



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

混凝土结构与砌体结构学习指导

段春花 主 编
朱文革 申海洋 段贵明 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十二五”职业教育国家规划教材
经全国职业教育教材审定委员会审定

混凝土结构与砌体结构学习指导

主 编	段春花		
副主编	朱文革	申海洋	段贵明
编 写	孔德明	秦焕朝	
主 审	李 峰		



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十二五”职业教育国家规划教材。全书分为10章,主要内容包括混凝土结构材料的力学性能、建筑结构的基本设计原则、钢筋混凝土受弯构件、钢筋混凝土受扭构件、钢筋混凝土受压构件、钢筋混凝土梁板结构、预应力混凝土构件基本知识、钢筋混凝土单层厂房排架结构、钢筋混凝土多层与高层结构、砌体结构基本知识。本书在编写时,力求将“教、学、练”等融为一体,从不同角度对重点、难点以及应用性进行简要分析和判断,通过典型案例(例题)的分析、专业理论知识在实际工程中的应用解析,以及综合实训题的训练等方式,强调理论与实践的整合、互相渗透。

本书可作为高职高专建筑工程类相关专业的教材辅导书,也可供工程技术人员及相关人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构与砌体结构学习指导/段春花主编. —北京:中国电力出版社, 2014. 8

“十二五”职业教育国家规划教材

ISBN 978-7-5123-6078-5

I. ①混… II. ①段… III. ①混凝土结构—职业教育—教学参考资料②砌体结构—职业教育—教学参考资料 IV. ①TU37②TU209

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第145037号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2014年8月第一版 2014年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 13.5印张 324千字

定价 27.00元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

为满足高职高专土木建筑类专业学生学习混凝土结构与砌体结构课程的要求,更有效地帮助学生在对知识点的理解与掌握,注重学生对理论知识在实践工程中的应用,以及对新的国家标准和规范的理解,培养学生分析问题、解决问题的能力,并配合同步出版发行的《混凝土结构与砌体结构(第三版)》教材,新编此教材。

本书在编写时,力求将“教、学、练”等融为一体,在每一章节中均通过内容提要、学习重点与难点、解题指导及典型例题分析、实际工程应用、综合训练、答案要点等几方面,从不同角度对重点、难点以及应用性进行简要分析和判断,通过典型案例(例题)的分析、专业理论知识在实际工程中的应用解析,以及综合实训题的训练等方式,强调理论与实践的整合、互相渗透,用意是启发学生积极思考,更准确地掌握基本概念。其中综合训练部分包括填空题、选择题、判断题、名词解释、问答题、计算题等题型,以便于学生得到较为全面的训练,提高专业综合应用能力,突出职业技术应用能力的培养。

本书由段春花任主编,朱文革、申海洋、段贵明任副主编。具体分工如下:绪论、第3章由段春花编写,第1章、第6章由朱文革编写,第2章、第4章、第5章由孔德明编写,第7章、第8章由秦焕朝编写,第9章由申海洋编写,第10章由段贵明编写。全书由段春花最后统稿并定稿,由李峰担任主审。

在本书的编写过程中,得到了山西建筑职业技术学院的大力支持,在此致谢!

限于编者水平,书中疏漏之处在所难免,恳请广大读者和同行批评指正。

编 者

2013年12月

目 录

前言	
绪论	1
0.1 内容提要	1
0.2 学习重点及难点	1
0.3 解题指导及典型例题分析	3
0.4 实际工程应用	3
0.5 综合训练	4
0.6 答案要点	5
第1章 混凝土结构材料的力学性能	7
1.1 内容提要	7
1.2 学习重点及难点	7
1.3 解题指导及典型例题分析	12
1.4 实际工程应用	15
1.5 综合训练	16
1.6 答案要点	20
第2章 建筑结构设计的基本原则	23
2.1 内容提要	23
2.2 学习重点及难点	23
2.3 解题指导及典型例题分析	28
2.4 实际工程应用	29
2.5 综合训练	30
2.6 答案要点	33
第3章 钢筋混凝土受弯构件	35
3.1 内容提要	35
3.2 学习重点及难点	35
3.3 解题指导及典型例题分析	47
3.4 实际工程应用	58
3.5 综合训练	61
3.6 答案要点	72
第4章 钢筋混凝土受扭构件	79
4.1 学习提要	79
4.2 学习重点及难点	79

