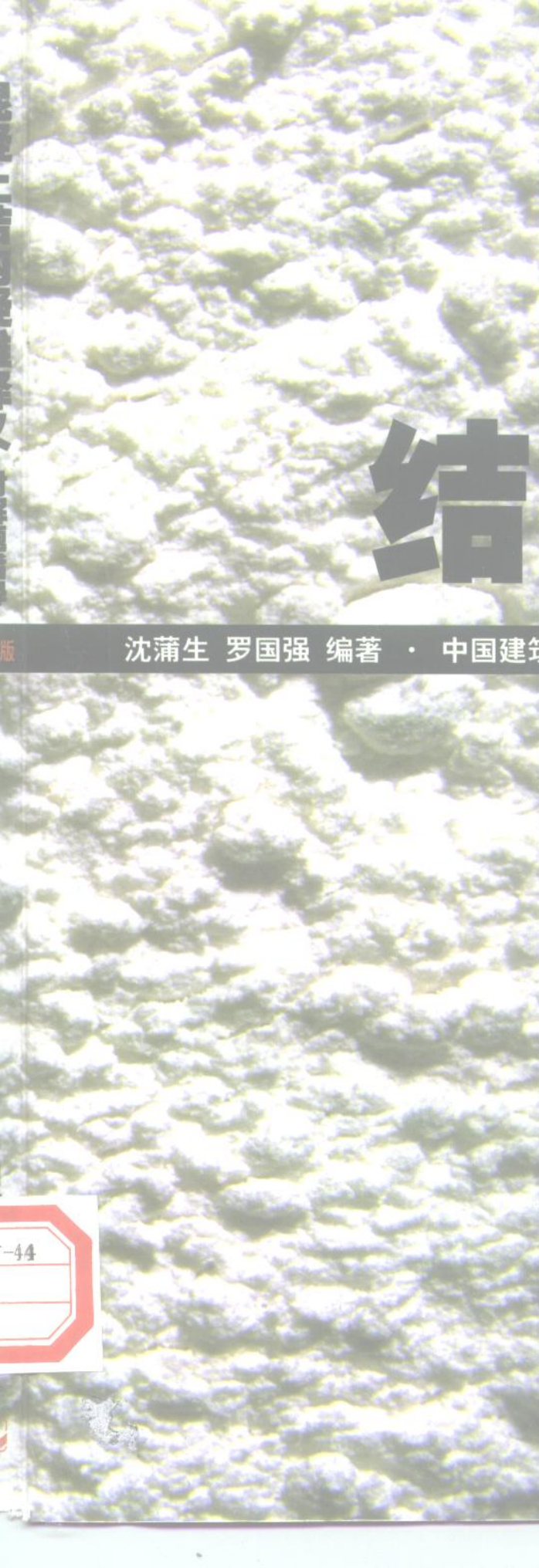




混

凝土

结构

沈蒲生 罗国强 编著 · 中国建筑工业出版社

**疑难
释义**

附解题指导

第二版



415799

混凝土结构疑难释义

附解题指导

(第二版)



00415799

中国建筑工业出版社

(京) 新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构疑难释义: 附解题指导/沈蒲生, 罗国强编
著. —2 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 1997
ISBN 7-112-03275-X

I. 混… I. ①沈… ②罗… III. 混凝土结构-解题
IV. TU37-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 08077 号

本书系配合混凝土结构教学及掌握应用《混凝土结构设计规范》和处理、解决工程技术问题的一本著作。全书分为疑难释义和解题指导两部分。“疑难释义”对混凝土结构中近百个问题结合规范,从基本概念和基本理论上进行释义。“解题指导”则精选各种类型有代表性的计算题,采取边解边议形式,指导其解题思路及解题技巧。

本书可作为大中专院校师生教学辅助用书,亦可作为土建工程技术人员学习和使用《混凝土结构设计规范》的参考书,也可作为注册结构工程师混凝土结构考试的复习用书。

* * *

责任编辑 郭 栋
责任设计 庞 玮
责任校对 王 莉

混凝土结构疑难释义
附解题指导
(第二版)

沈蒲生 罗国强 编著

*

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

中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21½ 字数: 520 千字

1998 年 9 月第二版 1998 年 9 月第一次印刷

印数: 1—2,500 册 定价: 28.00 元

ISBN 7-112-03275-X
TU·2517 (8418)

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

混凝土结构问世已有 100 多年的历史，与其他几种建筑结构相比较为年轻，但发展速度却很快，并且已经成为当今世界各国的主导建筑结构。

在这本书里，我们就混凝土结构的一些基本理论与方法，采用一问一答的方式进行阐述。全书分两部分。第一部分的内容介绍概述、材料、设计方法、钢筋混凝土构件承载力极限状态、正常使用极限状态验算、预应力混凝土结构、梁板结构设计、单层工业厂房结构设计、多层框架结构设计的理论与方法。第二部分为解题指导，给出了许多混凝土结构和构件的设计计算例题，并且对这些例题的求解方法作了说明。本书的概述、材料、设计方法、钢筋混凝土构件承载力极限状态及有关例题和解题指导由沈蒲生撰写。正常使用极限状态验算、预应力混凝土结构、梁板结构设计、单层工业厂房结构设计、多层框架结构设计及有关例题和解题指导由罗国强撰写。

本书讨论的范围较广，对一些问题讨论得较深。可以作为建筑工程专业师生的教学参考书籍和土建工程技术人员以及研究工作者了解混凝土结构基本理论与方法的参考资料，也可以作为报考注册结构工程师时混凝土结构考试的复习资料。

