



毕业就当系列丛书

· 设计院系列 ·

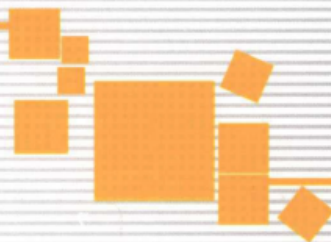
理论实际相联 · 快速适应职场的葵花宝典

理论+经验 → 基础+实务

以专家的高度 · 给您面对面的指导和帮助

毕业就进设计院 混凝土结构设计

主编 邹春明



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

★毕业就当施工员	建筑工程	上官子昌
★毕业就当施工员	市政工程	郑大为
★毕业就当施工员	公路工程	巩玉发

★毕业就当监理员	建筑工程	曹启坤
★毕业就当监理员	市政工程	姜彦立
★毕业就当监理员	公路工程	王显军

★毕业就当造价员	建筑工程	程 磊
★毕业就当造价员	市政工程	杨 伟
★毕业就当造价员	公路工程	苑宝印

★毕业就当资料员	建筑工程	戴成元
★毕业就当资料员	市政工程	郝凤山
★毕业就当资料员	公路工程	肖利萍

★毕业就进设计院	钢结构设计	刘英慧
★毕业就进设计院	混凝土结构设计	邹春明
★毕业就进设计院	地基基础设计	葛春梅

责任编辑 郝庆多
封面设计 刘长友

上架建议：土木·市政·交通
读者对象：施工·监理·设计

ISBN 9787-5603-3252-9



9 787560 332529 >

定价 28.00元



毕业就当系列丛书

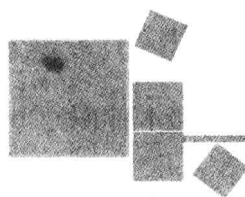
理论实际相联 · 快速适应职场的葵花宝典

理论+经验 → 基础+实务

以专家的高度 · 给您面对面的指导和帮助

毕业就进设计院 混凝土结构设计

主编 邹春明



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书是依据现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)等进行编写,内容主要包括混凝土结构设计概论、混凝土梁板结构设计、混凝土单层厂房结构设计、混凝土框架结构设计与多层建筑结构设计等。

本书适用于初涉混凝土结构设计岗位的人员,以及初涉建筑设计领域的大学毕业生。

图书在版编目(CIP)数据

毕业就进设计院:混凝土结构设计/邹春明主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2011.5

(毕业就进系列丛书·设计院系列)

ISBN 978-7-5603-3252-9

I. ①毕… II. ①邹… III. ①混凝土结构-结构设计 IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 064699 号

责任编辑 郝庆多

封面设计 刘长友

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 东北林业大学印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14.75 字数 350 千字

版 次 2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-3252-9

定 价 28.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

编 委 会

主 编 邹春明

参 编 赵 慧 赵 蕾 赵春娟 夏 欣
于 涛 齐丽丽 齐丽娜 王 慧
罗 娜 黄金凤 毛 爽 陶红梅
马可佳 朱 宝 白雅君

前 言

随着我国国民经济的快速发展,混凝土结构在建筑结构中的应用比例逐步提高。在国家建筑技术政策的大力支持下,混凝土结构建筑出现了规模更大、技术更新的应用局面。为了适应混凝土结构广泛应用的新局面,建筑领域迫切需要大量的拥有专业知识和业务能力的结构设计人员。

虽然,我国高等教育机构每年都向社会输送大量的毕业生,但大学毕业生就业后都不能够很好地胜任工作。究其原因,大学生对实际工程缺乏相关经验,对实际工作没有深入的了解。因此,为了提高初涉混凝土结构设计岗位人员的专业知识和业务能力,我们依据现行《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)等编写了本书,旨在帮助广大初涉建筑设计领域的人员掌握混凝土结构设计的相关知识,提高混凝土工程设计人员的技术水平。