4.3	解题指导及典型例题分析	82
4.4	实际工程应用	88
4.5	综合训练	89
4.6	答案要点	90
第5章	钢筋混凝土受压构件	93
5.1	学习提要	93
5.2	学习重点及难点	93
5.3	解题指导及典型例题分析	96
5.4	实际工程应用	101
5.5	综合训练	102
5.6	答案要点	104
第6章	钢筋混凝土梁板结构	107
6.1	内容提要	107
6.2	学习重点及难点	107
6.3	解题指导及典型例题分析	118
6.4	实际工程应用	123
6.5	综合训练	125
6.6	答案要点	132
第7章	预应力混凝土构件基本知识	136
7.1	内容提要	136
7.2	学习重点及难点	136
7.3	解题指导及典型例题分析	139
7.4	实际工程应用	139
7.5	综合训练	139
7.6	答案要点	142
第8章	钢筋混凝土单层厂房排架结构	146
8.1	内容提要	146
8.2	学习重点及难点	146
8.3	解题指导与典型例题分析	152
8.4	实际工程应用	153
8.5	综合训练	153
8.6	答案要点	156
第9章	钢筋混凝土多层与高层结构	160
9.1	内容提要	160
9.2	学习重点及难点	160
9.3	解题指导及典型例题分析	170
9.4	实际工程应用	171

9.5	综合训练	174
9.6	答案要点	178
第 10 章	砌体结构基本知识	185
10.1	内容提要	185
10.2	学习重点及难点	185
10.3	解题指导及典型例题分析	194
10.4	实际工程应用	199
10.5	综合训练	200
10.6	答案要点	204

绪 论

0.1 内 容 提 要

本章介绍了建筑结构定义、组成和分类；叙述了混凝土结构和砌体结构的一般概念、优缺点，以及应用和发展前景；分析了钢筋和混凝土这两种性质不同的材料能够组合在一起共同工作的条件；还介绍了本课程的特点和学习方法。通过本章节内容的学习，应熟悉建筑结构的定义和组成，了解混凝土结构与砌体结构的优缺点和适用范围，理解钢筋和混凝土共同工作的条件，深刻体会学习建筑结构的重要性。

0.2 学习重点及难点

0.2.1 建筑结构的组成与分类

建筑结构是由若干个基本构件按照一定的组成规则，通过正确的连接方式所组成，能够承受并传递各种作用的空间受力体系。建筑结构由水平构件（梁、板）、竖向构件（墙、柱）和基础三大部分组成。

按承重结构所用材料的不同，建筑结构可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构，其中混凝土结构在实际工程中应用最为普遍。按照组成建筑主体结构的形式和受力体系的不同，建筑结构可分为砖混结构、框架结构、剪力墙结构、框架—剪力墙结构、筒体结构、排架结构等，实际工程中应用较多的是框架结构、剪力墙结构和框架—剪力墙结构。

0.2.2 混凝土结构的特点及应用

一、混凝土结构的概念

1. 混凝土结构的类型

混凝土结构是指以混凝土为主要材料的结构，它主要包括素混凝土结构、钢筋混凝土结构、型钢混凝土结构、钢管混凝土结构和预应力混凝土结构等。

(1) 素混凝土结构是指无筋或不配置受力钢筋的混凝土制成的结构，在建筑工程中一般只用作垫层或室外地坪。

(2) 钢筋混凝土结构是指由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构，在混凝土结构中应用最为普遍。

