

混凝土结构

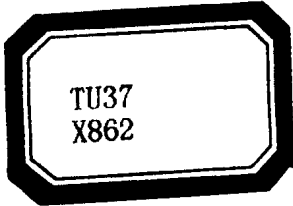
施工

◎主 编 许 红 吴承霞
◎参 编 张渭波 王明军 吕秀娟
◎主 审 戴望炎(东南大学)

YEJIAOYUJIANZHUGONGCHENGJISHUZHUANYEJINENGXINGXILIEJIAOCAI



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS



TU37
X862

筑工程技术专业(技能型)系列教材

混凝土结构施工

主 编 许 红 吴承霞

参 编 张渭波 王明军 吕秀娟

主 审 戴望炎(东南大学)

东南大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍混凝土结构的概念、构造、计算方法、施工工艺、工程应用及发展方向。全书除绪论外共分7章,前2章为结构部分,后5章为施工部分。结构部分包括:混凝土基本构件承载力计算(含钢筋混凝土受弯、受压、受拉、受扭构件及楼梯的设计、构造,预应力混凝土构件的基本知识)、多层及高层混凝土结构及其抗震构造(含钢筋混凝土楼盖、框架结构、剪力墙结构、框-剪结构、框支剪力墙结构及筒体结构)。施工部分包括:施工机械与脚手架、钢筋混凝土工程施工(模板工程、钢筋工程、混凝土工程)、预应力混凝土工程、结构安装工程及冬期雨期施工。全书结合工程实际并贯穿案例,在实训部分针对案例等组织学生进行模板工、钢筋工、混凝土工的实训操作练习,以加强实践性教学环节。每章后均附有复习思考题。

本书配合技能型紧缺人才工程,是全日制高职高专土建类专业教材。编写时结合了近几年的新成就、新技术、新材料、新经验和新规范,亦可作为同层次的大专、函授和夜大职业学校教材,以及相关工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构施工/许红等编著. —南京:东南大学出版社,2005.8

(高等职业教育建筑工程技术专业(技能型)系列教材)

ISBN 7-5641-0029-X

I. 混... II. 许... III. 混凝土结构-工程施工-高等学校:技术学校-教材 IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 075211 号

出版发行:东南大学出版社

社 址:江苏省南京市四牌楼 2 号(210096)

出 版 人:宋增民

经 销:江苏省新华书店

印 刷:江苏兴化印刷厂

版 次:2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:21.25

字 数:530 千

印 数:1~3000 册

定 价:32.00 元

(若有印装质量问题,请同读者服务部联系。电话:025-83792328)

高等职业教育建筑工程技术专业(技能型)

系列教材编委会名单

(以姓氏笔画为序)

主 任	李宏魁	黄珍珍	
副主任	仇学南	吴承霞	周 平
委 员	丁宪良	王立新	王立霞
	仇学南	李宏魁	许 红
	汤金华	刘志宏	刘晓庆
	宋 建	吴承霞	周 平
	陈 正	韩国平	殷凡勤
	黄珍珍	熊明安	

序

改革开放二十余年,我国职业教育获得了长足发展。当前,我国经济建设突飞猛进,许多行业紧缺大量的技能型职业人才,而高水平的职业教育是新时期我国实现新型工业化和建设小康社会宏伟目标的重要前提,作为国民经济主要产业的建设行业更是如此。2004年教育部、建设部颁发了《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》,《通知》明确提出了建设行业的四个紧缺专业,同时,提出高等职业教育的基本学制将由现行的三年逐步调整为二年。

笼统地讲,职业教育是以行业和职业需求为主要价值取向的教育,而高等职业教育则是把培养面向生产一线的高技能专门人才作为培养目标。因此职业学校的学生不仅需要具备一定的知识结构,更应具有一定的职业技能水平。要落实我国现阶段“职业教育以服务为宗旨、以就业为导向”的方针,就要求职业学校在人才培养目标、知识技能结构、教学课程设置等方面下功夫,克服传统的重知识轻技能、重理论轻实训、重动脑轻动手、重结果轻过程的教学模式,要把学生职业技能的培养放在教与学的突出位置上,从而实现毕业生的“零距离”上岗。

本套教材正是按照《通知》精神,依据教育部、建设部关于《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训指导方案》的要求,从调整课程设置和教学内容入手而做的有益尝试。教材以工程“实用”、“够用”为度,同时适应建筑业相应工种职业资格的要求;以工程实例为主线,通过实训、实习和现场教学,将学生实践能力的培养贯穿于每个教学过程的始终。打破传统的学科体系,按照建筑企业实际的工作任务、工作过程和工作情境组织教学,从而形成围绕企业工作过程的新型教学模式。

