



高职高专建筑工程专业工学结合规划教材

钢筋混凝土与砌体结构

主编 李小敏
副主编 潘建康

Reinforced Concrete and Masonry Structures



浙江大學出版社
ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

高职高专建筑工程专业工学结合规划教材

钢筋混凝土与砌体结构

主 编 李小敏
副主编 潘建康



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

内容提要

本书是根据我国高职高专建筑工程技术专业的教学要求,并结合国家最新颁布的有关规范、标准编写而成的。全书内容分为钢筋混凝土结构和砌体结构两大模块,分别按照基本知识、基本构件、结构体系等3个项目、22个任务有序进行,在第一个模块中,要求掌握钢筋和混凝土的力学性能,理解结构的设计方法;能识读梁、板、柱、楼梯、雨篷等构件的结构图并能简单地设计;识读单层工业厂房、框架结构、剪力墙结构和框架—剪力墙结构房屋。在第二个模块中,要求掌握砌体的材料、种类和力学性能,理解结构的设计方法;了解构件的计算和房屋的结构布置方案,能识读构造柱、圈梁、过梁等构件。为了便于自学和理解,每个任务后都附有思考题与习题等内容。

本书可作为高职高专土木工程专业的教材,也可作为函授专科、电大、夜大土木工程专业的教材,还可供土建施工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢筋混凝土与砌体结构 / 李小敏主编. —杭州:
浙江大学出版社, 2011.12

ISBN 978-7-308-08720-9

I. ①钢… II. ①李… III. ①钢筋混凝土结构②砌块
结构 IV. ①TU375②TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 097702 号

钢筋混凝土与砌体结构

主编 李小敏

责任编辑 邹小宁

文字编辑 徐霞

封面设计 联合视务

出版发行 浙江大学出版社

(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排版 杭州中大图文设计有限公司

印刷 杭州杭新印务有限公司

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 14.5

字数 362 千

版印次 2011 年 12 月第 1 版 2011 年 12 月第 1 次印刷

书号 ISBN 978-7-308-08720-9

定价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

本教材按照国家最新建筑结构相关标准、规范编写,依据对建筑工程技术专业学生的培养目标、知识结构和实际应用能力的要求,在编写内容上重点突出实际性、应用性,注意与实际工程相结合;在编写思路上考虑项目教学法,以任务为驱动,通过一定的项目让学生学会识读图纸、查阅图册、完成设计、检验质量、分析问题等工作过程,从中理解和把握课程要求的知识和技能,培养分析问题和解决问题的思想和方法;在编写方法上从学生的实际情况出发,力求由浅入深、结构合理、条理清晰、通俗易懂,把多年教学和实践经验融入教材中。每一个任务后都附有思考题与习题,便于学生自我整理和复习。

本教材的主要特点在于:

- (1)注重紧密结合实际工程,严格依据国家现行的规范、标准要求;
- (2)突出实践应用与可操作性,突出就业导向、以能力为本位的思想;
- (3)改变原有教材的陈旧编写套路,以完成项目任务为目标,把所需的知识与技能自然结合;
- (4)体系完备,结构严谨,编写文字通俗易懂,内容精练。

本教材由浙江工业职业技术学院、湖州职业技术学院、浙江同济科技职业学院、浙江东南建设管理有限公司等共同参加编写。

本教材由浙江工业职业技术学院李小敏主编,湖州职业技术学院潘建康任副主编。绪论由李小敏编写;在模块一中,项目一由单豪良编写,项目二中的任务一、二由朱希文编写,项目二中的任务三、四、六由李小敏编写,项目二中的任务五由潘建康编写,项目三由黄昆编写;在模块二中,项目一和项目二中的任务一由李小敏编写,项目二中的任务二、三、四由潘建康编写,项目三由潘震中编写。

