

# 李乔主编钢筋混凝土结构第三版

## 课后习题答案

### 一、第一章

无

### 二、第二章

#### 2.1 结构中常用的钢筋品种有哪些？其适用范围有何不同？

答：结构中常用钢筋包括：HPB300、HRB335、HRB400 和 HRB500 级钢筋。

HPB300 主要用于箍筋，也可以作为一般构件的纵向受力钢筋；HRB335 过去是主要的纵向受力钢筋，现受限使用并准备逐步淘汰的品种；HRB400 和 HRB500 是目前要推广使用的主要钢筋，主要用于梁、柱等重要构件的纵向受力钢筋和箍筋。

#### 2.2 简述混凝土立方体抗压强度、混凝土等级、轴心抗压强度、轴心抗拉强度的意义以及他们之间的区别。

答：混凝土立方体抗压强度可以用来确定混凝土等级，也可以用来计算轴心抗压强度；混凝土等级根据立方体抗压强度标准值并具有 95% 超值保证率来确定的，表征混凝土的等级；轴心抗压强度是混凝土结构最基本的强度，其值一般通过立方体抗压强度并根据折减系数来确定；轴心抗拉强度表征混凝土抵抗拉力的能力，用于计算混凝土构件在混凝土开裂之前的承载力，或者控制混凝土构件的开裂。

#### 2.3 简述混凝土应力-应变关系特征。（2004 年真题）

答：混凝土应力应变特征：应力较小时（ $\sigma \leq 0.3f_c^0$ ），曲线基本成直线变化，混凝土内部的微裂缝没有发展；随着应力的增加  $\sigma = 0.3f_c^0 \sim 0.8f_c^0$ ，开始出现越来越明显的非弹性性质，内部微裂缝开始发展，但处于稳定状态；当  $\sigma = 0.8f_c^0 \sim 1.0f_c^0$  时，应力应变曲线斜率急剧减少，内部微裂缝进入非稳定状态；最终达到峰值应力点，但此点并不是应变最大点；随后应力应变曲线下降，直至最后达到最大应变处，构件破坏。

#### 2.4 混凝土收缩、徐变与哪些因素有关？（2004 年真题）

答：影响徐变与收缩的因素：（1）持续压应力的大小 （2）混凝土组成成分和配合比  
（3）养护和使用时的温度、湿度 （4）构件体表比  
（5）受荷载时混凝土的龄期

#### 2.5 如何保证钢筋和混凝土之间有足够的粘结力？

答：混凝土角度：

- (1) 提高混凝土的强度；
- (2) 考虑到混凝土浇筑时泌水下沉和气泡溢出而形成空隙层对黏粘结力的影响，规范规定，对高度超过 300mm 的梁，应分层浇注；
- (3) 规定了混凝土保护层的最小厚度。

钢筋角度：

- (1) 采用变形钢筋可提高黏结力；
- (2) 规定了钢筋的最小间距；
- (3) 规定当锚固钢筋的混凝土保护层厚度不大于搭接钢筋直径的 5 倍时，锚固长度范围内应配置横向构造钢筋；
- (4) 箍筋加密和机械锚固增加黏结。

## 2.6 为什么说黏结是钢筋混凝土的基本问题？

答：黏结是指钢筋与其周围混凝土之间的相互作用，是钢筋和混凝土这两种不同材料能形成整体、共同工作的基础。在钢筋和混凝土之间有足够的粘结强度，才能承受相对滑移，他们之间通过粘结来传递应力、协调变形。否则，它们就不能正常工作，故黏结是钢筋混凝土的基本问题。

## 第三章

### 3.1 结构的功能主要有那几项？结构的极限状态有几类，主要内容是什么？

答：结构的功能主要有：安全性、适用性和耐久性

结构的极限状态有两种：承载能力极限状态和正常使用极限状态

承载能力极限状态是与结构的安全性相对应的极限状态，对应于结构或者构件达到最大承载能力或不适于继续承载的变形；

正常使用极限状态对应于结构或构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。

### 3.2 建筑结构设计使用年限一般是多少年？超过这个年限的结构是否不能再使用了，为什么？

答：建筑结构设计使用年限一般是 50 年（桥梁为 100 年），超过这个年限的结构还可以使用，只是安全程度没有未超过时高。

### 3.3 建筑结构设计的安全等级是怎样划分的？在结构构件的界面承载能力极限状态表达式中是怎样体现的？

答：建筑结构设计的安全等级划分：(1) 破坏后果很严重的重要建筑物为一级；(2) 破坏后果严重的一般工业与民用建筑为二级；(3) 破坏后果不严重的次要建筑物为三级。

在结构构件的界面承载能力极限状态表达式中通过结构重要性系数  $\gamma_0$  来体现：

安全等级为一级时， $\gamma_0 \geq 1.1$

安全等级为二级时， $\gamma_0 \geq 1.0$

安全等级为三级时， $\gamma_0 \geq 0.9$

### 3.4 结构上的作用与荷载是否是同一个概念，为什么？恒载与活载有什么区别？

答：结构上的作用与荷载不是同一个概念，作用除荷载外，还有那些引起结构约束变形和外加变形的原因。

恒载：在设计基准期内量值不随时间变化，或其变化量与其平均值相比可以忽略的荷载。

活载：在设计基准期内量值不随时间变化，或其变化量与其平均值相比不可以忽略的荷载。

### 3.5 什么是荷载效应 S？荷载使构件产生的变形是否也称荷载效应？什么是结构抗力 R，为什么说 S 和 R 都是随机变量？ $R>S$ ， $R=S$ 和 $R<S$ 各表示什么意义？

答：(1) 荷载效应 S：由荷载引起的结构的反应，如变形和裂缝；变形也称为荷载效应；

(2) 结构抗力 R：结构或构件承受荷载效应的能力；

。(3) 由于建筑材料的离散性、结构设计尺寸和实际尺寸的偏差、设计荷载与实际荷载的取值偏差等各种不确定性说明，S 和 R 都是随机变量；

(4)  $R>S$  表示结构抗力大于结构效应，安全可靠； $R=S$  表示结构抗力等于结构效应，结构处于极限状态； $R<S$  表示结构抗力小于结构效应，不可靠。

### 3.6 失效概率 $P_f$ 的意义是什么？可靠指标限值 $[\beta]$ 与它有什么关系？

答：失效概率：即结构不能完成预定功能的概率，用  $P_f$  表示；

可靠度指标  $\beta$  与失效概率  $P_f$  一一对应 ( $\beta$  越大， $P_f$  越小，可靠度越高)。

### 3.7 结构构件截面承载能力的极限状态设计表达式是什么？它是怎样得出来的？在表达式中是怎样体现结构可靠度的？

答：结构构件截面承载能力的极限状态设计表达式是： $\gamma_0 S \leq R$

考虑到设计习惯和使用方便，规范将极限状态方程转化为以基本变量的标准值和相应分项系数表达的极限状态实用设计表达式而得到上述公式；在表达式中是通过验证结构效应与结构抗力大小来体现结构可靠度的。

### 3.8 为什么说从理论上讲，绝对可靠的结构是没有的？

答：由于荷载的不确定性、材料的离散性、结构尺寸的改变、环境因素的影响，会改变设计时所考虑的因素，有可能超过可靠范围。

### 3.9 什么是荷载的基本代表值？恒载的代表值是什么？活载的代表值有几个？荷载设计值与标准值有什么关系？

答：荷载的基本代表值是荷载标准值；恒载的代表值是标准值；活载的代表值有四个：

标准值、频遇值、组合值和准永久值；荷载设计值等于荷载标准值乘以荷载分项系数。

### 3.10 钢筋的标准强度是怎样采用的？混凝土立方体抗压强度标准值是怎样采用的？材料的设计强度与标准强度有什么关系？

答：(1) 钢筋的标准强度如下采用：

对于有明显物理流限的钢筋，采用国标规定的屈服点即屈服强度作为去爱高难度等级；对于无明显物理流限的预应力钢筋，采用国标规定的极限抗拉强度标准值来确定标准强度；

(2) 混凝土立方体抗压强度标准值取值原则是超值保证率 95%，即取强度总体分布的 0.05 分位值或平均值减去 1.645 倍标准差；(3) 材料设计强度等于材料标准强度除以材料分项系数。

## 第四章

### 思考题

#### 4.1 轴心受压构件中的纵向钢筋和箍筋分别起什么作用？

答：轴心受压构件中纵向钢筋的作用：

- (1) 协助混凝土受压，减小截面尺寸及构件自重；
- (2) 承受可能出现的不大的弯矩，并减少混凝土的收缩徐变；
- (3) 承担温度变化引起的拉应力；
- (4) 防止构件的脆性破坏。

轴心受压构件中箍筋的作用：

- (1) 防止纵筋压屈；
- (2) 改善构件延性；
- (3) 与纵筋形成钢筋骨架，便于施工。
- (4) 螺旋箍筋柱中约束核心部分混凝土的横向变形，使混凝土处于三向受压状态，提高混凝土的强度，更重要的提高构件破坏时的延性。

#### 4.2 轴心受压构件的破坏属于脆性破坏还是塑性破坏？能否通过改变纵筋配筋率来改变构件破坏时的延性？

答：普通箍筋轴心受压构件的破坏为脆性破坏，螺旋箍筋轴心受压构件的破坏为延性破坏；可以通过改变纵筋配筋率来改变构件破坏时的延性。

#### 4.4 为什么配置螺旋箍筋的轴心受压构件的承载力不能大于 $1.5[0.9\varphi (f_c A + f_y' A_s)]$ ？

答：采用螺旋箍筋虽然能够提高柱受压承载力，但由于螺旋箍筋对混凝土保护层没有约束作用，配置过多的螺旋箍筋受压构件，在远未达到受压极限承载力之前，混凝土保护层已经脱落，从而影响正常使用，因此，配置螺旋箍筋的轴心受压构件的承载力不能大于  $1.5[0.9\varphi (f_c A + f_y' A_s)]$ 。

#### 4.5 哪些受压构件不适宜配置螺旋箍筋？为什么？

答：不满足螺旋箍筋最小配筋率原则的受压构件不适宜配置螺旋箍筋，例如对于长细比较大的构件，因为长细比过大，在受压时发生弯曲，螺旋箍筋不能充分发挥作用。

#### 4.6 混凝土徐变会导致轴心受压构件中纵向钢筋和混凝土应力发生什么变化？混凝土的收

### 缩徐变会影响轴心受压构件的受压承载力吗?

答: 混凝土徐变会导致轴心受压构件中纵向钢筋应力增加, 混凝土应力减少;  
会降低受压构件的受压承载力。

### 4.7 轴心受压构件破坏时, 纵向钢筋应力是否总是可以达到 $f_y$ ? 采用很高强度的钢筋是否合适?

答: 轴心受压构件破坏时, 纵向钢筋应力不总是可以达到  $f_y$ , 例如采用长细比较大的构件或采用高强度钢筋; 当采用高强度钢筋时不合适, 因为此时高强度钢筋不能充分发挥作用。

### 4.8 钢筋应力与钢筋周边同位置混凝土应力之间有什么关系?

答: 钢筋与钢筋周边同位置混凝土有相同的变形, 也即相同的应变, 根据本构关系,  
钢筋应力与钢筋周边同位置混凝土应力有如下关系:  $\sigma_s = \frac{\alpha_\varepsilon}{\nu} \sigma_c$

## 习题

4.1 某现浇钢筋混凝土轴心受压柱, 截面尺寸为  $b \times h = 400\text{mm} \times 400\text{mm}$ , 计算高度  $l_0 = 4.2\text{m}$ , 承受永久荷载产生的轴向压力标准值  $N_{Gk} = 1600\text{kN}$ , 可变荷载产生的轴向压力标准值  $N_{Qk} = 1000\text{kN}$ , 采用 C35 混凝土, HRB335 钢筋。结构重要性系数为 1.0。求截面配筋面积。

【解】: 查附表:

$$f_c = 16.7\text{MPa}, f_y = 300\text{MPa}, \frac{l_0}{b} = \frac{4200}{400} = 10.5, \text{查表得 } \varphi = 0.958$$

$$N_1 = 1.2 \times N_{Gk} + 1.4 \times N_{Qk} = 3140\text{kN}$$

$$N_2 = 1.35 \times N_{Gk} + 1.4 \times 0.7 \times N_{Qk} = 3320\text{kN}$$

$$N = \max(N_1, N_2) = 3320\text{kN}$$

$$A's = \frac{\frac{\gamma_0 N}{0.9\varphi} - f_c A}{f_y} = \frac{\frac{1.0 \times 3320 \times 10^3}{0.9 \times 0.958} - 16.7 \times 400 \times 400}{300} = 3929\text{mm}^2$$