(3) 型钢混凝土结构又称钢骨混凝土结构，是指用型钢或用钢板焊成钢骨架作为主要配筋的混凝土结构。

(4) 钢管混凝土结构是指在钢管内浇筑混凝土形成的结构。

(5) 预应力混凝土结构是指由配置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制成的结构。

2. 混凝土和钢筋共同工作的条件

钢筋和混凝土是两种力学性能不同的材料，之所以能够在一起共同工作的主要原因是：

(1) 钢筋和混凝土之间有良好的黏结力,使两者之间能够协调变形、共同受力。黏结力是钢筋和混凝土共同工作的基础。

(2) 钢筋和混凝土两种材料的线膨胀系数接近,在温度变化时两者之间不会有过大的相对变形而破坏。

(3) 混凝土包裹钢筋,使钢筋不会锈蚀变质,保证钢筋混凝土结构的耐久性。

二、钢筋混凝土结构的特点及应用

钢筋混凝土结构之所以应用广泛,主要是因为它具有整体性好、耐久性好、耐火性好、可模性好和易于就地取材等优点。但钢筋混凝土结构也有自重大、抗裂性差、施工环节多、工期长等缺点。随着科学技术的不断发展,这些缺点已在一定程度上得到了克服和改善。例如采用轻质高强的混凝土可克服自重大的缺点,采用预应力混凝土可克服构件容易开裂的缺点,掺入纤维做成纤维混凝土可克服混凝土的脆性等。

混凝土结构的应用范围涉及土木工程的各个领域,并占有主导地位。钢筋混凝土结构广泛应用于房屋建筑工程中的厂房、住宅、办公楼等多高层建筑中。

0.2.3 砌体结构的特点及应用

砌体结构是指用砖、石材或砌块为块材,用砂浆砌筑成墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构,包括砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构。

砌体结构具有取材方便,造价低廉,耐火性和耐久性良好,具有良好的保温、隔热、隔声性能,节能、施工简单等优点。但由于砌体结构具有强度低、自重大、整体性差和砌筑工作量大,以及对生态环境不利等不足,使砌体结构的应用受到一些限制。为克服砌体结构的缺点并发挥其优势,在砌体结构的材料和构造方式上已经取得了一些进展,拓宽了砌体结构的应用范围。例如采用配筋砌体、组合砌体等结构形式,可克服砌体材料性能的不足,改善砌体结构的受力性能;采用空心砌块,以降低结构自重;进行墙体改革,大力发展轻质高强、节能利废的新型墙体材料,推广应用空心黏土砖、蒸压灰砂砖、蒸压粉煤灰砖、轻集料混凝土砌块以及混凝土小型空心砌块等,替代实心黏土砖,以节省耕地并保护环境。

0.2.4 学习中需要注意的问题

1. 本课程的内容和学习目标

本课程是建筑工程技术等专业的主干专业课,其内容包括混凝土结构和砌体结构两大类结构体系,按照内容的性质可分为结构基本构件和结构体系两大部分。根据受力和变形特点的不同,结构基本构件可分为受弯构件、受压构件、受扭构件,结构构件的设计包括简单结构构件的设计计算、构造措施以及结构施工图和相关标准图集等内容。结构体系主要介绍常见结构体系的受力特点、基本构造要求以及框架结构的内力计算。

通过本课程的学习,应了解建筑结构的基本设计原理,掌握钢筋、混凝土及砌体材料的力学性能,以及由其组成的钢筋混凝土结构、砌体结构和各种基本构件的受力特点,掌握一般房屋建筑的结构布置、截面选型及基本构件的设计计算方法,能够正确领会国家建筑结构设计规范中的有关规定,能正确识读建筑结构施工图,并能处理建筑结构施工中的一般结构问题,逐步培养和提高学生理论联系实际的综合应用能力,为从事房屋建筑工程设计、施工及管理工作打下基础。

2. 学习中应注意问题

本课程是理论性与实践性均较强的专业课,在学习过程中,应正确理解和使用计算公

式,学会对多种因素进行综合分析的能力;要充分重视对构造措施及规定的理解,并搞清其中的道理;学会运用现行的有关标准、规范、规程,并加以理解应用。

0.3 解题指导及典型例题分析

【例 0-1】 在混凝土构件中配置一定形式和数量的钢筋有哪些作用?

答:钢筋的抗拉和抗压强度都较高,但钢筋细长受压时极易压屈失稳,工程中以承受拉力为主;混凝土的抗压强度较高而抗拉强度却很低,承受拉力时极易开裂,因此纯混凝土构件的应用受到很大限制。故此,将钢筋和混凝土这两种材料合理配置使用,利用钢筋承受拉力并弥补混凝土抗拉能力的不足,充分利用混凝土的抗压能力并弥补钢筋抗压易压屈的不足,充分利用各自的材料性能。

【例 0-2】 学习本课程应注意哪些问题?

