

21世纪

高等学校

本科系列教材

混凝土结构设计原理

——学习指导

Hunningtu Jiegou Sheji Yuanli—Xuexi Zhidao

朱彦鹏 等 编 著

重庆大学出版社

混凝土结构设计原理

——学习指导

朱彦鹏等 编著

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书主要针对土木工程等专业学生在学习《混凝土结构设计原理》时遇到困难较多的问题,对混凝土结构设计原理的每个章节的重点和难点进行了总结,对大量的例题和习题进行了分析和解析,并给出了大量的思考题和习题供学生练习,最后还给出了一些综合练习使学生能对所学的内容进行全面的训练。本书可作为土木工程专业、工程管理专业、房屋建筑工程专业的学生学习《混凝土结构设计原理》时使用,也可作为报考结构工程和防灾减灾及防护工程工学硕士、建筑与土木工程领域工程硕士、结构工程和防灾减灾及防护工程高校教师专业硕士学位复习的学习资料,也可供高校教师、工程技术人员及报考注册结构工程师的人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计原理:学习指导/朱彦鹏等编著. —重庆:重庆大学出版社,2004. 12

土木工程专业本科系列教材

ISBN 7-5624-2862-X

I. 混... II. 朱... III. 混凝土结构—结构设计—高等学校—教学参考资料 IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 116248 号

混凝土结构设计原理

——学习指导

朱彦鹏等 编著

责任编辑:彭 宁 版式设计:彭 宁

责任校对:李定群 责任印制:秦 梅

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街 174 号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆现代彩色书报印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:11 字数:275 千

2004年12月第1版 2004年12月第1次印刷

印数:1—4 000

ISBN 7-5624-2862-X 定价:16.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究。

前言

本书是为本科土木工程专业学生学习《混凝土结构设计原理》而编写的。内容包括混凝土结构材料、混凝土基本构件的承载力极限状态设计(受弯构件正截面受弯承载力计算、受弯构件斜截面受剪承载力计算、受压构件承载力计算、受拉构件承载力计算、受扭构件承载力计算等)、混凝土基本构件的正常使用极限状态设计(构件的抗裂度、受弯构件的挠度计算以及混凝土构件的裂缝宽度计算)和预应力混凝土构件计算等。

本书最大的特点是:①为了解决学习《混凝土结构设计原理》时,内容繁杂和概念零乱等问题,凝炼了每个章节的重点内容和重要概念,学习本书后可理清思路,便于掌握;②为了能够深入学习和理解《混凝土结构设计原理》每个章节的重点内容和重要概念,本书在重点章节增加了大量的例题解析,以便于学习和掌握;③为了巩固《混凝土结构设计原理》学习成果,本书将每个章节的重点内容和重要概念编写为思考题和习题,以便学习使用。

本书按照我国现行的各种最新规范,并参照土木工程专业教学指导委员会的教学大纲编写。全书由朱彦鹏主编,参加编写的有王文达、王龙和周勇,李忠、王卫华、刘星和陈世龙参加了部分习题的编写和例题的计算工作。

由于编写时间仓促,加之编者水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2004年9月10日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 钢筋混凝土结构的特点	1
1.2 钢筋混凝土结构的主要优缺点	2
1.3 学习本课程应注意的问题	2
习题 1	4
第 2 章 钢筋混凝土材料的物理力学性能	5
2.1 钢筋	5
2.2 混凝土	7
2.3 钢筋与混凝土的粘结	9
习题 2	10
第 3 章 受弯构件正截面承载力计算	15
3.1 不同配筋钢筋混凝土梁正截面的破坏形态	15
3.2 适筋梁破坏的三个阶段	16
3.3 正截面受弯构件的承载力计算	17
3.4 例题解析	23
习题 3	34
第 4 章 受弯构件斜截面承载力计算	42
4.1 剪跨比、无腹筋梁斜截面的破坏形态	42
4.2 影响斜截面受剪承载力的主要因素	43
4.3 有腹筋梁受剪性能	43
4.4 截面限制条件及构造配筋	44
4.5 计算方法及例题解析	45
习题 4	53

