



普通高等教育“十二五”规划教材
全国高等院校土木工程类规划教材

新编 混凝土结构 设计原理

张季超 主 编
陈 原 王 晖 张春梅 吴珊瑚 副主编



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

全国高等院校土木工程类规划教材

新编混凝土结构设计原理

张季超 主编

陈原 王晖 张春梅 吴珊瑚 副主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是根据新实施的国家规范《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)等编写的,全书共分10章,主要内容为:绪论;混凝土结构材料的物理力学性能;混凝土结构的基本设计原则;受弯构件正截面承载力计算;受弯构件斜截面承载力计算;受压构件的截面承载力计算;受拉构件承载力计算;受扭构件承载力计算;正常使用阶段的验算;预应力混凝土构件设计等。

书中所附光盘详细介绍了本书所涉及的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)版与(GB 50010—2002)版之间的异同点以及混凝土材料性能、受弯构件、受压构件试验录像资料,重大工程建设图片汇总等。

本书可作为本科院校土木工程专业教材,也可供广大土木建筑工程设计人员和施工技术人员学习《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)时参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

新编混凝土结构设计原理/张季超主编. —北京:科学出版社,2011
(普通高等教育“十二五”规划教材·全国高等院校土木工程类规划教材)

ISBN 978-7-03-032051-3

I. ①新… II. ①张… III. ①混凝土结构-结构设计-高等学校-教材
IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 164572 号

责任编辑:童安齐 任加林 / 责任校对:马英菊
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011年8月第一次印刷 印张:23

印数:1—3 000 字数:533 000

定价:39.00元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换<骏杰>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

前 言

“混凝土结构设计原理”是高等院校土木工程专业的主干课程和专业课程之一,在土木建筑工程专业中占有重要地位。学习本课程的目的是使学生掌握结构设计基本原理,具备一般土木工程结构设计的能力,并为学习后续专业课程和毕业设计奠定基础。

本书是根据教育部土木工程专业的培养要求,结合作者 20 多年来的教学实践经验,在原有的教材基础上编写的。本书的特点是:①根据新实施的国家规范如《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)等编写;②适用于土木工程专业,兼顾其他土建类专业及相近专业;③面向以本科教育为主的一般院校;④突出工程结构设计原理的基本原则、基本要求和基本方法,适合学生自学和广大土木工程技术人员实际应用。本书编写力求贯彻少而精、突出重点、讲明难点、深入浅出、理论讲解与设计实践并重的原则,注重学以致用。全书共分 10 章,主要内容为绪论、混凝土结构材料的物理力学性能、混凝土结构的基本设计原则、受弯构件正截面承载力计算、受弯构件斜截面承载力计算、受压构件的截面承载力计算、受拉构件承载力计算、受扭构件承载力计算、正常使用阶段的验算、预应力混凝土构件设计等。各章末均附有思考题或习题。

为便于学生自学和土木工程技术人员学习《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010),本书增设了光盘。光盘内容为:①书中所涉及的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)版与(GB 50010—2002)版之间的异同点,新修订的内容均用红色字体标示;②混凝土材料性能,受弯构件、受压构件试验录像资料;③重大工程建设图片等。

参加本书编写的人员为:绪论及第 1、2、9 章由张季超教授编写;第 3 章由王晖副教授编写;第 4 章由张春梅副教授、邓雪松副教授编写;第 5 章由吴珊瑚副教授编写;第 6、7 章由许勇副教授编写;第 8 章由陈原副教授编写。全书由张季超教授、陈原副教授等审校。

