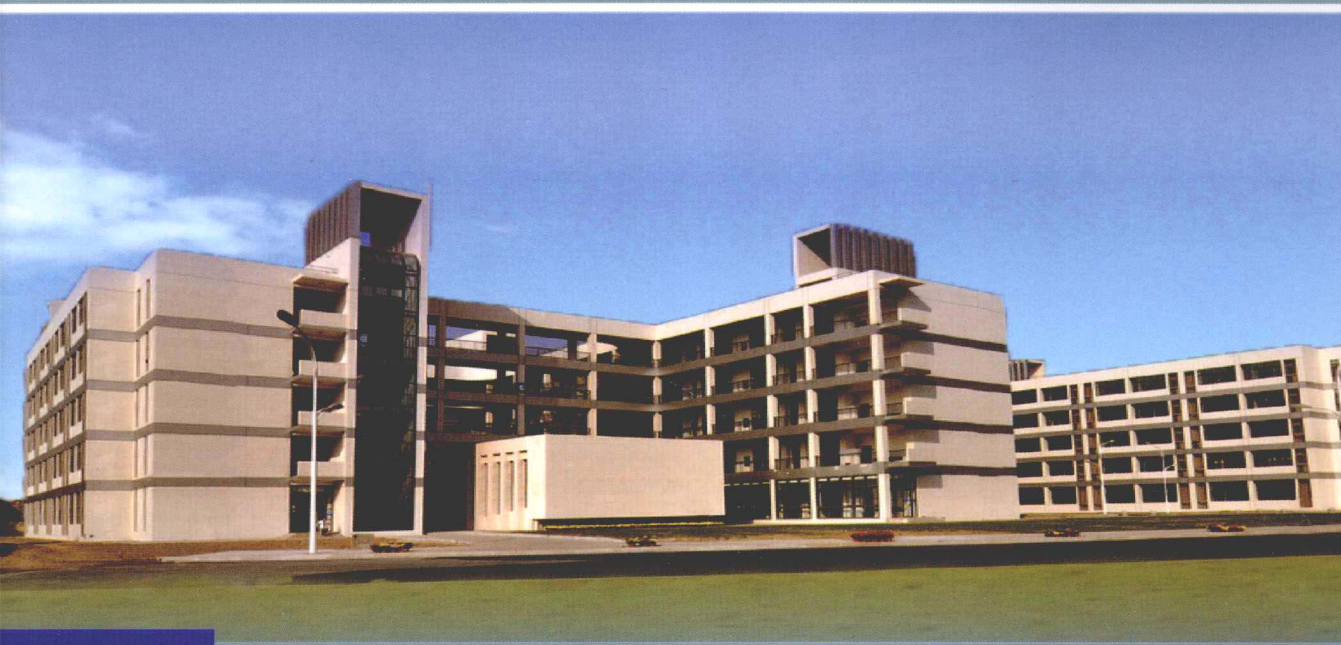


第2版

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

JIAOTONGBAN GAODENG XUEXIAO TUMU GONGCHENG ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



混凝土结构 设计原理

宗 兰 张文金 张建文 主 编
童岳生 主 审



人民交通出版社

China Communications Press

第2版

混凝土结构 设计原理

Hunningtu Jiegou Sheji Yuanli

宗 兰 张文金 张建文 主 编
童岳生 主 审



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书作为交通版高等学校土木工程专业规划教材,根据我国《高等学校土木工程本科指导性专业规范》对混凝土结构设计原理课程的基本要求,按照我国住建部新颁布的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)和有关规范编写。本书包含以下内容:绪论、钢筋混凝土材料的力学性能、混凝土结构设计方法、受弯构件的正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、受扭构件承载力计算、受压构件承载力计算、受拉构件承载力计算、混凝土构件变形裂缝验算、预应力混凝土构件计算。为便于教学,本书每章都有计算步骤详细的例题,且每章后面都附有思考题和习题。

本书可作为高等学校土木工程专业规划教材,也可供从事混凝土结构设计、施工、科研、工程管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理 / 宗兰, 张文金, 张建文主编

