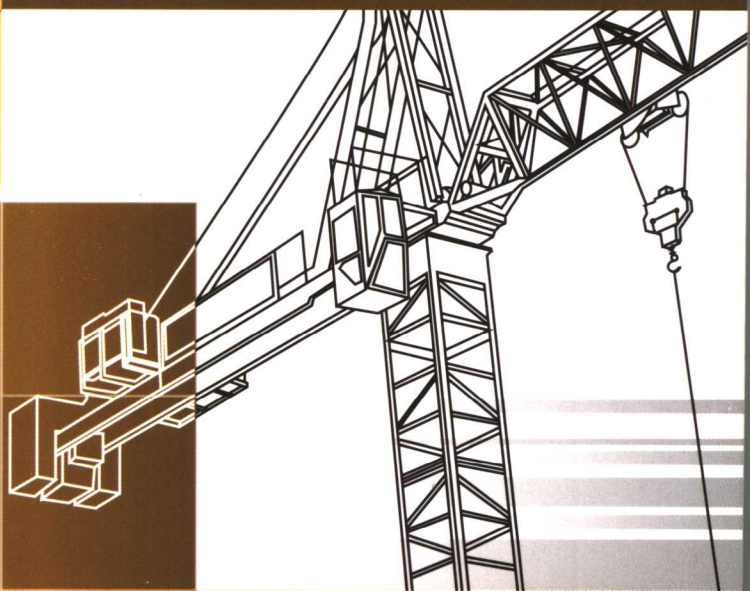




21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国应用型本科**土木建筑系列**实用规划教材



混凝土结构设计原理

主 编 许成祥 何培玲
副主编 张国栋 陈卫华
主 审 彭少民



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

混凝土结构设计原理

主 编	许成祥	何培玲	
副主编	张国栋	陈卫华	
参 编	闾宝善	巩天真	闫肖武
主 审	彭少民		



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书根据全国高等院校土木工程专业指导委员会对土木工程专业学生的基本要求和审定的教学大纲编写而成。全书分为 10 章, 包括: 绪论; 混凝土结构材料的物理和力学性能; 混凝土结构设计的基本原则; 受弯构件正截面承载力的计算; 受弯构件斜截面承载力的计算; 受压构件承载力的计算; 受拉构件承载力的计算; 受扭构件承载力的计算; 钢筋混凝土构件变形、裂缝和耐久性; 预应力混凝土结构构件。为便于教学使用, 各章开头均有教学提示和教学要求, 章后附有思考题和习题。

本书可作为高等院校土木工程及相关专业的教学用书, 也可用作继续教育的教材和土建设计、工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理/许成祥, 何培玲主编. —北京: 北京大学出版社, 2006.1

(21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材)

ISBN 7-301-10449-9

I. 混… II. ①许… ②何… 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(2005)第 160564 号

书 名: 混凝土结构设计原理

著作责任者: 许成祥 何培玲 主编

策 划 编 辑: 吴 迪 李昱涛

责任编辑: 吴 迪

标准书号: ISBN 7-301-10449-9/TU · 0026

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://cbs.pku.edu.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667

电子信箱: pup_6@163.com

排 版 者: 北京东方人华北大彩印中心 电话: 62754190

印 刷 者: 北京宏伟双华印刷有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 20 印张 459 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 28.00 元

《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

主 任 彭少民

副主任 (按拼音顺序排名)

陈伯望 金康宁 李 忱 李 杰

罗迎社 彭 刚 许成祥 杨 勤

俞 晓 袁海庆 周先雁

委 员 (按拼音顺序排名)

邓寿昌 付晓灵 何放龙 何培玲

李晓目 李学罡 刘 杰 刘建军

刘文生 罗 章 石建军 许 明

严 兵 张泽平 张仲先

丛书总序

我国高等教育发展迅速,全日制高等学校招生人数至2004年达到420万人,毛入学率19%,步入国际公认的高等教育“大众化”阶段。面临这大规模的扩招,教育事业的发展与改革坚持以人为本的两个主体:一是学生,一是教师。教学质量的提高是在这两个主体上的反映,教材则是两个主体的媒介,属于教学的载体。

