



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

张季超 主 编
吴珊瑚 陈 原 王 晖 邓雪松 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

张季超 主编

吴珊瑚 陈 原 王 晖 邓雪松 副主编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书是根据新实施的《混凝土结构设计规范》(GB50010—2010)等国家规范和规程编写的。全书共分4章,主要内容为:绪论;梁板结构;单层工业厂房;框架结构,除绪论外,其余各章均有例题、小结、思考题及习题,且均有设计实例示范。

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、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2010)版与(GB 50007—2002)版中有关基础设计的异同点,某重点工程振动台试验录像,重大工程建设图片汇总等。

本书可作为高等院校土木工程专业教材,也可供广大土建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。

图书在版编目(CIP)数据

新编混凝土结构设计/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 978-7-03-032185-5

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 174677 号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:柏连海

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>

百善印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2011 年 9 月第一次印刷 印张:20

印数:1—3 000 字数:457 000

定价:37.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换〈百善〉)

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”是高等院校土木工程专业的主干课程和专业课程之一。本书系在学生已修完混凝土结构设计原理课的基础上,从专业培养目标出发,为学生提供建筑结构工程师的基本训练。通过对本课程的学习,学生应掌握混凝土结构设计的基本方法,具备一般土木工程结构设计的能力。

本书的特点是:①根据新实施的国家规范规程,如《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)等国家规范和规程编写;②适用于高等院校土木工程专业,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和土木工程界,在讲授传统设计方法的同时,根据时代发展特点,提倡应用程序化结构计算工具(如结构力学求解器等)进行教学。编写时力求贯彻少而精、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。除绪论外,其余各章均有例题、小结、思考题和习题,而且附有较详细的设计实例示范,故本书不仅适用于教师教学,且适合学生自学和广大土木工程技术人员应用。

为了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),书中增设了光盘。光盘内容为:详解书中所涉及的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)版与(GB 50010—2002)版之间的异同点、《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2001)版与(GB 50007—2002)版有关基础设计内容的异同点,某重点工程的振动台试验录像资料,重大工程建设图片汇总等。

全书共4章,具体编写分工为:绪论由张季超教授、陈原副教授编写,第1章由王晖副教授、邓雪松副教授、许勇副教授编写,第2章由张季超教授、陈原副教授编写,第3章由吴珊瑚副教授、许勇副教授编写。王可怡工程师,研究生姬蕾、马旭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。全书由张季超教授、陈原副教授等审校。

本教材参考了国内正式出版的有关混凝土结构方面的教材、规范和手册等,在此向相关作者表示感谢。

因时间仓促及作者水平有限,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 概述	1
0.2 结构设计内容和要求	4
0.2.1 结构设计内容	4
0.2.2 结构设计要求	4
0.2.3 结构方案选择的重要性	5
0.2.4 耐久性和防连续倒塌设计	6
0.3 结构类型和体系	6
0.3.1 结构类型	6
0.3.2 结构体系	8
0.4 结构分析	8
0.4.1 结构模型	9
0.4.2 结构分析理论	10
0.4.3 混凝土结构分析方法	11
0.5 结构方案设计实例	12
0.6 本书内容和学习要点	15
0.6.1 本书包含主要内容	15
0.6.2 本书学习要点	16
思考题	16
1 梁板结构	17
1.1 概述	17
1.1.1 楼盖类型	18
1.1.2 单向板和双向板	19
1.2 现浇单向板肋梁楼盖	20
1.2.1 结构平面布置	20
1.2.2 计算简图	21
1.2.3 连续梁、板按弹性理论方法的内力计算	26
1.2.4 连续梁、板按塑性理论方法的内力计算	30
1.2.5 单向板肋梁楼盖的截面设计与构造要求	44
1.3 现浇单向板肋梁楼盖设计	53
1.4 双向板肋梁楼盖	70
1.4.1 双向板的受力分析和试验研究	70

