

混凝土结构设计计算算例

HUNNINGTU JIEGOU SHEJI JISUAN SUANLI

■ 王依群 编著

中国建筑工业出版社

混凝土结构设计计算算例

王依群 编著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构设计计算算例/王依群编著. —北京:
中国建筑工业出版社, 2012. 7
ISBN 978-7-112-14384-9

I. ①混… II. ①王… 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 (2012) 第 109318 号

本书主要根据《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 及相关设计规范编写。引导读者正确理解和使用规范关于结构构件的设计原理、计算方法和构造措施。

全书共十四章, 分别介绍钢筋混凝土梁, 矩形、圆形截面柱, 细长柱, 框架节点, 按梁实配钢筋计算的柱和节点, 深受弯构件, 受冲切的基础板或板柱结构楼板, 受扭构件, 剪力墙的承载力计算; 钢筋混凝土构件裂缝宽度和挠度验算。书中有针对性地编写了六十余个算例, 每个算例除给出详细的手算过程外, 还列出了混凝土构件计算软件 RCM 的中间计算结果, 两种方法结果得到相互验证。书中还介绍了实现“强柱弱梁”的实用有效方法等, 具有很强的实用性。

本书可供结构设计人员、审图人员、研究人员及土建专业学生阅读。

* * *

责任编辑: 郭 栋 万 李
责任设计: 张 虹
责任校对: 刘梦然 赵 颖

混凝土结构设计计算算例

王依群 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京千辰公司制版

北京世知印务有限公司印刷

*

开本: 787 × 1092 毫米 1/16 印张: 13 1/4 字数: 321 千字

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-14384-9

(22452)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

前 言

为帮助结构设计人员学习《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010 和《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 中的钢筋混凝土结构抗震设计理论，熟悉具体计算步骤和方法，学会使用一种软件工具，以便遇到工程实际问题时能快速正确地解决而编写此书。对规范有设计要求的构件几乎都提供了算例，对近年工程中会遇到的但规范中提及很少（如考虑楼板内钢筋对梁受弯承载力贡献）或根本未提及（如细长柱）的构件也提供了计算方法和算例。对两本规范规定不一致之处，通过算例表明了结果的差异性，并提出作者的观点和解决方案。

书中还通过算例效果，演示了作者提出的可有效避免“强梁弱柱”震害现象的思想及其计算和实施方法。

全书内容分十四章，分别介绍钢筋混凝土梁，矩形、圆形截面柱，细长柱，框架节点，按梁实配钢筋计算柱和节点，深受弯构件，受冲切的基础板或板柱结构楼板，受扭构件，剪力墙的承载力计算；钢筋混凝土构件裂缝宽度和挠度验算。绝大多数算例来源于实际工程，对设计工作有提示作用。

工程实践（做法和材料）在不断创新，规范滞后是常态。人们总会发现规范有待改进或完善的地方，本书有少量内容就是规范尚未作出规定的，供读者参考，特别是供结构抗震性能设计时参考使用。

由于钢筋混凝土结构构件工作机理复杂、破坏模式多，所以限制条件多、计算参数多，再聪明的行内专家，手算也容易遗漏规范某条规定或写错参数，造成计算结果错误。本书六十余个算例均用手工和软件两种方法计算，起到了相互校核的作用，大大减少了出错的机率，避免误导本科学生或初入门从业者。

