

根据国家教育委员会制定的《复习考试大纲》编写
全国成人高等学校职业教育专业课入学统一考试参考丛书

建筑结构考试参考书

《建筑结构考试参考书》编写组

中国经济出版社

根据国家教育委员会制定的《复习考试大纲》编写
全国成人高等学校职业教育专业课入学统一考试参考丛书

建筑结构考试参考书

《建筑结构考试参考书》编写组

中国经济出版社

责任编辑:黄允成 张植信

责任校对:任 华

封面设计:白长江

建筑结构基础考试参考书

《建筑结构基础考试参考书》编写组

中国经济出版社出版发行

(北京市百万庄北街3号)

(邮政编码:100037)

各地新华书店经销

北京市昌平区印刷厂印装

787×1092毫米 1/16 12.875印张 313千字

1996年8月第1版 1996年8月第1次印刷

印数1-5,000

ISBN 7-5017-3745-2/G·340

定价:20.00元

目 录

第一部分 混凝土结构

第一章 钢筋混凝土材料的力学性能 (1)

第二章 混凝土结构的设计方法 (10)

第三章 受弯构件 (21)

第四章 受压构件 (63)

第五章 受拉构件 (75)

第六章 受扭构件 (79)

第七章 预应力混凝土结构 (84)

第八章 钢筋混凝土楼盖、楼梯..... (93)

第九章 钢筋混凝土单层厂房..... (109)

第十章 多层与高层房屋结构..... (120)

第二部分 砌 体 结 构

第十一章 砌体力学性能及砌体结构设计方法..... 129

第十二章 砌体结构承载力计算..... 143

第十三章 混合结构墙、柱设计 158

第三部分 地 基 基 础

第十四章 基础..... 179

附录：

1996 年成人高等学校职业教育招生专业课全国统一考试
建筑结构试题及答案..... 195

第一部分 混凝土结构

第一章 钢筋混凝土材料的力学性能

一、概述

这一章是为以后章节中建立钢筋混凝土各类受力构件(弯、剪、压、拉、扭)截面应力大小和分布提供依据。由于混凝土结构是由两种受力性能不同的材料组成,要掌握混凝土结构的受力特征及计算原理,就必须了解混凝土及钢筋的力学性能。

对混凝土的力学性能要特别掌握好混凝土的各类强度指标的概念,包括混凝土的立方体抗压强度、轴心抗压强度、抗拉强度。应当了解各类强度指标的确定方法及相互之间的关系以及了解影响混凝土抗压强度的因素,同时还应掌握混凝土的变形性能,包括受荷变形及非荷载作用下的体积变形,以及混凝土弹性模量的概念。

对钢筋的力学性能,应了解钢筋分类(包括有明显屈服点钢材与无明显屈服点钢材),钢筋应力应变曲线特点,钢筋强度及伸长率的确定;钢筋的冷加工及冷加工后钢筋力学性能的变化;常用钢筋的品种、名称、代号;钢筋与混凝土共同工作原理。

二、知识要点

(一)混凝土的力学性能

1. 混凝土的强度

混凝土的强度指标有三个:立方体抗压强度、轴心抗压强度和抗拉强度。

(1)立方体抗压强度简称立方强度 $f_{cu,k}$

它是混凝土各种力学指标的基本代表值;强度符号下角码 K 表示强度标准值,由于没有立方体抗压强度设计值,为简便起见也可写成 f_{cu} 。

立方强度是以边长为 150mm 的混凝土标准立方体、在温度为 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $\geq 90\%$ 的条件下养护 28 天后在压力机上以大约 $0.15\sim 0.25\text{N/mm}^2\cdot\text{s}$ 的速度加压到破坏时所测得的平均压应力值(N/mm^2)。立方强度应具有 95% 的保证率,它是划分混凝土强度等级的依据。

混凝土的强度等级分十二级:C7.5、C10、C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60。符号 C 表示混凝土,C 后面的数值表示立方体抗压强度标准值(计量单位 N/mm^2)。

随着立方体尺寸的加大或减小,实测的强度值将偏低或偏高。这种影响一般称为“试件尺寸效应”。因此规范规定,当采用非标准立方体试块时,需将其实测的强度值乘以以下换算系数,以换算成标准试块的立方体抗压强度(强度等级):

