

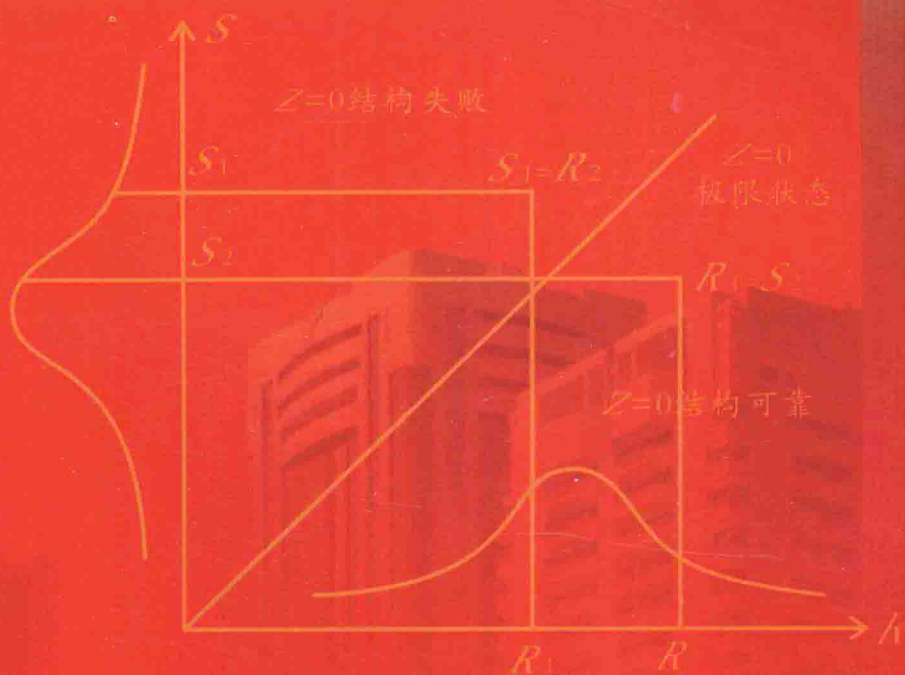


全国高等院校创新型“十二五”重点规划教材

混凝土结构设计原理

HUNNINGTU JIEGOU SHEJI YUANLI

主 编 佟婧博



中南大学出版社

www.csupress.com.cn



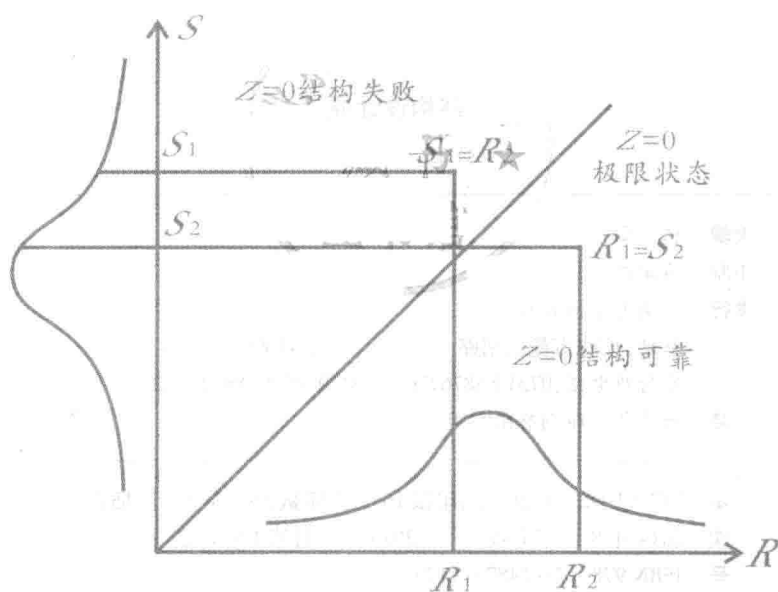
全国高等院校创新型“十二五”重点规划教材

混凝土结构设计原理

HUNNINGTU JIEGOU SHEJI YUANLI

主 编 佟婧博

参 编 阳 丹 冷玲娜 张鹏飞



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理/佟婧博主编. —长沙:中南大学出版社,
2014.8

ISBN 978 - 7 - 5487 - 1179 - 7

I. 混... II 佟... III. 混凝土结构 - 结构设计 - 高等学校 -
教材 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 194410 号

混凝土结构设计原理

佟婧博 主编

-
- 责任编辑 韩 雪
 责任印制 易建国
 出版发行 中南大学出版社
社址:长沙市麓山南路 邮编:410083
发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482
 印 装 长沙印通印刷有限公司
-

- 开 本 787 × 1092 1/16 印张 16 字数 397 千字 插页
 版 次 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷
 书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 1179 - 7
 定 价 34.00 元
-