--2 版. --北京: 人民交通出版社, 2012. 8

交通版高等学校土木工程专业规划教材

ISBN 978-7-114-10041-3

I. ①混… II. ①宗… ②张… ③张… III. ①混凝土
结构—结构设计—高等学校—教材 IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 198321 号

交通版高等学校土木工程专业规划教材

书 名:混凝土结构设计原理(第 2 版)

著 者:宗 兰 张文金 张建文

责任编辑:张征宇 赵瑞琴

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757969,59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:16.75

字 数:416 千

版 次:2006 年 第 1 版 2012 年 8 月 第 2 版

印 次:2012 年 8 月 第 1 次印刷 总第 3 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-10041-3

印 数:6001-9000 册

定 价:35.00 元

(有印刷、装订质量问题,由本社负责调换)

交通版

高等学校土木工程专业规划教材

编委会

(第二版)

主任委员: 戎 贤

副主任委员: 张向东 李帼昌 张新天 黄 新
宗 兰 马芹永 党星海 段敬民
黄炳生

委 员: 彭大文 张俊平 刘春原 张世海
郭仁东 王 京 符 怡

秘 书 长: 张征宇

(第一版)

主任委员: 阎兴华

副主任委员: 张向东 李帼昌 魏连雨 赵 尘
宗 兰 马芹永 段敬民 黄炳生

委 员: 彭大文 林继德 张俊平 刘春原
党星海 刘正保 刘华新 丁海平

秘 书 长: 张征宇

随着科学技术的迅猛发展、全球经济一体化趋势的进一步加强以及国力竞争的日趋激烈,作为实施“科教兴国”战略重要战线的高等学校,面临着新的机遇与挑战。高等教育战线按照“巩固、深化、提高、发展”的方针,着力提高高等教育的水平和质量,取得了举世瞩目的成就,实现了改革和发展的历史性跨越。

在这个前所未有的发展时期,高等学校的土木类教材建设也取得了很大成绩,出版了许多优秀教材,但在满足不同层次的院校和不同层次的学生需求方面,还存在较大的差距,部分教材尚未能反映最新颁布的规范内容。为了配合高等学校的教学改革和教材建设,体现高等学校在教材建设上的特色和优势,满足高校及社会对土木类专业教材的多层次要求,适应我国国民经济建设的最新形势,人民交通出版社组织了全国二十余所高等学校编写“交通版高等学校土木工程专业规划教材”,并于2004年9月在重庆召开了第一次编写工作会议,确定了教材编写的总体思路。于2004年11月在北京召开了第二次编写工作会议,全面审定了各门教材的编写大纲。在编者和出版社的共同努力下,这套规划教材已陆续出版。

在教材的使用过程中,我们也发现有些教材存在诸如知识体系不够完善,适用性、准确性存在问题,相关教材在内容衔接上不够合理以及随着规范的修订及本学科领域技术的发展而出现的教材内容陈旧、亟待修订的问题。为此,新改组的编委会决定于2010年底启动该套教材的修订工作。

这套教材包括《土木工程概论》、《建筑工程施工》等31种,涵盖了土木工程专业的专业基础课和专业课的主要系列课程。这套教材的编写原则是“厚基础、重能力、求创新,以培养应用型人才为主”,强调结合新规范、增大例题、图解等内容的比例并适当反映本学科领域的新发展,力求通俗易懂、图文并茂;其中对专业基础课要求理论体系完整、严密、适度,兼顾各专业方向,应达到教育部和专业教学指导委员会的规定要求;对专业课要体现出“重应用”及“加强创新能力和工程素质培养”的特色,保证知识体系的完整性、准确性、正

确性和适应性,专业课教材原则上按课群组划分不同专业方向分别考虑,不在一本教材中体现多专业内容。

反映土木工程领域的最新技术发展、符合我国国情、与现有教材相比具有明显特色是这套教材所力求达到的目标,在各相关院校及所有编审人员的共同努力下,交通版高等学校土木工程专业规划教材必将对我国高等学校土木工程专业建设起到重要的促进作用。