第5章 受压构件承载力计算	58
5.1 轴心受压构件	58
5.2 偏心受压构件	60
5.3 矩形截面偏心受压构件计算	60
5.4 对称配筋的矩形截面偏心受压构件	64
5.5 对称配筋工字形截面偏心受压构件	64
5.6 圆形截面偏心受压构件	66
5.7 双向偏心受压构件	66
5.8 矩形截面偏心受压构件斜截面受剪承载力计算 ..	66
5.9 例题解析	67
习题5	75
第6章 受拉构件承载力计算	80
6.1 轴心受拉构件	80
6.2 偏心受拉构件	80
6.3 例题解析	81
习题6	83
第7章 受扭构件承载力计算	85
7.1 矩形截面纯扭构件	85
7.2 弯、剪、扭构件的承载力计算	86
7.3 例题解析	87
习题7	91
第8章 钢筋混凝土构件变形、裂缝及混凝土结构的 耐久性	94
8.1 钢筋混凝土构件的抗裂	94
8.2 钢筋混凝土受弯构件的变形计算	96
8.3 裂缝宽度计算.....	101
8.4 例题解析.....	103
习题8	107
第9章 预应力混凝土构件的计算	110
9.1 预应力混凝土结构的基本概念.....	110
9.2 预应力损失值的计算.....	111
9.3 预应力轴心受拉构件钢筋和混凝土的应力计算 ..	114
9.4 预应力轴心受拉构件的计算.....	115

9.5 预应力混凝土受弯构件的计算方法·····	118
9.6 例题解析·····	122
习题9 ·····	129
第10章 部分习题 参考答案 ·····	133
10.1 第1章习题答案 ·····	133
10.2 第2章习题答案 ·····	133
10.3 第3章习题答案 ·····	135
10.4 第4章习题答案 ·····	139
10.5 第5章习题答案 ·····	142
10.6 第6章习题答案 ·····	145
10.7 第7章习题答案 ·····	146
10.8 第8章习题答案 ·····	148
10.9 第9章习题答案 ·····	152
附录 ·····	156
附录1 混凝土强度标准值、设计值和弹性模量 ·····	156
附录2 钢筋强度标准值、设计值、弹性模量和疲 劳应力幅值 ·····	157
附录3 混凝土结构正常使用极限状态和耐久性设 计相关指标 ·····	160
附录4 混凝土构件最小配筋率、受弯承载力计算 系数 ·····	161
附录5 钢筋的计算截面面积及理论重量表 ·····	163
参考文献 ·····	165

第 1 章

绪 论

本章学习重点

1. 掌握钢筋混凝土结构共同工作的原理。
2. 掌握钢筋混凝土结构性能的主要优缺点。
3. 掌握砌体结构性能的主要优缺点。

1.1 钢筋混凝土结构的特点

单纯的钢结构由于抗拉强度高,而受压稳定性差,做成受弯或受压构件会造成材料浪费,且经济性差;而单纯的素混凝土结构由于抗压强度高而抗拉强度低、抗裂性差,作为受拉和受弯构件不适宜,因此两种材料分别做成建筑结构构件都有自身材料很难避免的缺点和问题。为了弥补这两种材料单独作为构件工作时的缺点和问题,发挥两种材料各自的优点,100 多年前人们发明了钢筋混凝土结构,在结构中主要考虑混凝土受压、钢筋受拉,如图 1.1 所示。

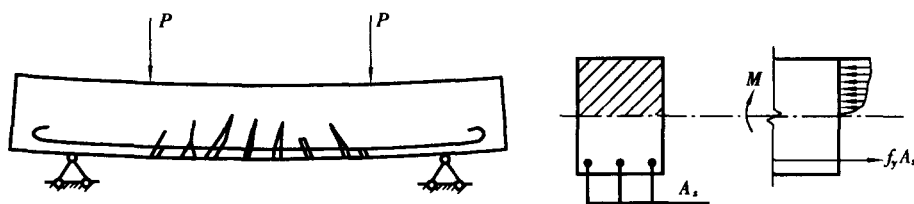


图 1.1

两种材料结合在一起就必须能够共同工作。在这两种材料自身性能的基础上,人们采用一系列工程措施实现了这一点。这两种材料能够共同工作的基础主要有两个方面:

1) 钢筋和混凝土的线膨胀系数相近。因此当温度产生较大变化时,不至于使两种材料产生过大的相对变形,而导致钢筋与混凝土之间的粘结遭到破坏。一般钢材的线膨胀系数为 1.2×10^{-5} , 混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$ 。

2) 由于钢筋和混凝土之间存在粘结力,使两种材料成为一个整体,因此在受力后能保证

这两种材料共同工作,协调变形。

1.2 钢筋混凝土结构的主要优缺点

钢筋混凝土结构相对其他结构形式能在土木工程结构中广泛应用,主要因为这种结构具有以下几个方面的优缺点:

1) 合理用材。合理利用了两种材料的不同材料强度。

2) 耐久性好。相对钢结构而言,钢筋混凝土结构不需要经常维护,钢筋被混凝土包裹着不至于锈蚀,因此钢筋混凝土结构的耐久性较好。

3) 耐火性好。一般钢结构达到 $500 \sim 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时即进入流塑状态而失去承载力,而钢筋混凝土结构中钢筋受混凝土包裹,火灾时钢筋不至于很快达到软化温度而失去承载力。相对木结构而言,毫无疑问它也有很好的耐火性。

4) 整体性好。钢筋混凝土结构,特别是现浇钢筋混凝土结构其整体性好,具有很好的抗震性能,相对砖混结构而言,其整体性是不言而喻的。但相对钢-混凝土结构和钢结构而言则稍差。

5) 可模性强。钢筋混凝土结构可现浇注成各种形状和尺寸。

6) 易就地取材。砂、石、水泥等主要材料均可就地取材。

7) 节约钢材。用钢筋混凝土结构代替钢结构,可节约钢材。

以上优点使钢筋混凝土结构得到广泛应用,相反,由于存在以下几个方面的缺点也限制了钢筋混凝土结构的使用范围:

1) 自重比钢结构大。不适宜做大跨度结构,在地震区由于自重大,因而受地震影响也大、限制了钢筋混凝土结构的高度。

2) 抗裂性能差。由于混凝土抗拉强度很低,因而在构件受拉区,混凝土要开裂,因此一般混凝土是带裂缝工作的。

3) 建造时费工费时。

4) 耗费大量的模板。

5) 施工受季节气候等条件的影响。

6) 隔热保温性能较差。

1.3 学习本课程应注意的问题

混凝土结构设计原理这门课程由4部分重要内容组成:

1) 混凝土结构材料的物理力学性能,这里主要介绍了钢筋和混凝土的物理力学性能。

2) 混凝土结构各种构件的承载力极限状态设计,这里主要包括受弯构件正截面和斜截面承载力计算、轴心受压和偏心受压构件正截面承载力计算、受拉构件正截面承载力计算和受扭构件承载力计算等。

3) 混凝土结构各种构件的正常使用极限状态设计,这里主要包括受拉和受弯构件的抗裂

度设计、受弯构件的挠度计算以及受拉受弯构件在力的作用下的裂缝宽度计算。

4) 预应力混凝土结构设计, 主要讲述了预应力方法、预应力损失和预应力构件的设计计算。

混凝土结构原理主要讲述了一种不同材料的力学性能、建筑结构设计的计算原则以及两种材料复合以后基本构件的复合材料力学问题, 而钢筋混凝土结构设计主要讲述了由基本构件构成的结构的受力以及强度和刚度的设计问题。

学习者要在先修高等数学、概率与数理统计、土木工程材料、理论力学、材料力学和结构力学的基础上, 以一种基本全新的思路去学习这样一门内容多、基本概念多、计算原理复杂的理论性和应用性都很强的课程。在学习混凝土结构设计原理时, 应注意以下几点:

1) 混凝土结构是由混凝土和钢筋结合而形成的一种复合结构。钢筋混凝土中的混凝土与理论力学中的刚性材料以及材料力学和结构力学中的理想弹性材料有很大的不同。因此, 为了更好地了解混凝土结构的受力性能和破坏特征, 必须首先对钢筋混凝土中的钢筋和混凝土各自的力学性能有一个更好的了解。

2) 混凝土结构抗裂能力很差, 有拉应力存在的构件一般情况都是带裂缝工作的, 混凝土构件在裂缝出现前的受力性能, 与理想弹性结构相近。但是, 在裂缝出现以后, 特别是在临近破坏之前, 其受力和变形性能与理想弹性材料有显著的不同。事实上, 混凝土结构的受力性能与结构的受力状态、配筋方式和配筋数量等多种因素有关, 很难用一种简单的数学力学模型来描述。目前混凝土结构构件的分析方法是以实验研究和工程实践为基础的分析方法, 许多计算公式是经试验研究统计分析和工程实践经验得到, 这些计算公式不像理想的弹塑性材料结构构件的计算公式那么严谨, 但却能较正确地反映这种结构的受力性能。学习本课程时, 应注意计算公式与力学分析公式的区别与联系。

3) 通过试验、调查和统计, 我国荷载和抗震设计规范给出了各种荷载和作用的取值, 而混凝土结构设计规范也给出了钢筋和混凝土的各种强度、弹性模量等指标。鉴于实际情况的复杂性, 各种结构上的实际荷载和作用、材料的物理力学指标与规范规定的取值有一定的出入, 它们可能低于规范的取值, 也可能高于规范的取值。此外, 不同的结构其重要性也不一样, 它们对结构的安全性、适用性和耐久性的要求也不一样。为了使混凝土结构设计满足技术先进、经济合理、安全适用和确保质量的要求, 将混凝土结构各种分析公式与设计公式用于设计时, 要考虑上述各种因素的影响。学习本课程时, 应注意分析公式与设计公式之间的联系与区别, 了解和掌握我国当前有关混凝土结构设计的技术和经济政策。

4) 进行混凝土结构计算时现行的计算方法一般只考虑荷载效应。而其他因素, 如: 混凝土收缩、温度影响以及地基不均匀沉降等, 难于用计算公式来表达。为了使计算方法简单适用, 往往在建立计算模型时对工程模型要进行简化, 简化得到的计算模型与实际受力也不完全一样。《混凝土结构设计规范》(以下简称《规范》) 更具长期的工程实践经验, 总结出了各种构造措施是来考虑这些因素的影响。学习本课程, 除了对各种计算公式要掌握以外, 对于各种构造措施必须予以足够的重视, 因此, 在混凝土结构设计时, 除了进行各种结构计算之外, 还必须满足各种构造要求。

5) 为了指导混凝土结构的设计工作, 各国都制定了有关部门的技术标准和设计规范。它们是各国在一定时期内理论研究成果和实际工程经验的总结。学习混凝土结构时, 应该很好的熟悉、掌握和运用它。但是, 混凝土结构是一门比较年轻和迅速发展的学科, 许多计算方法

和构造措施还不一定很完善。也正因为如此,各国每隔一段时间都要对其结构设计标准或规范进行修订,使之不断完善合理。因此,在很好地学习和运用规范的过程中,也要善于发现问题,灵活运用,并且要勇于探索和创新。

习 题 1

- (1)何谓混凝土结构?
- (2)何谓钢筋混凝土结构?
- (3)何谓素混凝土结构?
- (4)钢筋和混凝土能够共同工作的基础是什么?
- (5)在素混凝土中配置一定型式和数量的钢材以后,结构的受力性能将发生什么样的变化?
- (6)钢筋混凝土结构有哪些优缺点?