4.2 已知圆形截面轴心受压柱, 直径  $d = 500\text{mm}$ , 柱计算长度  $l_0 = 3.5\text{m}$ 。采用 C30 混凝土, 沿周围均匀布置 6 根直径为 20mm 的 HRB400 纵向钢筋, 采用 HRB335 等级的螺旋箍筋, 直径为 10mm, 间距  $s = 50\text{mm}$ 。纵筋外层至截面边缘的混凝土保护层  $c = 30\text{mm}$ 。求此柱所能承受的最大轴力设计值。

【解】:

$$\text{构件截面面积 } A = \frac{3.14 \times 500^2}{4} = 196350\text{mm}^2$$

$$\text{构件长细比 } \frac{l_0}{d} = \frac{3500}{500} = 7 \quad \text{取 } \varphi = 1$$

因  $s = 50\text{mm} < 80\text{mm}$

混凝土保护层厚度  $c = 30\text{mm}$ ，箍筋直径  $d' = 10\text{mm}$ ，

则  $d_{cor} = d - 2c - 2d' = 420\text{mm}$

$$A_{ss1} = \frac{3.14 \times 10^2}{4} = 78.5\text{mm}^2 \quad A_{ss0} = \frac{3.14 \times 420 \times 78.5}{50} = 2072\text{mm}^2$$

$$\frac{A_{ss0}}{A'_s} = \frac{2072}{1884} = 1.1 > 0.25, \text{ 按照螺旋箍筋柱计算}$$

螺旋箍筋柱承载力： $N_u = 0.9(f_c A_{cor} + 2\alpha A_{ss0} + f'_y A'_s) = 3736.1\text{kN}$

普通箍筋柱承载力： $N'_u = 0.9\varphi(f_c A + f'_y A'_s) = 3137.4\text{kN}$

$$\frac{N_u}{N'_u} = \frac{3736.1}{3137.4} = 1.19 < 1.5$$

## 第五章

### 思考题

5.1 在外荷载作用下，受弯构件任意截面上存在哪些可能的内力？

答：可能存在的内力有：弯矩，剪力，扭矩，以及以上内力的组合。

5.2 钢筋混凝土梁有哪几种破坏形式？各自的破坏特点是什么？

答：钢筋混凝土受弯构件正截面的破坏形态有三种：（1）适筋截面破坏：纵向受拉钢筋先屈服，然后受压区混凝土被压坏，破坏前有较大的裂缝宽度和挠度，有明显的预兆，破坏不突然，属于塑性破坏；（2）超筋截面破坏：纵向受拉钢筋未屈服而受压区混凝土先被压坏。由于混凝土是脆性材料，破坏突然且没有明显预兆，属于脆性破坏；（3）少筋截面破坏：受拉区混凝土一旦开裂，受拉钢筋就屈服，甚至进入强化阶段而破坏，破坏前不仅没有明显预兆，能承受的荷载也很小，也属于脆性破坏。

5.3 适筋梁从加载到破坏经历了哪几个应力阶段？各是什么情况计算的依据？

答：适筋梁从加载到破坏经历了三个应力阶段：

弹性工作阶段（第一阶段初）为预应力混凝土梁计算的依据；即将开裂阶段（第一阶段末）为抗裂计算的依据；带裂工作阶段（第二阶段）是正常使用极限状态计算的依据；破坏阶段（第三阶段）为承载能力极限状态计算的依据。

5.4 什么时配筋率？配筋率对钢筋混凝土梁正截面破坏有何影响？

答：所配钢筋截面面积与构件截面面积的比值称为配筋率；提高构件的纵筋配筋率，可以提高梁正截面极限承载力；提高箍筋的配筋率可以提高构件破坏时的延性。

5.5 最小配筋率是根据什么原则确定的？界限受压高度是根据什么情况得出的？

答：最小配筋率确定的原则：按钢筋混凝土计算方法计算的破坏弯矩  $M_u$  等于按素混凝土

土计算方法计算的破坏弯矩  $M_u$  (开裂弯矩)；界限受压高度是根据构件达到界限破坏时确定的。

### 5.6 根据最小配筋率的确定原则如何计算开裂弯矩？又如何计算超筋梁的正截面受弯承载力？

答：最小配筋率确定的原则：按钢筋混凝土计算方法计算的破坏弯矩  $M_u$  等于按素混凝土计算方法计算的破坏弯矩  $M_u$  (开裂弯矩)，根据这个原则，以及已知截面尺寸和最小配筋率，可以反求开裂弯矩；超筋梁的正截面受弯承载力就是适筋梁界限破坏时的承载力。

### 5.7 受弯构件正截面承载力计算的基本假定有哪些？这些假定是否可用于其他构件的正截面承载力计算？

答：四个基本假定：

- (1) 平截面假定；
- (2) 受拉区混凝土不参与工作假定；
- (3) 混凝土受压的应力与应变曲线采用曲线加直线段形式；
- (4) 纵向受拉钢筋的应力取钢筋应变与其弹性模量的乘积，但其绝对值不应大于其相应的强度设计值，纵向受拉钢筋极限拉应变取为 0.01。

这些基本假定可以用于其他构件的正截面承载力计算。

### 5.8 钢筋混凝土梁正截面承载力计算经由实际应力分布→理论应力分布→计算简图，从实际应力分布→理论应力分布的依据是什么？理论应力分布→计算简图的根据（或原则）又是什么？

答：实际应力分布→理论应力分布的依据是四个基本假定；

理论应力分布→计算简图的根据（或原则）是等效原则。

### 5.9 钢筋混凝土梁设计成单筋梁而出现超筋时，理论上修改设计的方法有哪些？工程中又有哪些方法？

答：理论修改方法：(1) 提高混凝土强度；(2) 增大混凝土构件截面尺寸；(3) 采用双筋梁；工程中：增大混凝土构件截面尺寸。

### 5.10 双筋梁就本身是不经济的，在什么情况下采用双筋梁？各自可能出于什么方面的考虑？

答：双筋梁使用条件：

- (1) 当梁的截面尺寸受到限制，在已采用最大截面的情况下，设计成单筋梁时出现超筋；
- (2) 当梁截面受到变号弯矩作用时。
- (3) 因某种原因，在构件受压区已经布置了一定数量的钢筋

第一种出于经济考虑，第二种出于受力考虑，第三种出于受力+经济考虑。

### 5.11 T 形截面梁为什么要规定计算宽度？计算宽度考虑了哪些方面的因素？

答：由于剪力滞后的影响，使受压翼缘的压应力在距中和轴同一距离的线上不均匀分布，距离腹板越近，压应力越大；反之，距离腹板的距离越大，压应力越小。如果按均匀分布考虑并以达到其抗压强度计算必然不安全，所以要规定 T 形梁的计算宽度  $b'_f$ 。

计算宽度  $b'_f$  需要考虑的因素：

翼缘板厚度  $h'_f$ 、梁的计算长度  $l_0$ 、梁肋净距  $S_n$

## 5.12 外形上的 T 形截面梁有哪几类？何为倒 T 形截面？第一、二 T 形截面如何判别？

答：外形上的 T 形截面梁有三类：

倒 T 形截面：翼缘在受拉区的 T 形截面

在进行截面复核时（判别式为力平衡），

当  $f_y A_s \leq \alpha_1 f_c b'_f h'_f$  时为第一类 T 形截面；

当  $f_y A_s > \alpha_1 f_c b'_f h'_f$  时为第二类 T 形截面

在进行截面设计时（判别式为弯矩平衡），

当  $M \leq \alpha_1 f_c b'_f h'_f (h_0 - \frac{h'_f}{2})$  时为第一类 T 形截面；

当  $M > \alpha_1 f_c b'_f h'_f (h_0 - \frac{h'_f}{2})$  时为第二类 T 形截面

## 习题

5.1 已知某钢筋混凝土单筋矩形截面梁尺寸  $b \times h = 250\text{mm} \times 450\text{mm}$ ，安全等级为二级，环境类别为一类，混凝土等级为 C40，配置 HRB500 纵向受拉钢筋 4 根直径为 16mm ( $A_s = 804\text{mm}^2$ )， $a_s = 35\text{mm}$ 。求该梁所能承受的极限弯矩设计值  $M_u$ 。

【解】：查附表：

$$f_c = 19.1\text{MPa}, f_t = 1.71\text{MPa}, f_y = 300\text{MPa} \quad h_0 = h - a_s = 450 - 35 = 415\text{mm}$$

$$x = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_c b} = 50.5\text{mm} \leq \zeta_b h_0 = 0.55 \times 415 = 228.3\text{mm}$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) = 94\text{kN}\cdot\text{m}, \quad \rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{f_t}{f_y})\% = 0.26\%$$

$$\rho = \frac{A_s}{bh} = 0.78\% > 0.26\%$$

5.2 已知某钢筋混凝土单筋单跨简支板，计算跨度为 2.18m，承受匀布荷载设计值  $g+q = 6.4\text{kN/m}^2$ （包括自重），安全等级为二级，混凝土等级为 C20，配置 HRB335 纵向受拉钢筋，环境类别为一类。试确定现浇板的厚度及所需受拉钢筋面积并配筋。

【解】：（1）基本数据准备

$$\text{假设板厚 } h = 80\text{mm}, \quad a_s = 15 + 10/2 = 20\text{mm}, \quad h_0 = h - a_s = 60\text{mm}$$

$$\text{查规范：} f_c = 9.6\text{MPa}, f_t = 1.1\text{MPa}, f_y = 210\text{MPa}, \alpha_1 = 1.0$$

（2）荷载设计值计算



取 1 米板宽作为计算单元，均布荷载设计值为： $q = 1 \times 6.4 = 6.4 \text{ kN/m}$

$$\text{跨中最大弯矩设计值为：} M = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \times 6.4 \times 2.18^2 = 3.8 \text{ kN.m}$$

(3) 设计受拉钢筋截面面积 ( $b=1\text{m}$ )

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = 0.11, \quad \zeta = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.117 < 0.550 = \zeta_b$$

$$A_s = \frac{\alpha_1 \zeta f_c b h_0}{f_y} = 321 \text{ mm}^2, \quad \text{选取 } \phi 8 @ 150, \quad A_s = 335 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{1.1}{210})\% = 0.24\% < \frac{A_s}{bh} = 0.56\%$$

5.3 已知某钢筋混凝土单筋矩形截面梁尺寸  $b \times h = 250 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ ，安全等级为二级，环境类别为一类，混凝土等级为 C20，配置 HRB335 纵向受拉钢筋，所能承受的荷载弯矩设计值  $M = 150 \text{ kN.m}$ ，试计算受拉钢筋截面面积。

【解】：假设纵筋布置成两排

$$a_s = 30 + 25 + 20/2 = 65 \text{ mm}, h_0 = h - a_s = 435 \text{ mm}$$

查规范： $f_c = 9.6 \text{ MPa}, f_t = 1.1 \text{ MPa}, f_y = 300 \text{ MPa}, \alpha_1 = 1.0$

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = 0.33, \quad \zeta = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.417 < 0.55 = \zeta_b$$

$$A_s = \frac{\alpha_1 \zeta f_c b h_0}{f_y} = 1451.16 \text{ mm}^2 > \rho_{\min} b h = 300 \text{ mm}^2$$

5.4 已知某钢筋混凝土单筋矩形截面梁，计算跨度 5.7m，承受匀布荷载，其中：永久荷载标准值为  $10 \text{ kN/m}$ （不包括梁自重），可变荷载标准值为  $10 \text{ kN/m}$ ，安全等级为二级，环境类别为一类，混凝土等级为 C30，配置 HRB335 纵向受拉钢筋。试确定梁的截面尺寸及纵向受拉钢筋的截面面积（混凝土容重为  $25 \text{ kN/m}^3$ ）。

【解】：(1) 初定梁的截面尺寸

$$h = \frac{l_0}{12} = 475 \text{ mm}, \text{取 } h = 500 \text{ mm}, \quad b = \frac{h}{2} = 250 \text{ mm}$$

$$a_s = 25 + 20/2 = 35 \text{ mm}, h_0 = h - a_s = 465 \text{ mm}$$

(2) 基本数据准备

查规范： $f_c = 14.3 \text{ MPa}, f_t = 1.43 \text{ MPa}, f_y = 300 \text{ MPa}, \alpha_1 = 1.0$