1.4.2	双向板内力计算	73
1.4.3	双向板的截面设计与构造要求	78
1.4.4	双向板支承梁的设计	79
1.5	现浇双向板肋梁楼盖板设计实例	80
1.6	装配式混凝土楼盖	84
1.6.1	预制铺板的形式、特点及其适用范围	84
1.6.2	楼盖梁	86
1.6.3	装配式构件的计算要点	86
1.6.4	装配式混凝土楼盖的连结构造	87
1.7	无梁楼盖	88
1.7.1	简述	88
1.7.2	无梁楼盖的内力计算	89
1.7.3	板柱节点设计	95
1.7.4	无梁楼盖的配筋和构造	99
1.8	无黏结预应力混凝土楼盖	100
1.8.1	简述	100
1.8.2	预应力楼盖的截面设计与构造	100
1.9	楼梯、雨篷计算与构造	102
1.9.1	楼梯	102
1.9.2	雨篷	117
1.10	小结	119
	思考题	120
	习题	121
	附件 现浇单向板肋梁楼盖课程设计任务书	124
2	单层工业厂房	127
2.1	单层工业厂房的结构组成和布置	127
2.1.1	结构组成	127
2.1.2	柱网及变形缝的布置	129
2.1.3	支撑的作用和布置原则	131
2.1.4	抗风柱、圈梁、连系梁、过梁和基础梁的作用及布置原则	133
2.2	排架计算	135
2.2.1	排架计算简图	135
2.2.2	排架荷载计算	140
2.2.3	排架内力计算	144
2.2.4	排架内力组合	148
2.2.5	排架考虑厂房空间作用时的计算	150
2.3	单层厂房柱	152
2.3.1	柱的形式	152

2.3.2 柱的设计	154
2.3.3 牛腿与预埋件设计	155
2.4 柱下独立基础	161
2.4.1 基础底面尺寸的确定	161
2.4.2 基础高度的确定	163
2.4.3 基础底板配筋计算	165
2.4.4 基础的构造要求	168
2.5 单层厂房的屋盖结构选型	175
2.5.1 简述	175
2.5.2 屋盖构件	176
2.5.3 屋面梁和屋架	178
2.5.4 板梁合一的屋盖结构	181
2.5.5 天窗架	182
2.5.6 托架	182
2.6 吊车梁的受力特点及选型	183
2.6.1 吊车梁的受力特点	183
2.6.2 吊车梁的选型	184
2.7 单层厂房结构设计实例	185
2.7.1 设计任务	185
2.7.2 设计参考资料	186
2.7.3 结构构件选型及柱截面尺寸确定	187
2.7.4 荷载计算	188
2.7.5 排架内力分析	191
2.7.6 内力组合	198
2.7.7 柱截面设计	204
2.8 小结	208
思考题	209
习题	210
3 框架结构	211
3.1 框架结构的组成与布置	211
3.1.1 框架结构的组成	211
3.1.2 框架结构布置	212
3.1.3 框架梁、柱截面尺寸	219
3.2 框架结构的简化计算	220
3.2.1 框架结构的计算简图	220
3.2.2 框架结构在竖向荷载作用下内力计算的近似方法——分层法	222
3.2.3 框架结构在水平荷载作用下内力计算的近似方法——反弯点法和 D 值法	228
3.2.4 框架结构在水平荷载作用下侧移的近似计算	243

3.3 框架结构的设计要点与构造	248
3.3.1 设计步骤和一般规定	248
3.3.2 荷载效应组合	249
3.3.3 框架结构的设计要点与构造	254
3.4 框架结构基础	258
3.4.1 基础的类型及选择	258
3.4.2 条形基础设计	259
3.4.3 十字形基础设计	261
3.4.4 条形基础的构造要求	262
3.4.5 筏板基础	263
3.5 小结	268
思考题	269
习题	269
附录1 等截面等跨连续梁在常用荷载作用下按弹性分析的内力系数表	271
附录2 双向板按弹性分析的计算系数表	281
附录3 等效均布荷载表	286
附录4 单阶柱柱顶反力与位移系数图	288
附录5 结构力学求解器使用说明	300
主要参考文献	309

光盘内容

1. 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)版与(GB 50010—2002)版之间的异同点
2. 《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2010)版与(GB 50007—2002)版中有关基础设计的异同点
3. 某重点工程的振动台试验录像资料
4. 重大工程建设图片汇总

绪 论

0.1 概 述

人类几千年来的文明发展史给我们留下了许多著名的建筑物,中国古代建筑如万里长城、山西云岗石窟、甘肃敦煌石窟、河南洛阳石窟、山西应县木塔、河南开封铁塔、江苏苏州虎丘塔、陕西西安大雁塔,以及西安古城、苏州园林、北京故宫等,中国近代建筑如上海外滩、广州沙面、天津租界等中西结合建筑群,中国现代建筑如 600m 高的广州塔、上海东方明珠电视塔、上海环球金融中心等;国外的如埃及的古金字塔、英国的白金汉宫、美国的白宫、旧金山的金门大桥、法国的凡尔赛宫、澳大利亚的悉尼歌剧院、马来西亚的双子塔楼、迪拜的哈利法塔等。当你看到想到这些土木建筑时,一定会记起这个城市甚至这个国家,可见优秀的建筑会随着历史的推移而更现光辉。

