



高等学校**应用型本科**规划教材

结构设计原理

主 编 黄平明 梅葵花 王 蒂



人民交通出版社

China Communications Press

高等学校应用型本科规划教材

Jiegou Sheji Yuanli
结构设计原理

主编 黄平明 梅葵花 王 蒂

人民交通出版社

内 容 提 要

本教材是根据高等学校土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业及其相关专业结构设计原理课程的教学要求编写的,根据我国国家标准和交通部颁布的现行交通行业标准与设计规范,对公路桥涵钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构、圬工结构和钢结构的各种基本构件受力特性、设计计算原理和构造作了详尽的介绍,同时对钢—混凝土组合构件的受力特点和计算原理以及 FRP 结构的特点和应用也作了介绍。

本书是高等学校应用型本科规划教材,适合于应用型本科院校学生、高等学校继续教育学院本专科学生和高职高专院校专升本学生使用,也可作为其他相关专业教材,同时可供公路和城市建设部门从事桥梁设计、研究、施工和管理的专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

结构设计原理/黄平明,梅葵花,王蒂主编. —北京:
人民交通出版社,2006.12

ISBN 7-114-06240-0

I. 结… II. ①黄…②梅…③王… III. 桥涵工程—结构设计—高等学校—教材 IV. U442.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 130431 号

高等学校应用型本科规划教材

书 名:结构设计原理

著 者:黄平明 梅葵花 王 蒂

责任编辑:毛 鹏

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)85285838,85285995

总 经 销:北京中交盛世书刊有限公司

经 销:各地新华书店

印 刷:北京牛山世兴印刷厂

开 本:787×1092 1/16

印 张:28

字 数:698 千

版 次:2006 年 12 月 第 1 版

印 次:2006 年 12 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-114-06240-0

印 数:0001~5000 册

定 价:47.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

21 世纪交通版

高等学校应用型本科规划教材

编 委 会

主 任 委 员：张起森

副 主 任 委 员：（按姓氏笔画序）

万德臣	马鹤龄	王 彤	刘培文
伍必庆	李香菊	张维全	杨少伟
杨渡军	赵丕友	赵永平	倪宏革
章剑青			

编 写 委 员：（按姓氏笔画序）

于吉太	于少春	王丽荣	王保群
朱 霞	张永清	陈道军	赵志蒙
查旭东	高清莹	曹晓岩	葛建民
韩雪峰	蔡 瑛		

主要参编院校：

长沙理工大学	长安大学
重庆交通大学	东南大学
华中科技大学	山东交通学院
黑龙江工程学院	内蒙古大学
北京交通干部管理学院	辽宁交通高等专科学校
鲁东大学	

秘 书 组：毛 鹏 岑 瑜（人民交通出版社）

前 言

近年来,我国公路桥梁建设技术及工程研究有了很大的发展,新的技术标准和设计规范陆续颁布。为了适应工程技术新的发展和专业教学要求,针对土木工程专业、道路桥梁与渡河工程专业应用型本科和继续教育学院教学要求,专门编写了本教材。本教材是21世纪交通版·高等学校应用型本科规划教材之一。

本教材是依据交通部颁布的交通行业标准《公路工程技术标准》(JTGB01—2003)、《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60—2004)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD62—2004)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTGD61—2005)和《公路桥涵钢结构及木结构设计规范》(JTJ025—86)以及国家标准《钢结构设计规范》(GB50017—2003)等编写而成。

本书共分5篇。第1篇为钢筋混凝土结构,主要介绍了钢筋混凝土结构的基本概念,我国现行公路桥涵设计规范的设计原则,钢筋混凝土受弯、受扭、受压、受拉构件的承载力计算及构造原理,以及受弯构件的应力、裂缝与变形计算。第2篇为预应力混凝土结构,主要介绍了预应力混凝土结构的基本概念,受弯构件的设计计算方法,并简要介绍了部分预应力、无黏结预应力、双预应力、预弯复合梁等结构。第3篇为圬工结构,主要介绍了圬工结构的基本概念及构件的承载力计算。第4篇为钢结构,主要介绍了钢结构的材料、连接形式,并简要介绍了轴向受力构件、简易钢桁架及钢板梁的计算。第5篇为其他结构,简要介绍了钢管混凝土、钢—混凝土组合梁以及FRP结构。

