

全国高等院校**土木工程类**应用型系列规划教材

混凝土结构设计原理

李玉顺 杨海旭 吴珊瑚 主编



科学出版社
www.sciencep.com



全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材



混凝土结构设计原理

李玉顺 杨海旭 吴珊瑚 主编

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书共分十章,主要介绍了混凝土结构的材料,混凝土结构的设计方法,受弯构件正截面抗弯承载力计算,受弯构件斜截面抗剪承载力计算,受扭构件扭曲截面承载力计算,受压构件的截面承载力计算,受拉构件的截面承载力计算,钢筋混凝土构件的裂缝、变形和耐久性设计,预应力混凝土构件的计算以及混凝土结构按《公路桥涵设计规范》的设计计算等。

本书可作为高等学校土木工程专业及相关专业的教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理 / 李玉顺,杨海旭,吴珊瑚主编. —北京:科学出版社,2009

(全国高等院校土木工程类应用型系列规划教材)

ISBN 978-7-03-025523-5

I. 混… II. ①李…②杨…③吴… 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(2009)第 159542 号

责任编辑:童安齐 陈 迅 / 责任校对:柏连海 王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2009年9月第一次印刷 印张:23

印数:1—3 000 字数:526 000

定价:35.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

前 言

本书以高等院校土木工程专业指导委员会制定的“混凝土结构设计原理”教学大纲为依据,并在参考了相关书籍,吸收了本学科国内外的最新成果和我国有关的新技术、新规范的基础上编写而成。

本书共分十章,其中第一章至第九章主要是结合现行的《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)和《建筑结构荷载规范》(GB50009—2001)编写;第十章是在此基础上,再结合《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)编写的。本书在编写时力求内容充实精练、概念清楚、条理清晰、层次分明;在论证方法上,注意贯彻理论联系实际的原则,运用深入浅出的表述方法。每章之后均附有思考题和习题,以利于学生复习和自学。

本书由李玉顺、杨海旭、吴珊瑚任主编,王立峰、王春青、郝庆莉任副主编。本书具体编写分工为:绪论由宁波大学李玉顺编写;第一章、第六章由广州大学吴珊瑚编写;第二章由内蒙古工业大学郝庆莉编写;第三章、第五章、第八章由兰州理工大学王春青编写;第四章、第九章的9.1节至9.4节由东北林业大学杨海旭编写;第九章的9.5节至9.7节由南阳理工学院王晓睿、东北林业大学杨海旭、宁波大学张王丽编写;第七章由宁波大学张王丽编写;第十章的10.2节、10.3节、10.5节由东北林业大学王立峰编写,10.1节、10.4节、10.6节由东北林业大学张国伟编写。

由于时间紧迫及编者学识所限,书中难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

目 录

前言	
绪论	1
0.1 混凝土结构的基本概念	1
0.2 混凝土结构的发展与应用概况	2
0.2.1 材料	3
0.2.2 结构	4
0.2.3 计算理论	5
0.3 本课程的特点与学习方法	5
第一章 混凝土结构的材料	7
1.1 钢筋	7
1.1.1 钢筋的成分与品种	7
1.1.2 钢筋的强度和变形性能	8
1.1.3 混凝土结构对钢筋性能的要求及钢筋的选用原则	11
1.2 混凝土	12
1.2.1 混凝土的强度	12
1.2.2 混凝土的变形性能	17
1.2.3 混凝土的选用原则	23
1.3 钢筋与混凝土之间的粘结	23
1.3.1 粘结的概念	23
1.3.2 光面钢筋和带肋钢筋的粘结破坏形态	24
1.3.3 影响粘结强度的因素	26
思考题	28
第二章 混凝土结构的设计方法	29
2.1 结构设计的要求	29
2.1.1 结构的功能要求	29
2.1.2 结构的极限状态	30
2.2 结构的作用、作用效应和结构抗力	32
2.2.1 结构的作用和作用效应 S	32
2.2.2 结构抗力 R	36
2.3 概率极限状态设计方法	37
2.3.1 结构的可靠性	37
2.3.2 结构可靠度与失效概率	38