鉴于建设行业技能型紧缺人才培养培训工程刚刚起步,其课程设置又是一个全新的体系,教材的编写者对于教学指导方案的理解需要不断加深,加之水平有限,错误之处敬请批评指正。

丛书编委会

2005.4

前 言

按照国家教育部、建设部关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程指导方案的要求,结合建设行业的实际,为满足建设行业对施工、生产、服务一线技能型人才的需求,促进建设事业持续、健康发展,要求建设行业职业院校及时调整课程设置和教学内容,突出建筑工程技术专业领域的新知识、新材料、新技术、新工艺和新方法,克服专业教学存在的内容陈旧、更新缓慢、片面强调学科体系完整、不能适应企业发展需要的弊端。

本教材对混凝土基本构件计算原理、混凝土结构设计及构造措施,以及混凝土各主要工种的施工工艺、施工技术和方法作了详细的介绍,同时介绍了国内外在施工技术方面的新工艺和科研成果,并按现行规范研究了保证工程质量和施工安全的技术措施。同时针对《高等职业教育建设行业技能型紧缺人才培养培训的指导方案》的要求,增设了实训实习部分,强调了对高职高专实践性教学的要求。

全书由许红、吴承霞主编。东南大学戴望炎副教授主审。参加本书编写的有:吴承霞(绪论、第1章)、张渭波(第2章第1、2、3、4、9节)、许红(绪论、第4章)、王明军(第3、5、6、7章)、吕秀娟(第2章第5、6、7、8节)、王岩(附图—设计实例)。

本书在编写过程中,得到了编者所在学校的支持,在此表示感谢。

由于编写水平有限,加之时间仓促,书中尚有不足之处,恳切希望读者批评指正。

本教材的学时数为80~100学时,实训3周,各章学时分配见下表(供参考):

章次	绪论	第1章	第2章	第3章	第4章	第5章	第6章	第7章	实训
学时数	2	20	18	7	22	8(+2)	(16)	5	3周

注:括号内为选学内容。

编者

2005.4

目 录

0	绪论	1
0.1	混凝土结构的概念	1
0.2	混凝土结构施工及发展	3
0.3	本课程的特点	3
1	混凝土基本构件承载力计算原理	5
1.1	钢筋混凝土材料的力学性能	5
1.2	钢筋混凝土基本构件的构造	13
1.3	钢筋混凝土受弯构件承载力计算	25
1.4	钢筋混凝土受压构件承载力	53
1.5	钢筋混凝土受拉及受扭构件承载力	63
1.6	预应力混凝土构件基本知识	67
1.7	楼梯	69
	复习思考题	74
2	多层及高层混凝土结构及其抗震构造	77
2.1	多层及高层结构简介	77
2.2	结构抗震基本知识	82
2.3	钢筋混凝土楼盖	88
2.4	框架结构	107
2.5	剪力墙结构	115
2.6	框架-剪力墙结构	117
2.7	框支剪力墙结构	118
2.8	筒体结构	118
2.9	《混凝土结构施工图平面整体表示方法制图规则和构造详图》(03G101—1)及其识图	119
	复习思考题	139

3	垂直运输设施与脚手架	140
3.1	垂直运输设施	140
3.2	脚手架	146
	复习思考题	160
4	钢筋混凝土结构工程施工	161
4.1	模板工程	161
4.2	钢筋工程	186
4.3	混凝土工程	213
4.4	实训实习	239
5	预应力混凝土工程	242
5.1	先张法	242
5.2	后张法	248
5.3	无粘结预应力混凝土	257
5.4	质量标准与安全技术	260
5.5	预应力混凝土结构构造要求	262
	复习思考题	265
6	结构安装工程	266
6.1	起重机械	266
6.2	单层工业厂房结构构件及布置	270
6.3	单层工业厂房结构安装	272
6.4	升板法施工	295
	复习思考题	301
7	混凝土冬期与雨期施工	302
7.1	混凝土工程冬期施工	302
7.2	雨期施工	309
	复习思考题	310
	附表	311
	附图——设计实例(框架结构施工图)	320
	参考文献	328

0 绪 论

0.1 混凝土结构的概念

0.1.1 混凝土结构的定义与分类

1) 概念

以混凝土为材料的结构称为混凝土结构,它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构三种。素混凝土是不放钢筋的混凝土,常用于路面、垫层和一些非承重结构;在混凝土构件的适当部位放入钢筋即是钢筋混凝土结构;预应力混凝土结构是在结构或构件中配置了预应力钢筋并施加预应力的结构。

