



普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材



混凝土结构(上)

——混凝土结构基本原理

主编 张自荣 秦 力
主审 侯治国



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材

混凝土结构(上)

——混凝土结构基本原理

主 编 张自荣 秦 力

副主编 刘 卉

主 审 侯治国



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构. 上, 混凝土结构基本原理/张自荣, 秦力主编. —武汉: 武汉大学出版社, 2015. 3

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材

ISBN 978-7-307-15300-4

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 036751 号

责任编辑: 王亚明

责任校对: 黄孝莉

装帧设计: 吴 极

出版发行: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: whu_publish@163.com 网址: www.stmpress.cn)

印刷: 武汉科源印刷设计有限公司

开本: 850×1168 1/16 印张: 15.25 字数: 412 千字

版次: 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15300-4 定价: 30.00 元

版权所有, 不得翻印; 凡购买我社的图书, 如有质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

普通高等学校土木工程专业创新系列规划教材 编审委员会

(按姓氏笔画排名)

主任委员:刘殿忠

副主任委员:张利 孟宪强 金菊顺 郑毅 秦力

崔文一 韩玉民

委员:马光述 王睿 王文华 王显利 王晓天

牛秀艳 白立华 吕文胜 仲玉侠 刘伟

刘卫星 李利 李栋国 杨艳敏 邱国林

宋敏 张自荣 邵晓双 范国庆 庞平

赵元勤 侯景鹏 钱坤 高兵 郭靳时

程志辉 蒙彦宇 廖明军

总责任编辑:曲生伟

秘书长:蔡巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。


本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。

 本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录www.stmpress.cn下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。



前 言

本书是根据全国高等院校土木工程专业指导委员会审定通过的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》，结合教学实际，为满足土木工程专业的教学而编写的。

本书根据应用型人才培养目标的要求，紧密结合《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的规定，注重对学生应用能力、实践能力的培养，精练了基本公式的理论推导过程，对学生应用基本理论解决实际问题能力加以训练，让学生能够结合工程案例分析和解决实际问题，以满足设计、施工单位一线培养卓越工程师的需求。

本书的主要内容包括混凝土结构的发展概况，混凝土材料的物理、力学性能，混凝土基本构件承载能力极限状态和正常使用极限状态的设计计算方法和构造要求，以及预应力混凝土结构的基本工作原理等。为指导学生掌握每章的核心内容，在每章开篇设有内容提要和能力要求，章后设有知识归纳；为有利于学生巩固各章内容，章后设有相关的思考题、习题；为培养学生的工程意识，在相关章节后附有案例分析。

本书可作为应用型本科土木工程专业学生的基础教材，也可供从事混凝土结构与施工的专业技术人员参考。

参与本书编写的人员有：长春工程学院，张自荣、丁长鑫、刘卉；东北电力大学，秦力。

本书具体编写分工为：张自荣(第1、3、9章及附录)，秦力(第2、4章)，丁长鑫(第5、6章)，刘卉(第7、8章)。本书由张自荣、秦力担任主编，刘卉担任副主编，丁长鑫担任参编。全书由张自荣统稿。

长春工程学院侯治国教授担任本书主审，详细审阅了编写大纲和全部书稿，并提出了宝贵的修改意见，特此感谢。

在本书编写过程中，编者参考了国内近年来正式出版的相关规范和教材，在此特向有关作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促，书中的错误与不足在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2014年12月



目 录

1 绪论	1
1.1 概述/1	
1.2 钢筋混凝土结构的优缺点/3	
1.3 混凝土结构的应用及发展趋势/4	
1.4 本课程的任务和特点/6	
知识归纳/7	
思考题/7	
参考文献/7	
2 钢筋和混凝土材料的力学性能	8
2.1 混凝土/8	
2.2 钢筋/20	
2.3 钢筋与混凝土的黏结/26	
知识归纳/31	
思考题/32	
参考文献/32	
3 受弯构件正截面承载力计算	33
3.1 概述/33	
3.2 一般构造要求/34	
3.3 受弯构件正截面受力性能试验分析/38	
3.4 受弯构件正截面承载力计算的基本原则/41	
3.5 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算/45	
3.6 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算/53	
3.7 T形截面受弯构件正截面承载力计算/59	
知识归纳/68	
思考题/68	
习题/69	
参考文献/70	
4 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	71
4.1 概述/71	
4.2 斜截面受剪破坏的主要形态/72	
4.3 影响斜截面受剪承载力的主要因素/76	
4.4 斜截面受剪承载力计算公式/77	
4.5 基本计算公式的应用/81	

