



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

钢筋混凝土及 砌体结构(上)

主编 / 马利耕 主审 / 卢 宏

哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职系列教材
SHIJI GAOZHI XILIE JIAOCAI

钢筋混凝土及 砌体结构(上)

主编/马利耕 主审/卢宏

江苏工业学院图书馆
藏书章

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本教材分为上、下两册。上册为基本构件部分,主要讲述材料的力学性能、结构设计方法、受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件的受力性能、承载力计算方法、配筋构造、裂缝和变形验算及预应力混凝土构件的基本知识和计算方法;下册为结构设计部分,主要讲述梁板结构、框架结构、单厂结构、砌体结构的结构布置、构件选型、内力计算、配筋构造、施工图绘制等。

图书在版编目(CIP)数据

钢筋混凝土及砌体结构(上)/马利耕主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2007.6

ISBN 978 - 7 - 81073 - 734 - 0

I. 钢… II. 马… III. ①钢筋混凝土结构 - 高等学校 - 教材②砌体结构 - 高等学校 - 教材 IV. TU375 TU36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 073033 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮政编码 150001

发行电话 0451 - 82519328

传 真 0451 - 82519699

经 销 新华书店

印 刷 肇东粮食印刷厂

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 14

字 数 300 千字

版 次 2007 年 6 月第 1 版

印 次 2007 年 6 月第 1 次印刷

定 价 24.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

21 世纪高职系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主任委员	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	李长禄	张亦丁	张学库	杨永明
委 员	季永青	罗东明	施祝斌	唐汝元
	曹志平	蒋耀伟	熊仕涛	
	王景代	丛培亭	刘 义	刘 勇
	刘义菊	刘国范	闫世杰	李长禄
	杨永明	张亦丁	张学库	陈良政
	肖锦清	林文华	季永青	罗东明
	胡启祥	施祝斌	钟继雷	唐永刚
	唐汝元	郭江平	晏初宏	曹志平
	蒋耀伟	熊仕涛	潘汝良	

前言

本教材是以教育部提出的“以综合素质培养为基础,以能力培养为主线”为指导思想,结合高等职业教育的教学培养目标,按国家新修订的《混凝土结构设计规范》(GB50010—2002)而编写的。全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高新技术人才的需求出发,在内容的构建上结合专业岗位群对职业能力的需要而确定教材的知识点、技能点和素质要求点,并注重新知识、新工艺、新方法的应用,注重对学生的创新精神和实践技能的培养,新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面作了一些新的尝试,以适应高等职业技术学院的教学需要。

本教材共十三章,分为上下两册。上册内容包括绪论、钢筋混凝土材料的力学性能、结构设计方法、钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算、钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算、钢筋混凝土受扭构件正截面承载力计算、钢筋混凝土受压构件正截面及斜截面承载力计算、钢筋混凝土受拉构件正截面承载力计算、钢筋混凝土构件裂缝和变形验算、预应力混凝土轴心受拉构件的承载力计算。下册内容包括钢筋混凝土梁板结构、多层框架结构、砌体结构、单层厂房结构。本教材针对高职高专系列学生,内容以够用为度,掌握原理、方法和提高技能为原则,力求内容充实精练,讲解深入浅出,概念完整准确,文字通俗易懂,突出实践教学。为了学以致用,本教材结合工程实际编写例题;为了便于学生更好地消化理解所学知识,每章后都有基本训练题(包括填空题、选择题、判断题、简答题、技能题)并附有答案。

本教材适用于建筑工程技术与管理专业及土建类非建筑工程专业教学使用,也可作为土建工程技术人员参考书。

本教材由马利耕主编。由于水平有限,书中难免有不当之处,欢迎批评指正。

编者

2007年5月

目 录

绪论	1
第一节 混凝土结构的概念和特点	1
第二节 混凝土结构的组成及分类	2
第三节 混凝土结构的发展概况	3
第四节 本课程内容及特点	4
习题	4
第一章 钢筋混凝土材料的力学性能	6
第一节 钢筋的力学性能	6
第二节 混凝土的力学性能	9
第三节 钢筋与混凝土之间的黏结力	15
习题	17
第二章 结构设计方法	23
第一节 结构设计概述	23
第二节 荷载和材料强度	25
第三节 概率极限状态设计方法	27
第四节 实用设计表达式	28
习题	30
第三章 受弯构件的正截面承载力计算	35
第一节 概述	35
第二节 受弯构件的一般构造要求	35
第三节 受弯构件正截面试验研究	38
第四节 受弯构件正截面承载力计算的基本原则	40
第五节 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	43
第六节 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	47
第七节 T形截面受弯构件正截面承载力计算	50
习题	56
第四章 受弯构件的斜截面承载力计算	66
第一节 概述	66
第二节 无腹筋梁斜截面的受力特点和破坏形态	66
第三节 有腹筋梁斜截面的受力特点和破坏形态	69
第四节 受弯构件斜截面承载力计算	70
第五节 纵向钢筋的布置	79
第六节 钢筋的构造要求	82
习题	86
第五章 受扭构件承载力计算	96
第一节 概述	96