编写过程中，本书引用了大量参考文献及其中算例，谨对这些文献的作者表示衷心感谢。

作者水平所限，书中一定有错误之处，敬请读者指正。

目 录

第 1 章 钢筋混凝土材料强度标准	1
1.1 混凝土	1
1.2 钢筋	2
第 2 章 钢筋混凝土结构计算的一般规定和构造要求	5
2.1 一般规定	5
2.2 承载能力极限状态计算	5
2.3 正常使用极限状态验算	8
第 3 章 RCM 软件的功能和使用方法	10
第 4 章 梁正截面、斜截面配筋原理及算例	13
4.1 单筋矩形梁正截面受弯承载力计算	13
【例 4-1】矩形单筋梁正截面设计	14
【例 4-2】单跨简支板设计计算	15
4.2 双筋矩形梁正截面受弯承载力计算	15
【例 4-3】双筋梁正截面设计计算	16
4.3 T 形梁正截面受弯承载力计算	17
【例 4-4】第二种类型 T 形梁正截面设计计算	18
【例 4-5】第一种类型 T 形梁正截面设计计算	19
4.4 梁斜截面受剪承载力计算	20
【例 4-6】均布荷载作用下矩形截面简支梁斜截面设计计算	22
【例 4-7】有集中荷载作用的矩形截面简支梁斜截面设计计算	23
4.5 深受弯构件正、斜截面承载力计算	24
【例 4-8】简支单跨深梁设计计算	25
【例 4-9】集中荷载为主的简支单跨深梁设计计算	26
4.6 按实配钢筋计算梁及板正截面承载力	27
【例 4-10】实配钢筋梁及板正截面承载力计算	29
第 5 章 偏心受压柱配筋原理及算例	31
5.1 框架柱截面设计	31
5.2 纤维法计算柱截面承载力	32
【例 5-1】纤维法计算柱截面承载力算例	34
5.3 短柱正截面承载力计算	35
5.4 中长柱正截面承载力计算	36
5.5 双向偏心受压柱配筋计算	37
5.6 偏心受压短柱、中长柱配筋算例	45
【例 5-2】钢筋混凝土双向偏心受压柱配筋算例 1	45
【例 5-3】钢筋混凝土双向偏心受压柱配筋算例 2	46
【例 5-4】钢筋混凝土单向偏心受压柱配筋算例 1	48

【例 5-5】钢筋混凝土单向偏心受压柱配筋算例 2	50
【例 5-6】钢筋混凝土单向偏心受压柱配筋算例 3	52
5.7 由梁端弯矩导出柱设计弯矩及柱配筋	53
5.7.1 框架柱弯矩设计值的两种取法	54
5.7.2 用梁端弯矩导出框架柱弯矩设计值的软件实现	55
【例 5-7】由梁端弯矩导出柱设计弯矩及配筋计算	55
5.8 偏心受压圆形柱正截面承载力计算	63
【例 5-8】偏心受压圆形柱配筋计算 1	64
【例 5-9】偏心受压圆形柱配筋计算 2	65
5.9 细长柱正截面承载力计算	66
【例 5-10】偏心受压细长矩形柱配筋算例	69
【例 5-11】偏心受压细长圆形柱配筋算例	70
5.10 实配钢筋梁和纤维法计算柱承载力在结构弹性时程分析中的应用	73
【例 5-12】实配钢筋梁和柱的承载力在结构时程分析中的例题 1	74
【例 5-13】实配钢筋梁和柱的承载力在结构时程分析中的例题 2	79
第 6 章 偏心受拉柱配筋	85
6.1 柱大小偏心受拉的判断	85
6.2 偏心受拉柱的配筋计算	87
【例 6-1】偏心受拉矩形柱配筋算例	88
【例 6-2】偏心受拉圆形柱配筋算例	91
第 7 章 轴心受压柱的配筋及算例	93
【例 7-1】轴心受压柱配筋算例	93
【例 7-2】轴心受压圆形截面柱配筋算例	95
第 8 章 柱斜截面受剪承载力计算及算例	97
【例 8-1】柱斜截面双向受剪配筋算例 1	100
【例 8-2】柱斜截面单向受剪配筋算例 1	102
【例 8-3】柱斜截面双向受剪配筋算例 2	103
【例 8-4】受拉剪构件配筋算例	105
第 9 章 按梁实配钢筋计算柱纵筋和箍筋及算例	107
9.1 按单向梁实配钢筋计算柱配筋及算例	107
【例 9-1】按单向梁实配钢筋计算柱配筋算例	108
【例 9-2】按考虑梁侧楼板内钢筋的单侧梁实配钢筋计算柱配筋算例	112
9.2 按双向梁实配钢筋计算柱配筋	114
第 10 章 梁柱节点的配筋及算例	115
10.1 9 度设防烈度的一级框架中的梁柱节点	115
【例 10-1】中间楼层边柱节点配筋算例	116
【例 10-2】9 度抗震设防一级抗震等级框架节点配筋算例	117
10.2 一般情况的梁柱节点承载力计算及算例	119
【例 10-3】二级抗震等级框架中节点配筋算例	119
【例 10-4】二级抗震等级框架边节点配筋算例	123
【例 10-5】偏心梁柱节点配筋算例	124
【例 10-6】框架梁柱节点配筋算例	128
10.3 圆柱框架的梁柱节点承载力计算及算例	129

