



高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

Design of Reinforced Concrete Structures for Buildings

建筑混凝土结构设计

· 建筑工程方向 ·

■ 主编 余志武

■ 主审 徐礼华



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

建筑混凝土结构设计

主 编 余志武
主 审 徐礼华



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP) 数据

建筑混凝土结构设计/余志武主编. —武汉:武汉大学出版社,2015.9
高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材
ISBN 978-7-307-15131-4

I. 建… II. 余… 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 021790 号

责任编辑:路亚妮 孙 丽

责任校对:薛文杰

装帧设计:吴 极

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:虎彩印艺股份有限公司

开本:880×1230 1/16 印张:19.75 字数:634 千字

版次:2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15131-4 定价:35.00 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。

高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材

学术委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:周创兵

副主任委员:方 志 叶列平 何若全 沙爱民 范 峰 周铁军 魏庆朝

委 员:王 辉 叶燎原 朱大勇 朱宏平 刘泉声 孙伟民 易思蓉

周 云 赵宪忠 赵艳林 姜忻良 彭立敏 程 桦 靖洪文

编审委员会名单

(按姓氏笔画排名)

主任委员:李国强

副主任委员:白国良 刘伯权 李正良 余志武 邹超英 徐礼华 高 波

委 员:丁克伟 丁建国 马昆林 王 成 王 湛 王 媛 王 薇

王广俊 王天稳 王曰国 王月明 王文顺 王代玉 王汝恒

王孟钧 王起才 王晓光 王清标 王震宇 牛荻涛 方 俊

龙广成 申爱国 付 钢 付厚利 白晓红 冯 鹏 曲成平

吕 平 朱彦鹏 任伟新 华建民 刘小明 刘庆潭 刘素梅

刘新荣 刘殿忠 闫小青 祁 皑 许 伟 许程洁 许婷华

阮 波 杜 咏 李 波 李 斌 李东平 李远富 李炎锋

李耀庄 杨 杨 杨志勇 杨淑娟 吴 昊 吴 明 吴 轶

吴 涛 何亚伯 何旭辉 余 锋 冷伍明 汪梦甫 宋固全

张 红 张 纯 张飞涟 张向京 张运良 张学富 张晋元

张望喜 陈辉华 邵永松 岳健广 周天华 郑史雄 郑俊杰

胡世阳 侯建国 姜清辉 娄 平 袁广林 桂国庆 贾连光

夏元友 夏军武 钱晓倩 高 飞 高 玮 郭东军 唐柏鉴

黄 华 黄声享 曹平周 康 明 阎奇武 董 军 蒋 刚

韩 峰 韩庆华 舒兴平 童小东 童华炜 曾 珂 雷宏刚

廖 莎 廖海黎 蒲小琼 黎 冰 戴公连 戴国亮 魏丽敏

出版技术支持

(按姓氏笔画排名)

项目团队:王 睿 白立华 曲生伟 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。

丛书序

土木工程涉及国家的基础设施建设,投入大,带动的行业多。改革开放后,我国国民经济持续稳定增长,其中土建行业的贡献率达到1/3。随着城市化的发展,这一趋势还将继续呈现增长势头。土木工程行业的发展,极大地推动了土木工程专业教育的发展。目前,我国有500余所大学开设土木工程专业,在校生达40余万人。

2010年6月,中国工程院和教育部牵头,联合有关部门和行业协(学)会,启动实施“卓越工程师教育培养计划”,以促进我国高等工程教育的改革。其中,“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划”由住房和城乡建设部与教育部组织实施。

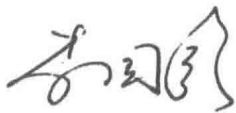
2011年9月,住房和城乡建设部人事司和高等学校土建学科教学指导委员会颁布《高等学校土木工程专业指导性专业规范》,对土木工程专业的学科基础、培养目标、培养规格、教学内容、课程体系及教学基本条件等提出了指导性要求。

在上述背景下,为满足国家建设对土木工程卓越人才的迫切需求,有效推动各高校土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,促进高等学校土木工程专业教育改革,2013年住房和城乡建设部高等学校土木工程专业指导委员会启动了“高等教育教学改革土木工程专业卓越计划专项”,支持并资助有关高校结合当前土木工程专业高等教育的实际,围绕卓越人才培养目标及模式、实践教学环节、校企合作、课程建设、教学资源建设、师资培养等专业建设中的重点、亟待解决的问题开展研究,以对土木工程专业教育起到引导和示范作用。

