



高等学校**应用型本科**规划教材

结构设计原理学习指导

主 编 安静波 刘俊玲
主 审 杨美良



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校应用型本科规划教材

Jiegou Sheji Yuanli Xuexi Zhidao 结构设计原理学习指导

主编 安静波 刘俊玲
主审 杨美良

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是高等学校应用型本科教材《结构设计原理》的配套教材。配合《结构设计原理》的章节安排,本书详细介绍了各部分知识的重点、难点,同时对一些常见问题进行了释义,每章还编写了综合训练及参考答案,以便加深学生对重点知识的理解和运用。

本书是高等学校应用型本科规划教材之一,适用于应用型本科院校学生、继续教育学院本专科学生和高职高专院校专升本学生,也可供其他相关专业学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

结构设计原理学习指导 / 安静波, 刘俊玲主编. —北京:
人民交通出版社, 2007.4
高等学校应用型本科规划教材
ISBN 978-7-114-06468-5

I. 结... II. ①安...②刘... III. 桥涵工程-结构设计-
高等学校-教材 IV.U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 041595 号

高等学校应用型本科规划教材

书 名: 结构设计原理学习指导
著 作 者: 安静波 刘俊玲
责任编辑: 毛 鹏
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) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 20.75
字 数: 520 千
版 次: 2007年4月 第1版
印 次: 2007年4月 第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-06468-5
定 价: 35.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

高等学校应用型本科规划教材

编 委 会

主 任 委 员：张起森

副主任委员：(按姓氏笔画序)

万德臣	马鹤龄	王 彤	刘培文
伍必庆	李香菊	张维全	杨少伟
杨渡军	赵丕友	赵永平	倪宏革
章剑青			

编 写 委 员：(按姓氏笔画序)

于吉太	于少春	王丽荣	王保群
朱 霞	张永清	陈道军	赵志蒙
查旭东	高清莹	曹晓岩	葛建民
韩雪峰	蔡 瑛		

主要参编院校：

长沙理工大学	长安大学
重庆交通大学	东南大学
华中科技大学	山东交通学院
黑龙江工程学院	内蒙古大学
北京交通管理干部学院	辽宁交通高等专科学校
鲁东大学	

秘 书 组：毛 鹏 岑 瑜 (人民交通出版社)

前 言

《结构设计原理学习指导》主要是为了配合《结构设计原理》课程的教学而编写的，所依据的规范是交通部的《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)、《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ 025—86)，同时参考现行国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)等。

本书是高等学校应用型本科规划教材之一，配套《结构设计原理》教材使用。为了满足应用型本科土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业及其相关专业学生学习的要求，本书根据多年的教学和工程实践经验，对《结构设计原理》各章内容进行认真分析，注重加强应用环节，同时也为学生学习新规范提供了指导，以满足学生的自学需要。

本书共分五篇二十一章，每章均由三大块组成：基本内容、问题释义与算例、综合训练与参考答案。基本内容部分是针对教学的重点和难点的提炼；问题释义与算例部分主要是针对重点和难点内容的深化理解，阐述相关理论的应用和产生的背景与条件，并列出了典型的计算题；综合训练与参考答案部分为学生巩固学习内容提供了自我检查。问题释义与算例、综合训练基本涵盖了本课程的主要内容。

参加本书编写的人员有：黑龙江工程学院宫旭黎（第二章、第四章）；李连志（第三章、第七章）；李淑英（第九章、第二十一章）；刘俊玲（第十六章、第十七章、第十八章、第十九章）；安静波（第一章、第六章、第八章、第十四章、第十五章、第二十章）；安徽理工大学王长柏（第五章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章）。本书由黑龙江工程学院安静波和刘俊玲担任主编，由长沙理工大学杨美良教授主审。