- 4.6 箍筋的构造要求/83
- 4.7 斜截面受弯承载力/88
- 知识归纳/94
- 思考题/94
- 习题/94
- 参考文献/95

5 钢筋混凝土受压构件的承载力计算

96

- 5.1 钢筋混凝土受压构件的基本构造要求/96
- 5.2 轴心受压构件正截面承载力计算/100
- 5.3 偏心受压构件正截面承载力分析/106
- 5.4 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算/113
- 5.5 I形截面受压构件正截面承载力计算/130
- 5.6 偏心受压构件正截面承载力 N_u - M_u 相关曲线及其应用/135
- 5.7 偏心受压构件斜截面承载力计算/137
- 知识归纳/138
- 思考题/139
- 习题/139
- 参考文献/140

6 钢筋混凝土受拉构件的承载力计算

141

- 6.1 受拉构件的分类/141
- 6.2 轴心受拉构件正截面承载力计算/141
- 6.3 偏心受拉构件正截面承载力计算/142
- 6.4 偏心受拉构件斜截面承载力计算/146
- 知识归纳/146
- 思考题/147
- 习题/147
- 参考文献/147

7 钢筋混凝土受扭构件承载力计算

148

- 7.1 受扭构件的分类/148
- 7.2 纯扭构件承载力计算/149
- 7.3 弯剪扭构件承载力计算/155
- 7.4 受扭构件的构造要求/160
- 7.5 弯剪扭构件设计例题/161
- 知识归纳/163
- 思考题/163
- 习题/163
- 参考文献/164



8 钢筋混凝土构件正常使用极限状态验算	165
8.1 概述/165	
8.2 钢筋混凝土构件裂缝宽度验算/167	
8.3 钢筋混凝土受弯构件的变形验算/177	
8.4 混凝土结构的耐久性设计/183	
知识归纳/187	
思考题/188	
习题/188	
参考文献/188	
9 预应力混凝土构件设计	190
9.1 预应力混凝土结构的基本概念/190	
9.2 施加预应力的方法和锚具/192	
9.3 预应力混凝土材料/197	
9.4 张拉控制应力和预应力损失/198	
9.5 预应力混凝土轴心受拉构件计算/203	
9.6 预应力混凝土构件的构造措施/217	
知识归纳/222	
思考题/222	
习题/222	
参考文献/223	
附录	224



1 绪 论

内容提要

本章的主要内容包括混凝土结构的基本概念,钢筋混凝土结构的主要优缺点,混凝土结构的应用、发展概况以及本课程的任务和特点。本章的教学重点和教学难点是钢筋混凝土结构的优缺点。

能力要求

通过本章的学习,学生应理解钢筋混凝土结构的特点,了解混凝土结构的发展及应用。

1.1 概 述

1.1.1 混凝土结构的定义与分类

混凝土是由水泥、砂、石子和水混合而成的一种建筑材料。以混凝土为主的结构称为混凝土结构,主要包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构、预应力混凝土结构和纤维增强混凝土结构等。素混凝土结构是无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构,主要用于承受压力的结构中,如基础、挡土墙等;配置普通受力钢筋的混凝土结构称为钢筋混凝土结构,应用范围最为广泛;型钢混凝土结构也称钢骨混凝土结构,是指用型钢或钢板焊成的钢骨架作为配筋的混凝土结构,其承载力大,适用于大跨度和高层结构中;钢管混凝土结构是指在钢管内浇筑混凝土而形成的结构,其承载力大,抗震性能好,但连接复杂;纤维增强混凝土结构是指在普通混凝土中掺入适量的钢纤维、碳纤维等各种纤维材料而形成的纤维混凝土结构,可以提高混凝土结构的抗拉、抗剪强度和抗裂、抗冲击、抗疲劳、抗震等性能,是一种新型结构。

