

| 土建类 |
高职高专创新型
规划教材

建筑结构

主 审 ■ 蓝宗建
主 编 ■ 张 会
副主编 ■ 党玲博、徐士云

Jianzhu

jiegou

东南大学出版社



土建类高职高专创新型规划教材

建 筑 结 构

主 审 蓝宗建

主 编 张 会

副主编 党玲博 徐士云

参 编 (以拼音为序)

董 硕 黄利涛 余 佳
张 文



东南大学出版社

· 南京 ·

内 容 提 要

本书是按照建筑工程专业技能型人才的培养目标,并根据新颁布的国家标准《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)和《钢结构设计规范》(GB 50017—2011)等有关规范和规程编写的。

本书共分为四篇,包括建筑结构概论、混凝土结构、砌体结构和钢结构。本书在讲清物理概念和计算原理的基础上,介绍了建筑工程设计中实用的计算方法,并列举了适量的实例。同时,每章附有复习思考题和习题。

本书可作为高职高专院校建筑工程专业以及应用型高等院校非建筑工程专业的有关专业的教学用书,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑结构 / 张会主编. —南京:东南大学出版社,
2012.8

土建类高职高专创新型规划教材

ISBN 978-7-5641-3669-7

I. ①建… II. ①张… III. ①建筑结构—高等学校—
教材 IV. ①TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 161048 号

建筑结构

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼2号 邮编:210096

出 版 人:江建中

责任编辑:史建农 戴坚敏

网 址:<http://www.seupress.com>

电子邮箱:press@seupress.com

经 销:全国各地新华书店

印 刷:南京四彩印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:27.25

字 数:698千字

版 次:2012年8月第1版。

印 次:2012年8月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-3669-7

印 数:1~3000册

定 价:53.00元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

高职高专土建系列规划教材编审委员会

顾 问 陈万年

主 任 成 虎

副主任 (以拼音为序)

方达宪 胡朝斌 庞金昌 史建农

汤 鸿 杨建华 余培明 张珂峰

秘书长 戴坚敏

委 员 (以拼音为序)

陈杏祥 党玲博 董丽君 付立彬

顾玉萍 李红霞 李 芸 刘 颖

马 贻 漆玲玲 王凤波 王宏俊

王 辉 吴冰琪 吴志红 夏正兵

项 林 徐士云 徐玉芬 于 丽

张先平 张小娜 张晓岩 朱祥亮

朱学佳 左 杰

序

东南大学出版社以国家 2010 年要制定、颁布和启动实施教育规划纲要为契机,联合国内部分高职高专院校于 2009 年 5 月在东南大学召开了高职高专土建类系列规划教材编写会议,并推荐产生教材编写委员会人员。会上,大家达成共识,认为高职高专教育最核心的使命是提高人才培养质量,而提高人才培养质量要从教师的质量和教材的质量两个角度着手。在教材建设上,大会认为高职高专的教材要与实际相结合,要把实践做好,把握好过程,不能通用性太强,专业性不够;要对人才的培养有清晰的认识;要弄清高职院校服务经济社会发展的特色类型与标准。这是我们这次会议讨论教材建设的逻辑起点。同时,对于高职高专院校而言,教材建设的目标定位就是要凸显技能,摒弃纯理论化,使高职高专培养的学生更加符合社会的需要。紧接着在 10 月份,编写委员会召开第二次会议,并规划出第一套突出实践性和技能性的实用型优质教材,在这次会议上大家对要编写的高职高专教材的要求达成了如下共识:

一、教材编写应突出“高职、高专”特色

高职高专培养的学生是应用型人才,因而教材的编写一定要注重培养学生的实践能力,对基础理论贯彻“实用为主,必需和够用为度”的教学原则,对基本知识采用广而不深、点到为止的教学方法,将基本技能贯穿教学的始终。在教材的编写中,文字叙述要力求简明扼要、通俗易懂,形式和文字等方面要符合高职教育教和学的需要。要针对高职高专学生抽象思维能力弱的特点,突出表现形式上的直观性和多样性,做到图文并茂,以激发学生的学习兴趣。