图书出现印装问题,请与经销商调换

前 言

混凝土结构设计原理是土木工程专业的主干基础课程之一。本书的编写贯彻民办本科院校培养实用型专业人才的精神，与设计、施工单位的工程师一起以能力为本位，以知识必须够用为度，选取典型技能、知识作为本书内容。本书在知识的叙述、讲授时，穿插大量图片，以直白、可视化的方式展现教学内容。本书每章后面都配有思考题及习题，力求体现“教、学”一体化思想，扩展学生职业素质和创新意识。

本书是依据《混凝土结构设计规范》(GB50010-2010)和新修订的其他相关规范、标准编写而成的。主要内容包括混凝土结构材料的物理力学性能，极限状态设计方法的基本概念，受弯、受剪、受扭、受压和受拉构件承载力计算方法，混凝土构件裂缝、变形控制和耐久性等。教材针对民办本科院校的培养目标，力求语言通俗易懂，内容深入浅出，适合以培养面向生产、建设、管理和服务一线的应用型本科人才为目标的高校使用。

本书共分9章，其中，第1、2、3章由佟婧博、阳丹编写，第4、5、6章由佟婧博、冷玲娜编写，第7、8、9章由佟婧博、张鹏飞编写。全书由佟婧博担任主编。

因时间有限，编者水平有限，对相关专业知识学习理解不够深入等，本书的编写过程中难免出现各种错误，恳请专家及广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 混凝土结构的一般概念	(1)
1.1.1 混凝土结构的定义与分类	(1)
1.1.2 配筋的作用与要求	(5)
1.1.3 钢筋混凝土结构的优缺点	(7)
1.2 混凝土结构的应用与发展概况	(8)
1.2.1 混凝土结构应用概况	(8)
1.2.2 混凝土结构与混凝土结构设计计算理论的发展概况	(9)
1.3 学习本课程要注意的问题	(10)
第2章 混凝土结构材料的物理力学性能	(13)
2.1 混凝土的物理力学性能	(13)
2.1.1 混凝土的组成结构	(13)
2.1.2 单轴向应力状态下的混凝土强度	(14)
2.1.3 复合应力状态下混凝土的强度	(17)
2.1.4 混凝土的变形	(18)
2.2 钢筋的物理力学性能	(24)
2.2.1 钢筋的品种与级别	(24)
2.2.2 钢筋的强度与变形	(25)
2.2.3 钢筋应力-应变曲线的数学模型	(27)
2.2.4 钢筋的疲劳	(27)
2.2.5 混凝土结构对钢筋性能的要求	(29)
2.3 钢筋与混凝土的黏结	(30)
2.3.1 混凝土与钢筋的黏结	(30)
2.3.2 黏结力的组成	(31)
2.3.3 黏结强度	(31)
2.3.4 影响黏结强度的因素	(32)
2.3.5 钢筋的锚固与搭接	(33)

第3章 按近似概率理论的极限状态设计方法	(37)
3.1 极限状态	(37)
3.1.1 结构上的作用	(37)
3.1.2 结构的功能要求	(38)
3.1.3 结构功能的极限状态	(40)
3.1.4 极限状态方程	(41)
3.2 按近似概率的极限状态设计法	(42)
3.2.1 结构设计中的不确定性与结构设计方法	(42)
3.2.2 结构的可靠度与可靠性	(44)
3.2.3 以近似概率为基础的极限状态设计法	(44)
3.3 实用设计表达式	(47)
3.3.1 实用设计的基本表达形式	(47)
3.3.2 承载能力极限状态设计表达式	(48)
3.3.3 正常使用极限状态设计表达式	(53)
3.3.4 按极限状态设计时的材料强度和荷载的取值	(56)
3.4 混凝土结构的耐久性设计	(59)
3.4.1 耐久性设计的基本要求	(59)
3.4.2 混凝土结构耐久性设计内容	(59)
3.4.3 影响材料耐久性的因素	(60)
第4章 受弯构件的正截面受弯承载力	(63)
4.1 梁、板的一般构造	(63)
4.1.1 截面形状与尺寸	(63)
4.1.2 材料选择与一般构造	(66)
4.2 受弯构件正截面受弯的受力全过程	(68)
4.2.1 适筋梁正截面受弯的三个受力阶段	(68)
4.2.2 正截面受弯的三种破坏形态	(73)
4.3 正截面受弯承载力计算原理	(75)
4.3.1 正截面承载力计算的基本假定	(75)
4.3.2 受压区混凝土的压应力的合力及其作用点	(77)
4.3.3 等效矩形应力图	(79)
4.3.4 界限相对受压区高度及梁的配筋率	(80)
4.4 单筋矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算	(82)
4.4.1 基本计算公式及适用条件	(82)
4.4.2 截面承载力计算的两类问题	(83)
4.4.3 正截面受弯承载力的计算系数与计算方法	(84)
4.5 双筋矩形截面受弯构件的正截面受弯承载力计算	(88)
4.5.1 概述	(88)