【例 10-7】圆截面柱框架顶层边节点配筋算例	130
【例 10-8】圆截面柱框架首层中节点配筋算例	133
第 11 章 矩形、T 形截面受扭构件承载力计算及算例	135
【例 11-1】受纯扭矩形截面构件配筋算例	138
【例 11-2】受压扭矩形截面构件配筋算例	140
【例 11-3】受拉扭矩形截面构件配筋算例	141
【例 11-4】受纯扭 T 形截面构件配筋算例	143
【例 11-5】受剪扭矩形截面构件配筋算例	145
【例 11-6】受弯剪扭矩形截面构件配筋算例	148
【例 11-7】受弯剪扭 T 形截面构件配筋算例	149
第 12 章 受冲切构件承载力计算及算例	154
12.1 受冲切平板构件承载力计算规定	154
【例 12-1】楼盖受冲切配筋算例	156
【例 12-2】圆形柱楼板冲切算例	157
【例 12-3】柱旁带孔洞楼板受冲切配筋算例	158
12.2 矩形柱阶形基础受冲切承载力计算规定	160
【例 12-4】矩形柱阶形基础受冲切承载力算例	161
12.3 板柱节点受冲切承载力计算	164
【例 12-5】板柱节点受冲切承载力算例	168
第 13 章 剪力墙配筋计算	171
13.1 剪力墙正截面承载力计算	171
13.2 剪力墙斜截面承载力计算	172
【例 13-1】大偏心受压剪力墙配筋算例	174
【例 13-2】小偏心受压剪力墙配筋算例	176
【例 13-3】带边框柱剪力墙小偏心受压正截面承载力算例	178
【例 13-4】偏心受拉剪力墙正截面承载力算例	181
【例 13-5】剪力墙斜截面承载力算例	182
13.3 剪力墙连梁承载力计算	184
【例 13-6】剪力墙连梁承载力算例	185
第 14 章 正常使用极限状态验算	187
14.1 裂缝宽度计算	187
【例 14-1】轴心受拉构件裂缝宽度算例	189
【例 14-2】偏心受拉构件裂缝宽度算例	191
【例 14-3】矩形截面受弯构件裂缝宽度算例	192
【例 14-4】T 形截面受弯构件裂缝宽度算例	193
【例 14-5】矩形截面偏心受压构件裂缝宽度算例	194
14.2 受弯构件挠度计算	196
【例 14-6】矩形截面受弯构件挠度算例	197
【例 14-7】I 形截面受弯构件挠度算例	198
【例 14-8】I 形截面双筋受弯构件挠度算例	200
附表 钢筋的公称直径、计算截面面积及理论重量	203
参考文献	204

第1章 钢筋混凝土材料强度标准

1.1 混凝土

《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010^[1]规定：

混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作、养护的边长为150mm的立方体试件，在28d或设计规定龄期用标准试验方法测得的具有95%保证率的抗压强度值。

混凝土强度等级采用符号C和立方体抗压强度标准值表示，共划分为十四个强度等级，即C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80。如C35表示立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k}=35\text{N/mm}^2$ 的混凝土强度等级。

素混凝土结构的强度等级不应低于C15；钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于C20；采用强度等级400MPa及以上的钢筋时，混凝土强度等级不应低于C25。

承受重复荷载的钢筋混凝土构件，混凝土强度等级不应低于C30。

预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于C40，且不应低于C30。

混凝土轴心抗压的标准值 f_{ck} 应按表1-1采用；轴心抗拉强度的标准值 f_{tk} 应按表1-2采用。

混凝土轴心抗压强度标准值 (N/mm²)

表 1-1

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{ck}	10.0	13.4	16.7	20.1	23.4	26.8	29.6	32.4	35.5	38.5	41.5	44.5	47.4	50.2

混凝土轴心抗拉强度标准值 (N/mm²)

表 1-2

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_{tk}	1.27	1.54	1.78	2.01	2.20	2.39	2.51	2.64	2.74	2.85	2.93	2.99	3.05	3.11

混凝土轴心抗压强度的设计值 f_c 应按表1-3采用；轴心抗拉强度的设计值 f_t 应按表1-4采用。

混凝土轴心抗压强度设计值 (N/mm²)

表 1-3

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_c	7.2	9.6	11.9	14.3	16.7	19.1	21.1	23.1	25.3	27.5	29.7	31.8	33.8	35.9

