

J I A N Z H U G O N G C H E N G
C H U Z H O N G J I Z H I C H E N G K A O S H I
F U D A O J I A O C H E N G



建筑工程初、中级 职称考试辅导教程

赵承雄 蒋成太 主编

(中册)

国防科技大学出版社

建筑工程初、中级职称考试辅导教程

(中册)

主 编 赵承雄 蒋成太
副主编 胡 仁 王 旭 袁其义
胡云珍 周黎辉 王淑芳
李春南 张 胜 周锡玲

国防科技大学出版社

·长沙·

内容简介

本书是根据《建筑工程专业初、中级技术职务任职资格考试大纲》的要求,并与二级建造师考试大纲要求相结合编写的一套考试复习辅导用书。本套书分上、中、下三册,由专业基础知识、法律法规及相关知识、建筑结构及地基知识、施工专业知识及实务,以及综合习题集组成。

本书可作为参加建筑工程初、中级技术职务任职资格考试以及二级建造师考试人员的复习辅导用书,也可作为土木工程专业人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程初、中级职称考试辅导教程/赵承雄,蒋成太主编. —长沙:国防科技大学出版社,2010.3

ISBN 978 - 7 - 81099 - 625 - 9

I. 建… II. ①赵… ②蒋… III. 建筑工程—建筑师—资格考核—自学参考资料
IV. TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 015788 号

国防科技大学出版社出版发行

电话:(0731)84572640 邮政编码:410073

<http://www.gfkdcbs.com>

责任编辑:耿 筠

新华书店总店北京发行所经销

长大成彩印有限公司印装

*

开本:787×1092 1/16 印张:25.25 字数:599 千

2010 年 3 月第 1 版第 1 次印刷 印数:1—4000 册

ISBN 978 - 7 - 81099 - 625 - 9

全套定价:120.00 元

前 言

本书由具有较高教学理论水平和丰富实践经验的教师和专业技术人员，在总结近年来建筑工程专业初、中级技术职务考试经验的基础之上，依据《建筑工程专业初、中级技术职务任职资格考试大纲（2009年修订版）》（以下简称《考试大纲》）编写而成的。

为了帮助广大考生理解和掌握建筑工程专业基础知识、法律法规及相关知识、专业知识及专业实务的主要内容和知识重点，作者编写了上、中、下三册复习指导书。上册包括：第一篇专业基础知识，第二篇法律法规及相关知识；中册包括：第三篇建筑结构与地基基础专业知识及专业实务，第四篇建筑工程施工技术与专业知识及实务，第五篇建筑工程专业施工技术与实务，第六篇建筑工程造价与施工成本控制；同时为提高应试考生的复习效果，编写了全真模拟试题集作为下册，所选习题基本覆盖了考试大纲规定需要掌握的知识内容，侧重于选用常考的重点、难点习题，并对部分习题进行了详细的分析和解答。

本书不但可作为建筑工程专业技术职务任职资格应试人员考前必备指导用书，同时，也可作为全国二级建造师执业资格考试应试人员的参考用书。在复习指导书编写过程中，由于修订后的《考试大纲》所涉及的知识点较多且时间仓促，难免有不妥或疏漏甚至错误之处，恳请广大读者批评指正，以便修订完善。

编 者

2010年2月

目 录

第3篇 建筑结构与地基基础专业知识及专业实务

第1章 混凝土结构·····	(1)
1.1 钢筋和混凝土材料的力学性能 ·····	(1)
1.2 钢筋混凝土受弯构件的受力特点及设计 ·····	(6)
1.3 钢筋混凝土拉、压构件的受力特点及设计 ·····	(17)
1.4 钢筋混凝土梁、板结构 ·····	(24)
1.5 多高层混凝土结构 ·····	(29)
1.6 混凝土结构单层厂房 ·····	(33)
1.7 预应力混凝土结构基础知识 ·····	(38)
第2章 砌体结构·····	(42)
2.1 砌体材料及砌体的力学性能 ·····	(42)
2.2 无筋砌体受压构件的计算 ·····	(48)
2.3 混合结构房屋的结构设计及构造 ·····	(55)
2.4 过梁、挑梁及雨篷的设计 ·····	(66)
第3章 钢结构·····	(73)
3.1 建筑钢材的力学性能 ·····	(73)
3.2 钢结构的连接方法和连接构造 ·····	(81)
3.3 钢结构基本构件 ·····	(88)
第4章 地基基础·····	(105)
4.1 土力学基本知识 ·····	(105)
4.2 地基与工程地质勘察 ·····	(119)
4.3 基础设计 ·····	(122)
4.4 挡土墙设计 ·····	(131)