二、教材应具有前瞻性

教材中要以介绍成熟稳定的、在实践中广泛应用的技术和以国家标准为主,同时介绍新技术、新设备,并适当介绍科技发展的趋势,使学生能够适应未来技术进步的需要。要经常与对口企业保持联系,了解生产一线的第一手资料,随时更新教材中已经过时的内容,增加市场迫切需求的新知识,使学生在毕业时能够适合企业的要求。坚决防止出现脱离实际和知识陈旧的问题。在内容安排上,要考虑高职教育的特点。理论的阐述要限于学生掌握技能的需要,不要囿于理论上的推导,要运用形象化的语言使抽象的理论易于为学生认识和掌握。对于实践性内容,要突出操作步骤,要满足学生自学和参考的需要。在内容的选择上,要注意反映生产与社会实践中的实际问题,做到有前瞻性、针对性和科学性。

三、理论讲解要简单实用

将理论讲解简单化,注重讲解理论的来源、出处以及用处,以最通俗的语言告诉学生所学的理论从哪里来用到哪里去,而不是采用烦琐的推导。参与教材编写的人员都具有丰富的课堂教学经验和一定的现场实践经验,能够开展广泛的社会调查,能够做到理论联系实

际,并且强化案例教学。

四、教材重视实践与职业挂钩

教材的编写紧密结合职业要求,且站在专业的最前沿,紧密地与生产实际相连,与相关专业的市场接轨,同时,渗透职业素质的培养。在内容上注意与专业理论课衔接和照应,把握两者之间的内在联系,突出各自的侧重点。学完理论课后,辅助一定的实习实训,训练学生实践技能,并且教材的编写内容与职业技能证书考试所要求的有关知识配套,与劳动部门颁发的技能鉴定标准衔接。这样,在学校通过课程教学的同时,可以通过职业技能考试拿到相应专业的技能证书,为就业做准备,使学生的课程学习与技能证书的获得紧密相连,相互融合,学习更具目的性。

在教材编写过程中,由于编著者的水平和知识局限,可能存在一些缺陷,恳请各位读者给予批评斧正,以便我们教材编写委员会重新审定,再版的时候进一步提升教材质量。

本套教材适用于高职高专院校土建类专业,以及各院校成人教育和网络教育,也可作为行业自学的系列教材及相关专业用书。

高职高专土建系列规划教材编审委员会

2010年1月于南京

前 言

本书是按照建筑工程专业(高职高专)的教学要求,并根据中华人民共和国住房和城乡建设部、中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局联合颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《砌体结构设计规范》(GB 50003—2011)和《钢结构设计规范》(GB 50017—2011)以及其他有关规范和规程编写的。

为了更好地适应我国高职高专教育事业的发展,本书突出了技能型的特点,密切结合我国建筑工程设计和施工实际。

本书共分为四篇,包括建筑结构概论、混凝土结构、砌体结构和钢结构。

本书内容密切结合我国工程实际,力求文字简练、深入浅出、概念清楚和重点突出。为了使读者既能简要地理解构件和主要结构的受力性能,又能掌握构件和主要结构的基本设计方法,本书在讲清物理概念和计算原理的基础上,介绍了工程中实用的计算方法并列举了适量的实例。为了便于教学工作和学生学习,还提供了必要的复习思考题和习题。

本书可作为高职高专院校建筑工程专业的教学用书,也可作为应用型高等院校非建筑工程专业的有关专业的教学用书。本书也可供工程技术人员参考。

本书由张会担任主编,党玲博和徐士云担任副主编。编写分工如下:第一篇由张会执笔,第二篇由张会、张文和董硕执笔,第三篇由党玲博和黄利涛执笔,第四篇由徐士云和余佳执笔。

本书由蓝宗建担任主审。

由于作者水平所限,书中难免有不妥或疏忽之处,敬请读者批评指正。

编 者

2012年8月

目 录

第一篇 建筑结构概论

1 建筑结构基本概念	1
1.1 建筑结构的组成	1
1.2 建筑结构的分类	4
1.3 建筑结构设计的基本要求和一般过程	10
2 结构设计的基本原则	13
2.1 数理统计的基本概念	13
2.2 结构的功能要求和极限状态	15
2.3 结构的可靠度和极限状态方程	16
2.4 极限状态设计表达式	18
2.5 材料强度指标	21
2.6 荷载代表值	22