第二节 受扭构件的试验研究	96
第三节 纯扭构件的承载力计算	99
第四节 弯剪扭构件的承载力计算	100
习题	107
第六章 受压构件承载力计算	113
第一节 概述	113
第二节 受压构件的构造要求	113
第三节 配有普通箍筋的轴心受压构件正截面承载力计算	116
第四节 配有螺旋式(或焊环式)箍筋的轴心受压构件正截面承载力计算	120
第五节 偏心受压构件正截面试验研究	122
第六节 不对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	126
第七节 对称配筋矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	134
第八节 对称配筋 I 字形截面偏心受压构件正截面承载力计算	137
第九节 偏心受压构件斜截面承载力计算	142
习题	143
第七章 受拉构件承载力计算	156
第一节 概述	156
第二节 轴心受拉构件正截面承载力计算	156
第三节 偏心受拉构件正截面承载力计算	157
第四节 偏心受拉构件斜截面承载力计算	160
习题	161
第八章 钢筋混凝土构件的裂缝和变形验算	165
第一节 概述	165
第二节 裂缝宽度验算	165
第三节 受弯构件变形验算	169
习题	171
第九章 预应力混凝土构件设计计算	177
第一节 预应力混凝土的基本知识	177
第二节 预应力混凝土构件设计的一般规定	181
第三节 预应力混凝土轴心受拉构件各阶段的应力分析	186
第四节 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	189
第五节 预应力混凝土构件的基本构造要求	195
习题	197
附表	207
附表 1 普通钢筋强度标准值	207
附表 2 预应力钢筋强度标准值	207

附表 3	普通钢筋强度设计值	207
附表 4	预应力钢筋强度设计值	208
附表 5	钢筋弹性模量	208
附表 6	混凝土强度标准值	208
附表 7	混凝土强度设计值	208
附表 8	混凝土弹性模量	209
附表 9	受弯构件的挠度限值	209
附表 10	结构构件的裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值	209
附表 11	锚固钢筋的外形系数	210
附表 12	钢筋锚固长度修正系数	210
附表 13	受拉钢筋的最小锚固长度	210
附表 14	纵向受力钢筋的混凝土保护层最小厚度	210
附表 15	钢筋混凝土矩形截面受弯构件正截面承载力计算系数表	211
附表 16	钢筋的计算截面面积及公称质量表	212
附表 17	钢筋混凝土板每米宽的钢筋面积表	212

绪 论

第一节 混凝土结构的概念和特点

混凝土结构包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、型钢混凝土结构和钢纤维混凝土结构等。素混凝土结构是指不配置任何钢筋的混凝土结构,常用于承受压力的结构中,如路面、挡土墙等。钢筋混凝土结构是指用圆钢筋作为配筋的普通混凝土结构,是混凝土结构中最具代表性的一种结构,是土木工程中应用最广的一种结构形式,适用于各种受拉、受压和受弯的结构,如桁架、梁、板、柱、拱等。预应力混凝土结构是在结构或构件中配置了预应力钢筋的结构,目前广泛应用于大跨度建筑和防渗结构中,如大跨屋架、桥梁等。型钢混凝土结构是指用型钢或钢板焊成的型钢作为配筋的混凝土结构,可用于梁柱构件中。钢纤维混凝土结构是将短的、不连续的钢纤维均匀乱向地掺入普通混凝土中而制成的一种“特殊”混凝土,钢纤维混凝土结构有无筋钢纤维混凝土结构和钢筋钢纤维混凝土结构,用于预制桩的桩尖和桩顶部分及抗震框架节点等。