本书内容密切结合我国的工程实际,充分反映最新的科研成果,力求文字简练、深入浅出,以及理论与实际相结合。全书在阐明基本概念和计算原理的基础上,介绍了工程设计中的实用计算方法,并列举了较多的计算示例。各章后附有本章小结、思考题与习题。

全书由黄平明、梅葵花、王蒂主编。本书的总论、第10、11、12和13章由梅葵花、黄平明编写,第1~9章和第22章由梅葵花编写,第14~21章由王蒂编写。全书由黄平明统稿。

长安大学刘书伟、何湘峰、蔡颖、胡菊、曾胜欢、温巍、袁鑫,参加了本教材的例题核算和插图绘制工作。

限于编者的水平,书中难免有不妥或疏漏之处,敬请读者批评指正,有关意见可寄长安大学本部327信箱(陕西省西安市南二环中段,邮编710064),以便进一步完善。

编 者
2006年9月

目 录

总论	1
0.1 学习本课程应注意的问题	1
0.2 各种工程结构的特点及使用范围	2

第 1 篇 钢筋混凝土结构

第 1 章 钢筋混凝土概论	4
1.1 钢筋混凝土结构概述	4
1.2 钢筋混凝土结构特点	6
本章小结	6
思考题与习题	6
第 2 章 钢筋混凝土材料	7
2.1 混凝土	7
2.2 钢筋	15
2.3 钢筋与混凝土之间的共同作用	17
本章小结	19
思考题与习题	19
第 3 章 概率极限状态设计方法	20
3.1 概率极限状态设计法的基本概念	21
3.2 公路桥涵设计规范的设计原则	24
3.3 材料强度取值	27
3.4 作用、作用值与作用效应组合	28
本章小结	32
思考题与习题	32
第 4 章 受弯构件正截面承载力计算	33
4.1 受弯构件的构造	33
4.2 受弯构件正截面受力全过程与计算原则	37
4.3 单筋矩形截面受弯构件	43
4.4 双筋矩形截面受弯构件	50
4.5 T 形截面受弯构件	54
本章小结	61
思考题与习题	61
第 5 章 受弯构件斜截面承载力计算	63

5.1 受弯构件斜截面的受力特点和破坏形态	63
5.2 影响受弯构件斜截面抗剪承载力的主要因素	65
5.3 受弯构件的斜截面抗剪承载力	67
5.4 受弯构件的斜截面抗弯承载力	71
5.5 全梁承载能力校核	73
本章小结	84
思考题与习题	84
第6章 受扭构件承载力计算	86
6.1 纯扭构件的破坏特征和承载力计算	86
6.2 复合受力矩形截面构件的承载力计算	91
6.3 T形和I形截面受扭构件	94
6.4 构造要求	95
本章小结	99
思考题与习题	99
第7章 受压构件承载力计算	100
7.1 配有纵向钢筋和普通箍筋的轴心受压构件	100
7.2 配有纵向钢筋和螺旋箍筋的轴心受压构件	104
7.3 偏心受压构件正截面受力特点和破坏形态	106
7.4 偏心受压构件的纵向弯曲	109
7.5 矩形截面偏心受压构件	111
7.6 工字形和T形截面偏心受压构件	120
7.7 圆形截面偏心受压构件	124
7.8 应用实例	129
本章小结	147
思考题与习题	147
第8章 受拉构件承载力计算	149
8.1 轴心受拉构件	149
8.2 偏心受拉构件	149
本章小结	154
思考题与习题	154
第9章 钢筋混凝土受弯构件的应力、裂缝和变形计算	155
9.1 换算截面应力计算	155
9.2 受弯构件的裂缝及裂缝宽度验算	160
9.3 受弯构件的变形验算	164
9.4 混凝土结构的耐久性	166
9.5 应用实例(简支梁)	169
本章小结	174
思考题与习题	175

