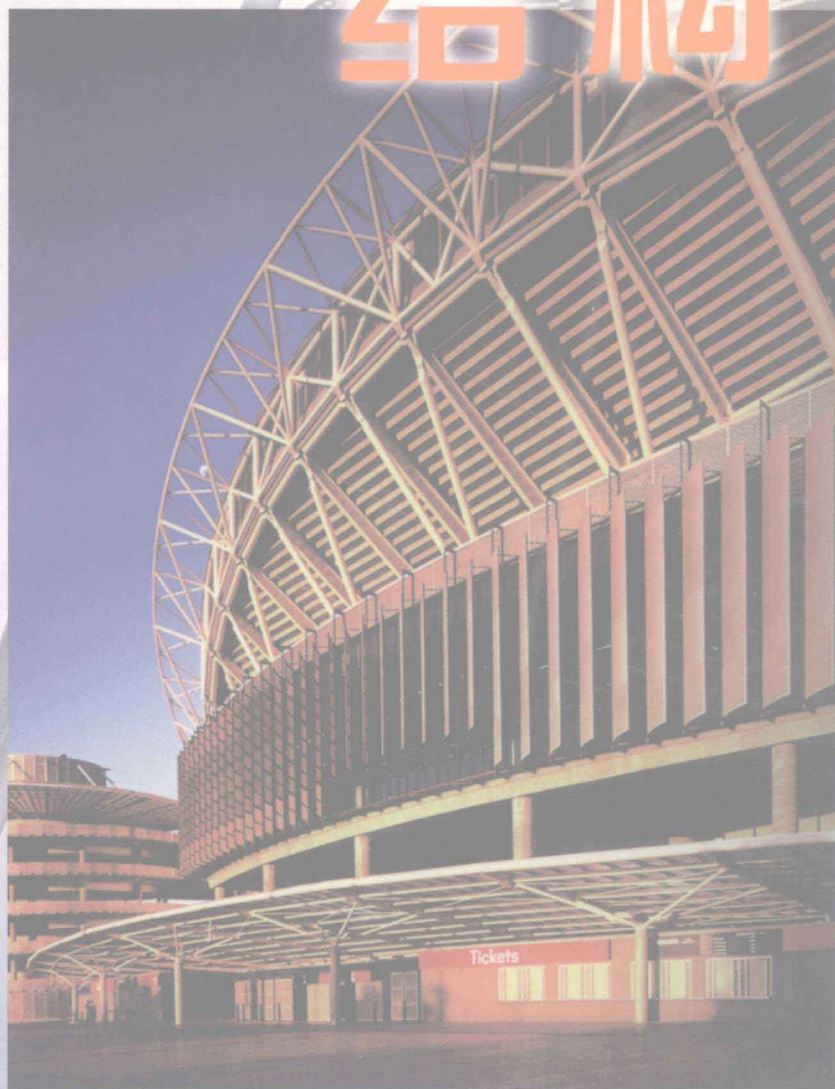


中等专业学校适用教材

河南省郑州水利学校 山西省水利学校 编
河南省水利水电学校 甘肃省水利水电学校

建筑 结构



黄河水利出版社

中等专业学校适用教材

建 筑 结 构

河南省郑州水利学校 山西省水利学校 编
河南省水利水电学校 甘肃省水利水电学校

黄河水利出版社

内 容 提 要

根据国家颁布的《水工混凝土结构设计规范》(SL/T 191-96)、《水工建筑物荷载设计规范》(DL 5077-1997)和《砌体结构设计规范》(GBJ 3-88)、《建筑结构荷载规范》(GBJ 9-87)并适当参照了《混凝土结构设计规范》(GBJ 10-89)编写而成。全书共分十二章,内容包括:钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构和砌体结构等建筑结构类型,介绍了各类结构的材料性能、设计理论和设计方法,基本构件的设计计算和构造要求等。书中各章节均附有小结、思考题和习题。

本书中的例题大多取之于实际工程,具有较强的使用性,除可作为中等专业学校适用教材外,亦可作为水利水电建筑工程专业自学考试用书、高等职业技术教育培训教材以及水利水电工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构/李瑞锋主编. —郑州:黄河水利出版社,2000.6
ISBN 7-80621-421-6

I. 建… II. 李… III. 建筑结构 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 25282 号

责任编辑:武会先
责任校对:周 宏

封面设计:朱 鹏
责任印制:常红昕

出版发行:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 12 层 邮编:450003

发行部电话:(0371)6302620 传真:6302219

E-mail:yrp@public2.zz.ha.cn

印 刷:黄委会设计院印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19

版 别:2000 年 6 月第 1 版

印 数:1—4 000

印 次:2000 年 6 月 郑州第 1 次印刷

字 数:439 千字

定 价:24.80 元

前 言

参照水利部科教司最新制定的中等专业学校水利水电类专业教材选题和水利水电工程建筑、水利工程、农田水利工程三个专业的《建筑结构》课程教学大纲及多年的教学实践经验我们组织编写了该书。全书共十二章,内容主要包括钢筋混凝土结构、砌体结构两部分,对预应力混凝土结构的基本概念也作了专章论述。书中重点介绍了各种结构材料性能、设计的基本理论和方法、基本构件的设计计算和构造要求等。