在编写的过程中参考了较多的文献资料,谨向这些作者致以诚挚的谢意。由于水平有限,本书中难免有不足和缺点,恳请同行、专家和读者批评指正。

编者

2011年10月

目 录

C O N T E N T S

绪 论 / 1

模块一> 钢筋混凝土结构 / 6

项目一 基本知识 / 6

任务一 掌握钢筋的力学性能 / 6

任务二 掌握混凝土的力学性能 / 14

任务三 理解钢筋混凝土结构的设计方法 / 24

项目二 基本构件 / 34

任务一 识读并设计梁 / 34

任务二 识读并设计板 / 83

任务三 识读并设计柱 / 88

任务四 识读并设计雨篷 / 115

任务五 了解预应力混凝土构件 / 118

任务六 识读并设计楼梯 / 126

项目三 结构体系 / 132

任务一 识读单层工业厂房 / 132

- 任务二 识读框架结构房屋 / 143
- 任务三 识读剪力墙结构房屋 / 153
- 任务四 识读框架—剪力墙结构房屋 / 158

模块二> 砌体结构 / 161

项目一 基本知识 / 161

- 任务一 掌握砌体的材料和种类 / 161
- 任务二 掌握砌体的力学性能 / 166
- 任务三 理解砌体结构的计算原理 / 171

项目二 基本构件 / 177

- 任务一 了解砌体结构受压构件承载力计算 / 177
- 任务二 识读构造柱 / 184
- 任务三 识读圈梁 / 187
- 任务四 识读过梁 / 190

项目三 结构体系 / 194

- 任务一 了解混合结构房屋的结构布置 / 194
- 任务二 了解混合结构房屋的墙、柱设计 / 198

附 图> / 216

参考文献> / 223

绪 论



能力目标

能够查阅资料,分析提炼,具有理论联系实际的综合应用能力



知识目标

- 1.了解钢筋混凝土结构及砌体结构的概念和优缺点
- 2.理解钢筋混凝土结构及砌体结构的应用和发展简况
- 3.了解本课程的学习方法和需要注意的问题

一、钢筋混凝土结构及砌体结构的概念和优缺点

(一)钢筋混凝土结构的概念及优缺点

由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构叫钢筋混凝土结构,它是混凝土结构中应用最广泛的一种结构。混凝土像天然石材一样,抗压能力强而抗拉能力弱,而钢筋则抗压与抗拉能力都很强。于是,人们利用两种材料各自的特点,把它们有机地结合起来共同工作,形成了用于工程实际的钢筋混凝土结构。

下面以图 1 所示的简支梁为例,说明其受力以及破坏情况。图 1(a)所示的素混凝土梁在外加集中力和构件自重的作用下,梁的上部受压,下部受拉。由于该梁由素混凝土构成,而混凝土的抗拉强度很小,所以在较小荷载作用下梁的下部就会开裂,在荷载持续作用下,裂缝急剧上升,梁会突然断裂,破坏前变形很小,没有明显预兆,属于脆性破坏,见图 1(b)。为改变这种不利情况,在梁的受拉区配适量的钢筋构成钢筋混凝土梁,见图 1(c)。当受拉区混凝土开裂后,受拉区的拉力主要由钢筋来承担,受压区的压力由混凝土来承受,荷载在受拉区混凝土开裂后仍继续增加,直到受拉区钢筋达到屈服强度以后荷载还可略有增加,当受压区混凝土被压碎后,梁才破坏。破坏前,变形较大,属于延性破坏。与素混凝土梁相比,钢筋混凝土梁的承载能力和变形能力都有很大提高,而且可使钢筋和混凝土的强度得到充分利用。

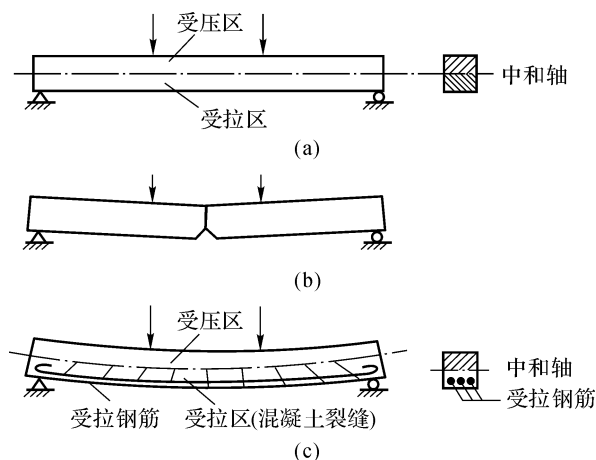


图 1 简支梁

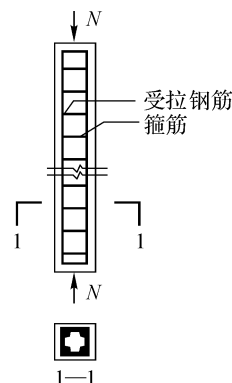


图 2 轴心受压柱

再分析图 2,在混凝土柱中配置了抗压强度较高的钢筋,以协助混凝土承受压力,这样可减小柱子截面尺寸,或在同样的柱截面尺寸情况下可提高柱的承载力。

钢筋与混凝土这两种材料之所以能有效地结合在一起进行工作,主要是由于以下三个原因:(1)混凝土硬化后,钢筋与混凝土之间有很好的粘结力,从而可靠地结合在一起,共同受力,共同变形;(2)钢筋和混凝土这两种材料的温度线膨胀系数十分接近(钢筋为 $1.2 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$,混凝土为 $(1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}) / ^\circ\text{C}$),所以当温度变化时钢筋与混凝土之间不会产生由温度引起的较大的相对变形的粘结破坏,从而保证结构的完整性;(3)混凝土包裹着钢筋,起着保护钢筋免遭锈蚀的作用。

