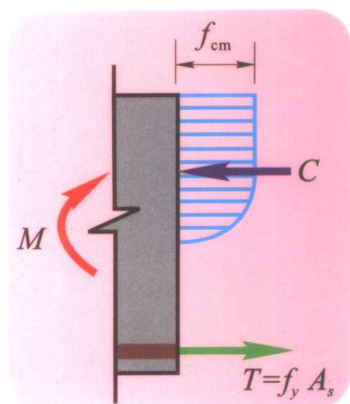


21

世纪通向研究生之路系列丛书

考试要点 · 例题精解 · 实战习题

混凝土结构



● 考研成功的阶梯

● 课程学习的帮手

主 编 郭军庆 雷自学

常见题型解析及模拟题

西北工业大学出版社

21 世纪通向研究生之路系列丛书

混凝土结构

常见题型解析及模拟题

主 编	郭军庆	雷自学
编 者	雷自学	仇佩华
	郭军庆	张琪玮

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书是以混凝土结构基本原理和设计理论为主题编写的考研辅导教材,基本上涵盖了混凝土结构课程的主要内容。各章均按重点与难点、例题精选、习题三部分编写。例题和习题中含有部分院校往届考研试题。附录部分收录了几所重点大学近年(1998~2000年)来硕士研究生入学试题(共6套)。各章习题和考研试题均附有参考答案。

本书主要作为考研读者的复习资料,也可作为高校本、专科学生学习混凝土结构课程的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构常见题型解析及模拟题/郭军庆,雷自学主编. —西安:西北工业大学出版社, 2002.8

(21世纪通向研究生之路丛书)

ISBN 7-5612-1477-4

I. 混… II. ①郭… ②雷… III. 混凝土结构—研究生—入学考试—解题
IV. TU37-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 061246 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072 电话:(029)8493844

网 址: <http://www.nwpup.com>

E-mail: fxb@nwpup.com

印刷者:陕西向阳印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 13.5

字 数: 318 千字

版 次: 2002 年 9 月第 1 版 2002 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 1~6 000 册

定 价: 18.00 元

面向 21 世纪,社会对德才兼备的高素质科技人才的需求更加迫切。通过行之有效的途径和方法培养符合时代要求的优秀人才,是摆在全社会尤其是高等学校、科研院(所)面前一项艰巨而现实的问题。

为了强化素质教育,使大学生学有所长,增强才智,高等教育部门各有关单位对高等学校公共基础课、技术基础课到专业课的整个教学过程做了大量细致的工作。与之相配合,不少出版社也相继出版了指导学生理解、领会教学内容,增强分析、解决问题能力的辅导读物,其中多数是关于外语、数学、政治等公共基础课的,极大地满足了大学生基础课学习阶段相应的要求。但当学习技术基础课时,学生们同样需要合适的参考书来帮助他们掌握课程重点和难点,提高课程学习水平,以及指导解题的思路和技巧,乃至适应研究生入学考试的需求。不过,这类读物目前比较少见。基于此,西北工业大学出版社的同志们深入作者、读者之中,进行市场调研研究,在广泛听取意见的基础上,组织数十位在重点大学执教多年,具有较高学术造诣的一线教师,经历两年,精心编撰了这套旨在有效指导大学生学习技术基础课,为课程学习、应试考研及以后工作提供帮助的参考书。

^① 邱关源——西安交通大学教授,博士生导师。曾任第一、二届中国电工技术学会理论电工专业委员会副主任委员,高等教育委员会工科电工课程教学指导委员会委员。

该丛书首批推出 9 种,所有书稿几经修改,并经同行专家审定。内容选材符合课程基本要求,并且重在对基本概念的启发、理解和提高读者分析问题的能力。我热情地向大家推荐这套丛书,希望它能对广大读者的学习有所帮助,更期望它能在强化素质教育、推动教学改革方面起到积极作用。

邱关源

1997 年 10 月

出版说明

随着经济建设的快速发展和科教兴国战略的实施,社会对高素质专业人才的需求更加迫切。崇尚知识,攻读学位,不仅是一种知识价值的体现,更是社会进步的标志。“考研热”已成为当今社会一道引人注目的风景线,成为莘莘学子乃至全社会关注的热点。

研究生入学考试是通向研究生之路上必过的一关。除了政治、英语、数学等公共基础课之外,技术基础课(专业基础课)和专业课也是必考的科目。为了配合全国各高校加强高素质、知识型人才的培养的需求,也为了给广大同学提供一套行之有效的、切合实际的考研指导用书,西北工业大学出版社精心策划和组织编写了《通向研究生之路系列丛书》,并于1997年9月陆续出版,至今已出版17种,基本涵盖了全国工科院校所开设的技术基础课和拟选定的考研科目。