为配合土木工程专业实施卓越工程师教育培养计划的教学改革及教学资源建设,由武汉大学发起,联合国内部分土木工程教育专家和企业工程专家,启动了“高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划系列规划教材”建设项目。该系列教材贯彻落实《高等学校土木工程专业指导性专业规范》《卓越工程师教育培养计划通用标准》和《土木工程卓越工程师教育培养计划专业标准》,力图以工程实际为背景,以工程技术为主线,着力提升学生的工程素养,培养学生的工程实践能力和工程创新能力。该系列教材的编写人员,大多主持或参加了住房和城乡建设部高等学校土木工程专业指导委员会的“土木工程专业卓越计划专项”教改项目,因此该系列教材也是“土木工程专业卓越计划专项”的教改成果。

土木工程专业卓越工程师教育培养计划的实施,需要校企合作,期望土木工程专业教育专家与工程专家一道,共同为土木工程专业卓越工程师的培养作出贡献!

是以为序。



2014年3月于同济大学四平路校区

前 言

卓越工程师教育培养计划(简称“卓越计划”)是贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》和《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》的重大改革项目,该计划要求培养一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量各类型工程技术人才,为国家走新型工业化发展道路、建设创新型国家和人才强国战略服务。

本书是在余志武主编的《混凝土结构与砌体结构设计》(第二版)的基础上,根据高等学校土木工程专业卓越工程师教育培养计划教学要求,“混凝土建筑结构设计”教学大纲和我国新颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)编写而成。本书强化“卓越计划”特点,区别一般土木工程专业,突出工程创新意识,既有浅显易懂的基础知识,又有教训深刻的工程案例分析与处理。

本书在编写过程中,力求做到内容少而精,理论联系实际,文字叙述清楚,以便于教学和读者自学。每章都有内容提要、能力要求、知识归纳,并配有一定数量的工程案例分析、独立思考和实战演练,以利于学生自学。

本书由中南大学余志武担任主编,罗小勇、匡亚川担任副主编,丁发兴、赵衍刚、卢朝辉、周朝阳、刘澍、卫军、刘晓春、喻泽红、国巍、李常青等老师参与部分内容的编写。具体编写分工为:余志武、丁发兴编写第1章,赵衍刚、卢朝辉编写第2章,周朝阳、刘澍编写第3章,卫军、刘晓春编写第4章,罗小勇、匡亚川编写第5章,喻泽红、国巍、李常青编写第6章。武汉大学土木建筑工程学院院长徐礼华教授担任本书主审。

由于作者水平有限,书中难免有欠妥甚至错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2015年2月

目 录

1 绪论	(1)	独立思考	(20)
1.1 引言	(2)	参考文献	(20)
1.2 建筑混凝土结构形式	(2)		
1.3 建筑混凝土结构组成	(3)	3 混凝土楼盖	(21)
1.4 建筑混凝土结构设计准则	(3)	3.1 概述	(22)
1.5 建筑混凝土结构设计步骤	(4)	3.1.1 楼盖的分类	(22)
1.5.1 准备工作	(5)	3.1.2 楼盖设计的基本内容	(24)
1.5.2 确定结构方案	(5)	3.2 现浇单向板肋梁楼盖	(24)
1.5.3 结构布置和结构计算简图的确定	(5)	3.2.1 单向板肋梁楼盖按弹性理论 计算	(24)
1.5.4 结构分析和设计计算	(6)	3.2.2 单向板肋梁楼盖考虑塑性内力 重分布的计算	(28)
1.5.5 结构设计的主要成果	(7)	3.2.3 单向板肋梁楼盖的截面设计与 构造要求	(33)
1.6 本课程的特点与学习方法	(8)	3.3 现浇双向板肋梁楼盖	(40)
知识归纳	(9)	3.3.1 双向板按弹性理论计算	(40)
独立思考	(9)	3.3.2 双向板按塑性理论计算	(43)
参考文献	(9)	3.3.3 双向板的截面设计与配筋构造	(47)
		3.4 无梁楼盖	(48)
2 基于概率的混凝土结构极限状态设计法	(10)	3.4.1 概述	(48)
2.1 引言	(11)	3.4.2 无梁楼盖的受力特点	(49)
2.2 极限状态	(11)	3.4.3 无梁楼盖的破坏过程	(50)
2.2.1 结构上的作用、作用效应和结构 抗力	(11)	3.4.4 无梁楼盖的计算	(50)
2.2.2 结构的功能要求	(12)	3.4.5 无梁楼盖的构造要点	(52)
2.2.3 结构功能的极限状态	(12)	3.5 现浇空心楼盖	(52)
2.2.4 极限状态方程	(13)	3.5.1 空心楼盖简介	(52)
2.3 基于概率的极限状态设计法	(13)	3.5.2 空心楼盖的受力特点	(53)
2.3.1 结构的可靠度	(13)	3.5.3 空心楼盖结构分析	(53)
2.3.2 可靠指标与失效概率	(13)	3.5.4 空心楼盖截面设计	(53)
2.4 基于可靠度的实用设计表达式	(15)	3.5.5 空心楼盖的挠度和裂缝验算	(54)
2.4.1 承载能力极限状态设计表达式	(15)	3.5.6 空心楼盖的构造要求	(54)
2.4.2 正常使用极限状态设计表达式	(17)	3.6 装配式楼盖	(55)
2.4.3 结构抗力设计值和材料分项 系数	(17)	3.6.1 铺板的形式	(55)
2.4.4 作用的设计值和作用分项系数	(19)	3.6.2 装配式梁	(56)
知识归纳	(20)		