第2篇 预应力混凝土结构

第10章 预应力混凝土总论	176
10.1 预应力混凝土结构基本概念	176
10.2 预应力混凝土结构特点	179
本章小结	179
思考题与习题	179
第11章 预应力混凝土材料与施工	180
11.1 预应力筋	180
11.2 混凝土	181
11.3 预应力锚具	186
11.4 预应力施工工艺	190
本章小结	194
思考题与习题	194
第12章 预应力混凝土受弯构件计算	195
12.1 概述	195
12.2 预加力与预应力损失计算	197
12.3 预应力混凝土受弯构件的应力计算	206
12.4 预应力混凝土受弯构件承载力计算	213
12.5 预应力混凝土构件的抗裂验算	218
12.6 变形计算	220
12.7 端部锚固区计算	223
12.8 预应力混凝土简支梁设计	228
12.9 应用实例	237
本章小结	261
思考题与习题	262
第13章 其他预应力混凝土结构简介	265
13.1 概述	265
13.2 部分预应力混凝土结构	266
13.3 无黏结预应力混凝土构件	271
本章小结	273
思考题与习题	273

第3篇 圬工结构

第14章 圬工结构的基本概念与材料	274
14.1 圬工结构的基本概念	274
14.2 材料种类	275
14.3 砌体的强度与变形	277

本章小结·····	282
思考题与习题·····	282
第 15 章 砖、石及混凝土构件的强度计算 ·····	284
15.1 计算原则·····	284
15.2 受压构件的承载力计算·····	284
15.3 受弯、受剪构件与局部承压的计算·····	289
15.4 应用实例·····	290
本章小结·····	292
思考题与习题·····	293

第 4 篇 钢 结 构

第 16 章 钢结构材料 ·····	294
16.1 钢结构的特点·····	294
16.2 钢材的力学性能·····	295
16.3 钢材性能的影响因素·····	298
16.4 钢材的疲劳·····	301
16.5 钢材在复杂应力状态下的工作性能·····	303
16.6 钢材种类及其选用·····	304
本章小结·····	306
思考题与习题·····	306
第 17 章 钢结构的连接 ·····	307
17.1 焊缝连接·····	307
17.2 普通螺栓连接·····	321
17.3 高强螺栓连接·····	332
本章小结·····	337
思考题与习题·····	337
第 18 章 轴向受力构件的计算 ·····	340
18.1 概述·····	340
18.2 轴心受拉构件·····	342
18.3 轴心受压构件·····	346
18.4 组合受压构件·····	350
本章小结·····	364
思考题与习题·····	364
第 19 章 钢桁架与钢板梁 ·····	366
19.1 钢桁架的构造·····	366
19.2 钢桁架的设计计算·····	368
19.3 钢桁架的节点设计·····	370
19.4 钢板梁的构造·····	371

19.5 钢板梁的设计计算·····	372
本章小结·····	384
思考题与习题·····	384

第5篇 其他结构

第20章 钢管混凝土结构 ·····	385
20.1 概述·····	385
20.2 钢管混凝土受压构件的承载力计算·····	390
20.3 钢管混凝土构件的一般构造要求·····	392
本章小结·····	393
思考题与习题·····	393
第21章 钢—混凝土组合结构 ·····	394
21.1 概述·····	394
21.2 钢—混凝土组合梁的计算原理·····	395
21.3 钢—混凝土组合梁的截面设计·····	400
21.4 抗剪连接件设计·····	403
本章小结·····	406
思考题与习题·····	406
第22章 FRP 结构 ·····	407
22.1 概述·····	407
22.2 FRP 材料·····	407
22.3 FRP 工程应用·····	411
本章小结·····	416
附表 ·····	417
参考文献 ·····	435

总 论

所谓结构,就是构造物的承重骨架组成部分的统称。构造物的结构是由若干基本构件连接而成的。如桥梁结构是由桥面板、主梁、横梁、墩台、拱、索等基本构件所组成,其中梁、板、拱、索等即为基本构件。

这些构件的形式虽然多种多样,但按其主要受力特点可分为受弯构件、受压构件、受拉构件和受扭构件等典型的基本构件。

在实际工程中,结构及基本构件都是由建筑材料制作成的。根据所使用的建筑材料种类,常用的结构一般可分为:混凝土结构(钢筋混凝土结构和预应力混凝土结构)、钢结构、钢—混凝土组合结构、砖石及混凝土砌体结构(俗称圬工结构)。FRP是纤维增强聚合物(Fiber Reinforced Polymer)的简称,具有轻质、高强、耐腐蚀等优良性能。FRP结构是近些年发展起来的一种新材料结构。

《结构设计原理》是讨论工程结构基本构件的受力性能、计算方法及构造设计原理,是学习和掌握桥梁工程和其他道路人工构造物设计的基础。

0.1 学习本课程应注意的问题

通过本课程的学习,应掌握结构基本构件的力学特点、分析计算方法及构造特点。为此,应从以下几个方面予以注意:

(1) 逐步培养“工程思维”方式。《结构设计原理》课程是一门重要的专业技术基础课,是从基础课程如《材料力学》、《结构力学》、《建筑材料》,到专业课如《桥梁工程》的纽带,因此不能用以往学习数学、力学的方法来学习这门课程。在这门课程中,将遇到许多非纯理论性问题,比如某一计算公式,并非由理论推导而来,而可能是以经验、试验为基础得到的;对某一问题的解答,可能并无唯一性,而只存在合理性、经济性;构造方面可能比理论计算更加重要;设计过程往往是一个多次反复的过程等等。这就是说,专业课、技术基础课与基础课有各自的特点,不能照搬以往的思维模式。

(2) 《结构设计原理》课程的重要内容是桥涵结构构件设计。桥涵结构设计应遵循技术先进、安全可靠、耐久适用和经济合理的原则。它涉及到方案比较、材料选择、构件选型及合理布置等多方面,是一个多因素的综合性问题。设计结果是否满足要求,主要是看是否符合设计规范要求,并且满足经济性和施工可行性等。

(3) 在学习本课程中要学会应用设计规范。设计规范是国家颁布的关于设计计算和构造要求的技术规定和标准,是具有一定约束性和技术法规性的文件。目前我国交通部颁布使用的公路桥涵设计规范有:《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)、《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61—2005)和《公路桥涵钢结构和木结构设计规范》(JTJ 025—86)等。本书中关于基本构件的

设计原则、计算公式、计算方法及构造要求,均参照上述设计规范编写。为了表达方便,在本书中将上述设计规范统称为《公桥规》。

由于科学技术水平和工程实践经验是不断发展和积累的,设计规范也必然要不断进行修改和增订,才能适应指导设计工作的需要。因此,在学习本课程时,应掌握各种基本构件的受力性能、强度和变形的变化规律,从而能对目前设计规范的条文概念和实质有正确理解,对计算方法能正确应用,这样才能适应今后设计规范的发展,不断提高自身的设计水平。

0.2 各种工程结构的特点及使用范围

在学习本课程之前,有必要对本课程所涉及到的各类结构有一个初步认识。

1) 钢筋混凝土结构

钢筋混凝土结构是由钢筋和混凝土两种材料组成的。钢筋是一种抗拉性能很好的材料;混凝土材料具有较高的抗压强度,而抗拉强度很低。根据构件的受力情况,合理地配置钢筋可形成承载能力较高、刚度较大的结构构件。

钢筋混凝土结构的优点在于就地取材、耐久性较好、刚度大、可模性好等;其缺点在于,由于混凝土抗拉强度很低,构件抗裂性较差,同时由于构件尺寸大,造成自重较大,跨越能力受到限制。

钢筋混凝土结构广泛用于房屋建筑、地下结构、桥梁、隧道、水利、港口等工程中。在公路与城市道路工程、桥梁工程中,钢筋混凝土结构主要用于中小跨径桥、涵洞、挡土墙以及形状复杂的中、小型构件等。

2) 预应力混凝土结构

预应力混凝土结构由于在构件受荷之前预先对混凝土受拉区施加适当的压应力,因而在正常使用条件下,可以人为地控制截面上的应力,从而延缓裂缝的产生和发展,且可利用高强度钢筋和高强度混凝土,因而减小构件截面尺寸,减轻构件自重,增大跨越能力。若预应力混凝土结构构件控制截面在使用阶段不出现拉应力,则在腐蚀性环境下可保护钢筋免受侵蚀,因此可用于海洋工程结构和有防渗透要求的结构。

预应力技术还可作为装配混凝土构件的一种可靠手段,能很好地将部件装配成整体结构,形成悬臂浇筑和悬臂拼装等不用支架、不影响桥下通航的施工方法。

尽管预应力混凝土结构有上述优点,但由于高强度材料的单价高,施工的工序多,要求有经验、熟练的技术人员和技术工人施工,且要求较多的严格的现场技术监督和检查,因此,不是在任何场合都可以用预应力混凝土来代替普通钢筋混凝土的,而是两者各有合理应用的范围。

3) 圬工结构

圬工结构是用胶结材料将砖、天然石料等块材按规则砌筑而成整体的结构,其特点是易于就地取材。当块材采用天然石料时,则具有良好的耐久性。但是,圬工结构的自重一般较大,施工中机械化程度较低。