2.3.3	结构构件的可靠指标 β	39
2.3.4	结构目标可靠指标	39
2.4	按承载能力极限状态计算	40
2.4.1	设计表达式	40
2.4.2	荷载效应组合	41
2.5	按正常使用极限状态计算	43
	思考题	45
	习题	45
第三章	受弯构件正截面承载力计算	46
3.1	概述	46
3.1.1	基本概念	46
3.1.2	梁板结构的构造要求	46
3.2	受弯构件正截面的受力特性	50
3.2.1	适筋梁正截面受弯承载力试验	50
3.2.2	正截面受弯的三种破坏形态	53
3.3	正截面受弯承载力计算原理	55
3.3.1	基本假定	55
3.3.2	受压区混凝土等效矩形应力图形	56
3.3.3	界限相对受压区高度及最大配筋率	57
3.3.4	最小配筋率	58
3.4	单筋矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算	59
3.4.1	基本计算公式及适用条件	59
3.4.2	基本计算公式的应用	60
3.4.3	表格计算法	61
3.5	双筋矩形截面受弯构件正截面受弯承载力计算	63
3.5.1	引言	63
3.5.2	基本计算公式及适用条件	64
3.5.3	基本计算公式的应用	66
3.6	T形截面受弯构件正截面受弯承载力计算	70
3.6.1	引言	70
3.6.2	基本计算公式及适用条件	71
3.6.3	基本计算公式的应用	73
	思考题	77
	习题	78
第四章	受弯构件斜截面承载力计算	80
4.1	概述	80
4.2	无腹筋梁的斜截面受剪承载力	81
4.2.1	梁的斜截面破坏类型	81

4.2.2	无腹筋梁的斜截面剪切破坏形态	83
4.2.3	无腹筋梁斜截面承载力	84
4.2.4	无腹筋梁的构造配筋	84
4.2.5	无腹筋单向板的受剪承载力	84
4.3	有腹筋梁的斜截面受剪承载力	85
4.3.1	有腹筋梁的受力模型	85
4.3.2	影响斜截面承载力的主要因素	86
4.3.3	斜截面受剪承载力计算公式	87
4.3.4	保证斜截面受弯承载力的构造措施	93
4.3.5	设计例题	98
4.4	钢筋的构造要求	101
4.4.1	钢筋的锚固长度	101
4.4.2	钢筋在支座处的锚固	103
4.4.3	箍筋	103
4.4.4	弯起钢筋	104
4.4.5	钢筋的连接	105
	思考题	107
	习题	107
第五章	受扭构件扭曲截面承载力计算	109
5.1	概述	109
5.2	试验研究分析	109
5.3	矩形截面纯扭构件的承载力	111
5.3.1	开裂扭矩的计算	111
5.3.2	受扭承载力的计算	112
5.4	矩形截面弯剪扭构件的承载力	114
5.4.1	破坏类型	114
5.4.2	弯剪扭构件的承载力计算方法	115
5.4.3	弯剪扭构件的承载力计算	118
5.5	T形和工字形截面弯剪扭构件的承载力	122
5.6	构造要求	127
	思考题	127
	习题	128
第六章	受压构件的截面承载力计算	129
6.1	概述	129
6.1.1	受压构件的类型	129
6.1.2	受压构件的构造要求	130
6.2	轴心受压构件的正截面承载力计算	132
6.2.1	普通箍筋柱	133