1.1.2 钢筋混凝土结构的工作机理

钢筋混凝土结构由钢筋和混凝土两种不同的材料组成:混凝土抗压强度较高,抗拉强度却很低;钢筋的抗拉和抗压强度均较高。将两种材料合理地组合在一起后,主要由混凝土承受压力,钢筋承受拉力。这样,两种材料可以各自发挥其优势,成为具有良好工作性能的钢筋混凝土结构或构件。

图 1-1(a)、(b)所示为两根截面尺寸、跨度、混凝土强度等级(C20)完全相同的简支梁,一根为素混凝土梁,另一根则在梁的受拉区配置了适量的钢筋。试验结果表明,两者的承载力和破坏形式有很大差别。素混凝土梁由于混凝土的抗拉能力差,在荷载作用下,当梁截面受拉区边缘纤维的拉应变达到混凝土抗拉极限应变时,该处的混凝土就会开裂,裂缝沿截面高度方向迅速开展,试件随即发生断裂破坏。破坏荷载很小,只有 8 kN 左右。这种破坏是突然发生的。破坏时混凝土的抗压强

度远远没有得到充分利用。如果在梁的底部受拉区配置适量的钢筋,形成钢筋混凝土梁,则在荷载作用下,当受拉区混凝土开裂后,钢筋可以替代混凝土承受拉力,荷载可以继续增加,直到钢筋屈服,受压区混凝土被压碎,梁才会发生破坏,破坏荷载可以达到 36 kN,并且破坏时有明显的预兆,如梁的裂缝很宽,挠度很大,表现出了明显的延性破坏。钢筋混凝土梁的承载力与素混凝土梁相比有很大提高,破坏时钢筋的抗拉强度和混凝土的抗压强度均得到了充分发挥。