广州大学土木工程学院王可怡工程师,研究生姬蕾、马旭、王龙、钟亮、潘兆东、伍阳、陈小飞等参加了书中相关资料及所附光盘内容的整理与编写工作。

在本书编写过程中,参考了国内近年来出版的混凝土结构方面的教材、规范和手册,在此向相关作者表示感谢。

因编写时间仓促及作者水平所限,书中难免有遗漏和不足之处,热切希望读者批评指正。

目 录

前言

绪论	1
0.1 混凝土结构的一般概念	1
0.2 混凝土结构的发展和应用简况	4
0.3 混凝土结构课程在内容上与其他课程的关系和学习要点	9
思考题	10
1 混凝土结构材料的物理力学性能	11
1.1 钢筋	11
1.2 混凝土	16
1.3 钢筋与混凝土之间的黏结与锚固	37
1.4 小结	42
思考题	43
2 混凝土结构的基本设计原则	45
2.1 极限状态设计原则	45
2.2 荷载和材料强度的取值	49
2.3 概率统计极限状态设计方法	51
2.4 小结	59
思考题	59
3 受弯构件正截面承载力计算	61
3.1 概述	61
3.2 受弯构件的形式及构造要求	61
3.3 受弯构件正截面受弯性能	65
3.4 受弯构件正截面承载力计算的一般规定	71
3.5 单筋矩形截面正截面受弯承载力计算	77
3.6 双筋矩形截面正截面受弯承载力计算	83
3.7 T形截面正截面受弯承载力计算	90
3.8 小结	98
思考题	99
习题	100
4 受弯构件斜截面承载力计算	103
4.1 概述	103
4.2 无腹筋梁的斜截面受剪性能	105
4.3 有腹筋梁的斜截面受剪性能	113

4.4	受弯构件斜截面受剪承载力的设计计算	119
4.5	受弯构件的构造要求	126
4.6	伸臂梁的设计实例	138
4.7	小结	142
	思考题	143
	习题	144
5	受压构件的截面承载力计算	146
5.1	概述	146
5.2	轴心受压构件的正截面承载力计算	150
5.3	偏心受压构件正截面承载力计算	159
5.4	矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力基本计算公式	163
5.5	非对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算方法	166
5.6	对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算方法	176
5.7	对称配筋 I 形截面偏心受压构件正截面受压承载力计算	180
5.8	沿截面腹部均匀配置纵向钢筋的矩形、T 形或 I 形截面钢筋混凝土偏心受压构件正截面受压承载力计算	186
5.9	N_u-M_u 相关曲线	187
5.10	双向偏心受压构件的正截面承载力计算	189
5.11	偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	190
5.12	小结	192
	思考题	192
	习题	194
6	受拉构件承载力计算	196
6.1	概述	196
6.2	轴心受拉构件正截面承载力计算	197
6.3	偏心受拉构件正截面承载力计算	201
6.4	偏心受拉构件斜截面承载力计算	208
6.5	小结	211
	思考题	211
	习题	212
7	受扭构件承载力计算	213
7.1	概述	213
7.2	纯扭构件的试验研究及破坏形态	214
7.3	一般受扭构件承载力计算	216
7.4	小结	236
	思考题	236
	习题	237

8 正常使用阶段的验算	238
8.1 概述	238
8.2 产生裂缝原因及其控制措施	238
8.3 荷载作用引起的裂缝宽度计算	244
8.4 受弯构件的变形验算	253
8.5 混凝土结构的耐久性	258
8.6 小结	263
思考题	264
习题	264
9 预应力混凝土构件设计	266
9.1 预应力混凝土的基本知识	266
9.2 预应力混凝土构件的截面形式及构造规定	274
9.3 预应力混凝土构件设计的一般规定	277
9.4 预应力混凝土轴心受拉构件	287
9.5 预应力混凝土受弯构件	303
9.6 预应力混凝土构造要求	319
9.7 部分预应力混凝土的概念	332
9.8 小结	334
思考题	335
习题	336
附录 1 术语及符号	338
附录 2 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)规定的材料指标	342
附录 3 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量	346
附录 4 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的有关规定	348
附录 5 钢筋混凝土结构试验	351
主要参考文献	360
光盘内容:	
1. 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)版与(GB 50010—2002)之间的异同点	
2. 混凝土材料性能试验录像资料	
3. 混凝土受弯构件、受压构件试验录像资料	
4. 重大工程建设图片汇总	

绪 论

0.1 混凝土结构的一般概念

混凝土是人工石材,由石子、砂粒、水泥、外加剂和水按一定比例拌和而成。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)(图 0-1~图 0-6)。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, RC)应用最广(详见书中所附光盘内容)。