6.2.2 螺旋箍筋柱	137
6.3 偏心受压构件正截面受压破坏形态	141
6.3.1 偏心受压构件正截面的破坏特征	142
6.3.2 大小偏心受压界限	144
6.3.3 附加偏心距和初始偏心距	144
6.3.4 轴向力偏心距增大系数	145
6.4 矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力基本计算公式	147
6.4.1 大偏心受压	147
6.4.2 小偏心受压	148
6.5 非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	150
6.5.1 大小偏心受压构件的判别	150
6.5.2 截面设计	150
6.5.3 截面复核	152
6.6 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	162
6.6.1 截面设计	162
6.6.2 截面复核	164
6.7 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	167
6.7.1 大偏心受压	167
6.7.2 小偏心受压	169
6.8 N_u-M_u 相关曲线	173
6.9 双向偏心受压构件的正截面承载力计算	175
6.10 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	178
思考题	180
习题	181
第七章 受拉构件的截面承载力计算	183
7.1 概述	183
7.2 轴心受拉构件正截面承载力计算	183
7.3 偏心受拉构件正截面承载力计算	183
7.3.1 小偏心受拉	183
7.3.2 大偏心受拉	185
7.4 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	187
思考题	187
习题	187
第八章 钢筋混凝土构件的裂缝、变形和耐久性设计	189
8.1 概述	189
8.2 裂缝宽度的验算	189
8.2.1 引言	189
8.2.2 裂缝的出现、分布与发展	190

8.2.3	平均裂缝间距	191
8.2.4	平均裂缝宽度	192
8.2.5	最大裂缝宽度	195
8.3	变形验算	197
8.3.1	引言	197
8.3.2	钢筋混凝土受弯构件的截面刚度	198
8.3.3	最小刚度原则与挠度计算	201
8.4	混凝土结构的耐久性	205
8.4.1	耐久性的概念与主要影响因素	205
8.4.2	混凝土的碳化	207
8.4.3	钢筋的锈蚀	209
8.4.4	耐久性设计	211
	思考题	212
	习题	212
第九章	预应力混凝土构件的计算	214
9.1	概述	214
9.1.1	预应力混凝土的基本概念	214
9.1.2	预应力混凝土的等级与分类	215
9.1.3	预应力度	216
9.1.4	全预应力混凝土和部分预应力混凝土	217
9.2	施加预应力的方法	217
9.2.1	先张法	217
9.2.2	后张法	218
9.2.3	先张法与后张法比较	218
9.3	预应力混凝土的材料	220
9.3.1	预应力筋	220
9.3.2	混凝土	222
9.3.3	锚具与夹具	222
9.4	预应力损失	225
9.4.1	预应力钢筋的张拉控制应力	225
9.4.2	预应力损失	226
9.5	预应力混凝土轴心受拉构件的计算	231
9.5.1	施工阶段预应力张拉应力分析	231
9.5.2	正常使用阶段应力分析	235
9.5.3	承载能力极限状态	236
9.5.4	预应力混凝土轴心受拉构件的计算与验算	236
9.6	预应力混凝土受弯构件的计算	243
9.6.1	预应力张拉施工阶段应力分析	243

9.6.2	正常使用阶段应力分析	246
9.6.3	施工阶段混凝土应力控制验算	247
9.6.4	正常使用极限状态验算	249
9.6.5	正截面承载力计算	253
9.6.6	斜截面承载力计算	255
9.6.7	先张法预应力的传递长度	256
9.7	预应力混凝土构件的构造要求	261
	思考题	264
	习题	264
第十章	混凝土结构按《公路桥涵设计规范》的设计计算	265
10.1	概率极限状态设计法及其在《公路桥涵设计规范》中的应用	265
10.1.1	概率极限状态设计法的概念	265
10.1.2	桥涵结构上的作用规定	265
10.1.3	极限状态设计的基本概念	268
10.1.4	公路桥涵结构承载能力极限状态设计原则	270
10.1.5	公路桥涵结构正常使用极限状态设计原则	273
10.1.6	材料强度的标准值和设计值	274
10.2	受弯构件正截面承载力计算	278
10.2.1	引言	278
10.2.2	钢筋混凝土受弯构件的截面形式与构造	279
10.2.3	受弯构件受力分析	284
10.2.4	单筋矩形截面受弯构件正截面承载能力计算	286
10.2.5	双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	290
10.2.6	T形截面受弯构件正截面承载力计算	293
10.3	受弯构件斜截面承载力计算	300
10.3.1	引言	300
10.3.2	受力分析	300
10.3.3	斜截面抗剪承载力计算	302
10.3.4	斜截面抗弯承载力计算	308
10.4	钢筋混凝土受压构件承载力计算	310
10.4.1	轴心受压构件承载力计算	310
10.4.2	偏心受压构件承载力计算	315
10.5	受弯构件的应力、裂缝和变形验算	320
10.5.1	引言	320
10.5.2	换算截面	321
10.5.3	受弯构件在施工阶段的应力计算	324
10.5.4	裂缝的特性分析	326
10.5.5	最大裂缝宽度验算	327