第5章 建筑抗震	(135)
5.1 建筑抗震基本知识	(135)
5.2 地震作用和结构抗震验算	(140)
5.3 抗震构造措施	(144)

第4篇 建筑工程项目施工技术与管理专业知识及实务

第1章 工程质量控制方法的应用	(152)
1.1 工程项目质量控制方法的应用	(152)
1.2 建筑工程施工质量管理及控制要点	(165)
第2章 房屋建筑工程基本的施工技术要求和方法	(177)
2.1 土石方工程施工	(177)
2.2 地基与基础工程施工	(201)
2.3 钢筋混凝土工程施工	(211)
2.4 砌体工程施工	(235)
第3章 建筑工程项目施工中质量通病的防治措施	(241)
3.1 钢筋混凝土工程质量通病的防治措施	(241)
3.2 砌体工程质量通病的施工预防措施	(248)
3.3 防水工程质量通病的施工预防措施	(253)
3.4 装饰装修工程质量通病的施工预防措施	(261)
第4章 建筑工程材料的管理和进场检验	(266)
4.1 建筑工程材料的管理	(266)
4.2 建筑工程材料的基本性能和技术要求	(268)
第5章 工程质量验收和竣工验收	(277)
5.1 《建筑工程施工质量验收统一标准》及相关质量验收标准	(277)
5.2 隐蔽工程验收	(279)
5.3 工程验收的程序	(280)
5.4 建筑工程施工质量控制资料的内容	(285)

第 5 篇 建筑工程项目专业施工技术与管理实务

第 1 章 施工项目管理规划	(288)
1.1 房屋建筑工程施工项目经理责任制	(288)
1.2 施工项目管理规划的主要内容	(292)
第 2 章 建筑工程施工组织设计	(293)
2.1 施工组织设计的编制和审查	(293)
2.2 施工顺序的确定	(296)
2.3 组织机构的确定和劳动力的配备	(297)
2.4 施工方法和施工机械的选择	(299)
2.5 施工平面图的安排	(300)
第 3 章 建筑工程施工进度控制计划的编制与控制	(302)
3.1 施工进度计划的编制	(302)
3.2 工程横道计划与网络计划的优、缺点	(304)
3.3 流水施工原理	(305)
3.4 网络计划技术	(306)
第 4 章 建筑工程施工安全管理	(310)
4.1 施工安全管理体系和安全生产制度	(310)
4.2 施工现场安全管理与作业的安全基本知识	(319)
第 5 章 建筑工程施工现场管理	(326)
5.1 现场平面管理	(326)
5.2 现场料具管理	(327)
5.3 现场消防、保卫管理	(328)
5.4 临时施工用电及电气设备使用的安全管理	(328)
5.5 现场临时用水管理	(329)
5.6 现场文明施工管理	(330)

第6篇 建筑工程造价与施工成本控制

第1章	建筑安装工程费用项目的组成与计算	(335)
1.1	建筑安装工程费用项目组成	(335)
1.2	直接工程费的组成	(335)
1.3	措施费的组成	(337)
1.4	间接费、利润和税金的组成	(340)
1.5	综合单价法计价程序	(345)
1.6	工程量清单计价	(347)
第2章	建设工程定额	(356)
2.1	建设工程定额的分类	(356)
2.2	人工定额	(358)
2.3	材料消耗定额	(360)
2.4	施工机械台班使用定额	(361)
第3章	施工成本管理与施工成本计划	(363)
3.1	施工成本管理的任务与措施	(363)
3.2	施工成本计划的类型	(369)
3.3	施工成本计划的编制依据	(370)
3.4	施工成本计划的编制方法	(371)
第4章	施工成本控制与施工成本分析	(375)
4.1	施工成本控制的依据	(375)
4.2	施工成本控制的步骤	(375)
4.3	施工成本控制的方法	(376)
4.4	施工成本分析的方法	(381)
第5章	建筑安装工程费用的结算	(386)
5.1	工程变更价款的确定方法	(386)
5.2	索赔费用的组成	(388)
5.3	建筑安装工程费用的结算方法	(392)

第3篇 建筑结构与地基基础专业知识 及专业实务

第1章 混凝土结构

1.1 钢筋和混凝土材料的力学性能

1.1.1 钢筋种类

《混凝土结构设计规范》(以下简称《规范》)规定,钢筋混凝土结构及预应力混凝土结构的钢筋应按下列规定选用:

(1)用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋宜采用热轧带肋钢筋 HRB 400 级(Ⅲ级,符号 Φ)和 HRB 335 级(Ⅱ级,符号 Φ)钢筋,也可采用热轧光圆钢筋 HPB 235 级(Ⅰ级,符号 Φ)和余热处理钢筋 RRB 400 级(余热处理Ⅲ级,符号 Φ^s)钢筋。