混凝土材料的抗拉强度很低,仅为其抗压强度的 $1/18 \sim 1/9$,当结构构件中出现拉应力时,混凝土极易开裂破坏。如图 0-1(a)所示,素混凝土简支梁跨度为 4 m,截面尺寸为 $b \times h = 200 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$,混凝土强度等级为 C20,梁跨中作用一集中荷载,当荷载达到 8 kN 左右时,截面受拉区的拉应力达到混凝土抗拉强度极限值,试件突然发生断裂破坏,此时,受压区混凝土尚未达到抗压强度,破坏没有明显的预兆。考虑钢筋的抗拉强度很高,在该梁的受拉区放置 3 $\Phi 16$ 的 HPB235 级纵向钢筋,在受压区放置 2 $\Phi 10$ 的 HPB235 级架立钢筋和适量的箍筋,如图 0-1(b)所示,当荷载不大时,混凝土开裂,但试件没有发生断裂破坏,拉力全部转由钢筋承担,当荷载达到 36 kN 左右时,钢筋屈服,受压区混凝土被压坏,试件破坏,破坏有明显的预兆。

试验表明:在混凝土构件的受拉区配置适量的钢筋能大大提高构件的承载力,并且大大改善了结构的受力性能。

钢筋混凝土由钢筋和混凝土两种不同的材料组成,两种材料物理、力学性能不同,它们之间能有效的共同工作,其主要原因如下:

(1)混凝土硬化后与钢筋之间具有良好的黏结力,使两者之间能传递力和变形,这是两种不同性质的材料能够共同工作的基础;

(2)钢筋和混凝土具有相近的温度线膨胀系数,钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,混凝土为 $(1.0 \sim 1.5) \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,这使两者间的黏结力不致因温度变化而破坏;

(3)混凝土包裹钢筋使钢筋免受大气侵蚀,保证了构件的耐久性。

钢筋混凝土结构在土木工程中应用之所以广泛,是因为它与其他结构形式比有很多优点,主要优点如下:

(1)强度高。和砌体结构、木结构相比,其强度高。在一定条件下可用来代替钢结构,达到节约钢材、降低造价的目的;

(2)耐久性好。钢筋埋放在混凝土中,受混凝土保护不易发生锈蚀,而且混凝土的强度

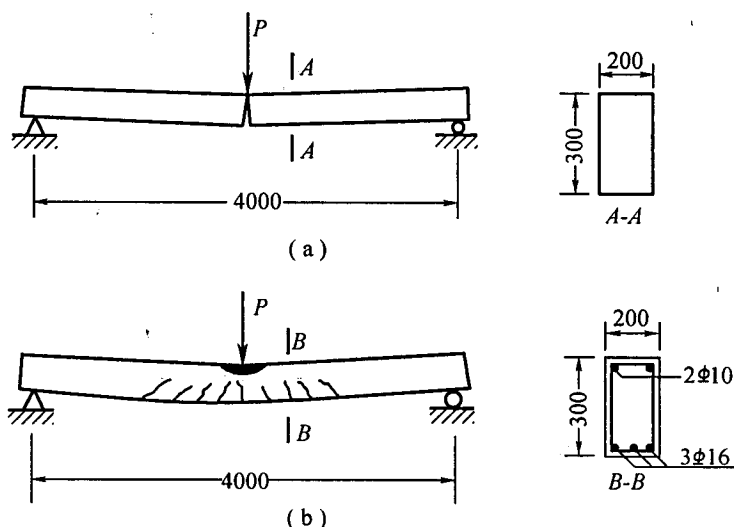


图 0-1 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的破坏情况对比

随着时间的增长还会有所增长,因而提高了结构的耐久性;

(3)耐火性好。当发生火灾时,钢筋有混凝土保护层包裹,不会像钢结构那样很快达到软化温度而破坏;

(4)可模性好。可根据需要浇筑成各种形状和尺寸的结构;

(5)整体性好。整体浇筑的钢筋混凝土结构整体性好,对抵抗地震、风载和爆炸等冲击作用有利;

(6)易于就地取材。在混凝土结构中用量最多的是砂、石等材料,这些材料可以就地取材。

事物总是一分为二的,钢筋混凝土结构同样也存在一些缺点,主要缺点如下:

(1)自重重大。不利于大跨度结构及高层结构;

(2)抗裂性差。由于混凝土的抗拉强度很低,荷载作用下极易开裂,过早开裂虽不影响承载力,但对要求防渗漏的结构在使用上受到一定限制;

(3)现浇结构需大量模板和支撑,施工复杂,工期长,并受施工环境和气候条件限制;

