



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

混凝土结构 设计原理

刘文锋 主编



高等教育出版社

TU370. 4/41

2004



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

混凝土结构设计原理

刘文锋 主编



高等教育出版社

内容提要

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果。全书共 10 章,内容包括绪论、钢筋和混凝土的力学性能、轴心受压构件正截面承载力、受弯构件正截面承载力、受弯构件斜截面承载力、偏心受压构件的承载力、偏心受拉构件的承载力、受扭构件承载力、钢筋混凝土构件的变形和裂缝预应力混凝土构件等。为了便于教学,每章有教学的基本要求,各章附有小结、思考题和习题。

本书根据高等学校土木工程专业教学要求编写而成,采用先介绍基本原理,再以规范作为应用依据的编写思路,注重基本理论和工程应用,并在 VB 语言环境下制作了满足自学要求的 CAI 教学课件,方便读者自学。

本书可作为土木工程专业的本科教材,也可供工程技术人员和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理/刘文锋主编. —北京:高等教育出版社,2004.12

ISBN 7-04-015617-2

I. 混... II. 刘... 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(2004)第116330号

策划编辑 赵湘慧 责任编辑 李 激 封面设计 刘晓翔
责任绘图 朱 静 版式设计 张 岚 责任校对 朱惠芳
责任印制 陈伟光

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 涿州市星河印刷有限公司

开 本 787×960 1/16
印 张 24.75
字 数 460 000

版 次 2004 年 12 月第 1 版
印 次 2004 年 12 月第 1 次印刷
定 价 30.40 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号: 15617-00

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型本科人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和 In 研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才探索与实践成果基础上,紧密结合经济全球化时代高校应用型人才工作的实际需要,努力实践,大胆创新,采取边研究、边探索、边实践的方式,推进高校应用型本科人才培养工作,突出重点目标,并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础,作为体现教学内容

和教学方法的知识载体,在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。目前,教材建设工作存在的问题不容忽视,适用于应用型人才培养的优秀教材还较少,大部分国家级教材对一般院校,尤其是新办本科院校来说,起点较高,难度较大,内容较多,难以适应一般院校的教学需要。因此,在课题研究过程中,各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果,并和教学实际结合起来,认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革,组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师,编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案,以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信,随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入,特别是随着教育部即将启动的“高等学校教学质量和教学改革工程”的实施,具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

前 言

1998年7月,教育部颁布了新的普通高等学校本科专业目录,将建筑工程、交通土建工程、矿井建设、城镇建设等八个专业合并扩宽为土木工程专业。混凝土结构设计原理是土木工程专业的专业基础课程,应符合宽口径专业设置的要求。

本书作为应用型本科系列教材之一,在编写过程中努力做到:

(1) 整合教材的知识体系,首先介绍材料性能、构件破坏特征、构件抗力机理、承载能力和构造要求等基本理论知识,然后分别介绍《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》相关的设计计算内容(本书所使用的各种计算符号均按上述两个规范的规定采用)。这种先介绍基本原理,再以规范作为应用依据的编写思路,符合学科认识规律的要求。

(2) 注重基本理论和工程应用,既注重对学科基本理论和设计方法的掌握,又注重对构造要求等应用层面问题的理解与掌握。

(3) 构筑立体化教材,以学生为本,在VB语言环境下制作了能够满足自学要求的CAI教学课件,课件包括教学要求、电子教材、课后习题、自我测试、知识拓展等内容,画面精美,并配有英文专业词汇,兼顾了双语教学的需要。

本书共10章,青岛理工大学刘文锋编写1~7章,高立堂编写第9章,祝英杰编写第10章,攀枝花学院陈伟编写第8章,刘文锋任主编。

东南大学程文灏教授和青岛理工大学茹恩华教授审阅了书稿并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中得到全国高等学校教学研究中心、高等教育出版社、青岛理工大学、攀枝花学院等有关部门的大力支持和部分兄弟院校的热情帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于编者的水平和经验有限,书中不当和错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2004年8月30日

