



网络继续教育课程学习指导丛书·专业基础课程系列

HUNNINGTU JIEGOU XUEXI YU KAOSHI ZHIDAO  
**混凝土结构原理学习与考试指导**

杨万庆 主 编

网络继续教育课程学习指导丛书·专业基础课程系列

# 混凝土结构原理 学习与考试指导

主 编 杨万庆

武汉理工大学出版社

· 武 汉 ·

## 内 容 简 介

本书依据最新的《混凝土结构设计规范》编写,共10章,内容包括钢筋混凝土材料的力学性能,混凝土结构基本设计原理,构件受弯、剪、压、扭、拉等的破坏特性和承载力计算方法,构件变形和裂缝验算,预应力构件受弯、拉的基本原理和承载力计算等。全书各章设有丰富的例题和习题,书后附有模拟试卷及详细解答。

本书可作为高职高专及网络继续教育土木工程专业的配套教材使用,也可供土木工程专业技术人员自学及参考之用。

## 图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构原理学习与考试指导/杨万庆主编. —武汉:武汉理工大学出版社,2013.4  
(网络继续教育学习与考试指导丛书)

ISBN 978-7-5629-3943-6

I. ①混… II. ①杨… III. ①混凝土结构-网络教育-继续教育-教学参考资料

IV. ①TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 017785 号

项目负责人:徐 扬 陈军东

责任编辑:段 智

责任校对:段 智

装帧设计:董君承

出版发行:武汉理工大学出版社

武汉市洪山区珞狮路122号 邮编:430070

<http://www.techbook.com.cn>

印刷者:武汉兴和彩色印务有限公司

经 销 者:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16

印 张:17

字 数:413千字

版 次:2013年5月第1版

印 次:2013年5月第1次印刷

印 数:1~2000册

定 价:34.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请向出版社发行部调换。

本社购书热线:(027)87785758 87381631 87165708(传真)

版权所有,盗版必究。

# 出版说明

在产业结构转型升级的新时期,我国各行各业迫切需要大量的人才,尤其是高素质应用型人才。现代远程教育(网络继续教育)为合理利用现代教育技术手段,充分发挥优质教育资源的作用提供了有效的途径。网络继续教育是针对在职人员开展的教育学习活动,而基于现代网络技术和信息技术的网络教育自1999年以来得到了空前的发展,已经为我国经济社会发展培养了大量应用型人才。网络继续教育是我国高等教育的重要组成部分,在建设学习型社会、构建我国终身教育体系中有着不可替代的作用。《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》也明确提出:“大力发展现代远程教育,建设以卫星、电视和互联网等为载体的远程开放继续教育及公共服务平台,为学习者提供方便、灵活、个性化的学习条件。”

网络教育经过十余年的发展,已经形成了较为独特的有别于学校教育的教学模式,网络教育的教学方式已经广泛应用于函授教育中。网络继续教育教学的主体——学习者是不同的。参加网络继续教育的学员,其专业基础、文化素质、学习时间、学习习惯和学习环境都存在较大的差异,教学活动的组织也无法做到完全统一,且网络教育的学习者主要是利用业余时间进行自主学习。网络继续教育教学的客体——知识技能也与学校教育有较大的区别。学校教育的知识内容体系包含三大类——公共基础课、专业基础课和专业课。公共基础课主要讲授高等教育的基本知识,但网络继续教育新模式的公共基础课不是按照全日制模式来做的,而是根据在职人员的特点来构建理论体系;专业基础课强调把学校的培养体系和企业实际应用的知识体系有机地结合起来,虽然这些专业基础课和传统的学历教育专业基础课一样都是按知识点来构造的,但不仅是以够用为准,更关键的是在保证高等教育知识体系的前提下,更多地融入实际工作中需要的知识与技能;而对于专业课,鉴于高等教育的教材往往严重滞后于行业技术和行业发展需要的现状,网络继续教育新模式凸显融入社会、跟踪行业实际运行过程中正在应用的技术和设备,更多地引入一些最新的技术和知识。

