

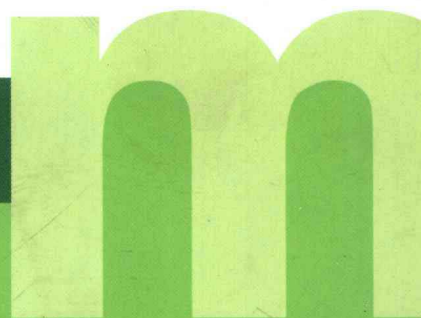
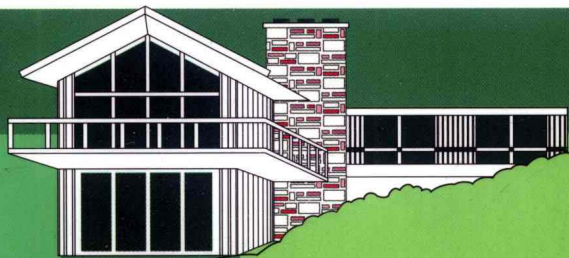


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

混凝土结构 Hunningtu 设计原理

JIEGOU SHEJI YUANLI

● 主编 王录民



郑州大学出版社



普通高等教育“十五”国家级规划教材

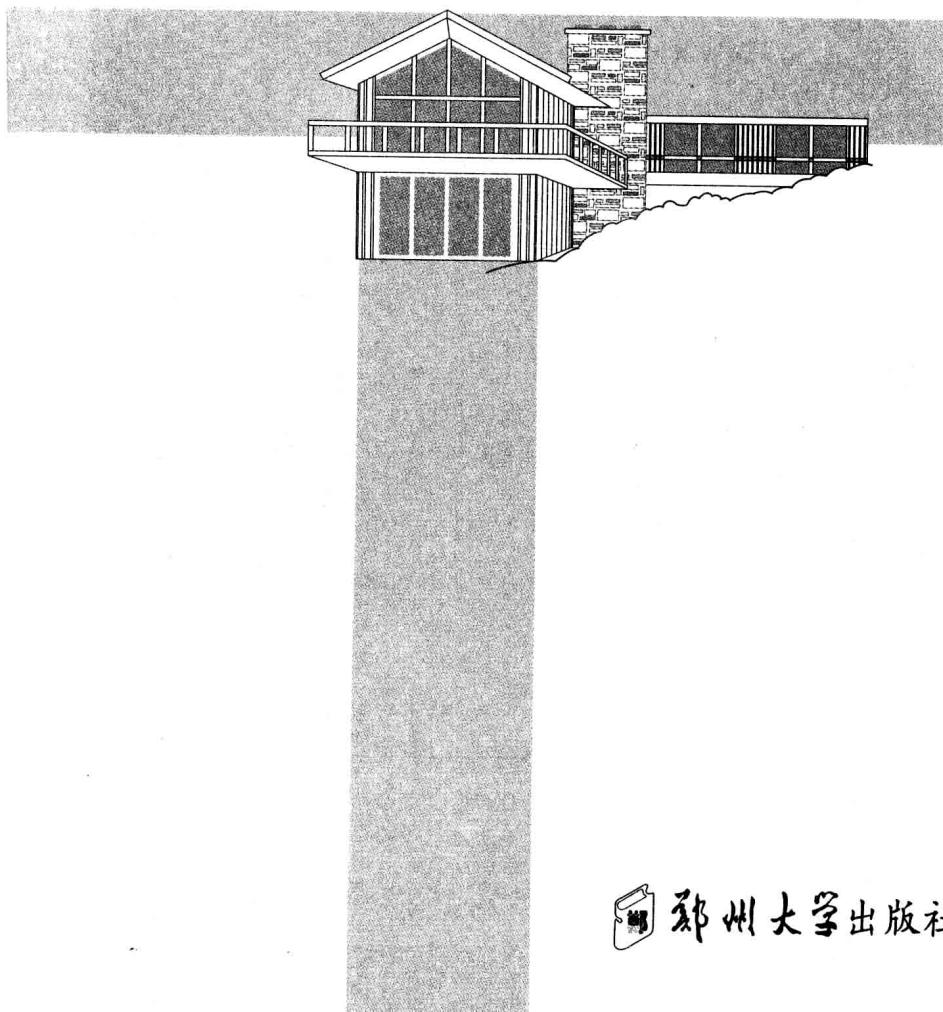
混凝土结构

Hunningtu

设计原理

JIEGOU SHEJI YUANLI

● 主编 王录民



郑州大学出版社

内容简介

本教材为普通高等教育“十一五”国家级规划教材,根据该门课程的教学基本要求和《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》而编写,主要内容包括:绪论,钢筋混凝土材料的力学性能,混凝土结构设计的方法和过程,轴心受力构件的承载力,受弯构件正截面的承载力,受弯构件斜截面的承载力,偏心受压构件的承载力,偏心受拉构件的承载力,受扭构件扭曲截面的承载力,钢筋混凝土构件的裂缝、变形和耐久性,预应力混凝土构件,以及混凝土结构按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》的设计原理等内容。为便于学生学习复习,书中编写了思考题和习题。