3.6.3 装配式梁板的计算特点	(56)	4.3.10 排架的横向刚度验算	(109)
3.6.4 装配式楼盖的连接构造	(57)	4.4 单层厂房吊车梁的设计	(109)
3.7 楼梯	(58)	4.4.1 吊车梁的受力分析及内力计算	(109)
3.7.1 板式楼梯	(58)	4.4.2 钢筋混凝土吊车梁的计算及构造要求	(112)
3.7.2 梁式楼梯	(59)	4.5 单层厂房柱的设计	(116)
3.7.3 现浇楼梯的构造	(61)	4.5.1 单层厂房柱的设计内容	(116)
3.8 案例分析	(61)	4.5.2 矩形和I形截面排架柱的设计	(116)
3.8.1 某楼盖正交梁系设计失误解析	(61)	4.5.3 牛腿的设计	(119)
3.8.2 某框架结构现浇楼盖裂缝分析	(63)	4.5.4 双肢柱的设计要点	(122)
知识归纳	(65)	4.5.5 矩形和I形截面柱施工时的运输和吊装验算	(128)
独立思考	(65)	4.6 单层厂房柱下独立基础的设计	(128)
实战演练	(66)	4.6.1 排架柱下独立基础设计概况	(128)
参考文献	(67)	4.6.2 确定基础底面尺寸	(129)
4 单层厂房排架结构	(68)	4.6.3 确定基础高度	(131)
4.1 概述	(69)	4.6.4 基础底板配筋计算	(134)
4.1.1 单层厂房的特点及其应用	(69)	4.6.5 构造要求	(135)
4.1.2 单层厂房的类型	(69)	4.6.6 带短柱独立基础设计要点	(137)
4.1.3 单层厂房的设计方法与步骤	(70)	4.7 单层厂房案例	(138)
4.2 单层厂房排架结构的概念设计	(71)	4.7.1 重屋盖单层工业厂房设计案例	(138)
4.2.1 单层厂房结构的组成	(71)	4.7.2 轻屋盖单层工业厂房设计案例	(143)
4.2.2 单层厂房结构的平面布置	(72)	4.7.3 单层工业厂房事故案例	(149)
4.2.3 支撑的布置	(75)	知识归纳	(151)
4.2.4 围护构件的布置	(76)	独立思考	(152)
4.2.5 主要结构构件选型	(77)	实战演练	(153)
4.3 单层厂房排架的结构分析	(83)	参考文献	(154)
4.3.1 单层厂房排架结构的荷载种类和传力路径	(83)	5 多层框架结构	(156)
4.3.2 排架分析时的计算假定和计算简图	(85)	5.1 概述	(157)
4.3.3 排架上的荷载计算	(86)	5.1.1 多层与高层房屋的划分	(157)
4.3.4 等高排架的内力分析——剪力分配法	(91)	5.1.2 多层房屋结构的特点及应用	(157)
4.3.5 不等高排架的内力分析——力法	(93)	5.2 多层框架体系布置与结构选型	(158)
4.3.6 不规则排架的内力分析	(94)	5.2.1 跨度、柱距和层高	(158)
4.3.7 单层厂房排架内力分析中的空间作用	(96)	5.2.2 主要承重框架的布置	(159)
4.3.8 排架结构的抗震计算	(100)	5.2.3 结构布置的抗震要求	(159)
4.3.9 排架的荷载作用效应组合	(106)	5.2.4 变形缝的设置	(160)
		5.2.5 构件选型	(161)
		5.3 框架结构计算简图与荷载	(162)