4.5.2	计算公式与适用条件	(88)
4.5.3	计算方法	(90)
4.6	T形截面受弯构件正截面受弯承载力计算	(94)
4.6.1	概述	(94)
4.6.2	计算公式及适用条件	(95)
4.6.3	计算方法	(98)
第5章	受弯构件的斜截面承载力	(104)
5.1	概述	(104)
5.2	斜裂缝、剪跨比及斜截面受剪破坏形态	(105)
5.2.1	剪跨比	(105)
5.2.2	斜裂缝	(106)
5.2.3	斜截面受剪破坏的三种主要形态	(108)
5.2.4	有腹筋梁的斜截面受剪破坏总结	(111)
5.3	简支梁斜截面受剪机理	(111)
5.3.1	有腹筋梁的剪压破坏受力机理	(111)
5.3.2	带拉杆的梳形拱模型(适用于无腹筋梁)	(113)
5.3.3	拱形桁架模型(适用于有腹筋梁)	(114)
5.3.4	桁架模型(适用于有腹筋梁)	(115)
5.4	斜截面受剪承载力计算公式	(116)
5.4.1	无腹筋梁斜截面受剪承载力的影响因素及其计算方法	(116)
5.4.2	有腹筋梁斜截面受剪承载力的影响因素	(118)
5.4.3	有腹筋简支梁斜截面受剪承载力的计算方法	(119)
5.5	斜截面受剪承载力计算公式	(124)
5.6	保证斜截面受弯承载力的构造措施	(131)
5.6.1	材料抵抗弯矩图	(131)
5.6.2	纵筋的弯起	(132)
5.6.3	纵筋的锚固	(137)
5.6.4	纵筋的截断	(139)
5.7	其他构造要求	(141)
5.7.1	箍筋的直径与间距	(141)
5.7.2	纵向受力钢筋的锚固与搭接	(143)
5.7.3	弯起钢筋	(144)
5.7.4	纵向构造钢筋	(145)
第6章	受压构件的截面承载力	(149)
6.1	受压构件一般构造要求	(150)
6.1.1	截面形式及尺寸	(150)
6.1.2	材料强度要求	(150)

6.1.3	纵筋	(150)
6.1.4	箍筋	(150)
6.2	轴心受压构件正截面受压承载力	(151)
6.2.1	轴心受压普通箍筋柱的正截面受压承载力计算	(152)
6.2.2	轴心受压螺旋式箍筋(或焊接环箍)柱的正截面受压承载力计算	(158)
6.3	偏心受压构件正截面受压破坏形态	(161)
6.3.1	偏心受压短柱的破坏形态	(161)
6.3.2	长柱的正截面受压破坏	(162)
6.4	偏心受压长柱的二阶弯矩	(163)
6.4.1	偏心受压构件纵向弯曲引起的二阶弯矩	(163)
6.4.2	结构有侧移时偏压构件的二阶弯矩	(165)
6.4.3	偏心距增大系数 η	(165)
6.5	矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力基本计算公式	(167)
6.5.1	大、小偏压破坏的界限	(167)
6.5.2	矩形截面偏心受压构件正截面的承载力计算	(168)
6.6	不对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算方法	(170)
6.6.1	截面设计	(170)
6.6.2	承载力复核	(179)
6.7	对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算方法	(183)
6.7.1	截面设计	(183)
6.7.2	承载力复核	(185)
6.8	对称配筋工字形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算	(185)
6.8.1	大偏心受压	(186)
6.8.2	小偏心受压	(187)
6.9	正截面承载力 $N_u - M_u$ 相关曲线及其应用	(188)
6.9.1	对称配筋矩形截面大偏心受压构件的 $N_u - M_u$ 相关曲线	(189)
6.9.2	对称配筋矩形截面小偏心受压构件的 $N_u - M_u$ 相关曲线	(189)
6.9.3	$N_u - M_u$ 相关曲线的应用	(190)
6.10	双向偏心受压构件的正截面承载力计算	(190)
6.10.1	基本计算公式	(190)
6.10.2	简化计算公式	(191)
6.11	偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	(192)
6.11.1	轴向压力对构件斜截面受剪承载力的影响	(192)
6.11.2	偏心受压构件斜截面受剪承载力的计算公式	(192)
第7章	受拉构件的截面承载力	(195)
7.1	轴心受拉构件正截面受拉承载力计算	(195)
7.2	偏心受拉构件正截面受拉承载力计算	(196)