混凝土是建筑工程中应用非常广泛的一种建筑材料,混凝土抗压强度较高,而抗拉强度却很低。例如,两根截面尺寸、跨度和混凝土强度等级完全相同(C20)的简支梁,其中一根为素混凝土梁,由试验可知,当加荷 $F = 12.5 \text{ kN}$ 时,素混凝土梁便由于受拉区混凝土被拉裂而突然折断(图 0-1(a))。但若在梁的受拉区(底部)配置 2 根直径为 20 mm 的 HRB335 级钢筋,则荷载加至 $F = 76 \text{ kN}$ 时梁才破坏(图 0-1(b))。

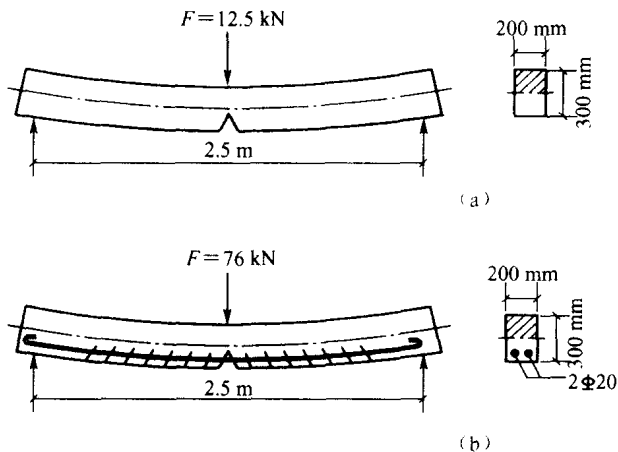


图 0-1 素混凝土梁与钢筋混凝土梁的比较

以上实例表明,钢筋混凝土结构的承载能力比素混凝土结构的承载能力大得多。其原因是:在受拉区配有钢筋的钢筋混凝土梁,当跨中集中荷载 F 很小时,混凝土也已经开裂,其拉力由钢筋承担;随着 F 的增大,由钢筋继续承担拉力,当 F 达到一定程度时,钢筋屈服,

受压区混凝土被压碎,梁才会破坏。

2) 钢筋与混凝土共同工作原理

钢筋混凝土结构是物理、力学性质完全不同的钢筋与混凝土两种材料的组合体。为什么要把以上两种材料结合在一起共同工作呢?因为混凝土具有较强的抗压能力,抗拉能力很弱,而钢筋的抗拉能力很强,两种材料合理结合后,混凝土主要承受压力,钢筋主要承受拉力,来满足工程结构的使用要求。

钢筋和混凝土之所以能够有效地结合而共同工作,主要是因为:①混凝土与钢筋表面有很强的粘结力;②钢筋与混凝土之间有较接近的线膨胀系数,不会因温度变化产生变形不同步,而使钢筋与混凝土之间产生错动;③混凝土包裹在钢筋表面,防止锈蚀,起保护作用,混凝土本身对钢筋无腐蚀作用,从而保证了钢筋混凝土构件的耐久性。

3) 预应力混凝土

相比素混凝土构件,钢筋混凝土构件受力性能虽然有了很大改善,但还存在难以克服的缺点:一是由于混凝土受拉强度较低,导致混凝土受拉区过早开裂,从而构件刚度降低,变形加大。二是为了限制裂缝开展的宽度,钢筋混凝土构件中高强材料无法充分利用。为了避免钢筋混凝土构件变形过大、裂缝出现过早并充分利用高强材料,人们在生产实践中创造了预应力混凝土结构。所谓预应力混凝土结构,是在结构构件受外荷载作用之前,人为地对混凝土构件的受拉区预先施加一定的压力,由此产生预压应力状态,以减小或抵消外荷载作用下引起的拉力,推迟裂缝的开展,减小裂缝的宽度,从而提高构件的刚度,减小变形,同时还可采用高强材料。

0.1.2 混凝土结构的优缺点

混凝土结构的主要优点是:混凝土中所用的砂石材料,一般可以就地就近取材;耐久性和耐火性均比钢结构好;结构整体性好,因而有利于抗震防爆;比钢结构节约钢材;可模性好,可以根据设计要求浇成各种形状。

混凝土结构的缺点是自重大、抗裂性较差、补强修复较困难等。

0.1.3 混凝土结构的工程应用及发展概况

混凝土结构最早在欧洲应用,距今已有 170 多年的历史。目前,混凝土结构已成为现代最主要的、应用最普遍的结构形式之一,它广泛应用于工业建筑的单层和多层厂房,民用和公共建筑中的住宅、旅馆、剧院、体育馆、写字楼等多层和高层建筑中,在桥梁工程、特种结构、水工及港口工程、地下工程、海洋工程、国防工程中也有大量应用。