第二篇 混凝土结构

3 钢筋混凝土材料的物理力学性能	24
3.1 钢筋混凝土的一般概念	24
3.2 混凝土	25
3.3 钢筋	31
3.4 钢筋和混凝土的黏结	34
3.5 钢筋的锚固	34
3.6 混凝土和钢筋的强度指标	36
3.7 混凝土结构耐久性设计规定	38
4 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力	42
4.1 受弯构件的一般构造要求	42
4.2 受弯构件正截面受力全过程和破坏特征	44
4.3 受弯构件正截面承载力计算的基本原则	47
4.4 单筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	51
4.5 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力计算	57
4.6 单筋 T 形截面受弯构件正截面承载力计算	62

5	钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力	72
5.1	受弯构件斜截面的受力特点和破坏形态	72
5.2	影响受弯构件斜截面受剪承载力的主要因素	76
5.3	受弯构件斜截面受剪承载力计算	77
5.4	纵向受力钢筋的弯起和截断	83
5.5	箍筋和弯起钢筋的一般构造要求	87
5.6	受弯构件斜截面受剪承载力的计算方法和步骤	90
6	钢筋混凝土受压构件承载力	94
6.1	配有纵向钢筋和普通箍筋的轴心受压构件承载力计算	94
6.2	配有纵向钢筋和螺旋箍筋的轴心受压构件	98
6.3	偏心受压构件正截面的受力特点和破坏特征	102
6.4	偏心受压构件的二阶效应	104
6.5	偏心受压构件正截面承载力计算的基本原则	106
6.6	矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算	107
6.7	偏心受压构件正截面承载力 N_u 与 M_u 的关系	123
6.8	受压构件的一般构造要求	124
7	钢筋混凝土构件裂缝和变形计算	128
7.1	裂缝和变形的计算要求	128
7.2	钢筋混凝土构件的裂缝宽度计算	128
7.3	受弯构件的刚度和挠度计算	136
8	现浇钢筋混凝土楼盖	140
8.1	现浇钢筋混凝土楼盖的类型	140
8.2	钢筋混凝土单向板肋梁楼盖	142
8.3	单向板肋梁楼盖内力的塑性理论算法	149
8.4	单向板肋梁楼盖板、梁的截面计算与构造	158
8.5	钢筋混凝土双向板肋梁楼盖	178
8.6	双向板的设计要点	185
9	钢筋混凝土框架结构	190
9.1	框架结构的组成和布置	190
9.2	框架结构内力和水平位移的近似计算方法	193
9.3	框架结构的内力组合	211

第三篇 砌体结构

10	砌体结构的材料及砌体的力学性能	216
10.1	砌体材料	216

10.2	砌体的种类	219
10.3	砌体的受压性能	221
10.4	砌体的受拉、受弯、受剪性能和其他性能	224
10.5	砌体强度标准值与设计值	229
11	砌体结构构件的承载力计算	231
11.1	无筋砌体受压构件承载力计算	231
11.2	无筋砌体局部受压承载力计算	234
12	混合结构房屋墙体设计	243
12.1	混合结构房屋的结构布置方案	243
12.2	房屋的静力计算方案	246
12.3	墙、柱的高厚比验算	249
12.4	单层房屋承重墙体计算	262
12.5	多层房屋承重墙体计算	266
13	过梁、墙梁、挑梁及墙体构造措施	285
13.1	过梁	285
13.2	墙梁	286
13.3	挑梁	288

第四篇 钢结构

14	钢结构的材料	291
14.1	钢材的塑性破坏和脆性破坏	291
14.2	钢材的机械性能	291
14.3	影响钢材机械性能的因素	296
14.4	钢和钢材的种类及选用	303
15	钢结构的连接	309
15.1	构件间的连接结点	309
15.2	焊缝连接	311
15.3	普通螺栓连接	317
15.4	高强螺栓连接	319
15.5	螺栓群的计算	321
16	轴向受力构件	326
16.1	轴心受力构件	326

16.2	实腹式轴心受压柱·····	331
16.3	格构式轴心受压柱·····	334
16.4	偏心受压柱·····	335
16.5	柱脚·····	336
17	钢梁·····	339
17.1	钢梁的型式和应用·····	339
17.2	梁的强度和刚度·····	340
17.3	梁的整体稳定和局部稳定·····	343
17.4	次梁与主梁的连接·····	346
17.5	梁柱连接·····	348
18	钢桁架·····	350
18.1	桁架型式的选择·····	350
18.2	桁架的荷载和内力·····	351
18.3	桁架杆件截面设计·····	352
19	拉弯和压弯构件·····	356
19.1	拉弯和压弯构件的基本概念·····	356
19.2	拉弯和压弯构件的强度、刚度计算·····	357
19.3	实腹式压弯构件弯矩作用平面内的整体稳定·····	359
19.4	实腹式压弯构件弯矩作用平面外的整体稳定·····	362
19.5	实腹式压弯构件的局部稳定·····	363
19.6	格构式压弯构件·····	364
	附录·····	367
	参考文献·····	422