10.5.6 受弯构件的变形验算	330
10.6 预应力混凝土构件设计	334
10.6.1 预应力损失值的估算	334
10.6.2 预应力混凝土受弯构件承载能力极限状态计算	341
思考题	345
习题	346
附录 1 各种计算附表	347
附录 2 与时间相关的预应力损失	353
主要参考文献	355

绪 论

0.1 混凝土结构的基本概念

以混凝土为主要材料制成的结构称为混凝土结构,包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构和预应力混凝土结构等。

素混凝土结构是指不配置任何钢材的混凝土结构。

钢筋混凝土结构是指用圆钢筋作为配筋的普通混凝土结构。

型钢混凝土结构又称为钢骨混凝土结构,它是指用型钢或用钢板焊成的钢骨架作为配筋的混凝土结构,又称为劲性混凝土结构。

钢管混凝土结构是指在钢管内浇筑混凝土做成的结构。

预应力混凝土结构是指在结构构件中配置预应力钢筋,再经过张拉或其他方法建立预加应力的结构。

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种物理-力学性能完全不同的材料所组成。混凝土的抗压能力较强而抗拉能力却很弱。钢材的抗拉和抗压能力都很强。为了充分利用材料的性能,把混凝土和钢筋这两种材料结合在一起共同工作,使混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力以满足工程结构的使用要求。

图 0.1(a)、(b)分别表示素混凝土简支梁和钢筋混凝土简支梁的受力和破坏形态。对简支梁而言,在外加集中力和自重作用下,梁截面的上部受压,下部受拉。对素混凝土梁,由于混凝土的抗拉性能很差,在不大的荷载作用下,梁的受拉区边缘一旦出现裂缝,就会突然断裂,破坏前变形很小,没有预兆。如果在素混凝土构件的受拉区配置一定数量的钢筋之后构成钢筋混凝土梁,其承载力和破坏性能可大为改善。钢筋混凝土梁中钢筋主要承受梁中和轴以下受拉区的拉力,混凝土主要承受梁中和轴以上受压区的压力。由于钢筋的抗拉能力和混凝土的抗压能力都很大,即使受拉区的混凝土开裂后梁仍可以继续承受相当大的荷载,直到受拉钢筋达到屈服强度以后,荷载再略有增加,受压区混凝土被压碎,梁才破坏。破坏前,梁变形较大,有明显预兆,属于延性破坏类型。可见,与素混凝土梁相比,钢筋混凝土梁的承载能力和变形能力都有很大提高,并且钢筋与混凝土两种材料的强度都能得到较充分的利用。

钢筋和混凝土这两种性能不同的材料之所以能有效地结合在一起而共同工作,主要是由于:①混凝土硬化后钢筋与混凝土之间产生了良好的粘结力,使二者可靠地结合在一起,从而保证在外荷载作用下,钢筋与相邻的混凝土能够共同变形;②钢筋与混凝土两种

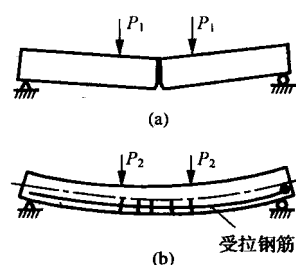


图 0.1 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

材料的温度线膨胀系数较接近(钢为 1.2×10^{-5} , 混凝土为 $1.0 \sim 1.5 \times 10^{-5}$), 当温度变化时, 二者间不会因产生较大的相对变形而破坏它们之间的粘结; ③钢筋至构件边缘之间的混凝土保护层, 起着防止钢筋发生锈蚀的作用, 保证结构的耐久性。