钢筋混凝土的优点主要表现在以下方面:

(1)耐久性好:混凝土的强度随时间增长而增强,且钢筋被混凝土包裹,不易锈蚀,工作寿命长。

(2)耐火性好:混凝土是不良热导体,遭遇火灾时,混凝土起隔热作用,钢筋不会很快达到软化温度而导致结构整体破坏。

(3)可模性好:可根据需要很容易地浇筑制成各种形状和尺寸的构件。

(4)整体性好:整浇或装配式钢筋混凝土结构有很好的整体性,有利于抗震和抵抗爆炸冲击波。

钢筋混凝土也有不少缺点:自重大,抗裂性能较差,工期长,施工受季节气候条件的限制,补强修复较困难等。

(二)砌体结构的概念及优缺点

砌体结构是砖砌体、砌块砌体、石砌体结构的总称,它是指用砖、砌块、石等块材通过砂浆砌筑而成的结构。有时,在砌体中加入少量钢筋,称为配筋砌体。

砌体结构具有就地取材、造价低廉、耐火性能好、耐久性较好、保温隔热性能较好以及容易砌筑等优点,但也存在强度低、自重大、抗震性能差等缺点。主要用于多层砖混结构、框架结构中的填充墙等。

随着科学技术的进步,业内技术人员针对以上缺点已经在采取各种措施加以克服和改善。

二、钢筋混凝土结构和砌体结构的发展概况

(一)钢筋混凝土结构的发展概况

钢筋混凝土结构是混凝土结构中应用最广泛的一种。19世纪20年代,水泥的发明使混凝土得以问世,随后出现了钢筋混凝土结构。混凝土结构的应用约有160年的历史,大致分为四个发展阶段。第一阶段是1850年到1920年,当时混凝土和钢筋的强度都很低,仅能建造一些小型的梁、板、柱、基础等构件,钢筋混凝土本身的计算理论尚未建立,结构设计按弹性理论进行。第二阶段在1920年到1950年间,此时已能建各种空间结构,预应力混凝土结构也已发明,它的出现使混凝土结构的应用范围更加广泛,开始按破坏阶段进行构件截面设计。1950年到1980年为第三阶段,由于材料强度的提高,混凝土单层房屋和桥梁结构的跨度不断增大,各种现代化施工方法被普遍采用,结构构件设计已过渡到按极限状态的设计方法。从1980年后,混凝土结构的发展进入第四阶段。尤其是近10余年来,大模板现浇和大板等工业化体系进一步发展,高层建筑新结构体系有较多的应用,结构构件的设计已采用以概率理论为基础的极限状态设计方法。

总之,通过长期的发展过程,混凝土结构的发展成就和趋势主要体现在以下几个方面:

(1)材料方面,混凝土向轻质高强方向发展,钢材的质量也不断改进,强度不断提高。

(2)结构方面,空间网架发展迅速,最大跨度已超百米。

(3)计算理论和设计方法方面,随着研究的不断深入、统计资料的不断积累,结构设计方法将会发展到全概率极限状态设计方法。

(二)砌体结构的发展概况

砌体结构在我国有着悠久的历史。早在原始社会,人类就会用天然石材垒建住宅。远在西周时期,已出现了瓦和砖。我国古代的砖石结构主要用于建造围墙、佛塔、穹拱和石桥等,如万里长城、河北赵县安济桥、河南嵩岳寺砖塔、南京灵谷寺无梁殿等。

砌块的生产和应用在世界上仅100多年时间,其中最早生产的是混凝土砌块。自1824年发明波特兰水泥后,最早的混凝土砌块于1882年问世。随后,美国于1887年建成了第一幢砌体建筑。1933年,美国加利福尼亚长滩大地震中无筋砌体震害严重,之后便推出了配筋混凝土砌块结构体系,建造了大量的多层与高层配筋砌体建筑。

20世纪以来,尤其是1949年以来,我国砌体结构得到了迅速的发展和广泛应用。主要表现在以下几个方面:

(1)砌体结构的应用范围不断扩大。

除了用于传统的各类房屋建筑外,砌体结构还广泛用于各种构筑物中,如烟囱、粮仓、水渠、水塔等。大跨度桥梁也采用了砌体结构。1959年,我国曾在湖南石门黄龙港建成跨度为60m、高52m的空腹式石拱桥。1991年,建成了湖南鸟巢河双肋公路石拱桥,净跨度达120m,是世界上跨度最大的石拱桥。