**交通版高等学校土木工程专业规划教材编审委员会
人民交通出版社**



根据住建部土建学科教学指导委员会最新提出的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》要求,《混凝土结构设计原理》为土木工程专业的一门专业基础课。按照《高等学校土木工程本科指导性专业规范》对该课程的知识点要求,本教材主要内容包括:绪论;钢筋混凝土材料力学性能;混凝土结构设计方法;受弯构件正截面承载力计算;受弯构件斜截面承载力计算;受扭构件承载力计算;受压构件承载力计算;受拉构件承载力计算;混凝土构件变形及裂缝验算;预应力混凝土构件计算。

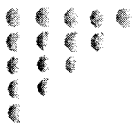
本教材按照我国最新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)修订编写,在内容上注意了重点突出,难点兼顾。不仅引导学生理解和掌握混凝土构件设计基本原理和方法,更注重培养学生应用规范条文解决工程问题的能力。在每章都有较详细的例题,每章末都附有思考题和习题,以方便学生复习和自学。

本教材编写分工如下:术语及符号、第一章、第二章、第三章、第六章、第十章、附表由南京工程学院宗兰编写;第五章、第九章由浙江农林大学张文金编写;第四章、第七章、第八章由南阳理工学院张建文编写。全书由宗兰统稿,西安建筑科技大学董岳生教授担任主审。

在本书修订过程中,我们参考和引用了国内已出版的有关混凝土结构教材和规范等,在此向有关作者表示感谢。由于编者水平有限,在编写中难免存在不足之处,恳请读者不吝赐教。

编者
2012年7月

目录 MULU



主要术语与符号	1
第一章 绪论	4
第一节 概述	4
第二节 钢筋混凝土结构的优缺点	5
第三节 钢筋混凝土结构的发展概况	6
第四节 混凝土结构设计原理课程特点及学习方法	7
第二章 钢筋混凝土材料的力学性能	8
第一节 钢筋	8
第二节 混凝土	11
第三节 钢筋和混凝土之间的黏结	21
第四节 钢筋的锚固与连接	24
思考题	26
第三章 混凝土结构的设计方法	27
第一节 混凝土结构设计理论发展简史	27
第二节 结构的功能和极限状态	28
第三节 结构的可靠度和极限状态方程	29
第四节 可靠指标和目标可靠指标	32
第五节 建筑结构极限状态设计表达式	34
第六节 混凝土结构耐久性设计	39
思考题	43
习 题	44
第四章 受弯构件正截面承载力计算	45
第一节 概述	45
第二节 受弯构件的基本构造要求	45
第三节 钢筋混凝土受弯构件正截面受力性能	49
第四节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	53
第五节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	62
第六节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	67

思考题	73
习题	73
第五章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	76
第一节 概述	76
第二节 无腹筋梁斜截面剪切破坏形态	77
第三节 有腹筋梁斜截面剪切破坏形态	80
第四节 受弯构件斜截面受剪承载力计算	84
第五节 受弯构件斜截面受弯承载力和钢筋的构造要求	90
第六节 受弯构件斜截面承载力计算示例	99
思考题	105
习题	106
第六章 钢筋混凝土受扭及弯剪扭构件承载力计算	108
第一节 钢筋混凝土纯扭构件的试验研究	108
第二节 纯扭构件受扭承载力计算	110
第三节 弯剪扭构件承载力计算	117
第四节 受扭构件构造要求	121
第五节 压弯剪扭构件与拉弯剪扭构件的承载力计算	125
思考题	126
习题	127
第七章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	128
第一节 概述	128
第二节 轴心受压构件正截面承载力计算	128
第三节 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	135
第四节 I形截面偏心受压构件正截面承载力计算	161
第五节 双向偏心受压构件正截面承载力计算	166
第六节 偏心受压构件斜截面承载力计算	168
第七节 构造要求	169
思考题	172
习题	172
第八章 钢筋混凝土受拉构件承载力计算	174
第一节 轴心受拉构件承载力计算	174
第二节 偏心受拉构件承载力计算	175
第三节 受拉构件斜截面承载力计算	178
思考题	179
习题	179
第九章 钢筋混凝土构件正常使用极限状态计算	180
第一节 概述	180
第二节 裂缝宽度验算	180