当然,一般建筑是普通而平凡的,但它与人类衣食住行密切相关,其中“住”是与建筑工程直接相关的,“行”则需要建造铁道、公路、机场、码头等交通土建工程,“食”则需要建粮仓、粮食加工厂等,“衣”即纺纱、织布、制衣等也必须在工厂中进行。其他如体育、娱乐、办公等也都首先需要具备一定功能的建筑。从目前的建筑技术讲,应用最多的建筑工程是混凝土结构。

混凝土结构设计是土木工程建设中的一个重要组成部分,而土木工程建设是规划、勘测、设计、施工的总称,其目的是为人类提供生产和生活的场所。土木建筑好比一个人,它的规划就像人生活的环境,是由规划师负责的;它的布局和艺术处理相应于人的体形、容貌、气质,是由建筑师负责的;它的结构好比人的骨骼和寿命,是由结构工程师负责的;它的给排水、供热通风和电气等设施就如人的器官、神经,是由设备工程师负责的。像自然界完好地塑造人一样,在地区规划基础上建造土木工程,是建设单位、勘察单位、设计单位和施工单位的工程技术人员全面协调合作的过程。

土木工程建设中,建筑和结构设计人员的工作占有重要地位。现代技术条件下,建筑设计人员和结构设计人员的工作是相互关联的。因此,建筑物应是建筑师和结构工程师创造性合作的产物,但这种合作会遇到许多困难。与绝大多数物质性产品不同,一座建筑物表现为空间方面的概念和形式,它是表明总体环境的,它不仅提供人们从事活动的场所,而且是人们生活环境的象征,是人们对整个社会生活环境的看法和审美价值的体现。因此,设计师在设计思想上应该强调总体而不是个别单元,这在开始的设计过程中尤其如此。设计师必须把一个用空间形式表现的方案作为总的体系来构思,以此来保证与建筑物有关的物质性的和象征性的要求之间能够协调一致,并运用这种全盘考虑的思路来指导下一步工作,通过有关部分和细部设计去不断完善设计方案。建筑产品物质性的和象征性的要求使设计任务既综合又具体,既有形又无形。

土木建筑工程产品的性质要求建筑设计师和结构工程师在方案设计阶段进行创造性的合作,这要求双方都必须对技术问题进行全面总体考虑和进行有效的协调。然而,长期以来由于我国工程教育的专门化形式影响,常导致参与双方在设计过程中过多着眼于本专业的细节而不能充分从总体方面考虑问题,其结果使得双方常常在设计思路产生分歧,从而在以后的设计阶段中限制了建筑师和结构工程师之间创造性地合作。当前在结构工程师中存在的一种倾向就是等待建筑工程师作出一个表现空间形式的方案(非结构的),然后设法去完成它。这样不仅不能有效地运用结构工程师的知识、精力和时间,而且还容易产生矛盾。

针对以上隔阂对建筑工程师和结构工程师的限制,美国加州大学伯克利分校教授林同炎先生提出了概念设计思想:使建筑和结构专业学生学会在总体设计内容中将技术知识概念化。一般而言,由于结构设计工作的特殊重要性,结构工程师所受的教育相对建筑师更加专业和深入,但过分的专业性往往会在不同程度上影响设计人员的创造性。林同炎先生认为,解决这一问题的关键在于专业人员对于本专业应该从总体概念上加以理解,对建筑和结构工程师而言,要求双方对自己的知识在整个工程设计中的地位和相互作用有清晰的认识并形成概念,形成一种对工程的总体构思能力。只有具备这种能力,才能在强调综合的建筑设计师和更加专业、也更关心具体设计的结构工程师之间架起联系的桥梁(图 0-1)。使两种专业人员在同一水平上去认识和解决在具体方案上的结构和空间设计的矛盾,使双方的创造性合作在设计的前期阶段成为可能,以有利于总体建筑的形成。

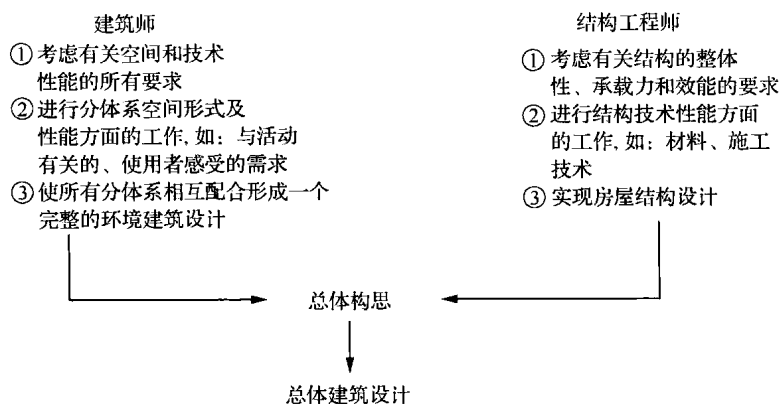


图 0-1 总体构思是结构师和建筑师联系的桥梁

中国古代哲学历来强调“天人合一”的观念,西方近代哲学也指出整个世界是个有机体,任何个体均是整体的不可分割的一部分,个体包孕于整体之中,并通过整体展现其特性。工程设计中的总体构思思想正是上述哲学思想在具体实践中的体现。而在设计中人为的割裂建筑与结构的有机联系则可能导致形而上学的机械论,对整个工作造成极为不利的影响,在强调素质教育的今天,这一点应给予充分的重视。