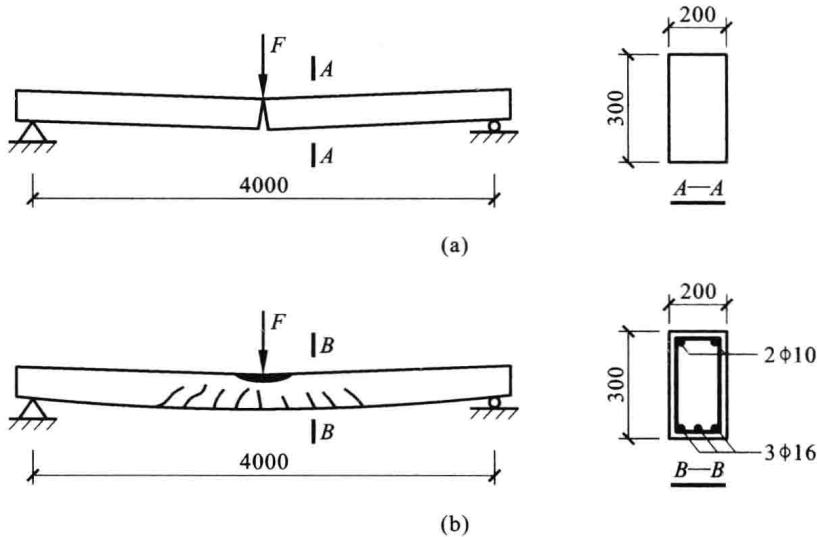


图 1-1 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

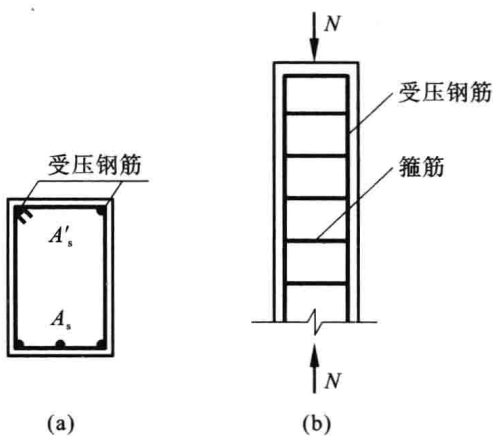


图 1-2 配有受压钢筋的钢筋混凝土构件

(a) 双筋梁;(b) 受压柱

又如图 1-2(a)、(b)所示的钢筋混凝土构件中,通常也配置受压钢筋,协助混凝土承受压力。受压钢筋同样可提高构件的承载力,由于钢筋的抗压强度比混凝土高,因此所以构件的截面尺寸可以小些。另外,配置受压钢筋后还能改善构件破坏时的脆性。

可见,钢筋混凝土结构的工作机理就是利用钢筋承受拉力,利用混凝土承受压力,需要时也可利用钢筋协助混凝土承担压力,以充分发挥两种材料受力性能的优势。

1.1.3 钢筋和混凝土共同工作的原因

钢筋和混凝土是两种物理、力学性能很不相同的材料,它们可以相互结合共同工作的主要原因如下。

(1) 黏结作用

混凝土结硬后,能与钢筋牢固地黏结在一起,可靠的黏结力使二者牢固地结合成整体,共同受力。黏结力是这两种性质不同的材料能够共同工作的基础。

(2) 变形协调作用

钢筋和混凝土的线膨胀系数十分接近(钢筋约为 $1.2 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$),当温度变化时,钢筋和混凝土之间不会因各自伸长或缩短而不协调,不会产生较大的相对变形而造成黏结破坏,因此二者能共同工作。



(3) 保护作用

钢筋被混凝土包裹,混凝土对钢筋起到了保护作用,使钢筋不容易发生锈蚀,并且在遭受火灾时不致因钢筋很快软化而导致结构整体发生破坏,从而提高了结构的耐久性和耐火性。

1.2 钢筋混凝土结构的优缺点

1.2.1 钢筋混凝土结构的优点

钢筋混凝土结构除了具有良好的受力性能外,还具有以下优点。

(1) 合理用材

钢筋混凝土结构合理地利用了钢筋(抗拉性能好)和混凝土(抗压性能好)两种材料的受力性能,与钢结构相比,可以降低造价。

(2) 取材方便

混凝土中用量较大的砂、石一般易于就地取材,因而可以减少材料的运输费用,降低工程造价。另外,还可有效利用矿渣、粉煤灰等工业废料作为混凝土骨料,不但废物得到了利用,还可以改善环境污染,减轻结构自重。

(3) 耐久性好

混凝土强度会随着时间的增长而有所提高,混凝土抗大气侵蚀性能好,同时由于钢筋被混凝土包裹,不易锈蚀,维修费用也很少,因此钢筋混凝土结构的耐久性比较好。

(4) 耐火性好

混凝土的导热性能较差,钢筋又被混凝土包裹,故火灾时钢筋不会很快达到软化温度而导致结构发生整体破坏。与裸露的木结构、钢结构相比,其耐火性要好。

(5) 可模性好

根据需要,其可以较容易地浇筑成各种形状和尺寸的结构,如曲线形的梁和拱、空间薄壳等形状复杂的结构。

(6) 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。

1.2.2 钢筋混凝土结构的缺点

(1) 自重大

钢筋混凝土结构的重度约为 25 kN/m^3 ,比砌体结构和木材的重度都大。虽然其重度比钢材的重度小,但其材料强度相对较低,使构件的截面尺寸比钢结构大,因而其自重远远超过相同跨度或高度的钢结构。采用轻质高强混凝土及预应力混凝土可以有效地克服这一缺点。

(2) 抗裂性差

由于混凝土的抗拉强度非常低,故构件容易开裂。配置钢筋虽然可以大大提高构件的承载力,但抗裂荷载提高较少,因此普通钢筋混凝土结构经常带裂缝工作。对一些不允许出现裂缝或对裂缝宽度有严格限制的结构,必须采用预应力混凝土结构,以增强其抗裂性。