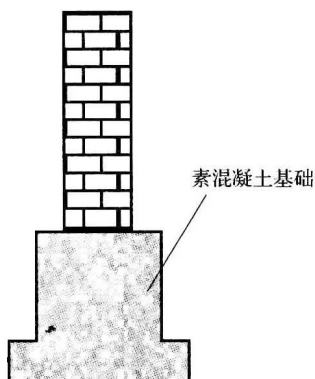


图 0-1 素混凝土基础

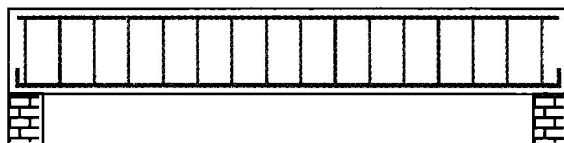


图 0-2 钢筋混凝土梁

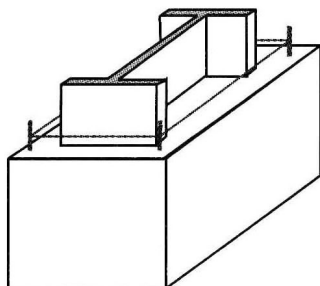


图 0-3 钢骨混凝土柱

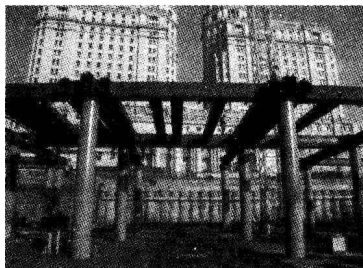


图 0-4 钢管混凝土框架



图 0-5 纤维混凝土



图 0-6 钢-混凝土混合结构

下面以一简支梁为例,讲述混凝土结构受力原理。由材料力学可知,图 0-7(a)所示梁受弯后,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[图 0-7(b)],此时梁上部混凝土的抗压强度还未充分利用。倘若在构件浇注时,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,随着荷载的进一步增加,上部受压区的混凝土也被压碎,梁才被破坏[图 0-7(c)]。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。

如图 0-8 所示,在受压的混凝土柱中配置了抗压强度较高的钢筋,以协助混凝土承受压力,从而可以缩小柱截面尺寸,或在同样截面尺寸情况下提高柱的承载力。

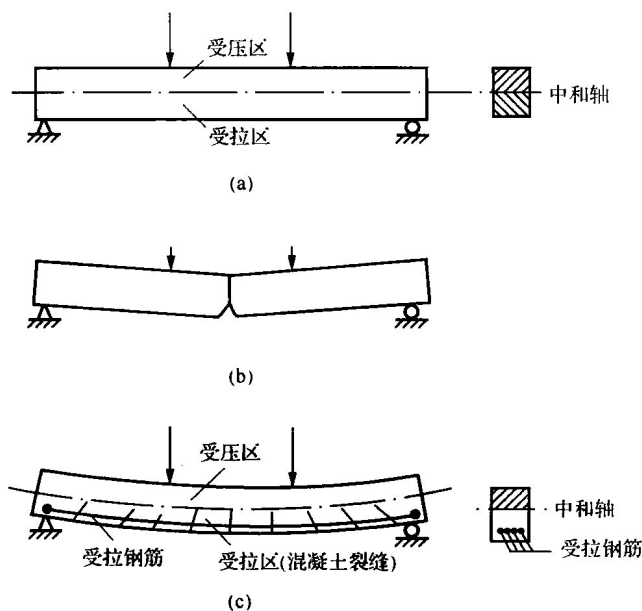


图 0-7 简支梁

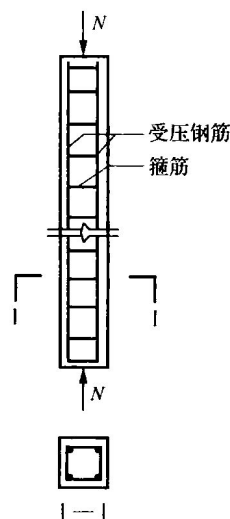


图 0-8 轴心受压柱

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 1.2×10^{-5} , 混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$),所以当温度变化时,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项保证。

混凝土结构除了能较合理地应用这两种材料的性能外,还有下列的一些优点:

(1) 耐久性:混凝土的强度是随龄期增长的,钢筋被混凝土保护着锈蚀较小,所以只要保护层厚度适当,则混凝土结构的耐久性比较好。若处于侵蚀性的环境时,可以适当选用水泥品种及外加剂,增大保护层厚度,就能满足工程要求。

