

高等学校教材

混凝土结构设计 基本原理 (第四版)

中南大学 袁锦根 余志武 阎奇武 主编

Design Principles of Concrete Structures

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

第4版

高等学校教材

混凝土结构设计基本原理

(第四版)

中南大学 袁锦根 余志武 阎奇武 主编

湖南大学 沈蒲生 主审



中国铁道出版社

2018年·北京

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构设计基本原理/袁锦根,余志武,阎奇武
主编.—4版.—北京:中国铁道出版社,2018.8
高等学校教材
ISBN 978-7-113-24455-2

I. ①混… II. ①袁… ②余… ③阎… III. ①混凝土
结构-结构设计-高等学校-教材 IV. ①TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 095856 号

书 名: 混凝土结构设计基本原理(第四版)
作 者: 中南大学 袁锦根 余志武 阎奇武

责任编辑: 张卫晓 编辑部电话: 010-51873193
封面设计: 郑春鹏
责任校对: 苗 丹
责任印制: 高春晓

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)
网 址: <http://www.tdpress.com>
印 刷: 中国铁道出版社印刷厂
版 次: 1997年8月第1版 2004年2月第2版 2012年6月第3版
2018年8月第4版 2018年8月第1次印刷
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 25 字数: 626 千
书 号: ISBN 978-7-113-24455-2
定 价: 49.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)
打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

第四版前言

本书是在《混凝土结构设计基本原理》(第三版)的基础上,并根据我国颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015年版)(简称《规范》)、《铁路桥涵混凝土结构设计规范》(TB 10092—2017)(简称《铁规》)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2012 征求意见稿)(简称《公规》)编写的。

本书编写过程中,力求做到少而精,理论联系实际,文字叙述清楚。为便于教学和读者自学,每章有小结、思考题和习题。

本书由中南大学、华东交通大学、同济大学共同编写。中南大学袁锦根、阎奇武编写绪论,袁锦根、阎奇武编写第一章,杨建军、刘澍编写第三章,袁锦根、贺学军编写第四章,周朝阳编写第八章,余志武、刘澍编写第十章,刘澍、杨孟刚编写第十一章,阎奇武编写第十二章、附录,华东交通大学陆龙文、中南大学刘小洁编写第二章,华东交通大学徐海燕、中南大学李常青编写第七章,华东交通大学徐海燕、中南大学刘晓春编写第九章,同济大学周建民、范沛棠、中南大学匡亚川编写第五章,同济大学周建民、范沛棠、中南大学刘晓春编写第六章。全书由袁锦根、余志武、阎奇武主编,湖南大学沈蒲生主审。

本书可与余志武主编的《建筑混凝土结构设计》配套使用。

中南大学土木工程学院十分重视《混凝土结构设计原理》课程建设及其教材编写工作,王卫东副院长亲自协调各院校编写工作,多次主持召开相关教师座谈会,给本书以很大的支持,在此表示谢意。

限于作者水平,书中有不妥甚至错误之处恳请读者批评指正。

编者

2017年11月

第三版前言

本书是在《混凝土结构设计基本原理》(第二版)的基础上,并根据我国颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(简称《规范》)、《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范》(TB 10002.3—2005)(简称《铁规》)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)(简称《公规》)编写的。

本书编写过程中,力求做到少而精,理论联系实际,文字叙述清楚。为便于教学和读者自学,每章有小结、思考题和习题。

本书由中南大学、华东交通大学、同济大学共同编写。中南大学袁锦根编写绪论,袁锦根、阎奇武编写第一章,杨建军、刘澍编写第三章,袁锦根、贺学军编写第四章,周朝阳编写第八章,余志武、刘澍编写第十章,刘澍、阎奇武编写第十一章,阎奇武编写第十二章;华东交通大学陆龙文编写第二章,徐海燕编写第七章、第九章;同济大学周建民、范沛棠编写第五章、第六章。全书由袁锦根教授、余志武教授主编,湖南大学沈蒲生教授主审。

本书可与余志武、袁锦根主编的《混凝土结构与砌体结构设计》配套使用。

限于作者水平,书中有不妥甚至错误之处恳请读者批评指正。

编者

2012年6月

第二版前言

本书是在《混凝土结构设计基本原理》(第一版)的基础上,并根据我国颁布的《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)(文中简称《规范》)、《铁路桥涵钢筋混凝土和预应力混凝土结构设计规范(TB 10002.3—99)(文中简称《铁规》)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(征求意见稿)(文中简称《公规》)编写的。