本教材可作为高等学校土木工程专业及相关专业的教材,也可供土木工程技术人員参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理/王录民主编. —郑州:郑州大学出版社,2008.3

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-81106-358-5

I. 混… II. 王… 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(2007)第 156179 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:邓世平

全国新华书店经销

黄委会设计院印刷厂印制

开本:787 mm × 1 092 mm

印张:23.25

字数:568 千字

版次:2008 年 3 月第 1 版

邮政编码:450052

发行部电话:0371-66966070

1/16

印次:2008 年 3 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-81106-358-5 定价:35.00 元

本书如有印装质量问题,由本社负责调换

编写指导委员会

The compilation directive committee

名誉主任 王光远

主 任 高丹盈

委 员 (按姓氏笔画排序)

申金山	司马玉州	刘立新	关 昱
李晓峰	李继周	张 伟	张 玲
张本昀	张国强	陈 淮	郑永红
赵顺波	段印德	祝彦知	姚庆钊
原 方	钱文军	曾宪桃	鲍 鹏

秘 书 崔青峰

本书作者

Authors

主 编 王录民
副主编 赵 军 段敬民 韩 阳
编 委 (以姓氏笔画为序)
王录民 李晓克 李慧敏
张 昊 赵 军 段敬民
韩 阳 鲍鹏玲

序

Preface

近年来,我国高等教育事业快速发展,取得了举世瞩目的成就。随着高等教育改革的不断深入,高等教育工作重心正在由规模发展向提高质量转移,教育部实施了高等学校教学质量与教学改革工程,进一步确立了人才培养是高等学校的根本任务,质量是高等学校的生命线,教学工作是高等学校各项工作的中心的指导思想,把深化教育教学改革,全面提高高等教育教学质量放在了更加突出的位置。

教材是体现教学内容和教学要求的知识载体,是进行教学的基本工具,是提高教学质量的重要保证。教材建设是教学质量与教学改革工程的重要组成部分。为加强教材建设,教育部提倡和鼓励学术水平高、教学经验丰富的教师,根据教学需要编写适应不同层次、不同类型院校,具有不同风格和特点的高质量教材。郑州大学出版社按照这样的要求和精神,组织土建学科专家,在全国范围内,对土木工程、建筑工程技术等专业的培养目标、规格标准、培养模式、课程体系、教学内容、教学大纲等,进行了广泛而深入的调研,在此基础上,分专业召开了教育教学研讨会、教材编写论证会、教学大纲审定会和主编人会议,确定了教材编写的指导思想、原则和要求。按照以培养目标和就业为导向,以素质教育和能力培养为根本的编写指导思想,科学性、先进性、系统性和适用性的编写原则,组织包括郑州大学在内的五十余所学校的学术水平高、教学经验丰富的一线教师,吸收了近年来土建教育教学经验和成果,编写了本、专科系列教材。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程,希望这些教材的出版对土建教育教学改革和提高教育教学质量起到积极的推动作用,也希望使用教材的师生多提意见和建议,以便及时修订、不断完善。

王发之

2006年7月

前言

Preface

目前,全国普通本科高等学校中设有土木工程专业的有近 300 所,这些院校已进入“211”工程的仅有 70 所左右,不足 1/4,由于学校层次不同,则生源的质量和培养目标也不相同,现有的《混凝土结构设计原理》教材虽然很多,但适合培养应用型人才的教材还很少,为此针对量大面广的地方性本科院校土木工程专业的培养目标,从应用性角度出发,根据教育部 1998 年 7 月颁布的《普通高等学校本科专业目录和专业介绍》,并参照《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》(JTG D62—2004),我们组织了五所院校长期从事混凝土结构教学的老师,编写了该《混凝土结构设计原理》教材。其内容符合高等学校土木工程专业指导委员会编写的高等学校土木工程专业本科教育培养目标和培养方案及课程教学大纲关于“混凝土结构设计原理”课程的基本要求。

本书内容包括:绪论,钢筋混凝土材料的力学性能,混凝土结构设计的方法和过程,轴心受力构件正截面承载力,受弯构件正截面承载力,受弯构件斜截面承载力,偏心受压构件正截面承载力,偏心受拉构件承载力,受扭构件承载力,钢筋混凝土构件变形、裂缝及混凝土结构的耐久性,预应力混凝土构件设计,以及混凝土结构按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》的设计原理等内容。

本书作为应用型本科教材,在编写过程中努力做到以下几点:

1. 针对量大面广的地方性本科院校土木工程专业的培养目标,从应用性角度出发,基本理论讲够即可,不追求理论和研究性内容的深化。
2. 从便于学生理解和好教易学出发,注意从学生的角度看问题,合理安排章节顺序,注重由浅入深,由易到难。
3. 精选典型例题,设计具有引导性的思考题。典型例题注重增加有实际工程背景的题目,注重应用;思考题注重引导学生对混凝土结构设计原理的分析讨论,使其有利于深化基本概念,富有启发性。
4. 配有英文专业词汇,兼顾了双语教学的需要。

本书具体编写分工为:第1章、第2章由王录民(河南工业大学)编写,第3章由段敬民(河南理工大学)编写,第4章、第10章由段敬民、李慧敏(河南理工大学)编写,第5章、第6章由张昊(河南工业大学)编写,第7章由赵军(郑州大学)编写,第8章、第9章由鲍鹏玲(信阳师范学院)编写,第11章由李晓克(华北水利水电学院)编写,第12章由韩阳(河南工业大学)编写。全书由王录民教授统稿,由宋玉普教授(大连理工大学)主审。

本书在编写过程中得到了各兄弟院校、郑州大学出版社的领导及有关编辑的大力支持和帮助,在此表示深深的敬意和感谢。

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

2007年8月

第 1 章 绪 论

Chapter 1 Introduction

1.1 混凝土结构的基本概念

Basic Concepts of Concrete Structures

1.1.1 混凝土结构的定义与分类

Definition and Category of Concrete Structures

混凝土是土木工程中应用最为广泛的一种工程材料。以混凝土为主要材料制成的结构称为混凝土结构,它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、钢骨混凝土结构、钢管混凝土结构、纤维混凝土结构和预应力混凝土结构等。

(1) **素混凝土结构** 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。由于素混凝土结构承载力低,易脆断,因此在工程中的应用范围有限。

(2) **钢筋混凝土结构** 钢筋混凝土结构是指在混凝土中配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架而形成的结构。钢筋混凝土结构是土木工程中最为常用的结构。据统计,我国每年在钢筋混凝土结构中所耗用的钢材在 2000 万吨以上。

(3) **钢骨混凝土结构** 钢骨混凝土结构又称为型钢混凝土组合结构,它是指用型钢或钢板焊接成的骨架配置在混凝土中形成的结构。钢骨混凝土结构承载力大,抗震性能好,但是用钢量大,造价高,可在高层建筑或工业厂房等承载能力大、抗震要求高的工程中应用。

(4) **钢管混凝土结构** 钢管混凝土结构是指在钢管内浇灌混凝土做成的结构。它的承载能力大,抗震性能好,省去模板支护,但构件连接比较复杂,维护费用高,可在高层建筑的底部和路桥支座的柱中采用。

(5) **纤维混凝土结构** 纤维混凝土结构是指在混凝土中掺入钢纤维、玻璃纤维和碳纤维等纤维材料而制成的混凝土结构。掺入纤维可以有效地改善混凝土的性能,如提高抗裂、抗冲击、耐磨性能及抗拉强度,可在建筑结构、水工结构及桥隧工程中应用。

(6) **预应力混凝土结构** 预应力混凝土结构是指在结构构件制作时,在其受拉部位的混凝土中人为预先施加压应力的混凝土结构。预应力混凝土结构主要用于抗裂性能高和大跨度的工程中。

本书的重点主要是钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构。

1.1.2 配筋的作用与要求

Function and Demand of Steel

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土两种不同的材料组成的,它巧妙地利用了混凝土的抗压能力较强、抗拉能力很弱和钢筋的抗拉能力很强这一特点,混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力,两者共同工作且各自发挥所长以满足工程结构的使用要求。

下面结合实例来说明钢筋和混凝土这两种材料结合起来使用的必要性。图 1.1(a) 为一根未配置钢筋的素混凝土简支梁,跨度为 2.5 m,截面尺寸 $b \times h = 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$,混凝土强度等级为 C20,梁的跨中作用一个集中荷载 P 。对其进行加载试验,结果表明,当荷载较小时,截面上的应变如同弹性材料的梁一样,沿截面高度呈直线分布;当荷载增大使截面受拉区边缘处拉应变达到混凝土抗拉极限应变时,该处的混凝土被拉裂,裂缝沿截面高度方向迅速开展,试件随即发生断裂破坏。破坏的发生非常突然,没有任何征兆。尽管混凝土的抗压强度比其抗拉强度高几倍或十几倍,但不能得以充分利用,因为试件的破坏是由混凝土的抗拉强度控制,破坏荷载值很小,只有 10.1 kN。