混凝土轴心抗拉强度设计值 (N/mm^2)

表 1-4

强度种类	混凝土强度等级													
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
f_t	0.91	1.10	1.27	1.43	1.57	1.71	1.80	1.89	1.96	2.04	2.09	2.14	2.18	2.22

混凝土受压和受拉的弹性模量 E_c 应按表 1-6 采用。

混凝土的剪变模量 G_c 可按相应弹性模量值的 40% 采用。

混凝土泊松比 ν_c 可按 0.20 采用。

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010 对钢筋混凝土结构弹塑性时程分析要求采用材料强度的平均值, 例如本书 4.6 节介绍的按实配钢筋计算梁及板正截面承载力, 5.2 节用纤维法计算柱截面承载力, 就是对钢筋混凝土结构(杆端塑性铰模型的)弹塑性时程分析准备梁、柱端屈服承载力。下面列出各混凝土强度等级的强度平均值, 供使用时参考。

根据《混凝土结构设计规范》附录 C, 混凝土抗压强度的平均值 f_{cm} 可按下列公式计算确定:

$$f_{cm} = f_{ck} / (1 - 1.645\delta_c) \quad (1-1)$$

式中 f_{cm} 、 f_{ck} ——混凝土抗压强度的平均值、标准值;

δ_c ——混凝土强度的变异系数, 宜根据试验统计确定。

对于还没有进行试验确定 δ_c 的工程, 试算时可先采用表 1-5 的数据。表 1-5 中 δ_c 的多数数据引自《混凝土结构设计规范》附录 C 的条文说明(C55 的数据由邻近的数据内插得到), C65~C80 的数据引自过镇海《混凝土的强度和本构关系——原理与应用》。表中的 f_{cm} 由式(1-1)算得。

混凝土抗压强度平均值 (N/mm^2)

表 1-5

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
δ_c (%)	23.3	20.6	18.9	17.2	16.4	15.6	15.6	14.9	14.5	14.1	10.0	10.0	10.0	10.0
f_{cm}	16.2	20.3	24.2	28.0	32.0	36.1	39.8	42.9	46.6	50.2	54.1	58.0	61.8	65.5

混凝土弹性模量 ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$)

表 1-6

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
E_c	2.20	2.55	2.80	3.00	3.15	3.25	3.35	3.45	3.55	3.60	3.65	3.70	3.75	3.80

注: 1. 当有可靠试验依据时, 弹性模量值也可根据实测数据确定。

2. 当混凝土中掺有大量矿物掺合料时, 弹性模量可按规定龄期根据实测值确定。

1.2 钢 筋

混凝土结构的钢筋应按下列规定选用:

1. 纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋, 也可采用 HPB300、HRB335、HRBF335、RRB400 钢筋;
2. 梁、柱纵向受力普通钢筋应采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋;
3. 箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋, 也可采用 HRB335、HRBF335 钢筋;

4. 预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

钢筋的强度标准值应具有不小于95%的保证率。

普通钢筋屈服强度标准值 f_{yk} 、极限强度标准值 f_{stk} 应按表1-7采用。

普通钢筋强度标准值及极限应变

表 1-7

牌号	符号	公称直径 d (mm)	屈服强度 f_{yk} (N/mm ²)	抗拉强度 f_{stk} (N/mm ²)	最大力下总伸长率 δ_{gt} (%)
HPB300	Φ	6~22	300	420	不小于10.0
HRB335 HRBF335	Φ Φ^F	6~50	335	455	不小于7.5
HRB400 HRBF400 RRB400	Φ Φ^F Φ^R	6~50	400	540	
HRB500 HRBF500	Φ Φ^F	6~50	500	630	

注：当采用直径大于40mm的钢筋时，应有可靠的工程经验。

普通钢筋的抗拉强度设计值 f_y 、抗压强度设计值 f_y' 应按表1-8采用。

当构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋应采用各自的强度设计值。横向钢筋的抗拉强度设计值 f_{yv} 应按表中 f_y 的数值取用；当用作受剪、受扭、受冲切承载力计算时，其数值大于360N/mm²时应取360N/mm²。

普通钢筋强度设计值 (N/mm²)