本书编写过程中,力求做到少而精,理论联系实际,文字叙述清楚。为便于教学和读者自学,每章有小结、思考题和习题。

本书由中南大学、华东交通大学、同济大学共同编写。中南大学袁锦根编写绪论,袁锦根、阎奇武编写第一章,杨建军、刘澍编写第三章,袁锦根、贺学军编写第四章,周朝阳编写第八章,余志武、刘澍编写第十章,刘澍、阎奇武编写第十一章,阎奇武编写第十二章;华东交通大学陆龙文编写第二章,徐海燕编写第七章、第九章;同济大学周建民、范沛棠编写第五章、第六章。全书由袁锦根教授、余志武教授主编,湖南大学成文山教授主审。

本书可与余志武、袁锦根主编的《混凝土结构与砌体结构设计》配套使用。

华东交通大学陆龙文教授,中南大学杨建军副院长除编写部分章节外,还对全书的编排、各章节内容协调提出很多宝贵意见,给本书以很大的支持,在此表示谢意。

限于作者水平,书中有不妥甚至错误之处恳请读者批评指正。

编者

2002年12月

—— 第一版前言 ——

本书是根据我国颁布的《混凝土结构设计规范》(GB J10—89)(以下简称《规范》)及 1996 年局部修订条文编写的。

本书编写过程中,力求做到少而精,理论联系实际,文字叙述清楚。为便于教学和读者自学,每章有小结、思考题和习题。

本书由长沙铁道学院、华东交通大学、上海铁道大学共同编写。长沙铁道学院袁锦根编写绪论、第一章、第四章,杨建军编写第三章,周朝阳编写第八章,余志武编写第十章;华东交通大学陆龙文编写第二章,徐海燕编写第七章、第九章;上海铁道大学范沛棠编写第五章、第六章。全书由袁锦根,余志武主编,湖南大学成文山教授主审。

本书可与余志武、袁锦根主编的《混凝土结构与砌体结构设计》配套使用。

华东交通大学陆龙文教授除编写部分章节外,还对全书的编排,各章节内容协调提出很多宝贵意见,长沙铁道学院欧阳炎教授审阅了全书,给本书以很大的支持,在此表示谢意。

限于作者水平,书中有不妥甚至错误之处恳请读者批评指正。

编者

1997年2月

目 录

绪 论	1
第一章 钢筋和混凝土的力学性能	5
第一节 钢 筋	5
第二节 混 凝 土	8
第三节 钢筋和混凝土的共同工作	21
小 结	27
思 考 题	27
第二章 混凝土结构基本计算原则	29
第一节 结构的功能要求与极限状态概念	29
第二节 结构的作用、作用效应与结构抗力	30
第三节 结构按概率极限状态设计	32
第四节 实用设计表达式	36
第五节 数理统计特征值与正态分布概率密度曲线	38
小 结	41
思 考 题	41
第三章 钢筋混凝土受弯构件正截面承载力计算	42
第一节 概 述	42
第二节 试验研究	43
第三节 单筋矩形截面受弯构件承载力计算	46
第四节 双筋矩形截面受弯构件承载力计算	61
第五节 T形截面受弯构件承载力计算	69
第六节 受弯构件截面的延性	76
第七节 构造要求	78
小 结	80
思 考 题	80
习 题	82
第四章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算	84
第一节 概 述	84
第二节 无腹筋简支梁斜裂缝的形成	84
第三节 无腹筋梁的破坏形态	87

第四节	影响斜截面受剪承载力的主要因素	89
第五节	斜截面受剪承载力计算	91
第六节	构造要求	104
小 结		107
思 考 题		108
习 题		108
第五章	钢筋混凝土受压构件承载力计算	110
第一节	概 述	110
第二节	轴心受压构件	111
第三节	偏心受压构件	120
第四节	偏心受压构件斜截面受剪承载力计算	149
小 结		150
思 考 题		151
习 题		152
第六章	钢筋混凝土受拉构件承载力计算	153
第一节	概 述	153
第二节	轴心受拉构件承载力计算和构造要求	153
第三节	偏心受拉构件承载力计算	154
第四节	矩形截面偏心受拉构件斜截面承载力计算	158
小 结		159
思 考 题		159
习 题		159
第七章	钢筋混凝土受扭构件承载力计算	160
第一节	概 述	160
第二节	试验研究	160
第三节	纯扭构件的承载力计算	161
第四节	剪扭构件及弯扭构件的承载力计算	165
第五节	构造要求	169
小 结		173
思 考 题		174
习 题		174
第八章	钢筋混凝土受冲切构件承载力计算	175
第一节	概 述	175
第二节	冲切破坏特征	175
第三节	影响冲切承载力的因素	176
第四节	受冲切承载力设计	177