由于编者水平有限，对有关规范理解还不够透彻，加之编写时间紧，所以难免有缺陷和疏漏之处，恳请广大读者提出宝贵意见、批评指正。

编 者
2007年1月

目 录

第一篇 钢筋混凝土结构

第一章 钢筋混凝土总论	1
第一节 钢筋混凝土结构及特点	1
第二节 钢筋混凝土结构的应用	2
第三节 问题释义	3
第二章 钢筋混凝土材料	6
第一节 混凝土的强度	6
第二节 混凝土的变形、混凝土的模量	8
第三节 钢筋分类、钢筋的强度、钢筋的塑性性能	11
第四节 钢筋与混凝土粘结性能	13
第五节 问题释义	15
第六节 综合训练及参考答案	16
第三章 概率极限状态设计方法	19
第一节 结构的功能要求、安全等级	20
第二节 极限状态、结构的失效概率和可靠指标	21
第三节 材料强度的标准值和设计值	25
第四节 结构上的作用、作用的代表值, 作用的效应组合	25
第五节 承载力极限状态、正常使用极限状态设计的基本表达式	27
第六节 结构的承载力设计值	28
第七节 承载能力极限状态设计法的设计步骤	29
第八节 问题释义	29
第九节 综合训练及参考答案	31
第四章 受弯构件正截面承载力计算	36
第一节 受弯构件构造要求	36
第二节 受弯构件正截面工作的三个阶段、正截面破坏特征	41
第三节 正截面承载力计算的一般规定	42
第四节 单筋矩形截面的计算公式、适用条件及公式的应用	43
第五节 双筋矩形截面的计算公式、适用条件及公式的应用	46
第六节 T形截面的计算公式、适用条件及公式的应用	49
第七节 问题释义与算例	51
第八节 综合训练及参考答案	59

第五章 受弯构件斜截面承载力计算	62
第一节 受弯构件斜截面破坏形态, 影响斜截面承载力的主要因素	62
第二节 受弯构件斜截面抗剪承载力公式、适用条件及公式的应用	62
第三节 受弯构件斜截面抗弯承载力的计算与要求	66
第四节 全梁承载力校核的过程与要求	67
第五节 问题释义与算例	68
第六节 综合训练及参考答案	75
第六章 受扭构件承载力计算	79
第一节 矩形截面纯扭构件的破坏特征, 抗扭承载力计算公式	79
第二节 箱形截面、T形截面和I形截面钢筋混凝土纯扭构件承载力公式	82
第三节 矩形截面弯剪扭构件的承载力计算	83
第四节 箱形截面、T形截面、I形截面钢筋混凝土弯剪扭构件承载力	85
第五节 问题释义与算例	86
第六节 综合训练及参考答案	94
第七章 受压构件承载力计算	97
第一节 轴心受压构件破坏形态、承载力计算公式和构造要求	98
第二节 偏心受压构件的破坏特征, 两种偏心受压破坏的本质区别	102
第三节 偏心距增大系数的含义及计算方法	104
第四节 矩形截面偏心受压构件对称配筋承载力计算	105
第五节 矩形截面偏心受压构件非对称配筋承载力计算	106
第六节 I形、T形和圆形截面偏心受压构件正截面承载力计算	111
第七节 问题释义与算例	117
第八节 综合训练及参考答案	119
第八章 受拉构件承载力计算	127
第一节 轴心、偏心受拉构件的承载力计算	127
第二节 问题释义与算例	129
第三节 综合训练及参考答案	133
第九章 受弯构件应力、裂缝和变形计算	135
第一节 正常使用阶段验算的意义、内容	135
第二节 换算截面的概念	136
第三节 受弯构件施工阶段应力计算	138
第四节 裂缝的种类、特征	138
第五节 裂缝宽度的计算, 影响裂缝宽度的因素	139
第六节 受弯构件刚度的概念及变形计算	141
第七节 混凝土结构耐久性的概念	141
第八节 影响结构材料耐久性的因素及耐久性要求	142
第九节 问题释义与算例	142
第十节 综合训练及参考答案	149