在公路与城市道路工程和桥梁工程中,圬工结构多用于中小跨径的拱桥、桥墩(台)、挡土墙、涵洞、道路护坡等工程中。

4) 钢结构

钢结构一般是由钢厂轧制的型钢或钢板通过焊接或螺栓等连接组成的结构。钢结构由于钢材的强度很高，构件所需的截面积很小，故是自重较轻的结构。钢结构的可靠性高，其基本构件可在工厂中加工制作，机械化程度高，已预制的构件可在施工现场较快地装配连接，故施工效率较高。但相对于混凝土结构而言，钢结构造价较高，而且养护费用也高。

钢结构的应用范围很广，例如，大跨径的钢桥、城市人行天桥、高层建筑、海洋钻井采油平台、钢屋架等。同时，钢结构还常用于钢支架、钢模板、钢围堰、钢挂篮等临时结构中。

此外，随着科学研究和生产的发展，在工程中还出现了多种组合结构和新材料结构，例如，预应力混凝土组合梁、钢—混凝土组合梁、钢管混凝土结构、FRP—混凝土组合结构及FRP结构等。组合结构是利用具有各自材料特点的部件通过可靠的措施使之形成整体受力的构件，从而获得更好的工程效果，因而日益得到广泛应用；FRP结构因具有自重轻、耐腐蚀等优点，近几年来在一些特殊环境条件下日益得到应用。

第 1 篇 钢筋混凝土结构

第 1 章 钢筋混凝土概论

1.1 钢筋混凝土结构概述

钢筋混凝土结构是钢筋和混凝土两种力学性能不同的材料组成的结构，且两者能有效地结合在一起共同发挥作用。

混凝土是一种典型的脆性材料，其抗压强度很高，而抗拉强度则很低（约为抗压强度的 $1/18 \sim 1/8$ ）。如果只用混凝土材料制作一根受弯的梁，如图 1-1a) 所示，则根据材料力学可知，在荷载（包括自重）作用下，梁的上部受压、下部受拉。当荷载达到某一数值 F_c 时，梁下部受拉边缘的拉应变达到混凝土极限拉应变，即出现竖向弯曲裂缝，这时，裂缝处截面的受拉区混凝土退出工作，受压高度减小，即使荷载不再增加，竖向弯曲裂缝也会急速向上发展，导致梁骤然断裂（图 1-1b）。这种破坏是很突然的。对应于素混凝土梁受拉区出现裂缝的荷载 F_c ，一般称为素混凝土梁的抗裂荷载，也是素混凝土梁的破坏荷载。由此可见，素混凝土梁的承载能力是由混凝土的抗拉强度控制的，而受压混凝土的优越抗压性能则远远未能充分利用。如果要使梁承受更大的荷载，则必须将其截面加大很多，这将是极不经济的，有时甚至是不可能的。