教材作为教学内容的重要载体,直接联系教学活动的主体与客体。教材体系的构建必须既符合教学主体的学习和认知规律,又遵循教学客体的内在逻辑规律,以利于教学活动的组织和教学内容的传授。网络继续教育的教材还应该符合网络继续教育的特点和规律。在武汉理工大学网络继续教育学院的大力支持下,我们对网络继续教育教学特点和规律进行了认真的研究,于2009年开始组织武汉理工大学网络继续教育课程的部分优秀主讲教师进行网络继续教育教材体系的建设,并于2010年起推出网络继续教育公共基础课程的教材,包括高等数学、微积分、工程数学、大学英语以及马克思主义基本原理、毛泽东思想概论与中国特色社会主义理论体系概论等;2011年推出工程管理、工商管理等重点专业的教学资源包;2013年起将陆续推出部分专业基础课程的学习指导书。这套教材本着适应在职人员学习的特点,按照“脉络梳理,释疑解难,模拟训练,历年真题”的风格进行编写,对网络继续教育各科基础课程的内容体系进行了简明扼要的梳理,对学习过程中存在的重点难点问题进

行了透彻的解析。各书设有丰富的例题和习题,书后附有精心设计的模拟训练试卷及武汉理工大学网络学院历年考试真题及详细解答。

我们将长期探索网络继续教育的教学规律,密切关注网络继续教育的发展趋势,继续完善和建设好网络继续教育的教材体系。我们也诚恳地希望各大高校的网络继续教育学院、各类教学站点在教学活动中引进这个体系,并在使用过程中提出改进的意见。希望我们共同努力,为网络继续教育事业的进一步发展做出贡献。

武汉理工大学出版社

2012年12月

# 前 言

《混凝土结构原理》是土木工程专业的一门主干专业必修课,是建立在实验基础上、与工程实践密切相关的一门重要学科。学习这门课,要求学生掌握钢筋混凝土构件的基本原理、特性和基本计算方法,为学习一系列后续课程和掌握有关科学技术知识打好必要的基础。

通过本课程的学习,要求学生能够把简单的工程问题抽象成准确的力学模型,并正确地进行分析。

本课程的任务是掌握混凝土材料的基本力学性能,掌握构件弯、剪、压、扭、拉等的受力破坏特征和承载力的计算方法,掌握钢筋混凝土构件的基本设计原则及构件变形与裂缝的基本原理和计算方法,掌握预应力轴拉和受弯构件的原理和承载力计算方法,了解混凝土设计方法的演变,了解无黏结预应力混凝土的基本原理,了解混凝土构件的实验方法,以及了解钢筋混凝土构造规定的重要性。

1. 通过完成本课程的各个教学环节,学生应达到以下基本要求:

按大纲学完混凝土结构原理后,要求学生应对大纲规定的全部内容有系统的了解,掌握其中的基本概念、基本理论和基本方法,会正确选择、综合运用各种理论方法求解工程中的实际问题,初步获得有关构件的计算及一定的图形表达能力。

2. 通过学习本课程,学生应具备以下能力:

按大纲学完理论力学后,学生应初步具备应用混凝土结构的理论和方法去分析、解决一些工程实际问题的能力。除此之外,结合本课程的特点,学生还应获得以下方面的能力:

- (1)逻辑思维(包括推理、分析、判断等)能力;
- (2)概括能力(将实际问题概括为具体的构件并进行计算);
- (3)自学、表达以及数学计算能力。

在学习本课程之前,学生必须学完以下先修课程:房屋建筑学、土木工程材料、建筑制图与计算机绘图、土木工程力学等,以便为本课程的学习打下基础。本课程的后续课程为混凝土结构设计、建筑结构抗震、高层建筑结构、建筑结构施工等。

本课程的总学时为 48 学时,具体安排如下表所示:

课程内容与学时分配表

| 序 号 | 内 容 | 学 时 |
|-----|-----|-----|
| 1   | 绪论  | 2   |

| 序 号 | 内 容             | 学 时 |
|-----|-----------------|-----|
| 2   | 钢筋混凝土材料的力学性能    | 4   |
| 3   | 混凝土结构的基本设计原则    | 2   |
| 4   | 受弯构件正截面承载力计算    | 8   |
| 5   | 受弯构件斜截面承载力计算    | 6   |
| 6   | 受压构件截面承载力计算     | 8   |
| 7   | 受拉构件承载力计算       | 2   |
| 8   | 受扭构件承载力计算       | 4   |
| 9   | 钢筋混凝土构件的变形与裂缝验算 | 4   |
| 10  | 预应力混凝土构件        | 8   |

本课程的学习参考用书如下:

[1]东南大学,天津大学,同济大学合编.混凝土结构设计原理.北京:中国建筑工业出版社,2002.

[2]Leonard Spiegel,George F. Limbrunner.混凝土结构.第4版.北京:清华大学出版社,2005.

[3]杨万庆.混凝土结构及砌体结构——概念与习题.武汉:武汉理工大学出版社,2008.