目 录

第 1 章 绪论	1
§ 1.1 混凝土结构	1
§ 1.2 混凝土结构的发展历史与应用概况	3
§ 1.3 本课程的主要内容和课程特点	6
小结	8
思考题	9
第 2 章 钢筋和混凝土的力学性能	10
§ 2.1 钢筋	10
§ 2.2 混凝土	26
§ 2.3 混凝土与钢筋的粘结	51
§ 2.4 公路桥涵钢筋混凝土的材料性能	64
小结	70
思考题	72
第 3 章 轴心受力构件承载力	73
§ 3.1 受压构件的一般构造	73
§ 3.2 轴心受压构件正截面承载力计算	78
§ 3.3 轴心受拉构件正截面承载力计算	89
§ 3.4 公路桥涵钢筋混凝土轴心受力构件承载力计算	91
小结	94
思考题	95
习题	95
第 4 章 受弯构件正截面承载力	97
§ 4.1 受弯构件的一般构造	97
§ 4.2 受弯构件的试验研究	104
§ 4.3 受弯构件正截面承载力计算原理	110
§ 4.4 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	117
§ 4.5 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	123
§ 4.6 T 形(I 形和箱形)截面受弯构件正截面承载力计算	130
§ 4.7 公路桥涵钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	137
小结	146
思考题	147
习题	148

第 5 章 受弯构件斜截面承载力	151
§ 5.1 概述	151
§ 5.2 受弯构件斜截面受剪的破坏形态和破坏机理	152
§ 5.3 受弯构件斜截面受剪承载力计算	163
§ 5.4 保证斜截面受弯承载力的构造措施	174
§ 5.5 公路桥涵钢筋混凝土受弯构件的斜截面承载力计算	179
小结	188
思考题	189
习题	189
第 6 章 偏心受压构件的承载力	191
§ 6.1 概述	191
§ 6.2 偏心受压构件的破坏形态	194
§ 6.3 偏心受压构件正截面承载力的计算原理	202
§ 6.4 矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	208
§ 6.5 I 形截面偏心受压构件正截面承载力计算	221
§ 6.6 双向偏心受压构件正截面承载力计算	228
§ 6.7 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	230
§ 6.8 公路桥涵钢筋混凝土偏心受压构件的承载力计算	232
小结	236
思考题	237
习题	238
第 7 章 偏心受拉构件的承载力	240
§ 7.1 概述	240
§ 7.2 偏心受拉构件正截面承载力计算	241
§ 7.3 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	246
§ 7.4 公路桥涵钢筋混凝土偏心受拉构件的承载力计算	246
小结	248
思考题	248
习题	248
第 8 章 受扭构件承载力	249
§ 8.1 概述	249
§ 8.2 纯扭构件的承载力计算	253
§ 8.3 弯剪扭构件的承载力计算	260
§ 8.4 公路桥涵钢筋混凝土受扭构件的承载力计算	270
小结	272
思考题	273
习题	273
第 9 章 钢筋混凝土构件的变形和裂缝	275

§ 9.1 概述	275
§ 9.2 钢筋混凝土构件裂缝宽度验算	276
§ 9.3 钢筋混凝土受弯构件的挠度验算	288
§ 9.4 公路桥涵钢筋混凝土构件的挠度和裂缝	303
小结	305
思考题	306
习题	306
第 10 章 预应力混凝土构件	307
§ 10.1 概述	307
§ 10.2 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	328
§ 10.3 预应力混凝土受弯构件的计算	341
§ 10.4 预应力混凝土构件的构造要求	354
§ 10.5 公路桥涵预应力混凝土受弯构件的计算	358
小结	374
思考题	374
习题	375
附录 A 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)中的常用表	377
附录 B 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》中的常用表	378
附表 1 钢筋混凝土结构构件纵向受力钢筋的最小配筋百分率	379
附表 2 钢筋计算截面面积及理论质量表	380
附表 3 钢绞线公称直径、公称截面面积及理论质量	381
附表 4 钢丝公称直径、公称截面面积及理论质量	382
参考文献	383

