

中等专业学校教学用书

钢筋混凝土结构

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

钢筋混凝土结构

长春冶金建筑学校 孙精诚 主编

冶金工业出版社

中等专业学校教学用书

钢筋混凝土结构

长春冶金建筑学校 孙精诚 主编

*

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 25 1/2 字数 613 千字

1984年 6 月第一版 1984年 6 月第一次印刷

印数00,001~24,000册

统一书号: 15062·4120 定价2.05元

前 言

本书是根据冶金工业部制订的工业与民用建筑专业教学计划编写的。书中除加强了钢筋混凝土结构的基本理论和基本知识的内容外,为适应我国建筑业发展的需要,还增加或加强了无梁楼盖和装配式楼盖、预应力混凝土受弯构件及装配式大板房屋等方面的内容。另外,还附加了一些必要的计算例题和实例,力求做到理论联系实际。

参加本书编写的有长春冶金建筑学校孙精诚(绪论、第一章、第二章及第六章部分内容)、沙莹石(第三章、第四章及第六章部分内容)、程一恭(第十章),武汉冶金建筑专科学校杨锡琪(第五章及第六章部分内容)、赵传智(第十一章),包头钢铁学院朱梅生(第九章),铜陵有色金属工业学校叶葆菁(第七章和第八章),由孙精诚担任主编。

在教材编写过程中,山东冶金学院林松同志参加了讨论并给予指导,深表感谢。

在编写教材时,还吸取了一些大专院校有关教材中的资料,在此谨致谢意。

由于我们理论水平不高,教学经验不足,书中肯定会有不少缺点和错误,请读者批评指正。

编 者

1983年8月

目 录

绪论	1
第一章 钢筋混凝土材料	3
第一节 混凝土的物理力学性质	3
第二节 钢筋	11
第三节 钢筋与混凝土的共同工作	18
第二章 钢筋混凝土结构的计算基本原理	20
第一节 结构的极限状态	20
第二节 标准荷载	21
第三节 材料的设计强度	22
第四节 安全系数	23
第三章 钢筋混凝土受弯构件强度计算	28
第一节 概述	28
第二节 基本构造	29
第三节 钢筋混凝土受弯构件正截面强度计算	31
第四节 钢筋混凝土受弯构件斜截面强度计算	51
第五节 简支梁计算实例	68
第四章 钢筋混凝土受弯构件变形及裂缝的验算	70
第一节 钢筋混凝土受弯构件的变形验算	70
第二节 钢筋混凝土受弯构件的抗裂度验算	78
第三节 钢筋混凝土受弯构件的裂缝宽度验算	81
第五章 钢筋混凝土楼盖	85
第一节 整体式单向板肋梁楼盖	85
第二节 双向板肋梁楼盖	112
第三节 无梁楼盖	120
第四节 装配式楼盖	129
第六章 楼梯与雨篷	137
第一节 楼梯	137
第二节 雨篷	144
第七章 钢筋混凝土受压构件	154
第一节 概述	154
第二节 钢筋混凝土轴心受压构件	155
第三节 钢筋混凝土偏心受压构件	162
第八章 钢筋混凝土单独基础	183
第一节 轴心受压基础	184
第二节 偏心受压基础	188
第三节 单独基础的构造	191
第九章 预应力混凝土构件	202

第一节	预应力混凝土基本概念	202
第二节	预应力混凝土材料的一般要求	207
第三节	预应力钢筋的张拉控制应力及预应力损失	208
第四节	预应力混凝土轴心受拉构件	214
第五节	预应力混凝土受弯构件	228
第六节	预应力混凝土构件构造要求	249
第七节	普通钢筋混凝土与预应力混凝土的比较	252
第十章	单层工业厂房	258
第一节	概述	258
第二节	单层厂房的排架内力分析	264
第三节	钢筋混凝土柱	282
第四节	杯形基础	298
第五节	大型屋面板和屋架的构造及计算特点	300
第六节	吊车梁的构造及计算特点	306
第七节	基础梁、抗风柱和构件连接的构造及计算特点	309
第八节	单层工业厂房设计计算实例	314
第十一章	多层房屋	342
第一节	多层房屋的结构类型	342
第二节	多层框架房屋	344
第三节	装配式大板房屋	357
附录		378

绪 论

一、钢筋混凝土基本概念

混凝土是一种重要的建筑材料，它具有较高的抗压强度，但抗拉强度却很低。如一纯混凝土梁（图1a），在荷载作用下，梁的垂直截面上将受到弯矩的作用，使梁的中和轴以上部分受压，中和轴以下部分受拉。当荷载到达某一数值，梁在最大弯矩处的垂直截面上，受拉区边缘的拉应力达到混凝土的抗拉强度时，梁就会产生裂缝。随着裂缝的向上发展，使梁很快断裂而破坏（图1b）。可见，纯混凝土梁的承载能力是由混凝土的抗拉强度控制的。当纯混凝土梁受拉区破坏时，而受压区混凝土的抗压强度尚未被充分利用。所以纯混凝土的承载能力是很低的。

