



普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

混凝土结构设计

主编 雷庆关 吴金荣
主审 马芹永



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材

混凝土结构设计

主 编 雷庆关 吴金荣
副主编 高荣誉 李运来 杨智良
主 审 马芹永



武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计/雷庆关,吴金荣主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.3
普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材
ISBN 978-7-307-15340-0

I. 混… II. ①雷… ②吴… 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(2015)第 039980 号

责任编辑:王亚明 邓 瑶

责任校对:薛文杰

装帧设计:吴



出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:荆州市鸿盛印务有限公司

开本:850×1168 1/16 印张:20.25 字数:556千字

版次:2015年3月第1版 2015年3月第1次印刷

ISBN 978-7-307-15340-0

定价:41.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

**普通高等教育“十二五”规划教材
普通高等学校土木工程专业精编系列规划教材
编审委员会**

(按姓氏笔画排名)

顾 问:干 洪 朱大勇 任伟新 张伟林 程 桦 颜事龙

主 任 委 员:丁克伟 徐 颖 高 飞

副主任委员:戈海玉 方达宪 孙 强 杨智良 陆 峰 胡晓军

殷和平 黄 伟

委 员:马芹永 王 睿 王长柏 王佐才 韦 璐 方诗圣

白立华 刘运林 关 群 苏少卿 李长花 李栋伟

杨兴荣 杨树萍 肖峻峰 何夕平 何芝仙 沈小璞

张 洵 张 速 张广锋 陈 燕 邵 艳 林 雨

周 安 赵 青 荣传新 姚传勤 姚直书 袁文华

钱德玲 倪修全 郭建营 黄云峰 彭曙光 雷庆关

总责任编辑:曲生伟

秘 书 长:蔡 巍

特别提示

教学实践表明,有效地利用数字化教学资源,对于学生学习能力以及问题意识的培养乃至怀疑精神的塑造具有重要意义。

通过对数字化教学资源的选取与利用,学生的学习从以教师主讲的单向指导的模式而成为一次建设性、发现性的学习,从被动学习而成为主动学习,由教师传播知识而到学生自己重新创造知识。这无疑是锻炼和提高学生的信息素养的大好机会,也是检验其学习能力、学习收获的最佳方式和途径之一。

本系列教材在相关编写人员的配合下,将逐步配备基本数字教学资源,其主要内容包括:

课程教学指导文件

- (1)课程教学大纲;
- (2)课程理论与实践教学时数;
- (3)课程教学日历:授课内容、授课时间、作业布置;
- (4)课程教学讲义、PowerPoint 电子教案。

课程教学延伸学习资源

- (1)课程教学参考案例集:计算例题、设计例题、工程实例等;
- (2)课程教学参考图片集:原理图、外观图、设计图等;
- (3)课程教学试题库:思考题、练习题、模拟试卷及参考解答;
- (4)课程实践教学(实习、实验、试验)指导文件;
- (5)课程设计(大作业)教学指导文件,以及典型设计范例;
- (6)专业培养方向毕业设计教学指导文件,以及典型设计范例;
- (7)相关参考文献:产业政策、技术标准、专利文献、学术论文、研究报告等。



本书基本数字教学资源及读者信息反馈表请登录www.stmpress.cn下载,欢迎您对本书提出宝贵意见。

前言

本书为住房和城乡建设部高等学校土木工程学科专业指导委员会“2013 年度高等教育教学改革项目土木工程专业卓越计划专项”立项课题成果之一。

“混凝土结构设计”是高等院校土木工程专业重要的专业课程。本书是根据高等学校土木工程学科专业指导委员会颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》的要求,结合现行的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)编写的。

本书按照培养土木工程师的基本要求和中华人民共和国教育部“卓越工程师计划”的要求,在培养学生综合能力和创新意识的同时,注重建立学生的工程概念,提高学生的应用能力。本书系统介绍了梁板结构、单层厂房结构、多层框架结构、砌体结构的设计方法,并配有部分范例和设计例题,具有很好的指导性和实用性。