[4]吴培明.混凝土结构(上).武汉:武汉理工大学出版社,2002.

编 者  
2012 年 9 月

# 目 录

|                       |       |
|-----------------------|-------|
| 第 1 章 绪论              | (1)   |
| 1.1 基本内容              | (1)   |
| 1.2 典型例题              | (7)   |
| 第 2 章 钢筋混凝土材料的力学性能    | (9)   |
| 2.1 基本内容              | (10)  |
| 2.2 典型例题              | (24)  |
| 第 3 章 混凝土结构基本设计原则     | (29)  |
| 3.1 基本内容              | (29)  |
| 3.2 典型例题              | (41)  |
| 第 4 章 受弯构件正截面承载力计算    | (46)  |
| 4.1 基本内容              | (46)  |
| 4.2 典型例题              | (73)  |
| 第 5 章 受弯构件斜截面承载力计算    | (79)  |
| 5.1 基本内容              | (79)  |
| 5.2 典型例题              | (107) |
| 第 6 章 受压构件截面承载力计算     | (114) |
| 6.1 基本内容              | (115) |
| 6.2 典型例题              | (141) |
| 第 7 章 受拉构件承载力计算       | (147) |
| 7.1 基本内容              | (147) |
| 7.2 典型例题              | (156) |
| 第 8 章 受扭构件承载力计算       | (160) |
| 8.1 基本内容              | (160) |
| 8.2 典型例题              | (175) |
| 第 9 章 钢筋混凝土构件的变形与裂缝验算 | (180) |
| 9.1 基本内容              | (180) |
| 9.2 典型例题              | (198) |



第 10 章 预应力混凝土构件 ..... (203)

10.1 基本内容..... (203)

10.2 典型例题..... (238)

模拟考试试题..... (240)

    模拟试题(一)..... (240)

    模拟试题(二)..... (241)

    模拟试题(三)..... (243)

    模拟试题(四)..... (244)

    模拟试题(五)..... (245)

参考答案..... (247)

参考文献..... (262)

# C 第 1 章

## Chapter 1 绪 论

### 学 习 指 导

#### 1. 学习目标:

- (1) 理解混凝土结构的基本概念及其优缺点。
- (2) 了解本课程的内容特点、任务以及学习中应注意的问题。
- (3) 了解混凝土结构的发展和国内外的应用现状。

#### 2. 学习重点:

- (1) 混凝土结构的一般概念。
- (2) 混凝土结构发展简况及其工程应用。

#### 3. 学习难点:

材料性能的特殊性和结构设计的综合性。

## 1.1 基本内容

本章主要叙述了混凝土结构的一般概念,钢筋和混凝土这两种性质不同的材料能够组合在一起共同工作的条件,以及混凝土结构的优缺点;介绍了混凝土结构在房屋建筑工程、交通土建工程、水利工程及其他工程中的应用;介绍了混凝土结构的发展前景,包括在材料、结构、施工技术、计算理论等方面的发展;还介绍了本课程与其他课程的关系及其学习方法,以及指导我国工程实践的混凝土结构设计规范的概况。

### 1.1.1 混凝土结构的基本概念

混凝土是人工石材,它由石子、砂粒、水泥、外加剂和水按一定比例拌和而成,简称“砼”。混凝土材料像天然石材一样,承受压力的能力很强,但抵抗拉力的能力却很弱。而钢材则不然,其抗压和抗拉的能力都很强。于是,人们利用两种材料各自的特点,把它们有机地结合在一起共同工作,形成了用于工程实际的混凝土结构(Concrete Structure)。土木工程中常用的有素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、钢管混凝土结构、钢骨架混凝土结构、纤维混凝土结构等,其中以钢筋混凝土结构

(Reinforced Concrete Structure, 简称 RC)应用最广。

下面以一简支梁为例,讲述混凝土结构的受力原理。由材料力学可知,梁受弯后,截面的中和轴以上部分受压,以下部分受拉。如该梁由素混凝土构成,则由于混凝土的抗拉强度很小,于是在较小的荷载作用下,梁的下部就会开裂,在荷载持续作用下,裂缝随即急速上升,导致梁骤然脆断,此时梁上部混凝土的抗压强度还未得到充分利用。倘若在构件浇筑时,在梁的下部受拉区配置适量的钢筋,当受拉区混凝土开裂后,梁中和轴以下受拉区的拉力主要由钢筋来承受,中和轴以上受压区的压应力仍由混凝土承受。与素混凝土梁不同,此时荷载仍可以继续增加,直到受拉钢筋应力达到屈服强度,且随着荷载的进一步增加,上部受压区的混凝土也被压碎,梁才破坏。这样,混凝土的抗压能力和钢筋的抗拉能力都得到充分的利用,于是就较大幅度地提高了梁的承载能力。