第一篇 建筑结构概论

1 建筑结构基本概念

1.1 建筑结构的组成

建筑物是供人类生活、生产和进行各种活动的房屋和场所,如住宅、饭店、工厂、学校、剧院和体育馆。

建筑物在使用过程中,将受到自然界各种各样的作用,如建筑物自重、使用荷载、风荷载、雪荷载和地震作用等。

建筑结构是由若干基本构件,通过合理的连接方式,组成能够承受并传递上述各种作用的空间骨架受力系统。

组成建筑结构的基本构件和部件有板、梁、柱、拱、桁架、刚架和框架等。

1.1.1 板和梁

板和梁主要承受垂直于构件轴线的荷载(即横向荷载)。板和梁在横向荷载作用下,在其垂直截面(垂直于构件轴线的截面)上将产生弯矩 M 和剪力 V ,因而将产生弯曲变形,即挠度(图 1-1)。板和梁也可称为受弯构件。



图 1-1 简支板或梁

1.1.2 柱

柱主要承受沿构件轴向方向的荷载(一般为压力,也可能为拉力)。

当柱承受的荷载为压力时,称为受压构件。当压力沿构件轴心线作用时,称为轴心受压构件(图 1-2(a));当压力不与构件轴心线相重合时,称为偏心受压构件(图 1-2(b))。

当柱承受的荷载为拉力时,称为受拉构件。与受压构件类似,当拉力沿构件轴心线作用时,为轴心受拉构件,当拉力不与构件轴心线重合时,为偏心受拉构件(图 1-2(c))。

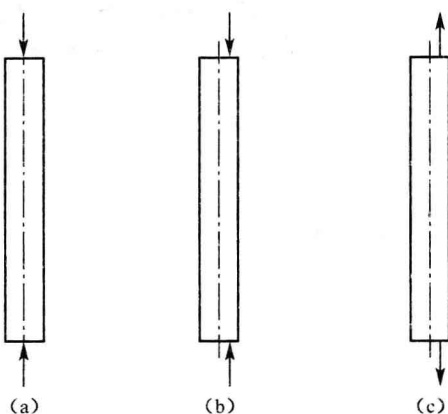
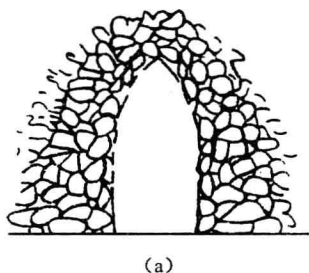


图 1-2 受压和受拉构件

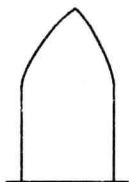
1.1.3 拱

人类是在实践中发现拱结构的。人们在从砌好的墙体中开洞时发现,起初墙体材料会向下散落,待洞成为某种形状时(如图 1-3 所示),墙体材料将不再向下散落,这就是拱的雏形。

后来,人们在砌墙留洞时,就有意识地将洞口砌成拱形(图 1-4)。



(a)



(b)

图 1-3 拱的形成

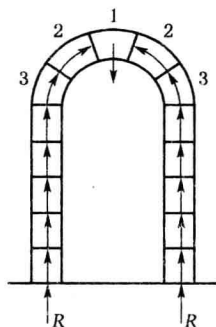


图 1-4 拱的受力机理

随着科学技术的发展,逐渐形成了现在的拱结构。图 1-5 所示为两铰拱。在荷载作用下,拱所承受的弯矩将比相同跨度的梁所受的弯矩小得多。相应地,所承受的剪力也小得多。同时,在截面上还将作用着较大的压力,这种受力状态较梁有利得多。