本书 1992 年由武汉工业大学出版社出版。由于出版合同期满，经征得该出版社同意后，改由中国建筑工业出版社出版。谨向武汉工业大学出版社表示衷心的感谢。在送交中国建筑工业出版社出版之前，我们对原书作了较大的补充与修订，希望本书能够对读者在了解混凝土结构的基本理论与方法方面有较大的帮助。

由于我们的水平所限，书中错误之处，欢迎批评指正。

目 录

第一部分 疑难释义

1. 概述	2
1.1 什么是混凝土结构?	2
1.2 什么是素混凝土结构?	2
1.3 什么是钢筋混凝土结构?	2
1.4 什么是劲性钢筋混凝土结构?	2
1.5 什么是预应力混凝土结构?	4
1.6 在素混凝土结构中配置一定型式和数量的钢材以后, 结构的性能将发生什么样的变化?	5
1.7 钢筋和混凝土为什么能共同工作?	6
1.8 钢筋混凝土结构有哪些主要的优、缺点?	6
1.9 混凝土结构是何时出现的?	7
1.10 近 30 年来混凝土结构的发展情况如何?	7
1.11 为什么说混凝土结构已经成为世界各国占主导地位的结构?	8
1.12 我国工程结构设计的通用符号是根据什么标准确定的?	9
1.13 混凝土结构通用符号的构成规则有哪些?	9
1.14 混凝土结构采用哪些常用的通用符号?	9
1.15 混凝土结构采用什么样的计量单位?	11
1.16 习用的非法定计量单位与法定计量单位如何换算?	11
1.17 原计量单位中 $30\text{t}/\text{m}^2$ 的地耐力, 换算成新的计量单位后, 地耐力为多少 N/mm^2 ?	12
1.18 在学习混凝土结构课程时应该注意哪些问题?	12
2. 材料	14
2.1 混凝土在构造上有什么特点?	14
2.2 我国的《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89) 是如何确定混凝土的强度等级的?	14
2.3 为什么采用混凝土立方体抗压强度作为划分混凝土等级的主要标准?	15
2.4 我国的混凝土结构设计规范将混凝土的强度划分为多少等级? 设计时如何选用它们?	15
2.5 国际上有哪些常用的确定混凝土强度等级的方法?	16
2.6 如何将非标准尺寸混凝土试块的抗压强度换算成标准尺寸混凝土试块的抗压强度?	16
2.7 混凝土的强度等级与原规范规定的混凝土标号有什么关系?	16
2.8 混凝土标号与混凝土强度等级之间如何进行换算?	17
2.9 混凝土各种强度标准值与混凝土立方体抗压强度标准值有何关系?	19
2.10 确定混凝土轴心抗压强度时为什么要求棱柱体试件的高宽比不小于 3?	21
2.11 影响混凝土强度的主要因素有哪些?	21
2.12 混凝土材料的本构方程是怎样的?	23
2.13 混凝土的强度等级改变时其应力-应变关系将发生什么变化?	24

2.14	混凝土在重复荷载下的应力-应变关系如何？	25
2.15	如何确定混凝土的弹性模量？	26
2.16	混凝土的波桑系数为多少？	27
2.17	何谓徐变？影响混凝土徐变的主要因素有哪些？	27
2.18	轴心受压构件中混凝土徐变将导致钢筋应力增大还是减小？	29
2.19	何谓收缩？混凝土的收缩是由哪两部分因素组成的？	30
2.20	收缩对混凝土结构构件可能造成什么样的不利影响？	31
2.21	建筑用钢筋有哪些种类？	31
2.22	为什么要对热轧钢筋进行冷拉？	32
2.23	钢筋是如何进行冷拉的？	32
2.24	什么是冷拉时效？影响冷拉时效的主要因素是什么？	33
2.25	使用冷拉钢筋时需要注意什么问题？	33
2.26	钢筋是如何进行冷拔的？影响冷拔钢丝力学性能的主要因素有哪些？	34
2.27	冷拔钢丝如何分级？不同级别的冷拔钢丝各适合做什么钢筋？	35
2.28	冷轧带肋钢筋是怎样制作而成的？	35
2.29	冷轧带肋钢筋是如何分级的？不同级别的冷轧带肋钢筋各适用于什么情况？	36
2.30	钢筋的伸长率是如何测定的？	37
2.31	钢筋的冷弯性能是如何测定的？	37
2.32	建筑结构对建筑用钢的基本要求是什么？	38
2.33	设计时如何选用钢筋？	38
2.34	钢筋为什么要锚固？钢筋的锚固长度是怎样确定的？	39
2.35	我国混凝土结构设计规范规定的钢筋锚固长度是多少？	40
2.36	如何增强钢筋与混凝土的粘结锚固能力？	41
2.37	一个钢筋弯钩增加的钢筋长度是多少？	41
2.38	混凝土碳化对钢筋有什么影响？	42
2.39	我国混凝土结构设计规范规定的混凝土保护层厚度为多少？	43
3.	设计方法	44
3.1	什么是结构？	44
3.2	什么是结构上的作用？	44
3.3	什么是结构的“设计基准期”？我国的结构设计基准期规定的年限为多长？	44
3.4	结构上的作用如何分类？	44
3.5	什么是作用效应？	45
3.6	什么是结构抗力？	45
3.7	为什么说结构上的作用、作用效应和结构抗力都具有随机性质？	46
3.8	正态分布曲线有哪些特点？	47
3.9	正态分布有哪三个特征值？写出它们的计算式，并对其中符号的意义进行解释。	47
3.10	什么是正态分布的保证率？	48
3.11	若 x_1 和 x_2 为两个相互独立的随机变量，且 $Z=x_1 \pm x_2$ ，求随机变量 z 的平均值、标准差和变异系数。	49
3.12	什么是结构的可靠度？结构的可靠度与结构的可靠性之间有什么关系？	49
3.13	什么情况下为结构可靠？什么情况下为结构失效？	50
3.14	结构的可靠概率与结构的失效概率有什么关系？	50
3.15	我国《建筑结构设计统一标准》对一般性工业与民用建筑规定的失效概率为多少？	51