表 1-8

牌号	f_y	f_y'
HPB300	270	270
HRB335、HRBF335	300	300
HRB400、HRBF400、RRB400	360	360
HRB500、HRBF500	435	410

根据《混凝土结构设计规范》附录C，钢筋的屈服强度平均值 f_{ym} 可按下列公式计算确定：

$$f_{ym} = f_{yk} / (1 - 1.645\delta_s) \quad (1-2)$$

式中 f_{yk} ——钢筋屈服强度标准值；

δ_s ——钢筋强度的变异系数。

热轧带肋钢筋的强度变异系数可按表1-9采用。

热轧带肋钢筋屈服强度平均值 (N/mm²)

表 1-9

牌号或种类	HPB235	HRB335
δ_s (%)	8.95	7.43
f_{ym}	276	382

注：因既有建筑构件强度测算需要，这里列出了HPB235级钢筋的相关数据。

由于缺少统计数据，《混凝土结构设计规范》未给出HPB300、HRB400、HRB500级钢筋强度的变异系数，使用时最好采用试验方法确定钢筋屈服强度的平均值；如不做试验，请查找所用钢筋的生产厂家出具的产品质量报告。

普通钢筋和预应力筋的弹性模量 E_s 应按表 1-10 采用。

钢筋的弹性模量 ($\times 10^5 \text{ N/mm}^2$)

表 1-10

牌号或种类	弹性模量 E_s
HPB300 钢筋	2.10
HRB335、HRB400、HRB500 钢筋 HRBF335、HRBF400、HRBF500 钢筋 RRB400 钢筋 预应力螺纹钢筋	2.00
消除应力钢丝、中强度预应力钢丝	2.05
钢绞线	1.95

注：必要时可通过试验采用实测的弹性模量。

各种规格普通钢筋的公称直径、计算截面面积及理论重量应按附表采用。

第2章 钢筋混凝土结构计算的一般规定和构造要求

钢筋混凝土结构及构件的计算应遵守《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010^[1]的规定。

2.1 一般规定

混凝土结构设计应包括下列内容：

1. 结构方案，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. 结构的极限状态设计；
4. 结构及构件的构造、连接措施；
5. 耐久性及施工的要求；
6. 满足特殊要求结构的专门性能设计。

本书针对构件截面配筋计算和构造措施，即上述3和4；但输入的作用效应（作用在构件上的力）的获得，要遵守上述1、2的要求。

2.2 承载能力极限状态计算

混凝土结构的承载能力极限状态计算应包括下列内容：

1. 结构构件应进行承载力（包括失稳）计算；
2. 直接承受重复荷载的构件应进行疲劳验算；
3. 有抗震设防要求时，应进行抗震承载力计算；
4. 必要时尚应进行结构的倾覆、滑移、漂浮验算；
5. 对于可能遭受偶然作用，且倒塌可能引起严重后果的重要结构，宜进行防连续倒塌设计。

对持久设计状况、短暂设计状况和地震设计状况，当用内力的形式表达时，结构构件应采用下列承载能力极限状态设计表达式：

$$\gamma_0 S \leq R \quad (2-1)$$

$$R = R(f_c, f_s, a_k, \dots) / \gamma_{Rd} \quad (2-2)$$

式中 γ_0 ——结构重要性系数：在持久设计状况和短暂设计状况下，对安全等级为一级的结构构件不应小于1.1，对安全等级为二级的结构构件不应小于1.0，对安全等级为三级的结构构件不应小于0.9；对地震设计状况应取1.0；

S ——承载能力极限状态下作用组合的效应设计值：对持久设计状况和短暂设计状

况应按作用的基本组合计算；对地震设计状况应按作用的地震组合计算；

R ——结构构件的抗力设计值；

$R(\cdot)$ ——结构构件的抗力函数；

γ_{Rd} ——结构构件的抗力模型不定性系数：静力设计取 1.0，对不确定性较大的结构构件根据具体情况取大于 1.0 的数值；抗震设计应用承载力调整系数 γ_{RE} 代替 γ_{Rd} ；

f_c 、 f_s ——混凝土、钢筋的强度设计值；

a_k ——几何参数的标准值；当几何参数的变异性对结构性能有明显的不利影响时，应增减一个附加值。

注：式 (2-1) 中的 $\gamma_0 S$ 为内力设计值，在本书各章中用 N 、 M 、 V 、 T 等表达。

正截面承载力应按下列基本假定进行计算：

1. 截面应变保持平面。
2. 不考虑混凝土的抗拉强度。
3. 混凝土受压的应力与应变关系（图 2-1）按下列规定取用：

当 $\varepsilon_c \leq \varepsilon_0$ 时

$$\sigma_c = f_c \left[1 - \left(1 - \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_0} \right)^n \right] \quad (2-3)$$