(4)补强维修困难,隔热、隔音性能较差。

钢筋混凝土结构的这些缺点使它的应用范围受到一些限制,随着科学技术的发展,上述缺点已在一定程度上得到了克服和改善。如采用轻质混凝土可以减轻结构自重;采用预应力混凝土可以提高结构或构件的抗裂性能,采用装配式结构可以节约模板和支撑,提高施工速度;采用植筋或粘钢等技术可以对发生局部损坏的混凝土结构或构件进行修复等。

第二节 混凝土结构的组成及分类

混凝土结构是由一系列受力形式不同的构件组成的,这些结构构件受力不同,可将其按受力特点进行分类如下。

受弯构件 如各种单独的梁、板及由梁板组成整体的楼盖、屋盖等。

受压构件 如柱、剪力墙和屋架的压杆等。

受拉构件 如屋架的拉杆、水池的池壁等。

受扭构件 如带有悬挑雨篷的梁、框架的边梁等。

混凝土结构是由梁、板、柱、墙、基础等结构构件组成的整体空间体系。楼板是指承受荷载并将荷载传到梁或直接传到墙、柱等竖向支承的构件,其形式有实心板、空心板、带肋板等。梁是指承受板传来的荷载并将之传到墙、柱上的构件,其形式有普通梁、墙梁、过梁等。柱是指支承楼面体系,承受板和梁传来荷载的构件,其形式有轴心受压柱、偏心受压柱。墙与柱相似,其形式有承重墙、非承重墙等。基础是指承受上部结构传来的荷载并将荷载传到地基上的构件,其形式有独立基础、桩基础、条形基础、筏片基础、箱型基础等。

混凝土结构按结构受力状态和结构外形可分为杆件系统和非杆件系统;按结构制造方法可分为整体式、装配式和装配整体式;按结构初始应力状态可分为普通钢筋混凝土结构和预应力钢筋混凝土结构;按其构成可分为实体结构和组合结构;按受力方式可分为平面结构和空间结构;按结构体系可分为框架结构、框剪结构、剪力墙结构、筒体结构、空间薄壳结构等;按建筑物层数可分为单层结构、多层结构、高层结构。

第三节 混凝土结构的发展概况

混凝土结构是在 19 世纪中期开始得到应用的,距今已有 150 年左右的历史,前 100 年发展缓慢,后 50 年,特别是最近二三十年发展非常迅速,现已成为世界各国应用最广泛的结构形式,混凝土已成为现代最主要的工程材料之一,并在未来很长时间内仍将是一种重要的工程材料。

进入 20 世纪,混凝土结构在计算理论、材料和工程应用等方面得到了很大的发展。在计算理论方面,20 世纪初期,由于人们对混凝土结构材料的性能认识不够,多数国家采用以弹性理论为基础的容许应力设计方法。实践证明,这种设计方法与结构的实际情况出入很大,现已不再采用。到 20 世纪 40 年代出现了按破损阶段的设计方法,这种方法考虑了混凝土和钢筋的塑性,与材料的实际情况接近,但仍需根据经验确定总安全系数。在 20 世纪 50 年代提出了极限状态设计方法,采用的计算系数是根据荷载及材料强度的变异性由统计规律确定的,并考虑了影响结构构件承载力的非统计因素,这种设计方法又称为半经验、半概率极限状态设计方法,这种方法概念比较明确,设计方法合理,到了 20 世纪 70 年代已为多数国家所接受。随着结构设计理论的进一步发展,结构及其构件的安全系数或分项系数更趋合理,结构可靠度理论得到完善,提出了以失效概率度量结构安全性的以概率理论为基础的极限状态设计方法。这种方法对各种荷载、材料强度的变异规律进行了大量的调查、统计、分析,合理地确定了各分项系数,而且用失效概率和可靠度指标能够比较明确地说明结构“可靠”或“不可靠”的概念,目前已被多数国家采用。

在材料方面,目前国内常用的混凝土强度等级为 $20 \sim 40 \text{ N/mm}^2$,国外常用的强度等级为 60 N/mm^2 ;在实验室内,我国已制成强度等级为 100 N/mm^2 以上的混凝土,美国已制成强度等级为 200 N/mm^2 以上的混凝土。在工程应用中将达到 80 N/mm^2 ,今后常用的混凝土强度可达 100 N/mm^2 ,在特殊结构中可配制出更高强度的混凝土。