5.3.1 框架结构计算简图	(162)	6.1.2 高层建筑结构形式	(198)
5.3.2 荷载	(163)	6.2 高层建筑结构一般规定	(199)
5.4 荷载作用下框架内力与侧移近似 计算	(166)	6.2.1 高层建筑结构的概念设计	(199)
5.4.1 结构内力计算精确分析方法与 应用程序	(166)	6.2.2 高层建筑结构的受力特点	(200)
5.4.2 竖向荷载作用下框架内力的近似 计算——分层法	(167)	6.2.3 高层建筑结构布置	(201)
5.4.3 水平荷载作用下框架内力的近似 计算——反弯点法	(168)	6.2.4 高层建筑结构上的荷载与作用 ...	(204)
5.4.4 水平荷载作用下框架内力计算的 改进反弯点法——D 值法	(170)	6.2.5 构件承载力计算、结构稳定验算 和抗倾覆验算	(204)
5.4.5 水平荷载作用下框架侧移近似 计算	(172)	6.2.6 高层建筑结构水平位移限值和 舒适度要求	(206)
5.5 荷载效应组合及最不利活荷载组合 ...	(173)	6.2.7 罕遇地震作用下弹塑性变形 验算	(207)
5.5.1 控制截面的选择	(173)	6.2.8 高层建筑结构设计要点	(208)
5.5.2 荷载效应组合	(174)	6.3 高层框架结构设计	(210)
5.5.3 最不利内力组合	(175)	6.3.1 高层框架结构延性设计的基本 概念	(210)
5.5.4 竖向活荷载的最不利布置	(175)	6.3.2 框架梁设计	(211)
5.5.5 框架梁端的弯矩调幅	(176)	6.3.3 框架柱设计	(212)
5.6 框架梁、柱截面配筋计算	(177)	6.3.4 框架节点抗震设计	(214)
5.7 现浇框架的构造要求	(177)	6.4 剪力墙结构设计	(217)
5.7.1 一般要求	(177)	6.4.1 剪力墙结构的计算方法	(217)
5.7.2 梁柱节点构造	(178)	6.4.2 整体墙的计算	(219)
5.7.3 抗震构造	(181)	6.4.3 整体小开口墙的计算	(219)
5.8 多层框架结构的基础	(184)	6.4.4 联肢墙的计算	(221)
5.8.1 基础的类型及其选择	(184)	6.4.5 壁式框架的计算	(229)
5.8.2 柱下条形基础的内力计算	(185)	6.4.6 墙肢与连梁的构造要求	(231)
5.8.3 柱下条形基础的构造要求	(188)	6.5 框架-剪力墙结构的设计方法	(235)
5.9 案例分析与处理	(189)	6.5.1 框架-剪力墙结构概念设计	(235)
5.9.1 设计事故分析与处理	(189)	6.5.2 框架-剪力墙结构的内力和位移 的简化近似计算	(238)
5.9.2 施工事故分析与处理	(190)	6.5.3 框架-剪力墙结构构件的截面 设计	(247)
5.9.3 使用事故分析与处理	(192)	6.5.4 框架-剪力墙结构构造要求	(247)
知识归纳	(193)	6.6 高层建筑结构有限元分析方法	(248)
独立思考	(194)	6.6.1 空间杆系-薄壁杆系分析方法 ...	(248)
实战演练	(194)	6.6.2 空间杆系-墙组元模型分析方法 ...	(249)
参考文献	(195)	6.6.3 空间分析中的剪力墙单元	(250)
6 高层建筑结构	(196)	6.6.4 考虑楼板变形计算高层建筑 结构	(252)
6.1 概述	(197)	6.6.5 剪力墙平面有限单元法	(253)
6.1.1 高层建筑发展概况	(197)	6.7 案例分析	(254)