第 2 章

钢筋混凝土材料的物理力学性能

本章学习重点

1. 掌握钢筋的力学性能:①应力—应变曲线。②塑性性能——伸长率、冷弯性能。③钢筋的冷加工性能——冷拉、冷拔。④钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求。
2. 掌握混凝土的力学性能:①混凝土的强度——立方体强度、抗压强度(棱柱体强度)、抗拉强度、复合应力下的强度。②混凝土的变形——混凝土一次加载时的应力—应变曲线、混凝土的弹性模量和变形模量、混凝土的收缩和徐变。
3. 理解并掌握粘结力的作用和组成。

2.1 钢 筋

2.1.1 钢筋的级别和品种

钢筋按照生产工艺和力学性能不同可以分为:①热轧钢筋;②冷拉钢筋;③钢丝和钢绞线;④热处理钢筋。

一般普通混凝土结构所用钢材为热轧钢筋和冷拉钢筋,预应力混凝土结构所用钢筋为高强钢丝、钢绞线、热处理钢筋和冷拉钢筋。

2.1.2 钢筋的力学性能

1) 应力—应变曲线(如图 2.1 所示)。

屈服强度—— σ_s 是钢筋的关键强度指标,在结构设计中,构件中钢筋的强度值以此为依据得到。

2) 伸长率——拉伸前构件长度为 l ,拉断后构件的长度为 l' ,则钢筋的伸长率为:

$$\delta = \frac{l' - l}{l} \times 100\% \quad (2.1)$$

伸长率反映了构件的塑性变形能力。

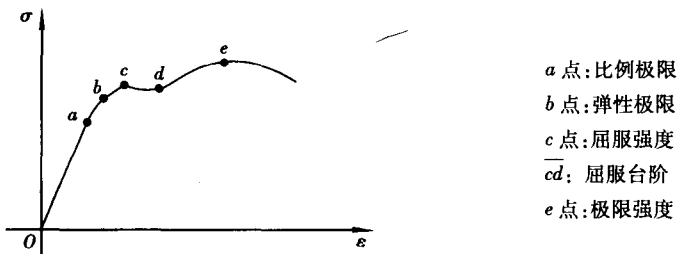


图 2.1 钢筋应力—应变曲线

3)冷弯性能——冷弯性能反映了钢筋的塑性性能,冷弯以冷弯角度来反映,冷弯角度越大则钢筋的塑性性能越好。

4)没有明显屈服点的钢筋取残余应变 $\Delta\varepsilon = 0.2\%$ 的应变对应的应力 $\sigma_{0.2}$ 作为条件屈服应力,如图 2.2 所示。

5)钢筋的冷拔和冷拉。

①钢筋的冷拔 将光圆钢筋用强力拉拽,使钢筋通过比其原直径稍小的硬质合钢模具,迫使钢筋截面缩小而长度增加,如图 2.3 所示。

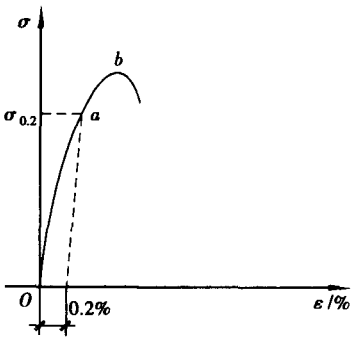


图 2.2 没有明显屈服台阶的
钢筋应力—应变曲线

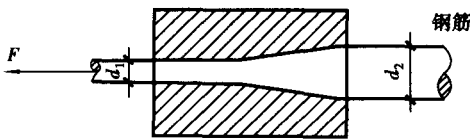


图 2.3 钢筋冷拔示意图

经过多次冷拔后可以使钢筋强度提高,但是钢筋塑性性能大大降低,一般一根 $\phi 6$ 钢筋,经过 3 次冷拔后为 $\phi 3$ 钢丝,其强度可由 260 N/mm^2 提高到 750 N/mm^2 ,但伸长率由最初的 21.9% 减小到 3.3%,如图 2.4 所示。