(2)预应力钢筋宜采用预应力钢绞线(符号 Φ^s)、消除应力钢丝(符号 Φ^p , Φ^H , Φ^I)和热处理钢筋(符号 Φ^{HT})。

热轧钢筋是由低碳钢、普通低合金钢在高温状态下轧制而成的,其强度由低到高分 HPB235、HRB335、HRB 400 和 RRB 400 等级。

钢绞线是由多根高强钢丝捻制在一起经过低温回火处理、清除内应力后而制成的。

消除内应力钢丝分为光面钢丝、螺旋肋钢丝和刻痕钢丝三种。光面钢丝是将光面钢筋拉拔后校直,经中温回火消除应力并进行了稳定化处理。螺旋肋钢丝是将热轧圆盘条钢丝经冷轧将其直径减小后,在其表面冷轧成月牙肋的钢筋。刻痕钢丝是在光面钢丝的表面上进行机械刻痕而成。

热处理钢筋是将特定强度的热轧钢筋,经过淬火和回火处理而制成。钢筋经淬火后;强度大幅度提高,但塑性和韧性降低;再经过回火,又可以在不降低强度的前提下,改善塑性和韧性。

1.1.2 钢筋力学性能

根据钢筋单向受拉应力应变曲线的特点,可将钢筋分为有明显屈服点和无明显屈服点两类。

(1)有明显屈服点的钢筋,又称软钢,以屈服强度作为设计依据。

热轧钢筋属软钢,其应力应变曲线有明显的屈服点和流幅,伸长率较大。在计算承载力时,以屈服点作为钢筋的强度限值。其性能的主要指标为:屈服点、抗拉强度、伸长率和冷弯性能。

(2)无明显屈服点的钢筋,又称硬钢。硬钢强度高,但塑性差,脆性大。工程上一般取残余应变的 0.2% 所对应的应力 $\sigma_{0.2}$ 作为无屈服点钢筋的强度取值,通常称条件屈服强度或称名义屈服强度,一般取 $\sigma_{0.2} = 0.85\sigma_b$, 其中 σ_b 为明显屈服点钢筋的极限抗拉强度。其主要性能指标为抗拉强度、伸长率和冷弯性能。

钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求:具有足够的强度和适当的屈强比,足够的塑性,可焊性,低温性能,与混凝土要有良好的粘结力。

1.1.3 混凝土强度

1. 混凝土的强度等级——立方体抗压强度标准值 $f_{cu,k}$

《规范》规定,混凝土强度等级应按立方体抗压强度标准值确定。立方体抗压强度标准值($f_{cu,k}$)系指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试件在 28 天龄期,用标准方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。

试件的养护环境定为温度在 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 之间、相对湿度 $\geq 90\%$ 、试验时标准的加荷速度为 $0.15 \sim 0.25\text{N}/(\text{mm}^2 \cdot \text{s})$ 。当用边长为 200mm 和 100mm 的试块时,所得数值要分别乘以强度换算系数 1.05 和 0.95 加以校正。

钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C15;当采用 HRB335 级钢筋时不宜低于 C20;当采用 HRB400 和 RRB400 级钢筋以及承受重复荷载的构件时,不得低于 C20;预应力混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C30,当采用钢绞线、钢丝、热处理钢筋时,不宜低于 C40。

2. 轴心抗压强度标准值 f_{ck}

f_{ck} 能更好地反映混凝土的实际抗压能力,其试件往往采取 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 450\text{mm}$ 、 $150\text{mm} \times 150\text{mm} \times 600\text{mm}$ 等尺寸。 f_{ck} 与 $f_{cu,k}$ 的关系表达式为:

$$f_{cu} = 0.88\alpha_{c1}\alpha_{c2}f_{cu,k} \quad (3-1-1)$$

式中, α_{c1} —当混凝土强等级 $\leq \text{C50}$ 时, $\alpha_{c1} = 0.76$; 当为 C80 时, $\alpha_{c1} = 0.82$, 中间按线性插入。

α_{c2} —高强度混凝土脆性折减系数,当混凝土强度等级 $\leq \text{C40}$ 时, $\alpha_{c2} = 1.0$; 当为 C80 时, $\alpha_{c2} = 0.87$, 中间按线性插入。

混凝土轴心抗压强度是混凝土基本力学性能指标,设计值用 f_c 表示。

$$f_c = f_{ck} / 1.4 \quad (3-1-2)$$

$$f'_c = 0.79 f_{cu,k} \quad (3-1-3)$$

式中, f'_c —圆柱体抗压强度。

3. 抗拉强度标准值 f_{tk}

混凝土的轴心抗拉度很低, 为 $1/17 \sim 1/8$ 的立方抗压强度。 f_{tk} 与 $f_{cu,k}$ 的关系表达式为:

$$f_{tk} = 0.88 \times 0.395 f_{cu,k}^{0.55} (1 - 1.645 \delta)^{0.45} \times \alpha_{c2} \quad (3-1-4)$$