本书的主要特色:①对混凝土结构设计方法进行了充分的梳理,由浅入深、循序渐进;②给出了规范化的计算过程,例题类型齐全,解题过程规范;③章前配有内容提要和能力要求,章后配有知识归纳、独立思考和参考文献。

本书由安徽建筑大学雷庆关、安徽理工大学吴金荣担任主编;安徽建筑大学高荣誉、安徽理工大学李运来、安徽农业大学杨智良担任副主编;中北大学董彦莉,安徽新华学院潘福婷、钟晨担任参编。

具体编写分工为:

安徽建筑大学,雷庆关(前言、第 1 章、附录);

安徽新华学院,潘福婷(第 2 章第 1~2 节);

安徽农业大学,杨智良(第 2 章第 3~6 节);

中北大学,董彦莉(第 3 章);

安徽建筑大学,高荣誉(第 4 章第 1~6 节);

安徽新华学院,钟晨(第 4 章第 7 节);

安徽理工大学,吴金荣、李运来(第 5 章)。

安徽理工大学马芹永教授担任本书主审,并对本书的编写提出了许多宝贵的建议;安徽建筑大学结构工程专业 2012 级研究生胡光林、刘晓真、王彪、余钊

钊在本书编写过程中,做了大量的工作。编者在此一并表示感谢,并向在本书编写过程中给予关心和帮助的同仁及有关编辑表示深深的敬意和感谢。

在本书编写过程中,编者参考了国内外相关著作,在此对其作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在错误或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015 年 1 月

4.3	多层框架内力组合	(161)
4.4	框架结构层间侧向位移的计算及限值	(164)
4.5	框架结构配筋计算及构造要求设计	(165)
4.6	多层框架结构基础	(169)
4.7	设计例题	(176)
	知识归纳	(216)
	独立思考	(216)
	参考文献	(217)
5	砌体结构	(218)
5.1	概述	(219)
5.2	砌体材料的力学性能	(220)
5.3	砌体结构的设计方法	(221)
5.4	砌体结构构件的承载力	(232)
5.5	混合结构房屋的砌体结构设计	(247)
5.6	墙体设计	(255)
5.7	圈梁、过梁、挑梁和墙梁设计	(270)
5.8	墙、柱的一般构造要求及防止墙体开裂的措施	(279)
	知识归纳	(283)
	独立思考	(284)
	参考文献	(287)
	附录	(288)
	附录 1 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数	(288)
	附录 2 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下的内力系数表	(289)
	附录 3 双向板弯矩、挠度计算系数	(296)
	附录 4 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距	(300)
	附录 5 单阶柱柱顶反力与水平位移系数	(300)
	附录 6 规则框架承受均布及倒三角分布水平力作用时标准反弯点的高度比	(305)
	附录 7 《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)的有关规定	(309)
	附录 8 电动桥式吊车数据表	(315)

绪 论

课前导读

▮ 内容提要

本章主要内容包括结构的定义、分类，混凝土结构设计的内容，结构的选型与布置原则，混凝土结构的分析方法。本章的教学重难点是混凝土结构的形式、分析方法。

▮ 能力要求

通过本章的学习，学生应该掌握结构的定义、分类，混凝土结构设计的内容和混凝土结构的分析方法，理解结构的选型与布置原则，了解学习中应注意的问题。

1.1 结构的定义

广义上的结构,是指房屋建筑和土木工程的建筑物、构筑物及其他相关组成部分的实体。狭义上的结构,是指各种工程实体的承重骨架。混凝土结构(concrete structure)是由混凝土和钢筋通过一定方式生产制作形成的结构。