第三节 受弯构件挠度验算·····	189
思考题·····	199
习 题·····	200
第十章 预应力混凝土结构设计·····	201
第一节 预应力混凝土的基本原理·····	201
第二节 预应力混凝土结构的分类·····	202
第三节 预应力钢筋的锚具·····	204
第四节 预应力混凝土的材料·····	206
第五节 张拉控制应力及预应力损失·····	207
第六节 预应力轴心受拉构件各阶段受力分析·····	213
第七节 预应力轴心受拉构件设计计算·····	219
第八节 预应力受弯构件的计算·····	225
第九节 预应力混凝土构件的构造要求·····	239
思考题·····	242
习 题·····	242
附表·····	244
参考文献·····	253

主要术语与符号

1. 主要术语

(1) 混凝土结构(concrete structure)

以混凝土为主制成的结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。

(2) 素混凝土结构(plain concrete structure)

由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构。

(3) 普通钢筋(steel bar)

用于混凝土结构构件中的各种非预应力筋的总称。

(4) 预应力筋(prestressing tendon and/or bar)

用于混凝土结构构件中施加预应力的钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋的总称。

(5) 钢筋混凝土结构(reinforced concrete structure)

配置受力普通钢筋的混凝土结构。

(6) 预应力混凝土结构(prestressed concrete structure)

配置受力的预应力钢筋,通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土结构。

(7) 现浇混凝土结构(cast-in-situ concrete structure)

在现场原位支模并整体浇筑而成的混凝土结构。

(8) 装配式混凝土结构(precaster concrete structure)

由预制混凝土构件或部件装配、连接而成的混凝土结构。

(9) 装配整体式混凝土结构(assembled monolithic concrete structure)

由预制混凝土构件或部件通过钢筋、连接件或施加预应力加以连接,并在连接部位浇注混凝土而形成整体受力的混凝土结构。

(10) 叠合构件(composite member)

由预制混凝土构件(或既有混凝土构件)和后浇混凝土组成,以两阶段成型的整体受力结构构件。

(11) 深受弯构件(deep flexural member)

跨高比小于 5 的受弯构件。

(12) 深梁(deep beam)

跨高比不大于 2 的简支单跨梁或跨高比不大于 2.5 的多跨连续梁。

(13) 先张法预应力混凝土结构(pretensioned prestressed concrete structure)

在台座上张拉钢筋后浇混凝土,并通过张拉预应力筋由黏结传递而建立预应力的混凝土结构。

(14) 后张法预应力混凝土结构(post-tensioned prestressed concrete structure)

浇注混凝土并达到规定强度后,通过张拉预应力筋并在结构上锚固而建立预应力的混凝土结构。

(15) 无黏结预应力混凝土结构(unbonded prestressed concrete structure)

配置与混凝土之间可保持相对滑动的无黏结预应力筋的后张法预应力混凝土结构。

(16)有黏结预应力混凝土结构(bonded prestressed concrete structure)

通过灌浆或与混凝土直接接触,使预应力筋与混凝土之间相互黏结而建立预应力的混凝土结构。

(17)结构缝(structural joint)

根据结构设计需求而采取的分割混凝土结构间隔的总称。

(18)混凝土保护层(concrete cover)

结构构件中钢筋外边缘至构件表面范围用于保护钢筋的混凝土,简称保护层。

(19)锚固长度(anchorage length)

受力钢筋依靠其表面与混凝土的黏结作用或端部构造的挤压作用而达到设计承受应力的长度。

(20)钢筋连接(splice of reinforcement)

通过绑扎搭接、机械连接、焊接等方法实现钢筋之间内力传递的构造形式。

(21)配筋率(ratio of reinforcement)

混凝土构件中配置的钢筋面积(或体积)与规定的混凝土截面面积(或体积)的比值。

(22)剪跨比(ratio of shear to effective depth)

截面弯矩与剪力和有效高度乘积的比值。

(23)横向钢筋(transverse reinforcement)

垂直于纵向钢筋的箍筋或间接钢筋。

2.《混凝土结构设计规范》中的符号

(1)材料性能

E_c ——混凝土弹性模量;

E_s ——钢筋弹性模量;

C30——表示立方强度标准值为 30N/mm^2 的混凝土强度等级;

HRB500——强度级别为 500MPa 的普通热轧带肋钢筋;

