.2.1 按弹性理论的计算方法	(216)
9.2.2 按塑性理论的计算方法	(219)
9.2.3 配筋设计及构造要求	(223)
9.3 双向板肋形楼盖的设计计算	(238)
9.3.1 双向板按弹性理论的计算方法	(238)
9.3.2 双向板支梁的设计	(244)
*9.4 井式梁结构设计	(244)
9.4.1 井式梁的受力特点	(245)
9.4.2 井式梁的设计计算	(245)
*9.5 无梁楼盖设计	(247)
9.5.1 无梁楼盖的结构组成和受力分析	(247)
9.5.2 无梁楼盖的计算	(248)

9.5.3	截面设计及构造要求	(250)
9.5.4	柱帽的设计计算	(250)
9.5.5	边梁设计	(252)
9.6	梁式楼梯和板式楼梯设计	(253)
9.6.1	现浇梁式楼梯	(254)
9.6.2	板式楼梯	(254)
9.6.3	楼梯设计例题	(256)
	本章小结	(259)
	思考题	(259)
	习题	(260)
	附:混凝土楼盖课程设计	(261)
10	单层厂房排架结构	(263)
10.1	排架结构的组成和布置	(263)
10.1.1	排架结构的组成	(263)
10.1.2	结构布置	(264)
10.1.3	主要承重构件	(270)
10.2	排架内力计算	(274)
10.2.1	计算简图	(274)
10.2.2	荷载计算	(275)
10.2.3	排架的内力计算	(280)
10.3	排架内力组合	(286)
10.3.1	控制截面	(286)
10.3.2	荷载组合	(286)
10.3.3	内力组合	(286)
* 10.3.4	关于厂房的整体空间作用	(287)
10.3.5	山墙抗风柱设计计算	(289)
10.4	排架柱设计	(291)
10.4.1	柱截面配筋设计	(291)
10.4.2	牛腿设计	(292)
10.5	柱下单独基础设计	(295)
10.5.1	基本规定	(295)
10.5.2	地基计算	(297)
10.5.3	柱下钢筋混凝土独立基础设计的一般要求	(299)
10.5.4	基础底板尺寸的确定	(302)
10.5.5	基础的抗冲切承载力	(303)
10.5.6	基础底板配筋	(304)
10.5.7	现浇柱基础的插筋	(305)

10.5.8	双杯口基础	(307)
10.6	设计例题	(307)
10.6.1	设计资料	(307)
10.6.2	排架结构计算	(309)
10.6.3	排架柱配筋计算	(312)
10.6.4	基础设计	(316)
10.6.5	结构施工图	(319)
	本章小结	(321)
	思考题	(321)
	习题	(321)
	附:单层厂房课程设计任务书和指导书	(322)
11	多层钢筋混凝土框架结构	(326)
11.1	结构布置	(326)
11.1.1	竖向承重结构的组成和布置	(326)
11.1.2	柱网尺寸和层高	(328)
11.1.3	变形缝的设置	(328)
11.2	框架的计算简图	(329)
11.2.1	梁柱截面尺寸的选择	(329)
11.2.2	框架结构的计算简图	(331)
11.3	荷载取值	(332)
11.3.1	楼面活荷载的折减	(332)
11.3.2	风荷载	(333)
11.4	竖向荷载作用下的内力近似计算——分层法	(333)
11.4.1	分层法的计算假定	(333)
11.4.2	计算步骤和适用范围	(334)
11.5	水平作用下框架内力和侧移近似计算	(339)
11.5.1	反弯点法	(339)
11.5.2	改进反弯点法(D 值法)	(343)
11.5.3	水平作用下框架侧移的近似计算和验算	(350)
11.6	框架结构的内力组合	(352)
11.6.1	控制截面和最不利内力类型	(352)
11.6.2	荷载效应组合	(353)
11.6.3	竖向活荷载的最不利布置	(353)
11.6.4	风荷载的布置	(353)
11.6.5	弯矩调幅	(354)
11.7	框架梁柱的截面配筋	(355)
11.7.1	框架横梁	(355)

11.7.2 框架柱·····	(355)
11.8 现浇框架的一般构造要求·····	(356)
11.8.1 一般要求·····	(356)
11.8.2 连接构造·····	(356)
11.9 框架柱柱下基础·····	(359)
11.10 设计例题(非抗震设计)·····	(360)
11.10.1 设计资料·····	(360)
11.10.2 计算单元选用·····	(361)
11.10.3 荷载标准值的计算·····	(361)
11.10.4 材料指标·····	(362)
11.10.5 初估梁柱截面尺寸·····	(362)
11.10.6 框架内力计算·····	(365)
11.10.7 风荷载作用下的侧移验算·····	(372)
11.10.8 荷载组合和内力组合·····	(372)
11.10.9 框架梁柱配筋·····	(378)
11.10.10 基础设计·····	(382)
本章小结·····	(383)
思考题·····	(383)
习题·····	(383)
附录·····	(385)
参考文献·····	(420)