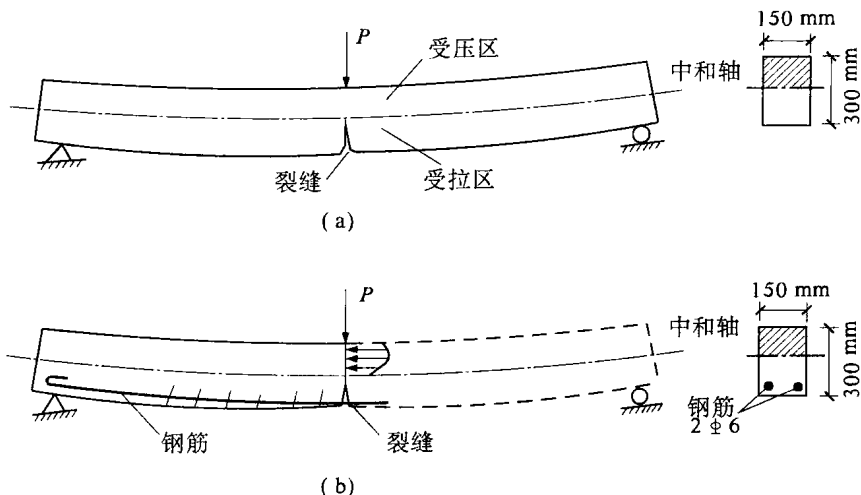


图 1.1 简支梁受力破坏示意图

对于图 1.1(a)中的梁在下部布置两根 ± 16 钢筋(Ⅱ级钢筋,直径为 16 mm),并在上部布置两根 $\phi 10$ 架立筋(Ⅰ级钢筋,直径为 10 mm)和适量的箍筋,再进行同样的荷载试验[图 1.1(b)]则可以看到,当荷载加到 10 kN 多一些时,梁底也产生裂缝,但裂缝微小,梁不会发生断裂,荷载仍然可以继续增加,裂缝加宽也向上发展,但较慢,直至加载至 55.7 kN 时,梁底的钢筋达到屈服。稍后,裂缝上方的受压区混凝土被压碎,梁才被破坏。可见,配有适量钢筋的梁,不仅充分发挥了钢筋的抗拉强度和混凝土的抗压强度,而且使梁的承载能力有很大提高,同时也使梁的变形能力有很大增强,破坏性质发生了根本变化——由突然性的脆断破坏变成了有明显预兆的延性破坏。

将钢筋配置在混凝土结构或构件中的受拉部位是混凝土结构设计所遵循的最基本原则。但是,由于钢筋不仅抗拉强度高,抗压强度也高,因此在受压的混凝土中配置钢筋不



仅可以提高结构或构件的承载能力,减小构件截面尺寸,更重要的是能改变结构或构件的受力性能。所以在实际的工程中,钢筋不仅按需要配置在梁、板、墙、壳等结构构件中,也配置在柱和基础中。

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原因是:

(1)混凝土硬化后,钢筋与混凝土之间产生了良好的黏结力,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。

(2)钢筋与混凝土两者有相近的线膨胀系数,钢筋为 $1.2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$,混凝土为 $(1.0 \sim 1.57) \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。当温度变化时,钢筋与混凝土之间不会产生由温度变化引起的较大的相对变形而使黏结力遭到破坏。

(3)钢筋埋置于混凝土中,混凝土对钢筋起到了固定和保护作用,使钢筋不易发生锈蚀,且使其受压时不易失稳,在遭受火灾时不至于因钢筋很快软化而导致结构整体破坏。因此,在混凝土结构中,钢筋表面必须有一定厚度的混凝土作保护层,这也是保证两者共同工作的必要措施。

在设计和施工中,钢筋的端部要留有一定的锚固长度,有的还要做弯钩以保证可靠地锚固,防止钢筋受力后被拔出或产生较大的滑移。钢筋的布置和数量应由计算和构造要求确定。

1.1.3 钢筋混凝土结构的优缺点

Advantages and Disadvantages of Concrete Structures

钢筋混凝土结构之所以得到广泛的应用,是因为它与其他结构相比具有如下优点:

(1)取材容易 混凝土所用的大量砂、石一般易于就地取材。另外,它还可以有效利用矿渣、粉煤灰等工业废料。

(2)用材合理 钢筋混凝土结构合理地发挥了钢筋和混凝土两种材料的优良性能,承载能力高,在多数情况下可以代替钢结构,节约钢材,降低造价。

(3)耐久性能好 由于混凝土强度随时间增长会略有提高,且钢筋被混凝土包裹,不易生锈,所以钢筋混凝土结构与其他材料的结构相比,其使用寿命较长,且基本上不需要维护。

(4)耐火性能好 由于混凝土包裹在钢筋外,所以遭火灾时钢筋不会因升温而迅速软化,也不会像木结构那样被燃烧。

(5)可模性好 钢筋混凝土结构可以根据需要浇捣成任何形状和尺寸。

(6)整体性好 由于可以整体浇筑和预制装配二次浇筑,因而整体性好,刚度大,有利于抵抗地震、振动、冲击和爆炸的作用。

当然,事物总是一分为二的,钢筋混凝土结构也存在一些弱点,如:自重大,不利于建造大跨度结构和超高层结构,对抗震不利;抗裂性差,受拉和受弯构件在正常使用时往往带裂缝工作,虽不影响承载力,但影响结构的美观和耐久性,对一些不允许出现裂缝或对裂缝有严格限制的结构,要么使用受到限制,要么需要提高工程造价;现场施工工序多,需养护,工期长,并受施工环境和季节气候条件的限制等。