7.2.1	大偏心受拉构件正截面受拉承载力计算	(196)
7.2.2	小偏心受拉构件正截面受拉承载力计算	(197)
7.2.3	截面设计	(197)
7.3	偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	(199)
第8章	受扭构件的扭曲截面承载力	(201)
8.1	概述	(201)
8.1.1	平衡扭转	(201)
8.1.2	协调扭转	(202)
8.2	纯扭构件的试验研究	(203)
8.2.1	裂缝出现前的性能	(203)
8.2.2	裂缝出现后的性能	(203)
8.3	纯扭构件的扭曲截面承载力	(206)
8.3.1	无腹筋构件开裂扭矩的计算	(206)
8.3.2	有腹筋构件开裂扭矩的计算	(209)
8.3.3	扭曲截面受扭承载力的计算	(211)
8.3.4	按《混凝土结构设计规范》的配筋计算方法	(214)
8.4	弯剪扭构件的扭曲截面承载力	(218)
8.4.1	试验研究及破坏形态	(218)
8.4.2	按《混凝土结构设计规范》的配筋计算方法	(220)
8.5	在轴向压力、弯矩、剪力和扭矩共同作用下钢筋混凝土矩形截面框架柱受扭承载力计算	(226)
8.6	对属于协调扭转的钢筋混凝土构件扭曲截面承载力	(227)
8.7	弯剪扭构件的构造要求	(227)
第9章	钢筋混凝土构件的变形、裂缝及混凝土结构的耐久性	(230)
9.1	钢筋混凝土受弯构件的挠度验算	(230)
9.1.1	截面弯曲刚度的概念及定义	(231)
9.1.2	短期刚度 B_s	(231)
9.1.3	参数 η 、 ψ 和 ζ 的表达式	(233)
9.1.4	受弯构件刚度	(234)
9.1.5	最小刚度原则与挠度计算	(234)
9.1.6	对受弯构件挠度验算的讨论	(235)
9.2	钢筋混凝土构件裂缝宽度验算	(235)
9.2.1	裂缝的计算理论	(236)
9.2.2	裂缝的出现、分布和开展	(236)
9.2.3	平均裂缝间距 l_{cr}	(237)
9.2.4	平均裂缝宽度	(238)
9.2.5	最大裂缝宽度及其验算	(238)

9.3	混凝土构件的截面延性	(239)
9.3.1	延性的概念	(239)
9.3.2	受弯构件的截面曲率延性系数	(239)
9.3.3	偏心受压构件界面曲率延性的分析	(240)
9.4	混凝土结构的耐久性	(240)
9.4.1	耐久性的概念与主要影响因素	(240)
9.4.2	混凝土的碳化	(241)
9.4.3	钢筋的锈蚀	(241)
9.4.4	耐久性概念设计	(241)
附 录	(243)
附表 1	混凝土强度标准值(N/mm^2)	(243)
附表 2	混凝土强度设计值(N/mm^2)	(243)
附表 3	混凝土的弹性模量($\times 10^4 \text{ N}/\text{mm}^2$)	(243)
附表 4	普通钢筋强度标准值(N/mm^2)	(243)
附表 5	钢筋的弹性模量($\times 10^5 \text{ N}/\text{mm}^2$)	(243)
附表 6	受弯构件的挠度限值	(244)
附表 7	普通钢筋强度设计值(N/mm^2)	(244)
附表 8	钢筋的公称直径、公称截面面积及理论质量	(244)
附表 9	每米板宽各种钢筋间距的钢筋截面面积	(245)
参考文献	(246)

第1章 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和特点,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,混凝土结构的发展简况和工程应用,课程的学习方法及学习中应注意的问题等。教学重点为混凝土结构的一般概念和特点,学习中应注意的问题以及指导工程结构设计的混凝土结构设计规范的应用;教学难点为混凝土结构在学习中的问题以及指导工程结构设计的混凝土结构设计规范的应用。

【能力要求】

通过本章的学习,学生应具备对混凝土结构课程学习方法的认知和正确应用结构设计规范的能力。

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,混凝土结构的优点及发展概况。

1.1 混凝土结构的一般概念

混凝土是由水泥、砂子、砾石或其他骨料及水按一定比例充分拌和,并在适当的温、湿度条件下,经一定时间养护硬化后所形成的人工“石材”。以混凝土为主要材料,并根据需要配置钢筋、预应力筋、钢骨架等材料制成的结构,均可称为混凝土结构(concrete structures)。

1.1.1 混凝土结构的定义与分类

1. 定义

以混凝土为主要材料,并根据需要配置钢筋、预应力筋、钢骨架、钢管或纤维等材料制成的承重结构,均可称为混凝土结构。

2. 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。

(1)按照材料组成的不同,混凝土结构主要可分为以下几类:

①钢筋混凝土结构(reinforced concrete):配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢骨架的混

凝土制成的结构(如图 1.1 所示)。

钢筋混凝土结构按结构受力状态和结构外形可分为杆件系统和非杆件系统两大类。杆件系统按其主要受力特点,分为:

- a. 受弯构件,如各种独立的梁、板以及基础底板等。
- b. 受压构件,如柱、屋架的上弦和压腹杆等。
- c. 受拉构件,如储液池的池壁,屋架下弦和拉腹杆等。
- d. 受扭构件,如带有悬挑雨篷的雨篷梁(过梁)、吊车梁等。
- e. 复合受力构件,如压弯构件、拉弯构件、弯扭构件、拉弯扭构件等。

非构件系统可以是空间薄壁结构,也可以是外型复杂的大体积结构。

②预应力混凝土结构(prestressed concrete):配置预应力钢筋,再经过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土制成的结构(如图 1.2 所示)。

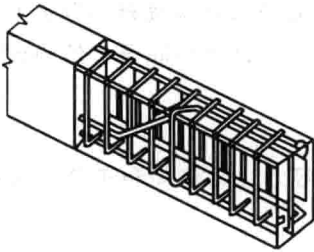


图 1.1 钢筋混凝土梁

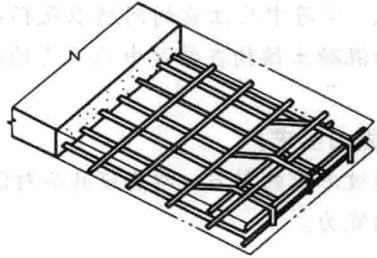


图 1.2 预应力混凝土板

③素混凝土结构(plain concrete):无钢筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构称为素混凝土结构(如图 1.3 所示)。

(2)按建造方式的不同分类,混凝土结构可以分为现浇混凝土结构、装配式混凝土结构、装配整体式混凝土结构等。

①现浇混凝土结构是由现场支模并整体浇筑而成的混凝土结构。它的整体性比较好,刚度比较大,但生产较难工业化,施工工期长,模板用料较多。

②装配式混凝土结构是由预制混凝土构件或部件通过焊接、螺栓等连接方式装配而成的混凝土结构。采用装配式结构可使建筑事业工业化(设计标准化、制造工业化、安装机械化);制造不受季节限制,能加快施工进度;利用工厂有利条件,提高构件质量;模板可重复使用,还可免去脚手架,节约木料或钢材。

③装配整体式混凝土结构是由预制混凝土构件或部件通过钢筋或施加预应力的连接并现场浇注混凝土而形成整体的结构。预制装配部分通常可作为现浇部分的模板和支架。它比整体式结构有较高的工业化程度,又比装配式结构有较好的整体性。

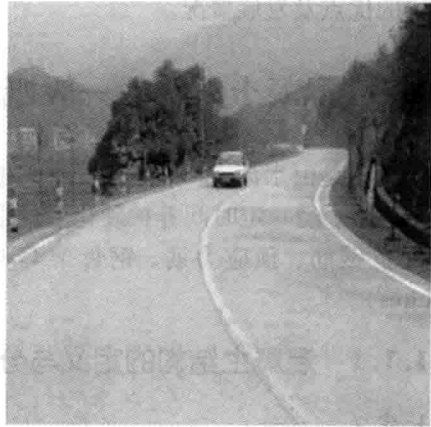


图 1.3 素混凝土路面

(3)按结构构件的几何形状分类,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: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,如图1.4和图1.5所示。

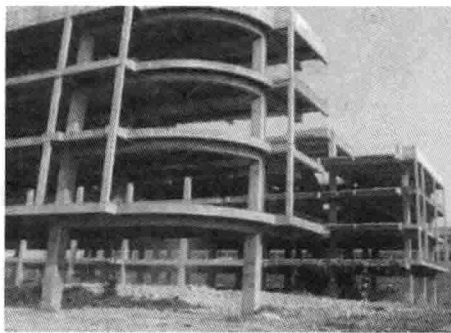


图 1.4 框架结构房屋

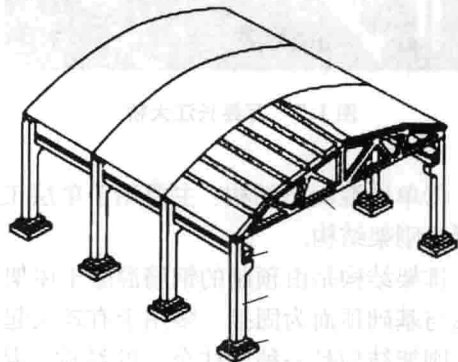


图 1.5 排架结构厂房

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,其平面者称为板,曲面者称为壳,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1.6为1957年建成的罗马小体育馆,由直径为59.13 mm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。