结构在其使用年限内,要承受各种永久荷载和可变荷载,有些结构可能还要承受偶然荷载。除此之外,结构在其使用年限内,还将受到温度、收缩、徐变、地基不均匀沉降等影响,也可能承受地震的作用。结构不仅应具有足够的承载力,不发生整体或局部的破坏或失稳,还应具有足够的刚度,不产生过大的挠度和侧移。对于混凝土结构而言,还应具有足够的抗裂性,满足对其提出的裂缝控制要求。1861年,法国人莫尼埃取得了制造钢筋混凝土板、管道和拱桥的专利,标志着现代混凝土结构的问世。混凝土结构具有较高的承载能力。其不但可以用于一般建筑结构,而且可以用于高层、大跨度的土木工程结构。除此之外,钢筋混凝土结构还具有节省钢材、可模性好、耐久性好、耐火性好等一系列其他结构难以比拟的优点。钢筋混凝土结构的特点是充分利用混凝土和钢筋的材料性能,使两者共同发挥作用,在实际工程中应用最普遍。钢筋混凝土结构的优点很多,除了能合理地利用钢筋和混凝土两种材料的特性外,还有如下优点:①可模性好。新拌和的混凝土具有可塑性,可根据需要设计制成各种形状和尺寸的结构或构件。②整体性好。现浇钢筋混凝土结构的整体性好,设计合理时,具有良好的抗震、抗爆和抗振动的性能。③耐久性好。钢筋混凝土结构具有很好的耐久性。正常使用条件下不需要经常进行保养和维修。④耐火性好。钢筋混凝土结构与钢结构相比具有较好的耐火性。⑤易于就地取材。钢筋混凝土结构所用比重较大的砂、石易于就地取材,且可有效利用矿渣、粉煤灰等工业废渣,有利于保护环境。

但是,钢筋混凝土结构也存在一些缺点,主要有以下几个方面。

①自重大。钢筋混凝土结构的截面尺寸较相应的钢结构大,所以自重大,不利于大跨度结构、高层建筑结构及抗震。

②吊装困难。钢筋混凝土结构自重大,使材料运输量增大,这给吊装带来了困难。

③抗裂性较差。钢筋混凝土结构在正常使用时往往是带裂缝工作的。对一些不容许出现裂缝或者对裂缝宽度有严格限制的结构,要满足这些要求就需要提高工程造价。

④隔热、隔声性能较差。

⑤施工比较复杂。施工受环境、气候条件的限制,雨季、冬季施工以及高温干燥情况下施工,均需要采取措施以保证工程质量,这就导致建造耗工较多,进行补强也比较困难。

上述钢筋混凝土结构的缺点限制了其应用范围。但是,随着钢筋混凝土结构的材料和施工技术的不断发展,这些缺点已经或正在逐步得到克服。例如,采用轻质高强混凝土以减轻结构自重,采用预应力混凝土以提高结构的抗裂性,采用预制装配结构或工业化的现浇施工方法等加快施工进度,采用高性能混凝土提高混凝土的力学性能和耐久性等。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进展,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、高层结构、大跨度结构、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,已接近或达到国际水平。

1.2 结构的分类

混凝土结构主要包括素混凝土结构(plain concrete structure)、钢筋混凝土结构(reinforced concrete structure)、预应力混凝土结构(prestressed concrete structure)三种。其中,素混凝土结构主要用于设备基础、道路路面、某些非承重结构和大体积的块体结构中,而一般的混凝土结构则由钢筋和混凝土组成。

1.2.1 素混凝土

素混凝土是针对钢筋混凝土、预应力混凝土等而言的。其是钢筋混凝土的重要组成部分,由水泥、砂(细骨料)、石子(粗骨料)、矿物掺合料、外加剂等按一定比例混合后加一定比例的水拌制而成。普通混凝土干表观密度为 $1900 \sim 2500 \text{ kg/m}^3$,是由天然砂、石作骨料制成的。当构件的配筋率小于钢筋混凝土中纵向受力钢筋最小配筋率时,应视为素混凝土。这种材料具有较高的抗压强度,而抗拉强度却很低,故一般在以受压为主的结构构件中采用,如柱墩、基础墙等。