(3) 最大弯矩设计值 M

计算均布荷载设计值

$$q_1 = 1.2 \times q_{Gk} + 1.4 \times q_{Qk} = 1.2 \times (10 + 0.25 \times 0.5 \times 25) + 1.4 \times 10 = 29.75 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 1.35 \times q_{GK} + 1.4 \times 0.7 \times q_{QK} = 27.52 \text{ kN/m} \quad q = \max(q_1, q_2) = 29.75 \text{ kN/m}$$

$$M = \frac{1}{8} q l^2 = 120.82 \text{ kN.m}$$

(4) 计算受拉钢筋面积

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = 0.156, \quad \zeta = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.171$$

$$A_s = \frac{\alpha_1 \zeta f_c b h_0}{f_y} = 948 \text{ mm}^2, \quad \text{选 } 3\Phi 20, A_s = 942 \text{ mm}^2$$

验算：

$$\zeta_b = 0.55 > \zeta = 0.171$$

$$\rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{1.1}{210})\% = 0.215\% < \frac{A_s}{bh} = 0.8\%$$

5.5 已知某钢筋混凝土双筋矩形截面梁，承受的荷载弯矩设计值  $M = 225 \text{ kN.m}$ ，混凝土截面尺寸  $b \times h = 250 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ ，安全等级为二级，混凝土等级为 C30，配置 HRB500 纵向受拉钢筋 3 根直径为 25mm ( $A_s = 1473 \text{ mm}^2$ )，HRB500 纵向受压钢筋 2 根直径为 16mm ( $A'_s = 402 \text{ mm}^2$ )。  $a_s = 55.5 \text{ mm}$ ，  $a'_s = 51 \text{ mm}$ ，求该梁所能承受的极限弯矩设计值  $M_u$ ，并判断是否安全。

【解】：(1) 基本数据准备

$$f_c = 14.3 \text{ MPa}, f_t = 1.43 \text{ MPa}, f_y = 410 \text{ MPa}, f'_y = 410 \text{ MPa}, \alpha_1 = 1.0$$

$$h_0 = h - a_s = 500 - 55.5 = 444.5 \text{ mm}$$

(2) 计算极限弯矩设计值

$$x = \frac{f_y A_s - f'_y A'_s}{\alpha_1 f_c b} = 122.83 \text{ mm} > 2a'_s = 102 \text{ mm}$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s) = 233.075 \text{ kN.m} > 225 \text{ kN.m} \quad \text{正截面抗弯安全。}$$

(3) 验算适用条件

$$\rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{1.43}{410})\% = 0.2\% < \frac{A_s}{bh} = 1.18\%$$

$$\rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{1.43}{410})\% = 0.2\% < \frac{A_s}{bh} = 1.18\%$$

$$\zeta = \frac{x}{h_0} = \frac{122.83}{444.5} = 0.276 < 0.482 = \zeta_b$$

5.6 已知某钢筋混凝土双筋矩形截面梁，承受的荷载弯矩设计值  $M = 420 \text{ kN.m}$ ，混凝土截面梁尺寸  $b \times h = 300 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ ，安全等级为二级，环境类别为一类，混凝土等级为 C20，

**配置 HRB335 纵向受压钢筋 3 根直径为 25mm ( $A'_s = 1473\text{mm}^2$ ,  $a'_s = 45.5\text{mm}$ )。试设计纵向受拉钢筋  $A_s$ 。**

**【解】：**(1) 基本数据准备

$$f_c = 9.6\text{MPa}, f_t = 1.1\text{MPa}, f_y = 300\text{MPa}, f'_y = 300\text{MPa}, \alpha_1 = 1.0$$

$$\text{假设 } a_s = 65\text{mm}, h_0 = h - a_s = 600 - 65 = 535\text{mm}$$

(2) 计算纵向受拉钢筋

$$\text{由 } f_y A_{s2} = f'_y A'_s \text{ 得 } A_{s2} = \frac{f'_y A'_s}{f_y} = 1473\text{mm}^2$$

$$M_{u2} = f_y A_{s2} (h_0 - a'_s) = 216.3\text{kN.m}$$

$$M_{u1} = M - M_{u2} = 420 - 216.3 = 203.7\text{kN.m} \quad M_{u1} = M - M_{u2} = 420 - 216.3 = 203.7\text{kN.m}$$

$$\alpha_s = \frac{M_{u1}}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = 0.247, \zeta = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.289 < 0.550$$

$$A_{s1} = \frac{\alpha_1 f_c b h_0 \zeta}{f_y} = 1484.3\text{mm}^2, \text{ 则 } A_s = A_{s1} + A_{s2} = 1473 + 1484.3 = 2957.3\text{mm}^2$$

**5.7 已知条件除纵向受压钢筋外与习题 5.6 相同。试设计纵向受拉钢筋  $A_s$ 、纵向受拉钢筋  $A'_s$ 。**

**【解】：**(1) 基本数据准备

$$f_c = 9.6\text{MPa}, f_t = 1.1\text{MPa}, f_y = 300\text{MPa}, f'_y = 300\text{MPa}, \alpha_1 = 1.0$$

$$\text{假设 } a_s = 65\text{mm}, h_0 = h - a_s = 600 - 65 = 535\text{mm}$$

(2) 取  $\zeta = \zeta_b = 0.550$ ,  $\gamma_s = 1 - 0.5\zeta = 0.725$

$$M_{u1} = \zeta_b (1 - 0.5\zeta_b) \alpha_1 f_c b h_0^2 = 328.9\text{kN.m}$$

$$A_{s1} = \frac{M_{u1}}{\gamma_s h_0 f_y} = 2826.5\text{mm}^2, \quad M_{u2} = M - M_{u1} = 420 - 328.9 = 91.1\text{kN.m}$$

$$A_{s2} = \frac{M_{u2}}{f_y (h_0 - a'_s)} = 620.36\text{mm}^2, \quad f_y A_{s2} = f'_y A'_s \text{ 得 } A'_s = \frac{f_y A_{s2}}{f'_y} = 620.36\text{mm}^2$$

$$\text{则 } A_s = A_{s1} + A_{s2} = 2826.5 + 620.36 = 3446.86\text{mm}^2 > \rho_{\min} b h$$

**5.8 已知某钢筋混凝土 T 形截面独立梁，承受的荷载弯矩设计值  $M = 220\text{kN.m}$ ，混凝土截面尺寸  $b'_f = 500\text{mm}, b = 250\text{mm}, h'_f = 80\text{mm}, h = 600\text{mm}$ ，安全等级为二级，混凝土等级为 C30，配置 HRB335 纵向受拉钢筋 5 根直径为 20mm ( $A_s = 1571\text{mm}^2$ ),  $a_s = 38\text{mm}$ 。试求该梁所能承受的极限弯矩设计值  $M_u$ ，并判断是否安全。**

**【解】：**(1) 基本数据准备

$$f_c = 14.3\text{MPa}, f_t = 1.43\text{MPa}, f_y = 300\text{MPa}, \alpha_1 = 1.0, h_0 = h - a_s = 600 - 38 = 562\text{mm}$$

(2) 判断所属截面类型

$$\alpha_1 f_c b' h_f' = 57200 N > f_y A_s = 471300 N \quad \text{为第一类 T 形梁}$$

$$x = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_c b} = 65.9 \text{ mm} < \zeta_b h_0 = 309.1 \text{ mm}$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b' h_f' (h_0 - 0.5x) = 249.28 \text{ kN.m} > M = 220 \text{ kN.m} \quad \text{安全}$$

$$\rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{1.43}{300})\% = 0.215\% < \frac{A_s}{bh} = 1.11\%$$

5.9 已知某钢筋混凝土 T 形截面独立梁，承受的荷载弯矩设计值  $M = 500 \text{ kN.m}$ ，截面尺寸  $b_f' = 600 \text{ mm}$ ,  $b = 250 \text{ mm}$ ,  $h_f' = 100 \text{ mm}$ ,  $h = 800 \text{ mm}$ ，安全等级为二级，混凝土等级为 C20，配置 HRB335 纵向受拉钢筋 8 根直径为 20mm ( $A_s = 2513 \text{ mm}^2$ )， $a_s = 65.5 \text{ mm}$ 。试求该梁所能承受的极限弯矩设计值  $M_u$ ，并判断是否安全。

【解】：(1) 基本数据准备

$$f_c = 9.6 \text{ MPa}, f_t = 1.1 \text{ MPa}, f_y = 300 \text{ MPa}, \alpha_1 = 1.0, h_0 = h - a_s = 800 - 65.5 = 734.5 \text{ mm}$$

(2) 判断所属截面类型

$$\alpha_1 f_c b' h_f' = 57600 N < f_y A_s = 753900 N \quad \text{为第二类 T 形截面}$$

(3) 计算极限弯矩设计值

$$x = \frac{f_y A_s - \alpha_1 f_c (b_f' - b) h_f'}{\alpha_1 f_c b} = 174 \text{ mm}$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) + \alpha_1 f_c (b_f' - b) h_f' (h_0 - 0.5h_f') = 500.388 \text{ kN.m} > 500 \text{ kN.m} = M$$

故安全。

5.10 已知某钢筋混凝土 T 形截面独立梁，承受的荷载弯矩设计值  $M = 600 \text{ kN.m}$ ，截面尺寸  $b_f' = 600 \text{ mm}$ ,  $b = 300 \text{ mm}$ ,  $h_f' = 120 \text{ mm}$ ,  $h = 700 \text{ mm}$ ，安全等级为二级，混凝土等级为 C25，配置 HRB335 纵向受拉钢筋，试求纵向受拉钢筋的截面面积  $A_s$ 。

【解】：(1) 基本数据准备

$$f_c = 11.9 \text{ MPa}, f_t = 1.27 \text{ MPa}, f_y = 300 \text{ MPa}, \alpha_1 = 1.0$$

$$\text{估计受拉钢筋布置成两排: } h_0 = h - a_s = 640 \text{ mm}$$

(2) 判断所属截面类型

$$\alpha_1 f_c b' h_f' (h_0 - 0.5h_f') = 497 \text{ kN.m} < M = 600 \text{ kN.m} \quad \text{属于第二类 T 形截面}$$

(3) 计算受拉钢筋面积

由公式 (5.46)，有：

$$A_{s2} = \frac{\alpha_1 f_c (b'f - b) h'f}{f_y} = 1428 \text{ mm}^2, \text{ 由公式 (5.47), 有}$$

$$M_{u2} = f_y A_{s2} (h_0 - 0.5 h'f) = 248.47 \text{ kN.m}, \quad M_{u1} = M - M_{u2} = 351.53 \text{ kN.m}$$

由公式 (5.32), 有

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = 0.24, \quad \zeta = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.279, \quad \gamma_s = 1 - 0.5\zeta = 0.86$$

由公式 (5.33), 有

$$A_{s1} = \frac{M_{u1}}{\gamma_s h_0 f_y} = 2129 \text{ mm}^2, \quad A_s = A_{s1} + A_{s2} = 3557 \text{ mm}^2$$

(4) 验算适用条件

$$\zeta_b = 0.550 > 0.258 = \zeta$$

$$\rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{1.1}{210})\% = 0.2\% < \frac{A_s}{bh} = 1.85\%$$

## 第六章

### 思考题

#### 6.1 所谓的无腹筋梁（试验用的无腹筋梁）是什么梁？

答：只有纵筋没有腹筋的梁称为无腹筋梁。

#### 6.2 无腹筋简支梁斜裂缝出现后，受力情况发生了什么质的变化？

答：(1) 在纯弯段，随着荷载增加，受拉区边缘的最大主拉应力（弯曲拉应力）首先达到并超过混凝土的极限抗拉强度，垂直于主拉应力方向的裂缝（竖直裂缝）从受拉边缘开始并竖直向上发展，相应的截面承载力计算为正截面承载力计算；(2) 在弯剪段会出现弯剪斜裂缝和腹剪斜裂缝。

#### 6.3 什么叫腹剪斜裂缝和弯剪斜裂缝？

答：(1) 腹剪斜裂缝：对于 I 形截面梁，在受拉翼缘与腹板交界处既有较大的弯曲正应力，又有较大的剪应力，其主拉应力有可能大于受拉边缘的主拉应力，在这种情况下，斜裂缝将在受拉翼缘与腹板交界处开始出现，并斜向分别向上向下延伸，这样的斜裂缝称为腹剪斜裂缝；

(2) 弯剪斜裂缝：如果受拉边缘的主拉应力最大，则裂缝将从这里开始，方向为竖直方向，并斜向向上发展，这样的斜裂缝称为弯剪斜裂缝。

#### 6.4 什么是剪跨比？它对无腹筋梁斜截面受剪破坏有何影响？

答：(1) 剪跨比：使用荷载产生的弯矩 M 与使用荷载产生的剪力和有效高度  $h_0$  乘积的比值，即  $\lambda = \frac{M}{V h_0}$ ；(2) 影响：当  $3 < \lambda < 6$  时，容易发生斜拉脆性破坏；当  $1 < \lambda < 3$