虽然钢筋混凝土结构存在着一些弱点,但是其优点远多于弱点。随着对其研究的深



入,新技术、新材料、新工艺不断出现,混凝土结构的缺点正在逐渐被克服和改善,如:采用轻质高强的混凝土,可以有效减轻结构的自重,并改善隔声隔热性能;采用预应力混凝土,可以提高其抗裂性,扩大使用范围,使其可以用于大跨度结构和防渗漏结构中;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。因此,钢筋混凝土结构的应用范围正在不断得到扩大,显示着强劲的生命力。

1.2 混凝土结构的发展概况与应用

Historical Background and Application of Concrete Structures

1.2.1 混凝土结构发展的几个阶段

Several Phases of the Development of Concrete Structures

混凝土结构的产生是以人造硅酸盐水泥的发明为开端的。1824年,英国人约·阿斯匹丁(Joseph Aspdin)发明了波特兰水泥并取得了专利。但在这期间,混凝土结构还没有形成。1849年,法国人蓝波特(L. Lambot)制成了铁丝网水泥砂浆的小船,这可以算是人类历史上第一个混凝土制成的结构。由此算来,混凝土结构的产生距今已有150多年的历史。紧接着,1861年,法国花匠约瑟夫·莫尼埃(Joseph Monier)获得了制造钢筋混凝土板、管道和拱桥的专利,但他并不懂得钢筋混凝土的原理,他将钢筋设置在板的中部。1866年,德国学者发表了混凝土结构的计算理论和计算方法,1887年又发表了试验结果,并提出了钢筋应配置在受拉区的概念和板的计算方法。至此,钢筋混凝土结构才逐渐得到推广。纵观混凝土结构发展的历史,大致可以分为如下四个阶段:

1849~1920年为第一个阶段。这一阶段,由于钢筋和混凝土的强度都很低,仅能建造一些小型的梁、板、柱、基础等构件。对混凝土结构的研究和认识还比较粗浅,计算理论则套用了弹性理论,设计采用容许应力的方法。

1920~1950年为第二个阶段。这一时期,混凝土和钢筋的强度均有所提高,已建成了各种空间结构。更为重要的是,1928年法国工程师弗耐西涅(E. Freyssinet)成功地将高强钢丝用于预应力混凝土,使预应力混凝土的概念得以在工程实践中成为现实。加上后来各种锚具的发明和体系的完善,使得预应力混凝土技术成为一种成熟的技术,从而使混凝土结构的抗裂性得到根本的改善,使高强钢筋能够在混凝土结构中得到有效的利用,使混凝土结构能够用于大跨空间结构、压力贮罐、管道等领域中。在计算理论上,已开始考虑材料的塑性,如板的塑性绞线理论。由于苏联学者的杰出贡献,钢筋混凝土截面已开始按破损阶段计算破坏承载力。

1950~1980年为第三个阶段。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,这促进了房屋和桥梁结构的不断增大,促进了混凝土结构在高层和超高层建筑中的应用。1976年建成的美国芝加哥水塔广场大厦共74层,高度已达262米。同时,各种现代化施工方法的广泛采用,使得结构构件设计方法已过渡到按极限状态的设计方法,尤其是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



很大发展,使结构可靠度的近似概率法进入了工程设计中。

从1980年至今,混凝土结构的发展进入了第四阶段。尤其是近20年来,无论是材料性能、施工技术、设计理论、设计方法和手段,还是其应用范围,均有了前所未有的发展。如高性能混凝土、预拌混凝土、泵送混凝土、自密实混凝土、纤维混凝土、聚合物混凝土、绿色混凝土等新材料和新技术的出现,计算机的普及,功能完善的CAD软件系统的开发以及先进的施工机械设备的发明,建造了一大批超高层建筑、大跨度桥梁、超大型水电工程、特长跨度海底隧道、高耸结构、海洋钻井平台、核电站等巨型土木工程,成为现代土木工程的标志。同时,在设计计算理论方面,结构受力性能已发展到采用非线性有限元分析,开始真实模拟混凝土的非线性行为,钢筋混凝土构件在复合受力和反复荷载作用下的计算理论正朝着向受力机理建立统一计算模式的方向发展。这些均有力地推动了混凝土结构的发展。值得欣慰和自豪的是,经过几代人的不懈努力,我国混凝土结构的计算理论和建造技术均达到了当前的国际水平。