(3) 施工复杂

钢筋混凝土结构施工需要支模、绑扎钢筋、浇筑混凝土、养护、拆模等,工序多,需要的模板和人工多,工期长,且施工受季节的限制。若采用工具式钢模板、滑模和蒸汽养护等工业化施工方法,则

可在一定程度上改善这一缺点。

此外,钢筋混凝土结构的补强、加固及改建比较困难,隔热、隔声性能也较差。

1.3 混凝土结构的应用及发展趋势

1.3.1 混凝土结构的应用

钢筋混凝土结构至今约有 160 多年的历史,与砖石、木、钢结构相比,是一种比较年轻的结构形式。但因为其在物理、力学性能及材料等方面有许多优点,所以其发展速度很快,应用范围最广,已经从工业与民用建筑、交通设施、水利水电建筑和基础工程领域扩大到了近海工程、海底建筑、地下建筑、核电站安全壳等领域。随着轻质高强材料的应用以及预应力混凝土的出现,应用于大跨度、高层建筑中的混凝土结构越来越多。

在工业与民用建筑中,多层住宅、办公楼大多采用砌体结构作为竖向承重构件,楼板、屋面及楼梯几乎都采用钢筋混凝土结构;多层厂房和小高层建筑大多采用钢筋混凝土框架结构;单层厂房多采用钢筋混凝土排架结构;采用钢筋混凝土结构的高层建筑更是获得了很大发展。如图 1-3 所示,上海金茂大厦总高度为 420.5 m,主楼地上 88 层,地下 3 层,为框筒结构体系,核心筒为现浇钢筋混凝土结构,外框为钢结构与混凝土结构组合成的巨型框架结构,混凝土结构施工时采用了超高层泵送商品混凝土技术;上海环球金融中心大厦共 101 层,高 492 m,采用了外围为巨型桁架筒、内部为钢筋混凝土的筒中筒结构;目前世界上最高的建筑阿拉伯联合酋长国迪拜摩天大楼高 828 m,共 160 层,为组合结构,总共使用了 33 万立方米混凝土、3.9 万吨钢材及 14.2 万平方米玻璃。