时，容易发生剪压破坏；当  $\lambda < 1$  时，容易发生斜压脆性破坏。

### 6.5 无腹筋梁斜截面受剪破坏有哪几种？

答：斜拉破坏、斜压破坏和剪压破坏。

### 6.6 如何防止发生斜拉破坏和斜压破坏？

答：（1）防止斜拉破坏：通过验算箍筋最小配筋率来防止斜拉破坏；

（2）防止斜压破坏：验算截面限值条件。

### 6.7 箍筋配筋率是如何定义的？

答：所配箍筋截面面积与截面宽度和箍筋间距乘积的比值称为箍筋配筋率。

### 6.8 为什么要规定那个箍筋的最小配筋率而不规定弯起钢筋的最小配筋率？

答：弯起钢筋在某些情况下没有，故不规定弯起钢筋的最小配筋率。

### 6.9 在斜截面受剪计算时，应计算哪几种斜截面？哪种斜截面可能不止一个？

答：斜截面抗剪计算位置：计算位置是那些剪力设计值较大而抗剪承载力又较小的斜截面或抗剪承载力发生改变的截面，主要有以下截面：

（1）支座边缘处的截面；

（2）受拉区弯起钢筋起弯点截面；

（3）箍筋截面面积或间距改变处截面；

（4）腹板宽度改变处的截面。

### 6.10 箍筋为什么既要满足最小配筋率要求，又要满足最大间距要求？

答：为了使箍筋更好地充分发挥作用。

### 6.11 设计板时为何一般不进行斜截面受剪计算，不配置箍筋？

答：板中的剪力一般很小，板中的主要内力为弯矩，较小的剪力由混凝土和部分纵筋弯起承担即可。

### 6.12 板中弯起钢筋与梁中弯起钢筋的作用有什么不同？

答：梁中弯起钢筋在跨中附近和纵向受拉钢筋一样可以承担弯矩，在支座附近弯起后，其弯起段可以承担弯矩和剪力共同产生的主拉应力，弯起后的水平段有时还可以承担支座处的负弯矩。

板的受力特点是，跨中有正弯矩，支座由负弯矩。因此，跨中按最大正弯矩。

### 6.13 影响梁斜截面抗剪的主要因素有哪些？

答：剪跨比、混凝土强度等级、腹筋配置情况、纵向受拉钢筋配筋率、混凝土截面尺寸及形式、荷载作用方式、混凝土骨料品种。

### 6.14 何谓纵向受拉钢筋的“理论断点”和“充分利用点”？

答：（1）理论断点：在某一点截断某些纵向受力钢筋后，由剩下未截断钢筋充分发挥作用后，恰好能抵抗使用荷载下的弯矩，这一点就称为截断钢筋的理论断点。

（2）充分利用点：在某一点截断某些纵向受力钢筋后，由剩下未截断钢筋充分发挥作用后，恰好能抵抗使用荷载下的弯矩，这一点就称为未截断钢筋的充分利用点。

### 6.15 纵向受拉钢筋弯起时，为什么要伸过其“充分利用点”至少 $0.5h_0$ ？

答：只有伸过其“充分利用点”至少  $0.5h_0$ ，才能保证斜截面的抗弯承载力，只需构造配筋即可，不需验算斜截面的抗弯承载力。

#### 习题

6.1 已知某受均布荷载的钢筋混凝土矩形截面梁截面尺寸  $b \times h = 250\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，混凝土等级为 C20， $a_s = 40\text{mm}$ ，箍筋为 HPB300 级钢筋。剪力设计值  $V = 150\text{kN}$ ，环境类别为一类。采用  $\phi 6$  双臂箍筋。试设计箍筋间距  $s$ 。

【解】：(1) 基本数据准备

$$f_c = 9.6\text{MPa}, f_t = 1.1\text{MPa}, \beta_c = 1.0, f_{yv} = 270\text{MPa}, h_0 = 600 - 40 = 560\text{mm}$$

(2) 验算截面限值条件

$$\frac{h_w}{b} = \frac{560}{250} = 2.24 < 4 \text{ 属于一般梁}$$

$$V = 150\text{kN} \leq 0.25\beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1.0 \times 9.6 \times 250 \times 560 = 336\text{kN}$$

(3) 检查是否需要按计算设置箍筋

$$V = 150\text{kN} > 0.7 f_t b h_0 = 0.7 \times 1.1 \times 250 \times 560 = 107.8\text{kN} \quad \text{需要按计算配置箍筋}$$

(4) 设计箍筋

选用双臂直径为 6mm 的箍筋

$$A_{sv} = n A_{sv1} = 2 \times 50.3 = 100.6\text{mm}^2$$

$$s \leq \frac{1.25 h_0 A_{sv} f_{yv}}{V - 0.7 f_t b h_0} = \frac{1.25 \times 560 \times 100.6 \times 270}{150 \times 10^3 - 107800} = 253.49\text{mm} \quad \text{选 } s = 180\text{mm} < s_{\max} = 200\text{mm}$$

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{b s} = \frac{100.6}{250 \times 180} = 0.224\% > 0.24 \frac{f_t}{f_y} = 0.224\% \quad \text{合格}$$

6.2 某 T 形截面简支梁截面尺寸  $b \times h = 200\text{mm} \times 500\text{mm}$ ， $a_s = 40\text{mm}$ ， $b'_f = 400\text{mm}$ ， $h'_f = 100\text{mm}$ ，混凝土等级为 C25，箍筋为 HPB300 级钢筋；以承受集中荷载为主，支座边剪力设计值为  $V = 120\text{kN}$ ，剪跨比为 3。环境类别为一类，试设计箍筋。

【解】：(1) 基本数据准备

$$f_c = 11.9\text{MPa}, f_t = 1.27\text{MPa}, \beta_c = 1.0, f_{yv} = 270\text{MPa}, h_0 = 500 - 40 = 460\text{mm}$$

(2) 验算截面限制条件

$$\frac{h_w}{b} = \frac{460}{200} = 2.3 < 4 \text{ 属于一般梁}$$

$$V = 120\text{kN} < 0.25\beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1.0 \times 11.9 \times 200 \times 460 = 273.7\text{kN}$$

(3) 检查是否需按计算设置箍筋

$$V = 120kN > \frac{1.75}{\lambda + 1} f_t b h_0 = 51.1kN.m \quad \text{需要按计算配置箍筋}$$

(4) 设计箍筋

$$\text{选用双肢}\phi 8 \text{ 箍筋} \quad A_{sv} = nA_{sv1} = 2 \times 50.3 = 100.6mm^2$$

$$s \leq \frac{h_0 A_{sv} f_{yv}}{V - \frac{1.75}{\lambda + 1} f_t b h_0} = 144mm$$

$$\text{取 } s = 140mm < s_{\max} = 200mm \quad \text{取}$$

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = \frac{100.6}{200 \times 140} = 0.36\% > 0.24 \frac{f_t}{f_y} = 0.113\%$$

**6.3** 已知某受均布荷载的钢筋混凝土矩形截面梁，计算跨度  $l_0 = 6m$ ，净跨  $l_n = 5740mm$ ，截面尺寸  $b \times h = 250mm \times 550mm$ ，采用 C30 混凝土，HRB335 级纵向钢筋和 HPB300 级箍筋。若梁的纵向受拉钢筋为 4 $\phi 22$  ( $a_s = 37mm$ )。

试求：当采用  $\phi 6@130$  双肢箍筋时，梁所能承受的荷载设计值  $g+q$ ？

【解】：(1) 基本数据准备

$$f_c = 14.3MPa, f_t = 1.43MPa, \beta_c = 1.0, f_{yv} = 210MPa, f_y = 300MPa$$

$$h_0 = 550 - 37 = 513mm \quad A_s = 1520mm^2, A_{sv} = nA_{sv1} = 56.6mm^2$$

(2) 按正截面抗弯承载力计算所能承受的均布荷载设计值  $g_1 + q_1$

$$x = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_c b} = \frac{300 \times 1520}{1.0 \times 14.3 \times 250} = 127.6mm \leq \zeta_b h_0 = 0.55 \times 513 = 282.7mm$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x) = 205.4kN.m \quad g_1 + q_1 = \frac{8M_u}{l_0^2} = \frac{8 \times 205.4}{6^2} = 45.6kN/m$$

$$\rho_{\min} = \max(0.2, 0.45 \frac{f_t}{f_y})\% = 0.215\% < \rho = \frac{A_s}{bh_0} = 1.18\%$$

(3) 按斜截面抗剪承载力计算所能承受的均布荷载设计值  $g_2 + q_2$

$$V_u = V_{cs} = 0.7 f_t b h_0 + 1.25 \frac{h_0}{s} A_{sv} f_{yv}$$

$$= 0.7 \times 1.43 \times 250 \times 514 + 1.25 \times \frac{514}{130} \times 56.6 \times 210 = 187.4kN$$

$$V_u = 187.4kN \leq 0.25 \beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1 \times 14.3 \times 250 \times 514 = 459.4kN$$

$$g_2 + q_2 = \frac{2V_u}{l_n} = \frac{2 \times 187.4}{5.74} = 65.3kN/m$$



$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = \frac{56.6}{250 \times 130} = 0.17\% > 0.24 \frac{f_t}{f_y} = 0.16\%$$

(4) 该梁能承受的均布荷载设计值  $g+q$

$$g+q = \min(g_1+q_1, g_2+q_2) = 45.6 \text{ kN/m}$$

## 第七章

### 思考题

7.1 矩形素混凝土构件在扭矩作用下，裂缝是如何形成和发展的？最后的破坏形态是什么样？与配筋混凝土构件比较有何异同？

答：矩形素混凝土构件在扭矩作用下，产生主拉应力，当主拉应力超过混凝土的抗拉强度时，就会产生裂缝；最后的破坏形态为一个空间扭曲破坏面；素混凝土构件开裂后很快就破坏，为脆性破坏；而配置钢筋的混凝土构件开裂后延性更好，破坏没那么突然。

7.2 钢筋混凝土纯扭构件的开裂扭矩  $T_{cr}$  如何计算？什么是截面的抗扭塑性抵抗矩？矩形截面的抗扭塑性抵抗矩如何计算？

答：可以先按照塑性剪应力分布计算构件开裂扭矩，并引入修正降低系数以考虑非完全塑性剪应力分布的影响，同时 也为了安全起见，在按照塑性剪应力分布计算构件开裂扭矩的基础上乘以修正系数 0.7，即  $T_{cr} = 0.7 f_t W_t$

7.3 什么是配筋强度比  $\zeta$ ，写出其表达式，工程中常用的  $\zeta$  取值范围是多少？

答：单位截面核心部分周长的抗扭纵筋强度与单位箍筋间距内的抗扭箍筋强度之比即为配筋强度比  $\zeta$ ：

$$\zeta = \frac{A_{stl} f_y / u_{cor}}{A_{stl} f_{yv} / s} = \frac{A_{stl} S}{A_{stl} u_{cor}} \cdot \frac{f_y}{f_{yv}}$$

工程中常用的  $\zeta$  取值范围是  $1.0 \leq \zeta \leq 1.2$

7.4 钢筋混凝土受扭构件有哪几种破坏形态？试说明其发生的条件及破坏特征。

答：少筋破坏：(1) 发生条件：抗扭纵筋和箍筋都配置过少，或者两者中有一种配置过少；(2) 破坏特征：与构件中的受弯少筋梁类似，“一裂即坏”，破坏过程迅速而突然，无预兆，属于受拉脆性破坏；

适筋破坏：(1) 发生条件：抗扭纵筋和箍筋都合适 (2) 破坏特征：构件开裂后，与斜裂缝相交的纵筋和箍筋承担了大部分的拉应力。随着扭矩的增大，这两种钢筋都能够达到屈服强度，破坏时具有一定的延性；

部分超筋破坏：(1) 破坏条件：抗扭纵筋和箍筋的配筋量相差过大，或者配筋强度比  $\zeta$  不适当；(2) 破坏特征：构件破坏时，会出现一种钢筋达到屈服而另一种钢筋未达到屈服的情况。