教育部曾在第三次新建本科院校教学工作研讨会上指出:“一些高校办学定位不明,盲目追求上层次、上规格,导致人才培养规格盲目拔高,培养模式趋同。高校学生中‘升本热’、‘考硕热’、‘考博热’持续升温,应试学习倾向仍然比较普遍,导致各层次人才培养目标难于全面实现,大学生知识结构不够合理,动手能力弱,实际工作能力不强。”而作为知识传承载体的教材,在高等教育的发展过程中起着至关重要的作用,但目前教材建设却远远滞后于应用型人才培养的步伐,许多应用型本科院校一直沿用偏重于研究型的教材,缺乏针对性强的实用教材。

近年来,我国房地产行业已经成为国民经济的支柱产业之一,随着21世纪我国城市化的大趋势,土木建筑行业对实用型人才的需求还将持续增加。为了满足相关应用型本科院校培养应用型人才的教学需求,从2004年10月北京大学出版社第六事业部就开始策划本套丛书,并派出10多位编辑分赴全国近30个省份调研了两百多所院校的课程改革与教材建设的情况。在此基础上,规划出了涵盖“大土建”六个专业——土木工程、工程管理、建筑学、城市规划、给排水、建筑环境与设备工程的基础课程及专业主干课程的系列教材。通过2005年1月份在湖南大学的组稿会和2005年4月份在三峡大学的审纲会,在来自全国各地几十所高校的知名专家教授的共同努力下,不但成立了本丛书的编审委员会,还规划出了首批包括土木工程、工程管理及建筑环境与设备工程等专业方向的40多个选题,再经过各位主编老师和参编老师的艰苦努力,并在北京大学出版社各级领导的关心和第六事业部的各位编辑的辛勤劳动下,首批教材终于2006年春季学期前夕陆续出版发行了。

在首批教材的编写出版过程中,得到了众多的来自全国各地相关兄弟院校的领导和专家的大力支持。于是,在顺利运作第一批土建教材的鼓舞下,北京大学出版社联合全国七十多家开设有土木建筑相关专业的高校,于2005年11月26日在长沙中南林学院召开了《21世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》(第二批)组稿会,规划了①建筑学专业;②城市规划专业;③建筑环境与设备工程专业;④给排水工程专业;⑤土木工程专业道路、桥梁、地下、岩土、矿山课群组近60多个选题。至此,北京大学出版社规划的“大土木建筑系列教材”已经涵盖了“大土建”的6个专业,是近年全国高等教育出版界来唯一一套完全覆盖“大土建”六个专业方向的系列教材,并会于2007年全部出版发行。

我国高等学校土木建筑专业的教育,在国家教育部和建设部的指导下,经土木建筑专业指导委员会六年来的研讨,已经形成了宽口径“大土建”的专业发展模式,明确了土木建筑专业教育的培养目标、培养方案和毕业生基本规格,从宽口径的视角,要求毕业生能从事土木工程的设计、施工与管理工作。业务范围涉及房屋建筑、隧道与地下建筑、公路

与城市道路、铁道工程与桥梁、矿山建筑等,并且制定一整套课程教学大纲。本系列教材就是根据最新的培养方案和课程教学大纲,由一批长期在教学第一线从事教学并有多年工程经验和丰富教学经验的教师担任主编,以定位“应用型人才培养”为目标而编撰,具有以下特点:

(1) 按照宽口径土木工程专业培养方案,注重提高学生综合素质和创新能力,注重加强学生专业基础知识和优化基本理论知识结构,不刻意追求理论研究型教材深度,内容取舍少而精,向培养土木工程师从事设计、施工与管理的应用方向拓展。

(2) 在理解土木工程相关学科的基础上,深入研究各课程之间的相互关系,各课程教材既要反映本学科发展水平,保证教材自身体系的完整性,又要尽量避免内容的重复。

(3) 培养学生,单靠专门的设计技巧训练和运用现成的方法,要取得专门实践的成功是不够的,因为这些方法随科学技术的发展经常在改变。为了了解并和这些迅速发展的方法同步,教材的编撰侧重培养学生透析理解教材中的基本理论、基本特性和性能,又同时熟悉现行设计方法的理论依据和工程背景,以不变应万变,这是本系列教材力图涵盖的两个方面。

(4) 我国颁发的现行有关土木工程类的规范及规程,系 1999~2002 年完成的修订,内容较大的取舍和更新,反映了我国土木工程设计及施工技术的发展。作为应用型教材,为培养学生毕业后获得注册执业资格,在内容上涉及不少相关规范条文和算例。但并不是规范条文的释译。