本丛书具有以下4大特点:

1. 选题新颖,独树一帜

该丛书站在新的视角,有针对性、有计划地推出整套工科学技术基础课的学习用书,令人耳目一新。

2. 紧扣大纲,严把尺度

丛书紧紧围绕国家教育部制定的教学大纲及研究生入学考试大纲,按照基础知识与提高解题技巧的主线,把握住内容的深浅程度,既保证课程学习时开卷有益,又能对复习应试行之有效。

3. 重视能力,提高技巧

该丛书严格遵从不管是课程学习还是考试,其最终目的都是为提高学生分析问题、解决问题的能力这一主旨,重在通过阐明基本要点及典型例题解析来引导学生识题、解题。

4. 选材得当,重点突出

参加本丛书编写的作者均是从事教学工作多年的资深教师。在丛书内容的取舍、材料的选编及文字表达方面能更胜

一筹。因此,丛书内容得当,材料全而不滥,精而易懂,注释简明,解析扼要。

这套丛书的价值和生命,在时间的考验和市场的竞争中得到充分的证实。3年多来,从读者热忱的来函、来电和来访中可以看出,丛书不仅使广大报考硕士研究生的同学们深受裨益,而且对高校的教学改革起到了推波助澜的作用。基于此,在科学技术高速发展、高校基础课教材不断更新的今天,我们深感有责任、有义务,增新摒旧,扬长弥短,下大功夫,继续努力,使这套丛书日臻完美,以更好地为广大读者服务,为科技进步服务。

本次修订我们是在组织了资深作者,经过认真的讨论,多次的酝酿,在完成扎实的前期工作的基础上进行的。首先,对各分册第1版进行了精细、严格的审订;其次,在保持原有的结构严谨、重点突出、实用性强等特点的基础上,对部分内容予以删改、补充、更新;第三,为了配合当前高等学校注重培养高素质的知识型人才,拓宽基础知识面,加强基础理论的教学要求,修订时特别注意将科技发展中成熟的新技术予以补充;第四,与新修订的全国通用教材的内容相应配套,补充了例题或习题,有的分册增加了新的章节;第五,各个分册的附录部分都做了较大的变动,使读者不仅可以了解具体内容,而且为那些有志深造的读者提供有积累价值的资料。

本丛书的出版得到了多方面的支持和关心,陕西省学位委员会办公室、西安交通大学、西安电子科技大学、西北工业大学等单位的有关人士为本丛书的出版出谋划策,提出了许多建设性的意见。西安交通大学邱关源教授献身教育事业50余年,德高望重,学识渊博,他在百忙中为本丛书写了序,充分肯定了本丛书的价值。为此,我们一并表示衷心的感谢。

这套丛书现以《21世纪通向研究生之路系列丛书》的崭新面貌进入市场。它把丛书的作者、读者和出版者紧紧地联系在一起。在本套丛书第2版即将付梓之际,我们对辛勤耕耘在教学、科研第一线,将自己在实践中积累的知识无私奉献给社会、奉献给读者的各位作者老师表示衷心的感谢。我们坚信,修订后的这套丛书将为在书海中勤奋进取的同学们指引一条通向成功的捷径,也必将成为在知识海洋中遨游的学子们不断搏击,获取胜利的力量源泉。

丛书编委会

2000年9月

前言

本书是为有志报考硕士研究生的广大读者系统复习混凝土结构课程所编写的辅导教材。书中内容以混凝土结构基本原理和设计理论为主题,基本涵盖了混凝土结构课程的主要内容。本书共分为14章,第1~9章为混凝土结构基本原理;第10~12章为常见混凝土结构设计理论;第13,14章为高层混凝土结构设计理论。各章均包括重点与难点、例题精选、习题三部分。

重点与难点部分简要阐述了各章的主要内容和基本要求,尤其对难以理解的理论和原理做了概括性论述和强调说明,以便读者尽快掌握本课程的重点和难点。

例题精选部分注重体现了近年来高校硕士研究生入学考试命题的特点和趋向,具有较鲜明的综合性和实用性。通过对典型例题的分析、求解和讨论,使读者深入领会和理解本课程的基本理论和概念,更好地掌握解题方法和技巧,提高分析问题和解决问题的能力。