本书的内容是按照中华人民共和国行业标准《水工混凝土结构设计规范》(SL/T 191-96)、《水工建筑物荷载设计规范》(DL 5077-1997)和《砌体结构设计规范》(GBJ 3-88)、《建筑结构荷载规范》(GBJ 9-87)并适当参照了《混凝土结构设计规范》(GBJ 10-89)编写而成。为联系实际,书中编写了一定数量的例题并在满足教学的条件下从实际工程的设计资料中选择了一定数量的工程设计实例。为了便于学生学习掌握,在书中的每一章后面还附有小结、思考题和习题。

本书由李瑞锋(河南省郑州水利学校)、王文龙(山西省水利学校)任主编,由王云昌(河南省科学院)、陈雪光(河南省水利水电学校)、王启田(山东省水利学校)及张香台(甘肃省水利水电学校)任副主编;河南省郑州水利学校高级讲师王志凯和山西省水利学校高级讲师解爱国担任主审。

参加本书编写的主要人员有河南省郑州水利学校、山西省水利学校、河南省水利水电学校、甘肃省水利水电学校、山东省水利学校及河南省科学院等具有丰富教学经验的教师和具有丰富实践经验的工程师。其中第一、二、八章及附录由陈雪光、时兴邦、马竹青共同执笔;第三、五、七章由王文龙、南水仙、张香台共同执笔;第四、六、十一、十二章由李瑞锋、徐水平、李连水、岳学超共同执笔;绪论、第九、十章由李瑞锋、王云昌、王启田共同执笔。

本书特邀《水工混凝土结构设计规范》(SL/T 191-96)的主要起草人之一、郑州工业大学李平先副教授作为技术顾问。李平先副教授参与了本书的通编工作,对本书的编写提出了许多宝贵意见。

本书在编写过程中得到了参编学校领导的大力支持和帮助,在此一并致谢。对于本书中存在的错误和缺点,热忱地希望有关兄弟院校在使用过程中及时指正。

编 者

2000年3月

目 录

前言

绪论	(1)
思考题	(4)
第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能	(5)
第一节 钢筋	(5)
第二节 混凝土	(9)
第三节 钢筋与混凝土的相互作用——粘结	(18)
小结	(23)
思考题	(23)
第二章 混凝土结构设计的基本原则	(24)
第一节 基本知识	(24)
第二节 荷载的标准值和设计值	(29)
第三节 材料强度的标准值和设计值	(32)
第四节 水工混凝土结构设计规范的实用设计表达式	(35)
小结	(38)
思考题	(39)
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	(40)
第一节 受弯构件正截面的一般构造	(41)
第二节 受弯构件正截面破坏的试验研究	(44)
第三节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(48)
第四节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	(57)
第五节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	(63)
小结	(69)
思考题	(69)
习题	(70)
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	(72)
第一节 概述	(72)
第二节 梁斜截面的受力特点与破坏形态	(74)
第三节 有腹筋梁斜截面受剪承载力计算	(78)
第四节 钢筋混凝土梁的斜截面受弯承载力	(88)
第五节 构造要求	(92)
第六节 钢筋混凝土伸臂梁设计实例	(97)
小结	(104)

思考题	(105)
习题	(105)
第五章 钢筋混凝土受压构件承载力计算	(107)
第一节 概述	(107)
第二节 受压构件的一般构造	(108)
第三节 轴心受压构件正截面承载力计算	(110)
第四节 偏心受压构件正截面承载力计算	(114)
第五节 矩形截面偏心受压构件对称配筋的计算	(127)
第六节 偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	(131)
小结	(132)
思考题	(133)
习题	(133)
第六章 钢筋混凝土受拉构件正截面承载力计算	(134)
第一节 概述	(134)
第二节 轴心受拉构件正截面承载力计算	(135)
第三节 偏心受拉构件正截面承载力计算	(136)
第四节 偏心受拉构件斜截面受剪承载力计算	(141)
小结	(142)
思考题	(142)
习题	(142)
第七章 钢筋混凝土受扭构件承载力计算	(144)
第一节 概述	(144)
第二节 钢筋混凝土矩形截面纯扭构件承载力计算	(144)
第三节 钢筋混凝土矩形截面构件在弯、剪、扭共同作用下的承载力计算	(148)
小结	(152)
思考题	(152)
习题	(152)
第八章 钢筋混凝土结构正常使用极限状态验算	(153)
第一节 概述	(153)
第二节 抗裂验算	(154)
第三节 裂缝开展宽度的验算	(159)
第四节 受弯构件挠度验算	(166)
小结	(169)
思考题	(169)
习题	(170)
第九章 钢筋混凝土肋形结构及刚架结构	(172)
第一节 肋形结构的组成及分类	(172)
第二节 整体式单向板肋形结构	(173)

第三节	整体式双向板肋形结构	(196)
第四节	刚架结构	(199)
第五节	牛腿	(202)
第六节	柱下基础	(205)
小结		(210)
思考题		(210)
习题		(211)
第十章	预应力混凝土结构	(213)
第一节	基本知识	(213)
第二节	施加预应力的方法和张拉机具	(217)
第三节	张拉控制应力和预应力损失	(223)
第四节	预应力混凝土构件的一般构造要求	(229)
小结		(231)
思考题		(231)
第十一章	砌体材料和砌体的力学性能	(232)
第一节	砌体材料	(232)
第二节	砌体的种类及力学性能	(235)
小结		(241)
思考题		(242)
第十二章	砌体结构构件承载力的计算	(243)
第一节	砌体结构的计算原理	(243)
第二节	无筋砌体受压构件的承载力计算	(244)
第三节	局部受压的计算	(252)
第四节	轴心受拉、受弯、受剪构件的计算	(257)
第五节	墙、柱高厚比的验算	(260)
第六节	圈梁、过梁和挑梁	(263)
小结		(273)
思考题		(273)
习题		(274)
附录		(275)
参考文献		(296)

