



世纪高等教育工程管理系列规划教材

建筑结构 学习指导与习题

邹小静 杨鼎久 徐磊 编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



21 世纪高等教育工程管理系列规划教材

建筑结构学习指导与习题

邹小静 杨鼎久 徐 磊 编



机械工业出版社

本书是杨鼎久主编的教材《建筑结构》第3版的配套参考书,是根据工程管理专业“建筑结构”课程的教学要求,结合工程结构的发展动态,并按国家现行相关规范而编写的。全书共十三章。主要内容包括:钢筋和混凝土材料的力学性能、混凝土结构基本计算原则、钢筋混凝土受弯构件正截面承载力、钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力、钢筋混凝土受扭构件承载力、钢筋混凝土轴向受力构件承载力、钢筋混凝土构件变形及裂缝宽度验算、预应力混凝土结构的基本概念、钢筋混凝土现浇楼盖设计、多层和高层混凝土结构、砌体结构、钢结构和房屋抗震设计基础知识。每章都由内容精讲、综合练习和参考答案三部分组成,便于学生学习掌握相关内容。

本书主要作为土建类工程管理专业及其相关专业的本科教材或教学辅导书,同时可供从事土建工程技术的专业人员学习、参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构学习指导与习题/邹小静,杨鼎久,徐磊编. —北京:机械工业出版社,2016.12

21世纪高等教育工程系列规划教材

ISBN 978-7-111-55622-0

I. ①建… II. ①邹… ②杨… ③徐… III. ①建筑结构-高等学校-教学参考资料 IV. ①TU3

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第302685号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:冷彬 责任编辑:冷彬 责任校对:张薇

封面设计:张静 责任印制:李洋

保定中画美凯印刷有限公司印刷

2017年1月第1版第1次印刷

169mm×239mm·12.5印张·234千字

标准书号:ISBN 978-7-111-55622-0

定价:29.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

序

随着 21 世纪我国建设进程的加快，特别是经济的全球化大发展和我国加入 WTO 以来，国家工程建设领域对从事项目决策和全过程管理的复合型高级管理人才的需求逐渐扩大，而这种扩大又主要体现在对应用型人才的需求上，这使得高校工程管理专业人才培养面临新的挑战与机遇。

工程管理专业是教育部将原本科专业目录中的建筑管理工程、国际工程管理、投资与工程造价管理、房地产经营管理（部分）等专业进行整合后，设置的一个具有较强综合性和较大专业覆盖面的新专业。应该说，该专业的建设与发展还需要不断地改革与完善。

为了能更有利于推动工程管理专业教育的发展及专业人才的培养，机械工业出版社组织编写了一套该专业的系列教材。鉴于该学科的综合性和交叉性，以及近年来工程管理理论与实践知识的快速发展，本套教材本着“概念准确、基础扎实、突出应用、淡化过程”的编写原则，力求做到既能够符合现阶段该专业教学大纲、专业方向设置及课程结构体系改革的基本要求，又可满足目前我国工程管理专业培养应用型人才目标的需要。

本套教材是在总结以往教学经验的基础上编写的，主要注重突出以下几个特点：

（1）专业的融合性 工程管理专业是个多学科的复合型专业，根据国家提出的“宽口径、厚基础”的高等教育办学思想，本套教材按照该专业指导委员会制订的四个平台课程的结构体系方案，即土木工程技术平台课程及管理学、经济学和法律专业平台课程来规划配套。编写时注意不同的平台课程之间的交叉、融合，不仅有利于形成全面完整的教学体系，而且可以满足不同类型、不同专业背景的院校开办工程管理专业的教学需要。

（2）知识的系统性和完整性 因为工程管理专业人才是在国内外工程建设、房地产、投资与金融等领域从事相关管理工作，同时可能是在政府、教学和科研单位从事教学、科研和管理工作的复合型高级工程管理人才，所以本套教材所包含的知识点较全面地覆盖了不同行业工作实践中需要掌握的各方面知识，同时在



组织和设计上也考虑了与相邻学科有关课程的关联与衔接。

(3) 内容的实用性 教材编写遵循教学规律,避免大量理论问题的分析和讨论,提高可操作性和工程实践性,特别是紧密结合了工程建设领域实行的工程项目管理注册制的内容,与执业人员注册资格培训的要求相吻合,并通过具体的案例分析和独立的案例练习,使学生能够在建筑施工管理、工程项目评价、项目招标投标、工程监理、工程建设法规等专业领域获得系统深入的专业知识和基本训练。