(5) 当代土木工程设计,越来越多地使用计算机程序或采用通用性的商业软件,有些结构特殊要求,则由工程师自行编写程序。本系列的相关工程结构课程的教材中,在阐述真实结构、简化计算模型、数学表达式之间的关系的基础上,给出了设计方法的详细步骤,这些步骤均可容易地转换成工程结构的流程图,有助于培养学生编写计算机程序。

(6) 按照科学发展观,从可持续发展的观念,根据课程特点,反映学科现代新理论、新技术、新材料、新工艺,以社会发展和科技进步的新近成果充实。更新教材内容,尽最大可能在教材中增加了这方面的信息量。同时考虑开发音像、电子、网络等多媒体教学形式,以提高教学效果和效率。

衷心感谢本套系列教材的各位编著者,没有他们在教学第一线的教改和工程第一线的辛勤实践,要出版如此规模的系列实用教材是不可能的。同时感谢北京大学出版社为我们广大编著者提供了广阔的平台,为我们进一步提高本专业领域的教学质量和教学水平提供了很好的条件。

我们真诚希望使用本系列教材的教师和学生,不吝指正,随时给我们提出宝贵的意见,以期进一步对本系列教材进行修订、完善。

本系列教材配套的 PPT 电子教案在出版社相关网站上提供下载。

《21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材》

专家编审委员会

2006 年 1 月

前 言

“混凝土结构设计原理”是土木工程专业必修的专业基础课程，是一门实践性很强，与现行的规范、规程等有密切关系的课程。通过本课程的学习，使学生掌握混凝土结构学科的基本理论和基本知识，为学习后续专业课程“混凝土结构设计”以及毕业后在混凝土结构学科领域继续学习打下坚实的基础。

本书根据全国高等学校土木工程专业指导委员会对土木工程专业学生的基本要求和审定的教学大纲编写而成。编写内容力求做到符合国家现行的结构设计规范、规程和标准要求，反映混凝土学科在理论和实践上的新发展。

本书由长期担任“混凝土结构设计原理”课程教学工作的教师共同编写。参加编写的人员有：何培玲(第1章、第6章、第7章)、巩天真(第2章)、阎宝善(第3章)、陈卫华(第4章、第5章)、闫肖武(第8章)、张国栋(第9章)、许成祥(第10章)。全书由许成祥统稿。

全国高等院校土木工程专业指导委员会委员、武汉理工大学彭少民教授在百忙之中审阅了本书，并提出了宝贵意见，在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限，加之编写时间仓促，不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者
2005 年 12 月

21 世纪全国应用型本科土木建筑系列实用规划教材

参编学校名单 (按拼音排序, 覆盖 26 个省市自治区)

- | | |
|-------------|-------------|
| 1 安徽理工大学 | 23 华东交通大学 |
| 2 北京建筑工程学院 | 24 华中科技大学 |
| 3 北京联合大学 | 25 淮阴工学院 |
| 4 长春工程学院 | 26 黄石理工学院 |
| 5 长江大学 | 27 江汉大学 |
| 6 长沙理工大学 | 28 江苏大学 |
| 7 东南大学 | 29 江西科技师范学院 |
| 8 广州大学 | 30 九江学院 |
| 9 贵州大学 | 31 昆明理工大学 |
| 10 桂林工学院 | 32 丽水学院 |
| 11 合肥工业大学 | 33 辽宁工程技术大学 |
| 12 河北工业大学 | 34 内蒙古科技大学 |
| 13 河北建筑工程学院 | 35 南昌工程学院 |
| 14 河南大学 | 36 南昌航空工业学院 |
| 15 黑龙江科技学院 | 37 南华大学 |
| 16 湖南城市学院 | 38 南京工程学院 |
| 17 湖南大学 | 39 南京林业大学 |
| 18 湖南工程学院 | 40 南阳理工学院 |
| 19 湖南工学院 | 41 宁波工程学院 |
| 20 湖南科技大学 | 42 三峡大学 |
| 21 华北电力大学 | 43 山东交通学院 |
| 22 华北水利水电学院 | 44 山西大学 |

- | | |
|------------|-------------|
| 45 上海大学 | 58 西安建筑科技大学 |
| 46 石河子大学 | 59 西安科技大学 |
| 47 石家庄铁道学院 | 60 西北农林科技大学 |
| 48 四川理工学院 | 61 西南交通大学 |
| 49 太原理工大学 | 62 西南林学院 |
| 50 天津工业大学 | 63 湘潭大学 |
| 51 天津商学院 | 64 孝感学院 |
| 52 武汉大学 | 65 浙江科技学院 |
| 53 武汉工程大学 | 66 中国地质大学 |
| 54 武汉工业学院 | 67 中南大学 |
| 55 武汉科技大学 | 68 中南林学院 |
| 56 武汉科技学院 | 69 重庆大学 |
| 57 武汉理工大学 | 70 株洲工学院 |