习题部分较多为参考考研题型结合所学内容编写的练习题。通过练习,读者不仅能够巩固和强化对各章内容的学习与理解,而且可自我检验学习效果 and 应试能力。

附录部分汇编了国内几所建筑学科重点大学的硕士研究生入学考试题(共6套)及参考答案,以便读者熟悉、了解本课程现行的考研题型和难易程度,并可供读者自测其应试水平。

参加本书编写的有:雷自学(第1,2,3,6,7章),仇佩华(第4,5,8,9章),郭军庆(第10,11,12章),张琪玮(第13,14章)。附录部分考题主要由雷自学收集并编写答案,仇佩华整理并核对。全书由郭军庆统稿。

本书在编写过程中,得到了西安建筑科技大学土木工程学院张宝印教授、长安大学建筑工程学院副院长袁卫宁副教授的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2002年7月

通向研究生之路系列丛书编委会

顾问 戴冠中(西北工业大学原校长,博士生导师,教授)

主任委员 徐德民(西北工业大学原副校长,博士生导师,教授)

副主任委员 孙 朝(陕西省学位委员会办公室主任)

王润孝(西北工业大学校长助理,教务处处长,教授)

冯博琴(西安交通大学教务处原副处长,教授)

韦全生(西安电子科技大学教务处原副处长,教授)

陈鹏郎(长安大学基建处处长,副教授)

郑永安(西北工业大学出版社社长兼副总编,研究员)

委员 史忠科 张畴先 王公望 葛文杰 刘 达

支希哲 范世贵 武自芳 袁卫宁

丛书策划 王 璐 张近乐

目 录

1 钢筋混凝土材料的物理力学性能	1
1.1 重点和难点	1
1.1.1 钢筋的物理力学性能	1
1.1.2 混凝土的物理力学性能	2
1.1.3 钢筋与混凝土之间的黏结	4
1.2 例题精选	5
1.3 习题	6
2 混凝土结构基本计算原则	9
2.1 重点与难点	9
2.1.1 结构上的作用、作用效应和结构抗力	9
2.1.2 结构可靠性和可靠度	10
2.1.3 结构极限状态及其分类	10
2.1.4 极限状态方程和可靠指标	10
2.1.5 荷载和材料强度取值	11
2.1.6 概率极限状态设计法实用表达式	12
2.1.7 正态分布及随机变量的主要统计量	14
2.2 例题精选	14
2.3 习题	16
3 受弯构件正截面承载力计算	19
3.1 重点和难点	19
3.1.1 试验研究分析及其主要结论	19
3.1.2 正截面承载力计算的主要依据	20
3.1.3 单筋矩形截面计算	21
3.1.4 双筋矩形截面计算	23
3.1.5 T形截面计算	25
3.2 例题精选	27
3.3 习题	31