(4) 教材的创新性与时效性 本套教材及时地反映工程管理理论与实践知识的更新,将本学科最新的技术、标准和规范纳入教学内容,同时在法规、相关政策等方面与最新的国家法律法规保持一致。

我们相信,本套系列教材的出版将对工程管理专业教育的发展及高素质的复合型工程管理人才的培养起到积极的作用,同时也为高等院校专业的教育资源和机械工业出版社专业的教材出版平台的深入结合,实现相互促进、共同发展的良性循环而奠定基础。

前言

由扬州大学、浙江大学宁波理工学院、黑龙江工程学院、长春工程学院合编的《建筑结构》一书于2005年作为21世纪高等教育工程管理系列规划教材之一出版了第1版,该书出版后受到广大读者和院校的欢迎,多次重印,后被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。近年来,由于《混凝土结构设计规范》《建筑抗震设计规范》《砌体结构设计规范》等相关规范的重新编制或局部修改,该书作者在第1版的基础上,根据部分高等学校的使用反馈意见和建议进行了修订,分别于2012年和2016年出版了第2版和第3版,并在教材市场继续保持热销。

“建筑结构”课程的学习、考试及实际应用环环相扣,前后铺垫,紧密相连,但又有所不同。学生的课前预习及课堂学习很重要,课后复习及课后练习也非常必要。为培养学生的自学能力,也为了配合《建筑结构》第3版的学习,我们编写了这本《建筑结构学习指导与习题》。

本书是结合现行国家标准《混凝土结构设计规范》《砌体结构设计规范》《建筑抗震设计规范》等相关规范和规程编写而成的。本书每章分为三大部分,第一部分为内容精讲,第二部分为综合练习,第三部分为参考答案。为方便学生学习,本书章节设置与《建筑结构》教材完全相同。

在综合练习部分,编入大量的练习题,题型包括填空题、选择题、判断题、问答题和计算题。其中填空题的答案基本上可在教材中直接找到,用来帮助学生复习教材的主要内容,是最基本的要求;选择题则需做一些思考,经判别后才能给出正确答案,这类题型也是学生毕业后参加各类注册执业资格考试最常见的题型;而问答题是为了考查学生分析问题及解决问题的能力。学生可以根据答题的情况,判断自己掌握本门课程的程度。

本书由扬州大学的教师编写。其中,杨鼎久编写第一~三章,邹小静编写第四~十一章和第十三章,徐磊编写第十二章。全书由邹小静负责统稿。在本书编写过程中,参考了多种相关教学参考书,从中吸收了很多编写经验,在此谨向这些参考书的作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中如有不当乃至错误之处,恳请广大读者批评指正。

编者

目 录

序

前言

第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能	1
一、内容精讲	1
二、综合练习	2
三、参考答案	6
第二章 混凝土结构基本计算原则	11
一、内容精讲	11
二、综合练习	12
三、参考答案	18
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力	26
一、内容精讲	26
二、综合练习	28
三、参考答案	39
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力	54
一、内容精讲	54
二、综合练习	55
三、参考答案	61
第五章 钢筋混凝土受扭构件承载力	71
一、内容精讲	71
二、综合练习	72
三、参考答案	74
第六章 钢筋混凝土轴向受力构件承载力	79
一、内容精讲	79
二、综合练习	80
三、参考答案	85



第七章 钢筋混凝土构件变形及裂缝宽度验算	94
一、内容精讲	94
二、综合练习	94
三、参考答案	99
第八章 预应力混凝土结构的基本概念	104
一、内容精讲	104
二、综合练习	105
三、参考答案	110
第九章 钢筋混凝土现浇楼盖设计	114
一、内容精讲	114
二、综合练习	115
三、参考答案	122
第十章 多层和高层混凝土结构	128
一、内容精讲	128
二、综合练习	129
三、参考答案	134
第十一章 砌体结构	143
一、内容精讲	143
二、综合练习	144
三、参考答案	148
第十二章 钢结构	152
一、内容精讲	152
二、综合练习	155
三、参考答案	169
第十三章 房屋抗震设计基础知识	183
一、内容精讲	183
二、综合练习	184
三、参考答案	187
参考文献	191