(2)新材料、新技术以及新结构不断开发与利用。

自20世纪60年代以来,我国多孔砖、空心砖的生产和应用有较大的发展。利用多孔砖建造房屋,不但减轻墙体自重,而且减少材料用量,从而降低造价。我国有用砖砌筑拱和桥的丰富经验,1949年后,又向新的结构形式和大跨度方向发展。20世纪50—60年代修建了一大批砖拱楼屋盖,南京、西安等地还研制和生产出拱壳砖,又称带钩空心砖,用它建成如

14m×10m 的双曲扁壳屋盖的实验室、24m 跨双曲拱屋盖等。大型板材墙体也有所发展,1965—1972 年,在北京用烟灰矿渣混凝土作墙板建成 11.5 万立方米的住宅,节约普通黏土砖 1900 万块。1986 年,在长沙建成内墙采用混凝土空心大板、外墙采用砖砌体的 8 层住宅。

此外,采用混凝土、轻骨料混凝土或加气混凝土,以及利用各种工业废渣、粉煤灰、煤矿石等制成的无熟料水泥煤渣混凝土砌块或粉煤灰硅酸盐砌块等在我国也有较大发展,目前,砌块墙体已成为我国墙体改革的重要途径之一。

我国对配筋砌体结构的研究起步虽然有些晚,但自 20 世纪 90 年代以来,我国加快并深化了对配筋混凝土砌块砌体结构的研究和应用,在吸收和消化国外成果的基础上,建立了具有中国特点的配筋混凝土砌块砌体剪力墙结构体系,大大拓宽了砌体结构在高层房屋及其在抗震设防地区的应用。

(3) 计算理论和计算方法进一步完善。

20 世纪 50 年代以前,我国所建造的砌体结构房屋主要是住宅等低层民用建筑,只凭经验设计而不作计算。到 1956 年,国家建设委员会批准在我国使用前苏联的《砖石及钢筋混凝土结构设计标准及技术规范》(HuTy 120—55),该规范采用定值的极限状态设计方法。20 世纪 60 年代至 70 年代初,在全国范围内对砖石结构进行了较大规模的试验研究和调查,总结出一套符合我国实际、比较先进的砖石结构计算理论和设计方法,并于 1973 年颁布了我国第一本《砖石结构设计规范》(GBJ 3—73)。该规范采用的是多系数分析、单系数表达的半经验、半概率极限状态设计方法,使我国的砌体结构设计进入了一个崭新的阶段。20 世纪 70 年代中期至 80 年代,我国对砌体结构进行了第二次较大规模的试验和研究。在砌体结构的设计方法、多层房屋的空间工作性能、墙梁的共同工作以及砌块砌体的力学性能和砌块房屋的设计等方面取得了新的成绩,并于 1988 年颁布实施了《砌体结构设计规范》(GBJ 3—88)。该规范采用以概率理论为基础的极限状态设计方法,在砌体结构可靠度设计方面已提高到当时的国际水平,其中多层砌体结构房屋的空间工作,以及在墙梁中墙和梁的共同工作等专题的研究成果在国际上处于领先地位,使我国砌体结构理论和设计方法更趋完善。同时,我国还和国际标准化组织砌体技术委员会(ISO/TC 179)建立了紧密的联系和合作,并担任了配筋砌体分委员会的秘书国。20 世纪 90 年代以来,我国对砌体结构的研究有新的发展,突出表现在新颁布的国家标准《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)上,为适应我国墙体材料革新的需要,增加了许多新型砌体材料,扩充了配筋砌体结构的类型。这部规范既适用于砌体结构的静力设计,又适用于抗震设计;既适用于无筋砌体结构的设计,又适用于较多类型的配筋砌体结构设计;既适用于多层房屋的设计,又适用于高层房屋的设计。该新规范建立了较为完整的砌体结构设计理论体系和应用体系。

三、本课程的特点和学习方法

钢筋混凝土与砌体结构是一门综合性较强的课程。它主要是研究钢筋、混凝土、砌体块材的材性,研究钢筋混凝土和砌体结构中基本构件的弯曲、剪切、扭曲、受压、受拉等的强度问题,研究构件的布置原则、构造要求等问题。对于构件的设计需要满足安全、适用、经济以及施工方便等方面的要求,这些要求一方面可通过分析计算来满足,另一方面还应通过各种构造等来保证。这些构造措施或是计算模型误差的修正,或是实验研究的成果,或是长期工程实践经验的总结,它们同分析计算一样同样是本学科中重要的组成部分。学习时对构造

要求,应加强理解。通过反复应用来掌握。为了学好这门课程,学习时应注意下列问题:

(1)与先修课程之间的联系。学习本课程时,应与建筑力学、建筑构造、建筑材料、建筑施工等课程的相关知识相联系,使新知识根植于旧知识,随着学习内容的展开和深入,逐步加强理解,使新旧知识交融,得到巩固和提高。