钢筋混凝土结构除了较合理地利用钢筋和混凝土两种材料的性能外, 还具有下列优点:

(1) 耐久性好。密实的混凝土具有较高的强度, 且钢筋受混凝土保护而不易锈蚀, 所以钢筋混凝土结构的耐久性好, 不像钢结构那样需要定期维护。

(2) 耐火性好。混凝土包裹在钢筋外面, 火灾时钢筋不会很快达到软化温度而导致结构整体破坏。与裸露的钢结构、木结构相比, 其耐火性要好。

(3) 整体性好、刚度大。现浇式或装配整体式钢筋混凝土结构的整体性好、刚度大。

(4) 可模性好。钢筋混凝土可根据需要浇制成各种形状和尺寸的结构。

(5) 就地取材。钢筋混凝土中所用的砂和石, 一般均易于就地取材。另外, 还可以将工业废料(如粉煤灰、矿渣等)制成人造骨料用于钢筋混凝土结构中, 有利于节能减排。

(6) 节约钢材。钢筋混凝土结构的承载力较高, 在某些情况下可以代替钢结构, 从而节约钢材并降低造价。

钢筋混凝土结构也具有下述主要缺点:

(1) 自重大。不利于建造大跨度结构及超高层建筑, 也不利于结构的抗震。

(2) 抗裂性差。混凝土的抗拉强度非常低, 因此普通钢筋混凝土结构经常带裂缝工作。

(3) 施工复杂。浇筑混凝土时需要模板和支撑, 户外施工受到季节气候条件的限制。

(4) 补强修复较困难, 隔热、隔声性能较差。

这些缺点在一定程度上限制了钢筋混凝土结构的应用范围, 如不适用于大跨度桥梁、超高层建筑等。随着科学技术的发展, 这些缺点正在得到克服和改善。例如, 采用能利用高强材料的预应力混凝土结构可以提高构件的抗裂性, 扩大应用范围; 采用预制装配式构件可以节约模板和支撑, 加快施工速度, 保证质量, 使工程不受季节和气候条件的影响; 发展轻质高强混凝土可以有效地减轻结构自重等。

钢筋混凝土结构具有很多优点, 且其缺点正在不断地被克服, 所以它在房屋建筑、地下结构、桥梁隧道、水工海港等土木工程中得到了广泛应用。

0.2 混凝土结构的发展与应用概况

钢筋混凝土结构出现至今约有 150 年的历史。与钢、木和砌体结构相比, 由于它在物理力学性能及材料来源等方面有许多优点, 所以其发展速度很快, 应用也最广泛。1824 年英国人 Aspdin 发明波特兰水泥以后才开始有混凝土。1849 年法国人 Lambot 用水泥砂浆涂抹在铁丝网两面做成小船, 出现了最早期的钢筋混凝土结构。但一般人认为发明钢筋混凝土结构的是法国花匠 Monier, 他在 1861 年制成了用铁丝作为配筋的花盆, 1867 年获得做这种花盆的专利权。后来他又继续获得制造钢筋混凝土板、管道、拱桥等的专利。但是他并不懂得钢筋混凝土结构的原理, 只是将钢筋设置在板的中部。1884 年德国

人 Wayss、Bauschinger 和 Koenen 等提出了钢筋应配置在结构中受拉力部位的概念和钢筋混凝土板的计算方法以后,钢筋混凝土结构逐渐得到了推广。混凝土结构的发展,大体上可以分为三个阶段。

第一阶段是从钢筋混凝土结构发明至 20 世纪初。这一阶段,所采用的钢筋和混凝土的强度都比较低,主要用来建造中小跨度的楼板、梁、拱和基础等构件。计算理论则套用弹性理论,设计则采用容许应力法。