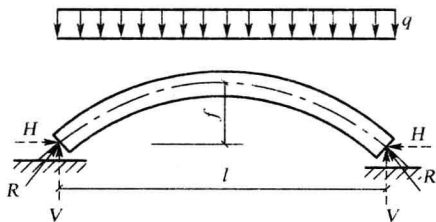


图 1-5 两铰拱

1.1.4 铰接桁架和空腹桁架

1) 铰接桁架

人们在实践中发现,将3根杆件通过铰接形成三角形构架,它在荷载作用下是稳定的,不会发生明显的变形。在三角形构架的基础上,又进一步发展为铰接桁架(图1-6)。

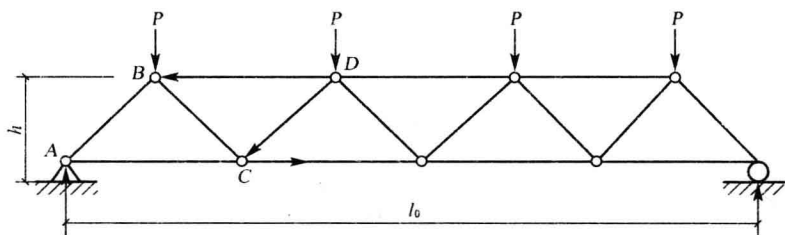


图 1-6 铰接桁架

在铰接桁架中,上下部杆件分别称为上下弦杆,两弦杆之间的杆件称为腹杆。铰接桁架承受荷载后,上弦杆将受压,下弦杆将受拉,两者共同承担由荷载产生的弯矩。腹杆将受压或受拉,以承担由荷载产生的剪力。无论杆件承受的是拉力还是压力,都称为直接内力。材料仅承受直接内力产生的应力时,其弦度是较高的。

2) 空腹桁架

当钢板梁跨度很长时,腹板用料将占很大比重,而腹板的应力一般均不大。如果将腹板挖成空格,则成为空腹桁架,如图1-7所示。空腹桁架的节点为刚接的,故又称为刚接桁架。



图 1-7 空腹桁架

在空腹桁架内,杆件除承受轴向力外,还将承受弯矩和剪力。但这种弯矩产生的应力较小,和轴向力产生的应力相比,将是次要的,所以将这种弯矩称为次弯矩,将由次弯矩产生的应力称为次应力。一般情况下,次应力的影响不大,可不予考虑。