(2)本课程与结构设计规范密切相关,通过本课程的学习,应熟悉并学会应用现行有关规范。对本课程中的许多构造要求,要充分重视并理解。

(3)本课程是实践性很强的一门课,学习时除阅读教材外,还应联系实际,多到工地现场参观、实习,这样才能更好更稳固地掌握学科知识。



模块一

钢筋混凝土结构

项目一 基本知识



能力目标

- 1.能合理选用钢筋和混凝土的品种、级别
- 2.能查阅钢筋和混凝土的主要力学指标
- 3.能应用两种极限状态实用表达式



知识目标

- 1.理解钢筋应力应变曲线特征
- 2.了解钢筋的冷加工及钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求
- 3.了解钢筋的变形能力
- 4.掌握钢筋和混凝土的强度与强度等级的概念
- 5.掌握结构的功能要求,理解按极限状态设计的意义
- 6.理解荷载代表值及荷载分项系数、结构重要性系数的取值原则

任务一 掌握钢筋的力学性能

一、钢筋的力学性能

钢筋的力学性能指钢筋的弹性模量、强度和变形等;强度指标有屈服强度和抗拉强度,变形指标(包括弹性变形和塑性变形)有断后伸长率、断面收缩率和冷弯性能等。钢筋的力学性能主要通过标准试件的单向拉伸试验确定(《金属材料室温拉伸试验方法》(GB/T 228—2002))。根据钢筋单向拉伸应力应变关系曲线可将钢筋分为两类:一类是有明显流幅的钢筋,俗称软钢(见图 1-1-1),如热轧钢筋;另一类是没有明显流幅的钢筋,俗称硬钢(见图 1-1-2),如冷轧钢筋、预应力所用的钢丝、钢绞线及热处理钢筋等。

(一)钢筋的弹性模量

钢筋在弹性范围内,应力应变成正比例关系,其比例系数称为弹性模量,又称杨氏模量。单位为帕(Pa),与应力单位相同,常用单位为吉帕(GPa)。其公式可表示为:

$$E_s = \frac{\sigma}{\epsilon} = \text{常数} \tag{1-1-1}$$

《混凝土结构设计规范》中钢筋弹性模量 E_s ,由表 1-1-1 给出。

表 1-1-1 钢筋弹性模量 (N/mm²)	
种 类	E_s
HPB235 级钢筋	2.1×10^5
HRB335 级钢筋、HRB400 级钢筋、RRB400 级钢筋、热处理钢筋	2.0×10^5
消除应力钢丝(螺旋肋钢丝、刻痕钢丝、光面钢丝)	2.05×10^5
钢绞线	1.95×10^5

(二)屈服强度和抗拉强度

屈服强度和抗拉强度是钢筋强度方面的两个重要指标,根据应力应变曲线特征的不同,有明显流幅的钢筋和没有明显流幅的钢筋屈服强度的确定是不一样的。

图 1-1-1 表示一条有明显流幅的典型的钢筋应力应变曲线。在图 1-1-1 中,钢筋的应力应变曲线分为明显的四个阶段,oa 为一段斜直线,其应力与应变之比为常数,应变在卸荷后能完全消失,与 a 点相应的钢筋应力称为“比例极限”。应力超过 a 点之后,钢筋的弹性应变与应力不再是线性的,与 b 点相应的钢筋应力称为“弹性极限”。到达 b 点后,钢筋开始屈服,应力基本不变,应变不断增长产生较大的塑性变形,出现水平段 bc,bc 即称之为“流幅”或屈服台阶,c 点称“屈服点”,与 c 点相应的应力称为“屈服应力”或“屈服强度”。经过屈服阶段之后,钢筋内部晶粒经调整重新排列,抵抗外荷载的能力又有所提高,钢筋应力应变表现为上升的曲线,cd 段称为强化阶段,表现为弹塑性性质,应力有很大的提高,变形也很大,d 点对应的钢筋应力称为钢筋的“抗拉强度”或“极限强度”,而与 d 点应力相应的荷载是试件所能承受的最大荷载,称为“极限荷载”。过 d 点之后,在试件的最薄弱截面处出现横向收缩,截面逐渐缩小,塑性变形迅速增大,出现所谓的“颈缩”现象,此时应力随之降低,直至达到 e 点试件断裂。

在钢筋混凝土构件计算中,对于有明显流幅的钢筋,一般取屈服强度作为钢筋设计强度的依据。因为屈服之后,钢筋的塑性变形将急剧增加,钢筋混凝土构件将出现很大的塑性变形和过宽的裂缝,以致不能正常使用。所以,构件大多在钢筋尚未或刚进入强化阶段即产生破坏。但在个别意外的情况和抗震结构中,受拉钢筋可能进入强化阶段,故钢筋的抗拉强度也不能过低,若与屈服强度太接近则是危险的。