3.16	结构设计基准期是否等于结构的使用寿命？	51
3.17	什么是结构的可靠指标？	51
3.18	结构的可靠指标与结构的失效概率有什么关系？	51
3.19	如何计算结构的可靠指标？	52
3.20	我国各种结构构件设计可靠指标 β 值是如何确定的？	55
3.21	如何划分结构的安全等级？	58
3.22	结构的安全等级与结构的可靠指标之间有什么关系？	58
3.23	同一建筑物内各种结构构件的安全等级是否要相同？	58
3.24	材料的强度标准值根据什么原则确定的？	59
3.25	钢筋的强度标准值是如何确定的？	59
3.26	混凝土的强度标准值是如何确定的？	60
3.27	如何确定钢筋的强度分项系数？	61
3.28	材料的强度设计值与强度标准值有什么关系？	62
3.29	混凝土的弯曲抗压强度是材料的实际强度指标吗？它是如何确定的？	64
3.30	荷载如何分类？	64
3.31	什么是永久荷载的代表值？	65
3.32	可变荷载有哪些代表值？进行结构设计时如何选用这些代表值？	65
3.33	《建筑结构荷载规范》(GBJ 9—87) 中关于荷载标准值是如何确定的？	67
3.34	为什么要引入荷载分项系数？如何选用荷载分项系数值？	69
3.35	荷载分项系数是如何确定的？	69
3.36	荷载设计值与荷载标准值有什么关系？	70
3.37	我国的混凝土结构采用什么设计方法进行设计？	70
3.38	什么状态为结构的极限状态？	71
3.39	如何划分结构的极限状态？	71
3.40	按现行的设计方法进行混凝土结构设计时，需要作哪些计算与验算？	72
3.41	写出按承载力极限状态进行设计计算的一般公式，并对公式中符号的物理意义进行解释。	73
3.42	结构构件的重要性系数如何取值？	73
3.43	写出荷载效应基本组合设计值的一般计算公式，并对式中符号的物理意义进行解释。	73
3.44	荷载组合值系数是怎样确定的？	74
3.45	写出结构构件截面承载力计算的一般公式，并对式中符号的物理意义进行解释。	76
3.46	结构实际尺寸与设计尺寸之间的误差有多大？	76
3.47	进行变形和裂缝验算时，为什么要进行荷载的短期效应组合和荷载的长期效应组合计算？如何计算？	76
3.48	写出变形验算的一般公式，并对公式中符号的物理意义进行解释。	77
3.49	裂缝控制如何分级？对于每种控制等级的裂缝或截面应力有什么要求？	78
3.50	《规范》关于裂缝控制方法与原《规范》有何不同？	80
3.51	我国混凝土结构设计方法是怎样演变的？	81
3.52	各类结构采用概率极限状态设计法设计有什么好处？	84
3.53	《规范》是如何处理原《规范》的附加安全系数的？	85
3.54	按《规范》设计的构件可靠度和国外相比情况如何？	86
3.55	《规范》设计的构件在材料用量方面与原《规范》相比的情况如何？	87

4. 钢筋混凝土构件承载力极限状态计算	88
4.1 进行正截面承载力计算时引入了哪些基本假设?	88
4.2 配筋率对受弯构件的破坏特征有什么影响?	89
4.3 适筋受弯构件从加载到破坏截面受力状况可以分成几个阶段?	90
4.4 如何将受压区混凝土的应力图换算成等效的矩形应力图?	91
4.5 什么是单筋截面? 什么是双筋截面?	93
4.6 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力的基本计算公式是如何建立的?	94
4.7 如何防止将受弯构件设计成少筋构件和超筋构件?	95
4.8 适筋受弯构件和超筋受弯构件的界限相对受压区高度 ξ_b 是如何确定的?	96
4.9 如何制作单筋矩形截面受弯构件正截面承载力的计算表格?	97
4.10 如何计算单筋矩形截面超筋受弯构件正截面的承载力?	101
4.11 怎样确定梁和板的计算跨度 l_0 ?	102
4.12 什么情况下才采用双筋截面受弯构件?	103
4.13 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力如何计算?	104
4.14 双筋矩形截面正截面承载力计算中为什么要引入 $x \geq 2a'_s$ 的适用条件?	104
4.15 进行双筋矩形截面的截面设计时取 $x = \xi_b h_0$ 会使纵向钢筋的总用钢量为最小吗?	105
4.16 T形截面如何分类? 怎样判别第一类 T形截面和第二类 T形截面?	107
4.17 怎样计算第一类 T形截面正截面的承载力?	107
4.18 怎样计算第二类 T形截面正截面的承载力?	108
4.19 怎样确定 T形截面受压区的有效翼缘宽度?	108
4.20 实际工程结构中有理想的轴心受压构件吗?	109
4.21 如何根据长细比对柱进行分类?	110
4.22 怎样计算配有箍筋或在纵向钢筋上焊有横向钢筋的轴心受压构件正截面承载力?	110
4.23 怎样计算配置螺旋式间接钢筋的钢筋混凝土轴心受压构件正截面承载力?	112
4.24 如何确定轴心受压和偏心受压柱的计算长度?	113
4.25 轴心受压长柱的稳定系数 φ 是如何确定的?	114
4.26 偏心受压构件如何分类?	115
4.27 怎样判别大、小偏心受压构件?	116
4.28 非对称配筋矩形截面第一种偏心受压构件正截面承载力如何计算?	117
4.29 非对称配筋矩形截面第二种偏心受压构件正截面承载力如何计算?	118
4.30 对称配筋矩形截面偏心受压构件大小偏心受压情况如何判别?	120
4.31 对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面承载力如何计算?	120
4.32 《规范》如何简化对称配筋矩形截面钢筋混凝土小偏心受压构件正 截面承载力计算的?	123
4.33 怎样制作对称配筋矩形截面钢筋混凝土偏心受压构件正截面承载力计算图表?	124
4.34 偏心距增大系数 η 是如何推导的?	128
4.35 为什么要引入附加偏心距 e_a ?	130
4.36 为什么采用 $\eta e_i = 0.3h_0$ 来判别大、小偏心受压构件只是一个近似公式?	131
4.37 如何计算环形截面偏心受压构件正截面承载力?	133
4.38 如何计算圆形截面偏心受压构件正截面承载力?	137
4.39 如何计算均匀配筋及配置工字形型钢偏心受压构件的正截面承载力?	139
4.40 怎样计算双向偏心受压构件的正截面承载力?	142
4.41 怎样计算轴心受拉构件的正截面承载力?	148