在材料方面,现在国内钢筋混凝土结构采用强度等级为 C20~C40 的混凝土,预应力钢筋混凝土结构采用强度等级为 C40~C80 的混凝土。近年来国内外高性能混凝土的研究为混凝土结构在高层建筑、高耸建筑和大跨度桥梁等方面的应用创造了条件。为了减轻结构自重,充分利用工业废渣废料,国内外都在发展轻集料混凝土,如浮石混凝土、陶粒混凝土等;此外,各种纤维混凝土的应用,大大地改善了混凝土抗拉性能和延伸性差的缺点。

在结构形式方面,钢-混凝土混合结构是近年的发展方向之一。如压型钢板-混凝土组合而成的楼盖,型钢-混凝土组合而成的组合梁及钢管混凝土柱等。另外,预应力混凝土结构近年来发展也比较迅速,特别是无粘结部分预应力混凝土结构。

混凝土材料主要的发展方向是高强、轻质、耐久、提高抗裂性和易于成型;钢筋的发展方向是高强、较好的延性和良好的锚固性能。在未来的工程结构中,随着新型建筑结构形式的发展,随着新施工技术、新施工工艺的使用,将会有更多的工程采用混凝土结构。

0.2 混凝土结构施工及发展

随着社会的发展,混凝土结构施工技术也在不断向前推进。在现浇钢筋混凝土模板工程施工中,不仅采用了常见的木模、定型钢模和胶合板,还可以通过模板的改革,采用大模板、台模、隧道模、爬模、滑模等新的模板体系,以及用于叠合楼板的永久式模板和“早拆模板”体系。我国的脚手架技术也从竹木脚手架和钢管脚手架并存转变为以钢管脚手架为主体,并衍生出多种新型脚手架,如门架式、吊式、挑式、碗扣式等,特别是爬升式脚手架,由于它能沿着建筑物攀升和下降,不受建筑物高度的限制,既可用于结构施工,又可用于外装饰作业,因此,用它进行高层、超高层建筑施工极具发展优势。对于钢筋工程的施工,为改善混凝土的综合性能而采用了冷轧扭钢筋、冷轧带肋钢筋及冷拔螺旋钢筋等新型钢筋。另外,粗钢筋的连接技术也在不断发展,可采用电渣压力焊、钢筋气压焊等焊接连接,以及钢筋挤压连接、钢筋锥螺纹连接、钢筋直螺纹机械连接,并可应用植筋技术。混凝土向预拌、高强、高性能发展,混凝土工程采用了商品混凝土、泵送混凝土、喷射混凝土、大体积混凝土、免振捣自密实混凝土、水下浇筑混凝土、钢管混凝土、纤维混凝土、补偿收缩混凝土以及高强、高性能混凝土。在预制构件制做方面,挤压成型、热拌热模等养护技术不断完善。在大型结构吊装方面,随着大跨度结构的发展,创造了集群千斤顶同步提升控制技术及升板法施工技术。在预应力混凝土方面,采用了无粘结工艺和整体预应力结构,推广了高效预应力混凝土技术。这些施工技术的发展,有力地推动了我国建筑行业的发展。

0.3 本课程的特点

0.3.1 学习本课程的目的

本课程是建筑工程技术专业的主要专业课程之一,学习本课程的主要目的是:掌握混凝土结构的基本概念、基本理论及构造要求,具有绘制和识读结构施工图的能力;掌握预制、现浇混凝土施工工艺和验收标准,及在混凝土施工过程中所采用的施工机械和脚手架,了解混凝土工程在特殊工期冬、雨期施工时应采取的保证质量的措施,为将来从事施工及管理岗位的技术工作打下牢固的基础。

0.3.2 学习本课程注意的问题

混凝土的力学特性及强度理论非常复杂,目前,钢筋混凝土结构的计算公式就是在理论分析和大量试验基础上建立起来的,因此,应用公式时要特别注意它的适用范围和限制条件。在混凝土工程施工中,应严格遵守操作规程,精心施工,安全作业,保证质量。