当 $\varepsilon_0 < \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu}$ 时

$$\sigma_c = f_c \quad (2-4)$$

$$n = 2 - \frac{1}{60} (f_{cu,k} - 50) \quad (2-5)$$

$$\varepsilon_0 = 0.002 + 0.5 (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (2-6)$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.0033 + (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5} \quad (2-7)$$

式中 σ_c ——混凝土压应变为 ε_c 时的混凝土压应力；

ε_c ——混凝土压应变；

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值；

ε_0 ——混凝土压应力达到 f_c 时的混凝土压应变，当计算时的 ε_0 值小于 0.002 时，取为 0.002；

ε_{cu} ——正截面的混凝土极限压应变，当处于非均匀受压且按式 (2-7) 计算的值大于 0.0033 时，取为 0.0033；当处于轴心受压时取为 ε_0 ；

$f_{cu,k}$ ——混凝土立方体抗压强度标准值；

n ——系数，当计算的 n 值大于 2.0 时，取为 2.0。

4. 纵向受拉钢筋的极限拉应变取为 0.01。

5. 纵向钢筋的应力取钢筋应变与其弹性模量的乘积，但其值应符合下列要求（图 2-2）：

$$-f'_y \leq \sigma_{si} \leq f_y \quad (2-8)$$

式中 σ_{si} ——第 i 层纵向钢筋的应力，正值代表拉应力，负值代表压应力；

f_y ——钢筋抗拉强度设计值；

f'_y ——钢筋抗压强度设计值。

弯矩作用平面内截面对称的偏心受压构件，当构件自身挠曲对构件弯矩影响不能忽略时，应按截面的两个主轴方向分别考虑轴向压力在挠曲产生的附加弯矩影响。

偏心受压构件的正截面承载力计算时，应计入轴向压力在偏心方向存在的附加偏心距 e_0 ，其值应取 20mm 和偏心方向截面最大尺寸的 1/30 两者中的较大值。

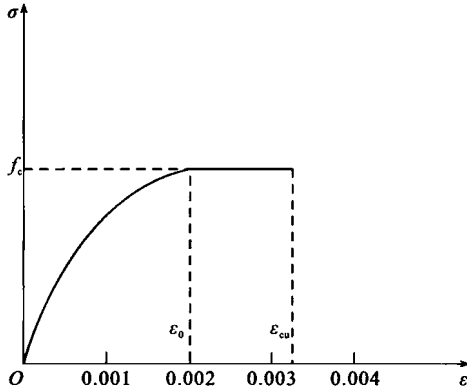


图 2-1 混凝土受压应力-应变曲线

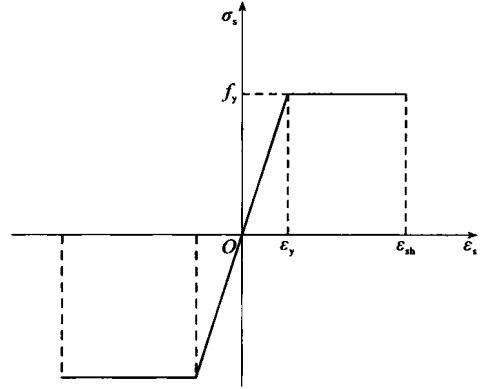


图 2-2 钢筋的理想弹塑性应力-应变曲线

受弯构件、偏心受压构件正截面承载力计算时，受压区混凝土的应力图形可简化为等效的矩形应力图。

矩形应力图的受压区高度 x 可取截面应变保持平面的假定所确定的中和轴高度乘以系数 β_1 。当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_1 取为 0.8；当混凝土强度等级为 C80 时， β_1 取为 0.74；其间接线性内插法确定。

矩形应力图的应力值可由混凝土轴心抗压强度设计值 f_c 乘以系数 α_1 确定。当混凝土强度等级不超过 C50 时， α_1 取为 1.0；当混凝土强度等级为 C80 时， α_1 取为 0.94；其间接线性内插法确定。

纵向受拉钢筋屈服与受压区混凝土被压碎同时发生时的相对界限受压区高度 ξ_b ，应按下式计算：

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{\varepsilon_{cu} E_s}} \quad (2-9)$$