如前所述,土建工程师必须处理好与使用活动有关的空间以及物质性的和象征性的需求以使总体性能得到保证。土建工程师需要考虑的是按一个总的体系去形成一个建筑

环境,这样的总体系是由相互联系着的、形成空间的分体系组成。这是一个复杂的问题,为此土建工程师需要有分阶段的设计程序。分阶段的设计程序至少有三个阶段,即方案设计阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段(图 0-2)。分阶段设计在工程设计中具有重要意义,它可以使设计师避免在设计构思阶段被无数细节所干扰,而专注于更基本问题。可以说一个设计师能否从许多细节中分辨出更基本的东西是作为一个设计者的重要因素。

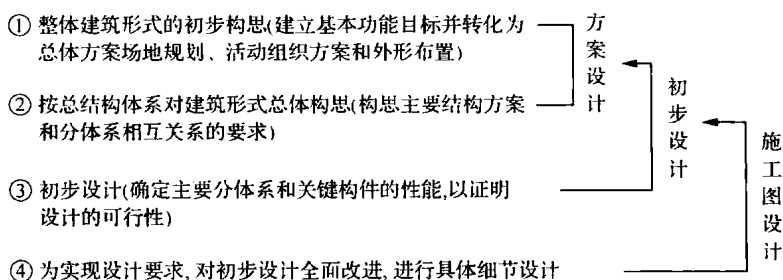


图 0-2 土建工程设计过程

方案设计阶段,土建工程师可首先按照一个由基本的功能空间关系组成的抽象物来设想和模拟一个建筑设计,然后,他们可以探索这个抽象物的总体空间形式。在一个具体的建筑体形方案开始显示出来时,再考虑基本的场地条件进行修正。这个过程需要结构总体构思的合作,结构工程师应能从主体和各分体系之间的关系去构思总体方案,而不是从部件的细节考虑。

在初步设计阶段,土建工程师的侧重点就转移到精心改善他们最有希望的设计方案上去。结构工程师需要考虑的结构问题是具体分体系方案的粗略设计。在这个阶段,总体结构方案发展到中等具体程度,结构工程师应着重判别和设计主要分体系以便确定其主要构件几何尺寸和相互有关的性能,就能在总体系这个目标范围内来分析判断基本分体系的相互关系和设计的矛盾。当然,这些初步设计阶段的成果,仍可能反馈回方案设计阶段以使原有方案更加完善甚至有大的变化。

当初步设计阶段成果满足了业主和设计者的要求时,就意味着总的设计的基本问题已经解决了。细部构造一般不致造成大的方案改变,这时重点将转到施工图设计阶段。这个阶段将着重解决所有具体分体系的细部构造。此时不同领域的专业人员,尤其结构工程师的任务大大增加。这是因为所有初步设计的结果都必须做出细部来。在这个阶段所做的设计可能反馈到初步设计阶段中,甚至可能会改变方案设计阶段的结果。如果前二阶段的工作做得深入,就不会出现在方案和初步设计阶段的设计成果在最终阶段全部推倒重来的问题,使得整个设计过程是逐步有序发展的过程,即从创造和改进总体系的设计概念逐步有序的转到做出所需的构件和细部构造。

总之,工程设计中应将建筑总体形式、功能和实现它的方法作为整体进行考虑,最终得到形式与功能统一。反之,若采用拼凑的办法,简单地将各部分相加,只能得到相反的效果。因此,建筑师和结构工程师只有从全局观点考虑总体空间形式,将形式与功能统一,然后创造性地去探讨总体设计、分体系和构件设计关系,才能将专门知识的作用充分

发挥出来,进行创造性工作。

需要指出的是,土建工程结构设计既是一项创造性工作,又是全面、具体和细致的综合性工作,这就要求结构设计人员有兢兢业业认真负责的精神,不可有丝毫麻痹大意,否则将造成不可挽回的损失。

0.2 结构设计内容和要求

0.2.1 结构设计内容

建筑工程结构设计可分为概念设计、初步设计、技术设计和施工图设计。对一般的工程,可由初步设计直接进入施工图设计。设计的基本内容有:结构方案,包括结构选型、传力途径和构件布置;荷载组合;结构分析与计算;结构及构件的构造和连接措施;施工图绘制及满足特殊要求的结构构件的专门性能设计。对混凝土结构,还包括根据结构分析与计算的结果进行构件截面配筋计算和验算。设计流程如下:

(1) 结构概念设计是在特定的建筑空间中用整体的概念来完成结构总体方案的设计。结构概念设计旨在有意识地处理构件与结构、结构与结构的关系,满足结构的功能要求和建筑功能的需要,确定最优的结构体系,选择适用的建筑材料和合理的关键部位构造,结合适宜的施工及合理的效益达到房屋设计的统一。对一般工程,可根据工程具体环境、地质条件参照既有同类工程设计经验进行方案设计。

(2) 由于结构概念设计形成的结构总体方案并非唯一,因此要求在初步设计阶段对各可能方案进行较为深入的分析,综合比较不同材料、不同结构体系和结构布置方案对工程建设的影响,在此基础上初步确定结构整体和构件尺寸及采用的主要技术。

(3) 确定结构分析简图,对各种组合下荷载和变形作用进行分析计算,得到结构整体受力性能和各部位受力和变形大小,根据工程所处环境估计环境介质对结构耐久性影响。

(4) 进行结构构件和连接的设计计算,如对混凝土构件的配筋计算,并进行适用性验算,考虑耐久性。

(5) 提交施工图,并将设计过程中各项技术工作整理成设计计算书存档。

0.2.2 结构设计要求

结构设计必须满足安全性、适用性和耐久性要求。

安全性是指建筑结构应能承受在正常设计、施工、使用和维护过程中可能出现的各种作用(如荷载、外加变形、温度、收缩等),在偶然事件(如地震、爆炸等)发生后,结构仍能保持必要的整体稳定性,不会发生与其原因不相称的连续倒塌以及在发生火灾时能在规定的时间内保持足够的承载力。

适用性是指建筑结构在正常使用过程中,结构构件应具有良好的工作性能,不会产生影响使用的变形、裂缝或振动等现象。

耐久性是指建筑结构在正常使用、正常维护的条件下,结构构件具有足够的耐久性能,并能保持建筑的各项功能直至达到设计使用年限,如不发生材料的严重锈蚀、腐蚀、风

化等现象或构件的保护层过薄、出现过宽裂缝等现象。耐久性取决于结构所处环境及设计使用年限。

为满足上述要求,除必须对结构进行承载能力极限状态计算和正常使用极限状态验算(具体内容见张季超主编的《新编混凝土结构设计原理》,科学出版社出版,2011年)以外,《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(以下简称《规范》)在结构方案的确定、耐久性和防连续倒塌设计等方面还提出系列要求和原则。

0.2.3 结构方案选择的重要性

进行结构设计时,首先要选择合理的水平、竖向和基础结构的形式。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,也关系到是否经济和方便施工等问题。结构选型基本原则除必须满足建筑和使用要求外,还应该做到节省材料、方便施工、降低能耗和保护环境。

结构形式确定后,要进行结构布置。灾害调查和事故分析表明,结构方案对建筑物的安全有着决定性的影响:凡房屋体型不规则,平面上凸出凹进,立面上高低错落,其破坏程度均较体型规则整齐的房屋要严重。这是因为简单、对称的结构传力途径简捷、明确,不仅容易估计结构在外荷载下的反应,而且易于采取构造措施和进行细部处理。因此,《规范》要求在进行结构布置时,必须努力做到结构的平、立面布置规则,各部分的质量和刚度宜均匀、连续,结构竖向构件宜连续贯通、对齐,在与建筑方案协调时应考虑结构体型(高宽比、长宽比)适当,传力途径和构件布置能够保证结构的整体稳固性。

一个合理的结构体系除了要有明确的结构计算简图和合理的荷载传递途径,在结构设计中还宜有多道防线,避免因部分结构或构件破坏而导致整个结构丧失对荷载的承载能力,因此《规范》提出采用超静定结构,重要构件和关键传力部位应增加冗余约束或有多条传力途径是结构设计中应遵循的重要原则。这样,当建筑物受到强烈的外来作用时,一方面可利用结构中冗余部分的屈服和变形来耗散能量;另一方面,利用结构冗余部分的破坏和退出工作,使结构从一种稳定体系过渡到另一种稳定体系以便继续承受荷载,有效地避免因局部破坏引起的结构连续倒塌,这一点对建筑在高烈度地震区的结构尤为重要。

