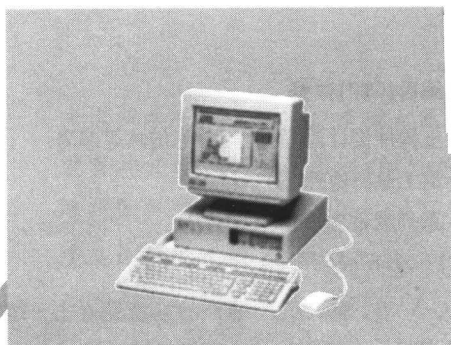


PKPM系列软件应用指南丛书

钢筋混凝土构件 设计原理及算例

陈岱林 金新阳 张志宏 编著
李明顺 审

中国建筑工业出版社



PKPM系列软件应用指南丛书

钢筋混凝土构件 设计原理及算例

陈岱林 金新阳 张志宏 编著
李明顺 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢筋混凝土构件设计原理及算例/陈岱林等编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

(PKPM 系列软件应用指南丛书)

ISBN 7-112-07787-7

I. 钢... II. 陈... III. ①钢筋混凝土—结构设计②钢筋混凝土—结构设计: 计算机辅助设计—应用软件 IV. TU375.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 113172 号

PKPM 系列软件应用指南丛书

钢筋混凝土构件设计原理及算例

陈岱林 金新阳 张志宏 编著

李明顺 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天城排版公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/32 印张: 8¼ 字数: 230 千字

2005 年 11 月第一版 2005 年 11 月第一次印刷

印数: 1—8,000 册 定价: 30.00 元

ISBN 7-112-07787-7

(13741)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书全面讲解钢筋混凝土构件设计原理，内容涉及《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)及《人民防空地下室设计规范》(GB 50038—94)(2003年版)。为了深入理解和掌握构件设计原理，并在结构设计中合理地使用CAD软件输出的构件设计计算结果，书中有针对性地设计了几十个例题，每个例题除了给出详细的求解过程外，还列出了PKPM CAD系统GJ程序的计算结果，以便手算、程序相互验证。

本书适用于PKPM用户、结构设计和审图人员阅读参考，也可作为高等院校土木工程专业师生的参考书，还可作为注册结构工程师专业考试的复习用书。

* * *

责任编辑：咸大庆 王 梅

责任设计：赵 力

责任校对：关 健 刘 梅

《钢筋混凝土构件设计原理及算例》

编委会名单

主 编 陈岱林

副主编 金新阳 张志宏

成 员 陈岱林 金新阳 张志宏 刘建永

边保林 秦 东 张志远 邵 弘

黄吉锋 顾维平 范美玲 朱春明

任卫教

前言

本书旨在全面介绍钢筋混凝土构件设计原理,以便广大结构设计人员和 PKPM 软件用户深入理解和掌握新规范,并在结构设计中正确合理地使用 CAD 软件输出的构件设计计算结果。

在 PKPM CAD 系统中,除了结构基本构件辅助设计软件——GJ 具有钢筋混凝土构件设计功能外,所有涉及钢筋混凝土结构、钢-混凝土混合结构和底部框架-抗震墙上部砌体房屋的分析与设计软件均有钢筋混凝土构件设计功能。在 PKPM CAD 系统 2002 新规范版编制中,钢筋混凝土构件设计除了全面反映《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)内容外,还融合了《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002)、《人民防空地下室设计规范》(GB 50038—94)(2003 年版)等标准中有关混凝土构件设计的内容。

书中有针对性地设计了几十个例题,每个例题除了给出详细的求解过程外,还列出了 GJ 程序的计算结果,以便手算、程序相互验证。

本书按构件类型及计算内容编排,第一章首先介绍钢筋混凝土构件设计的基本规定,以后各章分别介绍梁设计、柱设计、框架梁柱节点设计、剪力墙设计、板设计、正常使用极限状态验算及叠合式受弯梁设计等内容。