第 1 章

钢筋和混凝土材料的力学性能

一、内容精讲

本章主要介绍组成钢筋混凝土结构的材料——钢筋和混凝土这两种材料在本课程中所用的力学性能及其相互之间的作用。

(1) 我国主要的钢筋种类有热轧钢筋 (HPB300, Φ ; HRB335, Φ ; HRB400, Φ 和 HRB500 级, Φ)、钢绞线、消除应力钢丝和热处理钢筋等。其中热轧钢筋常用于普通钢筋混凝土结构, 钢绞线、消除应力钢丝和热处理钢筋主要用于预应力混凝土结构。HRB400 和 HRB500 是《混凝土结构设计规范》(以下简称《规范》) 提倡的主导钢筋, 钢筋混凝土结构中的纵向受力钢筋宜优先采用之。

(2) 钢筋按其受拉时应力-应变关系曲线的特点不同, 可分为有明显流幅和无明显流幅的钢筋。对有明显流幅钢筋以屈服强度作为强度取值的依据, 对于无明显流幅的钢筋, 则以条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 作为其强度取值的依据。

(3) 混凝土单向受力时的强度有立方体抗压强度 (f_{cu})、轴心抗压强度 (f_c) 和轴心抗拉强度 (f_t), 其中立方体抗压强度为混凝土材料性能的基本代表值, 以其强度标准值来划分混凝土的强度等级。混凝土在双轴受压和三轴受压时强度提高, 一向受拉而另一向受压时强度降低, 双向受拉时抗拉强度基本不变。

(4) 混凝土在荷载长期作用下, 应力不变, 其应变随时间的增长而继续增长的现象称为混凝土的徐变。影响混凝土徐变的因素很多, 主要有应力大小、加载时混凝土的龄期、材料组成和外部环境, 混凝土在空气中结硬时体积缩小的现象称为收缩。当混凝土的收缩受到限制时, 将在混凝土中产生拉应力, 导致混凝土中产生收缩裂缝。

(5) 钢筋与混凝土之间存在的黏结力是两者共同工作的基础。黏结力包括三部分, 即化学胶结力、摩擦力和机械咬合力。影响钢筋与混凝土黏结强度的因



素很多，主要有混凝土强度、钢筋的表面形状、混凝土保护层厚度及钢筋的净距、箍筋和端部焊接件的作用、侧向压应力和受力状态等。

(6) 钢筋的锚固和搭接是混凝土结构设计的重要内容，其实质是黏结问题，在实际工程中，应通过计算确定钢筋的锚固长度和搭接长度，并满足相应的构造要求。

二、综合练习

(一) 填空题

1. 按化学成分的不同，钢筋和钢丝可分为两大类_____和_____。
2. 含碳量增加，能使钢材强度_____，性质变_____，但也将使钢材的_____和_____降低，_____也会变差。
3. 软钢从开始加载到拉断，有_____个阶段，即_____阶段、_____阶段、_____阶段和_____阶段。
4. 钢筋混凝土中常用的 HRB400 级钢筋代号中数字 400 表示_____。
5. 有明显流幅的热轧钢筋，有两个强度指标，一个是屈服强度，另一个是_____。
6. 钢筋的塑性变形性能通常用_____和_____两个指标来衡量。
7. 热轧钢筋的强度标准值系根据_____确定，预应力钢绞线、钢丝和热处理钢筋的强度标准值系根据_____确定。
8. 我国混凝土结构设计规范规定以边长为_____的立方体，在温度为_____，相对湿度不小于_____的条件下养护_____天，用标准试验方法测得的具有_____保证率的立方体抗压强度_____ f_{cu} 作为混凝土强度等级，以符号_____表示，单位为_____。
9. 混凝土强度等级为 C30，即_____为 30N/mm^2 ，它具有_____的保证率。
10. 混凝土轴心抗拉强度 f_t 远低于立方体抗压强度 f_{cu} ， f_t 仅相当于 f_{cu} 的_____。
11. 混凝土的变形有两类：一类是由外荷载作用而产生的_____，另一类是由温度和干湿变化引起的_____。
12. 一般情况下，混凝土的强度提高时，延性会_____。
13. 混凝土在长期不变荷载作用下将产生_____变形，混凝土随水分的蒸发