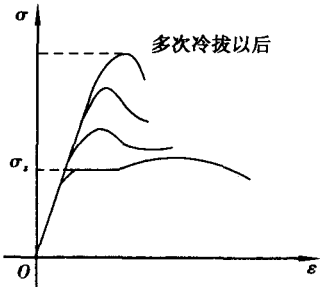


图 2.4 多次冷拔的应力—应变曲线

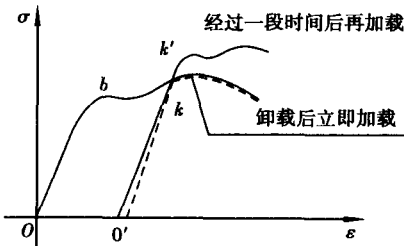


图 2.5 钢筋冷拉后其应力—应变曲线

②钢筋的冷拉 将钢筋冷拉超过屈服强度到上升段,经过一定的时效后,钢筋的强度有所提高,但是其塑性变形能力有所降低,如图 2.5 所示。

6) 钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求可分以下 4 个方面:

①强度。较高的钢筋强度可节约钢材、降低成本。

②塑性。钢筋混凝土结构要求钢筋要有足够的塑性变形能力,这样可在破坏前给使用者以警告。

③钢筋与混凝土之间的粘结强度的要求。为了保证钢筋与混凝土之间的共同工作,要求两者之间应具有足够的粘结强度。

④可焊性的要求。由于大量的钢筋在结构中需要焊接,钢筋混凝土结构要求钢筋有较好的可焊性。

2.2 混 凝 土

2.2.1 混凝土的强度

(1) 立方体抗压强度 $f_{cu,k}$

我国《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)规定,采用边长 150 mm 的立方体,在温度为 20 ± 3 °C,相对湿度在 90% 以上的潮湿空气中养护 28 天,按标准试验方法加压到破坏,所测得的具有 95% 保证率的抗压极限强度值,确定为混凝土的立方体标准强度,用 $f_{cu,k}$ 表示。混凝土强度等级是以立方体抗压强度标准值来确定。强度等级有 C15, C20, … C80 共 14 级。

非标准试块——200 mm, $f_{cu,k} = 1.05 \times f_{cu,k}^{200}$

100 mm, $f_{cu,k} = 0.95 \times f_{cu,k}^{100}$

(2) 轴心抗压强度 f_c

用 150 mm × 150 mm × 450 mm 或 100 mm × 100 mm × 300 mm 等尺寸制作成棱柱体试件,测得的抗压强度用 f_c 表示, f_c 的标准值 f_{ck} 可用 $f_{cu,k}$ 表示:

$$f_{ck} = 0.76 f_{cu,k}$$

引入尺寸、制作和养护条件等方面的差异:

$$f_{ck} = 0.88 \times 0.76 f_{cu,k} = 0.67 f_{cu,k}$$

$$f_c = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \quad (2.2)$$

(3) 轴心抗拉强度

用轴心抗拉和劈裂两种方法来测试,其抗拉强度标准值也可由立方体抗拉强度的标准值 $f_{cu,k}$ 表示,即

$$f_{tk} = 0.26 f_{cu,k}^{2/3}$$

乘以修正系数 0.88:

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

$$f_t = \frac{f_{tk}}{\gamma_c} \quad (2.3)$$

(4) 复合应力状态下的强度

1) 双向应力状态下的强度曲线见图 2.6。

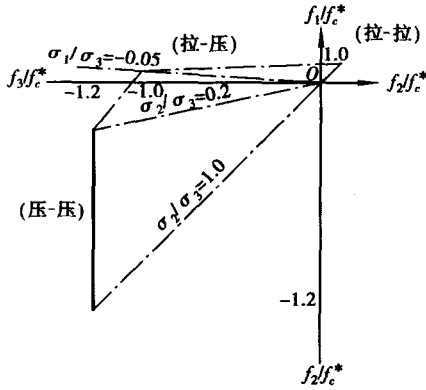


图 2.6 混凝土双向应力下的强度曲线

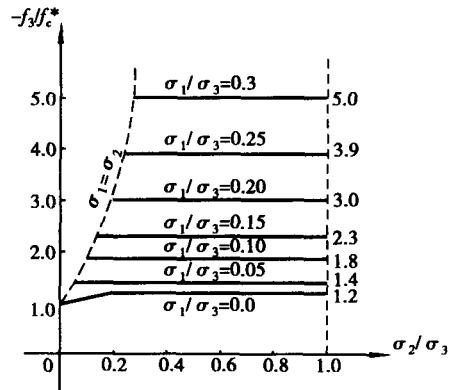


图 2.7 三向应力作用下的强度曲线

2) 三向受压的混凝土强度曲线见图 2.7。

$$f_c^* = f_c + 4\sigma_3 \quad (2.4)$$

式中 f_c ——混凝土轴心抗压强度；

σ_3 ——侧向约束压应力。

2.2.2 混凝土的变形

(1) 混凝土的应力—应变曲线

一次加载时的应力应变曲线见图 2.8。

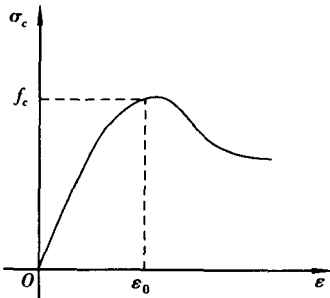


图 2.8 混凝土应力—应变曲线

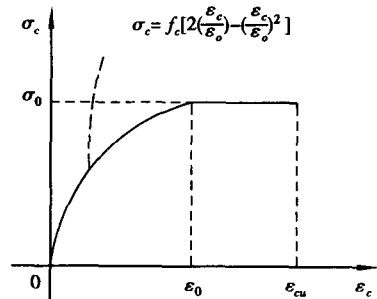


图 2.9 我国规范所采用的应力—应变曲线

我国规范中混凝土结构计算所采用的应力—应变曲线,如图 2.9 所示。

取
$$\begin{cases} \text{当 } 0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_0 \text{ 时, } \sigma_c = f_c \left[2 \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right) - \left(\frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^2 \right] \\ \text{当 } \epsilon_0 \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu} \text{ 时, } \sigma_c = f_c \end{cases}$$

(2) 混凝土的受拉变形

混凝土的受拉应力—应变曲线与受压曲线上升段相似,但其极限拉应变很小(约 $0.5 \times 10^{-4} \sim 2.7 \times 10^{-4}$),计算时可取 $\epsilon_{\max} = 1.5 \times 10^{-4}$ 。

(3) 混凝土的弹性模量、变形模量

1) 弹性模量, 为应力—应变曲线原点切线的斜率 $E_c = \frac{d\sigma_c}{d\varepsilon_c}$ 。可用反复加载法测得, 也可由立方体抗压强度 f_{cu} 来计算。

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + \frac{34.7}{f_{cu}}} (\text{N/mm}^2)$$

2) 变形模量

$$E'_c = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon'_c} E_c = \nu E_c \quad (2.5)$$

式中 ε_c ——混凝土弹性应变值;

ε'_c ——混凝土应变值;

ν ——混凝土弹性系数, 一般取 $\nu = 0.5$ 。

混凝土的弹性模量和变形模量如图 2.10 所示。

(4) 混凝土的徐变

1) 徐变是指混凝土在长期压力作用下, 当压力保持不变时, 随着时间增长混凝土压缩变形继续增长的现象。

2) 影响徐变的因素。影响徐变的因素很多, 归纳起来主要有下面几点: ①混凝土的龄期。龄期越短徐变越大。②水泥用量。水泥用量越大徐变越大。③骨料的弹性模量。骨料弹性模量越高, 徐变越小。④水灰比越大, 徐变越大。⑤养护时相对湿度对徐变的影响。湿度越小徐变越大。⑥构件的形状尺寸也会影响徐变值。构件尺寸越大, 徐变越小。⑦捣制越密实, 徐变越小。

3) 徐变对结构的影响。徐变可使受弯构件挠度增大 2~3 倍, 使柱的偏心距增大, 徐变还会导致预应力损失。另外, 徐变还会使构件或结构物产生应力重分布, 可减小温度变化和支座不均匀沉降产生的应力集中现象。