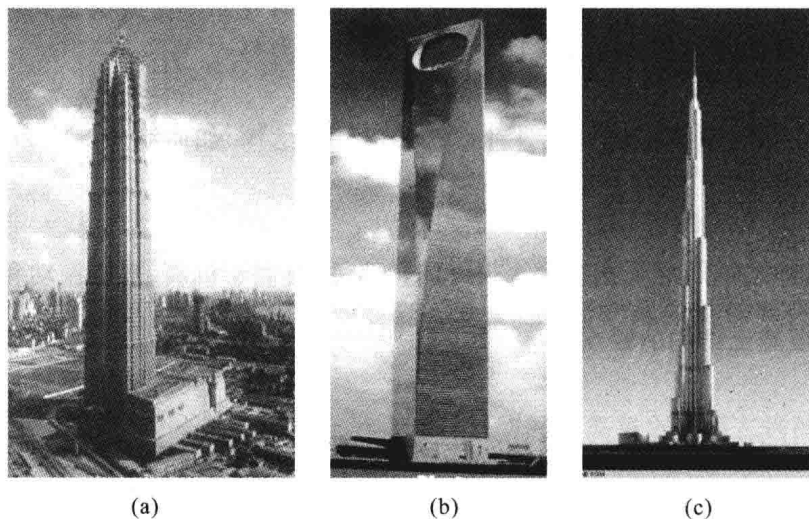


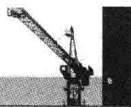
图 1-3 典型超高层建筑

(a) 上海金茂大厦;(b) 上海环球金融中心;(c) 迪拜塔

桥梁工程绝大部分采用钢筋混凝土结构建造。如荆州长江大桥总长 4397.6 m,其北汉通航孔桥为主跨 500 m 的预应力混凝土斜拉桥。

在水利工程中,水利枢纽中的水电站、拦洪坝、引水渡槽、污水排水管等都采用的是钢筋混凝土结构,如我国的小湾水电站混凝土拱坝,其最大坝高 294.5 m。

在铁路、公路、城市立交桥、高架桥、地铁隧道及水利港口等交通工程中应用钢筋混凝土结构建



造的水闸、水电站、船坞和码头更是星罗棋布。

除此之外,一些特种结构,如电视塔、水塔、冷却塔、烟囱、储罐、筒仓等构筑物都普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土结构。

1.3.2 混凝土结构的发展趋势

1.3.2.1 材料与施工技术方面

(1) 混凝土材料

轻质、高强、耐久性好、流动性好的高性能混凝土是混凝土材料的重要发展方向。

早期的混凝土强度比较低,一般为C20~C40。目前,C50~C80的高强度混凝土已在高层建筑中广泛使用,C100~C200的超高强度混凝土也已得到了实际应用。泵送混凝土技术给机械化现浇混凝土施工带来了很大方便;商品混凝土的发展结束了现场复杂的搅拌工序,保证了混凝土的质量,减少了环境污染,在城市建筑中得到了广泛的应用。

具有自身诊断、自身密实、自身修复等功能的机敏型高性能混凝土应用得越来越广泛。如自密实混凝土可不需机械振捣,而是依靠自身的重量达到密实。混凝土具有质量均匀、耐久、易于浇筑、施工速度快、施工无噪声的高工作性能。又如内养护混凝土,其采用部分吸水预湿轻骨料在混凝土内部形成储水器,可保持混凝土得到持续的内部潮湿养护,与外部潮湿养护相结合,可使混凝土的收缩量大为降低。

为了减轻结构自重,各种轻质混凝土相继出现。利用天然轻骨料(如浮石、凝灰石)或工业废料轻骨料(如炉渣、粉煤灰陶粒、自燃煤矸石及轻砂)制成的轻骨料混凝土,具有自重轻(重度仅为 $14\sim 18\text{ kN/m}^3$)、相对强度高等特点,同时具有优良的保湿和抗冻性能。

为了改善混凝土抗拉性能差、延性差等缺点,在混凝土中掺加纤维以改善混凝土性能的研究也发展迅速。目前研究较多的有钢纤维、耐碱玻璃纤维、碳纤维、芳纶纤维等。

其他各种特殊性能混凝土(如耐腐蚀混凝土、微膨胀混凝土和水下不分散混凝土等)的应用,可增强混凝土的抗裂性、耐磨性、抗渗和抗冻能力等,对增强混凝土的耐久性十分有利。

(2) 配筋材料

高强度、耐腐蚀、较好的延性和良好的黏结锚固性能是钢筋的发展方向。我国用于普通钢筋混凝土结构中的钢筋强度已达到 500 N/mm^2 ,预应力混凝土结构中的钢筋强度已达到 1960 N/mm^2 。为了增强钢筋的耐腐蚀性能,带有环氧树脂涂层的热轧钢筋和钢绞线已开始在有特殊防腐要求的工程中应用。

采用纤维筋代替钢筋的研究也有了较大的发展,常用的树脂黏结纤维筋有碳纤维筋、玻璃纤维筋、芳纶纤维筋等。这几种纤维筋具有耐腐蚀、强度高、自重轻等优点。

1.3.2.2 结构形式方面

早期的混凝土结构形式是单一的普通钢筋混凝土结构,随着高强度材料的发展和高抗裂性需求的出现,出现了预应力混凝土结构,这为大跨度和高层建筑的迅速发展提供了合理的结构形式。

随着人们对混凝土结构研究的深入,不同用途、不同功能的结构体系相继出现,钢板与混凝土、钢板与钢筋混凝土、型钢与混凝土组成的钢与混凝土组合结构迅速发展,组合楼盖广泛用于楼盖、桥梁结构中,型钢混凝土梁、柱,钢管混凝土柱也大量用于超高层建筑中。这些高性能新型组合结构具有充分利用材料强度,较好地适应变形,施工较简单等特点,从而大大提高了钢筋混凝土结构的应用范围,使得大跨度结构、高层建筑、高耸结构和具备某些特殊功能的钢筋混凝土结构的建造成为可能。