HRBF400——强度级别为 400MPa 的细晶粒热轧带肋钢筋;

RRB400——强度级别为 400MPa 的余热处理带肋钢筋;

HPB300——强度级别为 300MPa 的热轧光圆钢筋;

HRB400E——强度级别为 400MPa 的且具有较高抗震性能 of 普通热轧带肋钢筋;

f_{ck} 、 f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值;

f_{tk} 、 f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值;

f_{yk} 、 f_{pyk} ——普通钢筋、预应力钢筋屈服强度标准值;

f_{stk} 、 f_{ptk} ——普通钢筋、预应力钢筋极限强度标准值;

f_y 、 f_y^l ——普通钢筋抗拉、抗压强度设计值;

f_{py} 、 f_{py}^l ——预应力筋抗拉、抗压强度设计值;

f_{yv} ——横向钢筋的抗拉强度设计值;

δ_{gt} ——钢筋最大力下的总伸长率,也称均匀伸长率。

(2)作用和作用效应及承载力

N ——轴向力设计值;

N_k 、 N_q ——按荷载标准组合、准永久组合计算的轴向力值;

- N_{ud} ——构件的截面轴心受压或轴心受拉承载力设计值；
 N_{po} ——预应力构件混凝土法向预应力等于零时的预加力；
 M ——弯矩设计值；
 M_k, M_q ——按荷载效应的标准组合、准永久组合计算的弯矩值；
 M_u ——构件的正截面受弯承载力设计值；
 M_{cr} ——受弯构件的正截面开裂弯矩值；
 T ——扭矩设计值；
 V ——剪力设计值；
 F_i ——局部荷载设计值或集中反力设计值；
 σ_{pe} ——预应力筋的有效预应力；
 σ_1, σ_1' ——正截面承载力计算中纵向钢筋、预应力筋的应力；
 τ ——混凝土的剪应力；
 w_{max} ——按荷载准永久组合或标准组合，并考虑长期作用影响的计算最大裂缝宽度。

(3) 几何参数

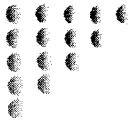
- b ——矩形截面宽度，T形、工形截面的腹板宽度；
 c ——混凝土保护层厚度；
 d ——钢筋的公称直径(简称直径)或圆形截面的直径；
 h ——截面高度；
 h_0 ——截面有效高度；
 l_{ab}, l_a ——纵向受拉钢筋的基本锚固长度、锚固长度；
 l_0 ——计算跨度或计算长度；
 x ——混凝土受压区高度；
 A ——构件的截面面积
 A_s, A_s' ——受拉区、受压区纵向普通钢筋的截面面积；
 A_p, A_p' ——受拉区、受压区纵向预应力钢筋的截面面积；
 A_1 ——混凝土局部受压面积；
 A_{cor} ——箍筋、螺旋筋或钢筋网所围成的混凝土核心截面面积；
 B ——受弯构件的截面刚度；
 I ——截面惯性矩；
 W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 W_t ——截面受扭塑性抵抗矩。

(4) 计算系数及其他

- α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；
 γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数；
 η ——偏心受压构件考虑二阶效应影响的轴向力偏心距增大系数；
 λ ——计算截面的剪跨比，即 $M/(Vh_0)$ ；
 ρ ——纵向受力筋的配筋率；
 ρ_v ——间接钢筋或箍筋的体积配筋率；
 ϕ ——表示钢筋直径的符号， $\phi 20$ 表示直径为 20mm 的钢筋。