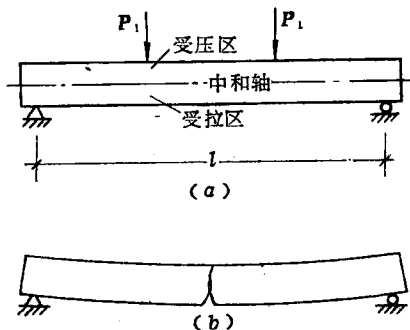


图 1

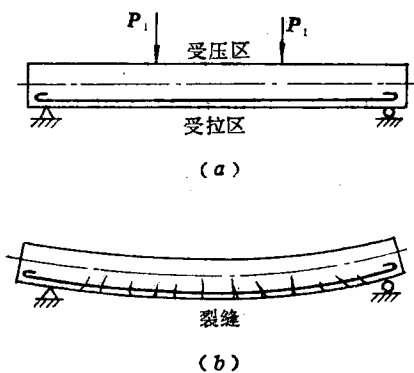


图 2

如果在梁的中和轴以下的受拉区混凝土中配置一些钢筋（图2a），这就成为钢筋混凝土的梁了。这种梁在荷载作用下，混凝土受拉区虽然也同样会产生裂缝，但梁并不会轻易断裂而破坏。因为，当混凝土裂缝产生后，拉应力已转移给钢筋去承受，受压区混凝土仅承受压应力。只有在梁上的荷载继续增加到能使钢筋内的拉应力达到其抗拉的极限强度，混凝土的压应力达到抗压极限强度时，梁的承载能力才被用尽而破坏。根据试验资料，钢筋混凝土梁的承载能力比相同尺寸的纯混凝土梁的承载能力约可提高10~20倍。由此可见，钢筋和混凝土相结合做成的构件，就能充分利用两者的各自特点，既利用了钢筋抗拉强度高的优点，又能充分发挥混凝土抗压强度的能力。做到了各尽所能，物尽其用。钢筋混凝土是由钢筋和混凝土组成的材料。钢筋混凝土构件是根据受力分析，合理地在混凝土配置了钢筋的结构构件。由钢筋混凝土做成的建筑结构，则叫做钢筋混凝土结构。

钢筋和混凝土这两种在本质上不同的材料，能合成一个整体共同承受荷载的原因首先是，混凝土在结硬时和钢筋牢固地粘结成一个坚强的整体。当构件承受荷载时，钢筋和相邻的混凝土具有同样的变形，而没有相对的滑移；再就是钢筋和混凝土的温度膨胀系数几乎相等（钢0.000012，混凝土0.00001~0.000014），因而温度变化不致破坏钢筋混凝土构件的整体性；第三，混凝土包裹着钢筋，形成一个良好的保护层，防止了钢筋的锈蚀。

二、钢筋混凝土的应用及发展

钢筋混凝土结构与砖石结构、钢结构和木结构相比具有许多优点。钢筋混凝土结构除了能充分利用钢筋和混凝土两种材料的性能外，尚有就地取材、节约钢材、降低造价、维修费用低以及可模性、耐久性和耐火性等许多优点。因此，钢筋混凝土在各项建设中的应用极为广泛。目前已成为工业与民用建筑中最主要的承重结构。不仅在一般民用建筑中的楼板、楼梯、屋盖、梁、柱和工业厂房中的屋架、吊车梁等承重构件可采用钢筋混凝土建造，而且很多特种结构如烟囱、水塔、水池、设备基础等亦几乎都采用钢筋混凝土建造。此外，一些高层建筑、大跨度的剧院和运动场，以及市政工程、水工结构、桥梁隧道、国防工程等也都采用钢筋混凝土结构。

但是，钢筋混凝土结构也存在一些缺点，如结构自重大、抗裂性能差、浇筑混凝土费工、费木料及施工受季节气候影响等。此外，钢筋混凝土的隔热隔声的性能较差，加固或拆修也比较困难。

预应力混凝土结构和装配式钢筋混凝土结构的应用和发展，对克服上述钢筋混凝土的缺点，具有很重要的意义。所谓预应力混凝土，就是指构件承受荷载之前，通过张拉配置在受拉区的钢筋，对混凝土预先施加压力，以抵消或大大减小由使用荷载所产生的拉应力。这种建立了预应力的各种钢筋混凝土构件，就是预应力混凝土结构。预应力混凝土结构和装配式钢筋混凝土结构，可采用工厂化生产的方法以及应用高强度钢筋和高标号混凝土制作。这不仅能克服结构自重大、抗裂性差和施工季节的影响等缺点，并且提高了结构构件的质量，节约了钢材和木材，加快了建设速度，进一步扩大了钢筋混凝土结构的应用范围。从而使钢筋混凝土结构成为我国当前建设中极为广泛采用的一种结构类型。

钢筋混凝土结构在我国已有近百年历史。但是，解放前我国在钢筋混凝土结构的应用、设计和施工技术方面都是十分落后的。不但钢筋混凝土的房屋和其他建筑为数很少，而且也没有统一的设计规范，设计采用允许应力法，结构的安全度也很保守。

解放后，随着大规模的社会主义建设的发展，我国的钢筋混凝土结构才有了很大的发展，并取得了显著的成绩。

在工业与民用建筑方面，我国自行设计和建造了许多高层建筑，并建造了一些要求较高的特种结构和大跨度的钢筋混凝土结构。

在钢筋混凝土和预应力混凝土的科学研究、基本理论方面也有很大提高。例如《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10-74)，就是在总结我国建国以来的生产实践经验和科学研究成果的基础上编制出来的。