第 1 章

绪论

本章的学习要求：

- 了解混凝土结构的一般概念及特点。
- 了解混凝土结构在国内外土木工程中的发展与应用概况。
- 熟悉本课程的主要内容、要求和学习方法。

§ 1.1 混凝土结构

1.1.1 混凝土结构的概念

混凝土是土木工程中应用最多、最广泛的材料。混凝土结构是以混凝土材料为主,并根据需要配置和添加钢筋、钢筋网、钢管、预应力钢筋和各种纤维形成的结构。其分类有素混凝土结构、钢筋混凝土结构、钢管混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构及纤维混凝土结构等。

混凝土结构中最常用的是钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构是指在混凝土结构中配置受力的钢筋、钢筋网或钢筋骨架形成的结构,它充分利用了混凝土和钢材两种材料的特性。混凝土材料抗压性能好,但抗拉性能差,因此素混凝土结构在工程中的使用范围有限,主要用于水利工程。钢材具有很高的抗拉和抗压强度,但是细长比过大使受压钢构件容易失稳,并易生锈。钢筋混凝土结构将两者结合在一起协同工作,让钢筋主要承受拉力,混凝土主要承受压力,充分发挥两种材料各自的特长,结构就能表现出良好的受力性能。

图 1-1a 是一根素混凝土简支梁,跨中有集中荷载作用。梁的跨中截面下部受拉,由于混凝土的抗拉性能差,在集中荷载还不大的时候,混凝土就开裂,使截面缩小;梁迅速折断,破坏时梁的变形很小,无明显预兆,属脆性破坏,条件相同的梁,在梁的底部受拉区,配置受拉钢筋,如图 1-1b 所示。配置受拉钢筋的梁受拉区会开裂,但裂缝出现后,拉力主要由钢筋承担,荷载继续增加,直至钢筋达到受拉屈服强度。钢筋屈服后,受压区混凝土被压碎,梁才破坏,破坏的梁的变形很大,有明显预兆,属延性破坏类型。

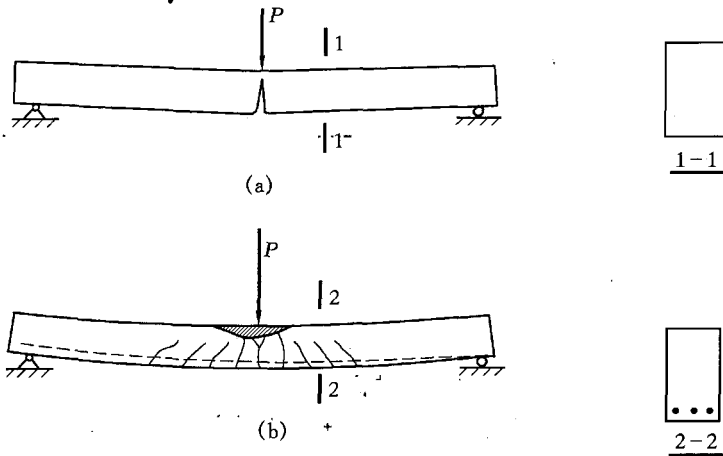


图 1-1 简支梁受力破坏图

(a) 素混凝土简支梁受力破坏示意图; (b) 钢筋混凝土简支梁受力破坏示意图

可见,配筋不仅提高了梁的承载能力,而且也提高了梁的变形能力。钢筋混凝土梁之所以具有良好的工作性能,因为钢筋和混凝土能够协同工作。钢筋和混凝土协同工作的条件是:

(1) 混凝土硬化后,钢筋与混凝土之间产生良好的粘结力,使两者结合为整体,从而保证在荷载作用下,钢筋与周围混凝土能变形协调,共同工作;同时,也使钢筋在受压时不易失稳。

(2) 钢筋与混凝土两者有相近的线膨胀系数,钢筋为 1.2×10^{-5} ,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}$ 。当温度变化时,两者之间不会发生相对的温度变形而使粘结力遭到破坏。

(3) 在钢筋的外部,应按构造要求设置一定厚度的混凝土保护层,钢筋包裹在混凝土之中,受到了混凝土的固定和保护作用,钢筋不容易生锈,具备了长期工作的能力;同时,在遭遇火灾时,不致使钢筋软化而导致结构的整体倒塌。