由于编者的学识和水平有限,书中内容难免有疏漏或未尽之处,敬请专家和广大读者批评指正,使之不断充实、完善。

编 者

2011.03

目 录

第 1 章 混凝土结构设计概述	1
1.1 混凝土结构设计的基本知识	1
1.2 混凝土结构设计的基本原则	9
第 2 章 混凝土梁板结构设计	19
2.1 概述	19
2.2 单向板肋梁楼盖设计	21
2.3 双向板肋梁楼盖设计	38
2.4 无梁楼盖设计	42
2.5 装配式楼盖设计	46
2.6 楼梯设计	50
2.7 悬挑构件设计	61
第 3 章 单层厂房结构设计	66
3.1 概述	66
3.2 单层厂房排架结构布置	71
3.3 单层厂房排架结构构件选型	80
3.4 排架结构内力计算与内力组合	90
3.5 单层厂房钢筋混凝土排架柱设计	104
3.6 钢筋混凝土柱下独立基础设计	111
第 4 章 混凝土框架结构设计	119
4.1 概述	119
4.2 高层建筑结构体系与布置	122
4.3 混凝土框架结构的荷载与内力计算	125
4.4 混凝土框架的内力组合与构件设计	135
4.5 混凝土框架结构的构造要求	138
4.6 框架结构柱下独立基础设计	141
第 5 章 高层建筑结构设计	151
5.1 概述	151
5.2 高层建筑结构体系结构布置	155
5.3 高层建筑结构风荷载	163
5.4 高层建筑结构设计要求与计算原则	169
5.5 混凝土剪力墙结构设计	175
5.6 混凝土框架 - 剪力墙结构设计	194
5.7 筒体结构设计	204
附 录	215
参考文献	228