其他方面，如工业厂房的轻型屋面、墙体改革及滑模、顶升新技术的应用，电子计算机在钢筋混凝土结构的应用等，也都取得一定成绩。

虽然我国在钢筋混凝土结构的应用和发展取得了较大的成就，但为了迅速赶超世界先进水平，使钢筋混凝土结构更好地为我国四个现代化服务。今后应当结合我国的需要，加强钢筋混凝土结构的基本理论的研究；加强轻质高强钢筋混凝土结构的研究与应用；在工业建筑结构上也应进一步研究和发展自重轻、抗震性能好、通用性和灵活性大的工业建筑体系；电子计算技术和测试技术水平还需大力提高。

第一章 钢筋混凝土材料

第一节 混凝土的物理力学性质

一、混凝土的强度

1. 立方强度及标号

混凝土是由水泥、砂、石和水按一定比例配合而成。不同配合比的混凝土，其强度也不同。为了设计和施工的方便，必须对混凝土分级，规定统一的标准，这就是混凝土的标号。

我国对混凝土标号的规定，以边长为20cm的混凝土立方体试块，在标准条件下(温度为 $20^{\circ}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 和相对湿度不小于90%的潮湿环境下)，养护28天后，在试验机上进行抗压试验(试验机加荷速度为 $1.5\sim 2.5\text{kg/cm}^2\text{秒}$)，所测得抗压极限强度(以 kg/cm^2 计)，称为混凝土的标号或立方强度 R 。

混凝土的立方强度测定结果与试验方法有密切关系。一般试块受压时，混凝土产生横向膨胀。因为试块上、下表面之间存在着摩擦力，好象加上两道套箍，混凝土的横向变形受到阻碍，从而提高了试块的抗压强度。破坏时，试块中段的混凝土发生剥落，如图1-1(a)所示。当试块上、下表面涂以油脂，则摩擦力大大减小，横向变形几乎不受约束，所测得的抗压强度就较低，其破坏形状如图1-1(b)所示。混凝土标号是以表面不涂油脂进行测定的。

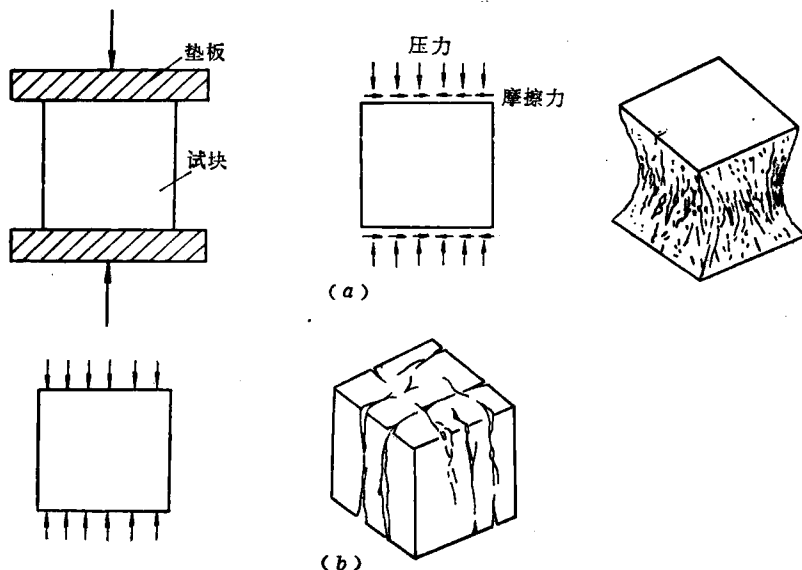


图 1-1 混凝土试块的破坏形态

a—未涂油脂；b—涂油脂

试验还表明，混凝土立方体试块的尺寸，对立方强度也有影响，试块尺寸愈小，立方

强度愈高。这是因为立方体试块的尺寸愈小，摩擦的影响愈大的缘故。所以，若采用边长15cm或10cm的立方体试块来代替标准试块时，应对测得的立方强度分别乘以0.95或0.90的修正系数。

规范●规定的混凝土标号有75、100、150、200、250、300、400、500及600号。钢筋混凝土结构的混凝土标号不宜低于150号；当采用Ⅰ、Ⅱ级钢筋时，混凝土标号不宜低于200号；对承受重复荷载的构件，混凝土标号不得低于200号；预应力混凝土结构的混凝土标号不宜低于300号；当采用碳素钢丝、钢绞线、V级钢筋（热处理）作预应力钢筋时，混凝土标号不宜低于400号。

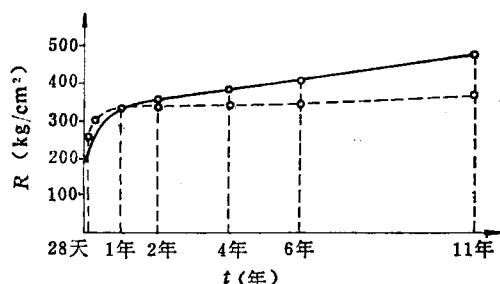


图 1-2 混凝土强度与龄期的关系

混凝土的立方强度还随着龄期的增长而增大。试验表明，混凝土立方强度的增长与时间的关系是接近于对数函数性质的曲线（图1-2）。图中实线代表混凝土长期处于潮湿环境养护中的情况，虚线代表混凝土浇筑后最先七天在潮湿环境中而后即处于普通环境中养护的情况。因此，当施工时间紧迫，也可用三天或七天龄期的试块进行试验，并根据下列公式推算出28天龄期的抗压强度值

$$R_{28} = R_n \frac{\log 28}{\log n} \quad (1-1)$$

式中 R_{28} ——混凝土28天的立方强度；

R_n ——混凝土 n 天的立方强度；

$\log n$ 、 $\log 28$ —— n 及28天以10为底的对数。

因为混凝土的立方体试块从制作到试验，都是在一定条件下进行的，它和实际构件的受力条件并不一样，所以混凝土标号不能代表构件中混凝土的实际强度，只能作为衡量混凝土强度的相对指标。