钢筋和混凝土这两种性质不同的材料之所以能有效地结合在一起而共同工作,主要是由于混凝土硬化后钢筋与混凝土之间产生了良好的黏结力,使两者可靠地结合在一起,从而保证在外荷载的作用下,钢筋与相邻的混凝土能够共同变形;其次,钢筋与混凝土两种材料的温度线膨胀系数的数值颇为接近(钢筋为  $1.2 \times 10^{-5}$ ,混凝土为  $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ),所以,温度变化时不致产生较大的温度应力而破坏两者之间的黏结,从而保持结构的整体性;另外,应用这两种材料时,总是混凝土包围在钢筋的外围,起着保护钢筋免遭锈蚀的作用,这对这两种材料的共同工作无疑也是一种保证。

### 1.1.2 混凝土结构的优缺点

混凝土结构除了能较好地体现这两种材料的性能外,还有以下优点:

#### (1) 耐久性好

混凝土的强度是随龄期增长的,而钢筋被混凝土保护着锈蚀较少,所以只要保护层厚度适当,混凝土结构的耐久性就会比较好。若处于侵蚀性的环境时,可以选用适当的水泥品种及外加剂,并增大保护层厚度,就能满足工程要求。

#### (2) 耐火性强

比起容易燃烧的木结构和导热快且抗高温性能较差的钢结构来讲,混凝土结构的耐火性是较好的。因为混凝土是不良热导体,遭受火灾时,混凝土能起隔热作用,使钢筋不致达到或不致很快达到降低其强度的温度。经验表明,虽然经受了较长时间的燃烧,混凝土结构常常只损伤表面。另外,对承受高温作用的结构,还可使用耐热混凝土。

#### (3) 便于就地取材

在混凝土结构的组成材料中,用量较大的石子和砂往往容易就地取材,有条件的地方还可以将工业废料制成人造骨料应用,这对材料的供应、运输和降低土木工程结构的造价都提供了有利的条件。

#### (4) 保养费节省

混凝土结构的维修较少,不像钢结构和木结构那样需要经常保养。

#### (5) 节约钢材

混凝土结构合理地应用了材料的性能,在一般情况下可以代替钢结构,从而能节约钢材、降低造价。

#### (6) 可模性好

因为新拌和未凝固的混凝土是可塑的,故可以按照不同模板的尺寸和式样浇筑成

建筑师所需要的构件。

#### (7) 刚度大、整体性好

混凝土结构刚度较大、整体性较好,对现浇混凝土结构而言其整体性尤其好,宜用于变形要求小的建筑,也适用于抗震、抗爆结构。

但是,混凝土结构也有不少缺点和不足之处:普通钢筋混凝土结构自重比钢结构大,而自重过大对于大跨度结构、高层建筑结构的抗震都是不利的;混凝土结构的抗裂性较差,在正常使用时往往会带裂缝工作;建造较为费工,现浇结构模板需耗用较多的木材,施工易受到季节及气象条件的限制,且补强修复较困难;隔热、隔声性能较差等。这些缺点,在一定条件下限制了混凝土结构的应用范围。不过随着人们对于混凝土结构原理这门学科研究认识的不断深入,上述一些问题已经或正在逐步得到改善。例如,目前国内外均在大力研究轻质、高强混凝土以减轻混凝土的自重;采用预应力混凝土(Prestressed Concrete,简称PC)技术以减轻结构自重和提高构件的抗裂性;采用预制装配构件以节约模板和加快施工速度;采用工业化的现浇施工方法以简化施工流程;采用粘钢技术和碳纤维技术进行加固补强等。

### 1.1.3 混凝土结构的发展和国内外的应用现状

从人类的工程建设史来看,相对于砌体结构、木结构和钢铁结构而言,混凝土结构是一种新兴结构,它的应用也不过100多年的历史。但有的考古学者认为,水泥的起源约在公元前5万~10万年;以后在公元前3000年,出现了用熟石膏和石灰混合在一起建造的著名的埃及金字塔,它是现存的最早的混凝土结构物;其后在古希腊和罗马时代,人类用这种水泥建造了很多建筑物和公路。