本课程还具有实践性很强的特点,不仅要通过课程教学学习结构设计的理论知识,还要经常到施工现场、预制构件厂进行参观,重视和积累工程经验。

本课程的直接依据是《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001)(以下简称《统一标准》),《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)(以下简称《规范》)和《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2002)(以下简称《荷载规范》),《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002),《建设工程施工安全技术操作规程》,《建筑抗震设计规范》(GB50011—2001)(以下简称《抗震规范》)。设计规范和标准是国家颁布的关于结构设计计算和构造要求的技术规定和标准,是具有技术法律性质的文件,建设行业每个人员都必须遵守。所以在学习本课程时,要注意熟悉规范,并正确运用规范。

1 混凝土基本构件承载力计算原理

学习目标

了解结构用钢筋的种类,掌握钢筋的设计指标、混凝土的强度指标和设计指标,掌握混凝土收缩和徐变的概念。

理解受弯构件正截面破坏的形式和特征,掌握单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算的基本公式和计算方法(截面设计和截面验算);掌握两类 T 形截面的判别方法,掌握第一类 T 形截面受弯构件正截面承载力计算方法;理解受弯构件斜截面的破坏形式和特征,掌握受弯构件在均布荷载作用下仅配箍筋时斜截面承载力计算的方法。

理解轴心受压构件的破坏特征;掌握轴心受压构件承载力的计算方法;理解偏心受压构件的破坏特征及分类;理解大小偏心受压的区别和界限,掌握对称配筋矩形截面大偏心受压构件承载力计算方法;了解受拉及受扭构件的计算方法及配筋构造。

掌握预应力混凝土的基本原理;了解预应力混凝土结构对钢筋和混凝土的要求;了解预应力混凝土的构造要求;掌握现浇板式楼梯和梁式楼梯的组成及构造要求;掌握现浇板式楼梯承载力的计算。

1.1 钢筋混凝土材料的力学性能

1.1.1 混凝土的力学性能

1) 混凝土的强度

(1) 混凝土强度等级——立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k}$

混凝土强度等级按立方体抗压强度标准值确定。《规范》对混凝土强度等级的确定方法是:用边长为 150 mm 的立方体标准试件,在标准条件下(温度为 $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,相对湿度在 90% 以上的标准养护室中)养护 28 天,并用标准方法(加载速度约 $0.3 \sim 0.8\text{ MPa/s}$ 范围,两端不涂润滑剂)测得的具有 95% 保证率的立方体抗压强度,用符号 $f_{cu,k}$ 表示。强度等级符号用 C 表示,如 C30 即表示 $f_{cu,k} = 30\text{ MPa}$ 。我国混凝土等级共有 14 个强度等级,即 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75、C80。

钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C15;当采用 HRB335 级钢筋时不宜低于 C20;当用 HRB400 和 RRB400 级钢筋以及承受重复荷载的构件,混凝土强度等级不得低于 C20。

预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C30;当采用钢丝、钢绞线、热处理钢筋

作预应力筋时,混凝土强度等级不宜低于 C40。

(2) 混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ck}

由于实际工程中钢筋混凝土轴心受压构件多为棱柱体,故立方体抗压强度不能代表混凝土在实际构件中的受力状态,只是作为在同一标准条件下比较混凝土强度水平和品质的标准。一般取棱柱体(150 mm×150 mm×300 mm)标准试件测定混凝土的轴心抗压强度标准值。

(3) 混凝土轴心抗拉强度标准值 f_{tk}

取棱柱体(100 mm×100 mm×500 mm,两端埋有钢筋)的抗拉极限强度为轴心抗拉强度标准值。混凝土的轴心抗拉强度标准值比抗压强度标准值小很多,一般只有抗压强度的1/20~1/8,混凝土构件的开裂、裂缝、变形以及受剪、受扭、受冲切等承载力均与抗拉强度有关。

根据试验知, $f_{cu,k}$ 、 f_{ck} 、 f_{tk} 三者之间的关系是: $f_{cu,k} > f_{ck} > f_{tk}$ 。

2) 混凝土强度的标准值与设计值

以上三种试验方法测得的强度值为各自的强度标准值。而在设计中,材料强度的标准值除以材料分项系数($\gamma_c \geq 1$)即为材料强度的设计值。混凝土轴心抗压强度标准值 f_{ck} 和设计值 f_c ,混凝土轴心抗拉强度标准值 f_{tk} 和设计值 f_t 可从表 1-1 中查得。