绪 论

一、建筑结构的功​​能要求与学习目的

在工程建筑中,由建筑材料制作的若干构件连接而成的能承受各种作用的平面或空间体系,称为建筑结构。例如,水工建筑中由面板、梁格构成的平面闸门;房屋建筑中由梁、柱构成的框架等。

建筑结构在规定时间内(设计基准期一般为 50 年),必须满足下列各项功能要求。

1. 安全性

能承受在正常施工和正常使用过程中可能出现的各种作用(如荷载、温度变化等),在偶然事件发生时及发生后(如地震、校核洪水位等)仍能保持必需的整体稳定性。

2. 适用性

在正常使用时具有良好的工作性能。

3. 耐久性

在正常维护下具有足够的耐久性能。

结构的安全性、适用性和耐久性,统称结构的可靠性。为了保证结构的可靠性,在进行结构设计时必须做到:

(1)满足现行规范承载能力极限状态计算要求。满足此项要求后,就会保证结构构件在正常使用时有能力抵抗各种作用效应(包括荷载的直接作用效应与温度变化等原因引起的间接作用效应)。

(2)满足现行规范正常使用极限状态验算要求。满足此项要求后,就会保证结构构件在正常使用和正常维护下具有良好的适用性和足够的耐久性。

学习本课程的目的:①熟练掌握水工钢筋混凝土结构构件设计计算的基本方法和构造规定;②逐步提高对各种建筑结构问题的分析能力和解决能力,为学习有关专业课和顺利地从事结构设计工作打下牢固的基础。

二、建筑结构的内容

建筑结构按照组成材料的不同可分为钢筋混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构四种。本书内容包括实际工程中广泛采用的钢筋混凝土结构和砌体结构两部分。钢筋混凝土结构是按照《水工混凝土结构设计规范》(SL/T 191-96)(以下简称《规范》)编写的;砌体结构是按照《砌体结构设计规范》(GBJ 3-88)编写的。

(一)钢筋混凝土结构部分

1. 钢筋混凝土结构的概念

由钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料按照一定方式结合而成的共同受力的结构,称为钢筋混凝土结构。钢筋混凝土结构,按照初始应力状态的不同可分为普通混凝土结构和预应力混凝土结构。

普通钢筋混凝土结构构件的钢筋配置方式和一般工作原理如图 0-1 所示。

在钢筋混凝土受弯构件中(图 0-1a),混凝土主要承受压力并保证构件的整体刚度;钢筋主要配置在受拉区以抵抗拉力,并限制着受拉混凝土裂缝的集中扩展。只要设计合理,钢筋和混凝土两种材料的力学性能都可以得到充分发挥。

在钢筋混凝土受压构件中(图 0-1b),钢筋既可抗拉也可抗压,从而可提高构件的承载能力。此外,配置钢筋还可增强构件的延性,防止混凝土出现突然的脆性破坏。

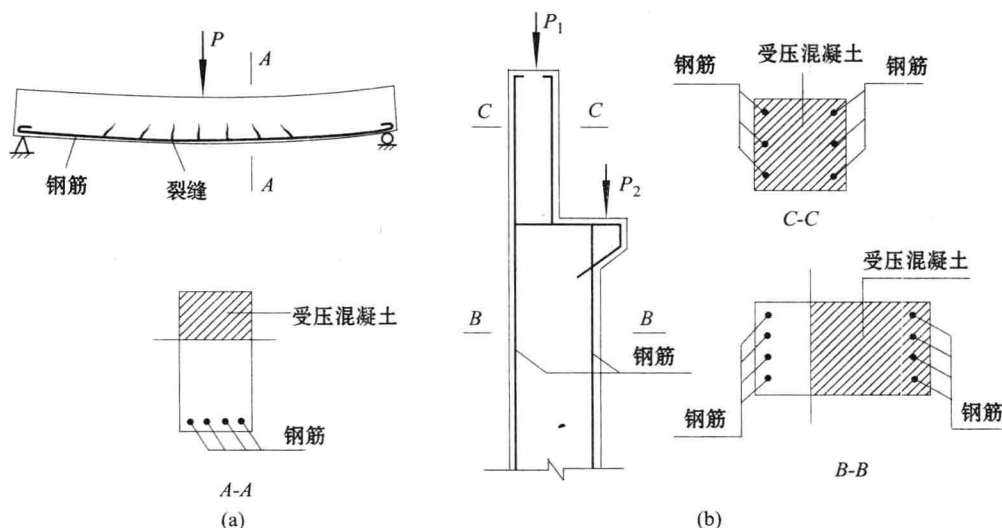


图 0-1 钢筋混凝土构件钢筋配置方式和一般工作原理

(a)受弯构件;(b)受压构件

钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料之所以能结合在一起共同受力,主要是因为:

- ①两者之间具有足够的粘结力,即混凝土硬化后能与钢筋牢固地粘结成一个整体,当构件承受作用时,钢筋和混凝土之间不会发生相对滑移;粘结力是两者能够共同受力的基础。
- ②两者的温度线膨胀系数非常接近(钢筋为 1.2×10^{-5} ;混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}$),当温度变化时,钢筋和混凝土之间的粘结力不会由于胀缩不同而破坏。

2. 钢筋混凝土结构的主要优缺点

钢筋混凝土结构除了能合理利用钢筋和混凝土两种材料的力学性能外,还具有下列主要优点:

(1)耐久性好。根据实际观察,建造很久的钢筋混凝土结构中的钢筋,由于受到混凝土的保护而不致锈蚀,同时混凝土本身的强度又随时间的增加而有所增强,所以钢筋混凝土具有良好的耐久性,不像钢结构那样需要经常地保养和维修,即使处于侵蚀性气体中或受海水浸泡的钢筋混凝土结构,只要选择适当的水泥和骨料,经过合理的设计,其耐久性也很好。

(2)耐火性好。由于混凝土是不良的传热导体,钢筋有混凝土作为保护层,就不致因高温而很快地达到钢材软化的危险温度(500°C 左右),所以钢筋混凝土结构是耐火结构。

(3)可模性好。钢筋混凝土结构可以根据实际需要浇制成各种形状和尺寸的结构,容

易满足建筑上的要求。

(4)整体性好。与砌体结构相比,钢筋混凝土结构具有较好的整体刚度,特别是整体现浇的钢筋混凝土结构,具有较好的抗震和防爆性能。

但是,钢筋混凝土结构也存在下列主要缺点:

(1)自重大。钢筋混凝土的重力密度一般为 25kN/m^3 ,比砌体和木材的重力密度都大。它虽然比钢材的重力密度小,但结构的截面尺寸较大,因而其自重远远超过相同跨度或高度的钢结构的重量。

(2)抗裂性差。由于混凝土的抗拉强度很低,当受拉钢筋发挥作用时,将使受拉区混凝土拉伸开裂。因此,钢筋混凝土构件的受拉区经常带裂缝工作。尽管裂缝的存在并不意味着结构发生破坏,但是它影响着结构的适用性和耐久性。

随着科学技术的发展,钢筋混凝土结构的上述主要缺点正在得到克服或改善。如采用轻质高强混凝土可减轻结构的自重;采用预应力混凝土结构(即预先在混凝土的受拉区施加压力,造成人为的压应力状态,使产生的压应力全部或部分地抵消荷载作用产生的拉应力的结构)可提高结构的抗裂性能。因此可以说,钢筋混凝土结构在今后相当长时期内仍然是占主导地位的工程结构。

(二)砌体结构部分

1. 砌体结构的概念

砌体结构是指用各种块材通过砂浆铺缝砌筑而成的结构。目前,我国常用的块材是砖、石和砌块,相应的砌体分别为砖砌体、石砌体和砌块砌体。

2. 砌体结构的主要优缺点

砌体结构具有下列优点:

(1)可就地取材,价格低廉。砖主要用粘土烧制,石材的原料是天然石,砌块可以用工业废料(矿渣)制作,来源方便,价格低廉。

(2)耐火性和耐久性好。砖、石或砌块砌体具有良好的耐火性和较好的耐久性。

(3)施工方便。砌体砌筑时不需要模板和特殊的施工设备。

(4)保温和隔热性好。砖墙和砌块墙体能够隔热和保温,所以它既是较好的承重结构,也是较好的围护结构。

但是,砌体结构也存在下列缺点:

(1)自重大。与钢筋混凝土相比,砌体的强度较低,因而构件的截面尺寸较大,材料用量多,自重大。

(2)施工劳动量大。砌体的砌筑基本上是手工方式,施工劳动量大。

(3)抗震性差。砌体的抗拉和抗剪强度都很低,因而抗震性能差。

(4)抗渗抗冻性差。在水工结构中常需另设混凝土防渗层。

砌体结构一般仅适用于建筑受压的结构。在水工建筑中除了用来修建小型拦河坝以外,更普遍地用于修筑挡土墙、渡槽、拱桥、涵洞、溢洪道、消力池、水闸以及渠道护面等。在民用和工业建筑中的墙、柱和基础都可采用砌体结构。

三、建筑结构的特點及教學中應注意的問題

1. 建築結構的特點

建築結構是水利水電类专业中最重要的一門技術基礎課程之一。它的主要基礎課程是工程力學。工程力學中關於構件計算的基本理論、基本方法是學習建築結構的必要基礎。如利用幾何關係、物理關係和平衡條件來建立公式的方法,對鋼筋混凝土結構仍是適用的,但工程力學中構件的計算公式在鋼筋混凝土構件計算中不能直接應用。這是因為工程力學中組成構件的材料是單一、勻質、連續、彈性的,而鋼筋混凝土結構構件的材料卻是由鋼筋和混凝土複合而成的彈塑性材料。工程力學側重於對構件的內力分析和變形計算,其解答往往是惟一的;而在鋼筋混凝土結構中不僅要計算構件的內力和變形,更重要的是研究結構構件的設計問題(包括方案優化、尺寸擬定、材料選擇、配筋構造等),結構構件設計是一個綜合性問題,其解答不是惟一的。

2. 教學中應注意的問題

(1)在某種意義上說,建築結構是一門力學課程。因為本課程研究的是由鋼筋和混凝土複合而成的彈塑性材料,所以在學習時應注意它與研究理想彈性體的工程力學之間的異同點。鋼筋混凝土的力學性能,除了與鋼筋和混凝土兩種材料各自的力學性能有關外,還取決於結構的受力狀態、配筋方式和配筋數量等因素。鑑於鋼筋混凝土強度理論的複雜性,迄今為止,鋼筋混凝土結構的計算公式常常是在大量實驗基礎上與理論分析相結合建立起來的。因此,在教學過程中:①要注意建立公式時所採用的計算應力圖形、引入參數的意義;②要注意計算公式的適用條件。