1.2.2 钢筋混凝土

若在混凝土中配以适量的钢筋,则为钢筋混凝土。钢筋和混凝土两种物理、力学性能差异很大的材料之所以能有效地结合在一起共同工作,是因为两者之间的黏结力,受荷后协调变形。这两种材料温度线膨胀系数接近,在温度变化的环境中,变形能协调一致。此外,钢筋至混凝土边缘之间的混凝土,作为钢筋的保护层,使钢筋不受锈蚀并提高构件的防火性能。由于钢筋混凝土结构合理地利用了钢筋和混凝土的性能特点,可形成强度较高、刚度较大的结构,其耐久性和防火性能好,可模性好,结构造型灵活,以及整体性、延性好,适用于抗震结构,因而在建筑结构及其他土木工程结构中得到广泛应用。

1.2.3 预应力混凝土

预应力混凝土是在混凝土结构构件承受荷载之前,张拉混凝土中的高强度预应力钢筋而使混凝土受到挤压。其产生的预压应力可以抵消外荷载所引起的大部分或全部拉应力,也就提高了结构构件的抗裂度。一方面,预应力混凝土由于不出现裂缝或裂缝宽度较小,因而比相应的普通钢筋混凝土的截面刚度要大,变形要小;另一方面,预应力使构件或结构产生的变形与外荷载产生的变形方向相反(习惯称为“反拱”),因而可抵消后者一部分变形,使之容易满足结构对变形的要求。因此,预应力混凝土适用于大跨度结构。混凝土和预应力钢筋强度越高,可建立的预应力值越大,则构件的抗裂性越好。同时,由于合理有效地利用高强度钢材,从而节约钢材,减轻结构自重。由于抗裂性高,可建造水工、储水和其他不渗漏结构。

另外,根据结构构件的几何形状点,以及结构的层数和高度等,混凝土结构有不同的分类方法。

1.2.3.1 按结构构件的几何形状分类

按照结构构件的几何形状不同,混凝土结构可以分为杆系结构、板壳结构、拱结构、块体结构等。

(1) 杆系结构

这类结构中的结构构件都是细长的直杆,如连续梁、钢筋混凝土或预应力屋架、框架结构、排架结构等。杆系结构是建筑工程中应用最广泛的结构形式。

(2)板壳结构

当结构构件两个方向的尺寸远大于第三个方向的尺寸时,其平者称为板,曲面形状者称为壳,这样的结构称为板壳结构。板以受弯为主,房屋建筑中的楼面板和屋面板大多是平板;壳则以受压为主,是一种空间受力的结构,公共建筑中的大跨度混凝土屋盖可以做成壳体。

(3)拱结构

拱是以承受轴向压力为主的结构。由于拱体各截面上的内力大致相等,因而拱结构是一种有效的大跨度结构,在桥梁和房屋中都有广泛的应用。拱结构的轴线常采用抛物线形状(当拱的矢高 f 不大于拱的 $1/4$ 跨度时,也可用圆弧代替)。拱的矢高 f 一般为 $(1/8\sim 1/2)l_0$ 。矢高小的拱,水平推力大,拱体受力也大;矢高大的则相反。合理选择矢高是设计中应优先考虑的问题。拱体截面一般为矩形截面或T形截面等实体截面。当截面高度较大时(如大于 1.5m),可做成格构式、折板式或波形截面。

(4)块体结构

三个方向的尺寸为同量级的结构称为块体结构。属于块体结构的有柱下独立基础和设备基础、桥台和桥墩等。

1.2.3.2 按结构的层数和高度分类

混凝土结构按层数和高度不同,可以分为单层混凝土结构、多层混凝土结构和高层混凝土结构。

(1)单层混凝土结构

单层混凝土结构包括混凝土排架结构、混凝土刚架结构以及拱结构等,主要用于单层厂房、仓库及站台等建筑。排架结构是本书要讲述的基本结构之一,用于有较大起重设备的工业厂房。