表 1-1 混凝土强度标准值、设计值、等效矩形图形系数和弹性模量

强度种类		轴心抗压强度标准值	轴心抗拉强度标准值	轴心抗压强度设计值	轴心抗拉强度设计值	应力系数	高度系数	弹性模量 ($\times 10^4$)
符 号		f_{ck} (MPa)	f_{tk} (MPa)	f_c (MPa)	f_t (MPa)	α_1	β	E_c (MPa)
混 凝 土 强 度 等 级	C15	10.0	1.27	7.2	0.91	1.0	0.8	2.20
	C20	13.4	1.54	9.6	1.10	1.0	0.8	2.55
	C25	16.7	1.78	11.9	1.27	1.0	0.8	2.80
	C30	20.1	2.01	14.3	1.43	1.0	0.8	3.00
	C35	23.4	2.20	16.7	1.57	1.0	0.8	3.15
	C40	26.8	2.39	19.1	1.71	1.0	0.8	3.25
	C45	29.6	2.51	21.1	1.80	1.0	0.8	3.35
	C50	32.4	2.64	23.1	1.89	1.0	0.8	3.45
	C55	35.5	2.74	25.3	1.96	0.99	0.79	3.55
	C60	38.5	2.85	27.5	2.04	0.98	0.78	3.60
	C65	41.5	2.93	29.7	2.09	0.97	0.77	3.65
	C70	44.5	2.99	31.8	2.14	0.96	0.76	3.70
	C75	47.4	3.05	33.8	2.18	0.95	0.75	3.75
	C80	50.2	3.11	35.9	2.22	0.94	0.74	3.80

注:1 MPa=1 N/mm²。

3) 混凝土的变形

混凝土的变形分为两类:受力变形(一次短期加荷的变形和荷载长期作用下的变形)及体积变形(收缩与膨胀)。

(1) 一次短期加荷的变形

混凝土在一次短期加荷时的受压应力-应变关系如图 1-1 示。曲线可分为四个部分:

①OA 段,混凝土基本处于弹性工作阶段,应力-应变呈线性关系;②AB 段,应力-应变关系偏离直线,逐渐弯曲,混凝土表现出塑性性质;③BC 段,塑性变形显著增大,裂缝迅速发展;④C 点以后,承载力下降,应变继续增大。

由混凝土的应力-应变曲线可得混凝土弹性模量 E_c 的经验计算公式为

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + \frac{34.7}{f_{cu}}} \quad (1-1)$$

E_c 也可由表 1-1 查得,单位为 N/mm^2 。

(2) 混凝土在长期荷载下的变形性能——徐变

混凝土在长期不变荷载作用下,应变随时间继续增长的现象叫做混凝土的徐变。如图 1-2。

徐变对结构将产生不利的影响,如增大变形,引起应力重分布,在预应力混凝土结构中产生预应力损失等。影响徐变大小的因素主要有:

- ① 水泥用量越多、水灰比越大,徐变越大;
- ② 混凝土骨料增加,徐变将减少;
- ③ 混凝土强度等级越高,徐变越小;
- ④ 养护及使用环境湿度大时徐变小;
- ⑤ 构件加载前混凝土强度大时徐变小;
- ⑥ 构件截面的应力越大,徐变越大。

(3) 混凝土的收缩

混凝土在空气中硬化体积缩小的现象称为混凝土的收缩(而混凝土在水中硬化体积增大的现象则称为混凝土的膨胀)。混凝土的收缩对混凝土的构件会产生有害的影响,例如对预应力混凝土构件会引起预应力损失等。减少收缩的主要措施是:控制水泥用量及水灰比、混凝土捣固密实、加强混凝土的早期养护等。

1.1.2 钢筋的力学性能

1) 钢筋的种类及选用

钢筋的种类很多,土木工程中常用的钢筋按生产工艺可分为(图 1-3):

(1) 热轧钢筋。在钢筋混凝土结构中常采用的热轧钢筋分为 HPB235(I 级钢筋,用 Φ 表示)、HRB335(II 级钢筋,用 Φ 表示)、HRB400(III 级钢筋,用 Φ 表示)和 RRB400(III 级钢筋,用 Φ^R 表示)三个等级,其屈服强度标准值分别为 235 MPa、335 MPa、400 MPa、400 MPa,直径为 6~50 mm。为了在外观上加以区别,HPB235 级钢筋外形轧成光面,