目 录

第 1 章 绪论	1	2.5 思考题	40
1.1 混凝土结构的一般概念	1	2.6 习题	41
1.2 钢筋和混凝土共同工作的可能性	2	第 3 章 混凝土结构设计的基本原则	42
1.3 钢筋混凝土结构的分类	3	3.1 结构的功能要求和极限状态	42
1.4 钢筋混凝土结构的特点	4	3.1.1 结构上的作用与作用效应	42
1.5 混凝土结构的发展概况 及工程应用	5	3.1.2 结构的功能要求	43
1.5.1 混凝土结构发展的 3 个 历史阶段	5	3.1.3 设计基准期	43
1.5.2 混凝土结构发展的概况及其 在工程中的应用	7	3.1.4 结构的极限状态	44
1.6 导学	14	3.1.5 结构的设计状况	45
1.7 思考题	16	3.1.6 极限状态方程	45
第 2 章 混凝土结构材料的物理 和力学性能	17	3.2 概率极限状态设计方法	46
2.1 混凝土	17	3.2.1 结构可靠度	46
2.1.1 混凝土的强度	17	3.2.2 失效概率与可靠指标	46
2.1.2 混凝土的变形	22	3.2.3 结构的安全等级	47
2.1.3 混凝土的选用原则	29	3.2.4 目标可靠指标	47
2.2 钢筋	29	3.3 荷载的代表值	48
2.2.1 钢筋的品种和级别	29	3.3.1 荷载标准值	48
2.2.2 钢筋的强度与变形	31	3.3.2 荷载准永久值	48
2.2.3 钢筋的冷加工及塑性性能	32	3.3.3 荷载频遇值	49
2.2.4 钢筋的疲劳特性	34	3.3.4 荷载组合值	49
2.2.5 选用钢筋的原则	35	3.4 材料强度的标准值和设计值	49
2.3 钢筋与混凝土之间的黏结	35	3.4.1 钢筋强度的标准值 和设计值	49
2.3.1 黏结力	35	3.4.2 混凝土强度的标准值 和设计值	49
2.3.2 黏结机理	36	3.5 概率极限状态实用设计表达式	50
2.3.3 影响黏结性能的因素	36	3.5.1 分项系数	50
2.4 钢筋锚固与接头构造	37	3.5.2 承载能力极限状态 设计表达式	52
2.4.1 钢筋锚固与搭接的意义	37	3.5.3 正常使用极限状态 设计表达式	54
2.4.2 钢筋锚固的长度	38	3.6 思考题	54
2.4.3 钢筋的连接	39	3.7 习题	55