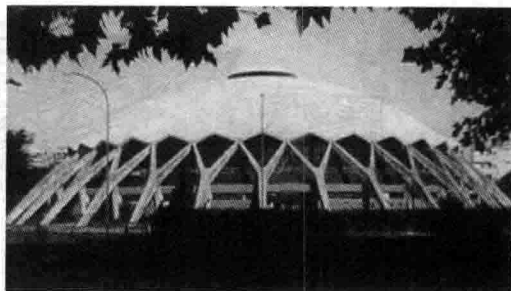


图 1.6 罗马小体育馆

③拱结构:以承受轴压力为主的结构。拱结构是一种大跨度结构,广泛应用于桥梁和房屋中(如图1.7所示)。

拱结构可分为三铰、双铰或无铰等几种形式,其轴线常采用抛物线形状。拱的矢高 f 一般为 $(1/8 \sim 1/2)l_0$;矢高小的拱,水平推力大,拱体受力也大;矢高大时则相反,但拱体长度增加。合理选择矢高是设计中应充分考虑的问题。拱体截面一般为矩形截面或T形截面等实体截面。当截面高度较大时(如大于1.5 m),可做成格格式、折板式或波形截面。

④块体结构:三个方向的尺寸为同量级的结构,如柱下独立基础和设备基础、桥台和桥墩等(如图1.8所示)。

(4)按层数和高度的不同分类,混凝土结构可以分为单层结构、多层结构、高层结构。

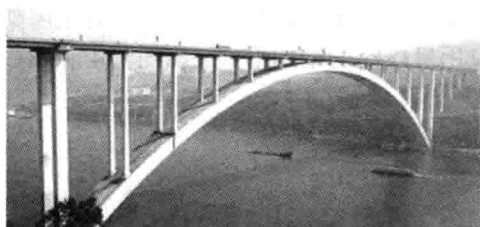


图 1.7 万县长江大桥

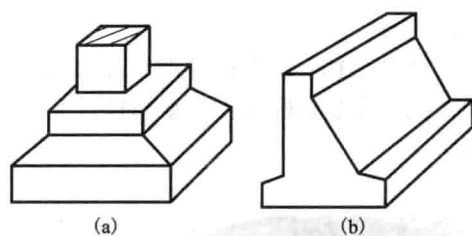


图 1.8 块体结构

(a) 柱下独立基础; (b) 桥墩

①单层混凝土结构：主要用于单层工业厂房、仓库、站台等，包括混凝土排架结构和混凝土刚架结构。

排架结构是由预制的钢筋混凝土屋架、吊车梁、柱、基础等组成，柱顶与屋架为铰接，柱底与基础顶面为固接。多用于有较大起重设备的单层工业厂房(如图 1.9 所示)。

刚架结构是一种梁柱合一的结构，混凝土刚架结构常作为中小型单层厂房的主体结构。它可以有三铰、两铰及无铰等几种形式，可以做成单跨或多跨结构(如图 1.10 所示)。

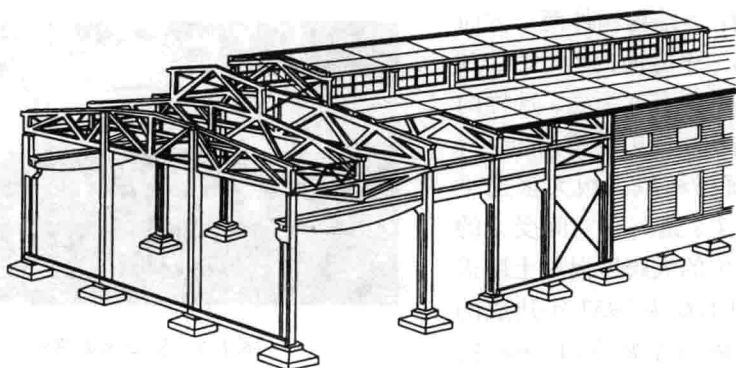


图 1.9 混凝土排架结构

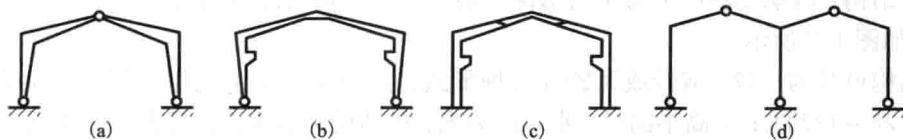


图 1.10 刚架结构

(a) 三铰刚架; (b) 二铰刚架; (c) 无铰刚架; (d) 两跨刚架

②多层混凝土结构：主要用于多层轻工业厂房及多层民用房屋，包括框架结构及框架-剪力墙结构。框架结构主要由梁、柱构件通过节点连接而组成的杆系结构(如图 1.4 所示)，它是最基本的结构之一。而框架-剪力墙结构则是在框架结构的适当部位设置成