第二篇 预应力混凝土结构

第十章 预应力混凝土总论	151
第一节 预应力混凝土结构原理	151
第二节 预应力混凝土结构的特点与应用	153
第三节 问题释义	153
第四节 综合训练及参考答案	153
第十一章 预应力混凝土材料与施工	155
第一节 预应力混凝土结构对钢筋的要求	155
第二节 预应力混凝土结构对混凝土的要求	155
第三节 锚夹具的使用	156
第四节 建立混凝土预应力的方法特点	156
第五节 问题释义	157
第六节 综合训练及参考答案	157
第十二章 预应力混凝土受弯构件计算	159
第一节 钢筋的张拉控制应力, 预应力损失, 有效预应力	159
第二节 预应力混凝土梁施工、使用阶段的受力	162
第三节 构件施工阶段的应力验算要求	163
第四节 构件使用阶段的应力验算要求	163
第五节 预应力混凝土构件正截面、斜截面承载力计算公式	164
第六节 预应力混凝土构件使用阶段正截面、斜截面抗裂验算	165
第七节 总挠度计算	167
第八节 锚固区承压验算	167
第九节 预应力混凝土简支梁设计要点	169
第十节 问题释义与算例	172
第十一节 综合训练及参考答案	179
第十三章 其他预应力混凝土结构	186
第一节 部分预应力混凝土结构的特点	186
第二节 部分预应力混凝土结构承载力计算方法	187
第三节 部分预应力混凝土结构裂缝宽度验算、挠度验算	188
第四节 无粘结预应力混凝土结构特点, 正截面承载力计算方法	189
第五节 问题释义与算例	190
第六节 综合训练及参考答案	194

第三篇 圬工结构

第十四章 圬工结构基本概念与材料	197
第一节 圬工结构特点	197
第二节 圬工结构材料	197
第三节 砌体强度指标确定, 砌体的弹性模量	198

第四节	问题释义·····	199
第五节	综合训练及参考答案·····	200
第十五章	圬工结构构件承载力计算·····	202
第一节	轴心、偏心受压构件正截面承载力计算方法·····	202
第二节	受弯、受剪构件及局部承压承载力计算方法·····	205
第三节	问题释义与算例·····	206
第四节	综合训练及参考答案·····	211

第四篇 钢 结 构

第十六章	钢结构材料·····	214
第一节	钢结构的特点与应用·····	214
第二节	钢结构用钢材的机械性能·····	215
第三节	钢材的种类及影响钢材机械性能的因素、钢材的疲劳·····	218
第四节	问题释义·····	222
第五节	综合训练及参考答案·····	225
第十七章	钢结构的连接·····	228
第一节	钢材焊接的形式,焊缝计算·····	228
第二节	普通螺栓连接、铆钉连接·····	233
第三节	高强度螺栓连接的特点与计算·····	238
第四节	问题释义与算例·····	239
第五节	综合训练及参考答案·····	247
第十八章	轴心受力构件计算·····	251
第一节	轴心受拉构件的截面形式、强度验算、刚度验算·····	251
第二节	实腹式轴心受压构件设计方法·····	252
第三节	组合式轴心受压构件设计方法·····	252
第四节	偏心受拉、受压构件设计方法·····	254
第五节	问题释义与算例·····	256
第六节	综合训练及参考答案·····	265
第十九章	钢桁架与钢板梁·····	268
第一节	钢桁架组成特点、设计要求、节点设计·····	268
第二节	钢板梁构造要求、设计方法·····	269
第三节	问题释义与算例·····	273
第四节	综合训练及参考答案·····	277

第五篇 其 他 结 构

第二十章	钢管混凝土结构·····	281
第一节	钢管混凝土基本原理、特点·····	281
第二节	钢管混凝土受压承载力计算·····	281
第三节	问题释义·····	282
第四节	综合训练及参考答案·····	283