第1章 混凝土结构设计概述

1.1 混凝土结构设计的基本知识

【基础】

◆混凝土结构设计相关术语

1. 混凝土结构

以混凝土为主要材料建造的工程结构,主要包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构等。

2. 素混凝土结构

由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构。

3. 钢筋混凝土结构

由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。

4. 预应力混凝土结构

由配置受力的预应力钢筋通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土制成的结构。

5. 先张法预应力混凝土结构

在台座上张拉预应力钢筋后浇筑混凝土,并通过黏结力传递而建立预加应力的混凝土结构。

6. 后张法预应力混凝土结构

在混凝土达到规定强度后,通过张拉预应力钢筋并在结构上锚固而建立预加应力的混凝土结构。

7. 现浇混凝土结构

在现场支模并整体浇筑而成的混凝土结构。

8. 装配式混凝土结构

由预制混凝土构件或部件通过焊接、螺栓连接等方式装配而成的混凝土结构。

9. 装配整体式混凝土结构

由预制混凝土构件或部件通过钢筋、连接件或施加预应力加以连接并现场浇筑混凝土而形成整体的结构。

10. 框架结构

由梁和柱以刚接或铰接相连接而构成承重体系的结构。

11. 剪力墙结构

由剪力墙组成的承受竖向和水平作用的结构。

12. 框架 - 剪力墙结构

由剪力墙和框架共同承受竖向和水平作用的结构。

13. 深受弯构件

跨高比小于 5 的受弯构件。

14. 深梁

跨高比不大于 2 的单跨梁和跨高比不大于 2.5 的多跨连续梁。

15. 普通钢筋

用于混凝土结构构件中的各种非预应力钢筋的总称。

16. 预应力钢筋

用于混凝土结构构件中施加预应力的钢筋、钢丝和钢绞线的总称。

17. 可靠度

结构在规定的时间内,在规定的条件下,完成预定功能的概率。

18. 安全等级

根据破坏后果的严重程度划分的结构或结构构件的等级。

19. 设计使用年限

设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按预定目的使用的时期。

20. 荷载效应

由荷载引起的结构或结构构件的反应,例如内力、变形和裂缝等。

21. 荷载效应组合

按极限状态设计时,为保证结构的可靠性而对同时出现的各种荷载效应设计值规定的组合。

22. 基本组合

承载能力极限状态计算时,永久荷载和可变荷载的组合。

23. 标准组合

正常使用极限状态验算时,对可变荷载采用标准值、组合值为荷载代表值的组合。

24. 准永久组合

正常使用极限状态验算时,对可变荷载采用准永久值为荷载代表值的组合。

◆混凝土结构设计相关符号**1. 材料性能**

E_c ——混凝土弹性模量。

e_c^f ——混凝土疲劳变形模量。

E_s ——钢筋弹性模量。

C20——表示立方体强度标准值为 20 N/mm^2 的混凝土强度等级。

f'_{cu} ——边长为 150 mm 的施工阶段混凝土立方抗压强度。

$f_{cu,k}$ ——边长为 150 mm 的混凝土立方抗压强度标准值。

$f_{ck} f_c$ ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值。

$f_{tk} f_t$ ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值。

f'_{ck}, f'_{tk} ——施工阶段的混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度标准值。

f_{yk}, f_{ptk} ——普通钢筋、预应力钢筋强度标准值。

f_y, f'_y ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

f_{py}, f'_{py} ——预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

2. 作用、作用效应及承载力

N ——轴向力设计值。

N_k, N_q ——按荷载效应的标准组合、准永久组合计算的轴向力值。

N_p ——后张法构件预应力钢筋及非预应力钢筋的合力。

N_{po} ——混凝土法向预应力等于零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力。

N_{uo} ——构件的截面轴心受压或轴心受拉承载力设计值。

N_{ux}, N_{uy} ——轴向力作用于 x 轴、 y 轴的偏心受压或偏心受拉承载力设计值。

M ——弯矩设计值。

M_k, M_q ——按荷载效应的标准组合、准永久组合计算的弯矩值。

M_u ——构件的正截面受弯承载力设计值。

M_{cr} ——受弯构件的正截面开裂弯矩值。

T ——扭矩设计值。

V ——剪力设计值。

V_{cs} ——构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值。

F_l ——局部荷载设计值或集中反力设计值。

σ_{ck}, σ_{cq} ——荷载效应的标准组合、准永久组合下抗裂验算边缘的混凝土法向应力。

σ_{pc} ——由预加力产生的混凝土法向应力。

σ_{tp}, σ_{cp} ——混凝土中的主拉应力、主压应力。

$\sigma_{c, \max}^f, \sigma_{c, \min}^f$ ——疲劳验算时受拉区或受压区边缘纤维混凝土的最大应力、最小应力。

σ_s, σ_p ——正截面承载力计算中纵向普通钢筋、预应力钢筋的应力。

σ_{sk} ——按荷载效应的标准组合计算的纵向受拉钢筋应力或等效应力。

σ_{con} ——预应力钢筋张拉控制应力。

σ_{p0} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力。

σ_{pe} ——预应力钢筋的有效预应力。

σ_l, σ'_l ——受拉区、受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值。

τ ——混凝土的剪应力。

$\omega_{\max}$ ——按荷载效应的标准组合并考虑长期作用影响计算的最大裂缝宽度。

3. 几何参数

a, a' ——纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点至截面近边的距离。

a_s, a'_s ——纵向非预应力受拉钢筋合力点、纵向非预应力受压钢筋合力点至截面近边的距离。

a_p, a'_p ——受拉区纵向预应力钢筋合力点、受压区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离。