2. 轴心抗压强度

实际构件中，轴心受压构件的高度比截面宽度大得多，因而混凝土的立方强度就不能反映构件的实际受力情况。因此，有必要确定混凝土短柱（棱柱体）的轴心抗压强度 R 。（棱柱体强度）。试验表明，混凝土短柱的轴心抗压强度比立方强度为低，短柱的高宽比愈大，则强度愈低。但当高宽比大于3时，短柱的轴心抗压强度变化很小。因此，一般以高宽比为3~4的短柱作轴心抗压试件来确定混凝土的轴心抗压强度。轴心抗压强度的试验布

● 本书所指规范系《钢筋混凝土结构设计规范》（TJ10 74）的简称。

置及试件破坏情况如图1-3所示。短柱的标准尺寸为 $15 \times 15 \times 60\text{cm}$ 。

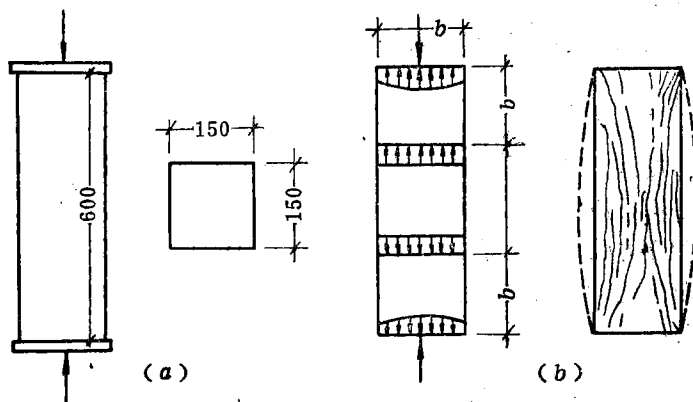


图 1-3 轴心抗压试验布置及破坏情况

a—试验布置；b—破坏情况

国内外的试验研究结果，轴心抗压强度与立方强度的比值，一般是在 $0.69 \sim 0.90$ 之间变动。根据我国的试验资料（图1-4）得出的这个比值平均约为 0.80 ，考虑到试验中试件的尺寸不统一和试验与实际结构受力的差别等因素所造成的误差，从偏于安全出发，规范中取用轴心抗压强度 R_a 与立方强度 R 的关系公式为

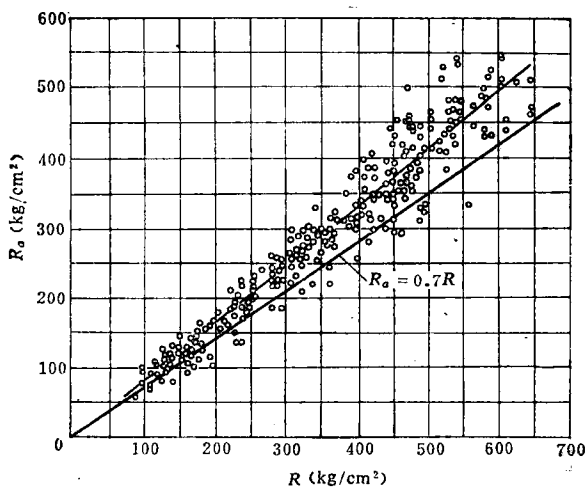


图 1-4 混凝土的轴心抗压强度 R_a 与立方强度 R 的关系

$$R_a = 0.7R \quad (1-2)$$

3. 弯曲抗压强度

弯曲抗压强度是钢筋混凝土发生受弯破坏时混凝土的条件强度指标。钢筋混凝土梁截面的受压区内的应力是不均匀的，靠近边缘的混凝土受压较大，靠近中和轴的混凝土受压较小，当受压区边缘纤维发生微裂缝时，由于内部受力较小部分的约束作用，还不会立即引起破坏。因此，必须施加比轴心抗压强度高的应力，才能使微裂缝向内部发展，从而使混凝土被压碎。规范规定，弯曲抗压强度 R_w 和轴心抗压强度 R_a 之间的关系公式为

$$R_w = 1.25 R_a \quad (1-3)$$

4. 轴心抗拉强度

混凝土试件在轴心受拉时,其极限强度就是轴心抗拉强度。混凝土轴心抗拉强度很低,一般约为立方强度的 $\frac{1}{8} \sim \frac{1}{15}$ 。

轴心抗拉强度测定时,采用 $10 \times 10 \times 50 \text{cm}$,两端预埋 $\Phi 16$ 钢筋的标准试件(图1-5a)。试验破坏时的平均拉应力即为混凝土的轴心抗拉强度 R_l 。根据我国试验资料,绘出混凝土轴心抗拉强度和立方强度的关系曲线(图1-5b)。根据关系曲线,并考虑与轴心抗压强度相同的因素,规范规定,轴心抗拉强度 R_l 与立方强度 R 的关系公式为