第二十一章 钢—混凝土组合结构..... 286

第一节 钢—混凝土组合结构梁基本概念..... 286

第二节 截面设计方法..... 286

第三节 连接件的设计与构造要求..... 288

第四节 问题释义与算例..... 289

第五节 综合训练及参考答案..... 292

附录 1 模拟试题 294

附录 2 附表 306

参考文献..... 317

第一篇 钢筋混凝土结构

第一章 钢筋混凝土总论

第一节 钢筋混凝土结构及特点

我国国家标准《工程结构设计基本术语和通用符号》(GBJ 132—90)规定,凡是以混凝土为主要材料制作的结构,称为混凝土结构。它既包括素混凝土结构,也包括钢筋混凝土结构、劲性混凝土结构、预应力混凝土结构等多种结构。

一、钢筋混凝土结构

素混凝土结构是由无筋或不配受力钢筋的混凝土制成的结构。钢筋混凝土结构是指由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。钢筋混凝土结构中,主要利用混凝土的抗压能力、钢筋的抗拉和抗压能力。

在钢筋混凝土结构或构件中,钢筋和混凝土不是任意结合的,是根据结构和构件的形式和受力特点,主要在受拉部位布置一定形式和数量的钢筋,有时也在受压部位布置钢筋。钢筋混凝土受弯梁中的受弯承载能力主要考虑受压区混凝土和钢筋的抗压能力、受拉区钢筋的抗拉能力,钢筋混凝土柱的承载能力主要考虑混凝土的抗压能力和钢筋的抗拉、抗压能力。

钢筋与混凝土为什么能共同工作,主要的原因是:首先,混凝土结硬后,能与钢筋牢固地粘结在一起,相互传递应力,粘结力是两种性质不同的材料能共同工作的基础;其次,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 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,二者数值相近。因此,当温度变化时,钢筋与混凝土之间不存在较大的相对变形和温度应力而发生粘结破坏。此外,暴露在大气中的钢材很容易锈蚀,而包裹在混凝土中的钢筋,只要具有足够的混凝土保护层厚度和裂缝控制,便不会锈蚀,因此混凝土对钢筋具有良好的保护作用,使混凝土结构具有很好的耐久性。

混凝土结构不但可以采用圆钢筋配筋,而且可以采用角钢、槽钢、工字钢等型钢或钢板焊接成型钢形式的钢材配筋。由于型钢或用钢板焊接成的型钢刚度比圆钢筋大,因此将这种钢筋称为劲性钢筋,将用这种钢筋作成的混凝土结构称为劲性钢筋混凝土结构。我国有时也将这种结构称为“劲钢混凝土结构”;日本称其为“钢骨混凝土结构”;英、美等国称其为“钢—混凝土结构”或“外包混凝土的钢结构”。为了保证劲性钢筋与混凝土协同工作,充分发挥劲性钢筋的承载能力,在劲性钢筋混凝土结构中,要配置适量的纵向受力圆钢筋和箍筋。

由于混凝土的抗压强度高、抗拉强度低,抗压极限应变大、抗拉极限应变小,因此,钢筋混凝土结构在正常的使用荷载下有可能带裂缝工作。预应力混凝土结构是在结构承受荷载之

前,在其可能开裂的部位,预先人为地施加压应力,以抵消或减少外荷载产生的拉应力,使构件在正常的使用荷载下不开裂,或者裂缝出现得晚一些、裂缝开展的宽度小一些的结构。

二、钢筋混凝土结构的特点

钢筋混凝土结构除了比素混凝土结构具有较高的承载力和较好的受力性能以外,与其他结构(如钢结构)相比还具有下列优点:

(1) 就地取材。钢筋混凝土结构中,砂和石料所占比例很大,水泥和钢筋所占比例较小,砂和石料一般都可以由建筑工地附近提供。

(2) 节约钢材。钢筋混凝土结构的承载力较高,大多数情况下可用来代替钢结构,因而节约钢材。

(3) 耐久、耐火。钢筋埋放在混凝土中,经混凝土保护不易发生锈蚀,因而提高了结构的耐久性。当火灾发生时,钢筋混凝土结构不会像木结构那样被燃烧,也不会像钢结构那样很快达到软化温度而破坏。