(2)要充分重視對構造要求的學習。構造要求是《規範》對長期科學實驗和工程經驗的總結。在設計結構和構件時,承载力計算與構造要求是相輔相成的。因此,在學習過程中不必死記硬背構造的具体規定,但應注意弄懂其中的道理,並通過平時的作業、課程設計等環節逐步掌握一些基本構造要求。

(3)建築結構是一門結構設計課程,具有很强的實踐性。搞好結構設計,除了要有堅實的基本知識外,還需綜合考慮材料、施工、經濟、構造要求等各方面的因素。為了培養學生對各種因素的綜合分析能力,在設計實踐中必須對學生在結構分析計算、編寫設計書、繪制施工圖等基本技能方面提出嚴格的要求。

思 考 題

- 0-1 什麼叫建築結構? 它應滿足哪些功能要求?
- 0-2 什麼叫鋼筋混凝土結構? 它有哪些主要優缺點?
- 0-3 鋼筋和混凝土兩種材料能共同工作的原因是什麼?
- 0-4 什麼叫砌體結構? 它有哪些主要優缺點?
- 0-5 學習《建築結構》時應注意哪些問題?

第一章 钢筋和混凝土材料的力学性能

混凝土结构是由两种力学性能不同的材料——钢筋和混凝土组成的。了解钢筋和混凝土材料的力学性能及相互作用是掌握钢筋混凝土结构受力性能、计算理论和设计方法的前提和基础。

第一节 钢 筋

一、钢筋的成分、种类与级别

(一)钢筋的成分

我国目前常用的钢材有碳素钢和普通低合金钢。碳素钢除含有铁元素外还含有少量的碳、硅、锰、硫、磷等元素。含碳量越高,碳素钢的强度越高,但塑性降低;反之塑性好,但强度降低。碳素钢按含碳量的多少可分为低碳钢(含碳量小于 0.25%)、中碳钢和高碳钢(含碳量大于 0.6%)。锰、硅可提高钢的强度,并保持一定的塑性;硫、磷是有害元素,含量超过一定限度会使钢材变脆,塑性显著降低,不利于焊接。普通低合金钢是在碳素钢的基础上,再加入少量的合金元素如硅、锰、矾、钛等加工而成,一般按主要合金元素命名,如 25 锰、40 硅 2 锰矾、45 锰硅矾等。在普通低合金钢筋名称中,前面的数字代表平均含碳量的万分数,合金元素后面的数字表示该元素含量的取整百分数,当其含量小于 1.5% 时,不加尾标数字;当其含量大于 1.5% 小于 2.5% 时,取尾标数为 2。

(二)钢筋的种类与级别

按照生产加工工艺和力学性能的不同,用于钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构中的钢筋(一般直径不小于 6mm 的称为钢筋,直径不大于 5mm 的称为钢丝)可分为热轧钢筋、冷拉钢筋、冷轧带肋钢筋和热处理钢筋等四类。热轧钢筋是冶金工厂直接热轧成型的,有明显的屈服点和流幅,分为 I、II、III、IV 四个级别。随着级别的增大,钢筋的强度提高,塑性降低(图 1-1)。

冷拉钢筋和冷轧带肋钢筋都是由热轧钢筋冷加工而成,其屈服强度高于相应等级的热轧钢筋,但塑性降低。冷拉钢筋可分为冷拉 I、II、III、IV 四个级别,其中冷拉 I 级钢筋可用于普通混凝土结构,但一般不用于水工钢筋混凝土轴心受拉及小偏心受拉构件。这是因为上述两种构件为全截面受拉,要求构件正常生产使用时不出现裂缝,因而经过冷拉后的钢筋强度不能充分利用。冷拉 II、III、IV 级钢筋常用做预应力混凝土结构的预应力钢筋。冷轧带肋钢筋是由热轧圆盘条(母材)经冷拉减小直径后在其表面冷轧成带有斜肋的钢筋,可明显提高屈服强度。冷轧带肋钢筋按强度高低分为 LL550、LL650、LL800 三个级别。

钢丝类包括光面钢丝、刻痕钢丝、钢绞线(用光面钢丝绞在一起)和冷拔低碳钢丝等。

热处理钢筋是将热轧的螺纹钢筋再通过淬火和回火的调质热处理后而成的,钢筋强

度大幅度提高,而塑性降低不多。

钢筋按其外形特征可分为光面钢筋和变形钢筋两类。I 级钢筋都是光面钢筋,II、III、IV 级钢筋都是变形钢筋。光面钢筋与混凝土的粘结强度较低,变形钢筋由于凸出的肋与混凝土的机械咬合作用而具有较高的粘结强度。变形钢筋包括螺纹钢和月牙纹钢筋(如图 1-2a、b)。与螺纹钢相比,月牙纹钢筋避免了纵横肋相交处的应力集中现象,使钢筋的疲劳强度和冷弯性能有所改善,但与混凝土的粘结强度略有降低。

冷轧带肋钢筋是强度较高的月牙肋变形钢筋,直径为 4~12mm。目前生产的牌号主要有 Q215(LL550 级, $d = 4 \sim 12\text{mm}$)、Q235(LL650 级, $d = 4 \sim 6\text{mm}$)和 24MnTi(LL800 级, $d = 5\text{mm}$)三种。LL550 级冷轧带肋钢筋可用于普通钢筋混凝土结构;LL650 级与 LL800 级冷轧带肋钢筋可用做中、小预应力混凝土构件的预应力钢筋。冷轧带肋钢筋也可用于焊接钢筋网。该类钢筋具有脆性性质,因此不宜用于直接承受冲击荷载的结构构件中。