完全超筋破坏：(1) 破坏条件：纵筋与箍筋都比较多；(2) 破坏特征：类似于受弯构件中的超筋梁，破坏前无预兆，属于脆性破坏。

### 7.5 在受扭构件中，如何避免少筋和完全超筋破坏？试比较正截面受弯、斜截面受剪、受纯扭和剪扭设计中防止超筋和少筋的措施？

答：防止少筋破坏：规定了抗扭纵筋和箍筋的最小配筋率来防止少筋破坏；

防止完全超筋破坏：符合构件截面尺寸限制条件。

### 7.6 什么是变角空间桁架模型？

答：开裂后的箱型截面受扭构件可以比拟为空间桁架模型，纵筋为受拉弦杆，箍筋为受拉腹杆，斜裂缝之间的混凝土为斜压腹杆，由于斜裂缝的角度是变化的，因此将此模型称为变角空间桁架模型。

### 7.7 在受扭构件中是否可以只配受扭纵筋而不配受扭箍筋？或只配受扭箍筋而不配受扭纵筋？受扭纵筋为什么要对称配置，并且在截面四角必须要设置？

答：在受扭构件中不可以只配受扭纵筋而不配受扭箍筋，也不可以只配受扭箍筋而不配受扭纵筋，只有二者同时布置时才能更好的抵抗扭矩；受扭纵筋对称配置，并且在截面四角必须要设置，抗扭纵向钢筋才能发挥抗扭的作用。

### 7.8 构件在弯矩和扭矩共同作用下有哪几种破坏形态？试说明其发生的条件及破坏特征。

《混规》如何处理开裂弯--扭承载力的相关关系？

答：《混规》采用简单纯受弯所需的纵筋与单纯受扭所需的纵筋分别计算后进行简单的叠加的方法来处理开裂弯--扭承载力的相关关系，简单且偏于安全。

### 7.9 试说明剪扭构件的剪--扭承载力相关关系有何特点。

答：对剪扭构件不能采用简单叠加的方法，必须考虑混凝土的剪扭相关作用，而仅对箍筋部分的抗扭贡献采用简单叠加的方法。

## 习题

7.1 有一钢筋混凝土矩形截面构件，截面尺寸  $b \times h = 250\text{mm} \times 400\text{mm}$ ；承受的扭矩设计值为  $T = 12.5\text{kN.m}$ ；混凝土强度等级采用 C25，纵向钢筋采用 HRB335 钢筋，箍筋采用 HPB300 钢筋。试计算所需要的受扭纵筋和箍筋，并画出截面的配筋图。

【解】：(1) 基本数据准备

$$f_c = 11.9\text{MPa}, f_t = 1.27\text{MPa}, f_{yv} = 210\text{MPa}, f_y = 300\text{MPa}$$

$$\text{混凝土保护层厚度 } c = 25\text{mm}, h_{cor} = 400 - 2 \times 25 = 350\text{mm}, b_{cor} = 250 - 2 \times 25 = 200\text{mm}$$

$$A_{cor} = b_{cor} \times h_{cor} = 200 \times 350 = 70000\text{mm}^2$$

$$U_{cor} = 2(b_{cor} + h_{cor}) = 1100\text{mm}$$

(2) 验算截面尺寸

$$W_t = \frac{b^2}{6}(3h-b) = 9.9 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\frac{T}{W_t} = \frac{12.5 \times 10^6}{9.9 \times 10^6} = 1.26 \text{ MPa} \leq 0.2\beta_{cf}c = 2.38 \text{ MPa}$$

$$> 0.7f_t = 0.7 \times 1.27 = 0.89 \text{ MPa} \quad \text{需计算配筋}$$

### (3) 受扭计算

受扭箍筋： 设  $\zeta = 1.2$

$$\frac{A_{st1}}{s} = \frac{T - 0.35f_tW_t}{1.2\sqrt{\zeta}f_{yv}A_{cor}} = 0.42 \quad \text{选}\phi 8 \text{ 箍筋} \quad s \leq \frac{50.3}{0.42} = 119 \text{ mm}, \text{选} s = 110 \text{ mm}$$

$$\text{验算} \quad \rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = 0.37\% \geq \rho_{sv, \min} = \frac{A_{sv, \min}}{bs} = 0.28 \times \frac{f_t}{f_y} = 0.17\%$$

受扭纵筋

$$A_{stl} = \zeta \frac{A_{st1} \cdot f_{yv}}{s \cdot f_y} u_{cor} = 388 \text{ mm}^2, \quad \rho_{tl} = \frac{388}{250 \times 400} = 0.39\% \\ \leq \rho_{tl, \min} = 0.85 \frac{f_t}{f_y} = 0.43\%$$

按照最小配筋率选配钢筋，选 4 $\phi 12$   $A_{stl} = 452 \text{ mm}^2$

**7.2** 已知某钢筋混凝土矩形截面构件截面尺寸  $b \times h = 300 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}$ ；承受的扭矩设计值  $T = 12.5 \text{ kN.m}$ ；混凝土强度等级采用 C30，纵向钢筋采用 HRB335 钢筋，箍筋采用 HPB300 钢筋。均布荷载作用下的剪力设计值  $V = 245 \text{ kN}$ ；假定纵向受力钢筋为两排，取  $h_0 = 640 \text{ mm}$ ，混凝土的保护层厚度为 25mm。试计算截面配筋。

**【解】：** 不考

**7.3** 已知某一均布荷载作用下的钢筋混凝土矩形构件截面尺寸  $b \times h = 250 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ ；承受的弯矩设计值  $M = 52 \text{ kN.m}$ ，扭矩设计值  $T = 3.5 \text{ kN.m}$ ，剪力设计值  $V = 35 \text{ kN}$ ；混凝土强度等级采用 C25，纵向钢筋采用 HRB335 钢筋，箍筋采用 HPB300 钢筋；混凝土的保护层厚度为 25mm。试计算截面配筋，并画出截面配筋图。

**【解】：** 不考

## 第八章

### 思考题

**8.1** 偏心受压构件正截面破坏形态有几种？大、小偏心受压破坏形态有哪些不同？

答：(1) 偏心受压构件正截面破坏形态有两种：大、小偏心受压；(2) 大偏心受压破坏与适筋的双筋受弯构件相似，有明显的预兆，为延性破坏；小偏心受压破坏无明显的预兆，为脆性破坏。

## 8.2 偏心受压构件正截面破坏特征与哪些因素有关？如何判断属于受压还是受拉破坏？偏心距较大时为什么也会发生受压破坏？

答：(1) 偏心受压构件正截面破坏特征的影响因素：偏心距大小、钢筋布置多少、构件的长细比；(2) 当  $\zeta \leq \zeta_b$  时为受压破坏，当  $\zeta > \zeta_b$  时为受拉破坏；(3) 虽然偏心距较大，但当远力侧钢筋比近力侧钢筋数量多时，会出现“反向破坏”，属于受压破坏的一种。

## 8.3 偏心受压构件正截面承载力计算采用了哪些计算基本假设？

答：偏心受压构件正截面承载力计算采用的基本假设，同受弯构件的基本假设：

- (1) 平截面假定；
- (2) 受拉区混凝土不参与工作假定；
- (3) 混凝土受压的应力与应变曲线采用曲线加直线段形式；
- (4) 纵向受拉钢筋的应力取钢筋应变与其弹性模量的乘积，但其绝对值不应大于其相应的强度设计值，纵向受拉钢筋极限拉应变取为 0.01。

## 8.4 轴心受压构件和偏心受压构件纵向钢筋的配筋率要满足哪些要求？

答：(1) 轴心受压构件配筋率需要满足的要求：

配筋率  $\rho = 0.6\% \sim 5\%$ ，单侧配筋率  $\rho \geq 0.2\%$

(2) 偏心受压构件纵向钢筋的配筋率要满足的要求：

一侧纵筋： $\rho = \frac{A_s}{bh} \geq \rho_{\min} = 0.2\%$ ,  $\rho' = \frac{A'_s}{bh} \geq \rho'_{\min} = 0.2\%$

全部纵筋：

$$A_s + A'_s \geq \rho'_{\min} bh = \begin{cases} 0.005bh \dots\dots\dots (f_{yk} = 500MPa) \\ 0.0055bh \dots\dots\dots (f_{yk} = 400MPa) \\ 0.006bh \dots\dots\dots (f_{yk} = 300MPa, f_{yk} = 335MPa) \end{cases}$$

## 8.5 如何利用偏心距来判断大、小偏心受压？这种判断严格吗？

答：(1) 当  $e_i > 0.3h_0$  时，为大偏心受压构件；当  $e_i < 0.3h_0$  时，为小偏心受压构件；

(2) 这种判断不严格，因为这种判断公式的推导过程采用了近似处理的方法，存在一定的误差。

## 8.6 M-N 相关曲线是如何得到的，可以用它来说明哪些问题？

答：M-N 曲线可以由试验结果确定，也可以由计算得到；可以用 M-N 曲线来说明轴向力与弯矩变化时，构件出于安全状态还是非安全状态等。

## 8.7 已知两组内力 $(N_1, M_1)$ 和 $(N_2, M_2)$ ，采用对称配筋，判断以下情况哪组内力的配筋大？

- (1)  $N_1 = N_2, M_2 > M_1$  ；

$$(2) \quad N_1 < N_2 < N_b, M_2 = M_1 ;$$

$$(3) \quad N_b < N_1 < N_2, M_2 = M_1 。$$

答：(1) ( $N_2, M_2$ ) 的配筋大；(2) ( $N_1, M_1$ ) 的配筋大；(3) ( $N_1, M_1$ ) 的配筋大。

### 8.8 为什么要考虑附加偏心距？

答：考虑工程中荷载作用位置的偏差、混凝土质量的不均匀性、配筋不对称以及施工制造误差等使附近弯矩增大，设计时要考虑上述因素的影响，故要引入附加偏心距的影响。

### 8.9 在外力 $M$ 、 $N$ 作用下，采用对称配筋，若计算结果 $A_s = A'_s < 0$ ，该如何配筋？

答：偏安全取  $A'_s = A_s = \frac{Ne'}{f_y(h_0 - a'_s)}$ 。

### 8.10 偏心受压构件为什么会发生“反向破坏”，即为何远力侧纵筋先被破坏？

答：当相对偏心距很小，且远力侧钢筋  $A_s$  相对近力侧钢筋  $A'_s$  较少时，换算截面形心轴有可能靠近  $A'_s$  一侧，偏心压力位于截面形心轴和截面几何中心之间，这样，在  $A_s$  布置得过少的一侧的混凝土反而负担较大的压应力，从而发生“反向破坏”。

### 8.11 对称配筋的偏心受压构件会发生“反向破坏”吗？

答：对称配筋时不会发生“反向破坏”。

### 8.12 按非对称配筋设计小偏心受压构件时，为什么可以先确定远侧钢筋面积 $A_s$ ？如何确定？

答：对于小偏心受压，(1) 当  $\zeta_b < \zeta < 2\beta_1 - \zeta_b$  时， $A_s$  无论配筋多少，都不能达到屈服，钢筋强度无法充分利用，所以按最小配筋率确定  $A_s$ ；(2) 当偏心距很小或  $A_s$  配置过少时，发生反向破坏”，此时全截面受压，按课本试 (8.26) 计算，即：

$$A_s = \max \left[ \begin{array}{l} \rho_{\min} b h \\ \frac{Ne - f_c b h (h - a_s - 0.5h)}{f_y (h - a'_s - a_s)} \\ \rho'_{\min} b h \end{array} \right]$$

### 8.13 例题 8.1 柱同时承受轴心压力 $N$ 和弯矩 $M$ ，试分析下列情况，破坏属于受拉破坏还是受压破坏？偏心受压构件的破坏特征与构件所受承载力大小是否有关？

- (1) 保持  $M=250\text{kN}\cdot\text{m}$  不变，增大或者减小  $N$  直到破坏；
- (2) 若保持轴心受压荷载  $N=2000\text{kN}$  不变，增大弯矩值直到破坏；
- (3) 若保持  $N=1000\text{kN}$ ，增大弯矩值直到破坏；
- (4) 若承受  $e_0=100\text{mm}$  偏心轴向压力  $N$ ，增大  $N$  值直到破坏。