小 结	187
思考题	187
习 题	188
第九章 钢筋混凝土构件裂缝宽度和变形验算及混凝土结构的耐久性	189
第一节 概 述	189
第二节 裂缝宽度验算	189
第三节 受弯构件挠度计算	197
第四节 耐久性规定	202
小 结	203
思考题	203
习 题	204
第十章 预应力混凝土结构	205
第一节 概 述	205
第二节 预应力混凝土结构设计的基础知识	208
第三节 预应力混凝土轴心受拉构件计算	226
第四节 预应力混凝土受弯构件计算	241
第五节 无粘结预应力混凝土结构设计	268
小 结	273
思考题	274
习 题	274
第十一章 铁路桥涵混凝土结构设计基本原理	276
第一节 概 述	276
第二节 受弯构件强度和变形计算	281
第三节 轴心受压构件的强度计算	306
第四节 偏心受压构件的强度计算	310
小 结	329
思考题	331
习 题	331
第十二章 公路桥涵混凝土结构设计基本原理	333
第一节 概 述	333
第二节 钢筋混凝土受弯构件设计	337
第三节 钢筋混凝土受压构件设计	353
小 结	364
思考题	365
习 题	365

附录 1 《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(2015 年版)的有关规定	367
附表 1.1 混凝土强度标准值	367
附表 1.2 混凝土强度设计值	367
附表 1.3 混凝土弹性模量	367
附表 1.4 混凝土疲劳变形模量	367
附表 1.5 普通钢筋强度标准值	367
附表 1.6 预应力筋强度标准值	368
附表 1.7 普通钢筋强度设计值	368
附表 1.8 预应力筋强度设计值	368
附表 1.9 钢筋弹性模量	369
附表 1.10 受弯构件挠度限值	369
附表 1.11 结构构件裂缝控制等级及最大裂缝宽度限值	369
附表 1.12 混凝土结构的环境类别	370
附表 1.13 混凝土结构材料的耐久性基本要求	370
附表 1.14 混凝土保护层的最小厚度 c	371
附表 1.15 纵向受力钢筋的最小配筋百分率 ρ_{\min}	371
附表 1.16 钢筋混凝土矩形和 I 形截面受弯构件正截面抗弯承载力计算表	372
附表 1.17 钢筋的公称直径、公称截面面积及理论重量表	372
附表 1.18 钢绞线的公称直径、公称截面面积及理论重量表	373
附表 1.19 钢丝的公称直径、公称截面面积及理论重量表	373
附表 1.20 截面抵抗矩塑性影响系数基本值表	373
附表 1.21 每米板宽内的钢筋截面面积表	374
附表 1.22 民用建筑楼面均布活荷载标准值及其组合值、频遇值和准永久值系数	374
附录 2 《铁路桥涵混凝土结构设计规范》(TB 10092—2017)的有关规定	376
附表 2.1 混凝土的极限强度	376
附表 2.2 混凝土弹性模量	376
附表 2.3 钢筋抗拉强度标准值	376
附表 2.4 预应力钢丝抗拉强度标准值	376
附表 2.5 预应力钢绞线抗拉强度标准值	376
附表 2.6 钢筋计算强度	376
附表 2.7 钢筋弹性模量	377
附表 2.8-1 受弯构件的截面最小配筋百分率	377
附表 2.8-2 受压构件的截面最小配筋百分率	377
附表 2.9 混凝土的容许应力	377
附表 2.10 钢筋的容许应力	378
附表 2.11 预应力钢筋容许疲劳应力幅	378
附表 2.12 HRB400、HRB500 钢筋母材及其连接接头的基本容许疲劳应力幅	378
附表 2.13 m 值	378