答:(1)本课程的特点是内容多、符号多、系数多、计算公式多、构造规定多,学习时要深刻理解重要的概念,熟练掌握设计计算的基本功,切记死记硬背、生搬硬套。

(2)本课程的知识还需要课后动手练习来帮助巩固加以理解,切忌边做题边看例题。习题的正确答案往往不是唯一的,具有多样性,需综合考虑各种因素选定最合理的答案。

(3)应重视对构造措施及规定的理解,要充分重视对构造要求的学习,防止重理论轻实践、重计算轻构造的思想。

(4)注意有关标准、规范、规程的学习,要很好地熟悉、掌握和运用这些标准、规范、规程。

0.4 实际工程应用

本课程学习中,涉及相关规范、规程有《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(以下简称《规范》)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)(以下简称《抗震规范》)、《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)(以下简称《荷载规范》)、《砌体结构设计规范》(GB 50011—2010)(以下简称《砌体规范》)、《工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50153—2010)(以下简称《统一标准》)、《高层建筑混凝土结构技术规程》(GB 50003—2011)(以下简称《高规》)、11G101《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》(以下简称《平法图集》)等。

设计规范是国家颁布的有关设计计算和构造要求的技术规定和标准,是具有约束性和立法性的文件,规范条文尤其是强制性条文是设计中必须遵守的带有法律性的技术文件;设计规范是贯彻国家的技术经济政策,保证设计质量、设计方法和审批工程的统一依据;设计规范是工程设计人员必须遵守的规定。新修订的设计规范反映了我国近 40 年来在结构工程方面的科学技术和工程经验的总结,同时也吸取了有关国际标准的先进成果。在学习过程中应理解、熟悉和正确应用。

我国标准、规范、规程有以下 4 种不同情况:一是强制性条文,在规范中以“黑体”字体标注,具有法律性质,一旦违反,不论是否引起事故,都将被严厉惩罚,故必须严格执行。二是要严格遵守的条文,规范中正面词用“必须”,反面词用“严禁”,表示非这样做不

可,但不具有强制性。三是应该遵守的条文,规范中正面词用“应”,反面词用“不应”或“不得”,表示在正常情况下均应这样做。四是允许稍有选择或允许有选择的条文,表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做,正面词用“宜”,反面词用“不宜”;表示有选择,在一定条件可以这样做的,采用“可”表示。在学习、应用过程中应予以正确区分。

0.5 综合训练

一、填空题

1. 建筑结构由水平构件_____、竖向构件_____和_____三大部分组成的空间受力体系。
2. 建筑结构根据_____可分为混凝土结构、砌体结构、钢结构和木结构。
3. 钢筋和混凝土两种材料,能够在一起共同工作的主要原因条件是_____、_____和_____。
4. 钢筋混凝土结构中,合理设置一定数量的钢筋,其目的是_____。
5. 由于混凝土材料的抗拉性能很差,所以普通混凝土结构构件的_____性能很差,很容易出现裂缝。
6. 混凝土材料的主要发展方向是_____、_____。
7. 实际工程中,在有特殊防腐要求的结构中,为提高钢筋的防腐性能,应用_____热轧钢筋。

二、选择题

1. 砌体结构推广采用配筋砌体,旨在改善和提高结构的()性能。
A. 抗压强度 B. 整体性 C. 耐久性 D. 耐火性
2. 工程中,应用带有环氧树脂涂层的热轧钢筋是为了提高钢筋的()性能。
A. 强度 B. 高黏结性 C. 防腐性 D. 防火性
3. 工程中钢筋混凝土结构之所以得到广泛的应用,最主要的原因是()。
A. 现浇结构的整体性好
B. 充分利用了钢筋和混凝土的强度优势
C. 混凝土保护钢筋,耐久性好
D. 混凝土保护层延缓了钢筋升温,耐火性好
4. 在规范条文中,“应”的意思是指()。
A. 强制性执行 B. 非做不可,必须执行
C. 正常情况下应该执行 D. 条件许可时首选执行