(2) 耐火性: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好的。因为混凝土是不良热导体,遭受火灾时,混凝土起隔热作用,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,混凝土常常只损伤表面。对承受高温作用的结构,还可应用耐热混凝土。

(3) 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需要经常的保养。

(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:因为新拌和未凝固的混凝土是可塑的,所以可以按照不同模板的尺寸和式样浇筑成建筑师设计所需要的构件。

(7) 刚度大、整体性好:混凝土结构刚度较大,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本身自重比钢结构大,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,在正常使用时往往带裂缝工作,而且建造较为费工;现浇结构模板需耗用较多的木材,施工受到季节气候条件的限制,补强修复较困难;隔热、隔声性能较差等。这些缺点和不足处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这门学科研究认识的不断提高,上述一些缺点已经或正在逐步加以改善。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, 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加快施工速度;采用工业化的现浇施工方法以简化施工,采用粘钢技术和碳纤维技术加固进行补强等。

0.2 混凝土结构的发展和应用简况

0.2.1 国外简况

从现代人类的工程建设史上来看,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,它的应用也不过一百多年的历史。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,用熟石膏和石灰混合在一起建造了著名的埃及金字塔,这是现存的最早的混凝土结构物。其后在古希腊和罗马时代,用这种水泥又建造了很多建筑物和公路。

近代以来,经过了 Smeaton 和 Parker 等的试作阶段,1824 年英国的烧瓦工人 Aspdin 调配石灰岩和黏土,首先烧制成了人工的硅酸盐水泥,并取得专利,这是水泥工业的开端。以后,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 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 RC 制品。从此以后,Conigne 和 Wilkinson 等改进了 Lambot 的制品,到 1867 年法国技师 Monier 取得了用格子状配筋制作桥面板的专利,RC 工艺迅速地向前发展。1867 年,是全世界公认为最早的 RC 桥架设的一年。1877 年美国的 Hyatt 调查了梁的力学性质,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、Baushinger 确认了混凝土中的钢筋不受锈蚀等问题,于是 RC 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 形梁的方案。关于柱子,前面提到的 Conigne 在 RC 桩方面取得了许多专利,Considere 根据实验于 1902 年取得了螺旋钢筋柱的专利。

总而言之,近代混凝土结构是在 19 世纪中期开始得到应用的,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,发展比较缓慢。直到 19 世纪末,随着生产的发展,以及试验工作的开展、计算理论的研究、材料及施工技术的改进,这一技术才得到了较快的发展。目前已成为现代工程建设中应用最广泛的建筑材料之一。

在工程应用方面,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,混凝土和钢材的质量不断改进、强度逐步提高。例如在美国 20 世纪 60 年代使用的混凝土抗压强度平均为 28MPa,20 世纪 70 年代提高到 42 MPa,近年来一些特殊需要的结构混凝土抗压强度可达 80~105 MPa,而实验室做出的抗压强度最高已达 266 MPa。20 世纪 70 年代苏联使用钢材平均屈服强度为 380 MPa,20 世纪 80 年代提高到 420 MPa,美国在 20 世纪 70 年代钢材平均屈服强度已达 420 MPa,预应力钢筋所用强度则更高。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,在减轻自重、节约钢材方面取得了良好的效果。

为了克服钢筋混凝土易于产生裂缝这一缺点,促成了预应力混凝土的出现。预应力混凝土的应用又对材料强度提出新的更高的要求,而高强度混凝土及钢材的发展反过来又促进了预应力混凝土结构应用范围的不断扩大。预应力混凝土除了用以改善建筑结构

(例如增大跨度、减小截面等)外,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,例如马来西亚的双子塔共 88 层,高 452m,是世界上目前最高的双子塔(图 0-9);日本拟建的 SKY CITY,高 2000m,可容纳 100 万人居住(图 0-10)。现在,预应力混凝土的应用已不仅局限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,而且还用于其他方面,例如核能发电站的高温、高压的大型压力容器,只有采用预应力混凝土结构建造才能保证安全。对防腐有特殊要求的海洋结构(如采油平台),采用预应力混凝土或钢筋混凝土建造具有得天独厚的优势。