进入近代以来,经过了J. Smeaton和J. Parker等人的试作阶段后,1824年,英国烧瓦工人Joseph Aspdin将石灰岩和黏土调配在一起,首先烧成了人工的硅酸盐水泥,并取得专利,这成为水泥工业的开端。以后,人们对如何克服混凝土抗拉强度很低这一问题进行了研究。1854年,法国技师J. L. Lambot将铁丝网放入混凝土中制成了小船,并于第二年在巴黎博览会上展出,这可以说是最早的钢筋混凝土制品。此后,Francois Conigne和Wilkinson等人进一步改进了Lambot的制品。到1867年,法国技师Joseph Monier取得了用格子状配筋制作桥面板的专利,钢筋混凝土工艺迅速地向前发展;1867年也成为全世界公认的最早进行钢筋混凝土桥架设的一年。1877年,美国的Thaddeus Hyatt首先对梁的力学性质进行了研究。1887年,德国的Konen提出了用混凝土承担压力和用钢筋承担拉力的设计方案,德国的J. Baushinger进一步确认了混凝土中的钢筋不受锈蚀等问题,于是钢筋混凝土结构又有了新的发展。1892年,法国的Hennebique阐述了箍筋对抗剪的有效作用,并于1898年提出了T形梁的钢筋混凝土结构方案。关于柱子,前面提到的Francois Conigne在钢筋混凝土桩方面得到了很多专利,Considerere则根据实验于1902年取得了螺旋钢筋柱的专利。

总而言之,钢筋混凝土结构是在19世纪中期开始得到广泛应用的。但由于当时水泥和混凝土的质量都很差,同时,设计计算理论尚未建立,所以发展比较缓慢。直到19世纪末以后,随着生产技术的发展、试验工作的开展、计算理论的研究以及材料及施工技术的改进,这一技术才得到了较快的发展。目前它已成为现代工程建设中应用最广泛的建筑技术之一。



在工程应用方面,钢筋混凝土结构最初仅在最简单的结构物,如拱、板等中使用。随着水泥和钢材工业的发展,混凝土和钢铁的质量不断改进、强度逐步提高。例如,美国在 20 世纪 60 年代使用的混凝土抗压强度平均为  $28 \text{ N/mm}^2$ , 20 世纪 70 年代提高到  $42 \text{ N/mm}^2$ , 近年来一些特殊需要的结构混凝土抗压强度可达  $80 \sim 100 \text{ N/mm}^2$ , 而实验室做出的混凝土抗压强度最高已达  $266 \text{ N/mm}^2$ 。又如,前苏联 20 世纪 70 年代使用的钢材的平均屈服强度为  $380 \text{ N/mm}^2$ , 20 世纪 80 年代提高到  $420 \text{ N/mm}^2$ ; 美国在 20 世纪 70 年代时钢材的平均屈服强度已达  $420 \text{ N/mm}^2$ , 而预应力钢筋的强度则更高。这些均为进一步扩大钢筋混凝土的应用范围创造了条件,特别是自 20 世纪 70 年代以来,很多国家已把高强度钢筋和高强度混凝土用于大跨、重型、高层结构中,并在减轻自重、节约钢材上取得了良好的效果。

为了克服钢筋混凝土易产生裂缝这一缺点,就出现了预应力钢筋混凝土。预应力钢筋混凝土的应用又对材料强度提出了新的更高的要求,而高强度混凝土及钢材的发展反过来又促进了预应力钢筋混凝土结构应用范围的不断扩大。预应力钢筋混凝土除了用以改善建筑结构外(如增大跨度、减小截面等),还应用于高层建筑、桥隧建筑、海洋结构、压力容器、飞机跑道及公路路面等方面。现在,预应力钢筋混凝土的应用已不仅在某些范围内用来代替钢结构和改善普通钢筋混凝土结构,而且在某些方面,如原子能发电站的高温高压压力容器,只有采用预应力钢筋混凝土结构建造才能保证安全。对防腐蚀有特殊要求的海洋结构,如采油平台,也必须采用预应力钢筋混凝土或钢筋混凝土建造。