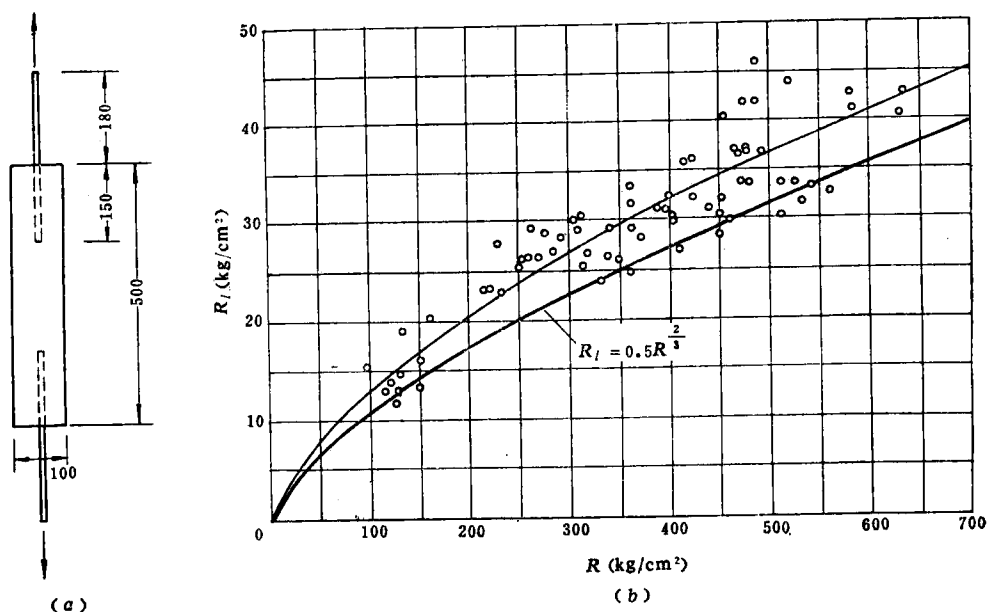


图 1-5 混凝土轴心抗拉强度 R_l 与立方强度 R 的关系

a—标准试件; b—关系曲线

$$R_l = 0.5 R^{2/3} \quad (1-4)$$

二、混凝土的变形

混凝土是非匀质体,在荷载作用下的变形规律是比较复杂的,研究混凝土的变形特性,就是要认识其变形与应力之间的关系。混凝土不仅在荷载作用下产生变形,并且由于混凝土的特性,在没有力的作用下,也将产生收缩和膨胀。

1. 混凝土在短期荷载下的变形

(1) 一次加荷下的变形 图1-6为混凝土短柱试件的轴心受压的应力应变关系曲线。当 $\sigma_h \leq 0.2R_a$ 时,应力应变关系曲线接近于直线。当应力超过 $0.2R_a$ 后,塑性变形即渐趋明显,应力应变曲线的曲率随应力的增长而增大。当 $\sigma_h \geq 0.75R_a$ 时,由于微裂缝扩展而互相贯通,使塑性变形急剧增长。当 $\sigma_h = R_a$ 时,试件形成明显的纵向裂缝,导致试件的破坏,使应力应变曲线形成下降段。

从图1-6中, 还可以看出, 混凝土的总应变 ε_h 是由弹性应变 ε_t 和塑性应变 ε_s 两部分组成的。弹性应变是可以恢复的。从曲线原点所作切线 OB 就是两部分应变的分界线。如果在试验时加载至 C 点后再逐渐卸去荷载, 则卸荷载时的应力应变曲线为 CD , 最后不能恢复的变形叫残余应变 OD , 残余应变主要由混凝土的塑性应变所造成的。

根据试验结果, 混凝土轴心受压时的极限应变为 $0.0015 \sim 0.002$, 弯曲受压时的极限应变为 $0.003 \sim 0.007$ 。

一次加荷下轴心受拉的应力应变关系曲线与轴心受压相类似, 但曲率变化相对较小, 在 $\sigma \leq 0.5 R_t$ 的范围内, 轴心受拉应力应变关系曲线更接近直线。受拉极限应变为 $0.0001 \sim 0.00015$ 。

(2) 多次重复荷载下的变形 在多次荷载作用下, 混凝土的变形性质有显著变化。试验说明, 在受压时当重复荷载引起的最大应力不超过 $0.5 R_c$ 时, 通过每次卸荷, 其残余变形逐步积累, 经过多次循环, 混凝土的塑性变形基本完成, 应力应变关系曲线渐趋直线, 混凝土将如同弹性体一样工作, 并在这一荷载的多次重复下也不致产生破坏(图1-7)。当应力超过 $0.5 R_c$ 时, 开始也是经过若干次循环后, 应力应变变成直线。但继续循环下去时, 将重新出现塑性变形, 且应力应变关系曲线向相反的方向弯曲。当循环到一定次数时, 由于塑性变形的不断扩展而导致破坏。这种现象称为疲劳破坏。