答：(1) 当减小  $N$  直到破坏时，为受拉破坏；当增大  $N$  直到破坏时，为受压破坏；

(2) 为受压破坏；(3) 为受拉破坏；(4) 为受压破坏；

偏心受压构件的破坏特征与构件所受承载力大小有关。

### 8.14 短柱、长柱、细长柱的破坏特征有何不同？

答：短柱和长柱为材料破坏，但长柱需要考虑二阶效应的影响，细长柱为失稳破坏。

### 8.15 什么是 $P-\delta$ 效应？什么是 $P-\Delta$ 效应？

答： $P-\delta$  效应：在无侧移框架中，二阶效应主要是轴向压力在产生了挠曲变形的柱中引起的附加弯矩，通常称为  $P-\delta$  效应。

$P-\Delta$  效应：在有侧移的框架中，二阶效应主要是竖向荷载在产生了侧移的框架柱中引起的附加弯矩，通常称为  $P-\Delta$  效应。

### 8.16 大、小偏心受压构件的截面设计和截面复核，是否都应该验算垂直弯矩作用平面的承载力？

答：大、小偏心受压构件的截面设计和截面复核，都应该验算垂直弯矩作用平面的承载力。

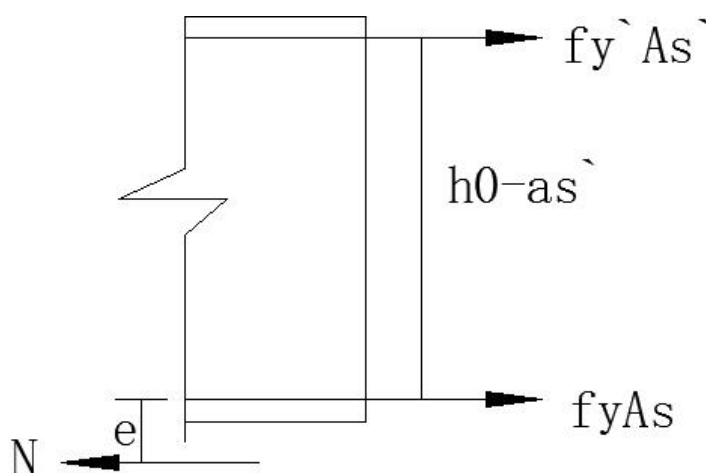
### 8.17 如何提高构件的延性？

答：措施：

(1) 受弯构件（第五章）中，增加受压钢筋数量，在满足构造要求的前提下减少受拉钢筋数量；

(2) 将轴压比（第八章）控制在一定范围内 ( $N/(A \cdot f_c) = 0.3 \sim 0.5$ )

(3) 适当增加普通箍筋和螺旋箍筋的数量。



### 8.18 从内力平衡角度说明大偏心受拉构件混凝土截面必然存在受压区。

答：假设无受压区，即所有钢筋均受拉，并设受拉为正。如图：对近力侧  $A_s$  形心取距得：

$$Ne + fy'As'(h_0 - a_s') = 0$$

则  $fy'As'$  为负值，故为受压，即存在受压区。

### 8.19 混凝土强度对偏心受拉构件承载力是否有影响？

答：混凝土强度对小偏心受拉构件承载力无影响，对大偏心受拉构件承载力有影响。

### 8.20 设计偏心受拉构件时，应如何组合荷载，哪些荷载属于不利荷载，哪些荷载属于有利荷载？

答：小偏心受拉构件中，计算  $A's$   $A's$  时，弯矩  $M$  为有利荷载；计算  $A_s$  时，弯矩  $M$  为不利荷载。

### 8.21 为什么对称配筋的矩形截面偏心受拉构件，无论大、小偏心受拉情况，都可以按 $Ne' \leq Nue' = f_y A_s (h_0 - a'_s)$ 计算。

答：小偏心受拉构件中，对称配筋时，远力侧钢筋  $A's$  应力达不到屈服强度，故可按  $Ne' \leq Nue' = f_y A_s (h_0 - a'_s)$  计算；大偏心受拉构件中，对称配筋时，受压高度  $x$  为负值 ( $x < 2a'_s$ )，偏安全按  $Ne' \leq Nue' = f_y A_s (h_0 - a'_s)$  计算。

## 8.22 小偏心受拉构件用钢总量 $A_s + A'_s$ 与偏心距 $e_0$ 是否有关？

答：无关。

### 习题

8.1 已知方形截面柱尺寸  $b \times h = 400\text{mm} \times 400\text{mm}$ ，柱高 3.75m。构件一端固定，一端自由。承受轴向压力设计值  $N = 418\text{kN}$ ，杆端弯矩设计值  $M_1 = 0.9M_2$ ， $M_2 = 97\text{kN}\cdot\text{m}$ 。采系数用 C300 混凝土，HRB400 钢筋，结构重要性为 1.0。按非对称配筋计算纵向钢筋截面面积。

【解】(1) 基本数据准备

$$f_y = f'_y = 360\text{MPa}, f_c = 14.3\text{MPa}, \zeta_b = 0.518, \text{ 计算长度 } l_0 = 3.75 \times 2 = 7.5\text{m}$$

$$\text{设 } a_s = a'_s = 40\text{mm}, h_0 = h - a_s = 360\text{mm}$$

(2) 计算弯矩设计值  $M_u$

$$\frac{M_1}{M_2} = 0.9 \leq 0.9, \frac{N}{f_c A} = 0.18 \leq 0.9, \frac{l_0}{i} = \sqrt{12} \frac{l_0}{h} = 65 > 34 - 12 \frac{M_1}{M_2} = 23.2 \text{ 需考虑二阶效应}$$

$$C_m = 0.7 + 0.3 \frac{M_1}{M_2} = 0.97, \zeta_c = \frac{0.5 f_c A}{N} = 2.7 > 1, \text{ 取 } \zeta_c = 1$$

$$\eta_{ns} = 1 + \frac{1}{1300 \left( \frac{M_2}{N} + e_a \right) / h_0} \left( \frac{l_0}{h} \right)^2 \zeta_c = 1.386, \text{ 则}$$

$$M = C_m \eta_{ns} M_2 = 0.97 \times 1.386 \times 97 = 130.41\text{kN}\cdot\text{m}$$

(3) 初步判断大、小偏心

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{130.4 \times 10^3}{418} = 311.98\text{mm}, e_i = e_0 + e_a = 331.98\text{mm} > 0.3h_0 = 108\text{mm}$$

为大偏心受压构件，则  $e = e_i + 0.5h - a_s = 491.98\text{mm}$

(4) 计算所需钢筋面积

为充分利用混凝土的抗压强度，取  $\zeta = \zeta_b = 0.518$

$$A'_s = \frac{\gamma_0 N e - \alpha_1 f_c b h_0 \zeta_b (1 - 0.5 \zeta_b)}{f'_y (h_0 - a'_s)} < 0, \text{ 按最小配筋率计算, } A'_s = \rho'_{\min} b h = 320\text{mm}^2$$

$$\text{此时, } A_s = \frac{\alpha_1 f_c b h_0 \zeta_b + f'_y A'_s - \gamma_0 N}{f_y} = 682\text{mm}^2$$

$$\frac{A'_s + A_s}{b h} = 0.63\% > 0.6\% = \rho_{\min} \text{ 符合要求。}$$

8.2 其他条件同习题 8.1，但轴向压力增大为  $N = 460\text{kN}$ 。按非对称配筋计算纵向钢筋截面面积。

【解】：将轴向力换成 460kN.m 即可。

8.3 已知矩形截面偏心受压构件，截面尺寸  $b \times h = 300\text{mm} \times 500\text{mm}$ ，构件计算长度  $l_0 = 2.5\text{m}$ ，承受轴向压力设计值  $N = 400\text{kN}$ ，杆端弯矩设计值  $M_1 = 0.8M_2$ ， $M_2 = 358.8\text{kN.m}$ 。采用 C30 混凝土，HRB400 钢筋，结构重要性为 1.0。

要求：①按照非对称配筋计算钢筋截面面积；②如果已知  $A's = 1017\text{mm}^2$ ，求  $A_s$ ；③按照对称配筋计算纵向钢筋截面面积。

【解】：①（1）基本数据准备

$$f_y = f'_y = 360\text{MPa}, f_c = 14.3\text{MPa}, \zeta_b = 0.518, \text{ 计算长度 } l_0 = 2.5\text{m}$$

$$\text{设 } a_s = a'_s = 40\text{mm}, h_0 = h - a_s = 460\text{mm}$$

（2）计算弯矩设计值  $M_u$

$$\frac{M_1}{M_2} = 0.9 \leq 0.9, \frac{N}{f_c A} = 0.18 \leq 0.9, \frac{l_0}{i} = \sqrt{12} \frac{l_0}{h} = 13.8 < 34 - 12 \frac{M_1}{M_2} = 24.4$$

不需考虑二阶效应， $M = M_2 = 358.8\text{kN.m}$

（3）初步判断大、小偏心

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{358.8 \times 10^3}{400} = 897\text{mm}, e_i = e_0 + e_a = 917\text{mm} > 0.3h_0 = 138\text{mm}$$

为大偏心受压构件，则  $e = e_i + 0.5h - a_s = 1127\text{mm}$

（4）计算所需钢筋面积

为充分利用混凝土的抗压强度，取  $\zeta = \zeta_b = 0.518$

$$A'_s = \frac{\gamma_0 N e - \alpha_1 f_c b h_0 \zeta_b (1 - 0.5 \zeta_b)}{f'_y (h_0 - a'_s)} = 677\text{mm}^2,$$

$$\text{此时, } A_s = \frac{\alpha_1 f_c b h_0 \zeta_b + f'_y A'_s - \gamma_0 N}{f_y} = 2405\text{mm}^2$$

$$\frac{A'_s + A_s}{bh} = 2.1\% > 0.6\% = \rho_{\min} \text{ 符合要求。}$$

② 其它步骤同①，

$$\alpha_s = \frac{\gamma_0 N e - f'_y A'_s (h_0 - a'_s)}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = 0.327, \zeta = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.412 < \zeta_b = 0.518 \text{ 为大偏心}$$

$$A_s = \frac{\alpha_1 f_c b h_0 \zeta + f_y A_s - \gamma_0 N}{f_y} = 2164\text{mm}^2 \quad \frac{A_s + A'_s}{bh} > \rho_{\min} = 0.6\%$$

③ 其它步骤同①，

$$x = \frac{N}{\alpha_1 f_c b} = 93.24\text{mm} > 2a'_s = 80\text{mm}$$



本习题答案适合李乔主编钢筋混凝土结构第三版课后习题答案；其中部分习题在考研中不考试，部分习题未给出答案。如需真题等更多资料详询 叁灵耳酒易武令拔思酒 散无溜溜私企巴斯拔丝

$$A_s = A'_s = \frac{\gamma_0 N e - \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x)}{f_y (h_0 - a'_s)} = 1890 \text{ mm}^2$$

8.4 已知偏心受压柱，截面尺寸  $b \times h = 500 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ ，构件计算长度  $l_0 = 4.2 \text{ m}$ ，承受轴向压力设计值  $N = 7500 \text{ kN}$ ，杆端弯矩设计值  $M_1 = M_2 = 25 \text{ kN.m}$ 。采用 C50 混凝土，纵筋采用 HRB400 钢筋。按非对称配筋确定纵向钢筋  $A_s$  和  $A'_s$ 。

【解】：小偏心计算不考

8.5 某矩形截面偏心受压柱，截面尺寸  $b \times h = 400 \text{ mm} \times 500 \text{ mm}$ ，构件计算长度  $l_0 = 7.6 \text{ m}$ ，采用 C20 混凝土，HRB335 钢筋，截面承受荷载设计值  $N = 560 \text{ kN}$ ， $M_1 = M_2 = 280 \text{ kN.m}$ 。

要求：①按照对称配筋计算钢筋截面面积；②混凝土强度等级由 C20 提高到 C35，仍按照对称配筋设计所需钢筋。

【解】：①（1）基本数据准备

$$f_y = f'_y = 300 \text{ MPa}, f_c = 9.6 \text{ MPa}, \zeta_b = 0.550, \text{ 计算长度 } l_0 = 3.75 \times 2 = 7.5 \text{ m}$$

$$\text{设 } a_s = a'_s = 40 \text{ mm}, h_0 = h - a_s = 460 \text{ mm}$$

（2）计算弯矩设计值  $M_u$

$$\frac{M_1}{M_2} = 1.0 > 0.9 \text{ 需考虑二阶效应}$$

$$C_m = 0.7 + 0.3 \frac{M_1}{M_2} = 1.0, \quad \zeta_c = \frac{0.5 f_c A}{N} = 1.7 > 1, \text{ 取 } \zeta_c = 1$$

$$\eta_{ns} = 1 + \frac{1}{1300 \left( \frac{M_2}{N} + e_a \right) / h_0} \left( \frac{l_0}{h} \right)^2 \zeta_c = 1.157, \text{ 则 } M = C_m \eta_{ns} M_2 = 1.0 \times 1.157 \times 280 = 324 \text{ kN.m}$$

$$\text{（3）初步判断大、小偏心 } e_0 = \frac{M}{N} = \frac{324 \times 10^3}{560} = 578.57 \text{ mm}, \quad e_a = 20 \text{ mm},$$

$$e_i = e_0 + e_a = 598.57 \text{ mm} > 0.3 h_0 = 138 \text{ mm}, \text{ 为大偏心受压构件, 则 } e = e_i + 0.5 h - a_s = 808.57 \text{ mm}$$