本书可作为结构设计人员应用 PKPM 结构 CAD 软件的参考手册,也可作为结构工程师和土木工程专业师生熟悉和掌握新规

范的参考书。

承蒙中国建筑科学研究院李明顺研究员在百忙中拨冗对本书进行了认真审阅，作者在此表示由衷的谢意。

由于作者水平有限，不妥之处恳请读者和同行专家批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 钢筋混凝土构件设计的基本规定	1
1.1 采用的规范、标准	1
1.2 极限状态设计表达式	1
1.2.1 非抗震设计承载力极限状态设计表达式	1
1.2.2 正常使用极限状态设计表达式	2
1.3 材料	2
1.3.1 混凝土	2
1.3.2 钢筋	4
1.4 正截面承载力计算的一般规定	5
1.4.1 正截面承载力计算基本假定	5
1.4.2 混凝土受压区等效矩形应力图	7
1.4.3 相对界限受压区高度 ξ_b	7
1.5 结构的环境类别与钢筋保护层最小厚度	8
1.5.1 环境类别	8
1.5.2 钢筋保护层最小厚度	9
1.6 结构构件抗震设计的一般规定	9
1.6.1 材料	9
1.6.2 承载力极限状态设计表达式	10
1.6.3 地震作用组合内力调整	10
1.7 防空地下室结构设计的一般规定	11
1.7.1 承载力极限状态设计表达式	11

1.7.2 材料指标调整	11
1.7.3 延性比控制	12
第2章 梁设计	13
2.1 梁正截面设计	13
2.1.1 正截面承载力计算	13
2.1.2 截面有效高度取值	18
2.1.3 单筋截面与双筋截面	19
2.1.4 双筋截面最大承载力控制	19
2.1.5 框架梁梁端截面抗震要求	20
2.1.6 防空地下室结构中受弯梁的延性比控制	20
2.1.7 梁纵向钢筋的最小配筋率和最大配筋率	21
2.2 梁正截面承载力计算例题	23
2.3 梁斜截面及扭曲截面设计	45
2.3.1 梁斜截面设计	45
2.3.2 梁扭曲截面设计	50
2.3.3 梁箍筋和抗扭纵筋的构造规定	57
2.3.4 斜截面承载力计算与扭曲截面承载力计算配筋 结果应用要点	61
2.4 梁斜截面与扭曲截面承载力计算例题	63
第3章 柱设计	81
3.1 柱正截面设计	81
3.1.1 柱的计算长度、偏心受压柱的附加偏心距	81
3.1.2 考虑二阶效应的两种方法	84
3.1.3 轴心受压柱正截面承载力计算	85
3.1.4 单向偏心受压柱正截面承载力计算	86

3.1.5	单向偏心受拉柱正截面承载力计算	89
3.1.6	双向偏心受力柱正截面承载力计算	90
3.1.7	柱子配筋结果应用要点及单向偏心受力与 双向偏心受力配筋方法选择	101
3.1.8	柱抗震设计轴压比限值	104
3.1.9	防空地下室结构中大偏心受压柱的延性比控制	105
3.1.10	柱纵向钢筋构造规定	105
3.2	柱正截面承载力计算例题	107
3.3	柱斜截面设计	139
3.3.1	截面尺寸条件	139
3.3.2	按构造配筋的条件	141
3.3.3	斜截面受剪承载力计算	141
3.3.4	异形截面柱计算方法	143
3.3.5	柱箍筋构造规定	143
3.4	柱斜截面设计例题	147
第4章	框架梁柱节点设计	156
4.1	梁柱节点非抗震设计	156
4.1.1	框架顶层端节点处梁上部纵向钢筋数量限制	156
4.1.2	框架梁柱节点的配箍要求	156
4.2	梁柱节点抗震设计	157
4.2.1	一般框架梁柱节点	157
4.2.2	扁梁框架梁柱节点	159
4.2.3	圆柱框架梁柱节点	161
4.2.4	节点核心区箍筋及贯穿节点梁纵筋的构造规定	162
4.3	框架梁柱节点计算例题	163