图 1-1-2 表示没有明显流幅的钢筋应力应变曲线,此类钢筋的比例极限大约相当于其抗拉强度的 65%。一般取对应于加载后卸载时材料的残余应变为 0.2% 时的应力作为其假定的屈服点,即条件屈服强度。《混凝土结构设计规范》取条件屈服强度为极限抗拉强度的 0.85 倍作为设计依据。一般情况下,含碳量高的钢筋,质地较硬,没有明显的流幅,塑性变形大为减少,其强度高,但伸长率低,下降段短促。

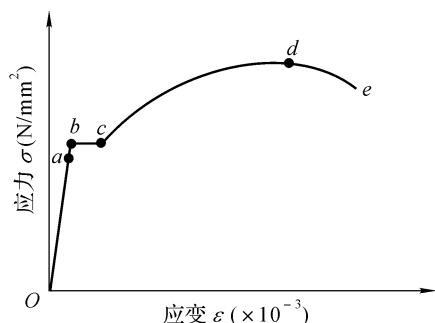


图 1-1-1 有明显流幅的钢筋应力应变曲线

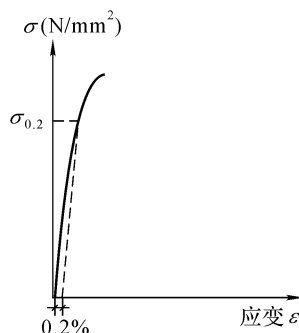


图 1-1-2 没有明显流幅的钢筋应力应变曲线

(三)钢筋的断后伸长率

标准钢筋试件断裂后标距长度(短试件取 $5d$ 或长试件取 $10d$)的增量与原标距长度的百分比称为“断后伸长率”,其值大小标志钢材塑性的大小。伸长率越大,表明钢筋在断裂前较大的变形,断裂预兆明显,塑性性能越好。断后伸长率是选择钢筋的重要指标,国家标准规定了各种钢筋在最大荷载下达到的伸长率 δ_5 ,普通热轧钢筋的伸长率不应小于 7.5% ,光圆钢筋 HPB300 的伸长率不小于 10% 。

(四)钢筋的断面收缩率

断面收缩率也是钢筋的塑性指标之一。钢筋受拉力断裂时断面缩小,断面缩小的面积与原面积的百分比叫断面收缩率,以 ψ 表示,单位为 $\%$ 。断面收缩率越大,表明钢筋在断裂前截面变形越大,断裂预兆明显,塑性性能越好。

(五)钢筋的冷弯性能

冷弯性能也是检验钢筋塑性性能的一项指标。它指的是金属材料在常温下能承受弯曲而不破裂的性能。为使钢筋在弯折加工、使用时不开裂、弯断或脆断,可对钢筋试件进行冷弯试验(见图 1-1-3),要求常温下将钢筋弯绕一定的角度 α 而不产生裂纹、鳞落或断裂现象,即认为钢筋的弯曲性能符合要求。弯曲程度一般用弯曲角度 α (外角)或弯心直径 D 对钢筋直径 d 的比值表示, α 愈大或 D/d 愈小,则材料的冷弯性愈好。冷弯试验较受力均匀的拉伸试验能更有效地揭示材质的缺陷,是衡量钢筋力学性能的一项综合指标。

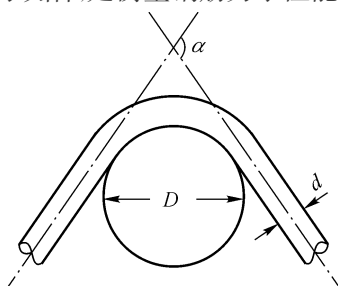


图 1-1-3 钢筋的冷弯试验

此外,根据需要,钢筋还可做冲击韧性试验和疲劳试验,以确定钢筋的有关力学性能。《钢筋混凝土用热轧带肋钢筋》(GB 1499.2—2007)对钢筋混凝土结构所用钢筋的机械性能作出规定,对于有明显流幅的钢筋,其主要指标为屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯性能四项;对于没有明显流幅的钢筋,其主要指标为抗拉强度、伸长率和冷弯性能三项。

二、钢筋的型式

钢材与混凝土组成的结构型式主要有钢筋混凝土结构、预应力钢筋混凝土结构和型钢混凝土结构。钢筋混凝土结构和预应力钢筋混凝土结构是当前应用最广泛的建筑材料,是我国使用的主要钢筋型式。型钢混凝土结构是混凝土内配置型钢(轧制或焊接成型)和钢筋的结构。型钢混凝土结构是当前研究的热点和发展的方向。本书主要介绍钢筋混凝土结构的相关内容。