将产生_____变形。

14. 混凝土的线性徐变是指徐变变形与_____成正比。

15. 影响黏结强度的因素除了钢筋的表面形状以外,还有混凝土的_____强度、浇筑混凝土时钢筋的_____、钢筋周围的混凝土_____等。

16. 钢筋强度越_____,直径越_____,混凝土强度越_____,则锚固长度要求越长。

17. 为了保证光圆钢筋的黏结强度的可靠性,规范规定绑扎骨架中的受拉光圆钢筋应在末端做成_____。

18. 钢筋的连接可分为_____、_____和焊接三种。

(二) 选择题

1. 热轧钢筋的含碳量越高,则()。

- A. 屈服台阶越长,伸长率越大,塑性越好,强度越高
- B. 屈服台阶越短,伸长率越小,塑性越差,强度越低
- C. 屈服台阶越短,伸长率越小,塑性越差,强度越高
- D. 屈服台阶越长,伸长率越大,塑性越好,强度越低

2. 下列哪一项说法不正确()。

- A. 消除应力钢丝和热处理钢筋可以用作预应力钢筋
- B. 《混凝土结构设计规范》允许采用冷加工钢筋作为混凝土结构用筋
- C. HPB300级钢筋不宜用作预应力钢筋
- D. 钢筋混凝土结构中的纵向受力钢筋宜优先采用 HRB400 级钢筋

3. 混凝土强度等级按照()确定。

- A. 立方体抗压强度标准值
- B. 立方体抗压强度平均值
- C. 轴心抗压强度标准值
- D. 轴心抗压强度设计值

4. 对于混凝土立方体抗压强度标准值而言,以下关于龄期和保证率的表达中,()是对的。

- A. 龄期为 21 天,保证率为 84.13%
- B. 龄期为 21 天,保证率为 95%
- C. 龄期为 28 天,保证率为 95%
- D. 龄期为 28 天,保证率为 97.73%

5. 下列说法正确的是()。

- A. 加载速度越快,测得的混凝土立方体抗压强度越低
- B. 棱柱体试件的高宽比越大,测得的抗压强度越高



- C. 混凝土立方体试件比棱柱体试件能更好地反映混凝土的实际受压情况
 D. 混凝土试件与压力机垫板间的摩擦力使得混凝土的抗压强度提高
6. 同一强度等级的混凝土, 各种强度之间的关系是 ()。
- A. $f_{ck} > f_{cuk} > f_{tk}$ B. $f_{cuk} > f_{ck} > f_{tk}$
 C. $f_{cuk} > f_{tk} > f_{ck}$ D. $f_{ck} > f_{tk} > f_{cuk}$
7. 混凝土在三向受压应力状态下, 与单向受压相比, 以下说法正确的是 ()。
- A. 复合抗压强度提高, 变形能力提高
 B. 复合抗压强度降低, 变形能力提高
 C. 复合抗压强度提高, 变形能力降低
 D. 复合抗压强度降低, 变形能力降低
8. 在轴向压力和剪力的共同作用下, 混凝土的抗剪强度 ()。
- A. 随压应力的增大而增大
 B. 随压应力的增大而减小
 C. 随压应力的增大而增大, 但压应力超过一定值后, 抗剪强度反而减小
 D. 与压应力无关
9. 混凝土的水灰比越大, 水泥用量越多, 则徐变及收缩值 ()。
- A. 越大 B. 越小 C. 基本不变
10. 钢筋混凝土轴心受压构件中混凝土的徐变将使 ()。
- A. 钢筋的应力减小, 混凝土的应力增大
 B. 钢筋的应力增大, 混凝土的应力减小
 C. 钢筋与混凝土两者应力不变化
11. 在室外预制一块钢筋混凝土板, 养护过程中发现其表面出现微细裂缝, 其原因是 ()。
- A. 混凝土与钢筋热胀冷缩变形不一致
 B. 混凝土徐变变形
 C. 混凝土干缩变形
12. 受拉钢筋锚固长度 l_a 和受拉钢筋绑扎搭接长度 l_l 的关系是 ()。
- A. $l_a > l_l$ B. $l_a = l_l$ C. $l_a < l_l$
13. 为了保证钢筋的黏结强度的可靠性, 《混凝土结构设计规范》规定: ()。
- A. 所有钢筋末端必须做成半圆弯钩
 B. 所有光圆钢筋末端必须做成半圆弯钩
 C. 绑扎骨架中的受拉光圆钢筋应在末端做成 180° 弯钩
14. 受压钢筋的锚固长度比受拉钢筋的锚固长度 ()。