第一章 绪论

DIYIZHANG



第一节 概 述

以混凝土为主制成的结构称为混凝土结构。混凝土结构包括素混凝土结构(plain concrete structure)、钢筋混凝土结构(reinforced concrete structure)、预应力混凝土结构(prestressed concrete structure)等。混凝土是一种抗压能力较高的材料,但是它的抗拉能力却很低,这就使得混凝土结构的应用受到很大限制。例如,一根截面为 $200\text{mm}\times 300\text{mm}$,跨度为 2.5m ,用C20混凝土做成的素混凝土简支梁,只能承受 12.5kN 作用在梁跨中的集中力,就会因跨中截面下边缘超过混凝土的抗拉能力而破坏,如图1-1a)所示。为了改变这种情况,如果在混凝土构件的受拉区配置一定数量的钢筋,如图1-1b)所示,做成钢筋混凝土构件,当混凝土开裂后,由钢筋承担受拉区的拉力使构件的承载能力大大提高。试验表明,如果在受拉区配置了2根直径为 20mm 的HRB335级钢筋,该梁在破坏时能承受约 76kN 的集中力。由此可见,与素混凝土梁相比,相同截面形状和尺寸的钢筋混凝土梁可承担大得多的外荷载。并且钢筋在受拉区承担拉力,混凝土承担受压区的压力,使钢筋和混凝土两种材料的强度都能得到充分的利用。

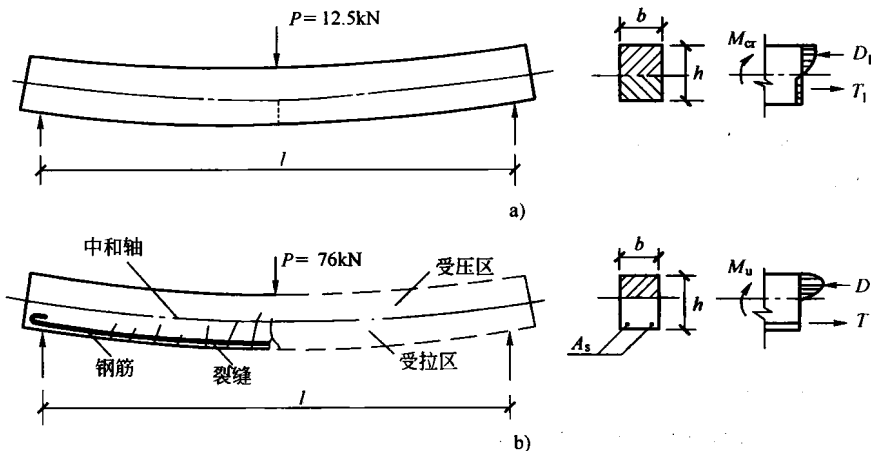


图 1-1 混凝土及钢筋混凝土简支梁的承载力
a) 素混凝土梁; b) 钢筋混凝土梁

钢筋和混凝土是两种不同性能的材料,它们之所以能够协同工作,主要由于以下三点:

- (1) 钢筋和混凝土之间有良好的黏接力,能牢固地黏结成整体,在外力作用时能共同变形、共同工作。
- (2) 钢筋与混凝土两种材料的温度线胀系数近似相等,钢为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$,当温度变化时,这两种材料不致发生相对的温度变形而破坏它们之间的结合。
- (3) 混凝土包裹住钢筋,对钢筋起到保护作用。

第二节 钢筋混凝土结构的优缺点

一、钢筋混凝土结构的优点

钢筋混凝土结构的优点主要有以下几个方面:

- (1) 耐久性好。处于良好工作环境下的钢筋混凝土结构,混凝土强度随时间不断增长,且钢筋受到混凝土的保护而不易锈蚀,因而提高了混凝土结构的耐久性。
- (2) 耐火性好。由于有热传导性差的混凝土作钢筋的保护层,当火灾发生时,钢筋混凝土结构不像木结构那样被燃烧,也不像钢结构那样很快被软化而破坏。
- (3) 整体性好,刚度大。现浇式或装配整体式钢筋混凝土结构,具有较好的整体性,因而有利于结构的抗震和抗爆。钢筋混凝土结构的刚度大,在使用荷载作用下仅产生较小的变形,能有效地用于对变形较严格的各种结构。
- (4) 就地取材,节约钢材。混凝土所用砂、石材料,一般可以就地、就近取材,因而可以降低运输费用,从而可以显著降低工程造价;钢筋混凝土结构合理地利用钢筋和混凝土各自的优良性能,在某些情况下能代替钢结构,从而可节约钢材,降低工程造价。
- (5) 可模性好。钢筋混凝土结构可以根据设计需要,制作成各种形状的模板,从而将钢筋混凝土浇捣成任何形状。