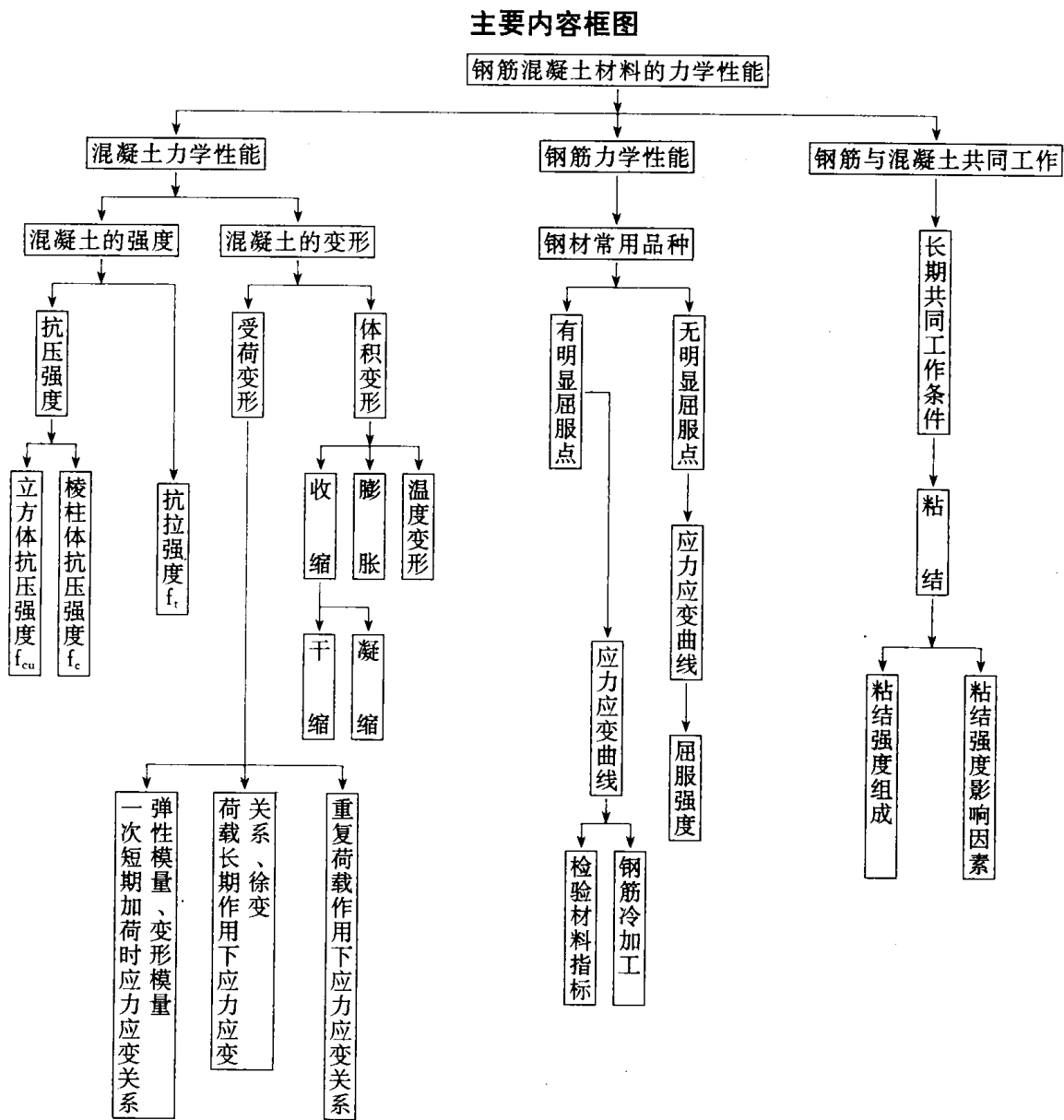
200×200×200mm 的立方体试块——1.05

100×100×100mm 的立方体试块——0.95

规范规定:钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C15;当采用Ⅰ级钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C20;当采用Ⅱ级钢筋以及对承受重复荷载的构件,混凝土强度等级不得低于 C20;预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C30;当采用碳素钢丝、钢绞线、热处理钢筋作预应力钢筋时,混凝土强度等级不宜低于 C40。

(2)轴心抗压强度 f_c

轴心抗压强度亦称棱柱体轴心抗压强度,它是由截面为 150×150mm、高 450~600mm 的混凝土标准棱柱体,经过 28 天龄期,用标准试验方法测得的强度值(N/mm²)。它是钢筋混凝土结构设计中实际采用的混凝土轴心抗压强度。



混凝土轴心抗压强度与混凝土立方强度的关系为:

$$f_c = 0.67f_{cu} \tag{1-1}$$

由于强度等级较高的混凝土,在受压破坏时表现明显的脆性和实践经验不足,因此,规

范规定对 C45、C50、C55、C60 的混凝土在按上述关系式计算后应分别乘以不同的强度降低系数。

(3) 抗拉强度 f_t

混凝土的抗拉强度很低, 大约只有混凝土立方体抗压强度的 $1/8 \sim 1/17$, 在计算钢筋混凝土和预应力混凝土结构的抗裂度和裂缝宽度时要应用抗拉强度。

混凝土抗拉强度与试件试验方法有关。规范根据轴心抗拉试验结果并考虑各种因素的影响统一取混凝土轴心抗拉强度与混凝土立方强度的关系为:

$$f_t = 0.23 f_{cu}^{2/3} \tag{1-2}$$

对强度等级较高(C45~C60)的混凝土, 同轴心抗压强度一样, 也应分别乘以不同的强度降低系数。

2. 混凝土的变形

(1) 混凝土在一次短期加荷时的变形性能

混凝土在一次短期荷载作用下的应力应变曲线, 是反映混凝土力学特征的一个重要方面, 它反映了混凝土的强度和变形性能, 对了解和研究混凝土结构构件的承载力、变形、裂缝、塑性、超静定结构内力重分布, 以及预应力混凝土结构的预应力损失都是不可缺少的。