1.1.5 框架

在房屋建筑中,由梁(或屋架)和柱连接而成的结构称为框架,框架的节点有刚接和铰接,有时还有半铰接。

在框架结构中,按照层数不同和节点型式不同,又可分为单层排架、单层刚架和多层框架等。

1) 单层排架

在单层房屋中,当屋面承重结构(梁或屋架)与柱连接为铰接时,这种框架即为单层铰接框架,一般称为单层排架,其计算简图如图1-8所示。

2) 单层刚架

在单层房屋中,当屋面承重结构与柱的连接为刚接时,这种框架即为单层刚架。图1-9为常采用的单层门式刚架及其计算简图。

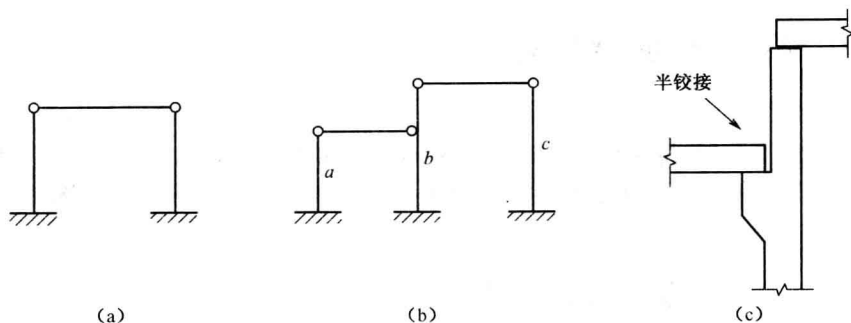


图 1-8 排架计算简图

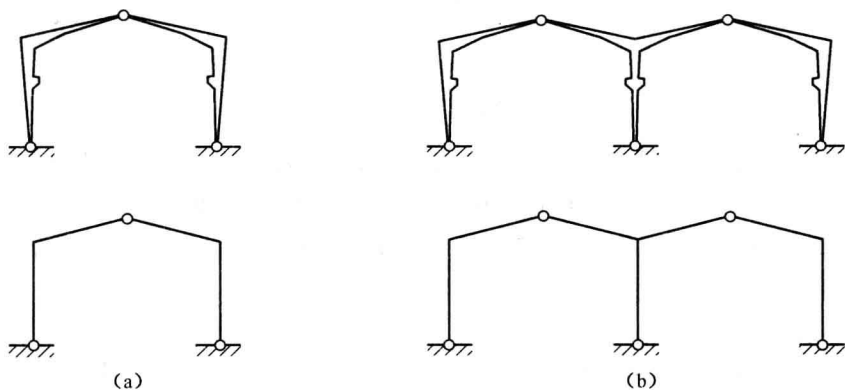


图 1-9 单层门式刚架及其计算简图

3) 多层框架

多层框架是由梁和柱连接而成的多层承重体系。框架结构中梁、柱一般为刚性连接(图 1-10(a)、图 1-10(b)),有时也可以部分节点做成铰接或半铰接(图 1-10(c))。

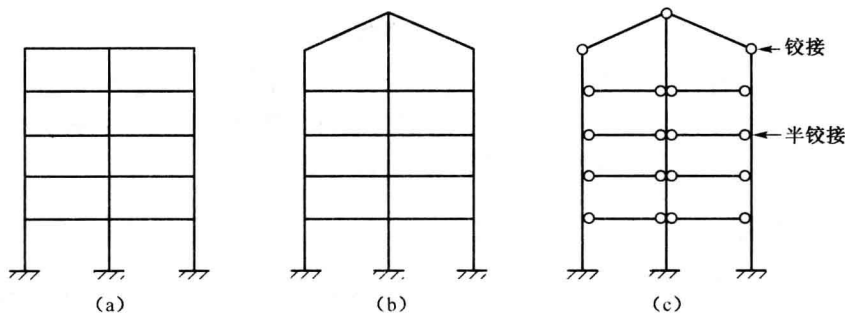


图 1-10 框架结构简图

除上述构件外,在工程中还有其他构件或部件,如墙体、壳体等,将在以后的有关章节予以介绍。

1.2 建筑结构的分类

建筑物在功能、用途、体型等方面各不相同,因此,建筑结构的型式也多种多样。

建筑结构可按所用的建筑材料来分类,也可按建筑结构的层数来分类。此外,还可按建筑结构的受力特点或其他方法来分类。

1.2.1 按建筑材料分类

按建筑材料分类,建筑结构主要可分为混凝土结构、钢结构、砌体结构和木结构以及由这几种结构组成的混合结构或组合结构。

1) 混凝土结构

混凝土结构是素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构的总称。

(1) 素混凝土结构

素混凝土结构是指由无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构。素混凝土结构的应用范围很小,仅用于以承受压力为主的结构中,例如柱墩、基础、地坪和基础垫层等。

(2) 钢筋混凝土结构

混凝土的受力特点是抗压强度高,而抗拉强度很低,受拉时很容易断裂。对于梁、板等受弯构件,在荷载作用下,截面中和轴以上受压,截面中和轴以下受拉,在荷载不大时,将会因受拉区被拉裂而突然断裂(图 1-11(a)、(b))。

为了充分利用混凝土的抗压强度,使受弯构件不会在不大的荷载下就发生脆性断裂,可以在构件的受拉部位沿受拉方向配置适量的钢筋,形成钢筋混凝土结构。

对于钢筋混凝土受弯构件,当荷载增大到一定值(仅略大于未配筋的混凝土梁的断裂荷载)时,其受拉部位的混凝土仍会开裂,这时配置在受拉部位的钢筋将代替混凝土承担拉力,因而构件将能继续承担荷载,从而显著地提高了构件的受弯承载力(图 1-11(c))。