正是由于钢筋混凝土结构有上述优点,所以钢筋混凝土结构的应用非常广泛,除了在建筑工程中大量采用外,在水利工程、港口工程、桥梁工程、海洋工程以及原子能工程中亦得到广泛利用。

二、钢筋混凝土结构的缺点

钢筋混凝土结构的缺点主要表现在以下几个方面:

- (1) 自重大。钢筋混凝土的重度大约为 25kN/m^3 ,大于砌体和木材的重度。虽然比钢材的重度小,但由于结构的截面比钢结构大,因而其结构自重远远超过相同跨度和高度的钢结构,所以不利于建造大跨度结构和超高层建筑。
- (2) 抗裂性差。由于混凝土抗拉强度低(约为抗压强度的 $1/9 \sim 1/10$),因此,普通混凝土结构经常处于带裂缝工作状态。虽然从设计理论上裂缝的存在并不意味着结构就会破坏,但是可能要影响结构的耐久性和美观。
- (3) 混凝土的补强维修困难。
- (4) 隔热隔声效果差。
- (5) 施工比钢结构复杂,建造工期一般较长,施工质量受到自然环境的影响。

第三节 钢筋混凝土结构的发展概况

混凝土结构从问世到现在,已经有 150 多年的历史。1824 年英国人阿斯普丁取得了波特兰水泥(我国称硅酸盐水泥)的专利权,1850 年开始生产。这是形成混凝土的主要材料,使得混凝土在土木工程中得到广泛应用。1861 年法国约瑟夫·莫尼埃获得了制造钢筋混凝土楼板、管道和拱桥等专利。1886 年美国入杰克逊首先应用预应力混凝土制作建筑配件,后又用它制作楼板。1938 年弗列西涅发明了锥形锚具和 1940 年比利时的门格尔发明了门格尔体系后,使预应力混凝土结构的抗裂性得到根本的改善,使高强钢筋能够在混凝土结构中得到有效的利用,从而使混凝土结构能够用于大跨结构、压力贮罐、电站容器等领域中。

从 20 世纪 50 年代以来,钢筋混凝土在高层建筑中的应用也有了迅速发展。1976 年建成的美国芝加哥水塔广场大厦达 72 层,高 262m。朝鲜平壤柳京大厦 105 层,高 305m。中国香港中信大厦,高 374m,78 层。马来西亚双塔大厦,高 450m,为钢筋混凝土结构。上海环球金融中心,高 492m,地上建筑 101 层。电视塔、水池、冷却塔、烟囱等特殊构筑物也普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土。上海电视塔高 468m;加拿大多伦多电视塔高为 549m。在铁路、公路、城市立交桥、高架桥、地铁隧道以及水利、港口等工程中,用钢筋混凝土建造的桥梁、水闸、水电站、船坞和码头已是星罗棋布。如我国在四川万县建成主跨 420m 的混凝土拱桥;长江三峡水利枢纽工程,大坝高 186m,坝体混凝土用量达 1527 万 m^3 ,是世界上最大的水利工程;已建成的江苏润扬大桥是连接镇江和扬州的长江大桥,其南桥为主跨长等于 1490m 的钢悬索桥,北桥为主跨长 406m 的预应力混凝土斜拉桥。

混凝土材料作为混凝土结构的主体,主要向轻质、高强、耐久、抗震等方向发展。如高强度混凝土(HSC)、高性能混凝土(HPC)。目前我国普通应用的混凝土强度等级一般在 C20~C60,个别工程已经用到 C80;轻集料混凝土(light aggregate concrete),利用天然轻集料(如浮石、凝灰岩等)、工业废料轻集料(如炉渣、粉煤灰、煤矸石等)、人造轻集料(页岩陶粒、黏土陶粒、膨胀珍珠岩陶粒等),具有自重轻,相对强度高以及保温、抗冻性能好等优点;改良混凝土(modified concrete),为了改善混凝土抗拉性能和延性差的缺点,20 世纪 60 年代以后,掺加纤维以改善混凝土性能的研究和应用发展得相当迅速,目前研究较多的有掺钢纤维、耐碱玻璃纤维、聚丙烯纤维或尼龙合成纤维、植物纤维等。新型外加剂的研制与应用,将不断改善混凝土的物理力学性能,以适应不同的环境、不同要求的混凝土结构。