第4章 受弯构件正截面承

载力的计算..... 56

4.1 梁板构造..... 56

4.1.1 截面形状及尺寸..... 56

4.1.2 钢筋布置..... 58

4.2 试验研究分析..... 60

4.2.1 正截面工作的3个阶段..... 60

4.2.2 正截面破坏的3种形态..... 62

4.3 受弯构件正截面承载力

计算的原则..... 63

4.3.1 基本假定..... 63

4.3.2 基本方程..... 64

4.3.3 适筋和超筋破坏

的界限条件..... 66

4.3.4 适筋和少筋破坏

的界限条件..... 67

4.4 单筋矩形截面正截面承载力计算..... 67

4.4.1 基本公式及适用条件..... 67

4.4.2 截面设计..... 68

4.4.3 截面复核..... 70

4.4.4 计算表格的编制与应用..... 72

4.5 双筋矩形截面正截面承载力计算..... 74

4.5.1 基本公式及适用条件..... 74

4.5.2 截面设计..... 75

4.5.3 截面复核..... 78

4.6 T形截面正截面承载力计算..... 79

4.6.1 概述..... 79

4.6.2 计算公式及适用条件..... 81

4.6.3 截面设计..... 82

4.6.4 截面复核..... 84

4.7 影响受弯构件正截面承载力

的因素分析..... 85

4.8 深受弯构件正截面承载力

计算与构造要求..... 86

4.8.1 深受弯构件的特点及其

受力性能..... 86

4.8.2 深受弯构件正截面

承载力的计算..... 88

4.8.3 深受弯构件的构造要求..... 89

4.9 思考题..... 92

4.10 习题..... 93

第5章 受弯构件斜截面承

载力的计算..... 95

5.1 斜截面开裂前的受力分析..... 95

5.2 无腹筋梁受剪性能..... 97

5.2.1 斜截面开裂后梁中
的应力状态..... 97

5.2.2 无腹筋梁剪切破坏形态..... 98

5.2.3 影响无腹筋梁受剪
承载力的因素..... 995.2.4 无腹筋梁受剪承载力
的计算公式..... 100

5.3 有腹筋梁的受剪性能..... 101

5.3.1 箍筋的作用..... 101

5.3.2 有腹筋梁的受剪破坏形态..... 101

5.3.3 仅配箍筋梁的斜截面
承载力计算公式..... 102

5.3.4 弯起钢筋..... 105

5.4 斜截面承载力计算

的方法和步骤..... 107

5.4.1 计算截面的位置..... 107

5.4.2 截面设计..... 107

5.4.3 截面复核..... 110

5.5 保证斜截面受弯承载力

的构造措施..... 111

5.5.1 抵抗弯矩图及绘制方法..... 111

5.5.2 保证斜截面受弯承载力
的构造措施..... 113

5.6 梁内钢筋的构造要求..... 115

5.6.1 纵向钢筋的弯起、截断、
锚固的构造要求..... 115

5.6.2 箍筋的构造要求..... 118

5.6.3 架立钢筋及纵向
构造钢筋..... 119

5.7 连续梁受剪性能及其

承载力计算..... 119

5.8 思考题..... 123

5.9 习题	124	6.10 习题	188
第 6 章 受压构件承载力的计算	125	第 7 章 受拉构件承载力的计算	190
6.1 概述	125	7.1 概述	190
6.2 轴心受压柱正截面承载力计算	126	7.2 轴心受拉构件正截面 受拉承载力	191
6.2.1 配有纵筋和箍筋柱承 载力的计算	127	7.2.1 轴心受拉构件的受力 特征	191
6.2.2 配有纵筋和螺旋式钢筋柱 承载力的计算	135	7.2.2 轴心受拉构件正截面受拉 承载力计算	192
6.3 偏心受压构件正截面 承载力的计算	139	7.3 偏心受拉构件正截面受拉 承载力	192
6.3.1 偏心受压构件正截面 的破坏特征	139	7.3.1 小偏心受拉构件 的受力特征	193
6.3.2 偏心受压构件 $N-M$ 相关曲线	143	7.3.2 小偏心受拉构件正截面 受拉承载力的计算	193
6.3.3 偏心受压构件偏心距 增大系数 η	144	7.3.3 大偏心受拉构件 的受力特征	194
6.3.4 偏心受压构件正截面承载力 的计算原则	148	7.3.4 大偏心受拉构件正截面受拉 承载力的计算	195
6.3.5 不对称配筋矩形截面偏心 受压构件正截面承载力 的计算	154	7.4 偏心受拉构件斜截面承载力	196
6.3.6 对称配筋矩形截面偏心 受压构件正截面承载力 的计算	163	7.5 思考题	197
6.4 T 形和工字形截面偏心受压构件 正截面承载力的计算	165	7.6 习题	197
6.4.1 不对称配筋偏心受压构件	165	第 8 章 受扭构件承载力的计算	199
6.4.2 对称配筋偏心受压构件	167	8.1 概述	199
6.5 环形和圆形截面偏心受压构件	170	8.2 试验研究分析	200
6.6 双向偏心受压构件正截面 承载力的计算	173	8.2.1 无腹筋构件	200
6.6.1 基本计算公式	174	8.2.2 有腹筋构件	200
6.6.2 倪克勤简化计算公式	176	8.2.3 配筋(箍)量的影响	201
6.6.3 直接设计的计算方法	176	8.3 纯扭构件承载力的计算	201
6.7 偏心受压构件斜截面 承载力的计算	181	8.3.1 开裂扭矩的计算	201
6.8 受压构件的一般构造要求	183	8.3.2 纯扭构件的承载力	202
6.9 思考题	187	8.3.3 计算公式的适用条件	206
		8.4 弯剪扭构件承载力的计算	207
		8.4.1 破坏形式	207
		8.4.2 弯剪扭构件的承载力	208
		8.5 构造要求	210
		8.6 协调扭转的设计	215