- b ——矩形截面宽度, T形、I形截面的腹板宽度。
 b_f, b'_f ——T形或I形截面受拉区、受压区的翼缘宽度。
 d ——钢筋直径或圆形截面的直径。
 c ——混凝土保护层厚度。
 e, e' ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点的距离。
 e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距。
 e_a ——附加偏心距。
 e_i ——初始偏心距。
 h ——截面高度。
 h_0 ——截面有效高度。
 h_f, h'_f ——T形或I形截面受拉区、受压区的翼缘高度。
 i ——截面的回转半径。
 r_c ——曲率半径。
 l_a ——纵向受拉钢筋的锚固长度。
 l_0 ——梁板的计算跨度或柱的计算长度。
 s ——沿构件轴线方向上横向钢筋的间距、螺旋筋的间距或箍筋的间距。
 x ——混凝土受压区高度。
 y_0, y_n ——换算截面重心、净截面重心至所计算纤维的距离。
 z ——纵向受拉钢筋合力至混凝土受压区合力点之间的距离。
 A ——构件截面积。
 A_0 ——构件换算截面积。
 A_n ——构件净截面积。
 A_s, A'_s ——受拉区、受压区纵向非预应力钢筋的截面面积。
 A_p, A'_p ——受拉区、受压区纵向预应力钢筋的截面面积。
 A_{svl}, A_{stl} ——在受剪、受扭计算中单肢箍筋的截面面积。
 A_{stl} ——受扭计算中取用的全部受扭纵向非预应力钢筋的截面面积。
 A_{sv}, A_{sh} ——同一截面内各肢竖向、水平箍筋或分布钢筋的全部截面面积。
 A_{sb}, A_{pb} ——同一弯起平面内非预应力、预应力弯起钢筋的截面面积。
 A_l ——混凝土局部受压面积。
 A_{cor} ——钢筋网、螺旋筋或箍筋内表面范围内的混凝土核心面积。
 B ——受弯构件的截面刚度。
 W ——截面受拉边缘的弹性抵抗矩。
 W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩。
 W_n ——净截面受拉边缘的弹性抵抗矩。
 W_t ——截面受扭塑性抵抗矩。
 I ——截面惯性矩。
 I_0 ——换算截面惯性矩。
 I_n ——净截面惯性矩。

4. 计算系数及其他

α_1 ——受压区混凝土矩形应力图的应力值与混凝土轴心抗压强度设计值的比值。

α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值。

β_c ——混凝土强度影响系数。

β_1 ——矩形应力图受压区高度与中和轴高度(中和轴到受压区边缘的距离)的比值。

β_l ——局部受压时的混凝土强度提高系数。

γ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数。

η ——偏心受压构件考虑二阶弯矩影响的轴向力偏心距增大系数。

λ ——计算截面的剪跨比。

μ ——摩擦系数。

ρ ——纵向受力钢筋的配筋率。

ρ_{sv}, ρ_{sh} ——竖向箍筋、水平箍筋或竖向分布钢筋、水平分布钢筋的配筋率。

ρ_v ——间接钢筋或箍筋的体积配筋率。

φ ——轴心受压构件的稳定系数。

θ ——考虑荷载长期作用对挠度增大的影响系数。

ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数。

◆ 工程设计文件中的计量单位

1. 计量单位及表达方式

《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083—1997)规定,在技术文件的图表、公式以及数字后面必须用法定的计量单位符号,并以正体字母书写。例如,100 公斤、10 公尺、1 天等表达方式都是不正确的,应改写为 100 kg、10 m、1 d。工程技术人员在设计图纸、设计文件、试验报告及其他有关技术文件中都必须严格遵守上述规定,并养成习惯:阿拉伯数字后面如果有单位,必须以法定的正体单位符号书写。正确、规范化的表达是工程技术人员应有的素质。

工程建设的计量单位应符合《中华人民共和国法定计量单位使用方法》中的规定。因我国已加入国际标准化组织(ISO),所以采用以国际单位制为基础的中华人民共和国法定计量单位。