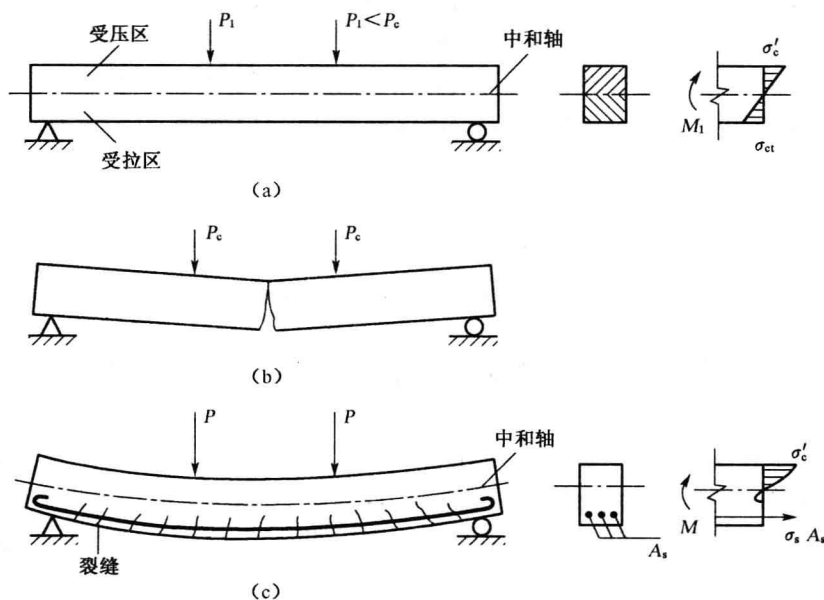


图 1-11 混凝土梁和钢筋混凝土梁

钢筋和混凝土这两种性质不同的材料之所以能有效地结合在一起共同工作,主要是由

于混凝土和钢筋之间有着良好的黏结力,使两者可靠地结合成一个整体,在荷载作用下共同变形,完成其结构功能。其次,钢筋和混凝土的温度线膨胀系数也较为接近(钢筋为 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,混凝土为 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$),因此,当温度变化时,不会产生较大的温度应力而破坏两者之间的黏结。

钢筋混凝土除了合理地利用钢筋和混凝土两种材料的特性外,还具有下述一些优点。

① 在钢筋混凝土结构中,混凝土的强度是随时间而不断增长的。同时,钢筋被混凝土所包裹而不易生锈,所以,钢筋混凝土结构的耐久性是很好的。此外,还可根据需要,配制具有不同性能的混凝土,以满足不同的耐久性要求。因此,钢筋混凝土结构不像钢结构那样需要经常性的保养和维修,其维修费用极少,几乎与石材相同。

② 在钢筋混凝土结构中,混凝土包裹着钢筋,由于混凝土的传热性能较差,在火灾中将对钢筋起保护作用,使其不会很快达到软化温度而使结构破坏。所以,与钢结构相比,钢筋混凝土结构的耐火性能是较好的。

③ 钢筋混凝土结构,尤其是现浇钢筋混凝土结构的整体性较好,其抵抗地震、振动以及强烈爆炸时冲击波作用的性能较好。

④ 钢筋混凝土的刚度较大,在使用荷载下的变形较小,故可有效地应用于对变形要求较严格的建筑中。

⑤ 新拌和的混凝土是可塑的,因此,可根据需要,浇筑成各种形状和尺寸的结构。

⑥ 钢筋混凝土所用的材料易于就地取材。

由于钢筋混凝土具有上述一系列优点,所以在建筑工程中得到了广泛的应用。

钢筋混凝土也存在一些缺点,诸如:钢筋混凝土结构的截面尺寸一般较相应的钢结构大,因而自重较大,这对于大跨度、高层建筑结构以及抗震都是不利的;抗裂性能较差,在正常使用时往往是带裂缝工作的;建造时耗工较大;施工受气候条件限制;现浇钢筋混凝土需耗用大量模板;隔热、隔声性能较差;修补或拆除较困难等。这些缺点在一定程度上限制了钢筋混凝土结构的应用范围。但是,随着钢筋混凝土结构的不断发展,这些缺点已经或正在逐步得到克服。

(3) 预应力混凝土结构

由上述内容可见,由于在使用荷载下,钢筋混凝土结构的受拉区往往已出现裂缝,这在一定程度上限制了钢筋混凝土结构的应用范围,同时,也限制了高强材料,尤其是高强钢筋的应用。

为了避免混凝土过早开裂,并有效地利用高强材料,采用预应力混凝土是最有效的方法之一。

预应力混凝土结构的基本原理是:在结构承载时将发生拉应力的部位,预先用某种方法(例如张拉钢筋的方法)对混凝土施加一定的压力,这样,当结构承载而产生拉应力时,必须先抵消混凝土的预压应力,然后才能随着荷载的增加使混凝土产生拉应力,进而出现裂缝。由此可见,采用预应力混凝土可延缓受拉混凝土的开裂或裂缝开展,使结构在使用荷载下不出现裂缝或不产生过大裂缝。

现在以图 1-12 中所示轴心受拉构件为例,来进一步说明预应力混凝土的概念。