（4）计算所需钢筋面积

$$x = \frac{N}{\alpha_1 f_c b} = 145.8 \text{ mm} > 2 a'_s = 80 \text{ mm}$$

$$\leq \zeta_b h_0 = 253 \text{ mm}$$

$$A_s = A'_s = \frac{\gamma_0 N e - \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x)}{f_y (h_0 - a'_s)} = 1873 \text{ mm}^2$$

②提高混凝土强度后，只需改变  $f_c$  和  $\zeta_b$  的值即可， $A_s = A'_s = 1706 \text{ mm}^2$

8.6 其他条件同习题 8.5，但轴向压力增大为  $N = 1400 \text{ kN}$ ， $M_1 = M_2 = 224 \text{ kN.m}$ 。

【解】小偏心

本习题答案适合李乔主编钢筋混凝土结构第三版课后习题答案；其中部分习题在考研中不考试，部分习题未给出答案。如需真题等资料详询 叁灵耳酒易武令拔思酒 散无溜溜私企巴斯拔丝

**8.7 其他条件同习题 8.5，但截面可能承受的荷载设计值为两组：(1)  $N = 560kN$ ， $M_1 = M_2 = 280kN.m$ ；(2)  $N = 420kN$ ， $M_1 = M_2 = 280kN.m$ 。试按照对称配筋设计所需钢筋。并将就散结果与习题 8.5 比较。**

**【解】：**从习题 8.5 知道，为大偏心受压构件，在两组荷载中，对于大偏心受压，轴向力越大，越不利，故选取第二组作为配筋设计的荷载值。

1) 基本数据准备

$$f_y = f'_y = 300MPa, f_c = 9.6MPa, \zeta_b = 0.550, \text{ 计算长度 } l_0 = 3.75 \times 2 = 7.5m$$

$$\text{设 } a_s = a'_s = 40mm, h_0 = h - a_s = 460mm$$

(2) 计算弯矩设计值  $M_u$

$$\frac{M_1}{M_2} = 1.0 > 0.9 \text{ 需考虑二阶效应}$$

$$C_m = 0.7 + 0.3 \frac{M_1}{M_2} = 1.0, \quad \zeta_c = \frac{0.5 f_c A}{N} = 2.285 > 1, \text{ 取 } \zeta_c = 1$$

$$\eta_{ns} = 1 + \frac{1}{1300 \left( \frac{M_2}{N} + e_a \right) / h_0} \left( \frac{l_0}{h} \right)^2 \zeta_c = 1.119, \text{ 则 } M = C_m \eta_{ns} M_2 = 313.336kN.m$$

$$(3) \text{ 初步判断大、小偏心 } e_0 = \frac{M}{N} = \frac{313.336 \times 10^3}{420} = 746.04mm, \quad e_a = 20mm,$$

$$e_i = e_0 + e_a = 766.04mm > 0.3h_0 = 138mm, \text{ 为大偏心受压构件, 则}$$

$$e = e_i + 0.5h - a_s = 976.04mm$$

(4) 计算所需钢筋面积

$$x = \frac{N}{\alpha_1 f_c b} = 109.37mm > 2a'_s = 80mm$$

$$\leq \zeta_b h_0 = 253mm$$

$$A_s = A'_s = \frac{\gamma_0 N e - \alpha_1 f_c b x (h_0 - 0.5x)}{f'_y (h_0 - a'_s)} = 1915mm^2$$

**8.8 其他条件同习题 8.6，但轴向压力增大为  $N = 1680kN$ ， $M_1 = M_2 = 224kN.m$ 。**

**试按照对称配筋设计所需钢筋。并将就散结果与习题 8.6 比较。**

**8.9 例题 8.1 柱承受弯矩设计值  $M = 320kN.m$ ，求该柱同时能承受的轴向压力设计值  $N_u$ 。**

**8.10 已知矩形截面偏心受压柱截面尺寸  $b \times h = 400mm \times 600mm$ ，构件计算长度**

**$l_0 = 5.4m$ ， $a_s = a'_s = 45mm$ ， $A_s = 1140mm^2$ ， $A'_s = 2281mm^2$ ，采用 C30 混凝土，HRB400 钢筋，承受轴向力设计值  $N = 880kN$ ，要求针对以下情形计算该柱所能承受的弯矩设计值  $M$ 。**

**(1) 杆端弯矩  $M_1 / M_2 = -1$ ；**

(2) 杆端弯矩  $M_1/M_2=1$ 。

8.11 已知矩形截面偏心受压柱截面尺寸  $b \times h = 400\text{mm} \times 600\text{mm}$ , 计算长度

$l_0 = 6\text{m}$ ,  $a_s = a'_s = 45\text{mm}$ ,  $A_s = 1900\text{mm}^2$ ,  $A'_s = 2661\text{mm}^2$ , 采用 C25 混凝土, HRB335 钢筋, 承受轴向力设计值  $N = 3000\text{kN}$ , 要求针对以下情形计算该柱所能承受的弯矩设计值  $M$ 。

(1) 杆端弯矩  $M_1/M_2 = -1$ ;

(2) 杆端弯矩  $M_1/M_2 = 1$ 。

8.12 已知矩形截面偏心受压柱截面尺寸  $b \times h = 400\text{mm} \times 600\text{mm}$ , 计算长度

$l_0 = 3\text{m}$ ,  $a_s = a'_s = 40\text{mm}$ ,  $A_s = 2036\text{mm}^2$ ,  $A'_s = 1527\text{mm}^2$ , 采用 C25 混凝土, HRB335 钢筋, 轴向力的偏心距  $e_0 = 450\text{mm}$ 。要求针对以下情形计算该柱所能承受的轴向力设计值  $N$ 。

(1) 杆端弯矩  $M_1/M_2 = -1$ ;

(2) 杆端弯矩  $M_1/M_2 = 1$ 。

8.13 例题 8.1 柱承受偏心轴向压力, 偏心距  $e_0 = 100\text{mm}$ , 计算该柱所能承受的轴向力设计值  $N$ 。

8.14 已知偏心受拉构件, 截面尺寸  $b \times h = 250\text{mm} \times 400\text{mm}$ ,  $a_s = a'_s = 40\text{mm}$ ,

承受轴向拉力设计值  $N = 715\text{kN}$ , 弯矩设计值  $M = 86\text{kN}\cdot\text{m}$ , 采用 C30 混凝土, HRB400 钢筋。求钢筋截面面积  $A_s$  和  $A'_s$ 。

8.15 已知矩形截面偏心受拉构件, 截面尺寸  $\omega_{\max}$ ,  $a_s = a'_s = 40\text{mm}$ , 承受轴向拉力设计值  $N = 65\text{kN}$ , 弯矩设计值  $M = 234\text{kN}\cdot\text{m}$ , 采用 C25 混凝土, HRB335 钢筋。求钢筋截面面积  $A_s$  和  $A'_s$ 。

## 第九章

### 思考题

9.1 对钢筋混凝土结构构件为什么要验算其变形和裂缝宽度?

答: 变形控制的目的:

- (1) 保证结构的使用功能要求;
- (2) 防止对结构(受力)产生不良影响;
- (3) 防止对非结构产生不良影响(影响使用);
- (4) 保证使用者的安全感和舒适感。

过宽的裂缝宽度会导致以下问题的产生:

- (1) 引起渗漏;
- (2) 影响外观; 影响耐久性。

9.2 验算构件变形和裂缝宽度时, 为什么用荷载效应标准值和准永久值, 而不用荷载设计值?

答: 荷载设计值是用来验算构件承载力的, 为了安全考虑, 在设计时, 需要加大荷载对结构的影响, 而构件的变形和裂缝宽度的出现, 不会出现形如承载力那样的危险程度,

故不需要加大荷载对结构的影响，只需按照荷载效应标准值和准永久值计算即可。

### 9.3 哪些因素影响受弯构件的挠度？

答：（1）截面形状和尺寸（2）混凝土抗拉强度（3）钢筋配筋率（4）混凝土的收缩徐变（5）加载顺序。

### 9.4 裂缝宽度与哪些因素有关？如何减小裂缝宽度？

答：裂缝宽度影响因素：（1）受拉钢筋应力（2）混凝土与钢筋的粘结力（3）混凝土保护层厚度（4）钢筋直径及其布置方式（5）荷载作用性质和构件受力性质；

减小裂缝宽度的措施：（1）减小受拉钢筋的应力；（2）采用变形钢筋；（3）在钢筋数量一定的情况下，采用较小直径的钢筋；（4）合理设置腰筋。

### 9.5 什么是“最小刚度原则”，该原则能否用于连续梁挠度计算？

答：最小刚度原则：《混规》规定对等截面梁，可假定各同号弯矩区段内的刚度相等，并取该区段内最大弯矩处的刚度（即最小刚度）作为挠度计算的依据，这就称为最小刚度原则。；该原则可以用于连续梁挠度的计算。

### 9.6 混凝土极限拉应变大约为 $1.5 \times 10^{-4}$ ，混凝土开裂时，受拉钢筋的拉应力大致是多少？

答：钢筋和同位置的混凝土具有共同的变形，也即相同的应变，则钢筋的拉应力为：

$$\sigma_s = E_s \varepsilon_s = E_s \varepsilon_c = 2 \times 10^5 \times 1.5 \times 10^{-4} = 30 \text{ MPa}$$

### 9.7 最大裂缝宽度 $\omega_{\max}$ 是指钢筋表面处的裂缝宽度，还是构件外表面处的裂缝宽度？

答：最大裂缝宽度  $\omega_{\max}$  是指构件外表面处的裂缝宽度。

### 9.8 平均裂缝宽度、最大裂缝宽度、实测裂缝宽度三者有什么关系？确定最大裂缝宽度时主要考虑哪些因素？

答：最大裂缝宽度  $\omega_{\max}$  等于裂缝扩大系数  $\tau_s$  与平均裂缝宽度  $\omega_m$  的乘积，实测裂缝宽度与平均裂缝宽度的比值为  $\tau_s$ ；确定最大裂缝宽度时主要考虑了以下因素：混凝土收缩徐变、长期荷载、裂缝宽度的离散性等。

### 9.9 由裂缝宽度计算公式可知，混凝土保护层厚度越大，裂缝宽度越大，这是否说明小的混凝土保护层厚度对结构的耐久性更好？裂缝宽度对结构耐久性起何种作用？

答：不能说明混凝土保护层越小，对结构的耐久性更好，保护层厚度太小将不能很好的保护钢筋免遭锈蚀；在一定裂缝宽度范围内时，对结构的耐久性影响不大，超过这个范围，就会严重影响构件的耐久性。

### 9.10 为什么普通钢筋混凝土构件中不宜使用高强度钢筋？

答：（1）高强度钢筋不能充分发挥作用；（2）高强度钢筋产生的应力也较大，从而产生更宽的裂缝，影响构件的耐久性。

### 9.11 试从 $\omega_{\max} \leq \omega_{\lim}$ 说明普通钢筋混凝土受弯构件不适宜使用高强度钢筋？

答：高强度钢筋产生的应力也较大，从而产生更宽的裂缝，有可能使裂缝的最大值超过裂缝宽度的限值，即  $\omega_{\max} \leq \omega_{\lim}$ ，故普通钢筋混凝土受弯构件不适宜使用高强度钢筋

### 9.12 试分析加载顺序对挠度的影响。

答：不同加载顺序会影响混凝土的收缩与徐变，从而影响构件的变形，即挠度。

### 9.13 提高混凝土强度能否有效减少受弯构件的挠度？

答：提高混凝土强度可以有效减少受弯构件的挠度，混凝土强度越高，抗拉强度越高，弹性模量也越大，构件的挠度越小。

### 9.14 环境湿度对构件变形是否有影响，为什么？

答：环境湿度会影响混凝土的收缩与徐变，同时也会对钢筋产生锈蚀，影响构件的变形。

## 习题

9.1 某钢筋混凝土屋架下弦杆的截面尺寸为  $200\text{mm} \times 160\text{mm}$ ，配置 4 $\phi 16\text{HRB335}$  级钢筋，混凝土强度等级为 C40，混凝土保护层厚度  $c = 26\text{mm}$ ，承受轴心拉力标准值  $N = 150\text{kN}$ ，裂缝宽度限值  $\omega_{\text{lim}} = 0.2\text{mm}$ 。试验算最大裂缝宽度。