为改善钢筋混凝土结构自重大的缺点,世界各国已经大力研究发展了各种轻质混凝土(由胶结料、多孔粗骨料、多孔或密实的细骨料与水拌制而成),其干容重一般不大于  $18 \text{ kN/m}^3$ ,如陶粒混凝土、浮石混凝土、火山渣混凝土、膨胀矿渣混凝土等。轻质混凝土可在预制和现浇的建筑结构中采用,如可制成预制大型壁板、屋面板、折板以及现浇的薄壳、大跨、高层结构,但在应用中应当考虑到它的一些特殊性能(如弹性模量低、收缩、徐变大等)。目前,国外用于承重结构的轻质混凝土强度等级为 C30~C60,其容重一般为  $14 \sim 18 \text{ kN/m}^3$ 。国内常用的轻质混凝土强度等级为 C20、C30,也可配制 C40 或更高强度的轻质混凝土,其容重一般为  $12 \sim 18 \text{ kN/m}^3$ 。由轻质混凝土制成的结构,其自重较普通混凝土可减少  $20\% \sim 30\%$ ,由于自重减轻,结构地震作用减小,因此在地震区采用轻质混凝土结构可有效地减小地震力,并节约材料和造价。

二次世界大战后,国外建筑工业化的发展速度很快,已从采用一般的标准设计定向工业化建筑体系,趋向于做到一件多用或仅用较少几种类型的构件(如梁板合一构件、墙柱合一构件等)就能建造成各类房屋。实践充分显示出建筑工业化在加快建设速度、降低建筑造价、保证施工质量等方面的巨大优越性。在大力发展装配式钢筋混凝土结构体系的同时,有些国家还将工具式模板、机械化现浇与预制相结合,即采用装配整体式钢筋混凝土结构体系。

由于轻质、高强混凝土材料的发展以及结构设计理论水平的提高,使得混凝土结构的应用跨度和高度都在不断地增大。

所有这些都显示出近代钢筋混凝土结构设计和施工水平在日新月异地迅速发展。

此外,各国对于防射线混凝土、纤维混凝土等也正在积极研究中,并已在有特殊要求的结构上开始应用。例如,纤维混凝土能使混凝土的性质获得飞跃发展,把混凝土的

拉、压强度比从  $1/10$  提高到  $1/2$ , 并且具有早强、体积稳定(收缩、徐变小)的特性, 使其有可能建造出  $600\sim 900\text{ m}$  高的建筑、跨度达  $500\sim 600\text{ m}$  的桥梁, 以及海上浮动城市、海底城市、地下城市等。

在 19 世纪末 20 世纪初, 我国也开始有了钢筋混凝土建筑物, 如上海市的外滩、广州市的沙面等, 但工程规模很小, 建筑数量也很少。解放以后, 我国在落后的国民经济基础上进行了大规模的社会主义建设, 随着工程建设的发展及国家进一步的改革开放, 混凝土结构在我国各项工程建设中得到迅速的发展和广泛的应用。

我国从 20 世纪 70 年代起, 在一般民用建筑中已较广泛地采用定型化、标准化的装配式钢筋混凝土构件, 并随着建筑工业化的发展以及墙体改革的推行, 发展了装配式大板居住建筑, 在多高层建筑中还广泛采用大模剪力墙承重结构外加挂板或外砌砖墙结构体系。各地还研究了框架轻板体系, 其中最轻的每平方米仅为  $3\sim 5\text{ kN}$ 。这种结构体系的自重大大减轻, 不仅节约了材料, 而且对于结构抗震具有显著的优越性。

改革开放后, 混凝土高层建筑在我国有了较大的发展。继 20 世纪 70 年代北京饭店、广州白云宾馆和一批高层住宅(如北京前三门大街、上海漕溪路住宅建筑群)的兴建以后, 80 年代开始, 高层建筑的发展步伐更是加快了, 结构体系更为多样化, 层数增多, 高度加大, 已逐步在世界上占据领先地位。随着高层建筑的发展, 高层建筑结构分析方法和试验研究工作, 在我国也得到了极为迅速的发展, 许多方面已达到或接近于国际先进水平。

混凝土结构在水利工程、桥隧工程、地下结构工程中的应用也极为广泛。用钢筋混凝土建造的水闸、水电站、船坞和码头在我国已是星罗棋布, 如黄河上的刘家峡、龙羊峡及小浪底水电站, 长江上的葛洲坝水利枢纽工程及三峡工程等。钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁也有很大的发展, 为改善城市交通拥挤, 城市道路立交桥也正在迅速发展。

随着混凝土结构在工程建设中的大量使用, 我国在混凝土结构方面的科学研究工作已取得较大的发展, 并在混凝土结构基本理论与设计方法, 可靠度与荷载分析, 单层与多层厂房结构, 大板与升板结构, 高层、大跨、特种结构, 工业化建筑体系, 结构抗震及现代化测试技术等方面的研究工作都取得了很多新的成果, 基本理论和设计工作的水平有了很大提高, 已达到或接近国际水平。