(4) 钢筋的端部,应留有一定的锚固长度,有的还需要做弯钩,以保证可靠的锚固,防止钢筋受力后被拔出或产生较大的滑移。

1.1.2 混凝土结构的特点

与钢木和砌体结构相比,钢筋混凝土结构与力学性能及材料来源等方面有许多优点。钢筋混凝土结构是土木工程中应用最为广泛的一种结构形式,它具有很多优点:

(1) 可模性好。可以根据需要,浇筑成各种形状和尺寸的结构,如曲线形的

梁、拱或空间薄壳等形状复杂的结构。

(2) 强度价格比合理。所谓强度价格比,即单位货币可购得的材料强度。用同样的费用做的木、砖、钢结构受力构件的承载力远比用钢筋混凝土制成的构件要小。

(3) 耐火性能好。遭火灾时其与钢结构相比,钢筋有混凝土保护层包裹,不会因升温而迅速软化。

(4) 耐久性能好。由于混凝土强度随着时间的增长会略有提高,钢筋被混凝土包裹,不易生锈,所以钢筋混凝土结构与其他材料的结构相比其使用寿命最长。混凝土结构还可以用于防辐射的工作环境,如用于建造原子反应堆安全壳等。

(5) 适应灾害环境能力强。整体浇筑的钢筋混凝土结构整体性好,对抵抗地震、风荷载和爆炸冲击作用具有良好的性能。

(6) 易于就地取材,节约钢材。混凝土中用量最多的砂、石等原料,可以就地取材,还可利用工业废料(矿渣、粉煤灰等)。

事物总是一分为二的,钢筋混凝土结构也存在一些弱点,如自重较大,不利于抗震,不利于建造大跨度及高层结构;抗裂性差,早期的裂缝虽不影响承载力,但对要求防渗漏的结构,如容器、管道等,使用受到一定的限制;现场浇筑施工工序多,需养护,工期长,并受施工环境和季节气候条件的限制等等。

随着对钢筋混凝土结构的深入研究和工程实践经验的积累,混凝土结构的缺点正在逐步得到克服,如采用预应力混凝土可以提高其抗裂性,并扩大其使用范围,使其可以用于大跨度结构和防渗漏结构中;采用高性能混凝土,可以改善防渗漏性能;采用轻质高强混凝土,可以减轻结构自重,并改善隔热隔声性能;混凝土加入各种纤维后,可以改善其工作性能;采用预制装配式结构,可以减少现场操作工序,克服气候条件限制,加快施工进度等。

§ 1.2 混凝土结构的发展历史与应用概况

1.2.1 混凝土结构的发展历史

钢筋混凝土结构与砖石结构、木结构、钢结构相比,历史并不长,仅有 180 年左右,但因其可以就地取材,发展非常迅速。

混凝土结构的发展大体可分为四个阶段:

(1) 在 20 世纪以前,所采用的钢筋和混凝土强度都非常低,仅限于建造一些小型梁、板、柱、基础等构件,钢筋混凝土本身计算理论尚未形成,设计沿用材料力学的容许应力方法。

(2) 1920 年以后,发明了预应力混凝土结构,使混凝土和钢筋强度有所提高,随着试验研究的发展,计算理论已开始考虑材料的塑性性能,1938 年左右已开始采用按破损阶段计算构件破坏承载力,20 世纪 50 年代,出现了按极限状态设计的方法,奠定了现代钢筋混凝土结构的设计计算理论。

(3) 第二次世界大战以后,高强度混凝土、高强度钢筋出现提高了钢筋混凝土的材料性能,装配式钢筋混凝土结构、泵送商品混凝土提高了工业化生产方式。20 世纪 80 年代后,高性能混凝土、预拌混凝土、泵送混凝土、自密实混凝土、钢管混凝土、碳纤维混凝土、光纤混凝土、形状记忆合金混凝土、电流变液混凝土、绿色混凝土等新技术的发展,使混凝土的性能进一步提升,从而,诞生了超高层建筑、大跨度桥梁、大型水利工程、海洋钻井平台、核电站等巨型土木工程。同时,设计计算理论已过渡到以概率论为基础的极限状态设计方法。三维有限元分析,开始真实模拟混凝土的非线性行为;复杂状态下,混凝土的本构关系等基本理论进一步发展;钢筋混凝土结构计算理论的水平大幅度提高,工程应用向超高、大跨、复杂方面深入。