0 绪 论

本章提要

作为本书的开篇,本章介绍了混凝土结构的一般概念,混凝土结构构件的组成材料,钢筋和混凝土共同工作的原因,混凝土结构的不同类型、发展概况和优缺点等。

关于本课程的学习方法,希望引起读者的重视。

建筑业是国民经济的支柱产业之一,混凝土结构广泛用于房屋建筑工程、大跨度结构、桥梁、港口、大坝、地下工程等。本章将简要介绍混凝土结构的分类、组成材料,混凝土结构的优缺点及发展概况。

0.1 混凝土、钢筋、混凝土结构

0.1.1 混凝土、钢筋

混凝土(concrete)是由水泥、砂、石、水等材料按一定配合比经搅拌、入模成型、养护硬化而形成的人工石材,文字“砼”对其作了形象的表示。

混凝土是一种非匀质、非连续、非弹性的材料,其抗压强度较高而抗拉强度很低(抗拉强度大致为相应抗压强度的 $1/10$),破坏呈脆性,它的性能与石材类似。不仅如此,由于水泥和水的化学-物理反应过程要经历很长时间并受周围环境影响,所以混凝土的性能还与时间及环境(如温度、湿度等)有关。

钢筋(steel bar)则是较理想的匀质弹性材料。作为钢材的一种,其材质均匀,抗拉强度和抗压强度都很高。

显然,混凝土和钢筋是两种性质不同的材料。

0.1.2 混凝土结构

混凝土和钢筋都是土木工程中的重要建筑材料。混凝土结构包括钢筋混凝土结构(reinforced concrete structure)、预应力混凝土结构(prestressed concrete structure)和素混凝土结构(plain concrete structure)三种结构形式。其中,素混凝土结构主要用于设备基础、路面、某些非承重结构和大体积的块体结构中,而一般的混凝土结构构件则由钢筋和混凝土组成。

在钢筋混凝土结构构件中,混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力(也可按需要承受构件受压区的部分压力),两者各自发挥其特长,共同工作。预应力混凝土结构则是一种特殊的钢筋混凝土结构,其中的预应力钢筋在构件承受荷载之前被施加拉应力,该拉应力反作用于混凝土,使构件受拉区的混凝土受到预压,间接提高混凝土的受拉性能。

既然混凝土和钢筋是两种性质完全不同的材料,为什么两者能结合在一起共同工作呢?

其主要原因有以下三个方面：

(1) 混凝土结硬后，能与钢筋牢固地粘结在一起，相互传递应力；粘结力是这两种材料共同工作的基础。

(2) 钢筋和混凝土具有相近的线膨胀系数，因而在温度变化时，它们之间不会发生较大的相对变形，其粘结力不至于因温度变化而破坏[钢筋的线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ ，混凝土的线膨胀系数为 $(1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5})/^{\circ}\text{C}$]。

(3) 混凝土提供的碱性环境可以保护钢筋免遭锈蚀。钢筋在碱性环境下不会锈蚀，而水泥与水反应后生成的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 恰好提供了这种环境。

那么，钢筋和混凝土是如何共同工作的呢？下面看一个简单的例子。

图 0.1 所示的简支梁，当其承受均布荷载 q 时，梁的弯矩图为一抛物线，沿梁跨长的各个截面下部都受拉；跨中截面的弯矩最大，该截面的拉应力和压应力也最大。若该梁是素混凝土梁，在荷载不大的情况下，由于混凝土的抗拉强度很低，则梁在跨中弯矩最大处截面的受拉区将首先开裂。而一旦开裂，将导致裂缝处受力截面有效高度减小、截面变小，裂缝迅速向受压区发展，梁很快破坏。破坏荷载与开裂荷载几乎相同，是“一裂即坏”型的无警告破坏，这种破坏称之为脆性破坏。而当在梁的受拉区下部配置适当的纵向钢筋①后，在荷载作用下，由于钢筋和混凝土共同受力，虽然梁开裂时的荷载与素混凝土梁相差不大，但开裂后的拉力可由钢筋①承担，裂缝不会迅速发展，梁可以继续承受较大的荷载直至受拉区的钢筋屈服、受压区边缘混凝土被压坏，梁才会丧失承载能力，且破坏前有明显的预兆。