4.42	怎样判别偏心受拉构件所属类型?	148
4.43	怎样计算小偏心受拉构件的正截面承载力?	149
4.44	怎样计算大偏心受拉构件的正截面承载力?	150
4.45	受弯构件斜截面有哪几种主要破坏形态?	152
4.46	防止斜截面破坏的承载力条件是什么?	153
4.47	怎样计算矩形、T形和工字形截面受弯构件斜截面抗剪承载力?	153
4.48	梁在什么情况下才可以采用集中荷载作用下的斜截面抗剪承载力计算公式?	155
4.49	如何防止斜拉破坏和斜压破坏?	156
4.50	什么情况下可以按构造要求配置箍筋?	157
4.51	为了防止斜压破坏,对截面尺寸进行验算后,还需要验算最大配箍率吗?	158
4.52	当 $V > 0.07f_c b h_0$ 时,为了防止斜拉破坏,满足了最小配箍率要求后为什么还要求满足箍筋的最小尺寸和最大间距构造要求?	159
4.53	保证斜截面抗弯能力的构造措施是什么?	160
4.54	承受横向力的矩形截面钢筋混凝土偏心受压和偏心受拉构件斜截面承载力如何计算?	161
4.55	什么是抗扭计算的变角空间桁架理论?	162
4.56	素混凝土纯扭构件截面承载力如何计算?	162
4.57	采用什么钢筋抵抗扭矩?	164
4.58	抗扭钢筋配筋率对受扭构件受力性能有什么影响?	165
4.59	钢筋混凝土纯扭构件截面承载力如何计算?	167
4.60	剪扭构件中截面的抗剪能力和抗扭能力之间存在什么关系?《规范》是怎样简化这种关系的?	169
4.61	剪扭构件截面承载力如何计算?	170
4.62	矩形截面弯扭构件截面承载力如何计算?	171
4.63	矩形截面弯剪扭构件截面承载力如何计算?	173
4.64	怎样计算T形和工字形截面弯剪扭构件的承载力?	173
4.65	为什么要对抗扭纵筋和箍筋的配筋强度比 ζ 限制一定的范围?	174
4.66	受扭构件必须满足哪些构造要求?	174
4.67	不配抗冲切钢筋的钢筋混凝土板的受冲切承载力公式怎样得出的?	176
4.68	配置抗冲切钢筋的钢筋混凝土板的受冲切承载力如何计算?	176
4.69	如何确定混凝土局部受压时的计算底面积?	177
4.70	局部受压时为什么要求 $F_l \leq 1.5\beta f_c A_{ln}$?	177
4.71	何谓疲劳破坏和材料的疲劳强度?	178
4.72	《规范》对斜截面疲劳验算方法作了什么改进?	178
5.	正常使用极限状态验算	179
5.1	钢筋混凝土结构构件开裂的主要原因是什么?《规范》从设计上对付使用阶段的裂缝采取了哪些相应的措施?	179
5.2	排架柱柱长较短时(如《规范》规定小于8m时),为什么伸缩缝的最大间距要适当减小?	181
5.3	钢筋混凝土结构构件受拉区的裂缝为什么会存在基本出齐的阶段?它对使用阶段裂缝宽度的计算有何实际意义?	181
5.4	《规范》在确定钢筋混凝土构件使用阶段正截面平均裂缝宽度时采用了哪些假定?	182
5.5	裂缝间钢筋应变不均匀系数 ψ 的物理意义是什么?《规范》是如何确定这个系数的?	182