片的钢筋混凝土墙体,以提高框架结构抵抗水平作用的能力。

③高层混凝土结构:28 m 的住宅建筑以及高度大于 24 m,层数为 10 层及以上的其他民用房屋结构。高度大于或等于 100 m 的建筑称为超高层建筑。其结构形式除框架结构、框架-剪力墙结构外,还有剪力墙结构、筒体结构等。

钢筋混凝土剪力墙是指以承受水平荷载为主要目的而在房屋结构设置的成片钢筋混凝土墙体。当房屋的交叉纵横墙均由剪力墙墙体组成时,形成剪力墙结构。剪力墙结构可用于 40 层以下的高层旅馆、住宅等房屋。

筒体是指将房屋的剪力墙集中到房屋的外部或内部组成一个竖向悬臂的封闭式箱体,可大大增强房屋的整体空间受力性能和抵抗侧移的能力。框架结构和筒体结构结合可形成框筒结构,内筒和外筒结合则形成筒中筒结构等。筒体结构一般用于 30 层以上的高层房屋(如图 1.11 所示)。

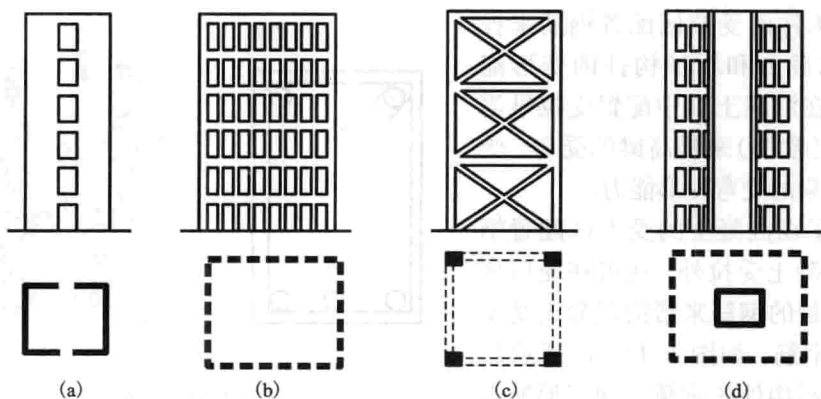


图 1.11 筒体结构

(a)实腹筒;(b)框筒;(c)桁架筒;(d)筒中筒

1.1.2 配筋的作用与要求

1. 混凝土的基本特性

混凝土是一种非匀质、非连续、非弹性的材料,其特性如下:

- (1)抗压强度高,而抗拉强度却很低;
- (2)一般抗拉强度只有抗压强度的 $1/20 \sim 1/8$;
- (3)破坏时具有明显的脆性性质。

人们应用混凝土的历史已有几千年之久。混凝土像天然石材一样有良好的抗压强度,适用于承压为主的构件,如柱和拱。另一方面,混凝土是一种脆性材料、抗拉强度远低于抗压强度,故不适用于制作完全承拉(如拉杆),或部分截面承拉(如梁或其他受弯构件)的结构构件,故素混凝土构件常用于非承重结构和道路表面。

2. 钢筋的基本特点

钢筋是一种较为理想的匀质弹性材料,其特点如下:

- (1)抗拉和抗压强度都很高;

- (2) 具有屈服现象,破坏时表现出较好的延性;
- (3) 但细长的钢筋受压时极易压曲,仅能作为受拉构件。

3. 配筋作用

显然,混凝土和钢筋是两种性质不同的材料,但是具有互补性。为克服混凝土的局限性,早在19世纪下半叶,人们发现可以使用抗拉强度高的钢材来增强混凝土,并逐渐发现将配置的钢材用于抗拉强度要求高的部位,对改善构件承载力有明显效果。

在钢筋混凝土结构和构件中,混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力(也可以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。

然而钢筋和混凝土不是任意结合的,而是根据结构和构件的形式和受力特点,在适当部位布置一定形式和数量的钢筋。配筋的主要作用如下:

(1) 在构件的受拉区配置钢筋来提高构件的承载力和增加构件的变形能力。例如:在混凝土梁中配置受拉纵筋和横向钢筋(箍筋)来提高梁的受弯、受剪承载力和梁的受弯变形能力。

(2) 除了在混凝土的受力区配置钢筋来帮助混凝土受拉外,还可在受压区配置一定数量的钢筋来帮助混凝土受压[称为受压钢筋,如图1.12(a)所示],从而达到提高构件的承载力和变形能力的目的。例如:在承受压力的混凝土柱中配置一定数量的钢筋来提高柱的承载力和改善混凝土柱的变形能力,同时可承受偶然因素产生的拉力[如图1.12(b)所示]。