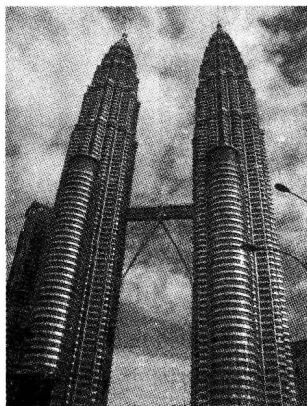


图 0-9 马来西亚双子塔

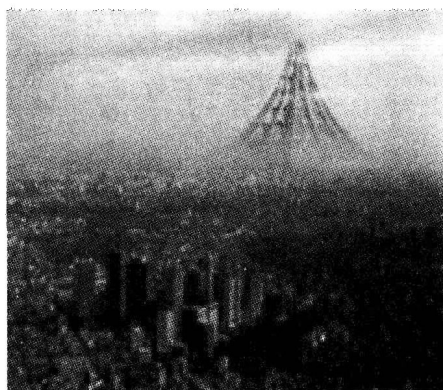


图 0-10 日本拟建的 SKY CITY

为改善钢筋混凝土自重大的缺点,世界各国已经大力研究、开发了各种轻质混凝土(由胶结料、多孔粗骨科、多孔或密实的细骨科与水拌制而成),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,其干容重一般不大于 18kN/m^3 。轻质混凝土可在预制和现浇的建筑结构中采用,例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)。目前国外轻质混凝土用于承重结构的强度等级为 C30~C60,其容重一般为 $14\sim 18\text{kN/m}^3$ 。国内常用的强度等级为 C20、C30,也可配制 C40 或更高的强度,其容重一般为 $12\sim 18\text{kN/m}^3$ 。由轻质混凝土制成的结构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,在地震区采用轻质混凝土结构可有效地减小地震力,节约材料和造价。

第二次世界大战后,国外建筑工业化的发展很快,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。在大力发展装配或钢筋混凝土结构体系的同时,有些国家还采用了工具式模板、机械化现浇与预制相结合,即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,混凝土结构应用跨度和高度都不断地增大,例如目前世界上最高的混凝土建筑为哈利法塔,是位于阿拉伯联合酋长国的一栋摩天大楼,160 层、总高 828m(图 0-11);最高的、全部轻混凝土结构的高

层建筑是休士敦贝壳广场大厦,52层、215m;德国采用预应力轻骨科混凝土建造的飞机库,房盖结构跨度达90m;日本的沃名大桥采用预应力混凝土箱形截面,桥梁跨度已达240m以上;俄罗斯及加拿大也分别建成了533m及549m高的预应力混凝土电视塔。



图 0-11 哈利法塔

此外,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。纤维混凝土使混凝土的性质获得飞跃的发展,如将混凝土的拉、压强度比从1/10提高到1/2,具有早强、体积稳定(收缩、徐变小)的特性,并有可能建造600~900m高的建筑,跨度达500~600m的桥梁,以及海上浮动城市、海底城市、地下城市等。

综上所述,高层建筑的大量涌现无不显示了近代钢筋混凝土结构设计和施工水平的迅速发展。

0.2.2 国内简况

在19世纪末20世纪初,我国也开始有了钢筋混凝土建筑物,如上海市的黄浦江外滩建筑、广州市的珠江沙面建筑等,但工程规模很小,建筑数量也很少。新中国成立以后,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,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,在一般民用建设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,最轻的每平方米仅为3~5kN。由于这种结构体系的自重大大减轻,不仅节约材料消耗,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也有了较大的发展。继20世纪70年代北京饭店、广州白云宾馆和一批高层住宅(如上海漕溪路住宅建筑群)的兴建,80年代以后高层建筑的发展加快了步伐,结构体系更为多样化,如层数增多、高度加大,已逐步在世界上占据领先地位。例如,广州国际大厦,63层、199m,是80年代世界上最高的部分预应力混凝土建筑;香港的中环广场,78层、374m,三角形平面筒中筒结构,是90年代世界上最高的混凝土建筑(图0-12);上海环球金融中心,地上101层、地下3层,高492m,是21世纪以来国内第二高楼(图0-13)。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。