刚架是一种梁柱合一的结构。混凝土刚架结构常作为中小型单层厂房的主体结构,有三铰、两铰及无铰等几种形式,以三铰刚架应用较多,可以做成单跨或多跨。

(2)多层混凝土结构

多层混凝土结构常用于多层轻工业厂房及多层民用房屋,主要有框架结构及框架-剪力墙结构。框架结构也是本书要讲述的基本结构之一。而框架-剪力墙结构则是在框架结构的适当部位设置成片的钢筋混凝土墙体,以提高框架结构抵抗水平作用的能力。

(3)高层混凝土结构

《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)规定:大于等于10层或高度大于等于 28m 的房屋结构称为高层结构。高度大于等于 100m 的建筑称为超高层建筑。其结构形式除框架结构、框架-剪力墙结构外,还有剪力墙结构、筒体结构等。

①剪力墙结构。钢筋混凝土剪力墙是指以承受水平荷载为主要目的(同时也承受相应范围内的竖向荷载)而在房屋结构设置的成片钢筋混凝土墙,其长度可与房屋的总宽度相同,其高度可为房屋的总高,其厚度最薄时可到 140mm 。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)规定:当钢筋混凝土墙的长度大于其厚度的4倍时,应按钢筋混凝土剪力墙要求进行设计(未超过时则按钢筋混凝土柱设计)。当纵横交叉的房屋墙体都由剪力墙组成时,形成剪力墙结构。剪力墙结构可用于40层以下的高层旅馆、住宅等房屋。

②筒体结构。将房屋的剪力墙集中到房屋的外部或内部,组成一个竖向悬臂的封闭式箱体时,可大大增加房屋的整体空间受力性能和抵抗侧移的能力,这种封闭的箱体称为筒体。筒体和框架结合可形成框筒结构,内筒和外筒结合形成筒中筒结构等。筒体结构一般用于30层以上的超高层房屋。

此外,按照施工工艺的不同,混凝土结构可分为在现场原位支模并整体浇筑而成的现浇混凝土结构(cast-in-situ concrete structure)、由预制混凝土构件或部件装配而形成的装配式混凝土结构(prefabricated concrete structure),以及由预制混凝土构件或部件通过钢筋锚固、连接或预应力等加以连接并现场浇筑混凝土而形成整体的装配整体式混凝土(assembled monolithic concrete structure)。

1.3 混凝土结构设计的内容

作为土木工程的建筑物,其总体上可分为建筑、结构、设备三大部分。建筑和设备要满足人们对使用功能的要求,结构则是保证建筑物安全性、适用性、耐久性的物质基础。

混凝土结构设计应包括下列内容:

- ①结构方案设计,包括结构选型、构件布置及传力途径;
- ②作用及作用效应分析;
- ③结构构件截面配筋计算或验算;
- ④结构及构件的构造、连接措施;
- ⑤对耐久性 & 施工的要求;
- ⑥满足特殊要求结构的专门性能设计。

混凝土结构的极限状态设计应包括:

- ①承载能力极限状态:结构或结构构件达到最大承载力、出现疲劳破坏、发生不适于继续承载的变形,或因结构的连续倒塌。
- ②正常使用极限状态:结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的某种规定限值。

1.4 结构的选型与布置原则

(1)结构的选型原则

水平承重结构、竖向承重结构和底部承重结构都有许多结构形式。水平承重结构有梁板体系和无梁体系,屋盖结构还有有檩的屋架或屋面大梁体系和无檩的屋架或屋面大梁体系;竖向承重结构有框架、排架、刚架、剪力墙、框架-剪力墙、筒体等多种体系;底部承重结构有独立基础、条形基础、筏形基础、箱形基础、桩筏基础、桩箱基础等许多基础形式,地基有天然地基和人工地基之分。进行设计时,首先要选择结构的形式。结构选型是否合理,不但关系到是否满足使用要求和结构受力是否可靠,而且关系到是否经济和施工是否方便等问题。

结构选型的基本原则是:

- ①满足使用要求;
- ②受力性能好;
- ③施工简便;
- ④经济合理。

(2)结构的布置原则

结构形式选定之后,要进行结构布置,即确定哪里设梁,哪里设柱,哪里设墙等问题。结构是否合理,不但影响使用,而且影响受力、施工、造价等问题。

结构布置的基本原则是:

- ①在满足使用要求的前提下,沿结构的平面和竖向应尽可能简单、规则、均匀、对称,避免发生

冲突;

- ②荷载传递路线明确,结构计算简图简单并易于确定;
- ③结构的整体性好,受力可靠;
- ④施工简便;
- ⑤经济合理。

此外,在平面尺寸较大的建筑中,要考虑是否设置温度伸缩缝。当设置温度伸缩缝时,温度伸缩缝的最大间距要满足规范的要求。在地基不均匀,或者不同高度,或者荷载较大的房屋中,要考虑沉降缝的设置。在地区,房屋相距很近,或者房屋中设有温度伸缩缝或沉降缝时,为了防止地震时房屋与房屋或同一房屋中不同结构单元之间相互碰撞造成房屋毁坏,应先考虑设置防震缝。温度伸缩缝、沉降缝和防震缝统称变形缝。当房屋中需要同时设置温度伸缩缝、沉降缝和防震缝时,应尽可能将三者设置在同一位置上。

1.5 混凝土结构的分析方法

结构分析时,应根据结构类型、材料性能和受力特点选择下列分析方法:

- ①弹性分析方法;
- ②塑性内力重分布分析方法;
- ③弹塑性分析方法;
- ④塑性极限分析方法;
- ⑤间接作用分析方法;
- ⑥试验分析方法。

(1) 弹性分析方法

结构的弹性分析方法可用于正常使用极限状态和承载能力极限状态作用效应的分析。结构构件的刚度可按下列原则确定:

- ①混凝土的弹性模量可按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)表 4.1.5 采用;
- ②截面惯性矩可按匀质的混凝土全截面计算;
- ③端部加腋的杆件,应考虑其截面变化对结构分析的影响;
- ④不同受力状态下构件的截面刚度,宜考虑混凝土开裂、徐变等因素的影响予以折减。

混凝土结构弹性分析宜采用结构力学或弹性力学等分析方法。体型规则的结构,可根据作用的种类和特性,采用适当的简化分析方法。

当结构的二阶效应可能使作用效应显著增大时,在结构分析中应考虑二阶效应的不利影响。

混凝土结构的重力二阶效应可采用有限元分析方法计算,也可采用《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)附录 B 的简化方法。当采用有限元分析方法时,宜考虑混凝土构件开裂对构件刚度的影响。

当边界支承位移对双向板的内力及变形有较大影响时,在分析中宜考虑边界支承竖向变形及扭转等影响。

结构按承载能力极限状态计算时,其荷载和材料性能指标可取为设计值;按正常使用极限状态计算时,其荷载和材料性能指标可取为标准值。

(2) 塑性内力重分布分析方法

房屋建筑中的钢筋混凝土连续梁和连续单向板,可采用塑性内力重分布分析方法进行分析,其

内力值可由弯矩调幅法确定。

重力荷载作用下的框架、框架-剪力墙结构中的现浇梁以及双向板等,经弹性分析求得内力后,可对支座或节点弯矩进行适度调幅,并确定相应的跨中弯矩。

对于直接承受动力荷载的构件,以及要求不出现裂缝或处于侵蚀环境等情况下的结构,不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

按考虑塑性内力重分布的分析方法设计的结构和构件,应选用符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)第 4.2.4 条规定的钢筋,并应满足正常使用极限状态要求且采取有效的构造措施。

对于直接承受动力荷载的构件,以及要求不出现裂缝或处于三 a、三 b 类环境下的结构,不应采用考虑塑性内力重分布的分析方法。

钢筋混凝土梁支座或节点边缘截面的负弯矩调幅幅度不宜大于 25%;弯矩调整后的梁端截面相对受压区高度不应超过 0.35,且不宜小于 0.10。

钢筋混凝土板的负弯矩调幅幅度不宜大于 20%。

预应力钢筋梁的弯矩调幅幅度应符合《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)第 10.1.8 条的规定。