8.6.1 结构的扭转类型.....	215	的计算规定	247
8.6.2 协调扭转的简化		10.1.6 预应力钢筋的传递长度	
计算方法.....	215	和锚固长度	255
8.7 思考题	215	10.2 预应力混凝土轴心受拉构件	256
8.8 习题	216	10.2.1 预应力混凝土轴心受拉	
第 9 章 钢筋混凝土构件变形、		构件截面应力分析	256
裂缝和耐久性	217	10.2.2 预应力轴心受拉构件	
9.1 变形和裂缝的计算要求	217	的设计	262
9.2 变形验算	217	10.3 预应力混凝土受弯构件	270
9.2.1 钢筋混凝土受弯构件刚度.....	218	10.3.1 预应力混凝土受弯构件	
9.2.2 受弯构件挠度验算.....	223	的应力分析	270
9.3 裂缝宽度验算	226	10.3.2 预应力混凝土受弯构件	
9.4 混凝土结构的耐久性	234	的承载力计算	277
9.4.1 混凝土结构耐久性的概念.....	234	10.3.3 预应力受弯构件的裂缝	
9.4.2 影响混凝土结构		控制验算	280
耐久性的因素.....	234	10.3.4 预应力混凝土受弯构件	
9.4.3 提高混凝土耐久性的措施.....	235	的挠度验算	283
9.4.4 耐久性设计目的		10.3.5 预应力混凝土受弯构件施工	
和基本原则.....	237	阶段的验算	284
9.5 思考题	238	10.4 预应力混凝土的构造要求	288
9.6 习题	238	10.4.1 一般规定	288
第 10 章 预应力混凝土结构构件	239	10.4.2 先张法构件的构造要求	289
10.1 预应力混凝土结构的基本		10.4.3 后张法构件的构造要求	290
原理与计算规定	239	10.5 思考题	291
10.1.1 预应力混凝土的概念.....	239	10.6 习题	292
10.1.2 预应力混凝土的分类.....	240	附录	294
10.1.3 预应力混凝土的材料.....	243	参考文献	303
10.1.4 锚具和夹具.....	244		
10.1.5 预应力混凝土结构			

第1章 绪 论

教学提示：本章主要讲述了混凝土结构的一般概念，重点阐述了性质不同的两种材料(钢筋和混凝土)能够结合在一起共同工作的可能性和有效性以及混凝土结构的特点；简要地介绍了钢筋混凝土结构在工程中的应用、发展前景及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)，并对混凝土结构课程的特点及学习方法提出了建议。

教学要求：要求学生在了解混凝土结构一般概念的基础上，深刻理解和掌握钢筋和混凝土共同工作的条件，充分认识钢筋与混凝土的优缺点，了解钢筋混凝土结构在土木工程中的应用及发展前景，做好学习本课程的准备。

1.1 混凝土结构的一般概念

混凝土，一般是指由胶凝材料(水泥)，粗、细骨料(石子、砂粒)，水及其他材料，按适当比例配制，拌和并硬化而成的具有所需形体、强度和耐久性的人造石材。也被形象地称为“砼”。

混凝土结构是以混凝土为主要材料制成的结构，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。

素混凝土结构是由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构，常用于路面(如图 1.1 所示)和一些非承重结构。

钢筋混凝土结构是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(如图 1.2 所示)。

预应力混凝土结构是充分利用高强度材料来改善钢筋混凝土结构的抗裂性能的结构。是由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预应力的混凝土结构(如图 1.3 所示)。

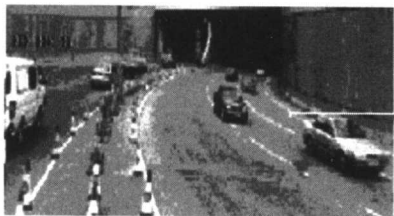


图 1.1 素混凝土路面

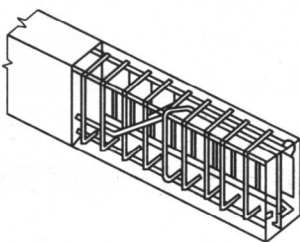


图 1.2 钢筋混凝土梁

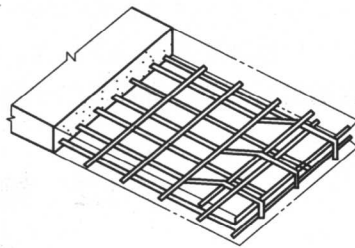


图 1.3 预应力混凝土板

钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构常用作土木工程中的主要承重结构。在多数情况下混凝土结构是指钢筋混凝土结构。