式中, δ 为变异系数。

混凝土构件的开裂、裂缝、变形以及受剪、受扭、受冲切等强度均与抗拉强度有关。因此, 混凝土的抗拉强度也是其基本力学性能指标, 其设计值用 f_t 表示, f_t 与 f_{tk} 的关系式为:

$$f_t = f_{tk} / 1.4 \quad (3-1-5)$$

4. 在复合受力状态下的混凝土强度

(1) 双向受力混凝土试件的试验结果如图 3-1-1 所示。

(2) 受平面法向应力和剪应力的组合强度如图 3-1-2 所示。曲线表明, 混凝土的抗压强度由于剪应力的存在而降低, 当 $\sigma/f_c < 0.5 \sim 0.7$ 时, 抗剪强度随压应力的增大而增大; 当 $\sigma/f_c > 0.5 \sim 0.7$ 时, 抗剪强度随压应力的增大而减小。

(3) 混凝土三向受压时, 混凝土一向抗压强度随另两向压应力的增加而增加, 并且混凝土的极限压应变也大大增加。三向受压强度 (f'_{cc}):

$$f'_{cc} = f'_c + (4.5 \sim 7.0) \sigma \quad (3-1-6)$$

式中, f'_{cc} —有侧向压力约束试件的轴心抗压强度;

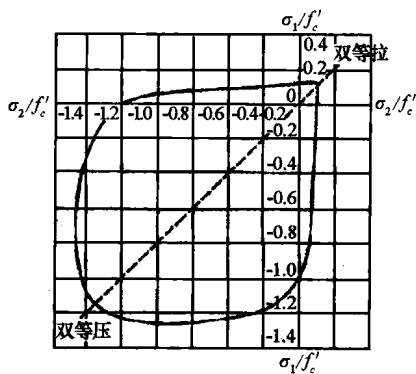


图 3-1-1 混凝土双向受力的强度曲线

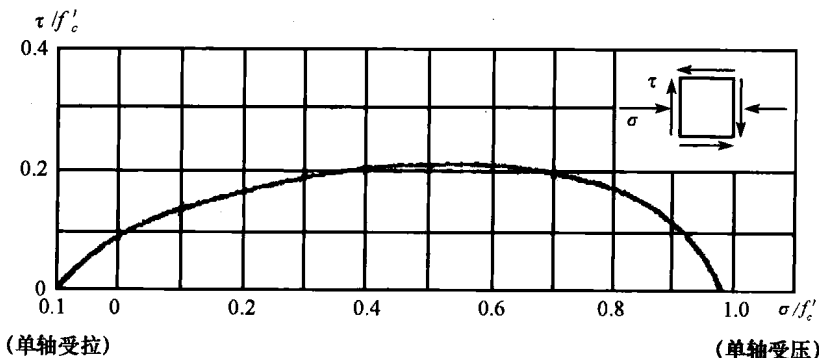


图 3-1-2 混凝土受平面法向应力和剪应力的强度曲线

f'_c —无侧向压力约束试件的轴心抗压强度;

σ —侧向约束压应力。

1.1.4 混凝土变形

混凝土的变形可分为在荷载下的受力变形和与受力无关的体积变形。

1. 混凝土在单调、短期加荷作用下的变形性能

(1)混凝土的应力应变曲线。图 3-1-3 所示为混凝土受压时应力应变曲线,是研究钢筋混凝土构件的强度、变形、延性和受力全过程分析的依据。一般取棱柱体试件来测试混凝土的应力应变曲线,整个曲线呈上升段与下降段两个部分。曲线中最大应力值 f_{ck} 与 f_{ck} 相应的应变值 ϵ_0 以及破坏时的极限应变值 ϵ_u 是曲线的三个特征值。应变 ϵ_0 的平均值一般取为 2.0×10^{-3} 。对于非均匀受压的情况, ϵ_u 值为 0.002 ~ 0.006,甚至达到 0.008 或更高。

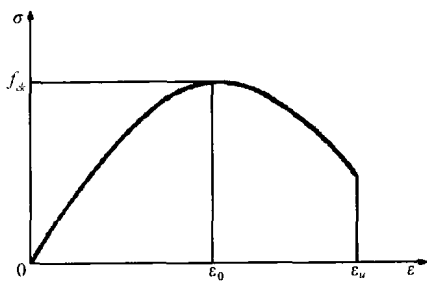


图 3-1-3 混凝土受压时应力应变曲线

(2)混凝土受压时横向应变与纵向应变的比值,即混凝土的泊松比 $\nu_c (= \epsilon_h / \epsilon_l)$,可采用 0.2。

(3)混凝土处于三向受压时的变形特点。因混凝土横向处于约束状态,其强度和延性均有较大程度的增长。在工程实际中,可用间距较小的螺旋式钢筋或箍筋来约束混凝土,形成螺旋钢筋柱,或用于构件的节点区来提高承载力、延性和抗震性能。