作为反映我国混凝土结构学科水平的混凝土结构设计规范也随着工程建设经验的积累、科研工作的发展和世界范围内技术的进步而不断改进。例如, 1952 年, 我国东北地区首先颁布了《建筑物结构设计暂行标准》; 1955 年制定的《钢筋混凝土结构设计暂行规范》(结规 6—55), 采用了前苏联规范中的按破坏阶段设计法; 1966 年颁布的我国第一部《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG 21—66), 采用了当时较为先进的以多系数表达的极限状态设计法; 1974 年又采用单一安全系数表达的极限状态设计法编制了《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74), 以及一些有关的专门规程和规定。规范 BJG 21—66 和 TJ 10—74 的颁布标志着我国钢筋混凝土结构设计规范步入了从无到有、由低向高发展的阶段。为了解决各类材料建筑结构的可靠度设计方法的合理和统一问题, 1984 年颁布的《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—84) 规定我国各种建筑结构设计规范均统一采用以概率理论为基础的极限状态设计方法。其特点是以结构功能的失效概率作为结构可靠度的量度, 使定值的极限状态概念转变为非定值的极限状态概念, 从而把我国结构可靠度设计方法提高到当时的国际水平, 这对提高结构设计的合理性具

有深刻意义。为配合 GBJ 68—84 的执行,1989 年颁布的《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)使我国混凝土结构设计规范又提高到了一个新的水平。

为适应近十几年我国工程建设的快速发展以及进入 WTO 的需要,自 1997 年起,我国对工程建设标准进行了全面修订,并先后颁布了《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)等。新标准的颁布,将推动新材料、新工艺、新结构的应用,使混凝土结构不断地发展,不停地演进,从而达到新的水平。

#### 1.1.4 混凝土结构课程与其他课程的关系及其学习要点

一般来讲,土木工程专业混凝土结构课程的内容可分为两个部分。第一部分内容是混凝土结构设计原理,也称混凝土结构基本构件。这部分内容讨论材料的性能、计算原理、构件(如受弯、受压、受拉和受扭构件以及预应力混凝土构件)的计算方法和配筋构造。第一部分可说是混凝土结构的基本理论,是学习土木工程结构的基础。第二部分内容是混凝土结构设计。这一部分内容主要介绍混凝土单层工业房屋和多层房屋的结构布置,各种结构部件(楼面、梁柱、基础、屋盖、排架、框架)的形式、计算、构造、各部件的联结和整体工作。由于我国是一个多地震的国家,所以这一部分内容也介绍了一些混凝土结构构件的抗震设计要点。

混凝土结构课程和许多课程关系密切,互相呼应配合,有的需要先行掌握,有的是后续课程,例如:

(1)建筑材料课程。要能正确理解混凝土结构的性能,就必须先熟悉钢筋和混凝土材料的性能,因此要在建筑材料课程的基础上,进一步掌握钢筋和混凝土的力学性能。

(2)材料力学课程。材料力学的研究对象主要是匀质、弹性材料的构件,而混凝土结构是非匀质、非弹性的材料,其构件是两种材料互相结合共同工作的构件,情况各不相同。但是,材料力学解决问题的观点和方法,可供解决混凝土结构问题时借鉴,只不过考虑问题时要顾及混凝土材料的具体性能。

(3)结构力学课程。例如,结构力学课程中对各种结构的内力分析和变形计算,都是混凝土结构计算中要用到的,必须掌握。另外,结构计算的基本原理,又是工程结构各门课程,如砌体结构、钢木结构课程所共用的,一脉相通。

(4)房屋建筑学课程,如有关建筑方案、房屋构造方面的知识等。

(5)其他课程。例如,在地震区设计土木工程结构时,必须考虑结构的抗震,因此本课程就与结构抗震课程有关;土木工程结构的基础,或是采用天然地基或是采用人工地基,都要进行适当的选择,确定地基的反力,以及考虑基础的沉降、基础与上部结构的相互作用,因此混凝土结构课程又与土力学、地基基础和工程地质课程有关;研究混凝土结构有时要做构件和结构的试验,这又跟结构试验、结构检验课程有关;土木工程结构设计还必须经济合理、施工方便,这必然与土木工程施工、工程管理、政策与法规等课程相关。

因此,学习混凝土课程时必须要注意以下问题:

首先,混凝土结构材料的性能较复杂,同时还有其他很多因素会影响其性能,而且从目前本学科的发展现状而言,有些方面的理论还不够完善。如在某些情况下,构件承载力和变形的取值还得参照试验资料的统计分析结果,即处于半经验半理论状态,故学习本课程时要正确理解其本质现象并注意计算公式的适用条件。