计量单位和词头采用拉丁字母或希腊字母作为符号。源于人名的计量单位符号,第一个字母大写,其余均小写。

与工程建设有关的单位可分为四类。

(1)基本单位。国际单位制规定的基本单位,它是不可再分割的最基础的单位。与工程建设有关的共 3 个,见表 1.1。

表 1.1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
时间	秒	s
质量	千克(公斤)	kg

(2)导出单位。由基本单位经计算得出的具有专门名称的导出单位。与工程建设有关的共 2 个,见表 1.2。

表 1.2 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其他表达形式
力、重力	牛[顿]	N	$\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2$
应力、强度、弹性模量	帕[斯卡]	Pa	N/m^2

注:单位名称可采用简称(舍去方括号内部分)。

(3)非国际单位制单位。经常用到的非国际单位制单位,由于使用频繁,国家选定并给出了单位符号名称以便应用。与工程建设有关的共 5 个,见表 1.3。

表 1.3 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系
时间	分	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
	[小]时	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3\,600 \text{ s}$
	天(日)	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1\,440 \text{ min} = 86\,400 \text{ s}$
体积	升	L, (l)	$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$

注:升的符号中小写字母“l”为备用符号。

(4)组合单位。组合形式的单位,是由前几种单位经运算组合而形成的单位。这些单位之间经乘、除运算有一定的量纲关系,最终都可以用国际单位制的基本单位表达出来。与工程建设有关的共 8 个,见表 1.4。

表 1.4 常用的组合形式的单位

量的名称	单位名称	单位符号
面积	平方米	m^2
体积、容积	立方米	m^3
速度	米每秒	m/s
加速度	米每二次方秒	m/s^2
密度	千克每立方米	kg/m^3
面分布力	牛顿每平方米	N/m^2

续表 1.4

量的名称	单位名称	单位符号
线分布力	牛顿每米	N/m
力矩	牛顿米	N·m

2. 量的进位和词头

在实际工程中,量的变化幅度很大,通常采用科学记数法,即以 10 的幂次表达较大量(10^n)或较小量(10^{-n}),这种表达方式很难给人以一个直观的量的概念。

国际单位制采用十进制的单位体系,并规定了十进倍数单位与分数单位的词头。这些十进制的词头和法定计量单位写在一起,构成了新的计量表达方式,在使用上往往更为方便。

常用的十进制词头见表 1.5。有了这些词头就可以很方便地表达较大或较小的量值了,例如 $1\ 000\ \text{m}$ 、 $10^{-3}\ \text{s}$ 可以方便地表达为 $1\ \text{km}$ 、 $1\ \text{ms}$ 等。

表 1.5 常用的十进制词头

词头名称	词头符号	所表示因数
吉(十亿)	G	10^9
兆(百万)	M	10^6
千	k	10^3
百	h	10^2
十	da	10^1
分	d	10^{-1}
厘	c	10^{-2}
毫	m	10^{-3}
微	μ	10^{-6}
纳	n	10^{-9}

【实 务】

◆常用计量单位的换算

我国进行了多次度量衡制度的改革,最初由市制改公制,又部分地受到英制的影响。近年加入 ISO 国际标准化组织而改用国际单位制,造成了很多工程技术人员使用上的不适应。要改掉传统的概念和长期积习,当然需要付出一定的努力,否则将不能适应新的要求。