6.7.1 案例一	(254)	附录 6 全国主要城市基本风压标准值 ...	(285)
6.7.2 案例二	(257)	附录 7 单层厂房排架柱柱顶反力与 位移	(286)
知识归纳	(259)	附录 8 单阶柱位移系数计算公式	(290)
独立思考	(260)	附录 9 均布水平荷载下各层柱标准反弯点 高度比	(295)
实战演练	(260)	附录 10 倒三角形荷载下各层柱标准反弯点 高度比	(297)
参考文献	(262)	附录 11 上下梁相对刚度变化时的 修正值	(299)
附录	(263)	附录 12 上下层柱高度变化时的 修正值	(300)
附录 1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用 下的内力系数	(263)	附录 13 A_x 、 B_x 、 C_x 、 D_x 、 E_x 、 F_x 函数表	(300)
附录 2 双向板计算系数表	(273)		
附录 3 等效均布荷载	(277)		
附录 4 屋面积雪分布系数	(279)		
附录 5 风荷载体型系数	(281)		

绪 论

课前导读

▽ 内容提要

本章主要内容包括：建筑混凝土结构形式，建筑混凝土结构组成，建筑混凝土结构设计准则，建筑混凝土结构设计步骤，以及本课程的特点与学习方法。建筑混凝土结构设计步骤为本章重点。

▽ 能力要求

通过本章教学，学生应初步了解建筑混凝土结构的基本形式和组成部分，从总体上对建筑混凝土结构设计准则和设计步骤有一个比较清晰的认识。

1.1 引 言 >>>

结构是建筑物的“骨架”，承担着建筑在施工和使用过程中可能出现的各种荷载和作用，如建筑物的自重、人和家具等的重力荷载、风雪荷载以及地震作用等。结构设计就是在对这些未来可能出现的各种荷载和作用进行定量描述的基础上，应用力学和结构知识，设计出既安全又能满足使用要求且能长期使用的结构。合理的结构设计是建筑物安全、适用和耐久的重要保证。

我国古代已有专门掌管建筑工程的工官制度。战国初期，最早的一部科学技术著作《考工记》中，称工官为匠人，唐朝则称为大匠，主要工匠也都称为都科匠，他们从事设计绘图并主持施工等技术性工作。汉朝初期，我国的建筑设计已有了图样。7世纪初，隋朝使用了1:100的图样，并配合模型进行建筑设计。

新的结构概念和近代力学理论的引入和发展，使我国的建筑结构设计从依赖传统的经验设计水平飞跃到依靠科学分析和定量计算进行结构设计的新阶段。近20年来，随着计算机技术的发展及其在土木工程中的应用，广大结构工程师从过去繁杂的手工计算和手工绘图中解放出来。另外，随着设计软件的不断智能化，设计效率不断提高。伴随着大尺寸、大比例、多维复杂结构试验技术的发展，结构新颖、体形各异的建筑拔地而起，遍布全国。目前，我国的建筑结构设计已处于世界领先水平。

根据建筑结构所使用的主要建筑材料，可将其划分为混凝土结构、砌体结构、钢结构、木结构和组合结构等。混凝土结构虽然有着广泛的应用，但还是一种新兴的结构，迄今只有一百多年的历史，还有巨大的发展潜力。本课程主要讲授建筑混凝土结构的设计。

1.2 建筑混凝土结构形式 >>>

根据建筑物的层数，建筑混凝土结构主要分为单层(图1-1)、多层(图1-2)、高层(图1-3)及超高层建筑(图1-4)。根据建筑物的用途，建筑混凝土结构又可分为工业厂房结构和民用建筑结构。工业厂房一般采用单层结构，而民用建筑一般为多层或高层结构。



图 1-1 混凝土结构单层建筑



图 1-2 混凝土结构多层建筑



图 1-3 混凝土结构高层建筑



图 1-4 混凝土结构超高层建筑

建筑结构并不一定由一种材料建造,由砌体内、外墙和钢筋混凝土楼(屋)盖组成的混合结构也常被应用。混合结构还泛指设有内柱,并与楼(屋)盖中的肋梁形成框架,但外墙仍采用砌体的“内框架结构”以及底层采用钢筋混凝土框架,2层以上仍为砌体的“底层框架砌体结构”。混合结构适用于建造10层以下的房屋;采用配筋砌体后,其适用高度可达20层。

在高层和超高层建筑中,采用钢-混凝土组合结构已成为一种趋势,以充分发挥混凝土和钢两种材料各自的长处。如上海金茂大厦(88层,高420m)和上海环球金融中心(101层,高492m)均是由钢筋混凝土核心内筒、外框钢骨混凝土柱及钢柱组成的混合结构。

单层工业厂房中也可采用混凝土、砖、钢材、木材等材料建造,形成混合结构。

1.3 建筑混凝土结构组成 >>>

建筑混凝土结构系是由不同的混凝土结构构件组合而成、能满足建筑 and 结构功能要求的结构体系。这些结构构件主要由板、梁、柱、墙和基础等组成。

以钢筋混凝土结构的多层房屋为例,其中的主要结构构件为:

- ① 钢筋混凝土楼板——主要承担楼板面的荷载和楼板的自重。
- ② 钢筋混凝土楼梯——主要承担楼梯面的荷载和楼梯段的自重。
- ③ 钢筋混凝土梁——主要承担楼板传来的荷载及梁的自重。
- ④ 钢筋混凝土柱——主要承担梁传来的荷载及柱的自重。
- ⑤ 钢筋混凝土墙——主要承担楼板、梁、楼梯传来的荷载,墙体的自重及土的侧向压力。
- ⑥ 钢筋混凝土墙下基础——主要承担墙传来的荷载并将其传给地基。
- ⑦ 钢筋混凝土柱下基础——主要承担柱传来的荷载并将其传给地基。

1.4 建筑混凝土结构设计准则 >>>

结构工程师进行建筑设计时,应当遵循国家和地方的有关设计法规、规范、规程和设计标准中的相关规定。若遇到特殊的、复杂的结构形式,规范中暂无相关规定,又无类似的工程作参考,应做专门的试验研究和理论分析。

建筑混凝土结构设计中常用到的规范有《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2011)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2010)等。其中,《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)是建筑混凝土结构设计所依据的最基本的规范。规范条文是对已有设计理论和工程经验的总结。随着科学技术的发展和工程实际的需要,一般每隔若干年需对规范进行修订。

1894年,Coignet(Francois Coignet之子)和de Tedesko在他们提供给法国土木工程师协会的论文中拓展了Koenen的理论,提出了钢筋混凝土构件的容许应力设计法。由于该方法以弹性力学为基础,在数学处理上比较简单,一经提出便很快为工程界所接受。尽管混凝土的弹塑性力学以及钢筋混凝土的极限强度理论早已被人们所认识,但仍然很难动摇容许应力设计法在工程设计中的应用。直到1976年,美国和英国的房屋结构设计规范仍以容许应力法为主。1995年出版的美国《混凝土结构房屋规范》(ACI318—1995)还将容许应力设计法作为可供选择的设计方法之一而列入附录中。

虽然容许应力法在一定条件下也可用于极限设计,但以弹性理论为基础的容许应力法认为截面应力分

布是线性的。这就很难考虑钢筋混凝土结构的一个基本特征——钢筋与混凝土之间以及超静定结构各截面之间的应力或内力重分布,也无法深入考虑抗震设计所必须考虑的延性。钢筋混凝土结构的极限状态实际上是一个很广泛的概念,除承载能力极限状态外,它还包括其他的极限状态,容许应力法无法涵盖极限状态的所有内容。另外,容许应力法只能在构件的强度上打一个折扣,很难用统计数学的方法来分析结构的可靠度。这些原因使得混凝土结构从容许应力设计法发展到极限状态设计法成为必然。

1932年,前苏联的罗列依特提出了按破损阶段进行计算的方法。1939年,前苏联据此制定了相应的设计规范。该方法以截面所能抵抗的破坏内力为依据进行设计计算。1952年,我国原东北人民政府工业部率先颁布的《建筑物结构设计暂行标准》就是按破损内力设计理论制定的。破损内力设计法实际上是从容许应力设计法到极限状态设计法的一种过渡。

最早按极限状态计算的钢筋混凝土设计规范是前苏联颁布的 ННУ123。我国房屋建筑工程领域最先直接引用 ННУ123—55,然后于1966年以此为基础,增加了我国自己的部分研究成果,颁布了按极限状态法设计的《钢筋混凝土结构设计规范》(BJG 21—1966),1974年对此进行了修订,出版了《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—1974),1989年根据《建筑结构设计统一标准》(GBJ 68—1984)制定了《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—1989),2002年和2010年连续对其进行了两次修订,形成了《混凝土结构设计规范》(GB 50010)的2002年版和2010年版。现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)的设计方法和 GBJ 10—1989 没有区别,均是将荷载和材料的强度看成随机变量,采用基于概率的极限状态设计法。

1.5 建筑混凝土结构设计步骤

>>>

一幢建筑物从设计到落成,需要建筑师、结构工程师、设备工程师、施工工程师的共同合作。建筑物的结构设计由结构工程师负责,它与建筑设计、设备设计、施工方面等的工作是相关联的。建筑混凝土结构设计主要分准备工作、确定结构方案、结构布置和结构设计计算简图的确定以及结构分析和设计计算四个步骤,如图1-5所示。