对属于协调扭转的混凝土结构构件,受相邻构件约束的支承梁的扭矩宜考虑内力重分布的影响。考虑内力重分布后的支承梁,应按弯剪扭构件进行承载力计算(当有充分依据时,也可采用其他设计方法)。

(3) 弹塑性分析方法

重要或受力复杂的结构,宜采用弹塑性分析方法对结构的整体或局部进行验算。结构的弹塑性分析宜遵循下列原则:

- ①应预先设定结构的形状、尺寸、边界条件、材料性能和配筋等;
- ②材料的性能指标宜取平均值,并宜通过试验分析确定,也可按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)附录 C 的规定确定;
- ③宜考虑结构几何非线性的不利影响;
- ④分析结果用于承载力设计时,宜考虑抗力模型不定性系数对结构的抗力进行适当调整。

混凝土结构的弹塑性分析,可根据实际情况采用静力或动力分析方法。结构的基本构件计算模型宜按下列原则确定:

- ①梁、柱、杆等杆系构件可简化为一维单元,宜采用纤维束模型或塑性铰模型;
- ②墙、板等构件可简化为二维单元,宜采用膜单元、板单元或壳单元;
- ③复杂的混凝土结构、大体积混凝土结构、结构的节点或局部区域需作精细分析时,宜采用三维单元。

构件、截面或各种计算单元的受力-变形本构关系宜符合实际受力情况。对某些变形较大的构件或节点进行局部精细分析时,宜考虑钢筋与混凝土间的黏结-滑移本构关系。

钢筋、混凝土材料的本构关系宜通过试验分析确定,也可按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)采用。

(4) 塑性极限分析方法

对不承受多次重复荷载作用的混凝土结构,当有足够的塑性变形能力时,可采用塑性极限分析方法进行结构的承载力计算,同时应满足正常使用的要求。

整体结构的塑性极限分析计算应符合下列规定:

- ①对可预测结构破坏机制的情况,结构的极限承载力可采用静力或动力弹塑性分析方法确定;
- ②对难以预测结构破坏机制的情况,结构的极限承载力可采用静力或动力弹塑性分析方法确定;
- ③对直接承受偶然作用的结构构件或部分,应根据偶然作用的动力特征考虑其动力效应的影响。

承受均布荷载的周边支承的双向矩形板,可采用塑性铰线法或条带法等塑性极限分析方法进行承载能力极限状态的分析与设计,同时应满足正常使用极限状态的要求。

承受均匀荷载的板柱体系,根据结构布置和荷载的特点,可采用弯矩系数法或等代框架法计算承载能力极限状态的内力设计值。

(5) 间接作用分析方法

当混凝土的收缩、徐变以及温度等变化间接作用在结构中产生的作用效应可能危及结构的安全或正常使用时,宜进行间接作用效应的分析,并应采取相应的构造措施和施工措施。

混凝土结构进行间接作用效应的分析,可采用《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)第5.5节的弹塑性分析方法;也可考虑裂缝和徐变对构件刚度的影响,按弹性方法进行近似分析。

(6) 试验分析方法

对体型复杂或受力状况特殊的结构或其部分,可采用试验分析方法对结构的正常使用极限状态和承载能力极限状态进行分析或复核。

当结构所处环境的温度和湿度发生变化,以及混凝土的收缩和徐变等因素在结构中产生的作用效应可能危及结构的安全和正常使用时,应进行专门的结构试验分析。

1.6 本书的主要内容及学习重点

(1) 主要内容

本课程是建筑工程技术等专业的主干课之一,主要研究一般房屋建筑结构的特点、结构构件布置原则、结构构件的受力特点及破坏体系,简单结构构件的设计原理和设计计算、整体结构的分析、建筑结构的有关构造要求以及结构施工图等。

本书的主要内容如下:

①关于水平承重结构,介绍了混凝土梁板结构,重点介绍了整体或单向板梁板结构、整体式双向板梁板结构、整体式无梁楼盖、装配式梁板结构以及整体式楼梯和雨篷的设计计算方法。