下面列出常用计量单位新、旧单位制的换算关系见表 1.6。

表 1.6 公制计量单位与国际单位制计量单位的换算

量的名称	公制计量单位		国际单位制计量单位		单位换算关系	
	名称	符号	名称	符号	公制单位— 国际单位制单位	国际单位制单位— 公制单位
力、重力	千克力	kgf	牛顿	N	1 kgf ≈ 10 N	1 N ≈ 0.1 kgf
	吨力	tf	千牛顿	kN	1 tf ≈ 10 kN	1 kN ≈ 0.1 tf
线分布力	千克力每米	kgf/m	牛顿每米	N/m	1 kgf/m ≈ 10 N/m	1 N/m ≈ 0.1 kgf/m
	吨力每米	tf/m	千牛顿每米	kN/m	1 tf/m ≈ 10 kN/m	1 kN/m ≈ 0.1 tf/m
面分布力 (压强)	千克力每平方米	kgf/m ²	帕斯卡	Pa	1 kgf/m ² ≈ 10 Pa	1 Pa ≈ 0.1 kgf/m ²
	吨力每平方米	tf/m ²	千帕斯卡	kPa	1 tf/m ² ≈ 10 kPa	1 kPa ≈ 0.1 tf/m ²
体分布力、 重力密度	千克力每立方米	kgf/m ³	牛顿每立方米	N/m ³	1 kgf/m ³ ≈ 10 N/m ³	1 N/m ³ ≈ 0.1 kgf/m ³
	吨力每立方米	tf/m ³	千牛顿每立方米	kN/m ³	1 tf/m ³ ≈ 10 kN/m ³	1 kN/m ³ ≈ 0.1 tf/m ³
力矩、弯矩、 扭矩	千克力米	kgf·m	牛顿米	N·m	1 kgf·m ≈ 10 N·m	1 N·m ≈ 0.1 kgf·m
	吨力米	tf·m	千牛顿米	kN·m	1 tf·m ≈ 10 kN·m	1 kN·m ≈ 0.1 tf·m
应力、吸度、 弹性模量	千克力每平方毫米	kgf/mm ²	兆帕斯卡	MPa	1 kgf/mm ² ≈ 10 MPa	1 MPa ≈ 0.1 kgf/mm ²
	千克力每平方厘米	kgf/cm ²	兆帕斯卡	MPa	1 kgf/cm ² ≈ 0.1 MPa	1 MPa ≈ 10 kgf/cm ²

注:在结构安全精度允许的条件下可近似采用标准重力加速度值为 10 m/s^2 ,故本表所列为近似值,如 $1 \text{ kgf} \approx 10 \text{ N}$ 。

◆混凝土强度等级的换算

长期以来混凝土强度等级的确定方法不统一,试件有立方体和圆柱体两种形状,尺寸有英制和公制两类,并且边长也不统一,所以比较混乱。近年,国际上试件逐渐统一,以 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$ 立方体作基本试件,也有一些国家采用 $150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ 圆柱体作试块,6"×12"的圆柱体可近似与其相同,它们之间的折算关系见表 1.7。

表 1.7 混凝土试块强度值的换算

试块形状	试件尺寸	折算系数	反向折算系数
立方体	150 mm	1.00	1.00
	100 mm	0.95	1.05
	200 mm	1.05	0.95
棱柱体	150 mm × 300 mm	1.32	0.76
	6" × 12"	1.32	0.76
圆柱体	150 mm × 300 mm	1.20	0.83
	6" × 12"	1.20	0.83

1.2 混凝土结构设计的基本原则

【基础】

◆混凝土结构设计一般规定

1. 设计方法

混凝土结构采用概率极限状态设计方法,以可靠指标 β 度量它的可靠度,采用分项系数的设计表达式进行设计。只要按照设计规范规定的方法计算,混凝土结构自然就具有相应的可靠度。

结构的极限状态是指整个结构或它的一部分能够满足设计规定功能的特定状态;当超过这个特定状态时,结构即不能满足这些功能要求,设计规范中极限状态分为两种。

(1)承载力极限状态。相应于结构或构件达到最大承载力、疲劳破坏或发生不适于继续承载的变形的情形。

(2)正常使用极限状态。相应于结构或构件的变形、裂缝或耐久性能达到某项规定的限值,使其无法正常使用的情形。

2. 结构设计的内容

(1)承载力计算。所有结构构件都应进行承载力(包括失稳)计算,处于地震区的结构构件还应进行抗震承载力验算。

(2)稳定验算。有些结构在必要时还应进行倾覆、滑移及飘浮的验算。这里应该特别强调结构的整体稳定性,局部破坏不应导致大范围的倒塌。结构的延性,荷载传力途径的多重性及结构体系的超静定性都能加强结构的稳定性。对偶然事件产生特大荷载引起结构局部破坏时,可进行相应的设计以保证结构不发生连续倒塌。