二、钢筋的强度和变形

(一)钢筋的强度

用于建筑结构的钢筋,一般可分为两类:有明显流幅的钢筋和没有明显流幅的钢筋,习惯上也分别把它们称为软钢和硬钢。

有明显流幅钢筋的典型拉伸应力应变曲线如图 1-3 所示。 a 点以前应力与应变成直线关系, a 点以后应变比应力增长要快,到达 c 点以后图形接近水平线。 abc 为一小段曲线, a 点称比例极限, b 点称屈服上限, c 点称屈服下限。 c 点以后钢筋开始流动,应力不变,应变增加很快,而且稳定,曲线为一水平段。屈服上限受加载速度、截面形式和表面光洁度的影响而波动,屈服下限则较稳定,通常以屈服下限 c 点的应力作为屈服强度。当钢筋的屈服塑流到一定程度到达图中 f 点以后,应力与应变的关系又形成上升曲线,但应力的增长率要低于屈服之前,曲线最高点 d 的应力称为抗拉强度或极限强度。过 d 点以后,钢筋某一截面面积迅速减少(颈缩),荷载下降,但应变仍能继续增长,曲线呈下降趋势,直到 e 点钢筋被拉断为止。由图 1-3 中的曲线可知,有明显流幅钢筋的应力应变曲线可划分为 4 个阶段:弹性阶段 oa 、屈服阶段 cf 、强化阶段 fd 、破坏(颈缩)阶段 de 。

无明显流幅的钢筋典型拉伸应力应变曲线如图 1-4 所示。这类钢筋的抗拉强度一般

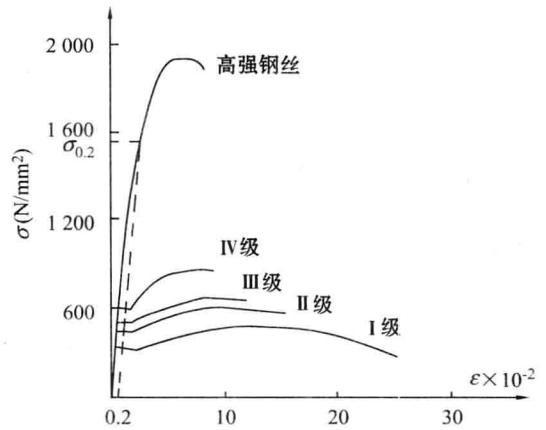


图 1-1 各种钢筋的应力应变曲线

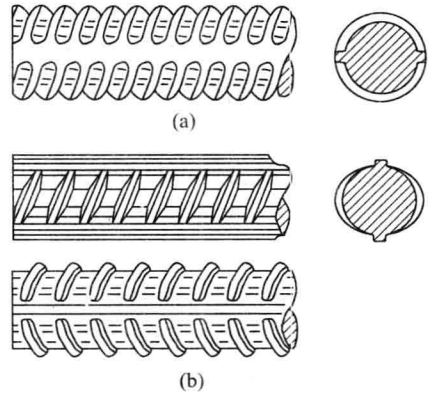


图 1-2 钢筋的外形

(a) 螺纹钢;(b) 月牙纹钢筋

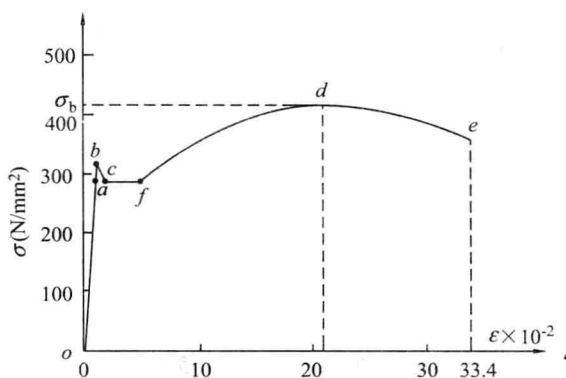


图 1-3 有明显流幅钢筋的应力应变曲线

都很高,但变形很小,也没有明显的屈服点,通常取相应于残余应变为 0.2% 的应力 $\sigma_{0.2}$ 作为假定屈服点(或称条件流限),其值约为 0.8 倍的抗拉强度值。

钢筋受压时在达到屈服强度之前与受拉时的应力应变规律相同,其屈服强度也与受拉时基本一样;在达到屈服强度之后,由于试件发生明显的塑性压缩,截面面积增大,难以给出明确的抗压强度。

对有明显流幅的钢筋(软钢)有两个强度指标。一个是对应于 c 点的屈服强度,它是钢筋混凝土构件计算的强度限值,因为当构件某一截面的钢筋应力达到屈服强度后,将在荷载基本不增加的情况下产生持续的塑性变形,会使构件的变形和裂缝大大增加以致无法正常使用。因此,一般结构设计中不考虑钢筋强化阶段的工作而取其屈服强度作为设计强度。另一个强度指标是对应于 d 点的极限强度,一般情况下用做材料的实际破坏强度。钢筋的屈强比(屈服强度与抗拉强度的比值)表示结构可靠性潜力,屈强比小则结构可靠性高,但其值太小时钢材强度有效利用率太低,因此应保持适宜的屈强比。在抗震结构中,考虑受拉钢筋可能进入强化阶段,要求屈强比不大于 0.8。