5.6	在最大裂缝宽度的计算公式中, 构件受力特征系数是如何确定的?	183
5.7	计算最大裂缝宽度时, 为什么当有效受拉区配筋率 $\rho_{te} < 0.01$ 时要取 $\rho_{te} = 0.01$?	184
5.8	《规范》对受弯构件不需作裂缝宽度验算的最大钢筋直径图是怎样绘制和如何应用的?	185
5.9	满足裂缝宽度要求的纵向受拉钢筋截面面积应如何直接计算?	187
5.10	在钢筋混凝土受弯构件的挠度计算中采用了哪些基本假定?	192
5.11	钢筋混凝土梁与弹性材料梁在变形性能方面有何不同?	193
5.12	《规范》对受弯构件不需作挠度计算的最大跨高比 l_0/h_0 图是怎样绘制和如何应用的?	193
6.	预应力混凝土结构	196
6.1	预应力在结构设计理论上的创新点是什么?	196
6.2	对混凝土结构构件施加预应力的方法有哪几种?	196
6.3	在计算混凝土的预应力时, 为什么先张法构件采用换算截面几何特征值? 而后张法构件采用净截面几何特征值?	197
6.4	在预应力混凝土构件的抗裂计算中, 为什么《规范》要考虑非预应力钢筋的影响?	199
6.5	张拉控制应力的允许值 $[\sigma_{con}]$, 为什么先张法构件比后张法构件规定得高些?	199
6.6	预应力钢筋与孔道之间的摩擦引起的预应力损失, 其计算公式应如何推导?	200
6.7	圆弧曲线预应力钢筋张拉端由锚具变形以及钢筋内缩引起的预应力损失应如何计算?	201
6.8	影响收缩、徐变预应力损失的主要因素是什么? 对这种损失《规范》是如何计算的?	202
6.9	按《规范》的规定应如何计算预应力混凝土构件纵向受拉钢筋的最小配筋率?	203
6.10	确定预应力混凝土构件正截面承载力的界限受压区高度有何工程意义? 为什么预应力构件的界限受压区高度恒大于非预应力构件的界限受压区高度?	206
7.	梁板结构设计	208
7.1	何谓单向板与双向板? 在现浇肋形楼盖设计中, 为什么可取区格板长边与短边之比等于 2 作为划分单向板与双向板的界限?	208
7.2	何谓深梁? 钢筋混凝土深梁与一般梁(浅梁)在受力上有哪些主要区别?	209
7.3	如何进行钢筋混凝土深梁的设计?	209
7.4	在钢筋混凝土连续次梁和板的内力计算(无论按弹性和考虑塑性内力重分布)中, 为什么要采用折算荷载? 有何实际意义?	214
7.5	等跨连续单向板在均布荷载下考虑塑性内力重分布的弯矩系数 α 是如何确定的?	214
7.6	等跨连续次梁在均布荷载作用下考虑塑性内力重分布的弯矩系数 α 和剪力系数 β 是如何确定的?	217
7.7	当恒荷载与活荷载之比值不大于 3 时, 等跨次梁第一内支座承受负弯矩的钢筋 A_s 为什么在离开支座边 $l_0/3$ 处可全部切断, 而在离开支座边 $l_0/5$ 处只能截断 A_s 的一半?	218
7.8	如何绘制梁的材料图(受弯承载力图)? 在材料图中《规范》对钢筋的截断和弯起有何要求?	219
7.9	什么叫井式楼盖? 这种楼盖中的交叉梁(井字梁)有哪些简化的计算方法?	221
7.10	何谓无梁楼盖? 其内力有哪几种常用的计算方法?	225
7.11	在梁式楼梯踏步板截面配筋的近似计算中, 如何将五角形截面换算成矩形截面? 如何较为精确地计算这种五角形截面的配筋?	229

7.12 梁式楼梯中折线形梁的内力应如何计算?按《规范》这种梁在转折处应如何配筋? ...	230
8. 单层工业厂房结构设计	233
8.1 在单层工业厂房设计中,为什么要优先考虑采用多跨厂房?	233
8.2 柱间支撑为什么要设在伸缩缝区段的中央或临近中央的柱间?	233
8.3 如何确定基础梁顶面、基础顶面、牛腿顶面以及柱顶的标高?	233
8.4 何谓刚性排架(工程界称为硬排架)?何谓柔性排架(工程界称为软排架)?	234
8.5 柔性排架(软排架)的内力应如何计算?	234
8.6 如何计算厂房抽柱时合并排架的内力?	244
8.7 怎样进行排架水平位移的验算?	245
8.8 如何利用杆件位移的 β 方程计算混凝土屋架的次弯矩(次应力)?	246
8.9 按《规范》控制牛腿截面尺寸的主要条件是什么?	250
8.10 轴心受压方柱柱下基础,其基底外形从抗弯和抗冲切出发为什么以方形为最佳? 如何确定轴心受压矩形柱柱下基础基底的合理外形?	251
8.11 如何确定单向偏心受压基础基底的合理外形尺寸?	253
8.12 如何确定双向偏心受压基础基底的合理外形尺寸?	256
9. 多层框架结构设计	260
9.1 钢筋混凝土现浇框架结构有哪几种承重方案?	260
9.2 如何确定多层框架结构的计算简图?	261
9.3 如何初定钢筋混凝土现浇框架梁、柱的截面尺寸?	262
9.4 如何确定钢筋混凝土框架梁的截面惯性矩?	263
9.5 在确定框架结构的计算简图时,如何利用结构和荷载的对称性?	264
9.6 用反弯点法或修正反弯点法(D 值法)求得框架柱柱端弯矩之后, 如何求框架梁梁端弯矩?	265
9.7 如何根据框架的弯矩图绘出相应的剪力图和轴力图?	266
9.8 在多层框架结构设计中,可能遇到哪几种荷载效应(内力)组合?	267
9.9 在进行框架荷载效应(内力)组合时,应注意哪些问题?如何挑选框架柱 的最不利内力组合?	268
9.10 按《规范》如何确定框架柱的计算长度?	268

第二部分 解题指导

1. 承载力极限状态计算	273
2. 正常使用极限状态验算	304
3. 预应力混凝土结构	308
4. 梁板结构设计	312
5. 单层工业厂房结构设计	319
参考文献	332

第一部分

疑难释义

1 概 述

1.1 什么是混凝土结构?