典型的混凝土应力应变曲线如图 1—1 所示。

混凝土的应力应变曲线以最大应力点 C 为界, 可将其划分为两个部分: 上升段和下降段。

上升段: 当应力较小, 大致在 $\sigma = 0.3 f_c$ 范围内, 混凝土应力应变关系为直线 OA。此阶段, 混凝土处于理想弹性工作阶段。随着压力提高, 当 $\sigma = (0.3 \sim 0.8) f_c$ 时, 由于混凝土中水泥胶体粘性流动与微裂缝的开展, 使混凝土应力应变关系变为一曲线 AB。这表明混凝土已开始并越来越明显地表现出它的塑性性质, 且随荷载增加, 由线 AB 越来越偏离直线, 这说明混凝土已处于弹塑性工作状态。

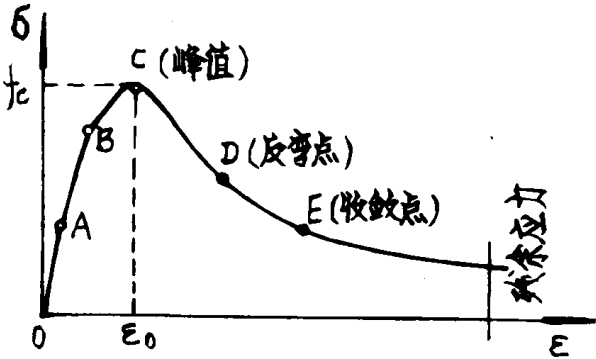


图 1—1

当应力增加至接近混凝土轴心抗压强度即 $\sigma = (0.8 \sim 1.0) f_c$ 时, 由于混凝土内微裂缝的开展与贯通, 应力应变关系表现为曲线 BC。此时曲线斜率急剧减小, 说明混凝土塑性性质已充分体现, 塑性变形显著增大, 直到 C 点, 达到它的最大承载力 f_c 。

试验表明, 不同强度等级混凝土达到轴心抗压强度时的应变 ϵ_0 相差不多。

下降段: 当应力达到 C 点后, 混凝土的抗压能力并没有完全丧失, 而是随着压应力的降低逐渐减小, 应力应变曲线下降。开始应力下降较快, 曲线较陡, 随后曲线坡度逐渐趋于平缓收敛, 与下降阶段末相对应的混凝土的极限压应变可达 $0.002 \sim 0.006$ 。

混凝土应力应变曲线上上升段, 实际上就是在荷载作用下混凝土内部裂缝出现、扩展, 直到形成通缝时引起的应力应变变化的反映。而混凝土应力应变曲线下下降段, 则是混凝土达到最大承载力后, 内部裂缝继续扩展时引起的应力应变变化的反映。

混凝土达到最大承载力之后, 所以还能继续保持一定荷载, 并继续产生变形, 主要是靠

被分离的小柱体之间裂缝面剪切滑移摩阻力和小柱体自身的残余强度。

对于截面均匀受压的混凝土构件截面应力达 f_c 时,构件即发生破坏, ϵ_0 就是它的极限应变 $\epsilon_0 = \epsilon_{cmax} = 0.002$ 。对于截面不均匀受压的受弯构件或大偏心受压构件,当受压边缘混凝土达 f_c 时,构件并不立即发生破坏。因为邻近靠内的纤维还未达到 f_c ,它约束了边缘纤维的应变,起到了卸荷作用。直到反弯点 D 位置附近,混凝土才充分破坏。此时受压边缘极限压应变约为 $\epsilon_{cmax} = 0.0033$ 。

在钢筋混凝土结构设计中混凝土的极限应变值并不完全一致。我国规范取 0.0033。混凝土的应力应变曲线下降段,对构件截面中应力分布,对超静定结构的内力重分布及改善地震区房屋的延性有很大影响。

影响混凝土应力应变曲线的因素很多,如混凝土强度、组成材料性质、混凝土的配合比、龄期、试验方法及箍筋的约束等。

(2)混凝土在持续荷载作用下的变形性能

混凝土在持续荷载作用下的变形将随时间的增加而增加,这种现象称为混凝土的徐变。

徐变对钢筋混凝土结构的影响有两方面:有利于结构内力重分布或构件的截面应力重分布;对于预应力混凝土结构,将引起预应力损失。

徐变的特点是先快后慢、持续时间较长,一般需 1~2 年以上才能完成。

混凝土徐变受持续应力大小、加载龄期、混凝土配合比、振捣、养护条件及结构所处环境等许多因素影响。

(3)混凝土在重复荷载作用下的变形性能

混凝土在多次重复荷载作用下,残余变形继续增加。

当每次循环所加荷载的应力较小, $\sigma \leq 0.5f_c$ 时,经过若干次加卸荷循环后,累积的塑性变形将不再增加,混凝土的加卸荷应力应变曲线将由曲变直,并按弹性性质工作。

当每次循环所加荷载超过了某个限值,约为 $\sigma = 0.5f_c$ 左右,经过若干次加卸荷循环后,累积的塑性变形还将增加,混凝土的加卸荷应力应变曲线将由曲变直后反向弯曲,直至破坏。