附表 2.14	纵向弯曲系数 φ 值	378
附表 2.15	裂缝宽度容许值	379
附表 2.16	钢筋最小锚固长度	379
附录 3 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2012)征求意见稿		
	的有关规定	380
附表 3.1	最大裂缝宽度限值	380
附表 3.2-1	普通钢筋和预应力直线形钢筋最小混凝土保护层厚度 C_{\min}	380
附表 3.2-2	普通钢筋和预应力直线形钢筋最小混凝土保护层厚度 C_{\min}	381
附表 3.3	钢筋混凝土及预应力混凝土构件的最低混凝土强度等级要求	382
附表 3.4	混凝土强度标准值	382
附表 3.5	混凝土强度设计值	382
附表 3.6	混凝土弹性模量	383
附表 3.7	普通钢筋抗拉强度标准值	383
附表 3.8	预应力钢筋抗拉强度标准值	383
附表 3.9	普通钢筋抗拉、抗压强度设计值	383
附表 3.10	预应力钢筋抗拉、抗压强度设计值	384
附表 3.11	钢筋的弹性模量	384
附表 3.12	钢筋最小锚固长度 l_a	384
附表 3.13	受拉钢筋端部弯钩	385
附表 3.14	钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数 φ	385
参考文献	387

绪 论

一、混凝土结构的一般概念及特点

以混凝土为主制作的结构称为混凝土结构,它包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构等。素混凝土结构是指无筋或不配置受力钢筋的混凝土结构;钢筋混凝土结构是指配置受力普通钢筋的混凝土结构;预应力混凝土结构是指配置受力的预应力钢筋,通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土结构。本书着重介绍钢筋混凝土和预应力混凝土构件的材料性能、设计原则、计算方法和构造措施等内容。

混凝土由石子、水泥和水拌和而成,混凝土硬化后具有和天然石料相同的特点,其抗压强度很高,而抗拉强度则很低(约为抗压强度的 $1/8\sim 1/20$)。这样就使得没有配置钢筋的混凝土,在应用方面受到很大的限制。图 0-1(a)所示的素混凝土简支梁,在外荷载作用下,中和轴上部受压,下部受拉。当荷载增加,中和轴下部的拉应力达到混凝土的极限抗拉强度,即出现裂缝,简支梁随后破坏,这种破坏是很突然的,也就是说,当荷载达到梁的开裂荷载时,梁立即发生破坏,属于脆性破坏。此时,受压区混凝土的抗压强度还未被充分利用,显然,材料的利用很不经济,而且破坏发展得太快,也不安全。

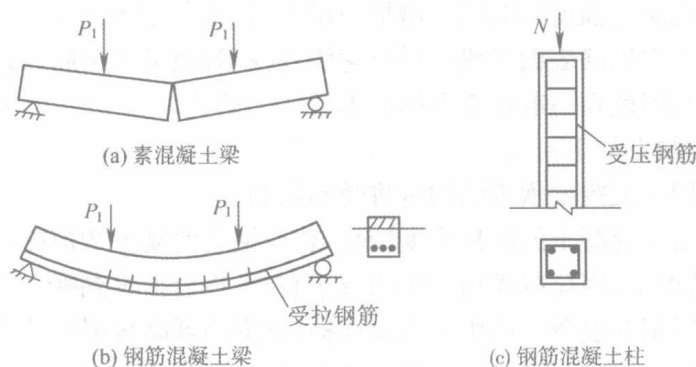


图 0-1 素混凝土梁及钢筋混凝土梁、柱

与混凝土材料相比,钢筋的抗拉强度很高,在混凝土梁的受拉区配置适当数量的纵向受拉钢筋,形成钢筋混凝土梁。钢筋混凝土梁的试验表明,在外荷载作用下,当截面受拉区混凝土开裂后,在裂缝处的截面上,受拉区混凝土的全部拉力由钢筋来承受。与素混凝土梁不同,钢筋混凝土梁开裂后梁上所作用的外荷载仍可继续增加,直至受拉钢筋应力达到屈服强度,随后截面受压区混凝土被压坏,此时,梁最终破坏。不难看出,配置在受拉区的钢筋显著地增强了受拉区的抗拉能力,并大大提高了梁的承载能力,梁中的钢筋和混凝土两种材料材料强度都得到了较为充分的利用。另外,梁在破坏之前,裂缝显著开展,挠度明显增加,这样的钢筋混凝土梁在破坏之前有明显的预兆,属于塑性破坏,图 0-1(b)为钢筋混凝土梁及其破坏情况的示意图。