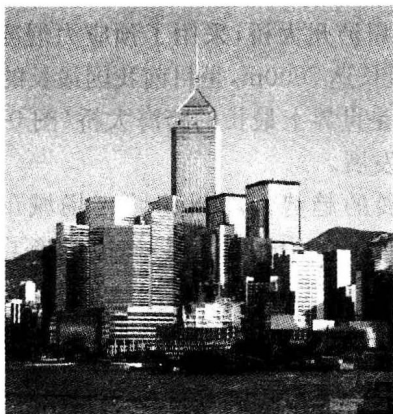


图 0-12 香港中环广场



图 0-13 上海环球金融中心

在大跨度的公共建筑和工业建筑中,常采用钢筋混凝土桁架、门式刚架、拱、薄壳等结构形式,如广东科学中心是复杂的巨型大跨度钢框架结构(图 0-14)。在工业建设中已经广泛地采用了装配式钢筋混凝土及预应力混凝土。为了节约用地,在工业建筑中多层工业厂房所占比重有逐渐增多的趋势,在多层工业厂房中除现浇框架结构体系以外,装配整体式多层框架结构体系已被普遍采用,并发展了整体预应力装配式板柱体系,由于其构件类型少,装配化程度高、整体性好、平面布置灵活,是一种有发展前途的结构体系,同时升板结构、滑模结构也有所发展。此外,如电视塔、水塔、水池、冷却塔、烟囱、贮罐、筒仓等特殊构筑物也普遍采用了钢筋混凝土和预应力混凝土,如 9 度抗震设防、高 380m 的北京中央电视塔,高 405m 的天津电视塔,高 490m 的上海东方明珠电视塔,高 599.9m 的广州电视塔(图 0-15)等。

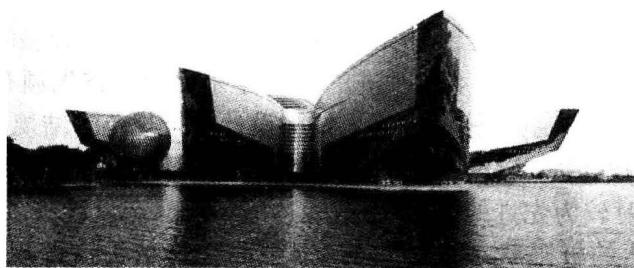


图 0-14 广东科学中心

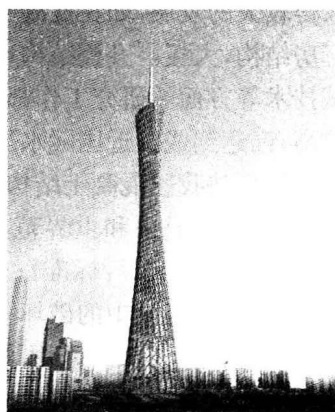


图 0-15 广州电视塔

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建设完成的三峡工程等。

钢筋混凝土和预应力混凝土桥梁也有很大的发展,如著名的武汉长江大桥引桥;福建乌龙江大桥,最大跨度达 144m,全长 548m;四川泸州大桥,采用了预应力混凝土 T 形结构,三个主跨为 170m,主桥全长 1255.6m,引道长达 7000m,是目前我国最长的公路大桥;杭州跨海湾大桥桥身整体呈 S 形,全长 36km,是世界上最长的跨海大桥(图 0-16)。为改善城市交通拥挤,城市道路立交桥也正在迅速发展。

目前,混凝土结构呈现向高层、地下发展的趋势。广州花城广场城市地下空间(图 0-17)总占地约 58 万 m^2 ,总建筑面积 55 万 m^2 ,地下 1~3 层,周边连接了 39 个顶级写字楼、酒店和歌剧院、图书馆、博物馆、少年宫等公共建筑。

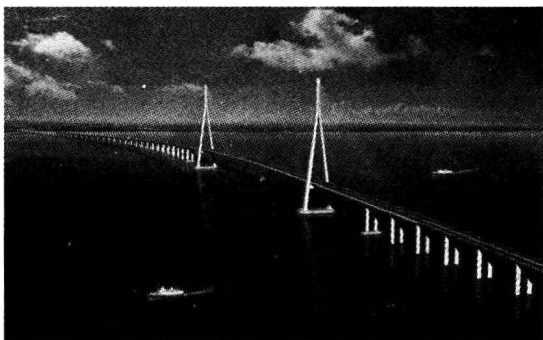


图 0-16 杭州海湾大桥



图 0-17 广州花城广场城市地下空间

要了解更多的工程应用,可见书中所附光盘内有关重大工程建设的图片汇总。

0.2.3 混凝土结构规范编制简况

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,如在混凝土结构基本理论与设计方法,可靠性与荷载分析,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、科研工作的成果和世界范围技术的进步而不断改进。1952 年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)采用了苏联规范中的破坏阶段设计法;1966 年颁布了我国第一部《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 年编制了采用单一安全系数表达的极限状态设计法的《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、由低向高发展的历程。