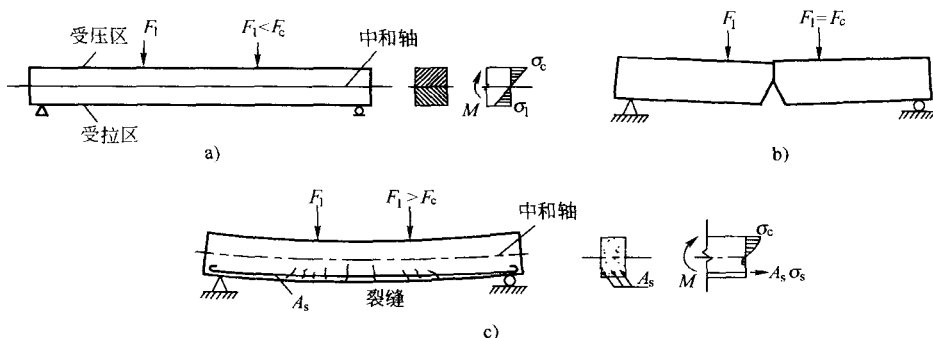


图 1-1 素混凝土梁和钢筋混凝土梁

a) 受竖向力作用的混凝土梁；b) 素混凝土梁的断裂；c) 钢筋混凝土梁的开裂

为解决上述矛盾，可采用抗拉强度高的钢筋来加强混凝土梁的受拉区，也就是在混凝土梁的受拉区配置适量的纵向受力钢筋，这就构成了钢筋混凝土梁。试验表明，与素混凝土梁

有相同截面尺寸的钢筋混凝土梁承受竖向荷载作用时,当荷载略大于 F_c 时,受拉区混凝土仍会出现裂缝。在出现裂缝的截面处,受拉区混凝土虽退出工作,但配置在受拉区的钢筋将可承担几乎全部的拉力。这时,钢筋混凝土梁不会像素混凝土梁那样立即裂断,而能继续承受荷载作用(图 1-1c),直至受拉钢筋的应力达到屈服强度,裂缝向上延伸,受压区混凝土达到其抗压强度而被压碎,梁才宣告破坏。因此,钢筋混凝土梁中混凝土的抗压强度和钢筋的抗拉强度都得到了充分发挥,其承载能力可较素混凝土梁提高很多,提高的幅度与配置的纵向受拉钢筋数量和强度等有关。

混凝土的抗压强度高,常用于受压构件。若在混凝土中配置受压钢筋和箍筋,构成钢筋混凝土受压构件,试验表明,与截面尺寸及长细比相同的素混凝土受压构件相比,钢筋混凝土受压构件不仅承载能力大为提高,而且受力性能得到改善(图 1-2)。在这种情况下,钢筋的作用主要是协助混凝土共同承受压力。

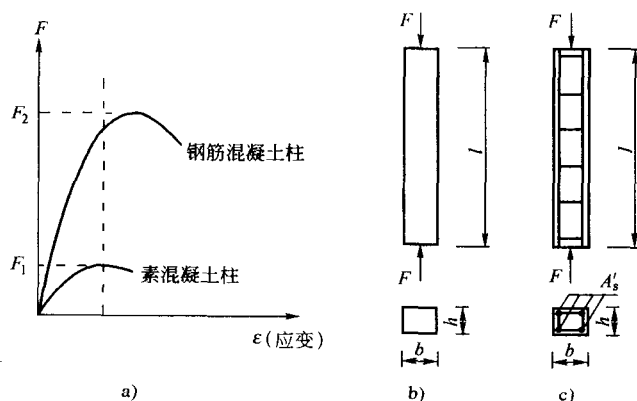


图 1-2 素混凝土和钢筋混凝土轴心受压构件的受力性能比较

a) 柱的压力—混凝土应变曲线; b) 素混凝土柱; c) 钢筋混凝土柱

由上述可知,根据构件受力状况合理配置钢筋,构成钢筋混凝土构件,可以充分利用钢筋和混凝土各自的材料特点,把它们有机地结合在一起共同工作,从而提高构件的承载能力、改善构件的受力性能。

钢筋和混凝土这两种力学性能不同的材料,之所以能有效的结合在一起而共同工作,是基于以下理由:

(1) 混凝土干缩硬化后能产生较大的黏结力(或称握裹力),使钢筋与混凝土能可靠地结合成一个整体,从而在荷载作用下能够很好地共同变形。

(2) 钢筋和混凝土具有大致相同的温度线膨胀系数,钢筋为 $(1.2 \times 10^{-5}) / ^\circ\text{C}$,混凝土为 $(1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}) / ^\circ\text{C}$,这样,当温度变化时,不致产生过大的温度应力而破坏两者之间的黏结。

(3) 包围在钢筋外围的混凝土,起着保护钢筋免遭锈蚀的作用,保证结构具有良好的耐久性,这是因为水泥水化作用后,产生碱性反应,在钢筋表面产生一种水泥石质薄膜,可以防止有害介质的直接侵蚀。因此,为了保证结构的耐久性,混凝土应具有较好的密实度,并留有足够厚度的保护层。

1.2 钢筋混凝土结构特点

钢筋混凝土结构问世一百多年来,在世界各国的土木工程中得到广泛的应用,其主要原因在于它具有下述一系列优点:

(1) 在钢筋混凝土结构中,混凝土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致锈蚀,所以,钢筋混凝土结构的耐久性是较好的;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。