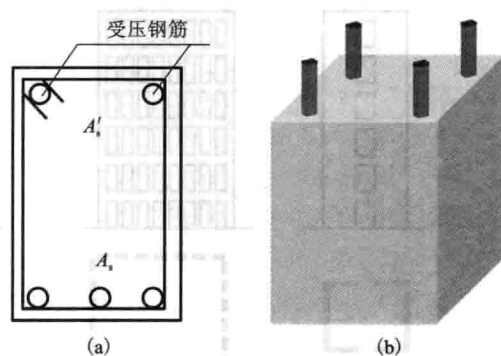


图 1.12 配筋图

(a) 梁配筋图; (b) 柱配筋图

4. 钢筋和混凝土能够协同工作的原因和对配筋的要求

1) 钢筋和混凝土能够协同工作的原因

(1) 钢筋和混凝土能够协同工作的一个主要原因,就是混凝土硬化后与钢筋之间有良好的黏结力。因此我们必须要求钢筋和混凝土之间有可靠的黏结,从而保证两者之间可靠地结合在一起,共同变形、共同受力。

(2) 钢筋和混凝土能够协同工作的另一个主要原因就是由于钢筋和混凝土两种材料的温度线膨胀系数十分接近[$\alpha_{\text{钢}} 1.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$; $\alpha_{\text{混凝土}} (1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}) / ^\circ\text{C}$],当温度变化时钢筋与混凝土之间不会产生由温度引起的较大的相对变形造成黏结破坏。

下面举一个简单的例子,来看看钢筋和混凝土是如何共同工作的。

如图1.12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首先开裂,而一旦开裂,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,梁很快被破坏。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，则在荷载作用下，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，但开裂后拉力可由钢筋①来承担，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，破坏前有明显的预兆。

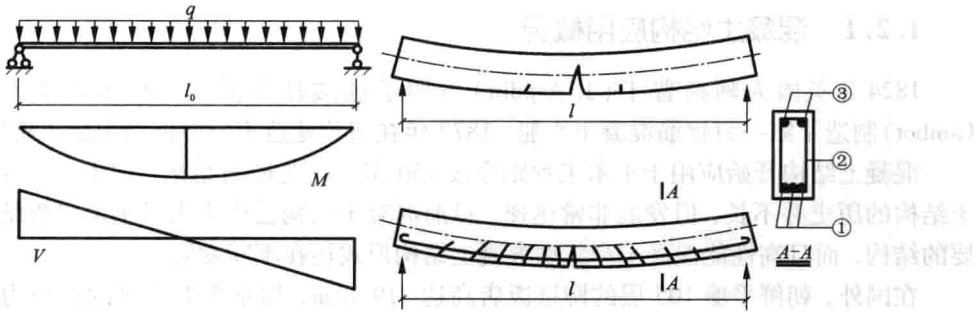


图 1.13 简支梁的受力

2) 钢筋混凝土结构对配筋的要求

(1) 在设计和施工中，钢筋的端部要留有一定的锚固长度，有的还要做弯钩，以保证可靠地锚固，防止钢筋受力后被拔出或产生较大的滑移。

(2) 钢筋的布置和数量应由计算和构造要求确定，具体确定方法见后面章节。

1.1.3 钢筋混凝土结构的优缺点

1. 钢筋混凝土结构的主要优点

(1) 取材容易：混凝土所用的砂、石一般易于就地取材。另外，还可有效利用矿渣、粉煤灰等工业废料。

(2) 合理用材：钢筋混凝土结构合理地发挥了钢筋和混凝土两种材料的性能，与钢结构相比，可以降低造价。

(3) 耐久性和耐火性较好，维护费用低：钢筋有混凝土的保护层，不易产生锈蚀，而混凝土的强度随时间而增长；混凝土是不良热导体，30 mm 厚混凝土保护层可耐火 2 h，使钢筋不致因升温过快而丧失强度。

(4) 可模性好：根据需要，可以较容易地浇筑成各种形状和尺寸的钢筋混凝土结构。

(5) 整体性好：整浇或装配整体式钢筋混凝土结构有很好的整体性，有利于抗震、抵抗振动和爆炸冲击波。

2. 钢筋混凝土结构的主要缺点

(1) 自身重量较大，这对大跨度结构、高层建筑结构以及抗震不利，也给运输和施工吊装带来困难。

(2) 抗裂性较差，受拉和受弯等构件在正常使用时往往带裂缝工作，对一些不允许出现裂缝或对裂缝宽度有严格限制的结构，要满足这些要求就需要采用特殊措施。