第 5 章 剪力墙设计	169
5.1 剪力墙正截面承载力计算	169
5.1.1 偏心受压剪力墙正截面承载力计算	169
5.1.2 偏心受拉剪力墙正截面承载力计算	171
5.2 剪力墙斜截面承载力计算	171
5.2.1 截面尺寸条件	171
5.2.2 偏心受压剪力墙斜截面受剪承载力计算	172
5.2.3 偏心受拉剪力墙斜截面受剪承载力计算	173
5.3 连梁计算	174
5.3.1 正截面承载力计算	174
5.3.2 斜截面承载力计算	174
5.4 剪力墙设计构造要求与剪力墙正截面计算配筋 结果的合理应用	175
5.4.1 底部加强部位高度	175
5.4.2 水平和竖向分布钢筋构造	175
5.4.3 墙肢轴压比限值	176
5.4.4 墙肢端部构造	176
5.4.5 边缘构件纵筋配置与剪力墙正截面计算配筋 结果的合理应用	179
5.4.6 连梁构造	181
5.5 剪力墙截面设计例题	181
5.6 连梁截面设计例题	192
第 6 章 板设计	195
6.1 板正截面与斜截面设计	195
6.1.1 正截面受弯承载力计算	195
6.1.2 斜截面受剪承载力验算	195

6.2	板正截面与斜截面承载力计算例题	196
6.3	板受冲切承载力计算	198
6.3.1	无抗冲切钢筋时,板受冲切承载力验算	198
6.3.2	配置抗冲切钢筋时,板受冲切承载力计算	200
6.3.3	板柱结构存在不平衡弯矩节点的 等效集中反力设计值 $F_{l,eq}$	201
6.4	板受冲切承载力计算例题	205
第7章	正常使用极限状态验算	216
7.1	裂缝宽度验算	216
7.1.1	构件受拉区纵向钢筋应力 σ_{sk}	216
7.1.2	构件最大裂缝宽度 w_{max}	217
7.1.3	构件裂缝宽度验算条件	219
7.2	裂缝宽度计算例题	219
7.3	受弯构件挠度计算	225
7.3.1	受弯构件短期刚度 B_s	225
7.3.2	受弯构件刚度	226
7.3.3	受弯构件挠度验算	227
7.4	挠度计算例题	228
第8章	叠合式受弯梁设计	230
8.1	施工阶段设有可靠支撑的叠合式受弯梁	230
8.1.1	正截面承载力计算	230
8.1.2	斜截面及叠合面受剪承载力计算	230
8.2	施工阶段不加支撑的叠合式受弯梁	232
8.2.1	正截面承载力计算	233
8.2.2	斜截面及叠合面受剪承载力计算	233

8.2.3 纵向受拉钢筋应力验算	234
8.2.4 裂缝宽度验算	235
8.2.5 挠度验算	236
8.3 叠合式受弯梁构造要求	237
8.4 叠合式受弯梁计算例题	238
参考文献	252

第1章 钢筋混凝土构件设计的基本规定

1.1 采用的规范、标准

钢筋混凝土结构构件设计遵守国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)、《建筑结构荷载规范》(GB 5000—2001)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001),高层建筑结构构件设计遵守行业标准《高层建筑混凝土结构技术规程》(JGJ 3—2002 J 186—2002),防空地下室结构构件设计遵守国家标准《人民防空地下室设计规范》(GB 50038—94 2003年版)。

1.2 极限状态设计表达式

1.2.1 非抗震设计承载力极限状态设计表达式

对于非抗震设计承载力极限状态,结构构件应按荷载效应的基本组合或偶然组合,采用下列极限状态设计表达式:

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

式中 γ_0 ——结构重要性系数:对安全等级为一级或设计使用年限为100年及以上的结构构件,不应小于1.1;对安全等级为二级或设计使用年限为50年的结构构件,不应小于1.0;对安全等级为三级或设计使用