4 受弯构件斜截面承载力计算..... 33

4.1 重点和难点..... 33

4.1.1 试验研究分析及其主要结论..... 33

4.1.2 各种梁的抗剪机理..... 34

4.1.3 有腹筋梁的抗剪强度计算..... 34

4.1.4 保证斜截面受弯承载力的构造措施..... 35

4.2 例题精选..... 36

4.3 习题..... 41

5 受压构件的承载力计算..... 44

5.1 重点与难点..... 44

5.1.1 轴心受压构件正截面承载力计算..... 44

5.1.2 偏心受压构件正截面承载力计算..... 45

5.2 例题精选..... 50

5.3 习题..... 56

6 受拉构件的承载力计算..... 59

6.1 重点和难点..... 59

6.1.1 轴心受拉构件正截面承载力计算..... 59

6.1.2 偏心受拉构件正截面承载力计算..... 59

6.2 例题精选..... 61

6.3 习题..... 63

7 受扭构件截面承载力计算..... 65

7.1 重点和难点..... 65

7.1.1 纯扭构件..... 65

7.1.2 矩形截面复合受扭构件..... 67

7.2 例题精选..... 69

7.3 习题..... 71

8 混凝土构件的变形及裂缝宽度验算..... 73

8.1 重点和难点..... 73

8.1.1 正常使用极限状态验算的特点..... 73

8.1.2 受弯构件变形验算..... 73

8.1.3 混凝土构件裂缝宽度计算..... 76

8.2 例题精选..... 78

8.3 习题..... 80

9 预应力混凝土结构	82
9.1 重点和难点	82
9.1.1 预应力混凝土结构基本原理及其优缺点	82
9.1.2 预应力混凝土的分类	82
9.1.3 施加预应力的方法	83
9.1.4 预应力混凝土结构对材料的要求	83
9.1.5 张拉控制应力 σ_{con}	83
9.1.6 预应力损失及其组合	84
9.1.7 预应力混凝土轴心受拉构件的计算	87
9.1.8 预应力混凝土受弯构件的计算	92
9.2 例题精选	93
9.3 习题	97
10 梁板结构	101
10.1 重点和难点	101
10.1.1 单向板肋形楼盖	101
10.1.2 双向板肋形楼盖	104
10.2 例题精选	106
10.3 习题	113
11 单层厂房	117
11.1 重点和难点	117
11.1.1 排架结构的内力分析	117
11.1.2 排架柱和基础设计	121
11.2 例题精选	124
11.3 习题	130
12 多层框架结构	133
12.1 重点和难点	133
12.1.1 框架结构内力与侧移的近似计算	133
12.1.2 内力组合	138
12.2 例题精选	139
12.3 习题	143
13 剪力墙结构	145
13.1 重点和难点	145
13.1.1 剪力墙结构的基本概念	145
13.1.2 剪力墙结构的分类	145

13.1.3	剪力墙结构的布置	146
13.1.4	剪力墙结构的简化计算方法	146
13.1.5	剪力墙内力及变形规律	151
13.1.6	剪力墙截面设计	153
13.2	例题精选	158
13.3	习题	160
14	框架-剪力墙结构	161
14.1	重点和难点	161
14.1.1	框架-剪力墙结构的基本概念	161
14.1.2	框架-剪力墙结构的布置	161
14.1.3	框架-剪力墙结构的简化计算方法	163
14.1.4	框架-剪力墙结构的构件设计	168
14.2	例题精选	169
14.3	习题	170
附录		171
1	2000 年天津大学研究生入学试题	171
2	1998 年浙江大学研究生入学试题	172
3	2000 年重庆建筑大学研究生入学试题	173
4	2000 年西安建筑科技大学研究生入学试题	175
5	2000 年湖南大学研究生入学试题	177
6	1999 年同济大学研究生入学试题	179
	习题及研究生入学试题答案	183
	参考文献	203

钢筋混凝土材料的物理力学性能

- 钢筋的强度与变形
- 混凝土的强度与变形
- 钢筋与混凝土的黏结

1.1 重点与难点

1.1.1 钢筋的物理力学性能

1. 钢筋的类别与级别

1) 根据钢筋的制作方式可将其分为以下四类:

- ① 热轧钢筋:按其强度由低到高分 I, II, III, IV 级。
- ② 冷拉钢筋:由以上热轧钢筋冷拉而成,也有相应的 I, II, III, IV 级。
- ③ 热处理钢筋:由 IV 级热轧钢筋经过热处理而制成。
- ④ 钢丝:直径小于 6 mm 的钢筋称为钢丝,通常由 I 级钢筋加工而成。

2) 根据其表面特征可分为光圆钢筋和变形钢筋两类。

3) 根据其化学成分可分为低碳钢筋、中碳钢筋、高碳钢筋和合金钢筋。

2. 钢筋的强度与变形

钢筋的应力—应变曲线反映了钢筋的强度与变形性能。其应力—应变曲线主要有两类,即有明显流幅和无明显流幅。钢筋的强度指标主要有屈服强度和极限强度,对有明显流幅的钢筋,其屈服强度对应于下屈服点,对于无明显流幅的钢筋,其屈服强度对应于残余应变为 0.2% 的应力值,即所谓条件屈服点。钢筋的极限强度对应于其应力—应变曲线的峰值点。钢筋的变形性能指标主要有伸长率和冷弯角,两者越大,其塑性越好。

工程中检验钢筋是否合格的指标有屈服强度、极限强度、伸长率和冷弯角等。

3. 钢筋的冷加工

钢筋的冷加工有两种,即冷拉和冷拔,前者可提高钢筋的抗拉强度,后者不但能提高其抗拉强度也能提高其抗压强度,但它们都降低钢筋的塑性。

4. 筋的应力—应变曲线数学模型

钢筋的应力—应变曲线主要采用所谓的完全弹塑性模型,其数学表达式如下:

$$\text{当 } \epsilon_s \leq \epsilon_y \text{ 时,} \quad \sigma_s = E_s \epsilon_s \quad (1-1)$$

$$\text{当 } \epsilon_s > \epsilon_y \text{ 时,} \quad \sigma_s = f_y \quad (1-2)$$