1.2.2 混凝土结构的工程应用

Engineering Application of Concrete Structures

混凝土结构在几乎所有的土木工程领域均有广泛的应用。

(1)房屋工程 在房屋建筑中,多层住宅和办公楼多采用砌体结构作为竖向承重构件,然而其楼板和屋面几乎全部采用预制钢筋混凝土板或现浇钢筋混凝土板;多层房屋和小高层房屋更多的是采用现浇的钢筋混凝土梁板柱框架结构;单层厂房也多是采用钢筋混凝土柱、钢筋混凝土屋架或薄腹梁、V形折板等;高层建筑采用钢筋混凝土结构体系更是获得了很大发展,甚至出现了许多举世闻名的超高层建筑。如:欧洲最高的建筑是莱茵河畔的密思埃姆大厦,共63层,高257米;美国芝加哥的咨询大厦,共64层,高298米;香港中环大厦,共78层,高374米;马来西亚吉隆坡彼得罗纳斯双塔大厦(图1.2),共88层,高450米,是目前世界上最高的建筑,为钢骨混凝土结构;我国目前最高的建筑是上海浦东的金茂大厦(图1.3),高420.5米,其内部为钢筋混凝土框筒结构,外围为钢骨混凝土柱和钢柱;上海正在建造的浦东环球金融中心大厦(图1.4),共101层,高492米,内筒为钢筋混凝土结构。

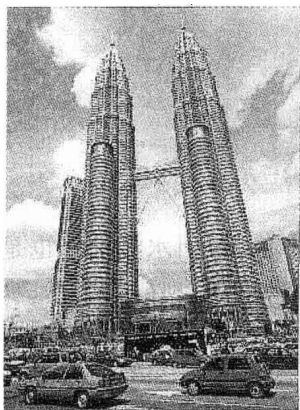


图1.2 吉隆坡双塔大厦

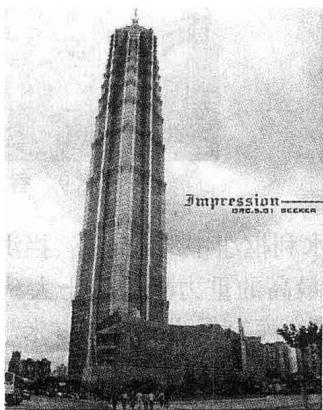


图1.3 金茂大厦

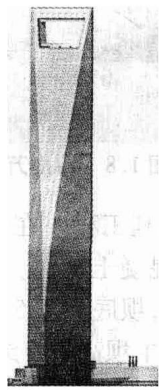


图1.4 浦东环球金融中心大厦



有很多公共建筑采用钢筋混凝土建造,成为很有特色的建筑,如:意大利都灵展览馆拱顶(图1.5)由装配式构件组成,跨度95米,非常宏伟壮丽;美国西雅图金群体育馆(图1.6)采用圆球壳,跨度达202米;1959年动工兴建,1979年竣工的澳大利亚悉尼歌剧院(图1.7),主体结构是由三组巨大的壳片(实为组合拱)组成,壳片曲率半径为76米,建筑坐落于海边,外观涂成白色,状如几片贝壳,在蔚蓝色的海洋上显得十分飘逸灵动,浑若天成,成为悉尼的标志性建筑,也成为世界上著名的风光建筑。

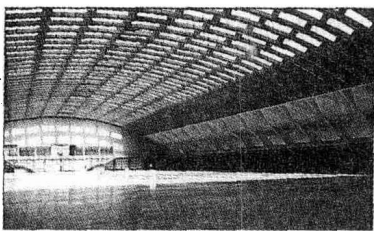


图 1.5 都灵展览馆拱顶

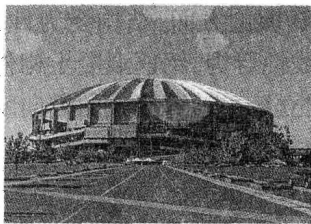


图 1.6 西雅图金群体育馆

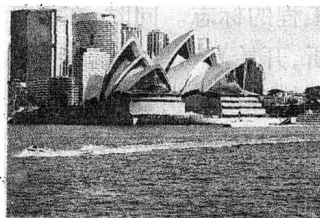


图 1.7 悉尼歌剧院

(2)桥梁工程 在桥梁建筑方面,中小跨桥梁绝大部分采用钢筋混凝土建造,跨度可从几米、几十米到几百米等。如我国江南水乡到处可见的混凝土拱桥,各种河流上的跨河桥等。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米,拱卷厚6.5米;我国1997年建成的四川万县长江大桥(图1.8),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,跨度长420米,跃居为目前世界上第一拱桥。即使有些大跨度桥梁,其跨度超过501米,采用钢悬索或钢制斜拉索,但其桥墩、塔架和桥面结构都是采用混凝土结构,如:1993年建成的上海杨浦大桥,主跨602米,是当今世界上最大跨度的钢与混凝土结合梁斜拉桥;1997年建成的香港青马大桥(图1.9),跨度1377米,桥体为悬索结构,支承悬索的两端塔架是高度为203米的钢筋混凝土结构;1997年建成的江阴长江大桥亦为悬索桥,主跨1385米,跨度居世界第四位。