(4)混凝土的弹性模量。混凝土的受压变形模量可有图 3-1-4 的几种表达方式,可分为切线模量和割线模量,其原点切线模量称为弹性模量 (E_c)。

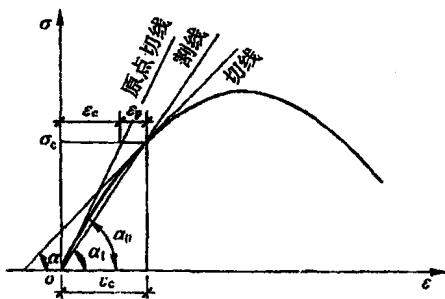


图 3-1-4 混凝土变形模量的表示方法

为了确定混凝土的受压弹性模量,中国建筑科学研究院经大量的测定试验,统计分析并得出弹性模量与立方强度的关系,弹性模量的计算公式为:

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + \frac{34.7}{f_{cu,k}}} \quad (3-1-7)$$

(5)混凝土的受拉变形。混凝土抗拉性能弱,其峰值的应力应变要比受压时小很多。一般在构件计算中,对于 C15 ~ C40 强度等级的混凝土,其极限拉应变可取为 $(1 \sim 1.5) \times 10^{-4}$ 。

2. 混凝土在重复荷载下的变形性能

混凝土在重复荷载下的变形性能,也就是混凝土的疲劳性能。

混凝土受压棱柱体试件受多次重复荷载作用下的应力应变曲线如图 3-1-5 所示,

在图中,纵坐标上注有疲劳强度 f_{ck}^f 。通常把试件承受 200 万次(或更多次数)重复荷载时发生破坏的压应力值,称为混凝土的疲劳强度 f_{ck}^f 。

3. 混凝土在荷载长期作用下的变形性能

在荷载的长期作用下,即使荷载大小维持不变,混凝土的变形随时间而增长的现象称为徐变。

混凝土徐变的成因,一般而言,归因于混凝土中未晶体化的水泥胶凝体,在持续的外荷载作用下产生粘性蠕动,压应力逐渐转移给骨料,骨料应力增大,试件变形也随之增大。卸荷后,水泥胶凝体又渐恢复原状,骨料遂将这部分应力逐渐转回给胶凝体,于是产生弹性后效。另外,当压应力较大时,在荷载的长期作用下,混凝土内部裂缝不断发展,也致使应变增加。

混凝土的徐变,对钢筋混凝土构件的内力分布及其受力性能有所影响。如钢筋混凝土柱的徐变,使混凝土的应力减小,使钢筋的应力增加,但最后不影响柱的承载力;由于徐变,受弯构件的受压区变形加大,会使它的挠度增加;对于预应力构件,会产生预应力损失等不利影响。但徐变也能缓和应力集中现象,降低温度应力,减少支座不均匀沉降引起的结构内力,延缓收缩裂缝在构件中的出现,这些又是对结构的有利方面。

影响徐变的因素很多,如受力大小、外部环境、内在因素等。

试验表明,长期荷载作用应力的影响是大小是影响徐变的一个主要因素。当应力 $\sigma \leq 0.5f_c$ 时,徐变与应力成正比,此时可称之为线性徐变。当应力较大时,即当 $\sigma = (0.5 \sim 0.8)f_c$ 时,由于微裂缝在长期荷载作用下不断地发展,塑性变形剧增,徐变与应力不成正比,称为非线性徐变。当应力 $\sigma > 0.8f_c$ 时,试件内部裂缝进入非稳态发展,非线性徐变变形骤然增加,变形是不收敛的,将导致混凝土破坏。所以应用上取 $\sigma = 0.8f_c$ 作为混凝土的长期抗压强度。荷载持续作用的时间愈长,徐变也愈大。混凝土加载时龄期愈短,徐变愈大。养护环境湿度愈大、温度愈高,徐变就愈小,但在使用期处于高温、干燥条件下,则构件的徐变将增大。由于混凝土中水分的挥发逸散与构件的体积相对其表面之比有关,故而构件的尺寸愈大,则徐变就愈小。水灰比愈大,徐变愈大。在常用的水灰比(0.4~0.6)情况下,徐变与水灰比呈线性关系;水泥用量愈多,徐变愈大。水泥品种不同对徐变也有影响,用普通硅酸盐水泥制成的混凝土,其徐变要较用火山灰质水泥或矿渣水泥制成的大。骨料的力学性质也影响徐变变形,骨料愈坚硬、弹性模量愈大,以及骨科所占体积比愈大,徐变就愈小。