三、判断题

1. 钢筋和混凝土能够在一起共同工作的最主要原因是二者之间有良好的黏结力。()
2. 按照承重结构所用材料的不同,建筑结构分为砖混结构、框架结构、剪力墙结构等。()
3. 建筑结构是指由基本构件连接起来的骨架。()
4. 相比较而言,混凝土结构要比砌体结构的自重小。()
5. 高强、防腐、高黏结是钢筋的主要发展方向。()

6. 轻质、高强、高黏结是钢筋混凝土材料的主要发展方向。 ()
7. 在规范中, 要求严格执行的条文, 正面词用“必须”, 反面词用“禁止”。 ()

四、名词解释

1. 建筑结构
2. 可模性
3. 钢筋混凝土结构
4. 砌体结构

五、简答题

1. 钢筋和混凝土这两种不同材料能够有效结合在一起共同工作的主要原因是什么?
2. 简述钢筋材料的发展方向。
3. 钢筋混凝土结构有哪些优缺点? 如何克服其缺点?
4. 何谓砌体结构? 砌体结构按所用材料的不同可以分为哪几类?

0.6 答案要点

一、填空题

1. 梁板; 墙柱; 基础。
2. 承重结构所用材料。
3. 较好的黏结力; 温度线膨胀系数 (或变形基本相等); 混凝土包裹钢筋。
4. 利用钢筋协助混凝土受力。
5. 抗裂性能。
6. 轻质; 高强。
7. 带有环氧树脂涂层。

二、选择题

1. B; 2. C; 3. B; 4. C。

三、判断题

1. $\checkmark$; 2. $\times$; 3. $\times$; 4. $\times$; 5. $\checkmark$; 6. $\times$; 7. $\checkmark$ 。

四、名词解释

1. 建筑结构是指由若干基本构件按照一定组成规则、通过正确的连接方式所组成的能够承受并传递各种作用的空间受力体系。
2. 可模性指混凝土拌和物的可塑性, 可根据工程需要浇筑成各种形状和尺寸性能。
3. 钢筋混凝土结构是指由配置受力的普通钢筋、钢筋网或钢筋骨架的混凝土制成的结构。
4. 砌体结构是指由块体和砂浆砌筑成墙、柱, 作为建筑物主要受力构件的结构。

五、简答题

1. 钢筋和混凝土之所以能够一起共同工作的主要原因是:
 - (1) 混凝土硬化后, 钢筋和混凝土之间有较好的黏结力。
 - (2) 钢筋和混凝土的温度线膨胀系数接近, 温度变化时, 两者的变形基本一致。
 - (3) 混凝土包裹钢筋, 保护钢筋防止锈蚀变质, 保证耐久性。

2. 钢筋的主要发展方向是轻质、高强、延性好、高黏结锚固。

3. 优点是：可充分利用钢筋和混凝土的强度、整体性好、耐久性好、耐火性好、可模性好和易于就地取材等。

缺点是自重大、抗裂性差、施工环节多、工期长等缺点。

克服和改善钢筋混凝土结构的缺点办法有：采用轻质高强的混凝土可克服自重大的缺点，采用预应力混凝土可克服构件容易开裂的缺点，掺入纤维做成纤维混凝土可克服混凝土的脆性等。

4. 砌体结构是指由块材和砂浆砌筑成墙、柱作为建筑物主要受力构件的结构。按所用块材的不同砌体结构分为砖砌体结构、石砌体结构和砌块砌体结构。

第1章 混凝土结构材料的力学性能

1.1 内 容 提 要

钢筋混凝土结构材料分为钢筋和混凝土,两者共同工作的基础是它们之间存在的黏结力。本章主要学习钢筋和混凝土材料的力学性能,建筑结构用钢筋的种类,混凝土结构对材料的要求,钢筋与混凝土的黏结作用及保证黏结的构造措施。通过本章学习,熟悉钢筋的应力应变关系,掌握钢筋的力学性能指标,了解钢筋的种类,掌握热轧钢筋的知识,明确混凝土结构对钢筋性能的要求以及规范选用钢筋的规定;熟悉混凝土的强度指标与强度等级的划分,熟悉混凝土强度等级选用规定,了解混凝土的变形规律及徐变、收缩对混凝土结构及构件的影响;熟悉保证钢筋与混凝土共同工作的黏结作用及构造措施,能正确理解并计算纵向受力钢筋的锚固长度,确定纵向受力钢筋的连接位置及连接构造。