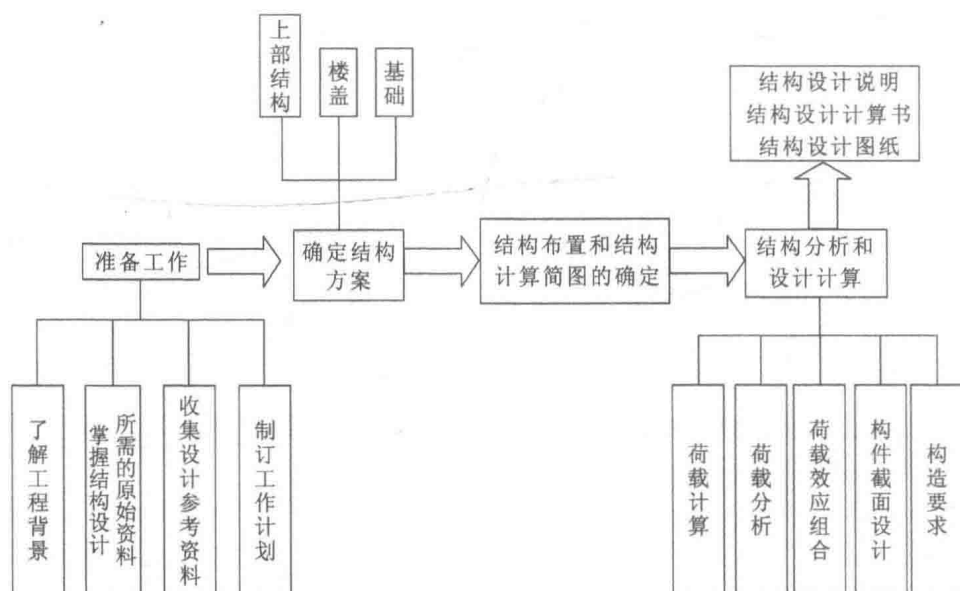


图 1-5 结构设计步骤框架

1.5.1 准备工作

1.5.1.1 了解工程背景

了解工程背景包括了解工程项目的来源、投资规模,了解工程项目的规模、用途及使用要求,了解项目中建筑、结构、水、暖、电设计与施工程序、内容、要求,了解与项目建设有关各单位的相互关系及合作方式,等等。这些对于结构工程师圆满完成建筑结构设计都是有利的。

结构工程师应尽可能在初步设计阶段就参与对初步设计方案的讨论,并在扩大初步设计施工图设计阶段发挥积极的作用,还应参加工程交底、验槽、质量检查等实践活动。

1.5.1.2 掌握结构设计所需的原始资料

① 建筑物层数与层高。

② 工程地质条件。

工程地质条件包括建筑物的位置及周围环境,建筑物所在位置的地形、地貌,建筑物范围内的土质构成、最高地下水位、水质有无侵蚀性,场地类别,地震设防烈度,等等。

③ 环境条件。

环境条件包括气温条件,如季节温差、昼夜温差等;降水,如年平均降水量、雨量集中期;基本雪压;主导风向、基本风压;侵蚀介质,等等。

④ 设备条件。

设备条件包括电力、供水、排水、供热系统的情况,消防设施,网络设置情况,电梯设置情况,等等。

⑤ 其他技术条件。

其他技术条件包括当地施工队伍的素质与水平,建筑材料、建筑配件及半成品供应条件,施工机械设备及大型工具供应条件,场地及运输条件,水电力供应条件,劳动力供应及生活条件,工期要求,等等。

1.5.1.3 收集设计参考资料

应收集现行的国家和地方标准,如各种设计规范、规程等,有时甚至要参考国外的标准;常用设计手册、指南、图表;结构设计构造图集,建筑产品定型图集;国内外各种参考文献;以往相近工程的经验;为项目开展的一些专题研究获得的理论或试验成果;结构分析和设计所需要的计算软件及用户手册,等等。

1.5.1.4 制订工作计划

工作计划包括结构设计的具体工作内容,工作进度,结构设计统一技术规定、措施,等等。

1.5.2 确定结构方案

结构方案的确定是整幢房屋结构设计是否合理的关键。结构方案应在确定建筑方案和初步设计阶段即着手考虑,提出初步设想;进入结构设计阶段后,经分析比较加以确定。

确定结构方案的原则:满足使用要求,受力合理,技术上可行,尽可能达到综合经济技术指标先进。

结构方案的选择包括两方面的内容:结构形式和结构体系。在方案初选阶段,宜先提出两种以上的方案作为结构方案的初步设想,然后进行方案比较(可酌情作原则性比较或深入的经济技术指标比较),最后综合考虑,择其较优者。