混凝土材料主要的发展方向是高强、轻质、耐久、抗裂和易于成型。目前国内在大力发展轻质混凝土,以减轻结构自重;在混凝土中掺入高分子化合物,以提高混凝土的抗裂性和



耐久性,同时提高强度。

钢筋材料的发展方向是高强、防腐、有较好的延性和较好的黏结锚固性能。螺旋肋钢筋强度高、延性好,与混凝土的黏结性好;在钢筋表面涂环氧树脂可提高钢筋防腐性能。

在工程应用方面,尽管混凝土结构比其他结构出现的晚,但其发展和应用速度却非常快,并已成为当今世界许多国家的主导结构,广泛应用于房屋建筑、桥梁、水利等工程中。目前世界上最高的钢筋混凝土建筑是上海浦东环球金融中心大厦,95层460 m高;世界上最大跨度的预应力混凝土简支桥梁为奥地利的阿尔姆桥,跨度为76 m;世界上最大跨度的预应力混凝土连续梁桥为巴西瓜纳巴拉桥,跨度为300 m;世界上最高的钢筋混凝土重力坝是瑞士的大狄克桑斯坝,高285 m。

第四节 本课程内容及特点

本课程从学习钢筋混凝土材料的力学性能和以概率理论为基础的极限状态设计方法开始,然后对各种钢筋混凝土构件的受力性能、设计方法及配筋构造进行讨论,如受弯构件的正截面和斜截面承载力计算、受扭构件正截面承载力计算、受压构件正截面和斜截面承载力计算、受拉构件正截面和斜截面承载力计算、各种构件裂缝宽度验算、受弯构件变形验算、预应力混凝土构件计算。最后学习钢筋混凝土楼盖结构设计方法、多层框架结构设计方法、单层厂房结构设计方法及砌体结构设计方法。

钢筋混凝土是由钢筋和混凝土这两种力学性能不同的材料组成的一种复合材料,钢筋和混凝土材料均为非匀质、非连续、非弹性材料,因此不能完全应用材料力学的公式。混凝土具有复杂性、离散性,目前尚没有完整的强度理论,而只是依赖于对试验资料进行统计分析,从中得出半理论、半经验公式,因此需注意适用范围和限制条件。本书主要讨论基本构件的受力性能、计算方法、配筋构造及结构方案、构件选型、材料选择及配筋构造措施等。

结构设计是一个综合问题,要求技术先进、安全适用、经济合理。本课程实践性强,教学上采用课堂讲授、课程设计、毕业实习、毕业设计相结合的方法。学习本课程时应学会运用现行《混凝土结构设计规范》,规范是设计、审核、审批的依据,必须遵守;同时由于科技水平的不断发展,设计规范也必然需要不断修订和补充,因此要用发展的观点来看待规范,要善于观察和分析,不断进行探索和创新。

习 题

一、填空题

0-1 要使配筋后的混凝土发挥作用,就要求钢筋与混凝土两者共同受力,_____一致,同时,钢筋的数量和位置等必须正确。

0-2 在混凝土中配置钢筋的主要作用是提高结构和构件的_____和_____。

0-3 结构或构件的破坏类型有_____和_____。

二、选择题

0-1 钢筋混凝土的主要缺点是()。

- A.承载力低 B.自重大 C.施工复杂 D.施工周期长
 0-2 与素混凝土梁相比,钢筋混凝土梁的承载力()。
 A.提高很多 B.略有提高 C.相同 D.略有下降

三、问答题

- 0-1 钢筋混凝土结构的主要优缺点有哪些?
 0-2 钢筋混凝土共同工作的基础是什么?

参考答案

一、填空题

- 0-1 变形
 0-2 承载力 变形能力
 0-3 延性破坏 脆性破坏

二、选择题

- 0-1 B 0-2 A

三、问答题

- 0-1 优点:耐久性好,耐火性好,整体性好,可模性好,合理用材。
 缺点:自重大,施工复杂,费模板,工期长。
 0-2 钢筋混凝土之间有可靠的黏接力,钢筋和混凝土有相近的线膨胀系数。

第一章 钢筋混凝土材料的力学性能

第一节 钢筋的力学性能

一、钢筋的种类和级别

钢筋可分为两大类。一类是应力-应变图中有明显流幅的的钢筋,这类钢筋称为软钢,如热轧钢筋、冷拉钢筋;另一类是应力-应变图中没有明显流幅的的钢筋,这类钢筋称为硬钢,如热处理钢筋、钢丝、钢绞线。