(4) 可模性好。钢筋混凝土结构可以根据需要浇筑成任意形状。

(5) 现浇式或装配整体式钢筋混凝土结构的整体性好,刚度大。

钢筋混凝土结构也具有下述主要缺点:

(1) 自重。钢筋混凝土的重度约为 25kN/m^3 ,比砌体和木材的重度都大。尽管比钢材的重度小,但结构的截面尺寸较大,因而其自重远远超过相同跨度或高度的钢结构的重量。

(2) 抗裂性差。混凝土的抗拉强度低,因此,普通钢筋混凝土结构经常带裂缝工作。尽管裂缝的存在并不一定意味着结构发生破坏,但是它影响结构的耐久性和美观。当裂缝数量较多和开展较宽时,还将给人造成一种不安全感。

(3) 脆性。混凝土的脆性随混凝土强度等级的提高而加大。

综上所述不难看出,钢筋混凝土结构的优点多于其缺点。而且,人们已经研究出许多克服其缺点的有效措施。例如,为了克服钢筋混凝土自重大的缺点,已经研究出许多质量轻、强度高的混凝土和强度很高的钢筋;为了克服普通钢筋混凝土容易开裂的缺点,可以对它施加预应力;为了克服混凝土的脆性,可以在混凝土中掺入纤维作成纤维混凝土。

第二节 钢筋混凝土结构的应用

混凝土结构广泛用于房屋建筑、地下结构、桥梁工程、隧道工程、核电站、水利工程、港口、航道工程、水压机、机床、船舶等。

我国建国以来修建的大型混凝土结构举例:跨度为 444m 的重庆预应力混凝土斜拉长江二桥;广州 321.9m 高的中天广场大厦;上海“东方明珠”电视塔,塔高 468m;装机容量为 $2.715 \times 10^6 \text{kW}$ 的葛洲坝水电站;举世闻名的三峡水利枢纽工程。

国外著名混凝土工程举例:马来西亚吉隆坡 88 层 450m 高的石油双塔楼;朝鲜平壤市 105 层 319.8m 高的柳京饭店;加拿大和前苏联分别建成高为 549m 及 533m 的预应力混凝土电视塔;跨度为 530m 的挪威特隆赫姆预应力斜拉桥;跨度为 390m 的克罗地亚的亚克尔克 II 号拱桥;还有英国北海石油开采平台 24 个预应力混凝土储油罐在海下深达 216m,油罐直径 28m,地板毛面积为 16000m^2 。

第三节 问题释义

1. 钢筋混凝土结构是何时出现的?

近代混凝土结构是随着水泥和钢铁工业的发展而发展起来的,至今已有约150年的历史。1824年英国人 Joseph Aspdin 发明了波特兰水泥并取得了专利;1850年法国人 L. Lanmbot 制成了铁丝网水泥砂浆的小船;1861年法国人 Joseph Monier 获得了制造钢筋混凝土板、管道和拱桥专利。

德国 Koenen 和 Wayss 于 1886 年发表了计算理论和计算方法,Wayss 和 J. Bauschinger 于 1887 年发表了试验结果,Wayss 等人提出了钢筋应配置在受拉区的概念和板的计算方法。在此之后,钢筋混凝土的推广应用有了较快的发展。1891~1894 年,欧洲各国的研究者发表了一些理论和试验研究结果,但是在 1850~1900 年的整整 50 年内,由于工程师们将钢筋混凝土的施工与设计方法视为商业机密,因此总的来说公开发表的研究成果不多。

在美国, Thaddens Hyatt 于 1850 年进行了钢筋混凝土梁的试验,但他的研究成果直到 1877 年才为人所知; E. L. Ransome 在 19 世纪 70 年代初即使用过某些形式的钢筋混凝土,并且于 1884 年成为第一个使用变形(扭转)钢筋和获得专利的人;1890 年 Ransome 在旧金山建造了一幢两层高、95m 长的钢筋混凝土美术馆;从此以后,钢筋混凝土在美国获得了迅速的发展。

2. 近 30 年来混凝土结构的发展情况如何?