1.3.2.3 设计理论方面

混凝土结构设计理论已经从初期的以弹性理论为基础的允许应力法、中期的考虑材料塑性的破坏阶段设计法过渡到现在的以概率理论为基础的极限状态设计法。随着计算机的发展,钢筋混凝土结构分析中引入了数值方法,结构受力性能已发展到采用非线性有限元分析,钢筋混凝土构件在复合受力和反复荷载作用情况下的计算理论正朝着从受力机理角度建立统一计算模式的方向发展,混凝土构件的计算已开始使用将强度、变形、延性贯穿起来的全过程分析方法,并从单个构件计算发展到整个结构空间工作的分析方法。这使得混凝土的计算理论和设计方法正日趋完善,向着更高水平发展。

1.4 本课程的任务和特点

本课程是土木工程专业重要的专业基础理论课程,主要讲述各种混凝土基本构件的受力性能、截面计算方法和构造等混凝土结构的基本理论。学习本课程的主要目的是掌握钢筋混凝土结构基本构件的设计方法,为进一步学习有关专业课奠定基础。本课程具有以下几个特点。

(1) 依赖于试验研究的经验计算公式

由于钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种不同材料组成的复合材料,力学性能比较复杂,难以用力学模型和数学模型来严谨地推导、建立计算公式,因此本课程中的计算公式是经大量试验研究并结合理论分析建立起来的半理论半经验公式。学习时要注意每一计算公式的适用范围和条件,能在实际工程中正确地运用这些公式解决问题。

(2) 配筋及构造要求具有重要地位

在不同的结构形式中,钢筋的位置及形式各不相同。钢筋主要是设置在受拉区承受拉力,必要时也可设置在受压区协助混凝土承受压力。构造是结构设计不可或缺的内容,与计算是同等重要的,有时是计算方法是否成立的前提条件。因此,要充分重视对构造知识的学习。

(3) 实践性强

混凝土结构设计理论是以实践为基础的,因此除课堂学习以外,还要加强在实践教学环节中的学习,认真进行简支梁正截面受弯承载力、简支梁斜截面受剪承载力等试验,掌握结构构件的工作过程及特点,并有计划地到施工现场进行参观学习,以便掌握结构布置、受力体系、钢筋布置和构造细节等问题。

(4) 设计方案具有多样性

结构和构件设计是一个综合性问题。设计过程包括确定结构方案、构件选型、材料选择、配筋构造等,同时需要考虑安全适用和经济合理的要求。设计中可能有多种选择方案,因此设计结果不是唯一的。确定最终设计结果时应对各种方案进行比较,综合考虑材料、造价、施工等各项指标的可行性,确定出较为合适的一个设计结果。

(5) 规范的重要性

混凝土结构工程的建设必须依照国家颁布的法规进行。设计人员必须遵照各种结构类型的设计规范或规程进行设计。各种设计规范或规程是具有约束性和立法性的文件,其目的是使工程结构设计在符合国家经济政策的前提下,保证设计的质量和工程项目的安全可靠。在学习中,注意有关基本理论的应用最终都要落实到规范的具体规定上,逐步熟悉和正确运用我国颁布的一些设计规范和设计规程,如《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)。



设计工作是一项创造性工作。在混凝土结构设计工作中,一方面必须按照规范的要求进行设计;另一方面,只有深刻理解了规范的理论依据,才能更好地应用规范,充分发挥设计者的主动性和创造性。混凝土结构是一门比较年轻和处于迅速发展中的学科,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、合理。因此,设计工作也不应被规范束缚,在经过各方面的可靠性论证后,应积极采用先进的理论和技术。