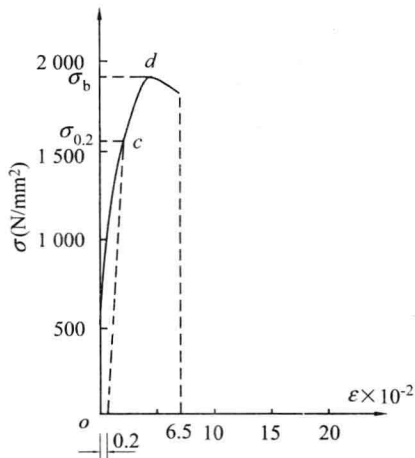


图 1-4 没有明显流幅钢筋的应力应变曲线

强度。另一个强度指标是对应于 d 点的极限强度,一般情况下用做材料的实际破坏强度。钢筋的屈强比(屈服强度与抗拉强度的比值)表示结构可靠性潜力,屈强比小则结构可靠性高,但其值太小时钢材强度有效利用率太低,因此应保持适宜的屈强比。在抗震结构中,考虑受拉钢筋可能进入强化阶段,要求屈强比不大于 0.8。

(二)钢筋的变形

除强度指标外,钢筋还有两个塑性指标。一个是伸长率,它是钢筋试件拉断的伸长值与原长的比率,即

$$\delta = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 δ ——伸长率, %;

l_1 ——试件受力前的标距长度(一般取 $10d$ 或 $5d$, d 为试件的直径);

l_2 ——试件拉断后的标距长度。

伸长率大的钢筋塑性好,拉断前有明显的预兆;伸长率小的钢筋塑性差,其破坏突然

发生,呈现脆性特征。另一个塑性指标是冷弯性能,即将钢筋绕某一规定直径的辊轴弯曲(图 1-5),要求在达到规定的冷弯角度 α 时钢筋不发生裂纹、起层或断裂。冷弯性能可间接地反映钢筋的塑性和内在质量。

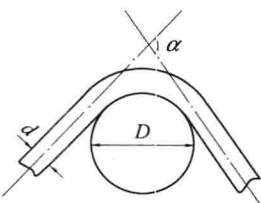


图 1-5 钢筋的冷弯

屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯性能是对有明显流幅的钢筋进行质量检验的四项主要技术指标,而对无明显流幅的钢筋进行质量检验时则只测定后三项。我国国家标准《钢筋混凝土用钢筋》(GB 1499-84)对有屈服点钢筋的机械性能指标的规定见表 1-1。

表 1-1 钢筋的机械性能和冷弯试验的规定

品 种		牌 号	直 径 (mm)	屈服点 (N/mm ²)	抗拉强度 (N/mm ²)	伸长率 δ_5 (%)	冷弯试验	
外 形	强度等级			不 小 于			角度 α	直径 D
光面钢筋	I	A3、AY3	8 ~ 25	235	370	25	180°	1 d
			28 ~ 50				180°	2 d
变形钢筋	II	20MnSi	8 ~ 25	335	510	16	180°	3 d
		20MnNb6	28 ~ 50	315	490		180°	4 d
	III	25MnSi	8 ~ 40	370	570	14	90°	3 d
	IV	40Si2MnV	10 ~ 25	540	835	10	90°	5 d
		45SiMnV	28 ~ 32				90°	6 d
		45Si2MnTi						

注:表中 α 为冷弯角度, D 为辊轴直径; d 为钢筋直径。

三、钢筋的冷拉和冷拔

冷拉和冷拔是将钢筋在常温下用机械的方法进行再加工,使钢筋的强度大为提高,可节省钢材,但塑性性能要降低。

(一)钢筋的冷拉

冷拉是指将钢筋拉到超过屈服强度即强化阶段中的某一应力值,如图 1-6 中的 k 点,然后卸荷,由于 k 点的应力已超过比例极限,故卸荷至应力为零时应变并不等于零,其残余应变为 oo_1 。若立即重新张拉,应力应变曲线将沿 o_1kde 变化,此时屈服点已由 σ_a 提高到 σ_k 。若卸荷后停留一段时间再张拉时,则应力应变曲线将沿 $o_1k'd'e'$ 变化,屈服点又由 k 点提高到 k' 点, k' 点要比 k 点的应力值要高,这种现象称为冷拉时效。冷拉后的钢筋强度有显著提高,但伸长率减少,塑性降低。为了增加强度又保证钢筋有一定的塑性,应选择合适的 k 点,即选择合适的冷拉控制应力 σ_k 和冷拉伸长率 ϵ_k 。张拉钢筋时同时控制 σ_k 和 ϵ_k 的称为双控制,仅控制 ϵ_k 的称为单控制。钢筋的

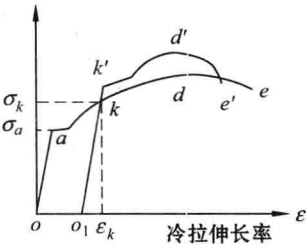


图 1-6 钢筋的冷拉

冷拉时效和温度有很大关系,冷拉时选择好合适的温度可得到较好的冷拉效果。冷拉只能提高钢筋的抗拉强度而不能提高抗压强度。

(二)钢筋的冷拔

冷拔是指将直径 6~8mm 的Ⅰ级热轧钢筋用强力拔过比其直径要小的硬质合金拔丝模具(图 1-7a),此时钢筋同时受到纵向拉力和横向压力的作用,截面变小而长度增加,经过几次冷拔,钢丝的强度比原来有很大提高,但塑性降低很多,且没有明显的流幅。图 1-7b 为Ⅰ级 $\Phi 6$ 的钢筋经过 3 次冷拔到 $\Phi 3$ 钢丝的应力应变曲线比较图。冷拔可以同时提高钢筋的抗拉强度和抗压强度。