(4) 20 世纪 90 年代以后,澳大利亚、加拿大、芬兰、法国、英国、日本、荷兰、新西兰、挪威、波兰、西班牙、瑞典和美国以及国际标准组织和国际建筑研究与文献委员会两个国际组织都开始采用或积极发展性能化设计方法和理论。1992 年,新西兰发布了性能化的《新西兰建筑规范》,1996 年,澳大利亚颁布了性能化的《澳大利亚建筑—1996》,2001 年美国发布了《国际建筑性能规范》和《国际防火性能规范》。性能化方法是首先确定工程结构要达到的总体目标或设计性能,设计师根据性能目标的不同,设计不同的设计方案,并评估设计方案是否达到性能目标的要求,具体程序框图如图 1-2 所示。

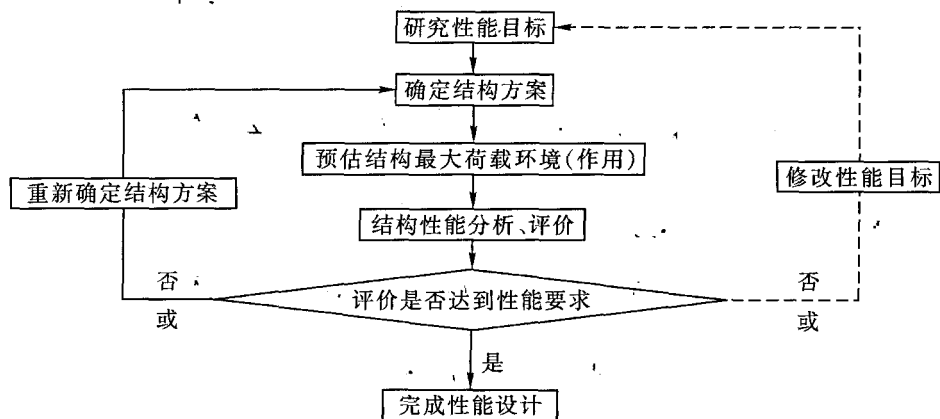


图 1-2 性能设计框图

性能规范规定一系列性能目标和可以量化的性能准则及设计准则,并附带指导性的技术文件,指导设计人员完成性能设计。性能设计将改变传统的设计思维方式、设计方法,并会引起设计行为的社会责任的深刻变化,将把混凝土结构设计带入一个新阶段。

1.2.2 混凝土结构的工程应用

钢筋混凝土结构是土木工程中应用最为广泛的一种结构形式,土木工程是建造各类工程设施的科学技术的统称,它既指所应用的材料、设备和所进行的勘测、设计、施工、保养维修等技术活动,也指工程建设的对象,即建造在地上或地下,陆上或水中,直接或间接为人类生活、生产、军事、科学研究服务的各种工程设施。按照功能和结构体系可分为以下几种:

房屋工程,是指兴建房屋的勘察、规划、设计、施工和设备调试等工作的统称。最终目的是为人类生产与生活提供适宜的场所。混凝土结构房屋建筑包括:

(1) 单层及多层房屋,如单层厂房、多层厂房、多层框架结构等。

(2) 高层建筑,如框架结构、剪力墙结构、筒体结构、框筒结构、筒中筒结构、桁架筒结构、成束筒结构等。

(3) 大跨屋盖结构,包括平面结构体系和空间结构体系。

地下建筑工程,是指建造在地下或水底以下的工程建筑物。包括各种工业、交通、民用和军用的地下工程,如矿井和巷道、铁路隧道和道路隧道、地下铁道和水底隧道、地下仓库和油库,以及各种用途的输水和其他的水工隧洞等,都采用了混凝土材料。

特种工程结构,是指一般工程结构之外,具有特种用途的工程结构,包括高耸结构、海洋工程结构、管道结构和容器结构等。特种结构中的烟囱、冷却塔、水池、筒仓、料斗、料仓和储罐、塔桅结构、电视塔等也多采用了钢筋混凝土结构。