知识归纳

- (1) 钢筋混凝土结构的工作机理主要是利用钢筋承受拉力,利用混凝土承受压力。
- (2) 钢筋和混凝土能够共同工作的原因是:① 二者之间有良好的黏结力;② 二者有相近的线膨胀系数;③ 混凝土对钢筋有保护作用。
- (3) 钢筋混凝土结构的优点有:合理用材,取材方便,耐久性好,耐火性好,可模性好,整体性好。
- (4) 学习本课程的目的是掌握钢筋混凝土结构基本构件的设计方法。

思考题

- 1-1 混凝土结构有哪些类型?
- 1-2 钢筋混凝土结构的工作机理是什么?
- 1-3 钢筋混凝土结构有哪些优点和缺点?
- 1-4 钢筋和混凝土能够共同工作的原因是什么?
- 1-5 本课程有哪些特点?

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 50010—2010 混凝土结构设计规范. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [2] 杨霞林,丁小军. 混凝土结构设计原理. 北京:中国建筑工业出版社,2011.
- [3] 赵顺波. 混凝土结构设计原理. 上海:同济大学出版社,2012.
- [4] 马芹永. 混凝土结构基本原理. 北京:机械工业出版社,2012.
- [5] 朱彦鹏,邵永健. 混凝土结构基本原理. 北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [6] 侯治国,陈伯望. 混凝土结构. 4版. 武汉:武汉理工大学出版社,2011.

2 钢筋和混凝土材料的力学性能

内容提要

钢筋和混凝土的物理、力学性能直接影响着混凝土结构和构件的性能,是钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构计算理论和设计方法的基础。本章的主要内容包括混凝土和钢筋在不同受力条件下强度和变形的变化规律,以及钢筋和混凝土两种材料结合在一起共同工作时的受力性能。本章的教学重点为混凝土和钢筋的强度和变形性能,教学难点为钢筋与混凝土的黏结机理及对钢筋锚固长度的要求。

能力要求

通过本章的学习,学生应了解混凝土和钢筋的主要力学指标、性能和工程应用;理解混凝土单轴向受压的应力-应变曲线及其应用,钢筋与混凝土黏结的重要性和机理;掌握对钢筋锚固长度的要求。

2.1 混 凝 土

2.1.1 混凝土的组成结构

混凝土是由水泥、水、细骨料(如砂)、粗骨料(如石)、外加剂等按一定配合比例拌和,经过浇筑、养护、硬化后形成的人工石材,是一种复杂的多相复合材料。

混凝土各组成成分的数量比例(如骨料级配、水胶比、砂率等)对混凝土的强度和变形性能有重要影响,混凝土的性能在很大程度上还取决于搅拌程度、浇筑的密实性和养护条件。

混凝土在凝结硬化过程中,水泥与水形成水泥浆(包括水泥晶体和水泥胶凝体),包裹在骨料表面并填充其空隙。骨料和水泥胶块中的结晶体组成了混凝土中错综复杂的弹性骨架,用以承受外力,弹性骨架使混凝土具有弹性变形的特性。水泥胶块中的凝胶体又使混凝土具有塑性变形的性质。混凝土内部还有液体和孔隙存在,因此混凝土是一种不密实的混合物。

在混凝土凝结硬化过程中,水泥胶块的收缩、泌水,骨料下沉等原因,使骨料与水泥胶块的结合界面上及孔隙界面上形成微裂缝。这些微裂缝处是混凝土内最薄弱的位置,往往是混凝土受力破坏的起源,且微裂缝在荷载作用下的开展对混凝土的力学性能有着很重要的影响。由于混凝土内部结构复杂,因此它的力学性能也极为复杂。

2.1.2 混凝土的强度

强度是指结构材料所能承受的某种极限应力。要进行混凝土结构受力分析及设计计算,需要了解和掌握混凝土的强度等级、强度指标及各类构件中混凝土强度之间的相互关系。

2.1.2.1 混凝土的立方体抗压强度

混凝土的抗压强度与其组成材料、施工方法等许多因素有关,还受试件尺寸、加荷方式、加荷速