在混凝土结构计算理论方面,20 世纪 50 年代以前,基本上处于经验性的允许应力法阶段。50~60 年代,世界各国逐步采用半经验半概率的极限状态设计法。70 年代以来以概率论数理统计学为基础的结构可靠度理论有了很大发展,使结构可靠度的近似概率法进入了工程设计中。为了提高我国建筑结构设计规范的先进性和统一性,我国已编制了《建筑结构设计统一标准》(GB J68—84),及其修订本《建筑结构设计统一标准》(GB 50068—2001),该标准采用了目前国际上正在发展和推行的以概率理论为基础的极限状态设计方法,统一了我国建筑结构设计的基本原则,规定了适用于各种材料结构的可靠度分析方法和设计表达式,并对材料与构件质量控制和验收提出了相应的要求。按照《建筑结构设计统一标准》规定的基本原则,在总结工程建设的实践经验以及科学研究成果的基础上,修订了《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010),把我国的混凝土结构设计提高到一个新的水平。在公路桥涵设计理论方面,我国交通部门 1999 年颁布了国家标

准《公路工程结构可靠度设计统一标准》(GB/T 50283—1999),也引入了结构可靠度理论,把影响结构可靠性的各种因素视为随机变量。新颁布的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D60—2004),就是按概率极限状态设计法编制的。这样使我国混凝土结构设计理论在可靠度设计方法上趋于一致。

第四节 混凝土结构设计原理课程特点及学习方法

混凝土结构是建筑、交通、水利等工程中最基本的结构形式。学习本课程的目的是:掌握混凝土结构构件设计的基本理论和构造知识,为今后能顺利从事结构工程设计、施工、管理工作打下牢固的基础。在学习混凝土结构设计原理课程时应注意以下几点:

(1)混凝土材料的非匀质、非弹性

混凝土结构通常是由钢筋和混凝土结合而成的一种结构,它与材料力学、结构力学中的理想弹性、理想塑性材料是有区别的。材料力学研究的是由单一、匀质、连续弹性材料制成的构件,而混凝土结构是非匀质的弹塑性体。因此,不能直接应用材料力学中的计算公式来进行混凝土结构设计。为了对混凝土结构的受力性能和破坏特征有较好的了解,首先要求对组成结构或构件的材料性能很好地掌握,才能理解受力过程和破坏特点。

(2)混凝土结构计算公式的特殊性

混凝土结构的受力性能与结构的受力状态、配筋方式和配筋数量等多种因素有关,目前还难以用一种简单的数学、力学模型来描述,因此目前主要以混凝土结构构件的试验与工程实践经验为基础进行分析,许多计算公式都带有经验性质。虽然不如理想的弹性材料组成的结构构件的计算公式那样严谨,然而却能较好地反映结构的真实受力性能。

(3)混凝土结构设计中构造要求的重要性

混凝土结构设计主要包括两部分:一是按设计规范给定的计算方法进行结构设计;二是各种结构构造措施。因为现行的计算方法一般只考虑了荷载效应,而其他影响因素,如混凝土的温度影响、收缩问题以及地基不均匀沉降影响等,难于用计算公式来表达。混凝土结构设计规范根据长期的工程实践经验,总结出一些构造措施来考虑这些因素的影响。所以在学习混凝土结构设计时,除了要对各种计算公式了解和掌握以外,对于各种构造措施也必须给予高度重视。

(4)混凝土结构设计的综合性

在材料力学、结构力学等课程中侧重于结构或构件的内力(或应力)和变形的计算,在解力学的习题时答案可能是唯一的。而混凝土结构设计是一个综合问题,不仅要解决结构或构件的承载力和变形问题,还要考虑材料的选择、结构方案、构件的类型、配筋方法、配筋构造等问题;不仅要考虑结构受力的合理性,还要考虑满足使用功能的要求、工程造价、施工方法等方面的问题。因此,混凝土结构设计的特点是多方案性,答案可能不是唯一的,而且设计和计算通常也不是一次就可以获得成功的。因此,在学习混凝土结构设计原理课程时,要注意培养对工程中各种因素进行综合分析的能力。