钢筋和混凝土都是土木工程中重要的建筑材料，钢筋的抗拉和抗压强度都很高，但混

混凝土的抗压强度较高而抗拉强度却很低。为了充分发挥这两种材料性能的优势,把钢筋和混凝土按照合理的组合方式有机地结合在一起共同工作,使钢筋主要承受拉力,混凝土主要承受压力,以满足工程结构的使用要求。

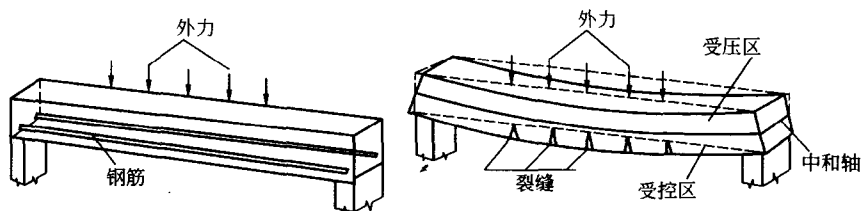


图 1.4 简支梁的受力分析

两端搁置在砖墙上的一根梁,在外力作用下会产生弯曲变形,上部为受压区,下部为受拉区(如图 1.4 所示)。当此梁由素混凝土制成时,由于混凝土抗拉强度很低,于是在很小的荷载作用下,梁下部受拉区边缘的混凝土就会出现裂缝,而受拉区混凝土一旦开裂,在荷载持续作用下,裂缝会迅速向上发展,梁在瞬间就会骤然脆裂断开,而梁上部混凝土的抗压能力却还未能充分利用。素混凝土梁的承载力很低。当此梁在受拉区配置适量的钢筋,即构成钢筋混凝土梁。在荷载作用下,梁的受拉区混凝土仍会开裂,但钢筋的存在,可以代替受拉区混凝土承受拉力,裂缝不会迅速发展,受压区的压应力仍由混凝土承受,因此,梁可以承受继续增大的荷载,直到钢筋的应力达到其屈服强度。随后荷载仍可略有增加致使受压区混凝土被压碎,混凝土抗压强度得到了充分利用,梁终告破坏。可见,配制在受拉区的钢筋明显地加强了受拉区的抗拉能力,从而使钢筋混凝土梁的承载力比素混凝土梁有很大的提高。这样,混凝土的抗压能力和钢筋的抗拉能力都得到了充分利用,而且在梁破坏前,其裂缝充分发展,其变形迅速增大,有明显的破坏预兆。结构的受力特性得到显著改善。

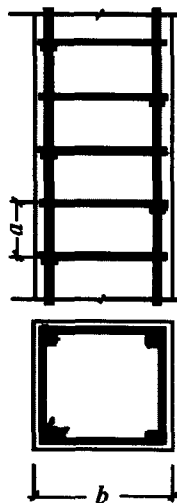


图 1.5 柱的受力分析

承受压力的受压构件——柱(如图 1.5 所示),通常也配置钢筋,以协助混凝土承受压力,以达到减小柱的截面尺寸、改善柱的受力性能、提高柱的承载能力、增加柱的延性的目的。

1.2 钢筋和混凝土共同工作的可能性

钢筋和混凝土这两种物理和力学性能不同的材料,之所以可能有机地结合在一起共同工作,主要是建立在以下的基础之上的。

① 黏结力是使这两种不同性质的材料结合在一起共同工作的基础。由于混凝土中的水泥是胶凝材料,在混凝土硬化后,钢筋和混凝土之间存在黏结力促成这两种性能不同的材

料可能而有效地共同工作, 承受荷载, 并保证钢筋与相邻混凝土的变形一致。

② 相近的温度线膨胀系数。混凝土的温度膨胀系数约在 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 之间, 钢筋的线膨胀系数为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$ 。因此, 当温度变化时, 两种材料间不致产生温度应力, 不会产生较大的相对变形, 不破坏结构的整体性, 使黏结得以保持, 不会在未受荷载之前, 钢筋和混凝土之间就产生相互作用而产生开裂或破坏。

③ 防止钢筋锈蚀。暴露在空气介质中的钢材, 由于受空气中酸性介质的影响, 很容易锈蚀, 而埋在混凝土中的钢筋, 受到呈弱碱性的混凝土保护, 只要钢筋至构件边缘间的保护层具有足够的密实度和厚度以及控制构件裂缝不致过宽, 混凝土能够起着保护钢筋免遭锈蚀的作用, 从而保证结构具有良好的耐久性, 使钢筋和混凝土长期可靠地共同工作。