- A. 大 B. 小 C. 相同

15. 当混凝土强度等级由 C20 变为 C30 时, 受拉钢筋的最小锚固长度 l_a ()。

- A. 增大 B. 减小 C. 不变

16. 钢筋强度越高, 直径越粗, 混凝土强度越低, 则锚固长度要求 ()。

- A. 越长 B. 越短 C. 不变

(三) 判断题

1. 一般来说, 钢材含碳量越高, 其强度越高, 伸长率也越大。 ()
2. 热处理钢筋属于有明显流幅的钢筋。 ()
3. 普通热轧钢筋受压时的屈服强度与受拉时基本相同。 ()
4. 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15。 ()
5. 混凝土各项强度指标的基本代表值是轴心抗压强度标准值。 ()
6. 单向受压的混凝土试件, 在达到极限压应变时应力同时达到最大。 ()
7. 混凝土立方体试块的尺寸越大, 强度越高。 ()
8. 混凝土在三向压力作用下的强度可以提高。 ()
9. C30 表示 $f_{\text{cu,k}} = 30 \text{ N/mm}^2$ 。 ()
10. 混凝土抗拉强度随着混凝土强度等级提高而增大。 ()
11. 不同强度等级的混凝土, 强度等级越高, 其变形能力越强。 ()
12. 混凝土在剪应力和法向应力双向作用下, 抗剪强度随拉应力的增大而增大。 ()
13. 混凝土的弹性模量不小于变形模量。 ()
14. 混凝土受拉时的弹性模量与受压时相同。 ()
15. 线性徐变是指压应力较小时, 徐变与应力成正比, 而非线性徐变是指混凝土应力较大时, 徐变增长与应力不成正比。 ()
16. 混凝土收缩、徐变与时间有关, 且互相影响。 ()
17. 混凝土的徐变与其应力水平无关。 ()
18. 轴心受拉构件的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接接头。 ()

(四) 问答题

1. 建筑用钢有哪些种类? 常用钢筋的级别名称、代号为何?
2. 画出软钢和硬钢的受拉应力-应变曲线, 并说明两种钢材应力-应变发展阶段和各自特点。
3. 混凝土结构对钢筋的性能有哪些要求?



4. 常用钢筋是否都有明显的屈服点, 设计时它们取什么强度作为设计的依据? 为什么?
5. 带肋钢筋与光圆钢筋相比, 主要有什么优点? 为什么?
6. 什么是钢筋的塑性? 钢筋的塑性性能是由哪些指标反映的?
7. 混凝土有哪几个强度指标? 各用什么符号表示? 相互关系如何?
8. 试述混凝土棱柱体试件在单向受压短期加载时应力-应变曲线的特点。在结构计算中, 峰值应力对应应变和极限压应变各在什么时候采用?
9. 混凝土处于三向受压状态时, 其强度和变形能力有何变化? 举例说明工程中是如何利用这种变化的。
10. 什么是混凝土的弹性模量? 如何确定?
11. 什么是混凝土的徐变? 影响混凝土徐变的主要因素有哪些? 徐变会对结构造成哪些影响?
12. 钢筋与混凝土之间的黏结力由哪几部分组成, 影响黏结强度的主要因素有哪些?
13. 带肋钢筋和光圆钢筋黏结力组成有何异同?
14. 钢筋的锚固长度和搭接长度应如何确定?