(5) 混凝土的收缩

1) 收缩。混凝土在空气中结硬时体积减小的现象称为收缩, 收缩随时间而增长。

2) 影响收缩的因素: ①水泥用量。用量越大, 收缩越大。②水灰比。水灰比越大, 收缩越大。③骨料弹性模量越大, 收缩越小。④骨料级配好, 密实度大, 则收缩小。⑤养护环境。温度高、湿度小、收缩大。⑥混凝土体表比越小, 收缩值也会越大。⑦水泥标号越高, 收缩越大。

当混凝土收缩受到制约时, 混凝土中会产生拉应力, 从而导致表面或内部产生收缩裂缝。在预应力混凝土中还会导致预应力损失。另外, 混凝土在水中结硬时会使体积膨胀。

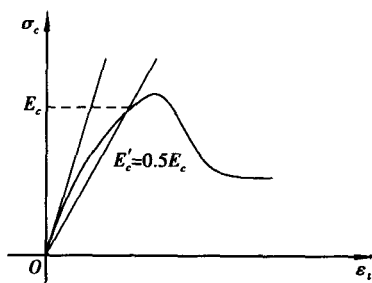


图 2.10 混凝土的弹性模量和变形模量

2.3 钢筋与混凝土的粘结

(1) 粘结力的组成和作用

1) 粘结力的作用。粘结力的主要作用是保证钢筋与混凝土共同工作, 阻止钢筋在混凝土

中滑移。

2) 粘结力的组成。

①化学胶着力。混凝土在结硬过程中,水泥胶体与钢筋间产生吸附胶着作用。

②摩擦力。由于混凝土的收缩使钢筋周围的混凝土产生握裹力,当钢筋和混凝土间出现相对滑动的趋势时,则在接触面上产生摩擦力。

③机械咬合力。由于钢筋表面粗糙不平所产生的机械咬合作用。

④钢筋端部加弯钩、弯折或在锚固区焊短钢筋等产生锚固力。

(2) 保证钢筋与混凝土之间粘结力的构造措施

1) 满足钢筋的锚固长度 l_a 。

2) 光圆钢筋端头做弯钩。

3) 保证钢筋的搭接长度。

习 题 2

2.1 填空题

(1) 钢筋按生产工艺和力学性能的不同,可以分为_____、_____、_____和热处理钢筋 4 大类。

(2) 设计中一般取相应于残余应变为_____时的应力_____作为没有明显屈服点钢筋的假想屈服强度,称为条件屈服强度。

(3) 钢筋混凝土结构对钢筋的强度、_____、_____和粘结强度等提出了要求。

(4) 我国《混凝土设计规范》规定,采用边长为 150 mm 的立方体试块,在温度为_____,相对湿度在_____以上的潮湿空气中养护_____天按照标准试验方法加压捣破坏所测得具有_____保证率的抗压极限强度,确定为混凝土的立方体标准强度,用 $f_{cu,k}$ 表示。

(5) 测试混凝土轴心抗压强度 f_c 常用试件有_____等尺寸。

(6) 混凝土在三向受压下强度可得到_____,混凝土变形能力也有_____。

(7) 混凝土在空气中养护时体积会_____,而在水中养护时体积会_____。

(8) 在压力保持不变时,随着时间增加而混凝土应变不断增加的现象,称为_____。

(9) 衡量钢筋塑性性能的指标一般有_____和_____;通常_____越大,钢筋的塑性性能越好,破坏时有明显的拉断预兆;钢筋_____好,破坏时不至于发生脆断。

(10) 对钢筋进行冷拉时的双控是指同时控制钢筋的_____和钢筋的冷拉应力;单控是指只控制钢筋的_____,而不量测钢筋的_____。故当采用单控进行冷拉时,其控制应力比采用双控时的控制应力的取值略_____一些。

(11) 在描述混凝土强度的诸指标中,混凝土的基本强度指标是混凝土的_____。

(12) 按混凝土试件的“尺寸效应”,相同的混凝土试块当边长为 200 mm、150 mm、100 mm