结构设计时常通过设置结构缝将结构分割为若干相对独立的单元。在平面尺寸较大的建筑中,为消除混凝土收缩、温度变化引起的胀缩变形对结构的不利影响,应考虑设置温度伸缩缝;在基础不均匀,或不同部位的高度或荷载相差较大的房屋,应考虑设置沉降缝;在地震区,为防止房屋与房屋之间的相互碰撞或同一房屋不同单元之间不同步振动造成房屋毁坏,应考虑设置抗震缝。除永久性的结构缝以外,还应考虑设置施工接槎、后浇带、控制缝等临时性缝以消除某些暂时性的不利影响。

《规范》提出混凝土结构中结构缝的设计应符合下列要求:根据结构受力特点及建筑尺度、形状、使用功能,合理确定结构缝的位置和构造形式;控制结构缝的数量,并应采取有效措施减少设缝的不利影响;根据需要设置施工阶段的临时性结构缝。

在结构中,为保证各个构件充分发挥承载力,结构构件间的连接应具有足够的强度和整体性,使之在传递外荷载时满足强度和变形要求。设计中应确保构件节点的强度不应低于其连接构件的强度;预埋件的强度不低于连接件强度;装配式构件的连接应能保证结

构的整体稳定性。《规范》规定结构构件的连接应符合下列要求:连接部位的承载力应保证被连接构件之间的传力性能;当混凝土构件与其他材料构件连接时,应采取可靠的连接措施;应考虑构件变形对连接节点及相邻结构或构件造成的影响。

0.2.4 耐久性和防连续倒塌设计

基于2008年5月12日汶川大地震血的教训和近年来国内外反恐怖袭击的经验总结,对于混凝土结构,《规范》明确提出了应进行防连续倒塌的概念设计的要求:①采取减小偶然作用效应的措施;②采取使重要构件及关键传力部位避免直接遭受偶然作用的措施;③在结构容易遭受偶然作用影响的区域增加冗余约束,布置备用传力途径;④增强重要构件及关键传力部位、疏散通道及避难空间结构的承载力和变形性能;⑤配置贯通水平、竖向构件的钢筋,采取有效的连接措施并与周边构件可靠地锚固;⑥通过设置结构缝,控制可能发生连续倒塌的范围。

结构设计还应满足不同环境条件下的结构耐久性要求,具体包括:确定结构所处的环境类别;提出材料的耐久性质量要求;确定构件中钢筋的混凝土保护层厚度;满足耐久性要求相应的技术措施;在不利的环境条件下应采取的防护措施;提出结构使用阶段检测与维护的要求。同时结构设计还应节省材料、方便施工、降低能耗与保护环境。

0.3 结构类型和体系

0.3.1 结构类型

结构类型可按不同方法进行分类。

按组成结构的材料划分有组合楼板和钢筋混凝土柱(图0-3)等。

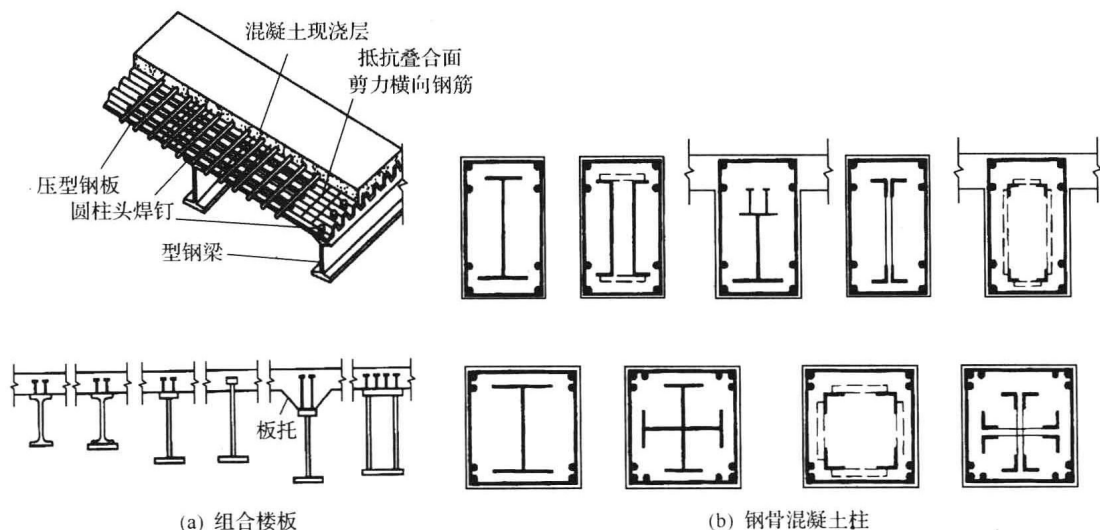
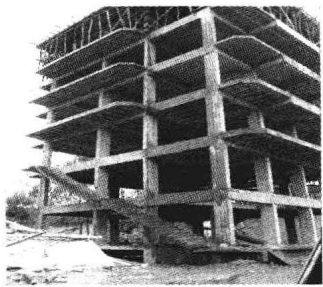