钢筋按所含元素不同分为普通碳素钢和普通低合金钢;按生产加工工艺和力学性能不同分为热轧钢筋、冷加工钢筋、热处理钢筋、预应力钢丝和预应力钢绞线。热轧钢筋是由低碳钢、普通低合金钢在高温状态下轧制而成,按其外形特征可分为光面钢和变形钢;冷加工钢筋包括冷拉钢筋、冷拔钢筋、冷轧钢筋;热处理钢筋是将特定的热轧钢筋再通过加热淬火和回火等工艺处理的钢筋;预应力钢丝指消除应力的圆形钢丝、刻痕钢丝和螺旋肋钢丝;预应力钢绞线用冷拔钢丝制造而成。

热轧钢筋按其强度由低到高分为 HPB235、HRB335、HRB400 和 RRB400 四级,其中 HPB235 为低碳钢,是光面圆钢筋,强度较低,质量稳定,塑性、可焊性好,多用于小型钢筋混凝土构件中的受力筋及箍筋、构造筋;HRB335、HRB400 和 RRB400 是带肋钢筋,一般表面均为月牙纹形,强度逐渐提高,塑性、可焊性逐渐降低,多用于大型钢筋混凝土结构的受力钢筋及预应力构件中的非预应力钢筋,如图 1-1 所示。

二、钢筋的强度和变形

钢筋的强度、变形都可以用拉伸试验所得的应力-应变曲线来说明。

(一)钢筋的强度

1. 软钢

将钢筋在拉伸机上拉伸,得应力-应变曲

线,如图 1-2 所示,在应力达到 a 点之前,应力应变成正比,此时钢筋具有理想的弹性性质,若此时卸去荷载,则应变恢复为零, a 点对应的应力称为比例极限。应力超过比例极限后,应变较应力增长快,应力-应变曲线开始弯曲,在应力达到 b 点时,钢筋的应力-应变性质发生明显变化,超过 b 点后,钢筋应力将下降到 c 点,钢筋开始流塑,即应力基本不变,应变急剧增加,应力-应变曲线出现一个波动的小平台,这种现象称为屈服, b 、 c 两点被称作上、下屈服点,与下屈服点对应的应力称为屈服强度。这种塑性应变一直延续到 d 点, cd 段为

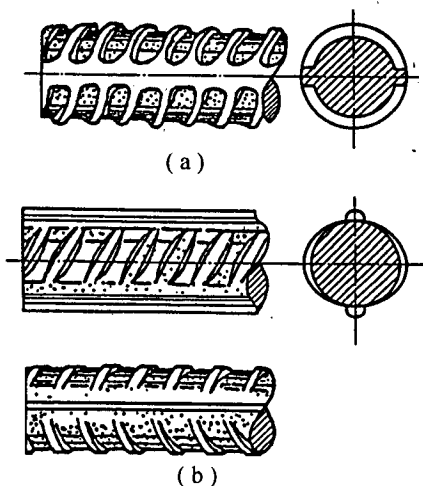


图 1-1 变形钢筋的外形

(a)螺纹钢;(b)月牙形钢筋

屈服平台, cd 间的应变称为钢筋的“流幅”。超过 d 点后, 应力又继续增长, 但这时曲线的斜率变得远比弹性阶段小, 而且随着应力的增长越来越小, 直到 e 点处钢筋达到极限抗拉强度, de 段称为“强化段”。超过 e 点后试件在最薄弱处应变急剧增长, 截面迅速变小, 出现颈缩现象, 应力随之下降, 直至 f 点断裂破坏, ef 段为下降段。

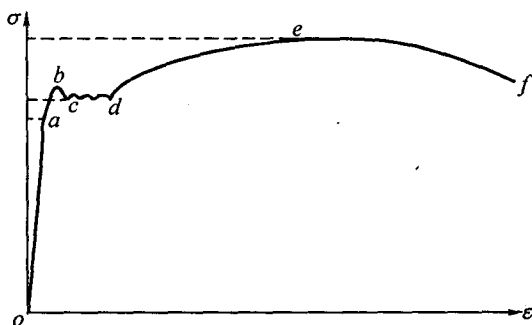


图 1-2 有明显流幅的钢筋应力-应变曲线

对软钢, 当结构构件中某一截面钢筋应力达到屈服强度后, 它将在荷载基本不增加的情况下产生持续的塑性变形, 构件可能在钢筋尚未进入强化阶段前就已经破坏或产生过大的变形与裂缝。因此, 钢筋的屈服强度是最重要的力学指标, 而钢筋的屈服比即屈服强度与极限抗拉强度的比值则表示钢筋可靠性的潜力。构件设计时, 取屈服强度为设计强度的取值依据, 而钢筋的极限抗拉强度是检验钢筋质量的另一强度指标。