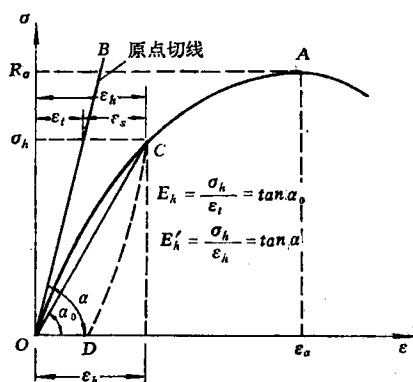


图 1-6 混凝土一次加荷时的应力应变 曲线

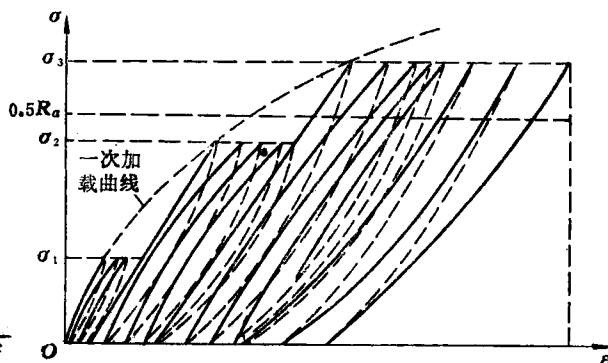


图 1-7 混凝土重复荷载下的应力应变 关系

2. 混凝土的弹性模量和弹塑性模量

计算超静定结构的内力、结构的变形和裂缝开展以及温度应力时, 都需要知道混凝土的弹性模量或弹塑性模量。所以混凝土的弹性模量或弹塑性模量是为了便于计算而规定的一个材料常数。它反映出混凝土在外荷载作用下引起的应力和应变关系的一般规律。

对于弹性材料的弹性模量 $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$ 为一常数, 说明其应力应变关系符合直线规律, 而混凝土是弹塑性材料, 只有在应力很小时应力应变才近似为直线变化, 而在一般情况下均为曲线关系。

在图1-6的应力应变关系曲线上, 通过原点 O 切线的斜率就是混凝土的弹性模量 E_h , 又称初始弹性模量。

$$E_h = \frac{\sigma_h}{\varepsilon_t} = \tan \alpha \quad (1-5)$$

原点 O 和应力应变关系曲线上点 C 的联线的曲率，为割线模量，即弹塑性模量。

$$E'_h = \frac{\sigma_h}{\varepsilon_h} = \tan \alpha \quad (1-6)$$

因为混凝土的总应变 ε_h 为弹性应变 ε_t 和塑性应变 ε_s 之和，即 $\varepsilon_h = \varepsilon_t + \varepsilon_s$ ，所以混凝土弹性模量和弹塑性模量的关系为

$$E'_h = \frac{\sigma_h}{\varepsilon_h} = \frac{\varepsilon_t}{\varepsilon_h} \frac{\sigma_h}{\varepsilon_t} = \nu E_h \quad (1-7)$$

式中 ν ——混凝土的弹性特征系数。

ν 值可以通过试验来确定。 ν 值随 σ_h 或 ε_h 的大小而变化， σ_h 愈大， ν 值愈小。当 $\sigma_h = 0.5R_a$ 时， $\nu = 0.8 \sim 0.9$ ；当 $\sigma_h = 0.9R_a$ 时， $\nu = 0.4 \sim 0.8$ ；一般混凝土的标号愈高， ν 值愈大。

由于弹性模量 E_h 仅反映混凝土受荷初始时的弹性性质的应力应变关系。所以当混凝土受力很小时 ($\sigma_h \leq 0.2R_a$) 才采用 E_h 进行计算。当混凝土受力较大时，则必须采用弹塑性模量 E'_h ，才能正确地反映混凝土应力应变的真实关系。

由于混凝土是弹塑性材料，要精确地测定在瞬时荷载下应力应变关系曲线上的原始切线是很困难的。然而，我们可以利用混凝土在多次重复荷载下的变形规律。即前面指出的，当 $\sigma_h \leq 0.5R_a$ 时重复荷载循环 5~10 次后的应力应变关系曲线（图1-7）非常接近直线。该直线的斜率就是规范中规定的混凝土的弹性模量 E_h 。