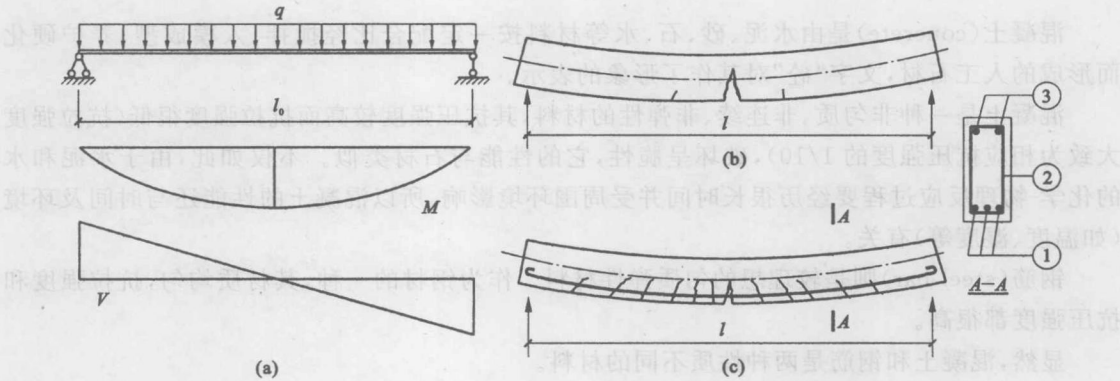


图 0.1 简支梁的受力

可见，适当配筋的钢筋混凝土梁，不仅使承受的荷载大大增加，而且受力性能也有显著改善。荷载在梁内产生的剪力则由配置在梁内的箍筋②和混凝土共同承担。同时，钢筋①、②通过配置在梁顶部的纵向构造钢筋③（又称为架立钢筋）相互绑扎形成钢筋骨架，以便于钢筋的固定和混凝土的浇灌。显然，钢筋①、②、③在梁内是有序配置的。

0.1.3 混凝土结构构件的类型

钢筋与混凝土的有序结合形成的钢筋混凝土结构构件（以下简称为混凝土结构构件），按其受力状态的不同可以分为受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件等。其中，受弯构件和受压构件是最基本的受力构件。

(1) 受弯构件

其主要构件形式为钢筋混凝土梁和钢筋混凝土板,承受弯矩 M 和剪力 V 。

(2) 受压构件

其主要构件形式为钢筋混凝土柱及钢筋混凝土墙体。仅承受轴心压力 N 的构件称为轴心受压构件;不仅承受压力,同时还承受弯矩和剪力的构件称偏心受压构件。

(3) 受拉构件

承受拉力 N 或拉力与弯矩等的共同作用,如屋架的受拉腹杆和弦杆、水池的池壁等。

(4) 受扭构件

承受扭矩 T 并与弯矩、剪力等共同作用,如雨篷梁、平面曲梁、螺旋楼梯等。

0.1.4 混凝土结构的分类

由混凝土构件有机组成的受力整体形成混凝土结构。根据结构构件的几何形状及受力特点,以及结构所在的空间位置、结构层数和高度等,混凝土结构可以有不同的分类方法。

0.1.4.1 按结构构件的几何形状分类

按照结构构件的几何形状和受力特征,混凝土结构可以分为杆系结构、板壳结构、拱结构、块体结构等。

(1) 杆系结构

这类结构中的结构构件都是细长的直杆,如连续梁、钢筋混凝土或预应力混凝土屋架、框架结构、排架结构等,杆系结构是实际工程中应用最广泛的结构形式。

(2) 板壳结构

当结构构件两个方向的尺寸远大于第三个方向的尺寸时,其平者称为板,曲面形状者称为壳,这样的结构称为板壳结构。板以受弯为主,房屋建筑中的楼面板和屋面板大多是平板;壳以受压为主,是一种空间受力的结构,公共建筑中的大跨度混凝土屋盖可做成壳体(图 0.2 为 1957 年建成的罗马小体育馆,由直径为 59.13m 的钢筋混凝土肋形球壳的网肋组成一幅葵花图案,外露的叉形斜柱把巨大的装配整体式钢筋混凝土球壳托起)。

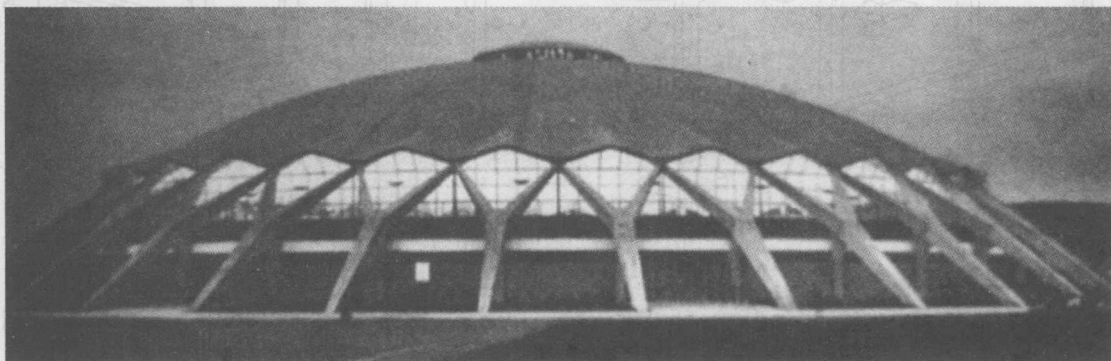


图 0.2 罗马小体育馆

(3) 拱结构

拱是以承受轴压力为主的结构。由于拱的各截面上的内力大致相等,因而拱结构是一种有效的大跨度结构,在桥梁和房屋中都有广泛的应用。拱结构可分为三铰、双铰或无铰等几种