三、参考答案

(一) 填空题

1. 碳素钢; 普通低合金钢
2. 提高; 硬; 塑性; 韧性; 焊接性能
3. 四; 弹性; 屈服; 强化; 破坏
4. 屈服强度标准值
5. 极限强度
6. 伸长率; 冷弯性能
7. 屈服强度; 极限抗拉强度
8. 150mm; $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$; 90%; 28; 95%; 标准值; C; N/mm^2
9. 立方体抗压强度标准值; 95%
10. $1/18 \sim 1/9$
11. 受力变形; 体积变形
12. 降低
13. 徐变; 收缩
14. 应力



15. 抗拉；位置；厚度
16. 高；粗；低
17. 180°弯钩
18. 绑扎搭接；机械连接

(二) 选择题

1. C；2. B；3. A；4. C；5. D；6. B；7. A；8. C；9. A；10. B；11. C；12. C；13. C；14. B；15. B；16. A

(三) 判断题

1. ×；2. ×；3. √；4. ×；5. ×；6. ×；7. ×；8. √；9. √；10. √；11. ×；12. ×；13. √；14. √；15. √；16. √；17. ×；18. √

(四) 问答题

1. 按外形可分为光面钢筋和变形钢筋两大类。按化学成分可分为碳素钢和普通低合金钢两类。按生产工艺，钢筋可分为热轧钢筋，和热处理钢筋。

HPB300 级，用代号 Φ 表示；HRB335 级（HRBF335 级），用符号 Φ （ Φ^F ）表示；HRB400 级（HRBF400 级），用符号 Φ （ Φ^F ）表示；HRB500 级（HRBF500 级），用符号 Φ （ Φ^F ）表示。

2. 图 1-1 是软钢（有明显流幅的钢筋）的应力-应变曲线。在 a 点（比例极限）之前，应力与应变成比例变化；过 a 点后，应变较应力增长为快，到达 b 点（屈服上限）钢筋开始塑流； c 点（屈服下限）之后，钢筋进入流幅，应力基本不增加，而应变剧增，应力-应变成水平线；过 c 点以后，应力又继续上升，到达 e 点（极限强度）；过 e 点后钢筋出现颈缩，应变迅速增加，应力随之下降，在 f 点钢筋被拉断。

图 1-2 是硬钢（无明显流幅的钢筋）的应力-应变曲线。这类钢筋在计算时是以条件流限作为强度指标的。条件流限是指钢筋经过加载和卸载后永久残余变形为 0.2% 时所对应的应力值，以 $\sigma_{0.2}$ 表示。《规范》取 $\sigma_{0.2}$ 为极限抗拉强度 σ_b 的 0.85 倍。

- 3.1) 要求钢筋强度高，可以节省钢材。
- 2) 要求钢筋的塑性好，使结构在破坏之前有明显的预兆。
- 3) 要求钢筋的可焊性好，使钢筋焊接后不产生裂纹及过大的变形。
- 4) 要求钢筋与混凝土的黏结锚固性能好，使钢筋与混凝土能有效地共同工作。
4. 常用钢筋都有明显的屈服极限。设计时取它们的屈服强度 f_y 作为设计的



依据。因为钢筋达到 f_y 后进入屈服阶段，应力不加大而应变大大增加，当进入强化阶段时应变已远远超出允许范围。所以钢筋的受拉设计强度以 f_y 为依据。强化阶段超过 f_y 的强度只作为安全储备，设计时不予考虑。

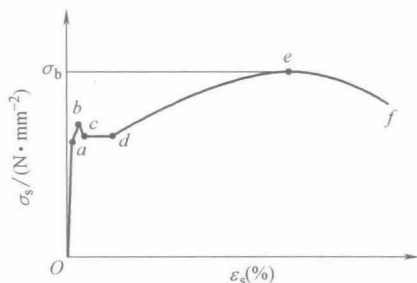


图 1-1 软钢的应力-应变曲线

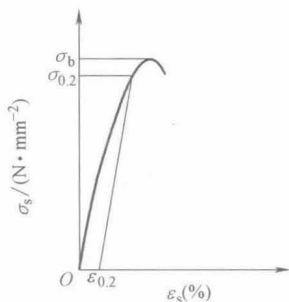


图 1-2 硬钢的应力-应变曲线

5. 主要优点是混凝土的黏结性能好得多，这是因为表面突出的横肋造成的机械咬合作用可以大大增加两者之间黏结力，采用带肋钢筋可以显著减小裂缝宽度。

6. 钢筋的塑性是指钢筋受力后的变形能力。钢筋的塑性性能是以伸长率和冷弯性能来表述的。

7. 混凝土有：

- 1) 混凝土的立方体抗压强度，用符号 f_{cu} 表示。
- 2) 混凝土轴心抗压强度，用符号 f_c 表示。
- 3) 混凝土轴心抗拉强度 f_t ，用符号 f_t 表示。 $f_{cu} > f_c > f_t$ 。