我国国家标准《建筑结构设计通用符号、计量单位和基本术语》(GBJ 83—85)规定,凡是以混凝土为主制作的结构,都称为混凝土结构。它既包括素混凝土结构,也包括钢筋混凝土结构、劲性钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构等多种结构。我国 80 年代以前有关混凝土结构设计的规范称为《钢筋混凝土结构设计规范》,80 年代进行规范修订时,根据 GBJ 83—85 的规定,将规范改名为《混凝土结构设计规范》,编号为 GBJ 10—89^①。

1.2 什么是素混凝土结构?

素混凝土结构是指未配置钢筋和其他钢材,只是用混凝土一种材料制作而成的结构。由于这种结构的承载能力低、性质脆、易开裂、破坏前无预兆,一般只将其用作基础的垫层或室内外地坪,很少将其做成房屋结构的主要受力构件。

1.3 什么是钢筋混凝土结构?

钢筋混凝土结构是指配置了钢筋但并未对结构施加预应力的混凝土结构。图 1-1 为常见钢筋混凝土结构和构件的配筋实例。其中,图 1-1a 为钢筋混凝土简支梁的配筋情况,图 1-1b 为钢筋混凝土简支平板的配筋情况,图 1-1c 为装配式钢筋混凝土单层工业厂房边柱的配筋情况,图 1-1d 为钢筋混凝土杯形基础的配筋情况,图 1-1e 为两层单跨钢筋混凝土框架的配筋情况。由图 1-1 可见,在不同的结构和构件中,钢筋的位置及型式各不相同,即使是同属于受弯构件的梁和板,其配筋的位置及型式也不完全相同。因此,在钢筋混凝土结构和构件中,钢筋和混凝土不是任意结合的,而是根据结构和构件的型式和受力特点,在适当部位布置一定型式和数量的钢筋。

1.4 什么是劲性钢筋混凝土结构?

混凝土结构不但可以采用圆钢筋配筋,而且可以采用型钢或用钢板焊接成型钢形式的钢材配筋。由于型钢或用钢板焊接成的型钢刚度比圆钢筋大,因此将这种结构称为劲性钢筋混凝土结构。我国有时也将这种结构称为“型钢混凝土结构”。日本称其为“钢骨混凝土

① 本书以下对《混凝土结构设计规范》(GBJ 10—89)简称为“《规范》”,对《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ 10—74)简称为“原《规范》”。

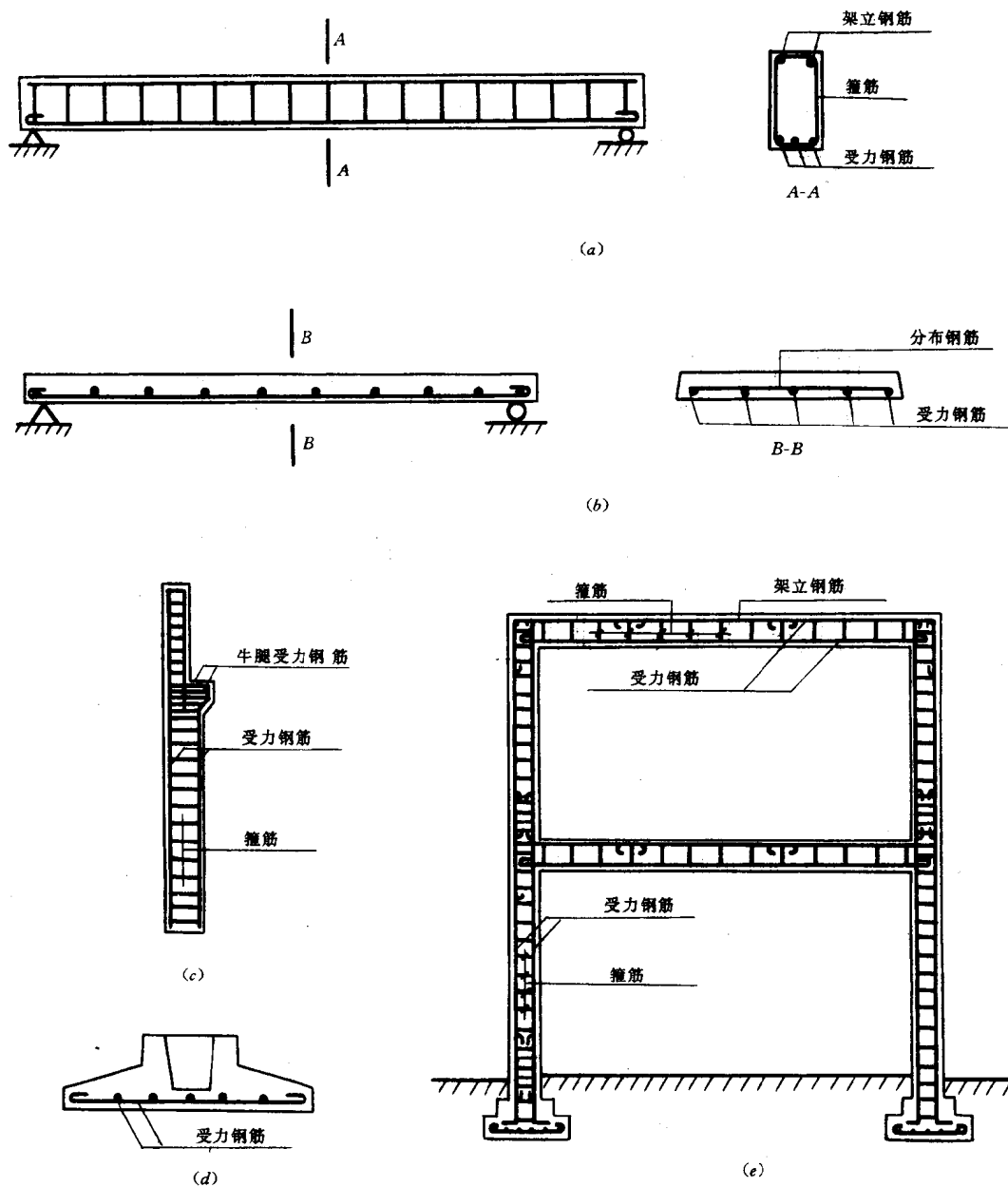


图 1-1 常见钢筋混凝土结构和构件配筋实例

结构”。英美等国称其为“钢-钢筋混凝土结构” (steel reinforced concrete structure) 或“外包混凝土的钢结构” (steel structure encased in concrete)。