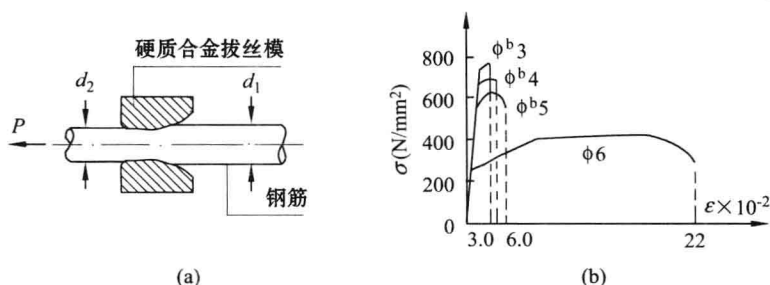


图 1-7 钢筋的冷拔

四、钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求

1. 强度

强度是指钢筋的屈服强度和抗拉强度。钢筋的屈服强度是设计计算时的主要依据。采用高强度的钢筋可以节约钢材,获得较好的经济效益。提高钢筋的强度除改变钢筋的化学成分,生产新的钢种外,另一种方法是对钢筋进行冷拉或冷拔以提高它的屈服点。

2. 塑性

要求钢筋在断裂前有足够的变形,能给人们以构件将要破坏的预兆。因此,应保证钢筋的伸长率和冷弯性能合格。

3. 可焊性

要求在一定的工艺条件下钢筋焊接后不产生裂纹和过大的变形,保证焊接后的接头性能良好。

4. 与混凝土的粘结力(或称握裹力)

为保证钢筋与混凝土的共同工作,两者之间必须有足够的粘结力。钢筋的表面形状对粘结力有重要的影响。

第二节 混 凝 土

一、混凝土的组成

混凝土是指将水泥、水、砂子和石子等按一定配合比搅拌后入模浇筑,并经养护硬化

做成的人工石材。混凝土各组成成分的数量比例,尤其是水和水泥的比例(水灰比)对混凝土的强度和变形有重要影响。在很大程度上,混凝土的力学性能还取决于搅拌程度、浇筑的密实性和养护条件。

混凝土在凝结硬化过程中,水和水泥形成水泥胶块(水泥胶块由水泥结晶体和水泥凝胶体组成),水泥胶块把砂、石骨料粘结在一起。水泥结晶体和砂、石骨料组成了混凝土中错综复杂的弹性骨架,主要依靠它来承受外力,并使混凝土具有弹性变形的特点。水泥凝胶体起着调整和扩散混凝土应力的作用,并使混凝土产生一定的塑性变形。

在混凝土凝结初期,由于水泥胶块的收缩以及泌水、骨料下沉等原因,在骨料和水泥胶块的接触面上以及水泥胶块内部将形成微裂缝(也称粘结裂缝)如图 1-8,它是混凝土内最薄弱的环节。混凝土在受荷前存在的微裂缝在荷载作用下将继续开展,对混凝土的强度和变形将产生很大影响。

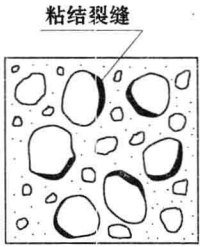


图 1-8 混凝土内微裂缝

二、混凝土的强度

强度是指结构材料所能承受的某种极限应力。了解如何测定混凝土的强度,以及弄清用不同方式测定的混凝土强度指标与混凝土立方体抗压强度之间的相互关系,对钢筋混凝土结构的受力和设计计算是必要的。

1. 混凝土立方体抗压强度 f_{cu}

混凝土立方体抗压强度(简称立方体强度)是衡量混凝土强度的主要指标。混凝土立方体强度与水泥标号、水泥用量、水灰比、配合比、龄期、形状尺寸、施工方法和养护条件有关。

混凝土结构设计规范规定以边长为 150mm 的立方体试块,在标准条件下(即温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 、相对湿度不小于 90%)养护 28 天,用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度,称为混凝土立方体抗压强度,用 f_{cu} 表示。在一般情况下,试件的上下表面与试验机承压板之间将产生阻止试件向外自由变形的摩擦阻力,它将像两道套箍一样将试件套住,延缓了裂缝的发展,从而提高了试块的抗压强度。破坏时试块中部剥落,其破坏形状如图 1-9a 所示。如果在试块的上下表面涂上润滑剂,试验时摩擦阻力就会减小,所测得的抗压强度较低,其破坏形状如图 1-9b 所示(根据我国《建筑设计统一标准》规定,混凝土强度标准值取其概率分布的 0.05 分位值。如本书第二章图 2-4 所示, $f_{cu,k}$ 为混凝土立方体抗压强度标准值)。把具有 95% 的保证率的抗压强度标准值作为混凝土的强度等级,混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值来确定,以符号 C 表示,单位为 N/mm^2 (或记作 MPa)。

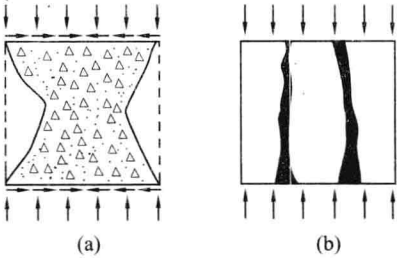


图 1-9 混凝土立方体的破坏情况

- (a) 不涂润滑剂破坏情况;
- (b) 涂润滑剂破坏情况

水利水电工程中所采用的混凝土强度等级分成 11 个强度等级,即 C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60。例如,C20 级的混凝土,则表示混凝土立方体抗压