1.3 钢筋混凝土结构的分类

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:

- ① 受弯构件, 如各种独立的梁、板以及基础底板等。
- ② 受压构件, 如柱、屋架的上弦和压腹杆等。
- ③ 受拉构件, 如储液池的池壁, 屋架下弦和拉腹杆等。
- ④ 受扭构件, 如带有悬挑雨篷的雨篷梁(过梁)、吊车梁等。
- ⑤ 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。

钢筋混凝土结构按照建造方式的不同, 一般可分为现浇混凝土结构、装配式混凝土结构和装配整体式混凝土结构。

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。

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。目前装配式混凝土结构在建筑工程中已普遍采用。但装配式结构的接头构造较为复杂, 整体性较差, 对抗震不利, 装配时还需要有一定的起重安装设备。

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。

按结构的初始应力状态还可分为普通钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

1.4 钢筋混凝土结构的特点

钢筋混凝土结构之所以有广泛的应用,是因为它有很多的优点:

承载力高。和砌体、木结构相比,其承载力高。在一定条件下,可以用来代替钢结构,达到节约钢材、降低造价的目的。

耐久性好。在钢筋混凝土结构中,混凝土的强度随时间的增加而增长,抗风化能力强,且钢筋受混凝土的保护而不易锈蚀,所以钢筋混凝土的耐久性是很好的,不像钢结构那样需要经常的保养和维修。处于侵蚀性气体或受海水浸泡的钢筋混凝土结构,经过合理的设计及采取特殊的措施,一般也可满足工程需要。

整体性好。钢筋混凝土结构特别是现浇的钢筋混凝土结构,由于整体性好,对于抵抗地震作用(或抵抗强烈爆炸时冲击波的作用)具有较好的性能。

耐火性好。混凝土是热的不良导体,导热性差。混凝土包裹在钢筋之外,起着保护作用。若有足够的保护层,就不致因遭受火灾时使钢材很快达到软化的危险温度而造成结构整体破坏,与钢木结构相比,钢筋混凝土结构的耐火性很好。

可模性好。钢筋混凝土可根据设计需要浇制成各种形状和尺寸的结构。便于建筑造型的实现和建筑设备、工程开孔、留洞需要。特别适宜于建造外形复杂的大体积结构及空间薄壁结构。这一特点是砖、石、钢、木等结构所没有的。

就地取材。钢筋混凝土所用的原材料砂和石,一般均较易于就地取材。在工业废料(例如矿渣、粉煤灰等)比较多的地方,还可将工业废料制成人造骨料用于钢筋混凝土结构中。

节约钢材。钢筋混凝土结构合理地发挥了材料的性能,在某些情况下可以代替钢结构,从而节约钢材并降低造价。

刚度大,整体性好。钢筋混凝土结构刚度较大,现浇式钢筋混凝土结构的整体性尤其好。宜用于变形要求小的建筑,也适用于抗震、抗爆结构。

隔声性好。与钢、木结构相比,钢筋混凝土结构的隔声性能相对较好。

保养费省。钢筋混凝土结构很少需要维修,不像钢、木结构需要经常地保养。

但是钢筋混凝土结构也有不少缺点:

自重。在承受同样荷重的情况下,混凝土构件的自重往往比钢结构构件大很多,这对材料的消耗、建造大跨度结构和高层建筑以及抗震等都是不利的。但也有不少措施可以用于减轻自重,例如:采用轻骨料制成的轻质混凝土;采用受力性能好且能减轻自重的构件型式,如空心板、槽形板、薄腹梁、空间薄壁结构等;还可以采用预应力混凝土结构,应用高强材料达到缩小构件截面尺寸,从而减轻自重。

抗裂性能差。由于混凝土抗拉强度低,所以钢筋混凝土构件在使用阶段往往免不了带有裂缝。当然,要是采用预应力混凝土就可以有效地提高构件的抗裂性。

施工的季节性。在严寒地区冬季施工,混凝土浇筑后可能冻坏,这时可采用预制装配式结构,也可在混凝土中掺加化学拌和剂加速凝结、增加热量,防止冻结,还可以采用保温措施。在酷热地区或雨季施工,可采用防护措施,控制水灰比,加强保养,或采用预制装配式结构。