式中, σ_s , ϵ_s , f_y , ϵ_y 和 E_s 分别为钢筋的应力、应变、屈服强度、屈服应变和弹性模量。

5. 混凝土结构对钢筋性能的要求

① 强度:要求钢筋有足够的强度和适宜的强屈比(极限强度与屈服强度的比值)。例如,对抗震等级为一、二级的框架结构,其纵向受力钢筋的实际强屈比不应小于 1.25。

② 塑性:要求钢筋应有足够的变形能力。

③ 可焊性:要求钢筋焊接后不产生裂缝和过大的变形,焊接接头性能良好。

④ 与混凝土的黏结力:要求钢筋与混凝土之间有足够的黏结力,以保证两者共同工作。

1.1.2 混凝土的物理力学性能

1. 混凝土的组成

混凝土是由水泥、石子、砂子和水按一定配合比拌合,经过凝固硬化后生成的一种人造石材。

2. 单向受力状态下混凝土的强度

(1) 立方体抗压强度 f_{cu}

按标准方法制作的边长为 150 mm 的立方体试件,在温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 和相对湿度为 90% 以上的条件下养护 28 d,用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度(以 MPa 计),并用符号 f_{cu} 表示。《混凝土结构设计规范》根据 f_{cu} 值将混凝土分为 C7.5, C10, C15, C20, C25, C30, C35, C40, C45, C50, C55 和 C60 十二个等级, C 后相应的数值即为 f_{cu} 值。

f_{cu} 为最基本的混凝土强度指标,对边长为 100 mm 或 200 mm 的立方体试件,所测得的强度应分别乘以换算系数 0.95 或 1.05 而换算为标准立方体抗压强度。

(2) 轴心抗压强度(棱柱体强度)标准值 f_{ck}

按标准方法制作的 $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ 的棱柱体试件,在温度为 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ 和相对湿度为 90% 以上的条件下养护 28 d,用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度(以 MPa 计),并用符号 f_{ck} 表示。类似于 f_{cu} ,对截面尺寸为 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 或 $200 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 的棱柱体试件,其所测得的强度应分别乘以换算系数 0.95 或 1.05 而换算为标准棱柱体抗压强度。

根据统计分析, f_{ck} 和 f_{cu} 的平均值 ($\mu_{f_{ck}}$, $\mu_{f_{cu}}$) 的关系为

$$\mu_{f_{ck}} = 0.67 \mu_{f_{cu}} \quad (1-3)$$

(3) 混凝土抗拉强度标准值 f_{tk}

按标准方法制作的 $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ 的棱柱体试件,用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗拉强度(以 MPa 计),并用符号 f_{tk} 表示。也可用所谓的劈裂法测其抗拉强

度,并用以下公式进行计算

$$f_{tk} = \frac{2p}{\pi dL} \quad (1-4)$$

式中 p —— 破坏荷载;

d —— 棱柱体试件边长或圆柱体试件直径;

L —— 为试件长度。

根据统计分析, f_{tk} 和 f_{cu} 的平均值 ($\mu_{f_{tk}}, \mu_{f_{cu}}$) 关系为

$$\mu_{f_{tk}} = 0.23 \mu_{f_{cu}}^{\frac{2}{3}} \quad (1-5)$$

3. 复合受力状态下混凝土的强度

在平面应力状态下,当两方向应力均为压应力时,抗压强度相互提高,最大可增加 27%;而当一方向为压应力,另一方向为拉应力时,强度相互降低。

当压应力不太高时,其存在可提高混凝土的抗剪强度;拉应力的存在会降低混凝土的抗剪强度。剪应力的存在降低混凝土的抗压和抗拉强度。

侧向压应力的存在可提高混凝土的抗压强度,关系如下

$$f_{\alpha}' = f_c' + 4.1 f_l \quad (1-6)$$

式中 f_{α}' —— 被约束混凝土的轴心抗压强度;

f_c' —— 非约束混凝土的轴心抗压强度;

f_l —— 侧向约束压应力。

当侧向压应力较高时,侧向应力系数要高于 4.1。

侧向压应力的存在还可提高混凝土的延性。

4. 混凝土的变形性能

混凝土的变形包括其受力变形及体积变形两种。

(1) 混凝土一次短期加荷时的变形性能

混凝土的变形性能可用其一次短期加荷时的应力—应变曲线来说明,该曲线由其峰值点将其分为上升段和下降段。峰值点所对应的应力为混凝土棱柱体抗压强度,其相应的应变为峰值应变 ϵ_0 ,其值在 0.0015 ~ 0.0025 之间波动,平均值为 0.002。