1.2 学习重点及难点

1.2.1 钢筋

一、钢筋种类

混凝土结构用钢筋按化学成分分为碳素钢和普通低合金钢。按生产加工工艺和力学性能分为热轧钢筋、中强度预应力钢丝、消除应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

普通混凝土结构中,通常采用的是有明显屈服点,性能良好,满足结构对钢筋性能要求的热轧钢筋,分为 HPB (热轧光圆钢筋)、HRB (热轧带肋钢筋) 和 HRBF (细晶粒热轧带肋钢筋) 三个系列。热轧光圆钢筋为低碳钢,热轧带肋钢筋为普通低合金钢或细晶粒钢,另外还有 RRB400 级余热处理钢筋。为了表达方便,工程中钢筋种类用牌号表示,图纸中用规定符号注写钢种。

预应力混凝土结构构件中,常采用极限抗拉强度很高的中强度预应力钢丝、消除应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

应该注意的是,热轧钢筋中 HPB300 级为光面钢筋,其他多为月牙纹变形钢筋。钢筋的外形影响到以后计算钢筋锚固长度、构件裂缝验算及相应的构造措施等,要特别注意。

二、钢筋的力学性能指标

钢筋的力学性能指标主要有强度指标和变形指标。有明显屈服点钢筋强度指标有屈服强度 f_y 和极限抗拉强度 f_u , 无明显屈服点钢筋仅有极限抗拉强度 σ_b ; 钢筋的变形性能主要是伸长率和冷弯性能。

工程设计中,既要满足构件的承载力要求,同时又不能因为过大的裂缝及变形影响正常使用,还要考虑可能超出正常设计、施工、使用条件下的强度储备,所以在工程设计中取屈服强度 f_y 或条件屈服强度 $\sigma_{0.2} = 0.85\sigma_b$ 作为钢筋混凝土结构构件计算的强度限值。在工程中常用屈强比 f_y/f_u 来反映钢材强度的利用率和强度储备,屈强比 f_y/f_u 越小,结构可靠度

提高,但钢材强度利用率降低,不经济;屈强比 f_y/f_u 太大,则结构可靠度显著降低。

伸长率 δ_{gt} 反映了钢筋弹塑性变形性能的好坏,主要是塑性性能的好坏,伸长率大则钢筋塑性好,拉断前有明显预兆,属于延性破坏;反之则属于脆性破坏。冷弯性能既可以反映钢筋的变形性能,也可反映钢筋的内部质量和冷加工性能。

通过钢筋拉伸试验得到其强度指标、钢筋弹性模量和伸长率,通过冷弯试验测定其冷弯性能。

三、混凝土结构对钢筋性能的要求及钢筋选用规定

一般要求:较高的强度和适宜的屈强比;较好的塑性;较好的焊接性能;与混凝土之间具有良好的黏结。

选用钢筋的《规范》规定:根据国家“四节一环保”的要求,推广应用高强、高性能、具有较好的延性、可焊性、机械连接性能及施工适应性的 HRB 系列普通热轧带肋钢筋,因此,《规范》规定:

(1) 纵向受力普通钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400 和 HRBF500 级钢筋,也可采用 HPB300、HRB335、HRBF335、RRB400 级钢筋;梁、柱纵向受力普通钢筋应采用 HRB400、HRB500、HRBF400 和 HRBF500 级钢筋;箍筋宜采用 HRB400、HRBF400、HPB300、HRB500、HRBF500 级钢筋,也可采用 HRB335、HRBF335 级钢筋。

(2) 预应力钢筋宜采用预应力钢丝、钢绞线和预应力螺纹钢筋。

本部分学习重点是热轧钢筋种类、牌号和力学性能指标;要熟悉钢筋的常用规格及选用要求。

1.2.2 混凝土

一、混凝土的强度

混凝土的强度包括立方体抗压强度、轴心抗压强度、轴心抗拉强度和复合应力下的强度。

1. 立方体抗压强度 $f_{cu,k}$

《规范》规定:按照标准方法制作养护的边长为 150mm 的立方体试件,在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度作为混凝土的立方体抗压强度标准值,用 $f_{cu,k}$ 表示,单位为 N/mm^2 (MPa)。