19 世纪中期,在硅酸盐水泥研制成后不久,混凝土结构在法、英等国便开始出现。但是,在 20 世纪前,由于材料强度低,试验工作开展有限,人们对这类结构受力性能的认识较少,所以混凝土结构主要为梁、板、柱等简单构件和结构。

20 世纪以来,特别是最近 30 年来,钢筋和混凝土材料的研制和混凝土结构计算理论等方面都得到了迅猛发展。在材料方面,过去一般采用低强度混凝土(低于 20MPa)。现在已发展到采用中等强度(20~60MPa)和高强度混凝土(60MPa 以上)。目前已经研制成强度为 200MPa 左右的混凝土。重度为 $14\sim 18\text{kN/m}^3$ 的陶粒混凝土、浮石混凝土、泡沫混凝土、加气混凝土等轻质混凝土在世界各地也得到广泛的应用。各种低合金钢钢筋和高强度钢筋与钢丝也广泛地用于混凝土结构之中。轻质高强材料的采用,为高层建筑和大跨结构的发展提供了有利条件,从而收到减轻结构自重、节约材料用量和简化施工操作等效果。

在结构方面,已经由过去的简单结构发展到现在的大跨、高层等复杂结构。混凝土结构除广泛地用于桥梁、工业与民用建筑中外,还大量地用来建造水池、水塔、油罐、烟囱、筒仓、电视塔等。混凝土结构还逐步朝定型化、标准化和体系化方向发展。

在理论方面,各方面的设计规范日趋完善,电子计算机已广泛用于结构计算、绘图和辅助设计。

3. 英制计量单位与国际单位制计量单位如何换算?

近年来,许多高校在土木工程专业课程中使用原版英文教材进行教学,但英、美等国长期采用英制度量衡计量单位。为了帮助读者阅读和理解,将英制计量单位与国际单位制计量单位的换算关系列于表 1-1-1。

英制计量单位与国际单位制计量单位的换算

表 1-1-1

量的名称	英 制		国际单位制		英制单位换算
	名称	符号	名称	符号	
长度	英寸	inch	米	m	0.0254m
	英尺	foot			0.3048m
	码	yard			0.9144m
面积	平方英寸	in ²	平方米	m ²	0.0006452m ²
	平方英尺	foot ²			0.0929m ²
体积	立方英寸	in ³	立方米	m ³	0.00001639m ³
	立方英尺	foot ³			0.02832m ³
质量	盎司	ounce	千克	kg	0.02835kg
	磅	pound			0.4536kg
	(短) 吨	short ton			907.2kg
	(长) 吨	long ton			1016.1kg
力、重力	磅力	pound	牛顿	N	4.4483N
面分布力 (应力、压强)	磅每平方英寸	pis	兆帕斯卡	MPa	0.0069MPa
	千磅每平方英寸	kis			6.9MPa
力矩、弯矩	磅·英寸	pound inch	牛顿·米	N·m	0.1130N·m
	磅·英尺	pound foot			1.356N·m
体分布力 (重度)	磅每立方英寸	Pound/in ³	千牛顿每立方米	kN/m ³	271.4kN/m ³

4. 学习钢筋混凝土结构时应注意的问题。

在学习混凝土结构时，应该注意以下几点：

(1) 混凝土结构通常是由钢筋和混凝土结合而成的一种结构。钢筋混凝土材料与理论力学中的刚性材料以及材料力学、结构力学中的理想弹性材料或理想弹塑性材料有很大的区别。为了对混凝土结构的受力性能与破坏特征有较好的了解，首先要求对钢筋和混凝土的力学性能要较好地掌握。