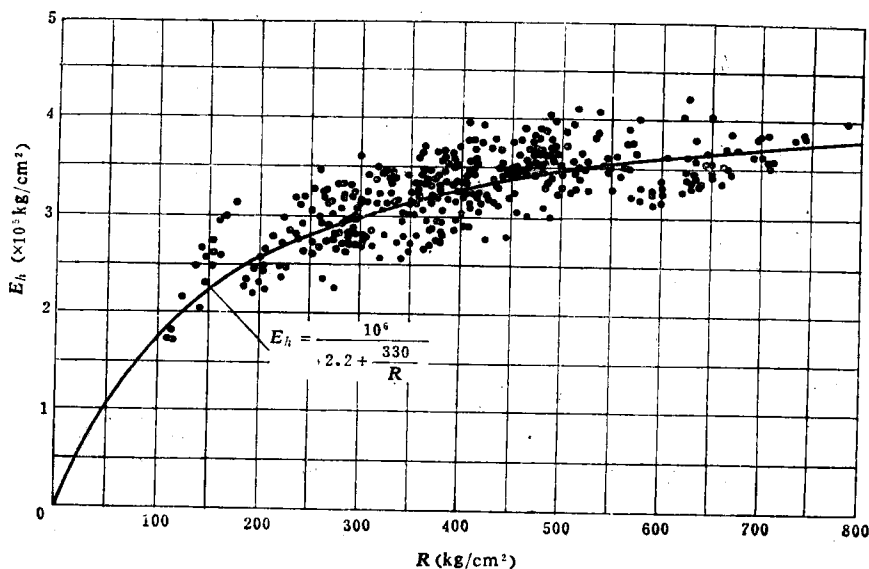


图 1-8 混凝土的弹性模量 E_h 与立方强度 R 的关系

通过用这一方法的大量试验，测定了各种标号混凝土的弹性模量，绘出 E_h 与 R 的关系曲线（图1-8），并得到确定混凝土弹性模量的经验公式为

$$E_h = \frac{10^6}{2.2 + \frac{330}{R}} \quad (1-8)$$

式中 E_h 和 R 的单位都是 kg/cm^2 。

还应指出，图 1-6 表示的一次加荷时的应力应变关系曲线，它能反映混凝土受压时的基本力学性能。而图 1-7 表示的多次重复荷载下应力应变关系曲线，它是作为规范对 E_h 取值的依据，因此值比较稳定，并且较接近于实际结构中混凝土的受力情况。混凝土的弹性模量 E_h ，见附录四附表 4-2。

规范规定混凝土受拉时的弹性模量与受压时的弹性模量采用相同值。受拉时的弹塑性模量 E_{ht}' 也可表达为

$$E_{ht}' = \nu_l E_h \quad (1-9)$$

式中 ν_l —— 为受拉时的弹性特征系数。当 $\sigma_l = R_l$ 时 ν_l 约等于 0.5。

3. 混凝土在长期荷载下的变形（徐变）

混凝土在长期荷载作用下，即使荷载不增加，它的变形也会随时间的延续而增大，这种现象称为“徐变”。产生徐变的原因是由于混凝土受力后，水泥胶体的粘性流动引起的，这种粘性流动要延续很长时间，因此沿混凝土的受力方向会发生随时间而增长的变形。

根据试验得出混凝土徐变规律主要有：

(1) 徐变开始增长快，后渐慢，但徐变可延续很久 图 1-9 为当长期荷载引起的应力 $\sigma_h < (0.5 \sim 0.55) R_a$ 时，徐变的发展规律。徐变在前 3~4 个月内最快，可达总徐变的 45~50%。徐变的全部完成约需 4~5 年。当长期荷载卸去时，变形一部分恢复 D ，一部分则在相当长的时间内逐渐恢复 E ，最后为残余变形 F 。

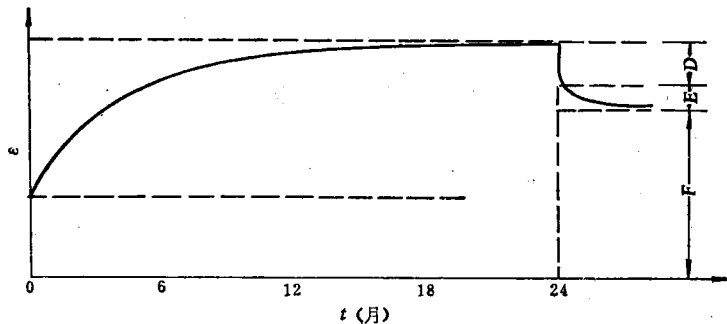


图 1-9 混凝土应变随时间的增长

(2) 徐变和应力的大小有关，应力愈大，徐变愈大 图 1-10 为不同应力下的徐变曲线，在 $\sigma_h = 0.2 R_a \sim 0.5 R_a$ 范围内，徐变曲线大致以等间隔分布，说明徐变和应力成正比关系。当 $\sigma_h = 0.55 R_a \sim 0.6 R_a$ 时，从图 1-10 中可以看出徐变和应力不成正比关系。再从图 1-11 中还可以看出，当加给混凝土的应力更大时，水泥胶体粘性流动的增量速度大致比较稳定，而微细裂缝开展随应力的增长而越益剧烈，构件易于产生突然破坏。所以，在正常使用阶段，应该避免使构件的混凝土长期持续地处于高应力状态。