图0-3 组合结构

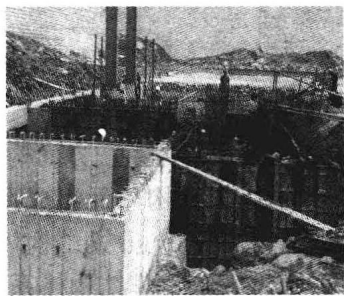
按结构形式分有排架结构、框架结构、剪力墙结构、筒体结构、折板结构、网架结构、壳体结构、膜结构、索结构、充气结构等(图 0-4)。



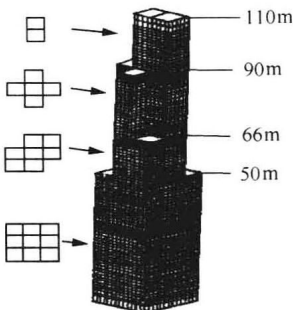
排架结构



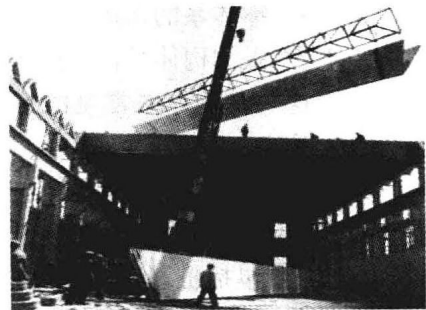
框架结构



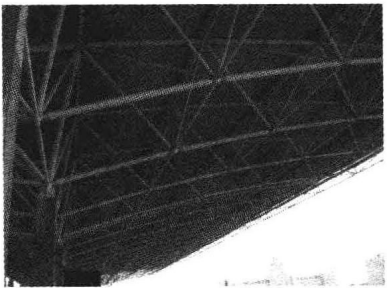
剪力墙结构



筒体结构



折板结构



网架结构



壳体结构



膜结构

图 0-4 结构形式示意图

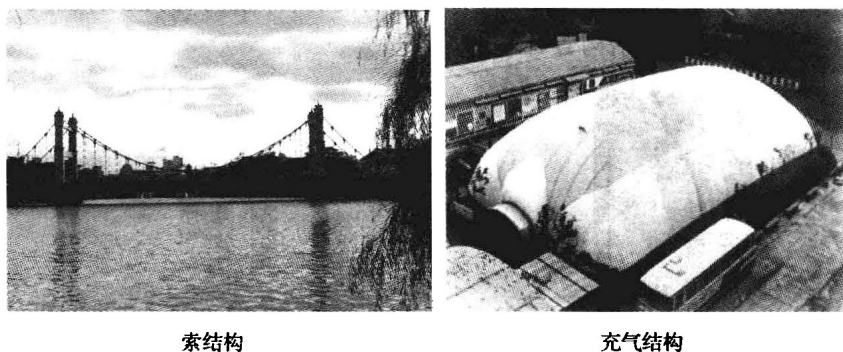


图 0-4 结构形式示意图(续)

0.3.2 结构体系

结构体系是由基本构件(板、梁、柱、墙和壳等)按一定的受力路径形成的与整个结构受力相关的体系,一般由水平结构体系、竖向支撑体系和基础结构体系三方面构成。

水平结构体系有楼盖和屋盖结构两部分,楼盖主要由板-梁结构单元组成,承受作用在楼面的垂直荷载;屋盖是屋顶结构组成部分,类型多样,除常见的板-梁结构体系外,还包括桁架结构体系、网架结构体系、拱结构体系、壳体结构体系及索膜结构体系等。水平结构体系的主要作用在于承受其上的竖向荷载,并将其传给竖向支撑体系,同时还有保持竖向支撑体系的整体稳定及将水平力传递或分配给竖向支撑体系的作用。

竖向支撑体系主要由墙、柱组成,其主要作用是承受水平结构体系传来的竖向荷载和直接作用的水平荷载并将所有上部荷载传递给基础。这一结构体系常见的有墙结构体系、框架结构体系、框架-剪力墙结构体系及筒体结构体系等。

承受由上部水平结构体系和竖向支撑体系传来的竖向力和水平力的基础构件组成的结构体系称为基础结构体系。一般分为浅基础和深基础两类。浅基础主要包括柱下独立基础、墙下条形基础和高层建筑的筏形基础等;深基础主要包括桩基础、沉井基础和沉箱基础等。基础体系的作用主要包括应有足够的强度,使得地基能够承受上部结构传来的作用力,同时要有足够的刚度,使得上部结构体系不因基础不均匀沉降而破坏。