(2) 混凝土结构在裂缝出现以前的抗力行为与理想弹性结构的相近。但是，在裂缝出现以后，特别是临近破坏之前，其受力和变形状态与理想材料有显著不同。混凝土结构的受力性能还与结构的受力状态、配筋方式和配筋数量等多种因素有关，暂时还难以用一种简单的数学模型和力学模型来描述。因此，目前主要以混凝土结构构件的试验和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。它们虽然不如数学或力学公式那样严谨，然而却能够较好地反映结构的真实受力性能。在学习本课程时，应该注意各计算公式与力学公式的联系与区别。

(3) 我国的《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004) 给出了各种常用钢筋和混凝土的强度、弹性模量等指标。鉴于实际情况的复杂性，建筑结构上的实际荷载和实际材料指标与规范规定的大小会有一定的出入。它们可能高于规范规定的数值，也可能低于规范规定的数值。此外，不同的结构重要性也不一样，结构的安全性、适用性和耐久性的要求各不相同。为了使混凝土结构设计满足技术先进、经济合理、安全

适用、确保质量的要求，将混凝土结构各种分析公式用于设计时，考虑了上述各种因素的影响。学习本课程时，应该注意分析公式与设计公式之间的联系与区别，了解和掌握我国有关混凝土结构设计的技术和经济政策。

(4) 进行混凝土结构设计时离不开计算，但是，现行的实用计算方法一般只考虑了荷载效应，其他影响因素，如：混凝土收缩、温度影响以及结构地基不均匀沉降等，难于用计算公式来表达。根据长期的工程实践经验，《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)总结出一些构造措施来考虑这些因素的影响。因此，在学习时，除了要对各种计算公式了解掌握以外，对于各种构造措施也必须给予足够的重视。在设计混凝土结构时，除了进行各种计算以外，还必须检查各项构造要求是否得到满足。

(5) 为了指导混凝土结构的设计工作，各国都制定有专门的技术标准和设计规范。它们是各国在一定时期内理论研究成果和实际工程经验的总结。在学习混凝土结构时，应该很好地熟悉、掌握和运用它们。但是也要了解，混凝土结构是一门比较年轻和迅速发展着的学科，许多计算方法和构造措施还不一定尽善尽美。也正因为如此，各国每隔一定时间都要将自己的结构设计标准或规范修订一次，使之更加完善合理。因此，我们在很好地学习和运用规范的过程中，也要善于发现问题，灵活运用，并且不断地进行探索与创新。

第二章 钢筋混凝土材料

- 混凝土的组成、强度、变形性能和各项强度指标；
- 混凝土的徐变及影响因素；
- 混凝土的模量；
- 钢筋的强度指标与塑性指标；
- 钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求；
- 钢筋与混凝土间的粘结能力及其影响因素。

- 混凝土的徐变对钢筋混凝土的影响；
- 混凝土的模量；
- 钢筋与混凝土间的粘结能力及其影响因素。

第一节 混凝土的强度

一、混凝土的概念与要求

1. 混凝土的概念

将水泥、集料（砂子、碎石）用水拌和，或掺上外加剂（减水剂、早强剂、缓凝剂）等入模浇筑，经过凝固、硬化而制成的人工石材。

2. 对混凝土品质的要求

- （1）和易性好：保证各成分均匀混合，在不发生分层离析的情况下，适合于搅拌、运输、浇灌、振捣、整平等工艺过程，从而获得均匀密实的混凝土的性能；
- （2）强度要高；
- （3）耐久性要好；
- （4）经济上要节省。

二、混凝土的各项强度指标

混凝土的强度是指混凝土抵抗外力产生的某种应力的能力，即混凝土材料达到破坏或开裂极限状态时所能承受的应力。混凝土强度是混凝土的重要力学性能，是设计钢筋混凝土结构的重要依据，直接影响结构的安全和耐久性。