为了保证劲性钢筋与混凝土协同工作，充分发挥劲性钢筋的承载能力，在劲性钢筋混凝土结构中，要配置适量的纵向受力圆钢筋和钢箍。图 1-2 为劲性钢筋混凝土梁的截面形式。图 1-3 为劲性钢筋混凝土柱的截面形式。

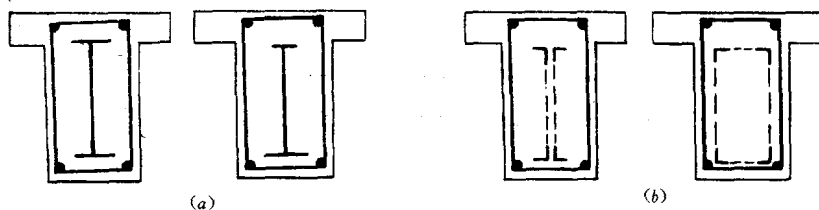


图 1-2 劲性钢筋混凝土梁截面形式

(a) 实腹式型钢混凝土梁截面；(b) 空腹式型钢混凝土梁截面

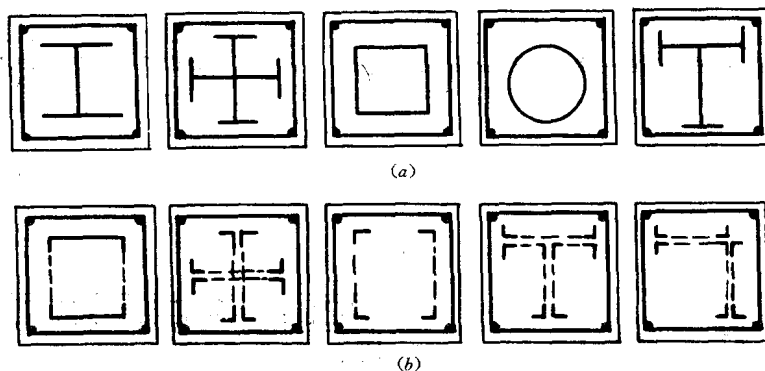


图 1-3 劲性钢筋混凝土柱截面形式

(a) 实腹式型钢混凝土柱截面；(b) 空腹式型钢混凝土柱截面

劲性钢筋混凝土结构具有承载能力大、抗震性能好和施工方便等优点，在日本等国应用得较为普遍。由于劲性钢筋混凝土结构的钢材用量比普通钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构多，因此，我国以往较少采用这种结构。最近 20 年来，随着高层建筑和大跨度结构的发展，并且考虑到抗震上的要求，有一部分高层建筑和大跨结构全部或部分地采用劲性钢筋混凝土结构。

1.5 什么是预应力混凝土结构？

由于混凝土的抗压强度高、抗拉强度低，抗压极限应变大、抗拉极限应变小，因此，钢筋混凝土结构在正常的使用荷载下总是带裂缝工作。

预应力混凝土结构是在结构承受荷载之前，在其可能开裂的部位，预先人为地施加压应力，以抵消或减少外荷载产生的拉应力，使构件在正常的使用荷载下不开裂，或者裂缝开得晚一些、裂缝开展的宽度小一些。

如图 1-4 所示的混凝土受弯构件，如果在构件使用之前在其两端中和轴以下的截面核心区内施加一对集中压力，则构件各截面均处于全截面受压状态（图 1-4a）所示；在使用荷载（ $g_k + q_k$ ）作用下，截面重心轴以下纤维受拉，重心轴以上纤维受压，应力分布如图 1-4b 所示；利用材料力学的叠加原理，便得到预应力混凝土构件使用阶段的应力图（图 1-4c），这时，截面上的拉应力大为减少。这就是预应力混凝土的基本原理。