道路,是指为陆地交通运输服务,通行各种机动车、人畜力车、驮骑牲畜及行人的各种路的统称。桥梁,是指供铁路、道路、渠道、管线、行人等跨越河流、山谷或其他交通线路时使用的建筑物,包括板梁桥、刚构桥、拱桥、桁架桥和桁架拱桥、索桥、斜拉桥、悬索桥、应力板带桥及倒桁架桥、立交桥和高架桥。道路和桥梁工程中,钢筋混凝土结构主要用于中小跨径桥、涵洞、挡土墙及其他中、小型构件。

水利工程,是指用于控制和调配自然界的地表水和地下水,达到除害兴利目的而修建的工程,包括防洪、农田水利、水力发电、航运工程等。水利工程的坝、水电站、拦洪坝、引水渡槽、船闸、船坞、码头、污水池、港口、排灌管等均采用钢筋混凝土结构。

混凝土结构除了广泛应用于一般的土木工程中外,当前还在超高、大跨、复杂结构方面发挥重要作用,主要表现在:

在高层建筑方面,我国目前已建成的最高高层建筑是上海金茂大厦,88层,建筑高度为421 m,为正方形框筒结构,内筒壁厚850 mm,混凝土强度为C60,外围为钢骨混凝土柱和钢柱。目前,世界上已建成的最高高层建筑是马来西亚吉隆坡的彼得罗纳斯双塔大厦,88层,高450 m,它由两个并排的圆形建筑组成,塔的内筒为钢筋混凝土,外围为16个直径为1.2~2.4 m的圆柱。我国将于2007年建成“世界第一高楼”的上海环球金融中心,高度为492 m,101层,采用三维巨型框架结构、钢筋混凝土核心筒结构和钢桁架三重结构体系组成。

目前,世界最高的预应力混凝土电视塔为加拿大多伦多电视塔,高553 m;其次是537 m的莫斯科电视塔;排列第三的是上海浦东东方明珠电视塔,高度为454 m,这些电视塔均采用了钢筋混凝土结构。

我国1997年建成的四川万县长江大桥,为上承式拱桥,采用钢管混凝土和型钢骨架建成三室箱形截面,跨长420 m,为目前世界第一大拱桥。目前,世界上跨度最大的混凝土拱桥是克罗地亚的克尔克Ⅱ号桥,为上承式空腹拱桥,跨度390 m,拱厚6.5 m。我国1993年建成通车的上海杨浦大桥,主跨602 m,是当今世界最大跨径的钢与混凝土结合梁斜拉桥。

20世纪80年代,世界最高的苏联英古里双曲拱坝,坝高272 m;20世纪60年代,世界最高的意大利瓦依昂双曲拱坝,坝高262 m;我国拟建的小湾双曲拱坝,坝高292 m;世界上最高的重力坝是瑞士大狄克桑斯坝,高度为285 m;我国的三峡重力大坝,高度为186 m;我国黄河小浪底水利枢纽中的小浪底大坝,高度154 m,这些大型水利工程均采用混凝土浇筑。

§ 1.3 本课程的主要内容和课程特点

1.3.1 本课程的主要内容

混凝土结构设计原理课程主要讲授钢筋混凝土基本构件的设计原理,后续课程是混凝土结构设计。混凝土结构设计原理包括钢筋混凝土材料的力学性能,弯、剪、拉、压、扭等基本构件的承载力计算,变形和裂缝宽度验算以及预应力混凝土构件的计算等。“混凝土结构设计”主要内容包括结构设计概论、梁板结构设计、单层排架结构设计、多层框架结构设计等。

钢筋混凝土基本构件涉及建筑、公路、铁路、水工、港工的混凝土结构规范,它们分别是《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)、《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力

混凝土结构设计规范》(TB 10002.3—1999)、《水工混凝土结构设计规范》(DL/T 5057—1996)、《港口工程混凝土结构设计规范》(JTJ 267—1998)。由于我国现有的各类工程混凝土结构规范尚未统一,本教材在讲解混凝土基本原理的基础上,介绍《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)(本书称《混凝土结构设计规范》)和《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)^①(本书称《公路桥规》)。其他类别的混凝土结构规范的基本原理与上述两规范基本相同或类似,由于篇幅和学时要求,本教材不予介绍。