(4)混凝土的收缩、膨胀和温度变形

①混凝土的收缩

混凝土在空气中结硬时体积会缩小,混凝土的这种性能称为收缩。混凝土的收缩变形与徐变变形不一样,收缩是非受力变形,徐变是受力变形。

收缩的特点是先快后慢。

收缩包括凝缩和干缩两部分。凝缩是混凝土中水泥和水起化学作用引起的体积变化;干缩是混凝土中未与水泥水化的自由水,蒸发所引起的体积变化。

混凝土的收缩对钢筋混凝土和预应力混凝土构件会产生不利影响。使钢筋混凝土构件开裂,影响正常使用;引起预应力损失。

②混凝土的膨胀

混凝土在水中结硬时,其体积略有膨胀,混凝土的膨胀一般是有利的,故可不予考虑。

③混凝土的温度变形

混凝土的温度变形,一般情况下由于钢筋与混凝土有相近的温度线膨胀系数,因此在温度发生变化时钢筋混凝土产生的温度应力很小,不致产生有害影响,但当构件的变形受到外

界的约束时将产生温度应力。

(5)混凝土的弹性模量

混凝土的弹性模量,是反映材料应力应变关系的物理量。

在计算钢筋混凝土结构变形和预应力混凝土预应力时需要混凝土的弹性模量。由前知混凝土是非弹性材料,其应力应变关系呈曲线,为确定弹性模量,是通过一次短期加载时的应力应变曲线原点切线的正切,称为原点弹性模量,简称弹性模量,用 E_c 表示。

由于用一次短期加载的应力应变曲线来确定 E_c 不准确,规范是通过多次重复加载的方法来确定,即取加载应力 $\sigma = (0.4 \sim 0.5)f_c$,重复加载 5~10 次后 $\sigma-\epsilon$ 直线的斜率作为砼的弹性模量 E_c 。通过不同强度混凝土的试验结果,规范给出了弹性模量与立方强度的关系:

$$E_c = \frac{10^5}{2.2 + \frac{34.7}{f_{cu}}} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (1-3)$$

当应力较大时(应力超过 $0.3f_c$),弹性模量 E_c 已不能反映这时应力应变关系,计算时应采用变形模量(割线模量)来反映此时的应力应变关系。即

$$E'_c = \nu E_c \quad (1-4)$$

式中 ν ——弹性特征系数

(二)钢筋的力学性能

1. 钢筋的分类

钢筋混凝土结构所用钢筋按其应力应变图形可分为:

有明显屈服点钢筋:热轧钢筋(I、II、III、IV级)、冷拉钢筋(I、II、III、IV级)。

无明显屈服点钢筋:热处理钢筋、钢丝、钢绞线。

(1)有明显屈服点钢筋

此类钢筋在拉伸过程中,其应力与应变关系曲线有明显屈服点和屈服台阶,钢筋的强度较低,但塑性性能较好。钢筋的各项力学指标(弹性模量、屈服强度、极限强度),均可由其应力应变曲线分析得出。在进行钢筋混凝土结构设计时,对有明显屈服点钢筋是以屈服强度作为强度取值依据的。

(2)无明显屈服点钢筋

此类钢筋在拉伸过程中,其应力与应变关系曲线无明显屈服点,钢筋强度很高,但塑性性能差。无明显屈服点钢筋是取残余应变为 0.2% 的应力 $\sigma_{0.2}$ 作为假想屈服点,或称条件屈服强度,并以此条件屈服强度为其强度取值依据,它大致相当于极限抗拉强度的 80%。

2. 钢筋的冷加工

钢筋冷加工是指对有明显屈服点的钢筋进行冷拉或冷拔,以此方式可使钢筋的内部组织发生变化,达到提高钢筋强度的目的。

(1)冷拉

冷拉是把钢筋张拉到应力超过屈服点,进入强化阶段的某一应力时,然后卸载到应力为零,此种钢筋即为冷拉钢筋。如果对冷拉钢筋再次张拉,能获得比原来更高的强度,这种现象称为钢筋的“冷拉强化”;如果将卸载后的冷拉钢筋停放一段时间后,再进行张拉,其屈服强度还会有所提高,但伸长率将减少,这种现象称为“时效硬化”。

应该指出冷拉只能提高钢筋的抗拉强度,不能提高其抗压强度,同时钢筋经过冷拉后抗

拉强度虽有所提高,但塑性显著降低。为保证钢筋经过冷拉后仍能保持一定塑性,冷拉时应合理地选择好冷拉应力值和冷拉伸长率。张拉时同时控制应力和伸长率的称为“双控”,只控制伸长率的称为“单控”。

(2)冷拔

冷拔是把钢筋用强力拔过比它本身直径小的硬质合金拔丝模,迫使钢筋截面缩小,长度增大;钢筋通过拔丝孔时,由于同时受到轴向拉力和侧向压力作用,钢筋内部结构发生变化,从而使强度显著提高,但塑性降低。冷拉可以同时提高钢筋的抗拉和抗压强度。

3. 检验钢材的质量指标

为保证钢筋在结构中能满足规定的各项要求,则钢筋质量应予以保证。

对有明显屈服点钢材的主要检测指标是:屈服强度、极限抗拉强度、伸长率和冷弯性能。

对无明显屈服点钢材的主要检测指标是:极限抗拉强度、伸长率和冷弯性能。

(三)钢筋与混凝土共同工作

1. 钢筋与混凝土长期共同工作的条件

(1)钢筋与混凝土之间有良好的粘结。

(2)钢筋与混凝土两者有相近的温度线膨胀系数。

(3)混凝土保护钢筋,以免锈蚀和受外界影响。

2. 钢筋与混凝土的粘结

钢筋与混凝土的粘结是保证这两种力学性质不同的材料能在结构构件中共同工作的基本条件之一。

(1)粘结

钢筋与外围混凝土之间的相互作用。

(2)组成

钢筋与混凝土之间的粘结强度由以下几部分组成:

混凝土中水泥凝胶体与钢筋表面的化学胶着力;

钢筋与混凝土接触面的摩擦力;

钢筋表面凹凸不平的机械咬合力。

光面钢筋的粘结强度主要由后两项组成;变形钢筋的粘结强度主要由第三项组成。

(3)影响钢筋与混凝土粘结的因素

影响粘结的主要因素有:钢筋表面形状、混凝土强度、浇注位置、保护层厚度、钢筋净间距和横向钢筋等。

三、学习指导

(一)钢筋混凝土结构

钢筋混凝土是由钢筋与混凝土这两种力学性能不同的材料合理组成的一种新材料。由这种新材料做成的构件组成的结构,称为钢筋混凝土结构,又称混凝土结构。

(二)钢筋与混凝土长期共同工作原理

钢筋与混凝土是两种力学性能不同的材料,钢筋是弹性材料,而混凝土是弹塑性材料。但由于两者之间有良好的粘结使之形成整体,这是两者共同工作的基本前提;再有,两者有相近的温度线膨胀系数(钢筋 $1.2 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$,混凝土 $1.0 \times 10^{-5} \sim 1.5 \times 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$),因此当温度变化时,两种材料能协调变形;此外混凝土包裹钢筋,可使钢筋不生锈并防止外界对钢筋

的影响。由于这些原因,保证了钢筋与混凝土共同工作。

(三)钢筋混凝土材料的主要结构特性

钢筋与混凝土材料的主要结构特性可分四个方面:

1. 混凝土的抗压能力大而抗拉能力很小,抗拉强度约为抗压强度的 $1/8 \sim 1/17$ 。所以,很多钢筋混凝土构件是带裂缝工作的。
2. 钢筋混凝土是非弹性材料,即在荷载较小时,材料是弹性,随着荷载的增加,塑性性质变得突出。
3. 钢筋混凝土材料的不均匀性和质量的变异性。
4. 钢筋混凝土结构的性能取决于钢筋与混凝土的材料组成。例如:钢筋的品种、等级、混凝土的强度等级、钢筋配置的多少,都将直接影响结构性能。

(四)混凝土的立方强度、强度等级以及用立方强度作为划分强度等级的主要原因

混凝土的立方强度是指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试块,在 28 天龄期后用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度。混凝土强度等级应按立方强度标准值确定。这两者中,立方强度是对具体的试件;混凝土的强度等级是为了在使用时满足各类型结构或构件对混凝土强度的不同要求,将混凝土的强度按其立方强度的大小划分为不同的强度等级。

用立方强度作为划分混凝土强度等级的主要原因是:用立方体做试验最简单,结果最稳定,而且混凝土是抗压性能较好的材料,在结构构件中主要用于承受压力,用立方强度作为划分强度等级,可以较好反映混凝土的主要力学性能;混凝土的其它力学性能,如轴心抗压强度、抗拉强度都与立方强度建立了一定关系。

(五)混凝土的徐变、产生原因及其影响

对混凝土加压到某个应力值后,维持应力不变,则混凝土的应变将随时间增加而增长,这种现象称徐变。徐变的主要原因是由于荷载的长期作用下,混凝土凝胶体中水分被逐渐压出,水泥石的粘性流动,以及混凝土中微细裂缝的发展。其影响有两方面:有利于结构或构件的内力重分布;但会使结构变形增大,对预应力混凝土结构,徐变将引起预应力损失。

(六)冷拉强化、时效硬化及冷加工后钢材力学性能变化

对有明显屈服点的钢筋进行张拉,将其应力拉到超过屈服强度进入强化阶段的某一应力值后,卸掉全部荷载,即使钢筋应力降为零。由于在此过程中钢筋应力超过弹性极限,产生塑性变形,钢材的内部组织发生变化,再次张拉时能获得比原来更高的屈服强度,这种现象称为“冷拉强化”;如果钢筋应力卸载为零后,放置一段时间再张拉,其屈服强度将高于冷拉应力,这种现象称为“时效硬化”。

钢筋经过冷加工(冷拉、冷拔)后均能提高其抗拉强度;但冷拉不能提高抗压强度;冷拔既可提高抗拉强度又能提高抗压强度,但对钢筋冷加工后强度有所提高,而塑性性能下降。

四、基本训练

(一)判断题(正确的在括号中写+,错误的写-)

1. 规范中,只有混凝土立方体的抗压强度标准值,而没有混凝土立方体的抗压强度设计值。 ()
2. 混凝土的徐变是在长期不变荷载作用下随时间而增长的变形。徐变的大小与混凝土的组成成分、养护条件等因素有关,但与持续作用的应力值的大小无关。 ()

3. 冷拉只能提高钢筋的抗拉强度,而不能提高钢筋的抗压强度。()

(二)选择题(选择正确答案的序号填入括号中)

1. 规范中,混凝土各种强度指标的基本代表值是()