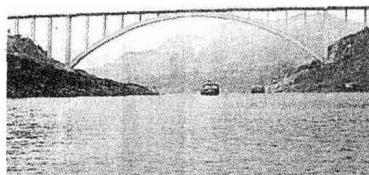


图 1.8 四川万县长江大桥



图 1.9 香港青马大桥

(3)水利工程 在水利工程中,水利枢纽中的水电站、拦洪坝、船闸、引水渡槽等也是采用钢筋混凝土结构。目前,世界上最高的重力坝为瑞士大狄克桑斯坝,坝高285米,坝顶宽15米,坝底宽225米,坝长695米,库容量为4亿立方米。巴西和巴拉圭共有的伊泰普水电站,主坝高196米,长1060米,装机容量为1260万千瓦。我国黄河上的龙羊峡水电站(图1.10)采用的也是混凝土重力坝,坝高178米。新建的广西龙滩水电工程(图1.11),坝顶高216.5米,为世界上最高的碾压混凝土坝,坝体混凝土达736万立方米。我



国建设的三峡水利枢纽工程(图 1.12)世界瞩目,坝高 186 米,坝体混凝土用量达 1527 万立方米,设计装机容量 1820 万千瓦,是世界上最大的水利枢纽工程。我国另一项跨世纪的大型水利工程——南水北调工程(图 1.13),已经开始建设,沿线将建设很多预应力混凝土渡槽。

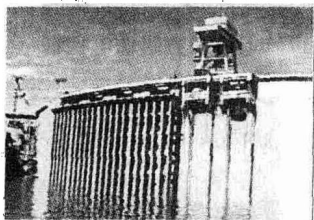


图 1.10 龙羊峡水电站

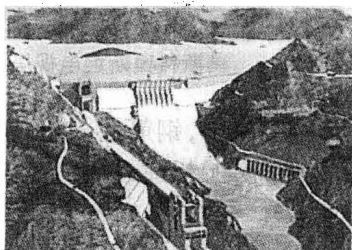


图 1.11 广西龙滩水电工程

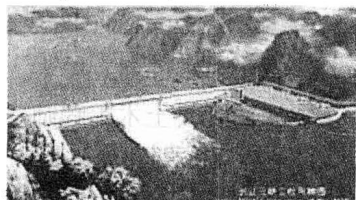


图 1.12 三峡水利枢纽工程



图 1.13 南水北调工程

(4) 特种结构及其他工程 特种结构工程是指一般结构工程之外,具有特种功能或用途的结构工程,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、水塔、冷却塔、水池、筒仓、储罐、塔桅结构、电视塔、核电站反应堆安全壳、近海采油平台等,也多采用钢筋混凝土结构。如:我国宁波北仑火力发电厂有高度达 270 米的筒中筒烟囱;我国建造过如倒锥形水塔,容量达 1500 立方米;世界上容量最大的水塔是瑞典马尔默水塔,容量达 10000 立方米;我国山西云岗建成的两座预应力混凝土煤仓,容量达 6 万吨;我国大连北良建成的钢筋混凝土粮食立筒仓(图 1.14),容量达到 18 万吨,为世界之最。随着滑模施工方法的发展,很多高耸建筑采用钢筋混凝土结构。目前,世界上最高的建筑物是加拿大多伦多电视塔(图 1.15),塔高 553.3 米(包括了钢天线部分),为预应力混凝土结构;其次是莫斯科奥斯坦电视塔(图 1.16),高 537 米;上海东方明珠电视塔(图 1.17)由三个钢筋混凝土筒体组成独特造型,高 456 米,居世界第三位。

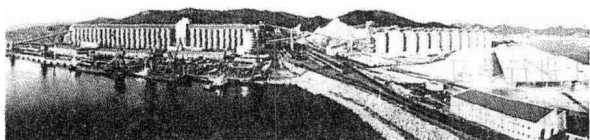


图 1.14 大连北良粮食立筒仓



图 1.15 加拿大多伦多电视塔



图 1.16 莫斯科奥斯坦电视塔



图 1.17 上海东方明珠电视塔

除了上述工程外,钢筋混凝土结构还在公路交通、隧道、铁路、机场等工程建设中广泛应用。如上海仅穿过黄浦江的越江隧道已达四条,浦东建造的高速磁悬浮列车,其中架空轨道线路也是钢筋混凝土结构。更值得一提的是,刚刚建成通车的青藏铁路(图 1.18),解决了一系列工程中的世界难题,如穿越永久冻土区的问题,在其中的 100 多公里的路段中,就是采用钢筋混凝土桩穿过冻土层将铁路架空的方法来巧妙解决的。