为了解决各类材料的建筑结构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,由定值的极限状态概念转变到非定值的极限状态概念上,从而把我国结构可靠度设计方法提高到当时的国际水平,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 年颁布了《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)。进入 20 世纪 90 年代以来,为满足我国工程建设的快速发展以及进入 WTO 的需要,在 2001 年前后,相继颁布了《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—2002)等。然而 2008 年 5 月 12 号发生的震惊中外的汶川大地震造成了约 700 万间房屋倒塌,2400 万间房屋受损,给予了我国土木建筑工作者惨痛的教训,也客观地反映了我国原有规范中所存在的不足。在总结了汶川地震造成建筑物倒塌与损坏的原因基础上,我国从 2009 年起先后颁布了新的《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2008)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)以及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010),并首次提出了工程建设标准是最低要求的概念,但是与国际上较为通用的设计规范相比,还有一定差距,因此我国工程建设标准与规范只有不断地修订和完善,才能使混凝土结构不断地发展、不停地演进,而每次新标准的颁布,都将推动新材料、新工艺、新结构的应用,并达到新的水平。

0.3 混凝土结构课程在内容上与其他课程的关系和学习要点

一般来讲,土木工程专业的混凝土结构课程的内容可分为两个部分:第一部分——混凝土结构设计原理,也称混凝土结构基本构件。主要内容为讨论材料的性能、计算原理、构件(如受弯、受压、受拉和受扭等构件以及预应力混凝土构件)的计算方法和配筋构造,这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——混凝土结构设计,主要内容为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。此外,由于我国是一个多地震的国家,这一部分也会介绍一些关于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) 建筑材料课程中含有关混凝土和钢材方面的基本知识。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方面的知识。

(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,情况各是不同。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借鉴,只不过考虑问题时要顾及混凝土材料具体性能的特点。

(3) 结构力学课程。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、一脉相通的。

(4) 房屋建筑学课程含有关建筑方案、房屋构造方面的知识等。

(5) 其他课程。如在地震区设计土木工程结构,必须考虑结构的抗震,本课程就要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,并确定地基的反力,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,这又与结构试验课程、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课程、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:

首先,由于混凝土结构材料的自身性能较复杂,同时还有其他很多因素要影响其性能,目前从学科的现状水平而言,有些方面的强度理论还不够完善,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,处于半经验、半理论状态,故学习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、施工可行,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;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,对本课程要注意全面掌握,学会考虑多因素综合分析的合理设计方法;

最后,就是学以致用。学习本课程不单是要懂得一些理论,更重要的是实践和应用。本课程的内容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)(以下简称《规范》)编写的,教材中名词、术语均与《规范》严格保持一致(详见附录1及书中所附光盘内容)。《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。但《规范》的内容又是基于现阶段混凝土结构设计的成熟做法和对混凝土结构承载力、正常使用以及耐久性的最低要求,因此只有正确理解《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,所以每隔一定年限《规范》就得重行修订,以反映新达到的水平。

另外,目前土木工程专业依据有关的混凝土结构设计规范就有建筑工程、水利工程、交通土建工程、铁路运输工程等各种不同类型的版本,工程使用时必须因地制宜、灵活应用。

思 考 题

- 0.1 混凝土是由哪几种材料组成的?为什么在混凝土内要配置钢筋?
- 0.2 钢筋和混凝土结合在一起共同工作的基础有哪些?
- 0.3 按照施工建造方式的不同,混凝土结构可分为哪些种类?
- 0.4 混凝土结构有哪些优点和缺点?它的缺点可以用什么办法加以克服?
- 0.5 请举例说明混凝土结构在土木工程方面的应用。
- 0.6 本课程包括哪些内容?它与哪些课程密切相关?
- 0.7 学习本课程应注意的要点是什么?
- 0.8 简述建筑工程、水利工程、交通土建工程、铁路运输工程等方面的混凝土结构设计规范。