- A. 立方体抗压强度标准值。
- B. 轴心抗压强度标准值。
- C. 轴心抗压强度设计值。
- D. 抗拉强度标准值。

2. 使混凝土产生非线性徐变的主要因素是()

- A. 水泥用量。
- B. 水灰比的大小。
- C. 应力的作用时间。
- D. 持续作用的应力值与混凝土轴心抗压强度比值的大小。

3. 能较好反映混凝土弹塑性性质的是混凝土的()

- A. 原点弹性模量。
- B. 变形模量(割线模量)。
- C. 立方体抗压强度。
- D. 轴心抗压强度。

4. 下列钢筋中,哪一种是有明显屈服点钢筋()

- A. 冷拉钢筋。
- B. 热处理钢筋。
- C. 碳素钢丝。
- D. 钢绞线。

5. 钢筋经过冷拔后()

- A. 强度提高,塑性降低。
- B. 强度提高,塑性提高。
- C. 强度降低,塑性提高。
- D. 强度降低,塑性降低。

(三)填空题

1. 混凝土的强度等级分为_____级。其强度等级符号中的“C”表示_____,C后面的数字表示_____,计量单位为_____。

2. 钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于_____,预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于_____。

3. 规范规定的混凝土强度等级的立方体标准试件尺寸为_____。

4. 与混凝土强度等级的标准立方试件相比,用边长为 200mm 的试件测得的混凝土强度值偏_____,这种影响称为_____。

5. 冷拉只能提高钢筋的_____强度,而不能提高_____强度。

6. 对有明显屈服点的钢筋进行质量检验时主要应测定_____,_____,_____和_____四项指标。

7. 对没有明显屈服点的钢筋通常取残余应变为_____时的应力作为假想屈服点,它大致等于钢筋极限抗拉强度的_____倍。

(四)问答题

1. 在钢筋混凝土结构计算中,对有明显屈服点的钢筋,为什么以它的屈服强度作为钢筋强度标准值取值的依据?

答案

(一)判断题

1. + 2. - 3. +

(二)选择题

1. A 2. D 3. B 4. A 5. A

(三)填空题

1. 12 混凝土 立方体抗压强度标准值 N/mm²

2. C15 C30

3. 150×150×150mm

4. 低 试件尺寸效应

5. 抗拉 抗压

6. 屈服强度 极限抗拉强度 伸长率 冷弯性能

7. 0.2% 0.8

(四)问答题

1. 这是因为钢筋应力一旦超过屈服强度,将产生较大的不可恢复的塑性变形,导致混凝土与钢筋间粘结力的破坏,使构件产生很大的变形和裂缝,影响正常使用。

第二章 混凝土结构的设计方法

一、概述

这一章是钢筋混凝土结构设计的基本理论、原则。主要学习钢筋混凝土结构按极限状态设计的基本原理。通过学习应该了解进行结构设计的目的在于保证结构安全可靠、适用耐久及经济要求。要掌握好结构极限状态的设计方法,就必须了解结构功能要求;有关极限状态的概念及设计方法;了解荷载效应及抗力的概念及计算方法。

对于结构功能要求,要特别掌握好功能要求的含义,它包括:安全性、适用性、耐久性等方面。衡量结构是否满足功能要求,用可靠度来描述。

对极限状态,应了解极限状态的定义。根据结构必须满足的功能要求,可分为两类极限状态:一类是承载能力极限状态,一类是正常使用极限状态。在设计计算中,应根据结构构件的不同要求分别进行两种极限状态计算。

在进行结构设计时,对不同的极限状态应根据结构特点和使用要求,给出具体的标志及限值,并以此作为结构设计依据。

设计中,将施加在结构上的荷载或其它作用(温度变化、基础沉降、地震等)对结构产生的效应(内力、变形)称为作用效应(用 S 表示),当“作用”为荷载时其效应称为荷载效应。将结构承受内力和变形的能力(构件的承载能力、刚度等)称为结构抗力(用 R 表示)。要保证结构安全可靠,就要求两者必须满足的关系是:作用在结构上的作用效应,不超过结构达到极限状态时的抗力,即

$$S \leq R$$

根据作用效应与抗力之间的关系不同,结构将处于不同的状态。即:

$R > S$ 时结构处于可靠状态。

$R < S$ 时结构处于失效状态。

$R = S$ 时结构处于极限状态。

并应了解荷载效应与抗力的具体含义。

二、知识要点

(一)结构的功能

在进行建筑物或构筑物的结构设计时,要满足的基本要求是,使结构在规定的时间内,在正常条件下发挥出预期的各项功能。这些功能要求是:

1. 安全性

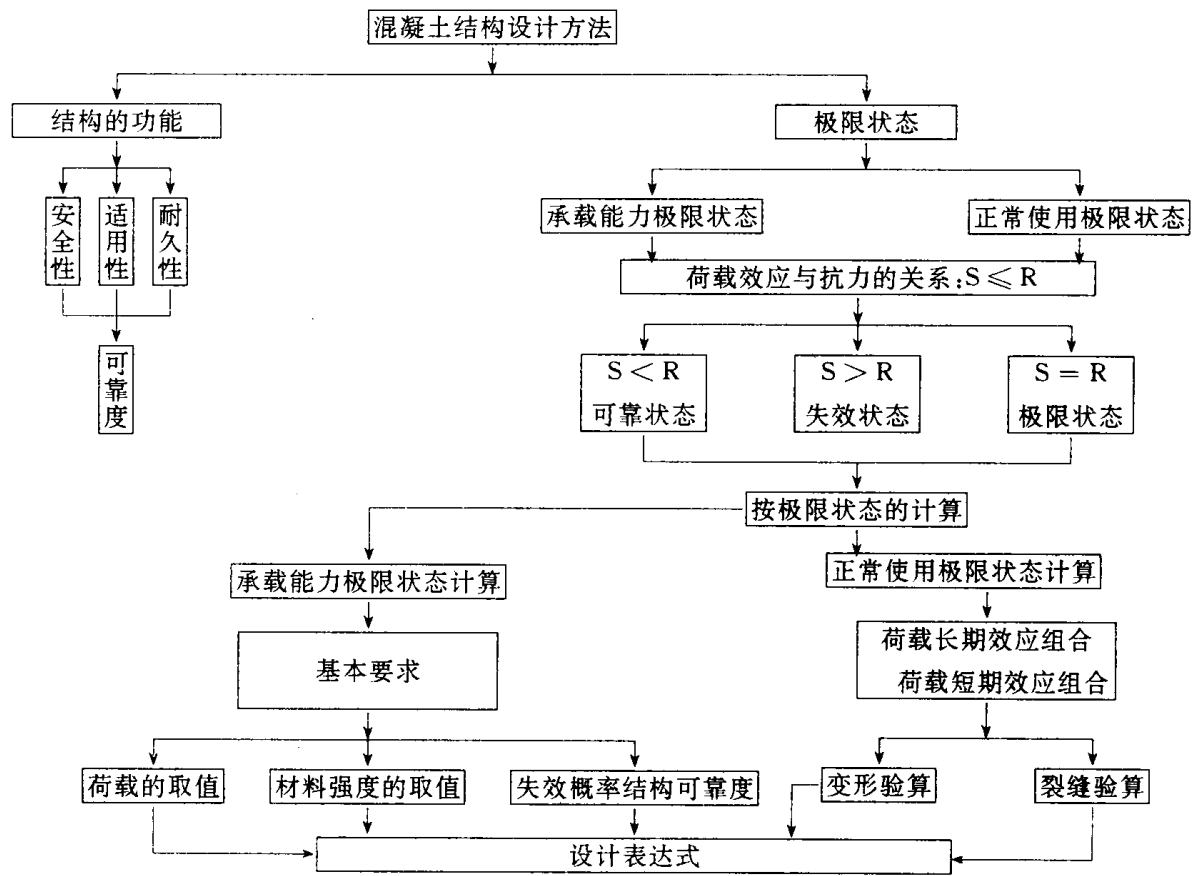
所谓“安全性”是指建筑结构应能承受在正常施工和正常使用过程中可能出现的各种作用(如荷载、温度变化、基础沉降等),以及在偶然事件(如爆炸、强烈地震等)发生时及发生后仍能保持必要的整体稳定。

2. 适用性

所谓“适用性”是指建筑结构在正常使用过程中应具有良好工作性能,如构件应具有足

够的刚度,以避免在荷载作用下产生过大的变形和振动。

主要内容框图



3. 耐久性

所谓“耐久性”是指建筑结构在正常维护条件下应能完好地使用到设计所规定的年限。例如,不致出现混凝土保护层剥落或裂缝过宽而使钢筋锈蚀。

结构的安全性、适用性和耐久性三个方面的功能总称为结构的可靠性。结构的可靠性可以用可靠度来度量。

所谓结构可靠度,是指结构在规定时间内(设计基准期 50 年),在规定的条件下(指正常设计、正常施工和正常使用)完成预定功能的概率。

(二)极限状态

对于结构是否具备以上三项功能要求,就必须给出相应的判别条件。通常取各项功能“极限状态”作为判别条件。

所谓极限状态是指,当整个结构或结构的一部分超过某一特定状态就不能满足设计规定的某一功能要求,则此特定的状态称为该功能的极限状态。

根据结构必须满足的功能要求及经济效果,对超过不同的极限状态后所带来后果严重程度,把极限状态分为两大类:一类是承载力极限状态;一类是正常使用极限状态。

1. 承载力极限状态

指结构或构件达到了最大承载能力或者产生了使结构不能继续承担荷载的过大变形,从而丧失了完成安全性功能的能力的一种状态。例如,一根钢筋混凝土梁,在荷载作用下,如

果受弯破坏,它就失去了安全承担预定荷载功能,因此受弯破坏就是这根梁安全性功能的极限状态。

2. 正常使用极限状态

指结构或结构构件,达到了再也不能正常使用的状态,达到或超过这种状态结构或构件将失去适用性和耐久性的功能要求。

以上两种极限状态中,承载能力极限状态主要考虑有关结构安全功能,一旦超过这种极限状态结构将发生严重破坏或倒塌,导致重大人身伤亡和经济损失。因此承载能力极限状态是第一位重要,应该把出现这种极限状态的可能性控制得十分严格。而正常使用极限状态主要考虑的是有关结构适用性和耐久性功能,当结构或构件超过正常使用极限状态的后果的严重性要小得多,主要影响使用功能,还不致于造成重大人身伤亡和经济损失,因此,可以允许把出现这种极限状态的可能性略为放宽一些。