②关于水平竖向承重结构,结合单层厂房结构,介绍了排架结构设计,重点介绍了单层厂房的结构类型和结构体系、结构组成和荷载传递、结构布置、构件选型和截面尺寸确定、排架结构内力分析、柱的设计、钢筋混凝土屋架设计要点,以及吊车梁设计要点等,并且给出了一个单层厂房排架结构的实例。

③关于竖向承重结构,介绍了广泛应用的多层与高层框架结构设计,重点介绍了结构布置方法、截面尺寸估算、计算简图的确定、荷载计算、内力计算、内力组合、侧移验算和框架结构配筋计算及构造要求等,并且给出了一个高层框架结构的设计实例。

④介绍了砌体材料的应用,重点介绍了砌体材料的力学性能,砌体结构设计方法,砌体结构构件承载力,混合结构房屋的砌体结构设计,墙体设计,圈梁、过梁、挑梁和墙梁设计及墙柱的一般构造要求。

(2) 学习重点

本书的学习重点如下:

- ①了解各类结构的特性,能够正确进行选用。

②熟悉结构的平面和竖向布置方法,确保结构的荷载传递路线明确、受力可靠、经济合理、整体性好。

③掌握结构计算简图的确定方法及各构件截面尺寸的估算方法。

④熟悉各种荷载的计算方法。

⑤熟练掌握结构在各种荷载下的内力计算及内力组合方法。

⑥熟练掌握结构的配筋及构造要求。

学习本课程,应了解建筑结构的基本设计原理,掌握钢筋、混凝土及砌体材料的力学性能以及由其组成的钢筋混凝土结构、砌体结构和各种基本构件的受力特点,掌握一般房屋建筑学的结构布置、截面选型及基本构件的设计计算方法,正确理解国家建筑设计相关规范中的有关规定,并能正确进行截面设计等,同时能处理建筑结构施工中的一般结构问题,逐步培养和提高理论联系实际的综合应用能力,为从事房屋建筑工程设计、施工及项目管理工作打下基础。

【知识归纳】

(1)钢筋混凝土材料是一种性价比优异的工程材料。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,钢筋混凝土材料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:钢筋和混凝土之间有良好的黏结力,使两者结合为整体;钢筋与混凝土两者的温度线膨胀系数几乎相同,在温度变化的环境中,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性能。

(4)混凝土结构课程通常按内容的性质可分为“混凝土结构设计原理”和“混凝土结构设计”两部分。前者主要讲述各种混凝土基本构件的受力性能、截面设计计算方法和构造等混凝土的基本理论,属于专业课基础内容。后者主要讲述梁板结构、单层厂房、多层和高层房屋、公路桥梁等的结构设计,属于专业课内容。通过本课程的学习以及课程设计和毕业设计实践性教学环节,学生在初步具有运用这些理论知识正确进行混凝土结构设计和解决实际技术问题的能力。

(5)学习本课程时,要注意下面一些问题:

①加强试验、实践性教学环节并注意扩大知识面。

②学习本课程,要注意培养对多种因素进行综合分析的能力。本课程要解决的不仅是材料的强度和变形的计算问题,主要还是结构和构件的设计,如结构方案、结构选型、材料选择和配筋构造等。结构设计是一个综合性问题,需要考虑多方面的因素。设计时,同一构件在给定荷载作用下,可以有不同的截面形式、尺寸、配筋方式和数量等。因此,在实际中往往需要通过试算、调整,同时进行适用、材料、造价、施工的可行性等各项指标的综合分析比较,才能作出合理的选择。

③在学习本课程时,《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的运用是一个非常重要的问题。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)是对多年来混凝土结构方面的科学技术水平、理论计算方法和工程实践经验的总结,以及对国际上有关标准的先进成果吸取。在学习中要熟悉它,在实际中灵活运用它,在实践中进一步验证它。只有对规范条文的概念和实质有正确的理解,才能确切地应用其内容,充分发挥设计者的主动性与创造性。

④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。