在受压的混凝土柱中配置纵向受压钢筋,可协助混凝土承受压力,从而可以减小柱截面尺

寸,同时也可改善混凝土的变形性能,使其脆性有所降低,图 0-1(c)为配置纵向受压钢筋的轴心受压柱。

也可以在混凝土中配置其他善于抗拉的材料来承受拉力,如利用玻璃丝、竹材等,这样的结构称为玻璃丝混凝土、竹筋混凝土,或者通称为加筋混凝土。但所采用抗拉材料必须能够与混凝土很好地共同工作。

钢筋与混凝土两者能够很好地共同工作,其原因是:

(1)混凝土硬化后,钢筋与混凝土之间产生良好的粘结力,使两者结为整体,从而保证在外荷载作用下,钢筋与周围混凝土能协调变形,共同工作。

(2)钢筋与混凝土两者之间线膨胀系数几乎相同,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,两者之间不会发生相对的温度变形使粘结力遭到破坏。

(3)钢筋位于混凝土中,混凝土包围在钢筋外围可防止钢筋锈蚀,从而保证钢筋混凝土具有良好的耐久性能。

钢筋混凝土结构有如下优点:

(1)合理利用混凝土抗压强度和钢筋抗拉强度,共同受力,节约钢材。

(2)就地取材。除钢筋和水泥外,其他组成材料,如砂、石子等皆可就地取材,节省造价,降低成本。

(3)适用性强。构件既可整体式现场浇筑,亦可预制,然后进行装配。

(4)可模性。构件在造型艺术上容易处理,根据需要可浇制成各种形状和尺寸。

(5)耐火性好,整体性好,抗震性能亦较好。

(6)耐久性好。混凝土强度随时间的增加而增大,钢筋与混凝土具有良好的化学相容性,混凝土属碱性性质,会在钢筋表面形成一层氧化膜,能有效地保护钢筋,防止钢筋锈蚀,且钢筋还有混凝土的保护层,因此在一般环境下钢筋不会产生锈蚀。

钢筋混凝土结构缺点如下:

(1)自重大。应用于大跨度承重结构时将受到限制。

(2)抗裂性差。由于混凝土的抗拉强度较小,普通钢筋混凝土结构在正常使用阶段往往是带裂缝工作。一般情况下,因荷载作用产生的微小裂缝,不会影响混凝土结构的正常使用。但由于开裂,限制了普通钢筋混凝土应用于大跨结构,也影响到高强钢筋的应用。而且近年来混凝土过多地使用各种外加剂,导致混凝土收缩过大,且由于环境温度、复杂边界约束、过多配筋等的影响,也十分容易导致混凝土结构开裂,影响正常使用或引起用户不安。

(3)混凝土的生产会消耗大量的能源和资源。混凝土中水泥在生产中会消耗大量的能源,并产生大量的 CO_2 ,每吨水泥的碳排放量为 $0.30 \sim 0.45 \text{ t}$,此外还会消耗石灰岩、粘土、河砂、石、水等自然资源,影响自然生态环境。

(4)施工复杂,工序多(支模、绑或焊钢筋、浇筑、养护、拆模),工期长,施工受季节和天气的影响大。在雨天或冬天进行混凝土施工,应对浇筑、振捣和养护等工艺采取相应措施,确保工程质量。

二、混凝土结构的应用与发展概况

钢筋混凝土是目前应用最广泛的建筑材料之一。1824年正式制成了波特兰水泥,由于它可以塑造成任意形状,强度高,并能很快结硬,因此得到了很大的发展。但这种材料抗拉强度很低,为了弥补这种缺点,就促使人们考虑以抗拉性能较好的材料来加强它。1850年在法国

曾有人用铁丝网涂以水泥制造了小船,1861年法国花匠蒙尼(J. Monier)用铁丝加固砂浆制造了花盆,开创了钢筋混凝土发展的历史。后来,蒙尼又把这种新的材料正式推广到制造小型的梁、板及圆管等构件中去。当时因对这种材料结构的性能不十分了解,凭实践经验将钢筋置于板的中心,这显然是不合理的。

1886年,德国人 Koenen 和 Wayss 发表了钢筋混凝土计算理论和计算方法,1887年,Wayss 和 J. Bauschinger 发表了钢筋混凝土试验结果。在 Wayss 等人提出了钢筋应配置在钢筋混凝土构件受拉区的概念后,钢筋混凝土的推广应用才有了较快的发展。1891~1894年,欧洲各国的研究者发表了一些有关钢筋混凝土的理论和试验研究结果。但是在 1850~1900年的整整 50年内,由于工程师们将钢筋混凝土的施工和设计方法视为商业机密,因此,公开发表的研究成果不多。