2. 硬钢

硬钢的应力-应变曲线如图 1-3 所示, 当应力未超过图中 a 点的比例极限(约相当于极限抗拉强度的 65%)时, 钢筋具有理想弹性性质。超过 a 点后, 钢筋将表现出明显的塑性性质, 应力应变持续增长, 直到曲线最高点, 此前曲线没有明显的屈服点, 曲线最高点对应的应力称为极限抗拉强度。曲线达到最高点后, 钢筋出现颈缩现象, 曲线下降, 直到钢筋被拉坏。

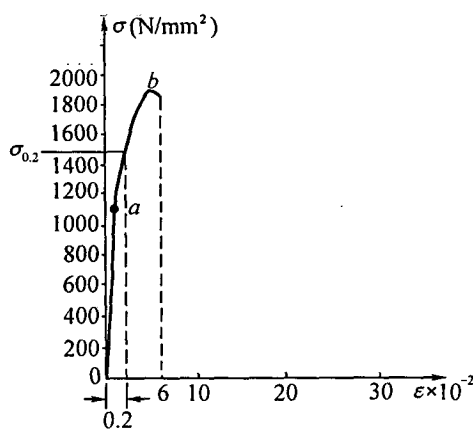


图 1-3 无明显流幅的钢筋应力-应变曲线

硬钢没有明显屈服点, 但可在塑性变形开始明显增长处找到一个相当的假想屈服点, 该点的应力一般取残余应变为 0.2% 时所对应的应力 $\sigma_{0.2}$, 称为条件屈服强度。《规范》

规定, 条件屈服强度 $\sigma_{0.2}$ 为极限抗拉强度 σ_b 的 0.85 倍, 即 $\sigma_{0.2} = 0.85\sigma_b$ 。构件设计时取条件屈服强度为硬钢设计强度的取值依据。

(二) 钢筋的变形

钢筋的变形用钢筋的塑性表示, 而钢筋的塑性通常用伸长率和冷弯性能指标来衡量。

1. 伸长率

钢筋拉断后的伸长值与原长的比率称为伸长率。

$$\delta = (l - l_0) / l_0 \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 δ ——伸长率;

l ——试件拉断后的标距长度;

l_0 ——试件受力前的标距长度, 标准短试件为 $5d$, 标准长试件为 $10d$ 。

伸长率越大, 钢筋塑性越好, 变形能力越强, 钢筋拉断前有明显的预兆; 伸长率越小, 钢

筋塑性越差,破坏突然发生,呈脆性特征。软钢有较大的伸长率,硬钢伸长率很小。

2. 冷弯性能

冷弯性能是将钢筋在常温下绕某一规定直径 D 的辊轴进行弯曲达到一定冷弯角度 α 而不发生裂纹、起皮或断裂的能力,如图 1-4 所示。冷弯性能可以间接反应钢筋的塑性和内在质量。 D 越小, α 越大,塑性越好,变形能力越强。几种钢筋的伸长率及冷弯试验要求见表 1-1。

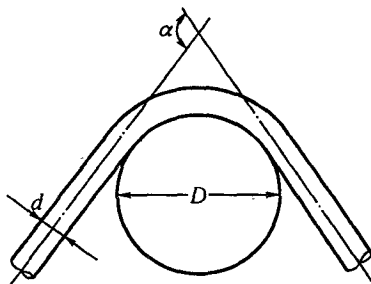


图 1-4 钢筋冷弯

表 1-1 钢筋的伸长率及冷弯试验要求

钢筋种类		HPB235 级	HRB335 级	HRB400 级
伸长率/%	δ_5	25	16	14
	δ_{10}	21	-	-
冷弯要求	α	180°	180°	90°
	D	1d	3d	3d

注: δ_5 的测量标距为 $5d$, δ_{10} 的测量标距为 $10d$ 。

软钢的质量通过检验屈服强度、极限抗拉强度、伸长率和冷弯性能四项指标来保证,而硬钢的质量通过检验极限抗拉强度、伸长率和冷弯性能三项指标来保证。

三、钢筋的冷加工

钢筋的冷加工包括冷拉、冷拔和冷轧。对钢筋进行冷加工是为了提高钢筋的强度,达到节约钢筋的目的。

冷拉是在常温下用卷扬机或其他张拉设备将热轧钢筋进行张拉,使其应力超过原来的屈服强度进入强化阶段,然后卸荷,使钢筋应力恢复为零,则完成冷拉。对冷拉的钢筋立即再张拉,则第二次张拉时获得比原来更高的屈服强度,这种现象称为冷拉强化。若经过冷拉的钢筋放置一段时间后再进行张拉,其屈服强度又有所提高,这种现象称为时效硬化,如图 1-5 所示。需焊接的钢筋应先焊好再冷拉,以免焊接时的高温使冷拉强化消失。冷拉只能提高钢筋的抗拉强度,同时降低塑性,因此目前已不提倡使用冷拉钢筋。