0.4 结构分析

结构分析是确定在给定荷载作用下结构中产生的内力和变形,以便使结构设计得合理并能检查现有结构的安全状况。

在结构设计中,必须先从结构的概念开始拟定一种结构形式,初步拟定构件尺寸,然后再进行分析。这样便能最终确定构件的尺寸以及所需要的钢筋,从而确保承受设计荷载而不致出现结构或结构构件的破坏(承载能力极限状态设计);或满足结构或结构构件达到正常使用或耐久性能的规定(正常使用极限状态设计)。

通常在工作荷载作用下,结构处于弹性状态,因此以弹性状态假设为基础的结构理论

就适用于正常使用状态。结构的倒塌通常在远远超出材料弹性范围,超出临界点后才会发生,因而建立在材料非弹性状态基础上的极限强度理论是合理确定结构安全性,防止倒塌所必需的。

混凝土结构应进行整体作用效应分析,必要时尚应对结构中受力状况特殊的部分进行更详细的分析。当结构在施工和使用期的不同阶段有多种受力状况时,应分别进行结构分析,并确定其最不利的作用组合。结构在可能遭遇火灾、飓风、爆炸、撞击等偶然作用时,尚应按国家现行有关标准的要求进行相应的结构分析。

结构分析应符合下列要求:

- (1) 满足力学平衡条件。
- (2) 在不同程度上符合变形协调条件,包括节点和边界的约束条件。
- (3) 采用合理的材料本构关系或构件单元的受力-变形关系。

0.4.1 结构模型

一般来讲,土木建筑结构都是三维构件的组合物,对其进行精确的分析,甚至在理想状态下,也是一个棘手的工作,即使专业人员也无从考虑。因此,在对实际结构进行力学分析和计算时,有必要采用简化的图形来代替实际的工程结构,这种简化了的图形称为结构的计算简图。结构计算简图略去了真实结构的许多次要因素,是真实结构的简化,便于分析和计算,而且保留了真实结构的主要特点,能够给出满足精度要求的分析结果。对于空间形式的结构,常常根据其实体的受力情况,简化为平面状态,如三维框架系统,可利用平面结构组合系统建立整个结构的模型,分别加以分析(图 0-5);对于真实支座(或结点)

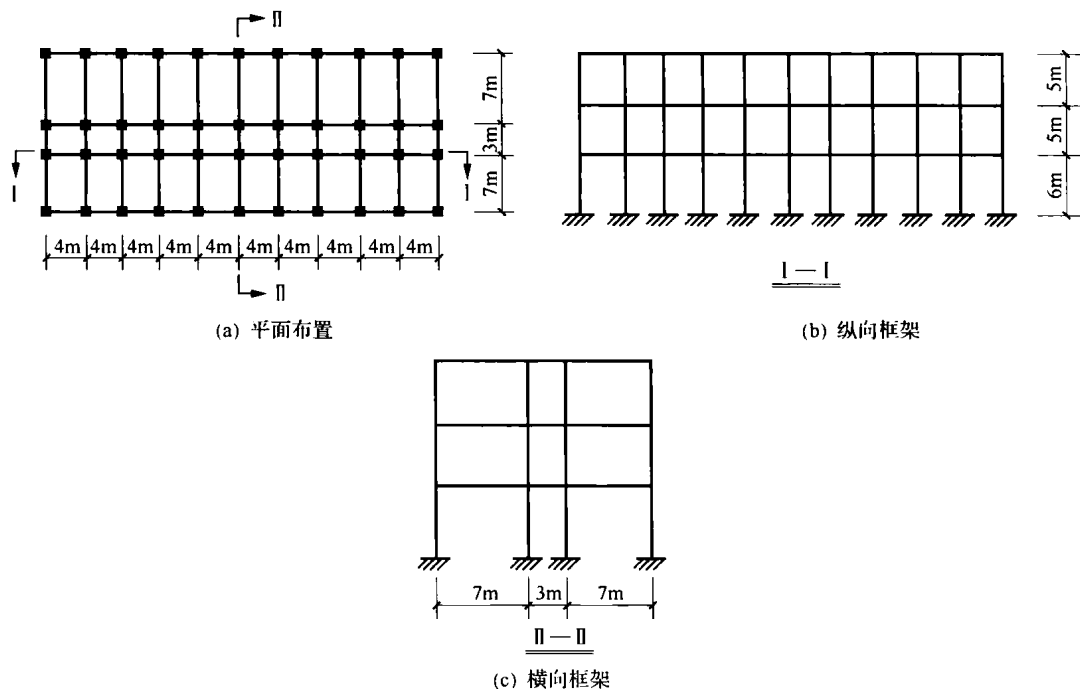


图 0-5 框架结构计算简图