立方体抗压强度工程意义:

- (1) 衡量混凝土强度高低的的基本指标值。
- (2) 确定混凝土强度等级的依据。
- (3) 工程中混凝土质量检验的指标。
- (4) 混凝土其他指标的基本代表值。

《规范》根据混凝土立方体抗压强度标准值,将混凝土强度等级从 C15 到 C80,级差为 5,划分为 14 级。一般将 C50 以上的混凝土称为高强混凝土。

2. 轴心抗压强度 $f_{c,k}$

我国采用 $150mm \times 150mm \times 300mm$ 的棱柱体标准试件测得的混凝土的抗压强度作为轴心抗压强度标准值,用 $f_{c,k}$ 表示。混凝土轴心抗压强度是结构构件承载力计算的强度指标。

3. 轴心抗拉强度 f_{tk}

混凝土轴心抗拉强度标准值可采用轴向拉伸试验或劈裂抗拉试验来确定。混凝土轴心抗拉强度主要用于结构构件抗裂度、裂缝宽度和变形验算时的强度指标。

4. 混凝土三向受压时的强度 f_{cc}

混凝土三向受压时,混凝土一向的抗压强度随另两向压应力的增加而增大,并且混凝土的极限压应变也大大增加。利用三向受压可使混凝土抗压强度得以提高这一特性,在实际工程中可将受压构件做成“约束混凝土”,以提高混凝土的抗压强度和延性。常用的有配置密排侧向箍筋、螺旋箍筋柱及钢管混凝土柱等。

二、混凝土的变形

混凝土的变形分为两类:一类是混凝土的受力变形,又分为短期加载时的变形(瞬变)和长期荷载作用下的变形(徐变);另一类是混凝土由于收缩和温、湿度变化而产生的变形。瞬变变形通过计算控制,徐变变形和收缩等变形通过设计构造措施、施工技术手段,材料选择及配比等措施控制。

1. 混凝土在一次短期加载时的变形性能——瞬变

混凝土在一次短期加载下的应力—应变关系可较全面地反映混凝土在短期加载时的变形特点,也是确定构件截面上混凝土受压区应力分布图形的主要依据。应力—应变曲线中:上升段峰值点的应力 $\sigma_c = f_c$,相应的压应变称为峰值压应变 ϵ_0 为 $0.0015 \sim 0.0025$,对 C50 及以下的素混凝土通常取 $\epsilon_0 = 0.002$;曲线下降段拐点相应的压应变称为混凝土的极限压应变 ϵ_{cu} ,一般为 0.0033 。 ϵ_{cu} 值越大,说明混凝土的塑性变形能力越强,即材料的延性越好,抗震性能越好。

构件设计计算时,混凝土压应变取值原则为:均匀受压时(如轴心受压),取峰值压应变 $\epsilon_0 = 0.002$;非均匀受压时(如受弯构件、偏心受压构件),取极限压应变 $\epsilon_{cu} = 0.003 \sim 0.0033$ 。

2. 混凝土在荷载长期作用下的变形性能——徐变

混凝土在不变荷载长期作用下,其应变随时间而继续增长的现象称为混凝土的徐变。

混凝土的徐变会使受弯构件的变形增大、裂缝开展,使结构或构件产生内力重分布。在预应力混凝土结构中还会产生较大的预应力损失。所以构件变形、预应力损失验算时,要考虑荷载长期作用的影响,同时还要采取措施减小徐变。因此,徐变的影响因素和减小徐变的措施必须予以重视。

3. 混凝土的收缩和温度变形

混凝土在空气中硬化时体积减小的现象称为收缩。随温度升降产生的胀缩称为温度变形。

混凝土的收缩和温度变形会使构件产生裂缝,收缩在预应力混凝土结构中还会产生较大的预应力损失。因此,收缩的影响因素和减小收缩的措施必须予以重视。

学习时要注意收缩变形和徐变变形的影响因素是基本一致的,相同点有:内在因素(混凝土内部水泥的强度和用量、水灰比、骨料的质量和级配);环境因素(养护条件及使用条件下的温、湿度);施工质量(振捣的密实程度)等;不同点有:徐变主要与构件上的应力条件有关,而收缩与此无关。减小徐变和收缩的措施要从两种变形的原理入手,主要考虑改善内在因素、环境因素、施工质量,特别要加强早期养护。在工程中为防止混凝土的收缩裂缝和温度裂缝采取了设置温度收缩缝、设置承受温度应力的构造钢筋、设置混凝土后浇带等措施。