4. 混凝土的收缩和膨胀

收缩和膨胀是混凝土在结硬过程中本身体积的变形,与荷载无关。混凝土在空气中结硬,体积会收缩,在水中结硬,体积要膨胀。

一般认为,混凝土结硬过程中,特别是结硬初期,水泥水化凝结作用引起体积的凝缩,以及混凝土内游离水分蒸发逸散引起的干缩,是产生收缩变形的的主要原因。

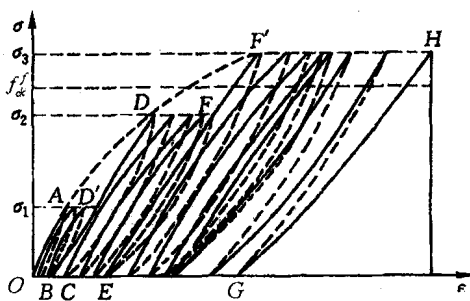


图 3-1-5 混凝土多次重复加压的应力应变曲线

注意养护,混凝土在湿度大、温度高的环境中结硬则收缩小;体表比直接涉及混凝土中的水分蒸发的速度,体表比比值大,水分蒸发慢,收缩小;密实的混凝土收缩小;水泥用量多、水灰比大、收缩大;用强度高的水泥制成的混凝土收缩较大;骨料的弹性模量高、粒径大,所占体积比大,收缩小。

1.1.5 混凝土与钢筋的粘结

1. 粘结力的组成

粘结力是指钢筋和混凝土接触界面上沿钢筋纵向的抗剪能力,也就是分布在界面上的纵向剪应力。而锚固则是通过在钢筋一定长度上粘结应力的积累或某种构造措施,将钢筋“锚固”在混凝土中,保证钢筋和混凝土的共同工作,使两种材料正常、充分地发挥作用。钢筋与混凝土的粘结锚固作用所包含的内容有:

- (1)混凝土凝结时,水泥胶的化学作用,使钢筋和混凝土在接触面上产生的胶结力;
- (2)由于混凝土凝结时收缩,握裹住钢筋,在发生相互滑动时产生的摩擦阻力;
- (3)钢筋表面粗糙不平或变形钢筋凸起的肋纹与混凝土的咬合力;
- (4)采用锚固措施所造成的机械锚固力等。

2. 影响粘结强度的因素

(1)混凝土的质量。水泥性能好、骨料强度高、配比得当、振捣密实、养护良好的混凝土对粘结力和锚固非常有利。

(2)钢筋的形式。使用变形钢筋比使用光圆钢筋对粘结力要有利得多。

(3)钢筋保护层厚度。钢筋的混凝土保护层不能过薄;另外,钢筋的净间距不能过小。就粘结力的要求而言,为了保证粘结锚固性能可靠,应取保护层厚度 $c \geq$ 钢筋的直径 d ,以防止发生臂裂裂缝。

(4)横向钢筋对粘结力的影响。配置螺旋筋或箍筋可以提高混凝土侧向约束、延缓或阻止劈裂裂缝的发展,从而提高粘结强度,提高的幅度与所配置的横向钢筋的数量有关。

(5)钢筋锚固区有横向压力时对粘结力的影响。横向压力可使混凝土横向变形受到约束,摩擦阻力增大,抵抗滑移性能好。

(6)反复荷载对粘结力的影响。结构和构件承受反复荷载对粘结力不利。反复荷载所产生的应力愈大、重复的次数愈多,则粘结力的损害愈严重。

1.2 钢筋混凝土受弯构件的受力特点及设计

1.2.1 受弯构件正截面破坏形态

试验表明,当混凝土和钢筋的强度等级确定以后,纵向受拉钢筋配筋率 ρ 是影响梁的受力阶段发展、破坏形态以及截面极限弯矩 M_u 的主要因素。因此,根据 ρ 的大小不同,可将受弯构件正截面受弯破坏形态分为适筋破坏、超筋破坏和少筋破坏三种,如图