8. 图 1-3 是一次短期加载下混凝土的应力-应变曲线。OA 段 ($\sigma \leq 0.3f_c^0$)， σ - ε 关系接近直线，主要是骨料结晶体受力产生的弹性变形。AB 段 ($0.3f_c^0 < \sigma < 0.8f_c^0$)，混凝土呈现明显的塑性，应变增长快于应力的增长。BC 段 ($0.8f_c^0 < \sigma < 1.0f_c^0$)，应变增长更快，直到峰值应力 f_c^0 ，应力此时达到最大值—棱柱体抗压强度 f_c^0 ，对应的应变为 ε_0 。CD 段，混凝土压应力逐渐下降，当应变达到 ε_{cu} ，应力下降趋缓，逐渐稳定。

峰值应力对应应变 ε_0 ，是均匀受压构件承载力计算的应变依据，一般为 0.002 左右。极限压应变 ε_{cu} ，是混凝土非均匀受压时承载力计算的应变依据，一般取 0.0033 左右。

9. 其强度和变形能力都得到很大提高。工程上的应用例子如螺旋箍筋柱和钢管混凝土柱。螺旋箍筋内的混凝土和钢管内的混凝土实际上都处于三向受压状态，它们的强度和变形能力都得到很大提高。

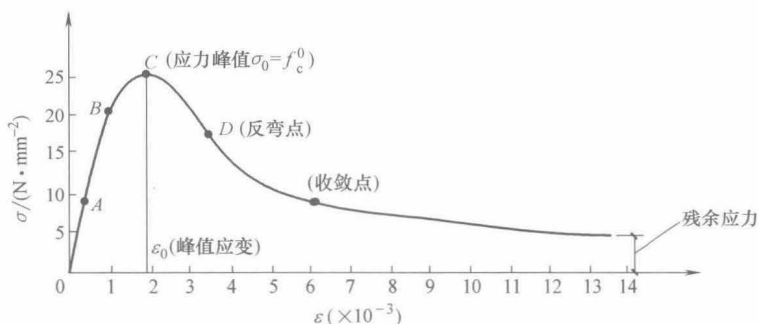


图 1-3 混凝土受压时的应力-应变曲线

10. 混凝土棱柱体一次加载应力-应变曲线原点切线的斜率为混凝土的原点切线模量，简称为弹性模量 E_c 。

混凝土的弹性模量利用混凝土在重复荷载作用下的性质，以 $\sigma = (0.4 \sim 0.5) f_c$ 重复加卸载 5 ~ 10 次后，应力-应变关系曲线近似为直线，且该直线与第一次加载时曲线的原点切线基本平行的特点，进行测定。

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + \frac{34.7}{f_{cu,k}}}$$

11. 在不变的应力长期持续作用下，混凝土的变形随时间的增加而增长的现象称为徐变。

徐变主要与应力大小、内部组成和环境几个因素有关。所施加的应力越大，徐变越大；水泥用量越多，水灰比越大，则徐变越大；骨料越坚硬，徐变越小；振捣条件好，养护及工作环境湿度大，养护时间长，则徐变小。

徐变会使构件变形增加，使构件的应力发生重分布。在预应力混凝土结构中徐变会造成预应力损失。在混凝土超静定结构中，徐变会引起内力重分布。

12. 钢筋与混凝土之间存在的黏结力是两者共同工作的基础。黏结力包括三部分，即化学胶结力、摩擦力和机械咬合力。影响钢筋与混凝土黏结强度的因素很多，主要有混凝土强度、钢筋的表面形状、混凝土保护层厚度及钢筋的净距、箍筋和端部焊接件的作用、侧向压应力和受力状态等。

13. 黏结力构成的相同点为：

- 1) 水泥凝胶体与钢筋表面之间的胶着力。
- 2) 混凝土收缩将钢筋裹紧而产生的摩擦力。

不同点是：光圆钢筋的表面不平整与混凝土之间有一定的机械咬合力，但数值很小。

而带肋钢筋表面凸出的横肋对混凝土能产生很大的挤压力。这使得带肋钢筋