式中 ξ_b ——相对界限受压区高度，取 x_b/h_0 ；

x_b ——界限受压区高度；

h_0 ——截面有效高度：纵向受拉钢筋合力点至截面受压边缘的距离；

E_s ——钢筋弹性模量；

ε_{cu} ——非均匀受压时的混凝土极限压应变；

β_1 ——系数，当混凝土强度等级不超过 C50 时， β_1 取为 0.80；当混凝土强度等级为 C80 时， β_1 取为 0.74；其间接线性内插法确定。

可见，相对界限受压区高度 ξ_b 与材料性能有关，将相关数据代入式 (2-9)，即可求出 ξ_b 值，如表 2-1 所列。

相对界限受压区高度 ξ_b 值

表 2-1

ξ_b	混凝土强度等级						
	$\leq C50$	C55	C60	C65	C70	C75	C80
HPB300	0.576	0.566	0.556	0.546	0.537	0.527	0.518
HRB335	0.550	0.540	0.531	0.521	0.512	0.502	0.493
HRB400	0.518	0.510	0.499	0.491	0.482	0.472	0.463
HRB500	0.482	0.473	0.464	0.455	0.447	0.438	0.429

纵向普通钢筋应力应按下列规定确定：

1. 纵向普通钢筋应力宜按下列公式计算：

$$\sigma_{si} = E_s \varepsilon_{cu} \left(\frac{\beta_1 h_{0i}}{x} - 1 \right) \quad (2-10)$$

2. 纵向普通钢筋应力也可按下列近似公式计算：

$$\sigma_{si} = \frac{f_y}{\xi_b - \beta_1} \left(\frac{x}{h_{0i}} - \beta_1 \right) \quad (2-11)$$

3. 按式 (2-10)、式 (2-11) 计算的纵向钢筋应力应符合式 (2-8) 的要求。

式中 h_{0i} ——第 i 层纵向钢筋重心至截面受压边缘的距离；

x ——等效矩形应力图形的混凝土受压区高度；

σ_{si} ——第 i 层纵向普通钢筋的应力，正值代表拉应力，负值代表压应力。

2.3 正常使用极限状态验算

混凝土结构构件应根据其使用功能及外观要求，按下列规定进行正常使用极限状态的验算：

1. 对需要控制变形的构件，应进行变形验算；
2. 对不允许出现裂缝的构件，应进行混凝土拉应力验算；
3. 对允许出现裂缝的构件，应进行受力裂缝宽度验算；
4. 对舒适度有要求的楼盖结构，应进行竖向自振频率验算。

对于正常使用极限状态的钢筋混凝土构件，应按荷载的准永久组合并考虑长期作用的影响，采用下列极限状态设计表达式进行验算：

$$S \leq C \quad (2-12)$$

式中 S ——正常使用极限状态荷载组合效应的设计值；

C ——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、应力、裂缝宽度和自振频率等的限值。

钢筋混凝土受弯构件的最大挠度应按荷载的准永久组合，并应考虑荷载的长期作用的影响进行计算，其计算值不应超过表 2-2 规定的挠度限值。

受弯构件的挠度限值

表 2-2

构件类型		挠度限值
吊车梁	手动吊车	$l_0/500$
	电动吊车	$l_0/600$
屋盖、楼盖 及楼梯构件	当 $l_0 < 7\text{m}$ 时	$l_0/200$ ($l_0/250$)
	当 $7\text{m} \leq l_0 \leq 9\text{m}$ 时	$l_0/250$ ($l_0/300$)
	当 $l_0 > 9\text{m}$ 时	$l_0/300$ ($l_0/400$)

- 注：1. 表中 l_0 为构件的计算跨度；计算悬臂构件的挠度限值时，其计算跨度 l_0 按实际悬臂长度的 2 倍取用；
 2. 表中括号内的数值适用于使用上对挠度有较高要求的构件；
 3. 如果构件制作时预先起拱，且使用上也允许，则在验算挠度时，可将计算所得的挠度值减去起拱值；对预应力混凝土构件，尚可减去预加力所产生的反拱值；
 4. 构件制作时的起拱值和预加力所产生的反拱值，不宜超过构件在相应荷载组合作用下的计算挠度值。

结构构件正截面的受力裂缝控制等级分为三级。裂缝控制等级的划分及要求应符合下列规定：

一级——严格要求不出现裂缝的构件。按荷载标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土不应产生拉应力；