钢筋混凝土结构中的钢筋,根据外形可分为光圆钢筋与变形钢筋(见图 1-1-4)。变形钢筋是表面带肋的钢筋,通常带有 2 道纵肋和沿长度方向均匀分布的横肋。横肋的外形为螺旋形、月牙形、人字形三种,用公称直径的毫米数表示。变形钢筋的公称直径相当于横截面相等的光圆钢筋的公称直径。钢筋的公称直径为 8~50mm,推荐采用的直径为 8mm、12mm、16mm、20mm、25mm、32mm、40mm。当钢筋直径在 6~12mm 时,可采用变形钢筋,也可采用光圆钢筋。当钢筋直径在 12mm 以上时,通常采用变形钢筋。直径小于 6mm 的常称为钢丝,钢丝外形多为光圆,也有在表面上刻痕以加强钢丝与混凝土的粘结作用。

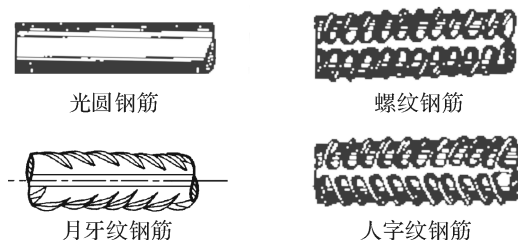


图 1-1-4 钢筋的型式

三、钢筋的种类和级别

(一) 钢筋的种类

钢筋的成分为钢材,其化学成分以铁元素为主,还含有少量的其他元素。按化学成分,钢筋主要分为碳素钢和普通低合金钢。随含碳量的增加,钢筋的强度随之增加,但塑性和可焊性有所降低。

钢筋的种类较多,我国用于钢筋混凝土结构的钢筋根据加工方法的不同主要有热轧钢筋、热处理钢筋、预应力钢丝和钢绞线四种(见图 1-1-5)。在钢筋混凝土结构中主要采用热轧钢筋,在预应力混凝土结构中这四种钢筋均会用到。

1. 热轧钢筋

热轧钢筋是由低碳钢、普通低合金钢在高温下轧制而成。热轧钢筋为软钢,其应力应变曲线有明显的屈服点和流幅,断裂时有“颈缩”现象,伸长率较大。

2. 热处理钢筋

热处理钢筋是将特定强度的热轧钢筋再通过加热、淬火和回火等调质工艺处理的钢筋。热处理后的钢筋强度得到较大幅度的提高,而塑性降低并不多。热处理钢筋为硬钢,其应力应变曲线没有明显的屈服点,伸长率较小,质地硬脆。热处理钢筋有 40Si₂Mn、48Si₂Mn 和 45Si₂Cr 三种。

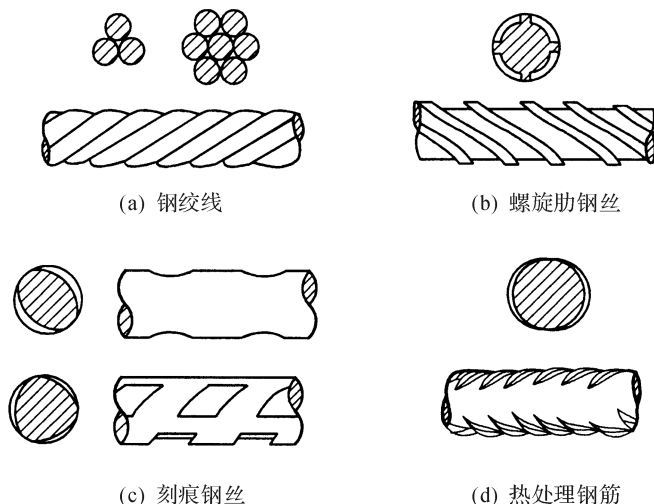


图 1-1-5 预应力钢丝、钢绞线和热处理钢筋

3. 预应力钢丝

预应力钢丝是应用于预应力混凝土结构的一种钢丝,直径在 $4\sim 12\text{mm}$,常用直径为 5mm 、 7mm 。为增加与混凝土之间的粘结力,钢丝表面可加工出螺旋肋、波浪形或刻痕,有些品种有镀锌层或其他镀层。钢丝一般按盘卷状交付。

预应力钢丝的发展方向是大直径和低松弛。冷拉预应力钢丝是用优质高碳钢盘条经表面处理冷拉而成,如果再经稳定化处理,就成为低松弛预应力钢丝,如果经过镀锌就成为镀锌预应力钢丝,镀锌后经过稳定化处理的钢丝称为低松弛镀锌预应力钢丝。

4. 钢绞线

钢绞线是由多根钢丝绞合构成的,表面可以根据需要增加镀锌层、锌铝合金层、包铝层、镀铜层、涂环氧树脂等。最常用的钢绞线为镀锌钢绞线和预应力钢绞线,常用预应力钢绞线直径在 $9.53\sim 17.8\text{mm}$,每根预应力钢绞线中的钢丝一般为 7 根,也有 2 根、3 根及 19 根。