三、混凝土强度等级的选用

《规范》对混凝土强度等级的选用有如下规定:

素混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15,一般用于基础混凝土垫层,以增进对基础

中钢筋的保护作用；钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20，主要考虑结构构件的耐久性；当采用强度等级 400MPa 及以上的钢筋时，混凝土强度等级不应低于 C25，主要是考虑混凝土强度与钢筋强度的适配性，同时考虑黏结作用以减小锚固长度；承受重复荷载的钢筋混凝土构件，混凝土强度等级不应低于 C30，主要是疲劳强度比混凝土轴心抗压强度低的缘故。

预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。

本部分学习重点为混凝土的强度指标及强度等级，混凝土应力—应变关系得出的力学性能指标，混凝土的徐变和收缩变形。要学会根据《规范》规定选择混凝土的强度等级。

教材附录 1 和附录 2 为混凝土和钢筋的力学指标，要学会正确选取附表，并从中查取需要的数值。钢筋与混凝土的强度始终贯穿后续章节的学习内容，要正确取值，注意区分计算公式中所用强度指标，并正确查取各强度指标值。

1.2.3 钢筋与混凝土的黏结

一、黏结力的组成

钢筋混凝土结构中，钢筋和混凝土之所以能够共同工作，是缘于三方面原因：①钢筋和混凝土之间有良好的黏结力；②钢筋和混凝土材料的温度线膨胀系数接近，在温度变化时，两者的变形一致；③混凝土包裹钢筋，对钢筋形成保护，可防止钢筋锈蚀，保证了结构的耐久性。其中，黏结力是钢筋和混凝土共同工作的基础。

黏结力可承受黏结表面上的剪应力，抵抗钢筋与混凝土之间的相对滑动。黏结力由化学胶结力、摩擦力和机械咬合力三部分组成。其中，胶结力作用最小，光面钢筋以摩擦力为主，带肋钢筋以机械咬合力为主。

二、黏结强度及其影响因素

钢筋与混凝土的黏结面上所能承受的平均剪应力的最大值称为黏结强度，可用拔出试验来测定。

影响黏结强度的主要因素有：①钢筋表面形状：变形钢筋优于光面钢筋；②混凝土的强度等级：强度等级越高，黏结强度越大；③保护层厚度及钢筋净距：保护层较薄，黏结力减小，并易在保护层最薄弱处出现纵向劈裂裂缝，使黏结力提早破坏；④横向钢筋：如梁中设置横向箍筋，可以延缓径向劈裂裂缝的发展和限制劈裂裂缝的宽度，从而提高黏结强度。故《规范》要求在钢筋的锚固区和搭接范围要增设附加箍筋，并对保护层最小厚度和钢筋的最小间距均作了相应的要求。

三、保证黏结的构造措施

本部分学习重点是保证钢筋与混凝土黏结的构造措施，包括纵向受力钢筋的锚固长度，纵向受力钢筋的连接构造。学习难点是计算纵向受力钢筋锚固长度；选用纵向受力钢筋合理连接方式，确定连接位置，计算同一连接区段接头面积百分率。

钢筋的锚固和连接及混凝土保护层最小厚度是钢筋混凝土结构构件中最根本的构造要求，是施工中保证构造措施的必备知识，必须注意正确理解和使用。

1. 纵筋的锚固长度

为保证钢筋受力后有可靠的黏结，不产生相对滑移，纵向钢筋必须伸过其受力截面在混凝土中有足够的埋入长度。《规范》规定，以钢筋应力达到屈服强度 f_y 时不发生黏结锚固破坏时的最小埋入长度作为确定锚固长度的依据。锚固长度的取值主要取决于黏结强度的高低，黏结强度越高，锚固长度越小。