其次,混凝土结构课程针对的是结构和构件的设计,需要遵循建筑方针,考虑适用、经济

(造价、材料用量)、安全、可行,并牵涉到方案的比较、构件的选型、强度和变形的计算、配筋构造等方面的问题,是一个多因素的综合性问题,设计时需要加以多方面比较,方能从中作出抉择。所以,学习本课程时,要注意全面掌握问题,学会运用多因素综合分析的设计方法。

最后就是学以致用。学习本课程不单是要懂得一些理论知识,更重要的是实践和应用。本课程是遵照我国有关的国家标准特别是《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(后文简称《规范》)编写的。《规范》体现了国家的技术经济政策、技术措施和设计方法,反映了我国在混凝土结构学科领域所达到的科学技术水平,并且总结了混凝土结构工程实践的经验,故而《规范》是进行钢筋混凝土结构设计的依据,必须加以遵守。而只有正确理解《规范》条款的意义,不盲目乱套,才能正确地加以应用,这首先就需要努力学习、熟悉《规范》。当然,钢筋混凝土结构这门学科是在不断地演进发展着的,所以每隔一定年限,《规范》就得重行修订,以反映新达到的科学技术水平。

另外,由于目前我国土木工程专业正在执行的混凝土结构设计规范有建筑工程、水利工程、交通土建工程、铁路运输工程等各种不同行业的版本,工程实践中必须因地制宜、灵活应用。

## 1.2 典型例题



### 例题 1.1 什么是混凝土结构?

解 凡是以混凝土为主要材料制作的结构,都称为混凝土结构。



### 例题 1.2 钢筋与混凝土共同工作的基本条件是什么?

- 解
- ①钢筋与混凝土之间存在黏结力;
  - ②钢筋与混凝土的温度线膨胀系数接近;
  - ③混凝土对钢筋的保护作用。

## 达标练习

1. 普通混凝土结构有哪些优点和缺点?
2. 我国共颁布了哪几本钢筋混凝土结构设计规范?

## 参考答案

1. 优点:合理地利用了钢筋和混凝土两种材料的性能;与钢结构、木结构和砌体结构相比,具有较好的耐久性、耐火性、整体性、可模性以及便于就地取材。

缺点:结构自重重大、混凝土受拉区容易开裂、施工周期长、模板消耗大以及隔热隔声性能差。

2. 我国共颁布了四本规范:1966年规范(GBJ 21—66)、1974年规范(TJ 10—74)、1989年规范(GBJ 10—89)、2002年规范(GB 50010—2010)。



## □ 本章自测题

### 1. 选择题(从备选答案中选出一个正确答案)

(1)混凝土材料的基本特点是混凝土的( )。

- A. 抗压强度 $>$ 抗拉强度
- B. 抗压强度=抗拉强度
- C. 抗压强度 $<$ 抗拉强度
- D. 两者没有关系

(2)钢筋与混凝土这两种性质不同的材料之所以能有效地结合在一起而共同工作,主要是由于( )。

- A. 混凝土对钢筋的保护作用
- B. 混凝土对钢筋的握裹力
- C. 混凝土硬化后,钢筋与混凝土能很好地黏结,且两者线膨胀系数接近
- D. 两者线膨胀系数接近

(3)钢筋混凝土结构的主要缺点是( )。

- A. 使用阶段带裂缝工作
- B. 自重大
- C. 施工周期长
- D. 承载力低

(4)钢筋混凝土结构存在下列缺点,但不包括( )。

- A. 自重大
- B. 抗裂性较差
- C. 建造较费工
- D. 整体性差

(5)钢筋混凝土结构除了能合理利用钢筋和混凝土两种材料的性能外,还具有以下优点( )。

- A. 耐久性、耐火性、抗裂性
- B. 整体性、重量轻、耐火性
- C. 可塑性、可模性、节约钢材
- D. 抗震性、便于就地取材

(6)既能减轻混凝土结构自重,又能提高混凝土构件抗裂性能的方法是( )。

- A. 大力研究轻质、高强混凝土
- B. 采用预应力混凝土
- C. 采用预制装配构件
- D. 采用工业化现浇施工方法

(7)适量配筋的钢筋混凝土梁与素混凝土梁相比,其承载力和抵抗开裂的能力( )。

- A. 均提高很多
- B. 承载力提高很多,抗裂能力提高不多
- C. 抗裂能力提高很多,承载力提高不多
- D. 两者均提高不多