3-1-6所示。与之相应的梁称为适筋梁、超筋梁和少筋梁。

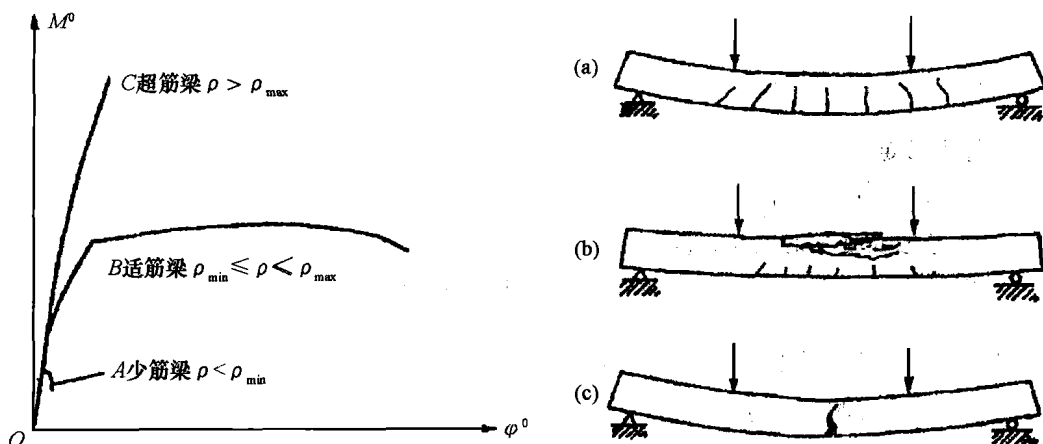


图 3-1-6 梁正截面的三种破坏形式

1. 适筋破坏

当配筋率 ρ 适当时,梁发生适筋破坏,其特点是:受拉区纵向受力钢筋首先屈服,然后受压区混凝土被压碎。试验表明,适筋梁在从受拉钢筋开始屈服到截面完全破坏的这个过程中,虽然截面所能承担的弯矩增加甚微,但承受变形的能力却较强,截面的塑性转动较大,即具有较好的延性,使梁在破坏时裂缝开展较宽,挠度较大,而具有明显的破坏预兆。破坏类型属延性破坏,如图 3-1-6(a)所示。此外,破坏时钢筋和混凝土的强度都能得到充分利用,符合安全、经济的要求,故在实际工程中,受弯构件都应设计成适筋梁。

2. 超筋破坏

当梁的配筋太大时发生超筋破坏。其特点是:破坏时受压区混凝土被压碎而受拉区纵向钢筋没有达到屈服。由于梁在破坏前钢筋尚未屈服而仍处于弹性工作阶段,其延伸较小,因此梁的裂缝较细,挠度较小,破坏没有明显预兆,其破坏类型属脆性破坏,如图 3-1-6(b)所示。此外,破坏时混凝土的强度得到充分的利用而钢筋的强度没有得到充分的利用,不经济,在实际工程设计中应避免。

3. 少筋破坏

当梁的配筋率太少时发生少筋破坏。其特点是一裂即坏。这种梁受拉区混凝土一旦开裂,拉力就几乎全部转由钢筋承担。因梁的配筋率太少,裂缝截面的钢筋拉应力突然剧增至超过屈服强度而进入强化阶段,此时钢筋塑性伸长已很大,裂缝开展过宽,梁将严重下垂,即使受压区混凝土暂未压碎,但过大的变形及裂缝已经不适于继续承载,从而标志着梁的破坏。由于破坏没有明显预兆,属脆性破坏,如图 3-1-6(c)所示。破坏时,混凝土和钢筋的强度虽得到了充分的利用,但发生脆性破坏,不安全,在实际工程设计中应避免。

1.2.2 单筋矩形正截面承载力计算

1.2.2.1 基本理论

1. 基本假定

- (1) 截面应变保持平面;
- (2) 不考虑混凝土的抗拉强度;
- (3) 混凝土受压的应力与应变曲线采用曲线加直线段。

$$\text{当 } \epsilon \leq \epsilon_0 \text{ 时, } \sigma_c = f_c \left[1 - \left(1 - \frac{\epsilon_c}{\epsilon_0} \right)^n \right]$$

$$\text{当 } \epsilon_0 \leq \epsilon \leq \epsilon_{cu} \text{ 时, } \sigma_c = f_c$$

式中, σ_c —对应于混凝土压应变为 ϵ_c 时的混凝土压应力;

f_c —混凝土轴心抗压强度设计值;

ϵ_0 —对应于混凝土压应力刚达到 f_c 时的混凝土压应变 $\epsilon_0 = 0.002 + 0.5(f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5}$, 当计算的 $\epsilon_0 < 0.002$ 时, 应取为 0.002;

ϵ_{cu} —正截面的混凝土极限压应变, 受弯构件中, $\epsilon_{cu} = 0.0033 - (f_{cu,k} - 50) \times 10^{-5}$, 如计算的 $\epsilon_{cu} > 0.0033$ 时, 应取为 0.0033;