第二阶段是从 20 世纪初到第二次世界大战前后。这一阶段的重要成就是预应力混凝土的发明和应用,混凝土和钢筋强度有所提高,钢筋混凝土被用来建造大跨空间结构。在计算理论上,已开始考虑材料的塑性,如板的塑性铰线理论。钢筋混凝土截面已经开始按破损阶段计算破坏承载力。

第三阶段是第二次世界大战以后直到现在。这一阶段的主要成就是:高强混凝土和高强钢筋的出现及其广泛应用;预制混凝土构件,采用泵送商品混凝土生产混凝土结构;许多大型结构工程的兴建,如超高层建筑、大跨桥梁、特长的跨海隧道、高耸结构等;在计算理论方面已经过渡到充分考虑混凝土和钢筋塑性的极限状态设计理论;在设计方法方面已过渡到以概率论为基础的多系数表达的设计公式。

目前我国每年混凝土用量约 9 亿 m^3 ,钢筋用量约 2000 万 t。经测算,我国每年仅混凝土结构耗资 2000 亿元以上,在生产上用量之大、耗资之巨,居世界前列。可以预见,混凝土将是我国今后相当长时期内一种重要的工程结构材料,混凝土的发展可以从以下几个方面做简要介绍。

0.2.1 材料

1. 混凝土

组成混凝土结构的主体材料混凝土的主要发展方向是高强、轻质、耐久、高流动性及提高抗裂、抗爆性能。

1) 高性能混凝土

所谓高性能混凝土是指混凝土具有高强度、高耐久性、高流动性等多方面优越性能的混凝土,它是近年来混凝土材料发展的一个重要方向。提高混凝土强度可减小截面尺寸、减轻自重,是发展高层建筑、高耸结构、大跨结构的重要措施。目前国内常用混凝土的强度等级为 C20~C40,国外发达国家常用的强度等级在 C60 以上。在实验室内,我国已制成 C100 以上的混凝土,美国已制成 C200 混凝土。预计在不远的将来,特种混凝土的抗压强度可达 $400\text{N}/\text{mm}^2$ 。随着混凝土抗压强度的提高,混凝土的脆性增加,研制出塑性好的高强混凝土是当今要研究的问题。

2) 轻质混凝土

为了减轻混凝土结构自重,国内外都在大力发展轻质混凝土。轻质混凝土主要采用轻质骨料。轻质骨料有天然轻骨料(如浮石、凝灰岩等)、人造轻骨料(页岩陶粒、黏土陶粒、膨胀珍珠岩等)和工业废料(如炉渣、矿渣、粉煤灰等)。如今,国外发达国家轻骨料混凝土的应用已取得了丰富的经验。CL50~CL60 轻骨料混凝土已在工程中大量使用,结

构轻骨料混凝土的抗压强度最高为 80MPa。例如,英国采用高强轻骨料混凝土建造了北海石油平台;挪威已成功应用 CL60 级轻骨料混凝土建造了世界上跨度最大的悬臂桥。我国也从 20 世纪 50 年代开始研究人造轻骨料,先后研制成黏土陶粒、页岩陶粒和烧结粉煤灰陶粒。但是,由于我国的轻骨料质量较差,以粉煤灰为主的其他品种陶粒的质量不尽如人意,所配制的结构用轻骨料混凝土的密度较大,而强度偏低,使其应用和发展受到一定的限制。

3) 改良混凝土

改良混凝土主要包括纤维混凝土、树脂混凝土、膨胀混凝土等。

纤维混凝土是在混凝土中掺加纤维以改善其抗拉性能和延性,目前主要有钢纤维、玻璃纤维、聚丙烯纤维或尼龙合成纤维、植物纤维等。纤维混凝土因为改善了混凝土的抗裂性、耐磨性和延性,在一些有特殊要求的工程中已开始应用。目前应用较多的是钢纤维混凝土,但钢纤维的生产加工和拌和比较落后、麻烦,成本也较高。今后随着生产工艺的改进,纤维混凝土可望在高层建筑、桥梁、地下、水工、核电站等各个方面进一步推广应用。