建筑混凝土结构设计方案主要包括上部主要承重结构方案与布置、楼(屋)盖结构方案与布置、基础方案与布置、结构主要构造措施及特殊部位的处理等。

1.5.3 结构布置和结构计算简图的确定

结构布置就是在结构方案的基础上,确定各结构构件之间的相关关系,及结构的传力途径,初步定出结构的全部尺寸。

确定结构的传力途径,就是使所有荷载都有唯一的传递路径。至少,设计者应在结构力学模型(即结构

计算简图)这一层次上确定各种荷载的唯一传递路径。这就要求合理地确定结构计算简图。结构计算简图是对实际结构的简化,突出实际结构的主要受力特征。对建筑混凝土结构进行结构分析时,所采用的结构计算简图应符合下列要求:

- ① 能够反映结构的实际体形、尺度、边界条件、截面尺寸、材料性能及连接方式等。
- ② 能够反映结构的实际受力情况,便于进行结构分析。
- ③ 能够考虑施工偏差、初始应力及变形位移状况等对结构的影响。结构计算简图确定后,结构所承受的荷载的传递路径就唯一确定了。

结构布置面临的问题之一是可供选择的结构传力途径一般不是唯一的,故需要人为指定结构的传力途径。例如,框架主梁的布置可以沿房屋的横向,也可以沿房屋的纵向;板的荷载可以单向传递,也可双向传递,等等。结构传力路径的确定对结构的力学性能影响很大。

结构布置面临的问题之二是结构构件的尺寸也不是唯一的,也需要人为指定。可以用一些经验的方法预估结构的尺寸,但最终还需通过计算确认。

结构布置中面临的这些选择一般要凭经验确定,有一定的技巧性,选择时可参照有关规范、手册或指南。在没有任何经验可供借鉴的情况下,这种选择依赖设计者的直觉判断,带有一定的尝试性。

1.5.4 结构分析和设计计算

1.5.4.1 建筑结构上的作用计算

按照结构尺寸和建筑构造计算永久荷载的标准值,按照《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)计算可变荷载的标准值。一般从结构的上部至下部依次计算。

直接施加于结构上的荷载有:结构构件的自身重力荷载以及构件上建筑构造层(地面、顶棚、装饰面层等)的重力荷载,施加在屋面上的雪荷载或施工荷载,施加在楼面上的人群、家具、设备等使用荷载,施加在外墙面上的风荷载等。

能够使结构产生效应的作用还有:基础间发生的不均匀沉降,在温度变化的环境中结构材料的热胀冷缩,地震造成的地面运动使结构产生的加速度反应和外加变形,等等。

1.5.4.2 结构分析

(1) 基本原则

结构分析应符合下列要求:

- ① 结构整体及各部分必须满足力学平衡条件。
- ② 在不同程度上符合变形协调和边界约束条件。
- ③ 采用合理的材料和构件单元的应力-应变本构关系。

结构分析时,根据结构或构件的受力特点,可以采用具有理论或试验依据的简化和假定。应对结构进行整体分析,必要时还应对其特殊部位进行详细的力学分析。计算结果的精确度应符合工程设计的要求。

(2) 结构分析方法

根据结构类型、构件布置和受力特点选择下列分析方法进行结构分析。

① 线弹性分析方法。

一般情况下,建筑混凝土结构的承载能力极限状态及正常使用极限状态下的内力和变形计算都采用线弹性分析方法。

对于杆系混凝土结构,采用线弹性分析方法时,可按下列原则对计算进行简化:体系规则的空间杆系结构可分解为若干平面结构,分别进行力学分析,然后将相应的效应合成,但宜考虑各平面结构间的空间协调受力的影响;杆件的轴线取截面几何中心的连线,其计算跨度及计算高度按两端支承的中心距或净距并考虑连接的刚性和支承力的位置确定;现浇结构和装配整体式结构的节点可视为刚性连接,梁、板与支承结构非整浇时可视为铰支座;杆件的刚度按毛截面计算,工形截面应考虑翼缘宽度的影响;在进行不同受力状态的计算时还应考虑混凝土开裂、徐变等因素对刚度的影响。