预应力钢绞线中常用的为无镀层的低松弛预应力钢绞线,也有镀锌的,常用于桥梁、建筑、水利、能源及岩土工程等。无粘结预应力钢绞线常用于楼板、地基工程等。

(二) 钢筋的级别

按照我国《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010,以下简称《规范》)的规定,在钢筋混凝土结构中所用的钢筋种类有热轧光圆钢筋(HPB)、热轧带肋钢筋(HRB)、细晶粒热轧带肋钢筋(HRBF)、余热处理钢筋(RRB)。钢筋的牌号由钢筋种类和强度级别构成,如:HPB300,即强度级别为 300N/mm^2 的热轧光圆钢筋;HRB335,即强度级别为 335N/mm^2 的热轧带肋钢筋;HRBF400,即强度级别为 400N/mm^2 的细晶粒热轧带肋钢筋;RRB400,即强度级别为 400N/mm^2 的余热处理钢筋;等等。

《规范》规定,混凝土结构的钢筋应按下列规定选用:

(1)纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 钢筋,也可采用 HRB335、HRBF335、HPB300、RRB400 钢筋;

(2)箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 钢筋,也可采用 HRB335、HRBF335 钢筋;

(3) 预应力筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

注:RRB400 钢筋不宜用作重要部位的受力钢筋,不应用于直接承受疲劳荷载的构件。

四、钢筋的冷加工

钢筋的冷加工是在常温下对热轧钢筋或盘条进行冷拉、冷拔等机械冷加工,使钢材内部组织结构发生变化,从而提高钢材的强度,但其塑性有所降低,用于预应力构件时易造成脆性断裂。

(一) 冷拉

所谓冷拉,是指利用热轧钢筋“屈服强度/极限抗拉强度”比值(称屈强比)低的特性,在常温条件下,将热轧钢筋用冷拉设备加力,强行拉伸钢筋,把钢筋应力拉到超过原来的钢筋屈服强度,使钢筋产生塑性变形,然后完全放松,若钢筋再次受拉,则能获得较高的屈服强度,这种特性称为钢筋的“冷拉强化”(见图 1-1-6)。冷拉后,抗拉屈服强度可提高 20%~25%,可节约钢材 10%~20%。但冷拉只能提高钢筋的抗拉屈服强度,却不能提高其抗压屈服强度,故当用冷拉钢筋作受压钢筋时,其屈服强度与冷拉前相同。

若将经过冷拉的钢筋于常温下存放 15~20 天或加热到 100~200℃并保持一定时间,这个过程称为时效处理,前者称为自然时效,后者称为人工时效。冷拉以后再经时效处理的钢筋,其屈服点进一步提高,屈服台阶较冷拉前缩短,极限抗拉强度有所增长,伸长率有所减少,塑性继续降低,这种特性称为“时效硬化”(见图 1-1-6)。

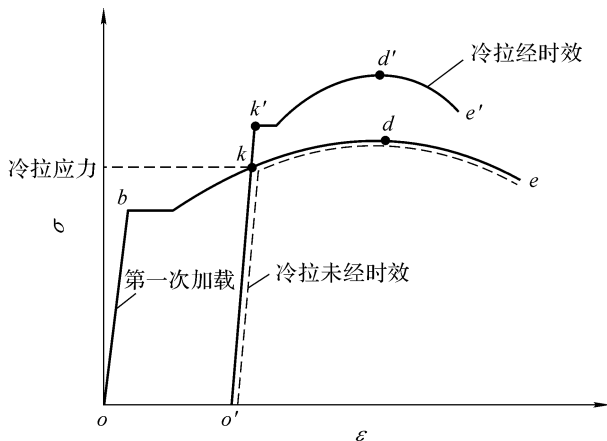


图 1-1-6 钢筋的冷拉

工地或预制构件厂常利用以上原理,对钢筋或低碳钢盘条按一定制度进行冷拉加工,HPB235 级钢筋经过冷拉同时可达到拉直除锈的目的,一般可拉长 7%~10%,以节约钢材。其他级别的钢筋经过冷拉,还可用于预应力混凝土结构。

(二) 冷拔

冷拔是将钢筋(盘条)用强力拔过比它本身直径还小的硬质合金拔丝模,使钢筋同时受到纵向拉力和横向压力的作用以提高其强度(见图 1-1-7)。钢筋经多次冷拔后,截面变小而长度增长,强度比原来提高很多,屈服强度可提高 40%~60%,但塑性降低,脆性大,硬度提高,冷拔后钢丝的抗压强度也获得提高。