混凝土的极限压应变 ϵ_{cu} 反映了混凝土的延性,即 ϵ_{cu} 愈大,延性愈好。 ϵ_{cu} 与诸多因素有关,对非均匀受压,《规范》取值为 0.0033。

混凝土强度越高,应力—应变曲线的下降段越陡,延性越差。随着应变速率的降低,峰值应力逐渐减小,峰值应变却逐渐增大,下降段也比较平缓。

(2) 混凝土处于三向受压时的变形性能

当混凝土横向受到约束压应力作用时,其强度与延性都有明显提高,根据此原理,可用螺旋筋和箍筋来约束混凝土受压时的横向膨胀,前者可显著提高混凝土的强度和延性,而后者仅显著提高其延性。

(3) 混凝土的变形模量

混凝土应力—应变曲线上原点处的斜率为其原点弹性模量,简称弹性模量,记作 E_c 。由于混凝土为弹塑性材料,其切线模量(应力—应变曲线上任意点的斜率)在计算变形时意义不

大,计算时要用到的是其割线模量,即计算点与原点连线的斜率,两种模量之关系如下

$$E'_c = \nu E_c \quad (1-7)$$

式中, ν 为混凝土受压时的弹性系数,压应力愈高,其值愈小。

混凝土弹性模量系对 $150\text{ mm} \times 150\text{ mm} \times 300\text{ mm}$ 的棱柱体试件加荷至 $0.5f_c$,然后卸荷至零,再重复加荷 $5 \sim 10$ 次而得到。弹性模量与 f_{cu} 的相关关系如下

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + 34.74/f_{cu}} \quad (1-8)$$

(4) 混凝土在长期荷载作用下的变形性能

混凝土在荷载长期作用下,其应变随时间增长而增长,此现象称为混凝土的徐变。混凝土在加荷时即产生瞬时压缩变形,之后随着时间的增长,变形会不断增长,此过程要持续数年,甚至几十年。徐变的发展规律是先快后慢,徐变变形有时可达瞬时变形数倍。荷载持续若干时间后,如果卸荷,混凝土发生瞬时回弹,之后随着时间的增长还会出现进一步的回弹,即所谓的弹性后效,但总的回弹量很小,大部分压缩变形不可恢复,称之为残余应变。影响混凝土徐变的主要因素如下:

① 压应力大小。压应力愈大,徐变愈大,当压应力过高时,徐变便不收敛,即随着时间的增长无限增大以致使混凝土变形过大而破坏,因此混凝土不宜长期处于高压应力状态。

② 龄期。加荷时龄期越早,徐变越大。

③ 混凝土组成。水泥用量愈大,水灰比愈高,徐变愈大;骨料弹性模量越高,徐变越小。

④ 外界环境。养护时温度愈高,湿度愈大,徐变愈小;使用时温度愈高,湿度愈低,徐变愈大。

⑤ 尺寸与形状。构件单位体积的表面积愈小,徐变愈小。

另外,受压钢筋的存在会使徐变减小。

徐变使构件变形增大,引起应力重分布,导致预应力损失。当配筋量过大时,受压构件卸荷后由于徐变而产生的残余应变使纵向钢筋受压,混凝土受拉,当由此产生的拉应力过高时还会使混凝土开裂。

(5) 混凝土受拉时的应力—应变关系

混凝土受拉时的应力—应变关系曲线的形状类似于其受压时的关系曲线,受拉时的弹性模量 E_t 与受压时的弹性模量 E_c 基本相同,混凝土达到其抗拉强度时的割线模量为 $E'_t = 0.5E_c$ 。

(6) 混凝土的体积变形

混凝土的体积变形包括其因温度变化所产生的热胀冷缩和硬结时的收缩。前者取决于其线膨胀系数,一般取值为 10^{-5} 。后者的影响因素与徐变类似,此处不再赘述。

混凝土的收缩随着时间的增长而增长,类似于徐变,需要数年才能稳定,但最初几个月可完成大部分收缩。混凝土的收缩应变变化范围很大,平均可取 $\epsilon_{sh} = 3 \times 10^{-4}$ 。混凝土收缩会导致混凝土开裂和预应力损失等不良后果。

1.1.3 钢筋与混凝土之间的黏结

除了钢筋与混凝土有相近的线膨胀系数外,它们能有机地结合在一起共同工作的主要因素就是它们之间存在着良好的黏结力。黏结力主要由以下途径得到:

① 钢筋与混凝土接触面上的化学吸附作用力;