树脂混凝土是树脂和混凝土复合而成的新型材料,常用的树脂有聚酯树脂和环氧树脂,目前大多数处于实验研究阶段。实验研究显示,树脂混凝土不仅抗压性能好,抗拉性能也好,而且成型性好、耐腐蚀性强。

此外,膨胀混凝土、加气混凝土、聚合物混凝土、石膏混凝土等也得到开发和应用。

4) 其他混凝土

其他混凝土如泵送混凝土、液态混凝土应用得比较广泛。另外还有水下混凝土、喷射混凝土、免振捣混凝土等也得到了应用。

2. 钢筋

我国普通钢筋混凝土结构中的钢筋主要有 HPB235 级、HRB335 级以及 HRB400 级。其中,后两种钢筋均为带肋钢筋,粘结力较好。在预应力混凝土结构中应用的高强钢丝其强度已达 $1860\text{N}/\text{mm}^2$,今后钢筋及钢丝的强度可望进一步提高。为了增强结构的耐久性,钢筋的防锈、防腐问题日益得到重视,研制低成本、高抗腐蚀性能的钢筋是主要研究课题。目前也有人研究纤维筋,其强度很高、自重很轻、不腐蚀,但成本昂贵。

0.2.2 结构

钢-混凝土组合结构由于能够充分发挥钢材和混凝土两种材料各自的优点,自问世以来得到了迅速发展。型钢与混凝土组合用于桥梁、房屋建筑已经有一段历史。在约束混凝土概念的指导下,外包钢筋混凝土组合柱已经在火电厂主厂房、石油化工企业的构筑物中得到应用。钢管混凝土在地下铁道、桥梁、高层建筑中已开始广泛应用。钢-混凝土组合结构、钢管混凝土(劲性钢筋混凝土)和钢管混凝土由于具有强度高、截面小、延性好的优点,加之施工简化(钢管可代替支架,钢板、钢管可作模板使用等)、工期缩短,在今后必将得到更加广泛的应用。

预应力混凝土是 20 世纪工程结构的重大发明之一,现在已经用于先张法、后张法、无粘结预应力等技术,其中无粘结筋预应力混凝土结构在我国得到了很好的发展。无粘结

筋是由单根或多根高强钢丝、钢绞线或钢筋,沿全长涂抹防腐油脂并用聚苯乙烯热塑管包裹而成。张拉时无粘结筋与周围混凝土产生纵向相对滑动。无粘结筋像普通钢筋一样敷设,然后浇筑混凝土,待混凝土达到规定的强度后进行张拉和锚固,省去了传统后张预应力混凝土预埋管道、穿索、压浆等工艺,节省了施工设备,缩短了工期,节约了造价,取得了综合经济效益,我国目前已在房屋建筑和公路桥梁中应用。

在工程结构的实践上,许多大型、巨型工程都将应用混凝土结构。人口增长,城市发展,土建工程会向空间发展(如超高层建筑等)和向地下发展(如地下交通、地下商场等)及向海洋发展(如填海造地、人工岛等),这些工程的建设必将扩大混凝土的应用,建造出更加宏伟的建筑来。2008年5月,横跨中国杭州湾海域的跨海大桥试运营通车,该桥全长36km,是目前世界上最长的跨海大桥。

0.2.3 计算理论

20世纪30年代以前,钢筋混凝土被视为理想弹性材料,按材料力学的允许应力法进行设计计算,但从20世纪初即开始了对钢筋混凝土构件考虑材料塑性性能的研究。前苏联在1938年颁布了世界上第一本按破损阶段设计钢筋混凝土构件的规范,标志着钢筋混凝土构件承载力计算的实用方法进入了一个新的发展阶段。20世纪30年代以后,在钢筋混凝土超静定结构中考虑塑性内力重分布的计算理论也取得了很大进展,从20世纪50年代开始,已在双向板、连续梁及框架的设计中得到了应用。20世纪60年代以来,随着电子计算机的普及与计算力学的发展,有限元法被用于钢筋混凝土的理论研究与设计计算,大大促进了钢筋混凝土理论及设计方法的发展。