$f_{cu,k}$ —混凝土立方体抗压强度标准值;

n —系数, $n = 2 - \frac{1}{60}(f_{cu,k} - 50)$, 当计数的 $n > 2.0$ 时, 应取为 2.0。

(4) 钢筋应力—应变关系。钢筋应力取等于钢筋应变与其弹性模量的乘积, 但不大于其强度设计值, 受拉钢筋的极限拉应变取 0.01。

2. 等效矩形应力图

《规范》对于非均匀受压构件, 如受弯、偏心受压构件的受压区混凝土应力分布采用如图 3-1-7(c) 所示, 进行简化后, 即用等效矩形应力图形来代换曲线加矩形的应力图形, 如图 3-1-7(d) 所示, 其代换的原则是: 两图形压应力合力 C 的大小和作用点位置不变。

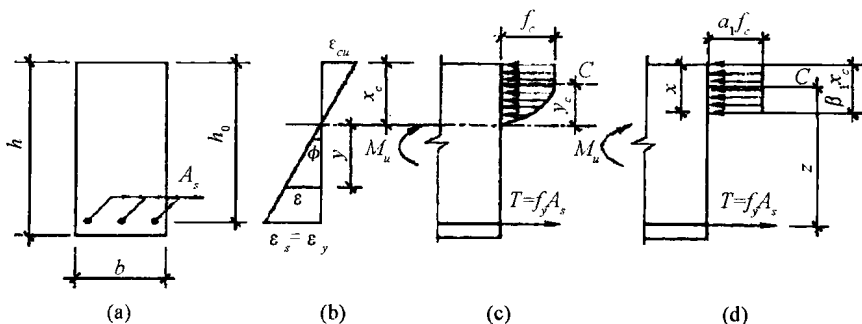


图 3-1-7 受压区混凝土的等效矩形应力图

图 3-1-7 中的系数 β_1 : 当混凝土强度等级不超过 C50 时, $\beta_1 = 0.8$; 当混凝土强度等级为 C80 时, $\beta_1 = 0.74$, 其间按线性内插法确定。

系数 α_1 : 当混凝土强度等级不超过 C50 时, $\alpha_1 = 1.0$; 当混凝土强度等级为 C80 时, $\alpha_1 = 0.94$, 其间按线性内插法确定。

3. 界限相对受压区高度 ξ_b

为了使受弯构件正截面的弯曲破坏具有适筋梁的塑性破坏特征, 防止产生在受拉钢筋屈服之前受压区混凝土被压碎的超筋梁脆性破坏现象, 必须把构件的配筋率 ρ 控制在某个最大配筋率 $\rho_{\max}$ 的范围之内。

当 ρ 增大到某个界限值 $\rho_{\max}$ 时, ϵ_s 恰好等于钢筋屈服应变 ϵ_y , 此时混凝土受压边缘纤维也同时达到其极限压应变值 ϵ_{cu} 。即所谓“界限破坏”或“平衡破坏”状态。图 3-1-8 中的应变分布线 ab 就表示了这种状态。这时的配筋率称为界限配筋率。若配筋率 ρ 再增大, 构件将使受压区混凝土先压碎, 而钢筋的应变 ϵ_s 小于屈服应变 ϵ_y , ab 线就表示了这种超筋的破坏状态。

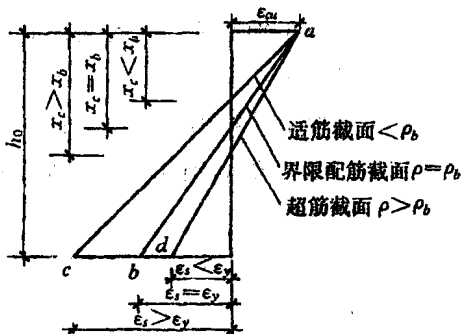


图 3-1-8

界限破坏时的相对界限受压区高度 ξ_b 为:

对有屈服点钢筋

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \cdot \epsilon_{cu}}} \quad (3-1-8)$$

对无屈服点钢筋

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{0.002}{\epsilon_{cu}} + \frac{f_y}{E_s \cdot \epsilon_{cu}}} \quad (3-1-9)$$

4. 最小配筋率 $\rho_{\min}$

最小配筋率是少筋梁与适筋梁的界限, $\rho_{\min}$ 应按下列原则确定, 即配有小配筋 $\rho_{\min}$ 的钢筋混凝土梁在破坏时的正截面受弯承载力计算值 M_u 等于同样截面、同一等级的素混凝土梁的正截面开裂弯矩标准值 M_{cr} 。

1.2.2.2 基本计算公式及适用条件

1. 计算公式及计算简图(如图 3-1-9)

$$a_1 f_c b x = f_y A_s \quad (3-1-10)$$

$$M \leq a_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (3-1-11)$$

$$M \leq f_y A_s \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (3-1-12)$$