(3) 加荷时混凝土的龄期愈小，徐变愈大（图1-12） 所以应避免混凝土过早地开始承受长期荷载。

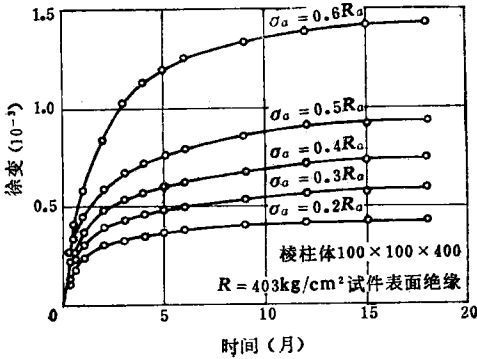


图 1-10 压应力与徐变的关系

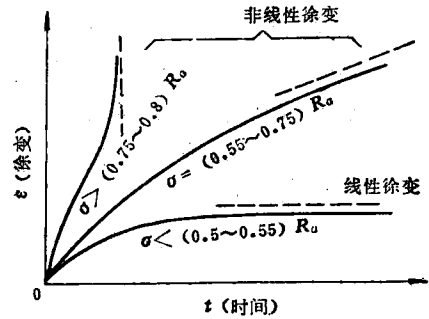


图 1-11 不同应力的徐变与时间的关系

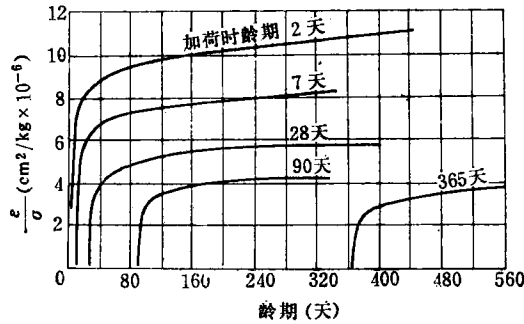


图 1-12 混凝土龄期与徐变的关系

(4) 其他方面 水泥用量愈多，混凝土的徐变愈大；水灰比愈大，徐变也愈大；环境愈干燥，徐变也愈大。

混凝土内配置钢筋时，会使混凝土的徐变减小，一般配筋率时钢筋混凝土的徐变约为纯混凝土徐变的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ 。

4. 混凝土的收缩和膨胀

混凝土在空气中结硬时，体积发生收缩；而在水中结硬时，体积发生微小的膨胀。

混凝土的收缩对结构是有害的，例如养护不好的钢筋混凝土构件在加荷前会因收缩而产生裂缝。对截面尺寸较大的梁板结构、大体积结构，在设计和施工中又未采取预防措施时，也会因收缩而产生裂缝。此外，混凝土的收缩也会导致预应力混凝土中的预应力损失，因此，应当尽量设法减少混凝土的收缩变形。

影响混凝土收缩的因素很多，如水灰比、水泥用量、养护条件等。水灰比愈大，水泥用量愈多，则收缩愈大。所以，为了减少混凝土的收缩，应在满足设计要求的前提下，减少水灰比和水泥用量。从图1-13的试验曲线可以看出在常温和蒸气两种不同养护条件对混

混凝土的收缩影响,由于在高湿高温的蒸气养护下,混凝土的收缩就相应减小。此图还表明,收缩随时间而变化的情形,起初收缩快,以后逐渐减慢。因此,加强养护条件,保持潮湿的环境,也是减少混凝土收缩的重要措施。此外,混凝土的密实性也会影响收缩,集料级配好,振捣密实的混凝土收缩较小。

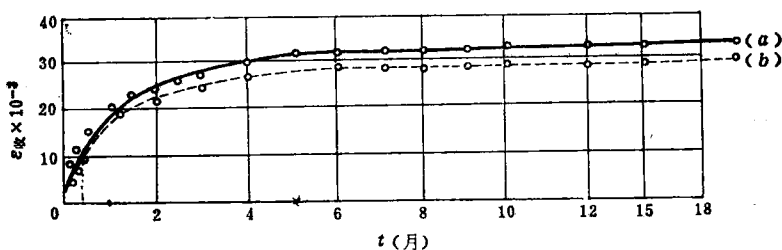


图 1-13 混凝土的收缩

a—常温养护; b—蒸气养护

第二节 钢 筋

对于钢筋混凝土结构中使用的钢筋的品种、形式及基本性能,如钢筋的强度,冷加工及可焊性等方面,应当有一个基本了解。以便使钢筋在钢筋混凝土结构中能充分发挥它的作用,合理地使用钢筋,以保证结构的安全和使用,并达到节约钢材,减轻结构自重的目的。

对钢筋的基本性能的主要要求有: 1) 具有较高的强度。钢筋的强度高,则用钢量少,可以节约钢材; 2) 具有较好的塑性。塑性较好时,钢材在断裂前有较大的伸长率,不致使构件产生突然的脆性破坏; 3) 具有与混凝土良好的粘结力。良好的粘结力是保证钢筋和混凝土共同工作的基础,有可靠的粘结力,才能保证钢筋充分发挥作用,并能减小构件裂缝; 4) 具有较好的可焊性。

一、钢筋的品种及型式

1. 钢筋的品种按化学成分可分

碳素钢 钢的主要成分是铁,还含有少量的碳、硅、锰、磷、硫等元素。含碳量对钢材的性能有很大影响,含碳量愈高,钢的强度就愈高,硬度也愈高。含碳量愈低,钢的强度就愈低,但塑性较好。根据含碳量的多少,碳素钢可分为高碳钢,中碳钢和低碳钢。目前在钢筋混凝土和预应力混凝土结构中,主要用低碳钢和高碳钢两种。

普通低合金钢 普通低合金钢中除含有碳素钢的元素外,还加入少量合金元素,如锰、硅、钛、钒等,因而提高了钢筋的强度,又不降低塑性。

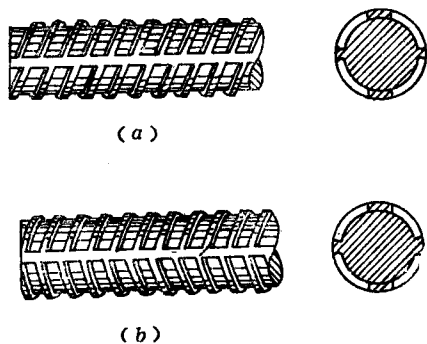


图 1-14 钢筋的形状

a—螺旋形; b—人字形