在结构的安全度及可靠度设计方法方面,20世纪50年代以前,基本上处于经验性的允许应力法阶段。20世纪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。20世纪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的发展,使结构可靠度的近似概率法进入了工程设计中。

0.3 本课程的特点与学习方法

混凝土结构是土木、建筑、水利工程中最基本的结构形式,本课程也是土木工程专业极为重要的课程。本课程主要讲述混凝土构件的受力性能、设计计算方法和配筋构造等内容。通过本课程的学习,并通过课程设计和毕业设计等实践性教学环节,使学生初步具有运用这些理论知识正确进行混凝土结构设计和解决实际工程技术问题的能力。

学习本课程时,应注意以下几点:

(1) 对钢筋混凝土结构的材料特性应有深刻把握。本课程主要探讨钢筋混凝土构件的受力性能、设计计算方法及配筋构造,是各种建筑结构和构筑物设计的基础,性质上相当于钢筋混凝土的材料力学。但是材料力学的研究对象是单一、匀质、连续的弹性材料,而本课程的研究对象是由钢筋和混凝土两种材料组成的构件,其中混凝土是非匀质、非连续、非弹性的材料,钢筋屈服之后也呈现出塑性性质,因此,本课程中材料力学的公式很简洁,可以直接应用,但是解决问题的方法仍可适用,如通过几何、物理、平衡关系建立基本

方程。

另外,钢筋混凝土构件是由钢筋和混凝土两种材料构成,因此这两种材料之间的配比应在合理的范围之内,才能够良好地工作,即钢筋和混凝土两种材料在强度和数量上的配比应适中,在一定的界限范围内,若超过界限其受力性能将发生改变。这一点在以后的相应章节中将有充分体现。

(2) 要深刻理解计算公式的适用范围和应用条件。钢筋混凝土构件的计算方法是建立在实验基础上的。由于混凝土材料性能及受力性能的复杂性,目前还没有建立起比较完整的强度理论;有关混凝土的强度和变形的规律,在很大程度上是依靠大量试验资料的统计分析后给出的经验关系。因此,钢筋混凝土构件的计算公式中有很多是根据实验研究得到的半理论半经验公式,在学习和运用这些公式时要特别注意它的适用范围和应用条件。

(3) 要学会对各种因素进行综合分析的设计方法。本课程的主要任务是进行结构构件的设计,包括方案、截面形式及材料的选择、配筋构造等。结构设计是一个综合性的问题,不仅要确保结构的安全性、适用性和耐久性,同时还要考虑其经济性以及施工可行性等方面的因素。同一构件在给定荷载作用下可以有不同的截面形式、尺寸、配筋方式、配筋数量等多种方案,这时往往需要进行适用、材料用量、造价、施工等各项指标的综合分析比较,才能做出合理的选择。学习本课程时,要学会对多种因素进行综合分析的设计方法。

(4) 要学会运用国家及相关部门的技术标准和设计规范。为了指导建筑结构设计工作,各国都制定了专门的技术标准和设计规范。设计规范是国家颁布的关于设计计算和构造要求的技术规定和标准,是带有一定约束性和立法性的文件。其目的是贯彻国家的技术经济政策,保证设计的质量,达到设计方法上必要的统一化和标准化。在学习混凝土结构时,应该很好地熟悉、掌握和运用它们。同时我们也应注意到,混凝土结构是一门正在发展的学科,许多计算方法和构造措施还不一定完全合理,每隔一段时间都要对其结构设计标准或规范进行修订,使之更加完善。因此,在学习本课程的过程中,不仅要很好地掌握和运用相关设计规范,同时要用发展的观点对待规范,善于发现问题,为混凝土结构学科的良好发展做贡献。