二级——一般要求不出现裂缝的构件。按荷载标准组合计算时，构件受拉边缘混凝土拉应力不应大于混凝土抗拉强度的标准值；

三级——允许出现裂缝的构件。对钢筋混凝土构件，按荷载准永久组合并考虑长期作用影响计算时，构件的最大裂缝宽度不应超过表 2-3 规定的最大裂缝宽度限值。

结构构件应根据结构类型和环境类别，按表 2-3 的规定选用不同的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值 w_{lim} 。

钢筋混凝土结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度的限值

表 2-3

环境类别	钢筋混凝土结构	
	裂缝控制等级	w_{lim} (mm)
一	三级	0.30 (0.40)
二 a		0.20
二 b		
三 a、三 b		

- 注：1. 对处于年平均相对湿度小于 60% 地区一类环境下的受弯构件，其最大裂缝宽度限值可采用括号内的数值；
 2. 在一类环境下，对钢筋混凝土屋架、托架及需作疲劳验算的吊车梁，其最大裂缝宽度限值应取为 0.20mm；对钢筋混凝土屋面梁和托梁，其最大裂缝宽度限值应取为 0.30mm；
 3. 对于烟囱、筒仓和处于液体压力下的结构，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定；
 4. 对于处于四、五类环境下的结构构件，其裂缝控制要求应符合专门标准的有关规定；
 5. 表中最大裂缝限值为用于验算荷载作用引起的最大裂缝宽度。

第3章 RCM软件的功能和使用方法

RCM (Reinforcement Concrete Members) 是在微机上使用的钢筋混凝土构件设计软件, 编制的主要依据为国家现行有关标准: 《混凝土结构设计规范》GB 50010—2010^[1]、《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010^[2] (GB 50010—2002^[4]关于细长柱的内容)、《高层建筑混凝土结构技术规程》JGJ 3—2010^[3], 并参照了部分国外规范或设计手册的内容。

RCM 软件具有以下功能:

1. 矩形、T形截面梁, 板, 深受弯构件正截面受弯和斜截面受剪承载力配筋计算。
2. 圆形截面柱 (包括细长柱) 和边长不大于 1400mm 的钢筋混凝土矩形截面柱 (包括细长柱) 双向或单向偏心受压、受拉或轴心受压的配筋计算。
3. 柱的斜向受剪承载力配筋计算。
4. 纤维法计算柱 $N-M$ 曲线。
5. 按梁及侧边楼板实配钢筋计算柱的纵向钢筋和横向钢筋。
6. 矩形、圆形截面柱框架节点受剪承载力计算。包括 9 度地震设防和一级抗震等级框架结构按梁实配钢筋和材料强度标准值计算框架节点配筋。
7. 矩形、T形纯扭、压 (拉) 剪扭、压弯剪扭构件配筋计算。
8. 基础、板、板柱节点冲切计算。
9. 剪力墙及连梁配筋计算。
10. 构件裂缝和挠度验算。

对以上所列功能均有理论公式介绍、例题手工演算和 RCM 软件操作及其结果与手算结果对比。

软件采用国际单位制: $kN \cdot m$ 制。配筋输出文件中, 给出柱中所配纵向受力钢筋的直径 (mm)、根数及钢筋截面面积 (mm^2); 加密和非加密区箍筋直径 (mm) 和间距 (mm)。在配筋简图上, 给出纵向受力钢筋位置。

RCM 可在 Windows7 (32 位、64 位)、WinVista、WindowsXP、Windows2000 操作系统上运行。

大量算例与手算或其他文献算例计算结果比较, 表明软件计算结果可靠。

我们在网站 <http://www.kingofjudge.com> 上不定期地发布 RCM 的新版本, 请用户及时到该网站下载。解压缩后将得到运行文件 `rcm.exe`。第一次运行前先在 D 盘建立 `D:\rcmproj` 子目录。可点击 RCM 图标运行该文件, 或将其保存于某文件夹 (例如 `D:\rcmproj`) 后将其图标拉至“桌面”运行。

用鼠标双击 RCM 软件图标, 即出现 RCM 主菜单 (图 3-1), 点取各菜单项可完成相应的工作。

图 3-1 主菜单 (一级菜单) 各菜单项有些只有二级菜单, 有些有三级菜单。只有二级菜单的, 二级菜单如图 3-2 所示。用鼠标点击“输入及计算”即可进入相应计算功能的对