年限为 5 年及以下的结构构件，不应小于 0.9；

S——承载能力极限状态的荷载效应组合的设计值，按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)的规定进行计算；

R——结构构件的承载力设计值，是以混凝土强度设计值、钢筋强度设计值和几何参数为变量的函数。

1.2.2 正常使用极限状态设计表达式

对于正常使用极限状态，结构构件应分别按荷载效应的标准组合、准永久组合或标准组合并考虑长期作用影响，采用下列极限状态设计表达式：

$$S \leq C \quad (1-2)$$

式中 S——正常使用极限状态的荷载效应组合值；

C——结构构件达到正常使用要求所规定的变形、裂缝宽度或应力等的限值。

荷载效应的标准组合和准永久组合应按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)的规定计算。

1.3 材 料

1.3.1 混凝土

混凝土强度等级按立方体抗压强度标准值确定。混凝土强度等级应不低于 C15；当采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋时，混凝土强度等级不得低于 C20；当采用 HRB335 级钢筋时，混凝土强度等级不宜低于 C20。在一些以受压为主的构件中，采用较高强度等级的混凝土材料，可取得较好的经济效益^[1]。

在 PKPM 软件中，混凝土强度等级取值范围为 C15～C80，

除常用强度等级外,还可取 C15~C80 中间的任意值,如 C18、C22 等。

(1) 混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度标准值

混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度标准值 f_{ck} 、 f_{tk} 应按下列公式计算,其中 $f_{cu,k}$ 以混凝土强度等级值(按 N/mm^2 计)代入:

$$f_{ck} = 0.88\alpha_{cl}\alpha_{c2}f_{cu,k} \quad (1-3)$$

$$f_{tk} = 0.88 \times 0.395 f_{cu,k}^{0.55} (1 - 1.645\delta)^{0.45} \times \alpha_{c2} \quad (1-4)$$

式中 α_{cl} ——棱柱强度与立方强度之比值,对 C50 及以下取 $\alpha_{cl} = 0.76$,对 C80 取 $\alpha_{cl} = 0.82$,中间按线性规律变化;

α_{c2} ——脆性折减系数,对 C40 及以下取 $\alpha_{c2} = 1.0$,对 C80 取 $\alpha_{c2} = 0.87$,中间按线性规律变化;

δ ——混凝土立方强度变异系数,按表 1-1 采用。

混凝土立方体强度变异系数

表 1-1

$f_{cu,k}$	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60~C80
δ	0.21	0.18	0.16	0.14	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.10

常用强度等级混凝土的轴心抗压、轴心抗拉强度标准值 f_{ck} 、 f_{tk} 可按表 1-2 采用。

混凝土强度标准值(N/mm^2)

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_{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
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

(2) 混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度设计值

混凝土轴心抗压、轴心抗拉强度设计值 f_c 、 f_t 应按下列公式计算:

$$f_c = f_{ck} / \gamma_c = f_{ck} / 1.4 \quad (1-5)$$

$$f_t = f_{tk} / \gamma_c = f_{tk} / 1.4 \quad (1-6)$$

常用强度等级混凝土的轴心抗压、轴心抗拉强度设计值 f_c 、 f_t 可按表 1-3 采用。

混凝土强度设计值(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
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

注：计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于 300mm，则表中混凝土的强度设计值应乘以系数 0.8；当构件质量确有保证时，可不受此限制。

(3) 混凝土受压或受拉的弹性模量

混凝土受压或受拉的弹性模量 E_c (以 N/mm² 计) 应按下式计算：

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + \frac{34.7}{f_{cu,k}}} \quad (1-7)$$

式中 $f_{cu,k}$ 以混凝土强度等级值 (以 N/mm² 计) 代入。

常用强度等级混凝土受压或受拉的弹性模量 E_c 可按表 1-4 采用。

混凝土弹性模量(×10⁴N/mm²) 表 1-4

混凝土强度等级	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

1.3.2 钢筋

钢筋混凝土结构的钢筋宜优先采用 HRB400 级和 HRB335 级