(3)疲劳验算。直接承受吊车荷载的构件应进行疲劳验算。

(4)变形验算。对使用上需要控制变形值的结构构件,应对其进行变形验算。通常,受弯构件的挠度,应控制在允许的限值范围以内。

(5)裂缝控制验算。对使用上要求不出现裂缝的构件,应进行混凝土拉应力的验算,即抗裂验算;使用上允许开裂的构件,应进行裂缝宽度验算;对叠合式受弯构件,还应进行钢筋拉应力验算。

3. 荷载的取值

(1)承载力计算及稳定验算应采用荷载的设计值,也就是考虑荷载分项系数的影响。

(2)疲劳、变形、裂缝控制验算应采用相应的荷载代表值。

(3)直接承受吊车荷载的结构构件,在计算承载力和验算疲劳、抗裂时,应考虑吊车荷载的动力系数。

(4)进行结构构件的抗震设计时,地震作用及其他荷载值都应按《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)的规定确定。

(5) 预制构件应按制作、运输、安装时相应的荷载值作施工阶段验算。吊装时应考虑自重的动力系数 1.5 或根据情况而定。

(6) 现浇混凝土结构,必要时也应进行施工阶段的验算。

4. 混凝土结构的适用范围

当混凝土结构中纵向受力钢筋的配筋百分率小于规定的最小配筋百分率时,过少的配筋量使结构性能有质的变化,应按素混凝土结构考虑。

5. 结构的设计使用年限

混凝土结构在正常维护的条件下,保持使用功能而无需大修加固的时间是它的设计使用年限。根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)的规定,一般混凝土结构的设计使用年限是 50 年。如果建设单位提出更高的要求,也可以根据建设单位的要求确定。

6. 混凝土结构的合理使用

近年我国市场经济不断发展,建筑物作为商品变更归属关系的情况增多,因改变结构用途而引发的工程事故明显增加。为保证结构在正常使用条件下应有的安全度,未经技术鉴定或设计许可,不得改变混凝土结构的用途和使用环境,避免引起安全性和耐久性方面的问题。

◆ 结构设计的可靠度

1. 作用效应和结构抗力

任何结构或结构构件中都存在对立的两个方面,即作用效应 S 和结构抗力 R 。它们是结构设计中必须解决的一对矛盾。

(1) 作用效应 S 。作用效应 S 是指作用引起的结构或构件的内力、变形及裂缝等。

(2) 结构抗力 R 。结构抗力 R 是指结构或构件承受作用效应的能力,如结构或构件的承载力、刚度及抗裂度等。结构抗力 R 主要与结构构件的材料性能、几何参数及计算模式的精确性有关。

2. 结构的可靠性和可靠度

结构的可靠性是指结构或构件在规定的时间内、规定的条件下完成预定功能的可能性。当结构的作用效应小于结构抗力时,结构处于可靠工作状态;相反,结构处于失效状态。

由于 S 和 R 都是随机的,因此结构不满足或满足其功能要求的事件也是随机的。一般把出现前一事件(不满足其功能要求)的概率称为结构的失效概率,用 P_f 表示;把出现后一事件(满足其功能要求)的概率称为可靠概率,用 P_s 表示。

结构的可靠概率也称结构可靠度。更确切地说,结构在规定的时间内、规定的条件下,完成预定功能的概率称为结构可靠度。因此,结构可靠度是结构可靠性的概率度量。

因为可靠概率和失效概率是互补的,即 $P_f + P_s = 1$,所以,结构可靠性也可用结构的失效概率来度量。目前,根据国际惯例与习惯,用结构的失效概率来度量结构的可靠性。

3. 设计基准期和设计使用年限

(1) 设计基准期。必须指出,结构的可靠度和使用期有关。这是因为设计中所考虑