在美国,Thaddens Hyau 于 1850年进行了钢筋混凝土梁的试验,但他的研究成果直到 1877年才发表。E. L. Ransome 在 19世纪 70年代初使用过某些形式的钢筋混凝土,并且于 1884年成为第一个使用(扭转)钢筋和获得专利的人。1890年,Ransome 在旧金山建造了一幢两层 95m 长的钢筋混凝土美术馆,从此,钢筋混凝土在美国获得了迅速的发展。

从 1850年到 20世纪 20年代,可以算是钢筋混凝土结构发展的初期阶段,从 20世纪 30年代开始,从材料性能的改善,结构形式的多样化,施工方法的革新,计算理论和设计方法的完善等多方面开展了大量的研究工作,工程应用十分普遍,使钢筋混凝土进入现代化阶段。

下面就材料、结构和计算原理 3个方面简要地叙述钢筋混凝土的发展现状。

(1)材料方面。混凝土强度随生产的发展而不断提高,目前,C50~C80级混凝土已经得到广泛应用,甚至更高强度混凝土的应用已不仅仅局限于个别工程。近年来,国内外采用加减水剂的方法已制成强度为 200 N/mm^2 以上的混凝土,在特殊结构的应用中可配制出 400 N/mm^2 的混凝土,各种特殊用途的混凝土不断研制成功,并获得应用。例如超耐久性混凝土可达 500年,耐热混凝土可耐高温达 1800°C ,我国已能生产密度等级 600级以下或强度等级 LC60级以上的超轻陶粒混凝土,其传热系数小,重量轻。钢纤维增强混凝土和聚合物混凝土等在国内外都获得一定的应用。在模板方面,除木模板外,国内外正大量推广使用钢模板、硬塑料模板、铝模板,现浇钢筋混凝土结构常采用大模板或泵送混凝土施工,以加快施工进度,泵送混凝土高度已达 600m。为了减轻结构自重,各国都在大力发展各种轻质混凝土,如加气混凝土、浮石混凝土等,轻质混凝土不仅可用作非承重构件,而且可用作承重结构。例如美国伊利诺大学 122m 跨度的体育馆是用容重为 1.7 kN/m^3 的轻质混凝土建成的圆拱结构;我国北京西便门建造的两栋 20层高层住宅楼采用了容重为 1.8 kN/m^3 的陶粒混凝土作为墙体材料。

1928年法国工程师 E. Freyssinet 成功地将高强钢丝用于预应力混凝土,使预应力混凝土的概念得以在工程实践中成为现实。预应力混凝土的概念在 19世纪 80年代即已提出。但是当时因钢筋强度偏低及对预应力损失缺乏深入研究,使预应力混凝土未能成功地实现。预应力混凝土的广泛应用是在 1938年 Freyssinet 发明锥形楔式锚具(弗氏锚具)和 1940年比利时的 G. Magnel 发明 Magnel 体系之后,预应力混凝土使混凝土结构的抗裂性得到根本的改善,使高强钢筋能够在混凝土结构中得到有效的利用,使混凝土结构能够用于大跨结构、压力储罐、核电站容器等领域。

(2)结构方面。由于材料强度的不断提高,钢筋混凝土和预应力混凝土的应用范围也不断扩大。近 20年来,钢筋混凝土和预应力混凝土在大跨度结构和高层结构中的应用有了令人瞩目的发展。

世界上最高的混凝土建筑也是世界最高的建筑,阿联酋哈利法塔,160层,高828 m,为钢管混凝土结构。我国目前最高的高层建筑是120层的上海中心,塔尖高度636 m,结构高度574.6 m,其塔楼结构由钢筋混凝土筒、钢管混凝土巨型柱和钢结构伸臂桁架组成。

目前世界上最高的构筑物为广州电视塔,它由钢结构外框筒和钢筋混凝土核心筒组成,核心筒结构高度450 m外加无线电桅杆150 m,总高度达600 m。

目前世界上跨度最大的钢筋混凝土结构为法国巴黎国家工业与技术中心,它的平面为三角形,每边跨度为218 m,采用厚度仅120 mm的双层双曲钢筋混凝土薄壳结构。

钢筋混凝土和预应力混凝土在水利工程、海洋工程、桥隧工程、地下结构工程中的应用也极为广泛。我国1997年建成的四川万州长江大桥,为上承式拱桥,采用钢管和型钢骨架混凝土建成三室箱形截面,跨长420 m,全桥长814 m,为世界上最大跨径混凝土拱桥。2012年建成的俄罗斯岛大桥是目前世界最大跨径的斜拉桥,中心主孔跨径1104 m。