1. 混凝土的立方体抗压强度

混凝土在结构中主要承担压力，所以抗压强度是其最主要的力学性能。我国《公路钢筋

混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)规定的立方体抗压强度标准值是以下面标准测得的。

标准条件: 温度 $20 \pm 30^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\geq 90\%$ 、龄期 28d;

标准制作方法: 边长 150mm 的标准混凝土立方体试块;

标准试验方法: 受压表面不涂润滑剂, 按一定的加载速度;

保证率: 95%。

注意:《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)规定的混凝土强度等级是按边长为 150mm 的立方体抗压强度标准值确定的, 并冠以 C 表示, 如 C30 表示立方体强度标准值为 30MPa 的混凝土强度等级。

公路桥涵受力构件的混凝土强度等级可以采用 C30~C80, 中间以 5MPa 进级, C60 以下为普通强度的混凝土, C60 以上为高强度的混凝土。

公路桥涵混凝土的强度等级的选择按以下的规定采用:

- (1) 钢筋混凝土构件不应低于 C20, 当采用 HRB400、KL400 级钢筋配筋时, 不应低于 C25;
- (2) 预应力混凝土构件不应低于 C40。

2. 棱柱体抗压强度

混凝土的抗压强度不仅与试件的尺寸有关, 也与它的形状有关。在实际工程结构中, 受压构件不是立方体而是棱柱体, 所以, 采用棱柱体试件 (高度大于边长的试件称为棱柱体) 比采用立方体试件能更好地反映混凝土构件的实际抗压能力, 同时由于试件的高宽比较大, 实际工程中高宽比 $h/b \approx 3 \sim 4$ 可以摆脱端部摩阻力的影响, 所测强度趋于稳定。用棱柱体试件测得的抗压强度称为棱柱体抗压强度, 或者称为轴心抗压强度。

我国采用 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 450\text{mm}$ 的柱体作为混凝土轴心抗压强度试验的标准试件, 按与立方体试件相同的制作、养护条件和标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。

实测所得的棱柱体抗压强度比立方体抗压强度低。混凝土轴心抗压强度随着混凝土强度等级提高而增加, 总的趋势是混凝土轴心抗压强度与混凝土强度等级成正比。

3. 混凝土的轴心抗拉强度

混凝土试件在轴心拉伸下的极限抗拉强度, 在结构设计中是确定混凝土抗裂度的重要指标, 有时还可以通过混凝土轴心抗拉强度间接地作为衡量混凝土其他力学性能的指标, 例如混凝土与钢筋之间的粘结强度等。

混凝土的轴心抗拉强度比抗压强度低得多, 混凝土的抗拉强度约为立方体抗压强度的 $1/18 \sim 1/8$ 。一般采用劈裂试验、混凝土的小梁抗折试验进行测试。

混凝土强度等级越高, 混凝土的轴心抗拉强度与抗压强度之比越小, 亦即混凝土的强度等级提高后, 其相应的抗拉强度却提高不多。

轴心受拉试件为 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 500\text{mm}$ 的柱体, 两端预埋钢筋。试验机夹紧两端伸出的钢筋, 使试件受拉, 破坏时试件中部产生横向裂缝, 其平均应力即为混凝土的轴心抗拉强度。

由于轴心受拉试件试验时对中比较困难, 故国内外多采用立方体或圆柱体的劈裂试验测定混凝土的抗拉强度。这种试件与混凝土立方体试件相同, 不需埋设钢筋, 可用压力试验机进行。劈裂试验是通过 $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ 的方钢垫条, 且在试件与方钢之间夹垫一层马粪纸, 施加压力 F , 试件中间截面除加力点附近很小的范围外, 有均匀分布的拉应力。当拉应力达到混凝土的抗拉强度时, 试件劈裂成两半。我国交通部颁布的标准《公路工程水泥混凝土试验