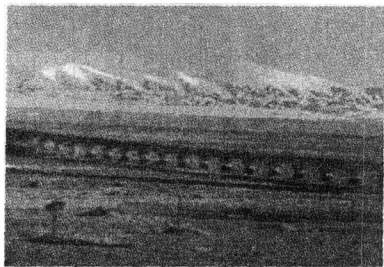


图 1.18 青藏铁路

可以说,不学好混凝土结构的知识,就很难成为一个称职的现代土木工程师。

1.3 本课程的特点及学习方法

The Feature and Study Method of the Course

混凝土结构设计原理课程是土木工程专业由基础课学习向专业课学习过渡的一门专业基础课,它主要讲授钢筋混凝土基本构件的设计原理,即结合钢筋混凝土的材料性能讲述各种基本构件的受力性能、截面设计计算方法和构造要求等混凝土结构的基本理论。具体来说,本课程首先介绍混凝土结构的材料性能,它是学习以后各章的基础;然后分别讨论轴心受力构件承载力计算、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、偏心受力构件承载力计算、受扭构件承载力计算、混凝土构件的变形和裂缝宽度验算以及预应力混凝土构件的设计计算等。由于钢筋混凝土基本构件因应用领域不同而涉及建筑、公路、铁路、水工、港工等不同的混凝土结构规范,而我国现有的各类工程混凝土结构规范尚未统一,所以本教材在讲解混凝土基本原理的基础上,只介绍《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》(JTG D62—2004,本书简称为《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种规范基本相同或类似,由于篇幅和学时的限制,本教材不予介绍。

本课程是建立在理论分析、实验研究、工程实践基础上的一门学科,富有自身的特点,学习时应注意以下问题:

(1) 在深入理解材料性能的基础上进行学习。

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、非连续性、非弹性的材料,这与前面学习理论力学、材料力学、结构力学等课程中所涉及的材料性能及假设已完全不同。混凝土结构在裂缝出现前的抗力行为,与理想的弹性材料结构相近,但在



裂缝出现以后,裂缝处截面内力要重新分布,特别是临近破坏时,其受力和变形状态与理想弹性材料有显著的不同。虽然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的基础上的,许多公式都带有经验性质,它虽然不如理想弹塑性材料构件的计算公式那么严谨,但仍能较好地反映结构的真实受力性能,满足工程结构的要求。

(2) 在清晰的思路指导下进行学习。

本课程的内容、符号、计算公式、构造规定相对较多,如果学习方法不得当,学起来就会感到繁杂,记忆困难,这就要在清晰的思路指导下进行学习。要学会删繁就简,抓住主线。要善于分析归纳,如拉、压、弯、剪、扭等各种构件的承载力计算,公式符号确实很多,但如果进行归类分析,可以看出凡属正截面的承载力计算,均符合平截面假定,只要概念上清楚达到承载力极限状态时构件截面上钢筋和混凝土的应力分布情况,就可以很简单地用平衡方程构建起各种构件正截面承载能力的计算公式,这比要死记住那一个个不同的公式要容易得多,即使忘记了,绘制一个截面受力状态图,马上即可把公式写出来。对于剪、扭构件的斜截面承载力计算,只要搞清楚影响承载力的主要因素、参数和构建公式的方法,就容易记忆了。

(3) 加强概念理解,提高综合能力。

由全国高等学校土木工程专业指导委员会于2001年11月制定的“土木工程专业本科教育培养目标和毕业生基本规格”对土木工程专业本科毕业生的培养目标做出了明确的规定,即“培养适应社会主义现代化建设需要,德、智、体全面发展,掌握土木工程学科的基本理论和基本知识,获得工程师基本训练并具有创新精神的高级专门人才”。要使培养的学生能从事土木工程的设计、施工与管理工作的,也就是说要培养未来的土木工程师。而作为土木工程师来说,最重要的是概念要清楚,所谓的“概念”主要是力学概念,所以在学习的过程中要深刻理解各种结构和构件的受力性质和受力状态,这样才能清楚钢筋应放在什么部位,怎么放最合适。同时还要清楚,钢筋混凝土构件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,从而引起截面设计方法的改变。因此,本课程中所给出的一些“限制条件”是不可忽视的,否则将会犯概念性的错误。

(4) 提高工程意识,加强基本训练。

本课程是土木工程专业必修的一门专业基础课,所学的知识既是为后续课程打下基础,又是要在以后的工程实践中直接应用的,所以要加强工程意识的培养。学习中不仅要多做习题,提高动手能力,更要明确构件和结构设计是一个综合性的问题,而不仅仅是指会使用公式计算,设计过程还包括结构方案、构件选型、材料选择、配筋构造、施工方案等,同时还要考虑安全适用和经济合理。设计中许多数据可能有多种选择方案,因而设计结果不是唯一的。最终设计结果应经过各种方案的比较,综合考虑使用、材料、造价等各项指标的可行性,才能确定一个较为合适的设计结果。同时,设计结果还要会用工程图正确地表达,形成工程语言。

另外,在设计中还必须注意,现行的计算方法一般只考虑荷载效应,其他影响因素,如