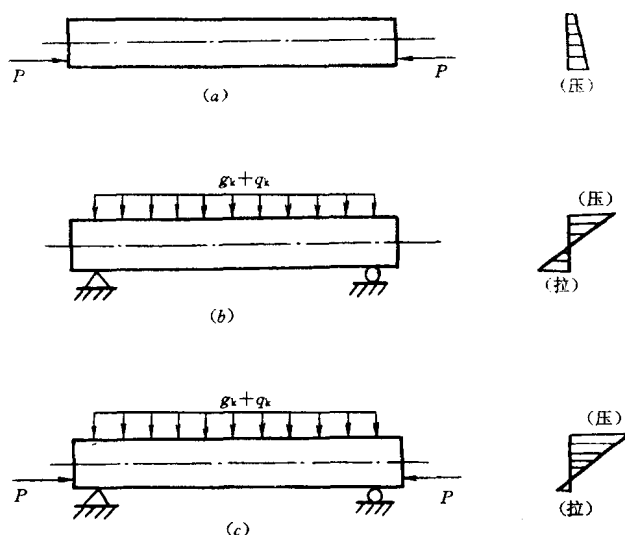


图 1-4 预应力混凝土构件受力分析

1.6 在素混凝土结构中配置一定型式和数量的钢材以后，结构的性能将发生什么样的变化？

为了说明在素混凝土结构中配置一定型式和数量的钢材以后结构性能的变化情况，让我们来看一看下面两根梁的试验结果。

图 1-5a 为一根未配置钢筋的素混凝土简支梁，跨度 4m，截面尺寸 $b \times h = 200\text{mm} \times 300\text{mm}$ ，混凝土强度等级为 C20，梁的跨中作用一个集中荷载 F ，对其进行破坏性试验。结果表明，当荷载较小时，截面上的应力如同弹性材料的梁一样，沿截面高度呈直线分布；当荷载增大使截面受拉区边缘纤维拉应力达到混凝土抗拉极限强度时，该处的混凝土被拉裂，裂缝沿截面高度方向迅速开展，试件随即发生断裂破坏。这种破坏是突然发生的，没有明显的预兆。尽管混凝土的抗压强度比其抗拉强度高几倍或十几倍，但不能得到充分利用，因为试件的破坏由混凝土的抗拉强度控制，破坏荷载值很小，只有 8kN 左右。

如果在该梁的受拉区布置三根直径为 16mm 的 I 级钢筋（记作 $3\phi 16$ ），并在受压区布置两根直径为 10mm 的架立钢筋和适量的箍筋，再进行同样的荷载试验（图 1-5b），则可以看到，当加荷到一定阶段使截面受拉区边缘纤维拉应力达到混凝土抗拉极限强度时，混凝土虽被拉裂，但裂缝不会沿截面的高度迅速开展，试件也不会随即发生断裂破坏。混凝土开裂后，裂缝截面的混凝土拉应力由纵向受拉钢筋来承受，故荷载还可以进一步增加。此时变形将相应发展，裂缝的数量和宽度也将增大，直到受拉钢筋抗拉强度和受压区混凝土抗压强度被充分利用时，试件才发生破坏。破坏前，试件的变形和裂缝都发展得很充分，呈现出明显的破坏预兆。虽然试件中纵向受力钢筋的截面面积只占整个截面面积的 1% 左右，但破坏荷载却可以提高到 36kN 左右。因此，在混凝土结构中配置一定型式和数量的钢筋以后，可以收到下列的效果：

(1) 结构的承载力有很大的提高；

(2) 结构的受力特性得到显著的改善。

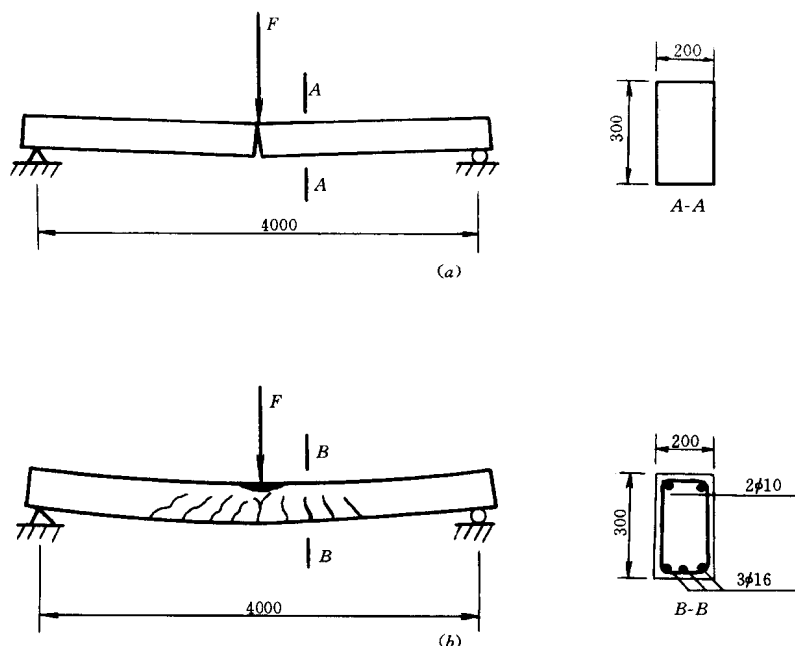


图 1-5 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

1.7 钢筋和混凝土为什么能共同工作？

钢筋和混凝土是两种物理、力学性能很不相同的材料，它们可以相互结合共同工作的主要原因是：

(1) 混凝土结硬后，能与钢筋牢固地粘结在一起，相互传递应力。粘结力是这两种性质不同的材料能够共同工作的基础。

(2) 钢筋的线膨胀系数为 1.2×10^{-5} ，混凝土的为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ ，二者数值相近。因此，当温度变化时，钢筋与混凝土之间不会存在较大的相对变形和温度应力而使粘结破坏。

暴露在大气中的钢材很容易锈蚀。但是，包裹在混凝土中的钢筋，只要具有足够的混凝土保护层厚度和裂缝控制，钢筋便不会锈蚀。因此，混凝土对钢筋具有良好的保护作用，和混凝土结构具有很好的耐久性。

1.8 钢筋混凝土结构有哪些主要的优、缺点？

钢筋混凝土结构除了比素混凝土结构具有较高的承载力和较好的受力性能以外，与其他结构相比还具有下列优点：

(1) 就地取材。钢筋混凝土结构中，砂和石料所占比例很大，水泥和钢筋所占比例较小，砂和石料一般都可以由建筑工地附近供应。

(2) 节约钢材。钢筋混凝土结构的承载力较高，大多数情况下可用来代替钢结构，因