近年来,随着海洋石油的开发利用,各种钢筋混凝土和预应力混凝土海洋构筑物,如海上采油平台、码头沉箱、水下隧道、海上储油罐、海上机场等已经得到广泛的应用。

(3)理论研究方面。目前,在土木工程中大多数采用以概率理论为基础的,以可靠度指标度量构件可靠性的分析方法,使极限状态设计方法向着更完善、更科学的方向发展。随着对混凝土变形性能的深入研究,现代化测试技术的发展,有限元法和电子计算机的应用,钢筋混凝土构件的计算已开始走向采用将承载力、变形、延性贯串起来的全过程分析方法以及从个别构件的计算过渡到考虑整体结构的整体工作的分析方法。这样,就使得钢筋混凝土的计算理论和设计方法更加日趋完善,并向着更高的阶段发展。

第一章 钢筋和混凝土的力学性能

第一节 钢 筋

一、钢筋的性能

(一) 钢筋的作用

钢筋混凝土构件中的钢筋,按其作用性质,可分为下面 3 类。

1. 受力钢筋:钢筋主要配置在受弯、受拉、偏心拉压构件的受拉区以代替或帮助混凝土承担拉力。其次,钢筋也可用来加强混凝土的抗压能力。这类钢筋均称为受力钢筋。它的断面由计算决定。如图 1-1 所示梁板及柱中的钢筋 1 均属受力钢筋。

2. 架立钢筋:架立钢筋是用来保证受力钢筋的设计位置不因捣固混凝土而有所移动。图 1-1 所示的梁内钢筋 2 即为架立钢筋,它用来保证钢箍 4 的间距及保证整个受力钢筋骨架的稳定。

3. 分布钢筋:分布钢筋是用来将构件所受到的外力分布在较广的范围,以改善受力情况,这种钢筋多数在板中。如图 1-1 所示的板,除为抵抗弯矩而设置受力钢筋外,同时要使作用在板上的集中荷载分布在较大的宽度上,使钢筋受力较为平均,故须设置与受力钢筋相垂直的钢筋 3,该钢筋为分布钢筋。

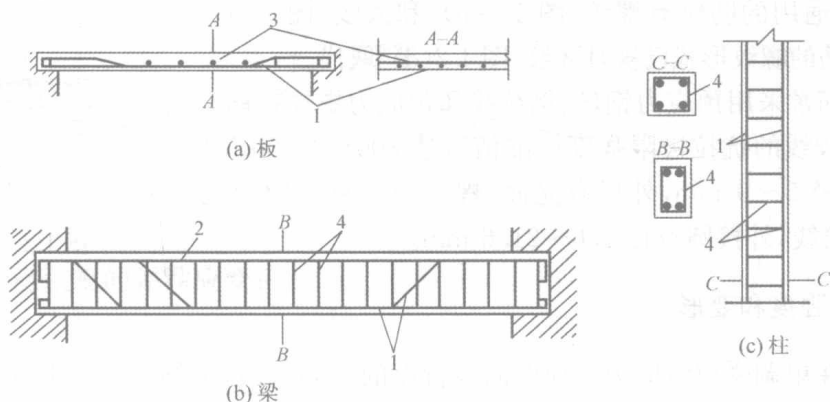


图 1-1 钢筋混凝土构件中的钢筋

1—受力钢筋;2—架立钢筋;3—分布钢筋;4—箍筋

受力、架立和分布钢筋并不一定能绝对区别开来,即同一钢筋往往可以同时起上述两种或两种以上的作用。图 1-1(a)中,板内分布钢筋,除了起分布作用外,还有固定受力钢筋位置的作用,梁中钢箍 4 同时起受力和架立的作用。

此外,钢筋往往还有其他的作用。例如,一般混凝土收缩及温度变化的应力通常利用受力钢筋与分布钢筋来承受,但有时也要专设温度钢筋。

(二) 钢筋的质量要求

钢筋混凝土工程中所用钢筋应具备:①有适当的强度;②与混凝土粘结良好;③可焊性好;④有足够的塑性。一般地,强度高的钢筋塑性和可焊性就差些。