冷拔是将光面热轧钢筋多次用强力拔过比它本身直径还小的硬质合金拔丝模。经过几次冷拔,钢筋强度比原来提高很多,钢筋没有明显的屈服点,同时塑性也降低很多,钢筋已由软钢转为硬钢。冷拔的钢筋受到纵向拉力和横向压力的作用,因此同时提高了钢筋的抗拉强度和抗压强度。

冷轧钢筋是采用普通低碳钢或低合金钢热轧圆盘条为母材,冷轧后在其表面形成具有

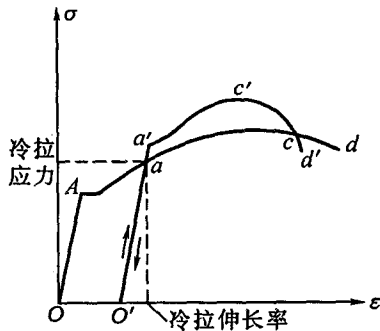


图 1-5 钢筋冷拉前后的应力—应变曲线

三面或两面月牙形横肋的钢筋。钢筋经过冷轧后强度大大提高,与混凝土的黏结强度也提高了,但塑性降低了。

四、钢筋的徐变、松弛和疲劳

钢筋在高应力作用下,应变随时间增长的现象称为徐变。钢筋受力后,若保持长度不变,则其应力随时间增长而降低的现象称为松弛。徐变和松弛与钢筋初始应力的、钢筋的品种、温度等因素有关。初始应力越大,温度越高,徐变和松弛越大。钢筋受重复周期动荷载作用时,在低于屈服强度的情况下突然发生脆性断裂破坏的现象称为疲劳破坏。疲劳破坏是由于钢筋内部或外表的缺陷引起了应力集中,使缺陷处的细小裂纹进一步扩展引起的。疲劳强度是指在某一规定应力幅度内,经受 200 万次循环加载后,才发生疲劳破坏的最大应力值。疲劳强度的大小与应力的幅值、钢筋外表面的几何形状、钢筋直径、钢筋强度、试验方法和使用环境等因素有关。

五、混凝土结构对钢筋性能的要求

1. 强度要求。不同种类的钢筋,对其屈服强度和极限强度都有相应的要求,采用较高强度的钢筋可以节省钢筋,获得较好的经济效益。

2. 变形要求。钢筋在拉断前要有足够的塑性,破坏前能有明显的预兆。各类合格钢筋都应满足伸长率和冷弯性能要求。

3. 可焊性要求。在很多情况下,钢筋的接长和钢筋之间的连接需通过焊接,要求在一定的工艺条件下,钢筋焊接后不产生裂纹及过大的变形,保证焊接后的接头性能良好。

4. 黏结力。为了保证钢筋与混凝土之间共同工作,两者之间应有足够的黏结力。

六、钢筋的弹性模量

钢筋在屈服前(严格讲是钢筋应力在达到比例极限之前),应力-应变为直线关系,其比值即为弹性模量

$$E_s = \sigma_s / \epsilon_s \quad (1-2)$$

式中 σ_s ——钢筋屈服前的应力;

ϵ_s ——相应的钢筋应变。

各种钢筋的弹性模量根据受拉试验测定,同一种钢筋的受拉和受压弹性模量相同。钢筋弹性模量的具体数值见附表 5。

第二节 混凝土的力学性能

一、混凝土的强度

1. 立方体抗压强度

国际上确定混凝土抗压强度所采用的混凝土试件形状有圆柱体和立方体两种。我国规定以立方体试件测定混凝土的抗压强度,并且根据立方体抗压强度标准值将混凝土划分成若干个强度等级。混凝土的立方体抗压强度标准值是对边长为 150 mm 的立方体试块,在温度 20 ± 3 °C 及相对湿度不低于 90% 的环境里养护 28 天,以 $0.15 \sim 0.25$ N/mm² 的速度加载,