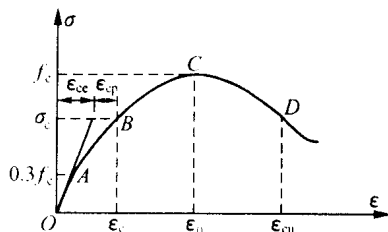


图 1-1 混凝土受压应力-应变曲线

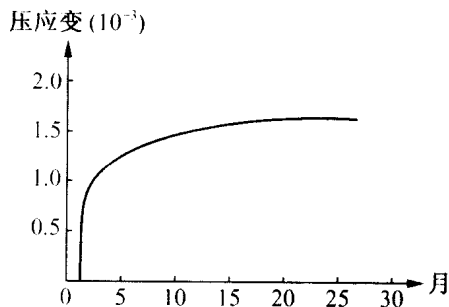


图 1-2 混凝土的徐变

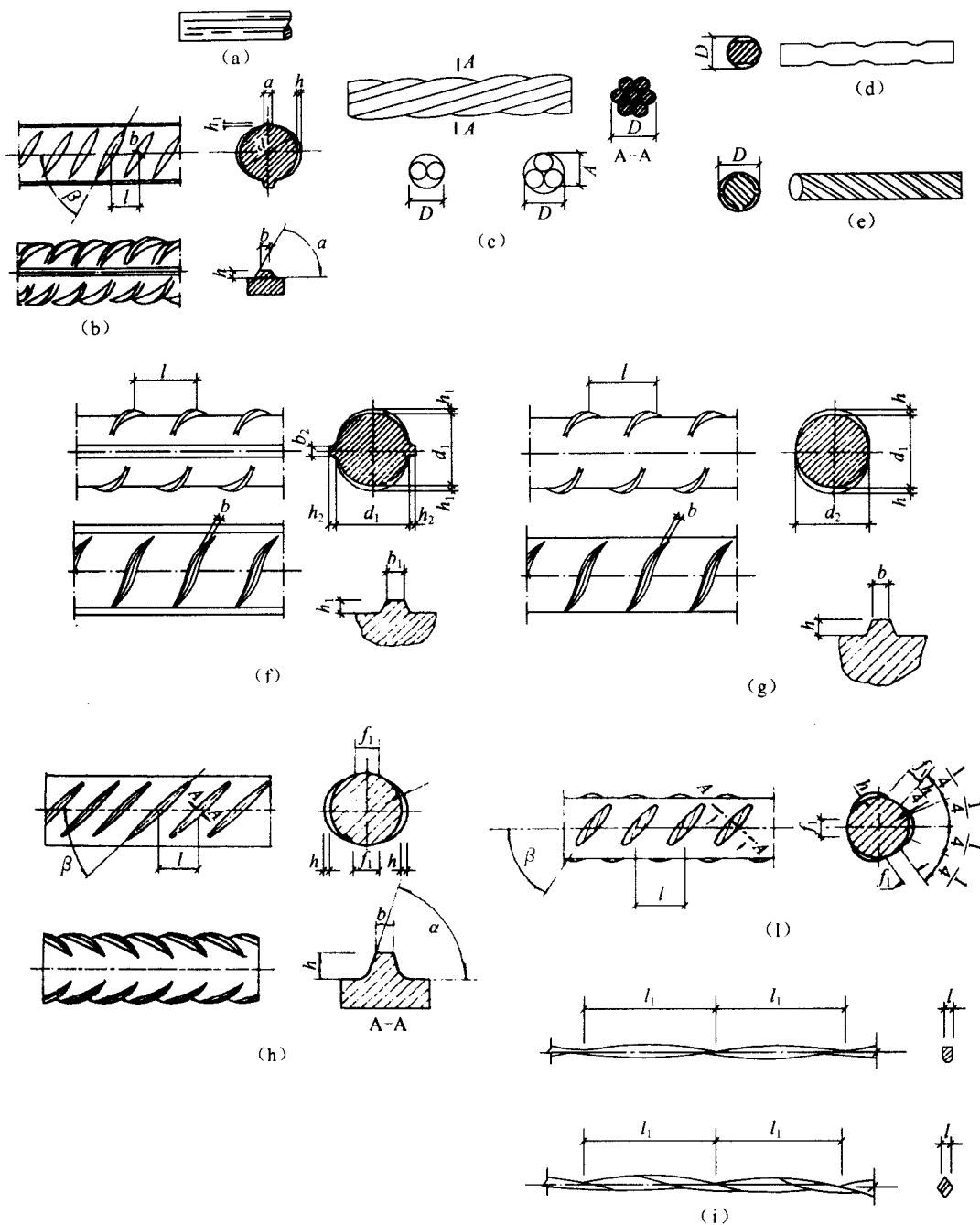


图 1-3 常用钢筋形式

(a) 光圆钢筋；(b) 月牙肋纹；(c) 钢绞线；(d) 刻痕钢丝；(e) 螺旋肋钢丝；(f) 有纵肋的热处理钢筋外形；(g) 无纵肋的热处理钢筋外形；(h) 两面肋钢筋；(i) 三面肋钢筋；(j) 冷轧扭钢筋外形

HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋轧成带月牙肋纹的钢筋。带肋钢筋可增强粘结与锚固效果。

(2) 热处理钢筋。热处理钢筋按其肋纹外形分为有纵肋和无纵肋两种，其代号为 RB1 500，是一种较理想的预应力钢筋。

(3) 冷加工钢筋。由热轧钢筋或盘条在常温下经冷拉(ϕ')、冷拔(ϕ^d)、冷轧带肋(ϕ^R)、冷轧扭(LZN ϕ')加工后而成。钢筋经冷加工后,强度提高,塑性(延伸率)降低。

(4) 预应力钢丝和钢绞线。高强钢丝和钢绞线的抗拉强度可达 1 474 ~ 1 860 MPa。钢丝直径 4~9 mm,外形有光面、刻痕和螺旋肋三种。钢绞线有二股、三股和七股三种,外接圆直径 8.5~15.2 mm。

(5) 环氧树脂涂层钢筋。在普通光圆钢筋及带肋钢筋上静电喷涂环氧树脂粉末,即为环氧树脂涂层钢筋,环氧树脂涂层可以改善钢筋的防腐蚀性能。钢筋其型号由产品名称代号 GHT、特性代号(原钢筋代号)、钢筋直径、改型序号(A、B、C)表示。

钢筋按直径大小分为:钢丝(直径 3~5 mm)、细钢筋(直径 6~10 mm)、中粗钢筋(直径 12~20 mm)和粗钢筋(直径大于 20 mm);钢丝有冷拔钢丝、碳素钢丝及刻痕钢丝。直径大于 12 mm 粗钢筋一般轧成长度为 6~12 m 一根;钢丝及直径为 6~10 mm 细钢筋,一般卷成圆盘。

普通钢筋宜采用 HRB400 和 HRB335 级钢筋,也可采用 HPB235 和 RRB400 级钢筋;预应力钢筋宜采用钢绞线和钢丝,也可采用热处理钢筋。

在实际工程中,HRB335、HRB400 级钢筋因其强度较高、粘结力较好,广泛应用于梁柱的受力钢筋;HPB235 级钢筋多用作楼板的受力筋、分布筋及梁柱的箍筋和构造筋。

2) 钢筋的拉伸性能

钢筋混凝土结构所用的钢筋,按其在拉伸试验所得到的应力-应变曲线性质的不同,分为有明显屈服点的钢筋(如热轧钢筋)和无明显屈服点的钢筋(如高强钢丝)两大类。有明显屈服点的钢筋拉伸时的典型应力-应变曲线见图 1-4,其拉伸性能分为弹性、屈服、强化和颈缩四个阶段。反映钢筋的力学性能指标主要有屈服强度、延伸率和强屈比,屈服强度 f_y 是钢筋强度设计时的主要依据,这是因为构件中的钢筋应力达到屈服点后,钢筋将产生很大的塑性变形,即使卸去荷载也不能恢复,这就会使构件产生很大的裂缝和变形,以致不能使用;延伸率是钢筋试件拉断后的伸长值与原长的比值,延伸率越大,塑性越好;强屈比是钢筋的极限强度 f_u 与屈服强度 f_y 的比值,它反映的是材料的安全储备。

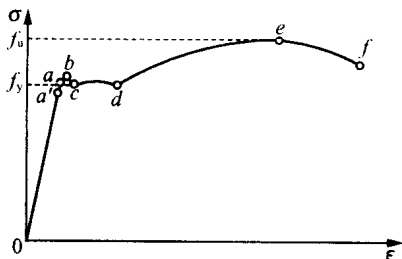


图 1-4 有明显屈服点钢筋的应力-应变曲线

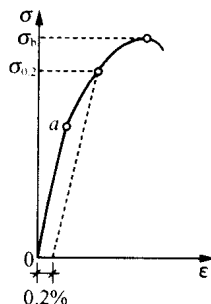


图 1-5 没有明显屈服点钢筋的应力-应变曲线

没有明显屈服点的钢筋拉伸时,其应力-应变曲线见图 1-5,在实用上取相应于残余应变为 0.2% 时的应力作为假定的屈服点(也称条件屈服点),用 $\sigma_{0.2}$ 表示。对于预应力钢丝、钢绞线和热处理钢筋,《规范》取条件屈服强度为 $0.85\sigma_b$ 。

3) 钢筋强度的标准值与设计值

钢筋的强度标准值、设计值和弹性模量见表 1-2、表 1-3、表 1-4。钢筋的计算截面