(三)极限状态设计方法

由于存在两类极限状态,在进行结构设计时就应根据不同的极限状态以及结构特点和使用要求,给出具体的标志和限值,以作为结构设计的依据。这种以各种功能要求的极限状态作为结构设计依据的方法,称为极限状态设计法。

1. 荷载效应与抗力

任何结构或结构构件都存在着对立的两个方面:作用效应与结构抗力

(1)荷载效应 S

荷载效应是指作用为荷载时对结构或构件产生的效应。

作用:各种施加在结构上的集中荷载或分布荷载,以及引起结构外加变形或约束变形的原因的总称。

结构上的作用分为:直接作用和间接作用两种。直接作用是指直接施加在结构上的外力,称为荷载;间接作用是指引起结构外加变形和约束变形的其它作用,如地基沉降、材料收缩、温度变形以及地震引起的作用等。

结构上的作用按随时间的变异性和出现的可能性可分为:永久作用、可变作用和偶然作用。

永久作用:其值不随时间变化或变化与平均值相比可以忽略。如结构自重、土重等。永久荷载称为恒载。

可变作用:其值随时间变化且其变化与平均值相比不可忽略。如楼、屋面活载、积灰荷载、风荷载、雪荷载等。可变荷载称为活荷载。

偶然作用:在设计使用期内不一定出现的作用,但是一旦出现其量值很大而持续时间较短,如爆炸、地震等。

在进行设计时,根据荷载特点和不同极限状态的设计,要确定采用哪一种荷载值。荷载标准值、荷载组合值和荷载准永久值都是荷载的不同代表值。

荷载标准值是结构设计时采用的荷载基本代表值,是荷载规范中对各类荷载规定的设计取值。荷载的其它代表值是以它为基础乘以适当系数后得到的。

荷载组合值是当结构承受两种或两种以上的可变荷载时,承载能力极限状态按基本组合设计和正常使用极限状态按短期效应组合设计时采用的可变荷载代表值。

荷载准永久值是按正常使用极限状态长期效应组合设计时采用的可变荷载代表值。

永久荷载只有标准值作为它的唯一代表值,而可变荷载的代表值则除了标准值外,还有组合值和准永久值。

(2)抗力 R

结构抗力是指结构承担荷载和变形的能力。如结构构件的承载力和刚度,它是结构材料性能和几何参数等的函数。

荷载效应 S 与结构抗力 R 都是随机的,因而结构不满足或满足功能要求的事件也是随机的。一般把结构不能满足功能要求的概率称为失效概率,把结构能满足预定功能要求的概率称为可靠概率,可靠概率亦称结构可靠度。

根据荷载效应与结构抗力之间的不同关系,结构将处于不同的状态:

当 $S < R$ 时,结构具有完成可靠性功能能力,结构处于可靠状态。

当 $S = R$ 时,结构处于极限状态。

当 $S > R$ 时,结构丧失可靠性功能能力,结构处于不可靠状态或失效状态。

极限状态设计的目的在于保证结构安全可靠,这就要求,作用在结构上的荷载或其他作用对结构产生的效应不超过结构达到极限状态时的抗力,即:

$$S \leq R$$

2. 极限状态实用设计表达式

(1)承载能力极限状态设计表达式

作用在结构上的荷载效应“S”是荷载标准值、荷载分项系数、荷载效应系数的乘积。当风荷载和其它可变荷载同时作用时,可变荷载引起的荷载效应项应乘以可变荷载组合系数。

结构抗力“R”是结构材料强度标准值、材料分项系数、结构截面几何特征等因素的不定性函数。

根据结构破坏可能产生的后果的严重程度不同,将建筑结构划分为三个安全等级,即一级(重要的工业与民用建筑物)、二级(一般的工业与民用建筑物)、三级(次要的建筑物)。分别采用不同的结构重要性系数 γ_0 。

对于承载能力极限状态,结构构件应采用荷载效应的基本组合和偶然组合进行设计。

对于基本组合,应采用下列极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 S \leq R \tag{2-1}$$

即
$$\gamma_0 (\gamma_G C_G G_K + \gamma_{Q1} C_{Q1} Q_{1K} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} \Psi_{ci} Q_{ik}) \leq R(\gamma_R, f_K, \alpha_k, \dots) \tag{2-2}$$

对于一般排架、框架结构,可采用下列简化的极限状态设计表达式:

$$\gamma_0 (\gamma_G C_G G_K + \Psi \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} C_{Qi} Q_{ik}) \leq R(\gamma_R, f_K, \alpha_k, \dots) (n \geq 2) \tag{2-3}$$

对于偶然组合,应符合专门规范的规定。

(2)正常使用极限状态设计表达式

对正常使用极限状态应根据不同的设计目的,在设计表达式中应分别按荷载的短期效应组合和长期效应组合影响进行验算,以满足结构构件使用要求,使变形、裂缝计算值不超过相应的规定限值。

由于超过正常使用极限状态的后果远不如超过承载能力极限状态时那样严重,因此在正常使用极限状态的各项验算中,失效概率可以明显高于承载能力极限状态,即在正常使用