1.3.2 学习本课程应当注意的问题

本课程是建立在理论计算、试验研究、工程实践基础上的一门学科,富有学科特点,学习时应当注意以下问题:

(1) 深入理解材料的性能

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种材料组成的复合材料,是非均匀、非连续、非弹性的材料。某些计算公式开始是通过几何、物理和平衡关系建立的,但由于混凝土材料的复杂性、离散性,最终某些参数或关系式不得不通过实验确定;还有一些计算公式完全取决于实验点的回归曲线,所以说混凝土结构的计算公式多数是建立在半理论半实验(或全实验)基础上的。

钢筋混凝土构件中的两种材料在强度和数量上存在一个合理的配比范围。如果钢筋和混凝土在面积上的比例及材料强度的搭配超过了这个范围,就会引起构件受力性能的改变,从而引起构件截面设计方法的改变,这是学习时应当注意的。

(2) 应当在结构体系的框架下学习基本构件

本课程主要讲解钢筋混凝土基本构件,应当了解每一种构件在结构体系的作用、受力情况。例如,梁、板是弯剪构件;柱、墙是压弯剪构件;雨篷梁是弯扭构件。

本课程所要解决的不仅是构件的承载力和变形计算等问题,还包括构件的截面形式、材料选用及配筋构造等。

(3) 实践性、综合性强

本课程与数学、力学、建筑材料、建筑学、施工等密切相关,具有很强的实践性和综合性。要做好钢筋混凝土结构设计,应综合运用多门专业基础课的知识,综合考虑材料、施工、经济等多种因素。因此,学习本课程时要注意学会对多种因素进行综合分析,培养综合分析判断能力。

(4) 重点与难点

^① 在本书的编写过程中,该规范尚未正式出版,本书稿是依据其征求意见稿编写的。——编者注

重点是受弯构件正截面承载力和偏心受压构件的承载力。难点是保证斜截面受弯承载力的构造措施、裂缝与变形等。

(5) 混凝土结构设计与施工工作是技术行为

混凝土结构设计与施工工作必须按照规范进行,各种技术规范是长期理论研究成果和工程实践的总结。不但要熟练掌握规范的基本要求、使用范围,还要深入了解每一条文的理论依据,做到精通理论,灵活运用。同时,随着科学的发展和实践的要求,许多新成果会不断地涌现,规范会及时修订,我国的混凝土规范一般 10 年左右修订一次,但随着社会的发展,规范的修订速度会加快。因此,在工作时应当及时掌握最新的规范。

混凝土结构设计与施工是一种社会实践行为,不能离开社会的制约,应当贯彻执行国家的技术经济政策,做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量。

混凝土结构设计与施工是一种法律责任行为,工程技术人员一定要遵守国家相关的法律、法规的要求,否则,就要承担相应的法律责任。

小 结

1 混凝土结构是一种性能价格比优异的工程材料,至今,世界上多数土木工程设施都是采用钢筋混凝土材料。钢筋混凝土材料之所以应用如此广泛,是因为在合理的经济因素控制下,混凝土结构充分利用钢筋和混凝土各自的力学性能,并有机地把两者组合在一起。

2 混凝土和钢筋协同工作的条件是:钢筋与混凝土之间有良好的粘结力,使两者结合为整体;钢筋与混凝土两者之间的线膨胀系数几乎相同,在温度变化环境中,变形能协调一致;混凝土保护层也是混凝土和钢筋协同工作的重要条件。

3 混凝土结构既有优点,也存在缺点,通过新材料在混凝土中的应用(如碳纤维等),可以提高混凝土的性能,改善混凝土的缺点。

4 混凝土结构是由构件组成的,应当理解构件的受力特点,以便在学习以后的各章时,能深入理解在各种受力状态下的构件性能。

5 混凝土结构设计方法大致经过了四个阶段,性能设计方法是未来的设计方法的发展趋势。

6 混凝土结构设计原理课程包括钢筋混凝土材料的力学性能,弯、剪、拉、压、扭等基本构件的承载力计算,变形和裂缝宽度验算以及预应力混凝土构件的计算等。钢筋混凝土材料是复合材料,与均质线弹性材料的力学行为不同,学习时应予以注意。