(2) 钢筋混凝土结构(特别是整体浇筑的结构)的整体性好,其抵抗地震、振动以及强烈冲击作用都具有较好的工作性能。

(3) 钢筋混凝土结构的刚度较大,在使用荷载作用下的变形较小,故可有效地用于对变形有要求的建筑物中。

(4) 新拌和的混凝土是可塑的,可以根据设计需要浇筑成各种形状和尺寸的构件,特别适合于结构形状复杂或对建筑造型有较高要求的建筑物。

(5) 在钢筋混凝土结构中,混凝土包裹着钢筋,由于混凝土传热性能较差,在火灾中将对钢筋起着保护作用,使其不致很快达到软化温度而造成结构整体破坏。

(6) 钢筋混凝土结构所用的原材料中,砂、石所占的比重较大,而砂、石易于就地取材,故可以降低建筑成本。在工业废料(如矿渣、粉煤灰等)比较多的地区,可将工业废料制成人造骨料用于钢筋混凝土结构中,这不但可解决工业废料处理问题,还有利于环境保护,而且可减轻结构的自重。

但是,钢筋混凝土结构也存在一些缺点,诸如:钢筋混凝土构件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;施工受气候条件影响较大;现浇钢筋混凝土结构需耗用模板;修补或拆除较困难等等。

钢筋混凝土结构虽有缺点,但毕竟有其独特的优点,所以它的应用极为广泛,无论是桥梁工程、隧道工程、房屋建筑、铁路工程,还是水工结构工程、海洋结构工程等,都已广泛采用。随着钢筋混凝土结构的不断发展,上述缺点已经或正在逐步加以改善,例如,采用轻质高强混凝土以减轻结构自重;采用预制装配结构或工业化的现浇施工方法以节约模板和加快施工速度。

本章小结

本章主要介绍了钢筋混凝土结构的基本概念及结构特点。

思考题与习题

- 1-1 钢筋和混凝土这两种力学性能不同的材料为何能有效地结合在一起而共同工作?
- 1-2 钢筋混凝土结构有哪些优点及缺点?

第2章 钢筋混凝土材料

2.1 混 凝 土

2.1.1 混凝土的强度

在设计和施工中常用的混凝土强度可分为立方体强度、轴心抗压强度和轴心抗拉强度等。现分别叙述如下。

1) 混凝土立方体抗压强度

混凝土的立方体抗压强度（简称立方体强度）是一种在规定的统一试验方法下衡量混凝土强度的基本指标。混凝土立方体强度不仅与养护时的温度、湿度和龄期等因素有关，而且与试件的尺寸和试验方法也有密切的关系。在通常情况下，试件的上下表面与试验机承压板之间将产生阻止试件向外自由变形的摩阻力，阻滞了裂缝的发展，从而提高了试件的抗压强度。如果在试件的上下表面涂上润滑剂，试验时摩阻力就大为减小。规范中规定采用的是不加润滑剂的试验方法。试验还表明，立方体的尺寸不同，试验时测得的强度也不同，立方体尺寸愈小，摩阻力的影响愈大，测得的强度也愈高。

我国国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》（GB/T 50081—2002）规定以每边边长为 150mm 的立方体试件，在标准养护条件下养护 28d，依照标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度值（以 MPa 计）作为混凝土的立方体抗压强度标准值（ $f_{cu,k}$ ）。我国现行《公桥规》对立方体抗压强度标准值的测定方法与上述国家标准相同。该值也用来表示混凝土的强度等级，并冠以“C”，如 C40 表示为 40 级混凝土，其中“40”表示为该级混凝土立方体抗压强度的标准值为 40MPa。

在实际工程中，也有采用边长为 200mm 和边长为 100mm 的混凝土立方体试件，则所测得的立方体强度应分别乘以换算系数 1.05 和 0.95 来折算成边长为 150mm 的混凝土立方体抗压强度。

2) 混凝土轴心抗压强度（棱柱体抗压强度）

通常钢筋混凝土构件的长度比它的截面边长要大得多，因此棱柱体试件（高度大于截面边长的试件）的受力状态更接近于实际构件中混凝土的受力情况。按照与立方体试件相同条件下制作和试验方法测得的具有 95% 保证率的棱柱体试件的抗压强度值，称为混凝土轴心抗压强度标准值，用符号 f_{ck} 表示。

试验表明，棱柱体试件的抗压强度较立方体试块的抗压强度低。棱柱体试件高度 h 与边长 b 之比愈大，则强度愈低。因此，国家标准《普通混凝土力学性能试验方法标准》（GB/T 50081—2002）规定，混凝土的轴心抗压强度试验以 150mm×150mm×300mm 的试件为标准试件。