9.2 有一短期加载的单筋矩形截面简支试验梁，计算跨度  $l_0 = 3\text{m}$ ，在跨度的三分点处各施加一个相等的集中荷载  $F$ ，梁截面尺寸为  $150\text{mm} \times 300\text{mm}$ ， $h_0 = 267\text{mm}$ ，采用 2 $\phi 16$  纵向受拉钢筋，当加载到  $F = 25\text{kN}$  时，在纯弯曲段 750mm 长度内测得纵向受拉钢筋的总伸长为 1.05mm，受压边缘混凝土总压缩变形为 0.49mm，求该梁纯弯曲段的截面弯曲刚度试验值。

## 第十章

### 10.1 什么是预应力度？简述预应力混凝土受弯构件的基本原理。

答：预应力度：消压弯矩  $M_0$  与使用荷载引起的弯矩  $M$  的比值，即  $\lambda p = M_0/M$

预应力混凝土受弯构件的基本原理：预先对混凝土或钢筋混凝土构件的受拉区施加压应力，使之处于一种认为的应力状态。这种应力的分布和大小可以部分或者全部抵消使用荷载作用下的拉应力，从而是结构或构件在使用荷载作用下不至于开裂、推迟开裂或者减小裂缝开展的宽度，并提高构件的抗裂度和刚度，有效利用了混凝土的抗压强度这一特点来间接提高混凝土的抗拉强度的方法。

### 10.2 什么是先张法？什么是后张法？简述二者的主要施工过程。

答：在浇筑混凝土之前张拉预应力钢筋的方法称为先张法；在浇筑混凝土之后张拉预应力钢筋的方法称为后张法。

先张法工序：先在台座上张拉预应力钢筋，并将它临时锚固在台座上。然后架设模板，绑扎普通钢筋骨架，浇筑混凝土。待混凝土强度达到要求时（一般不低于设计值的 70%），切断或放松预应力钢筋即可。

后张法工序：先立模板浇筑混凝土，并在其中预留穿束孔道，待混凝土强度达到要求强度后，将力筋穿入孔道内，安装锚具，通过千斤顶张拉力筋，使构件同时受到压缩。

张拉钢筋后，用锚具将预应力钢筋锚固在混凝土构件上。最后在预留的孔道内压注水泥浆即可。

## 第十一章

### 思考题

#### 11.1 什么是张拉控制应力？张拉控制应力为什么不能太高或太低？

答：（1）张拉控制应力：指预应力钢筋在进行张拉时所控制达到的最大应力值；  
（2）如果取太高，则可能引起构件的某些部位开裂或端部局部破坏，此外，过大将会使构件下缘混凝土被压坏，上缘混凝土被拉裂，且加大应力损失；张拉过小，不能很好的抵消使用荷载产生的拉应力，浪费力筋承载力，不经济。

#### 11.2 预应力损失都有哪些？都是由什么原因引起的？

答：管道摩阻损失  $\sigma_1$ 、锚头变形损失  $\sigma_2$ 、温差损失  $\sigma_3$ 、弹性压缩损失  $\sigma_4$ 、钢筋松弛损失  $\sigma_5$ 、混凝土收缩徐变损失  $\sigma_6$

#### 11.3 先张法与后张法的预应力损失有什么不同？

答：先张法预应力损失中没有管道摩阻损失  $\sigma_1$ ，后张法的预应力损失中没有温差损失  $\sigma_3$ 。

#### 11.4 什么叫有效预应力？预应力混凝土构件各阶段应力计算如何考虑预应力损失？

答：有效预应力：指扣除各种预应力损失后，在预应力钢筋中剩余的应力。

预应力混凝土构件各阶段预应力损失见下表：

预加应力方法 受力阶段	先张法	后张法
传力锚固阶段 (I)	$\sigma_l^I = \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + 0.5\sigma_5$	$\sigma_l^I = \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4$
使用阶段 (II)	$\sigma_l^{II} = 0.5\sigma_5 + \sigma_6$	$\sigma_l^{II} = \sigma_5 + \sigma_6$

#### 11.5 预应力混凝土各阶段的应力图形是什么样的？各种计算都是依据什么阶段图形的？

答：预应力混凝土各阶段的应力图形见课本 224 页图 11.2。

#### 11.6 验算预应力混凝土构件正截面抗弯承载力和普通钢筋混凝土有什么相同和不同，受压区预应力钢筋中应力的大小对其截面承载力是否有影响？

答：相同：都要考虑普通钢筋的作用，计算方法、基本假设相同；

不同：预应力混凝土构件还需要考虑预应力钢筋的影响；

受压区预应力钢筋应力为正时，提高构件的承载力，当为负时，降低构件的承载力。

### 11.7 非预应力钢筋在预应力混凝土构件中起什么作用？

答：作用：(1) 承担部分承载力，以满足强度的要求；(2) 受压区非预应力钢筋还可以提高构件破坏时的延性。

### 11.8 预应力混凝土构件的变形计算与普通钢筋混凝土构件有什么不同？

答：不同之处：(1) 因预加应力的存在使梁截面不开裂，可按匀质弹性体计算 (2) 预应力混凝土梁挠度 计算由两部分组成：一部分是预应力钢筋的合力产生的上拱度；另一部分是由于荷载产生的挠度。

### 11.9 简述预应力混凝土轴心受拉构件各阶段应力状态。

答：课本 263 页--264 页

## 习题

11.1 对直线配筋的先张法结构作传力锚固阶段受力分析时，可以采用换算截面，也可以采用净截面。试推证：分别按换算截面和净截面计算混凝土的应力时得出的结果是相同的，即任意一点应力满足下面的表达式：

$$\sigma_{pc} = \frac{A_p \sigma_{pe}^I}{A_n} + \frac{A_p \sigma_{pe}^I e_n}{I_n} y_n = \frac{A_p \sigma_{pe}^*}{A_0} + \frac{A_p \sigma_{pe}^* e_0}{I_0} y_0$$

11.2 某后张法预应力混凝土梁，计算跨度  $l = 32m$ ，由两片工形梁组成。每片梁的力筋由 20-24 $\phi 5$  钢丝束组成，梁按直线配筋， $A_p = 94.24cm^2$ ， $f_{pk} = 1670MPa$ ， $E_p = 2.05 \times 10^5 MPa$ ，锚头外钢丝束控制应力为  $\sigma'_{con} = 0.76 f_{pk} = 1269MPa$ ，锚圈口损失为  $0.07 \sigma'_{con}$ 。混凝土等级为 C50， $E_c = 3.55 \times 10^4 MPa$ 。

(1) 求锚下控制张拉应力  $\sigma_{con}$ ；

(2) 如果给定各分项预应力损失， $\sigma_1 = 27.1MPa$ ， $\sigma_2 = 49.4MPa$ ， $\sigma_4 = 58.2MPa$ ， $\sigma_5 = 49.8MPa$ ， $\sigma_6 = 123.6MPa$ ，计算钢筋中的永存预应力  $\sigma_{pe}$ 。

如果给定每片梁跨中截面 ( $l/2$  处) 的截面特性及承受荷载的情况 (见下表)，试计算：

①该截面传力锚固阶段混凝土上、下缘的正应力  $\sigma'_c$ 、 $\sigma_c$ ；

②如果压浆前松弛损失已发生一半，计算使用荷载阶段混凝土上、下缘的正应力  $\sigma'_c$ 、 $\sigma_c$  及力筋中的应力  $\sigma_{pe}$ 。

跨中截面 ( $l/2$  处) 的作用荷载 (每片梁)

梁自重弯矩 $M_g(kN.m)$	其他恒载 $M_d(kN.m)$	活载 $M_h(kN.m)$
-------------------	------------------	----------------

本习题答案适合李乔主编钢筋混凝土结构第三版课后习题答案；其中部分习题在考研中不考试，部分习题未给出答案。如需真题等更多资料详询 叁灵耳酒易武令拔思酒 散无溜溜私企巴斯拔丝

4172.8	851.2	2630.4
--------	-------	--------

跨中截面（1/2处）的截面特性（每片梁）

截面分类	截面面积 ( $cm^2$ )	截面重心轴至上、下缘的 距离 (cm)		钢丝束重 心至截面 重心距离 (cm)	惯性矩 ( $cm^4$ )	最外排力 筋至截面 重心轴距 离 (cm)
		$y'_n$	$y_n$			
净截面	10871.5	101.5	148.5	125.7	$9.117 \times 10^7$	141.0
换算截面	11677.5	110.2	139.8	117.0	$9.832 \times 10^7$	132.3

注：上表中的换算截面特性已扣除预应力孔道的影响。

【解】：（1）锚下控制应力

$$\sigma_{con} = \sigma'_{con} - 0.07\sigma'_{con} = 1180MPa$$

（2）永存预应力

$$\sigma_p = \sigma_{con} - \sigma_l = \sigma_{con} - (\sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l4} + \sigma_{l5} + \sigma_{l6}) = 872MPa$$

（3）计算混凝土上、下缘的正应力

传力锚固阶段

$$N_y = A_p(\sigma_{con} - \sigma_l^I) = A_p(\sigma_{con} - \sigma_{l1} - \sigma_{l2} - \sigma_{l4}) = 94.24 \times 10^2 \times (1180 - 27.1 - 49.4 - 58.2) = 9851kN$$

$$\sigma'_c = \frac{N_y}{A_n} - \frac{N_y e_n}{I_n} y'_n + \frac{M_g}{I_n} y'_n = -0.078MPa < 0.7 f_{tk} = 1.85MPa \quad \text{合格}$$

$$\sigma_c = \frac{N_y}{A_n} + \frac{N_y e_n}{I_n} y_n - \frac{M_g}{I_n} y_n = 22.43MPa < 0.7 f_{ck} = 22.68MPa$$

使用阶段

$$\text{压浆前} \quad N_y = A_p(\sigma_{con} - \sigma_{l1} - \sigma_{l2} - \sigma_{l4} - 0.5\sigma_{l5}) = 9616kN$$

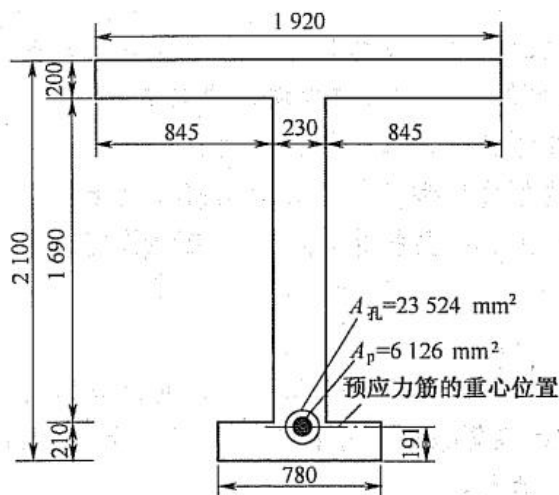
$$\text{压浆后} \quad \Delta N_y = A_p(0.5\sigma_{l5} + \sigma_{l6}) = 1399.5kN$$

$$\sigma'_c = \left( \frac{N_y}{A_n} - \frac{N_y e_n}{I_n} y'_n \right) + \frac{M_g}{I_n} y'_n - \left( \frac{\Delta N_y}{A_0} - \frac{\Delta N_y e_0}{I_0} y'_0 \right) + \frac{M_d + M_h}{I_0} y'_0 = 4.57MPa$$



$$\sigma_c = \left( \frac{N_y}{A_n} + \frac{N_y e_n}{I_n} y_n \right) - \frac{M_g}{I_n} y_n - \left( \frac{\Delta N_y}{A_0} + \frac{\Delta N_y e_0}{I_0} y_0 \right) - \frac{M_d + M_h}{I_0} y_0 = 16.2 \text{ MPa}$$

11.3 某后张法预应力混凝土简支梁，其跨中截面尺寸（mm）如图所示。已知：（1）所用混凝土强度等级为 C45， $f_{cd} = 20.5 \text{ MPa}$ ；预应力钢筋采用  $\phi 5$  高强度钢丝束，其  $f_{pd} = 1070 \text{ MPa}$ 。（2）跨中截面的荷载弯矩组合值  $M_d = 10651 \text{ kN.m}$ 。结构安全等级为一级。要求：检算正截面受弯承载力。



习题 11.3 附图

【解】：（1）基本数据准备

$$f_c = 22.5 \text{ MPa}, f_{py} = 1070 \text{ MPa}, h_0 = 2100 - 191 = 1909 \text{ mm}$$

（2）判断所属截面类型

$$\alpha_1 f_c b' f h_f' = 1.0 \times 22.5 \times 1920 \times 200 = 8640000 \text{ N} > f_{py} A_p = 1070 \times 6126 = 6554820 \text{ N} \quad \text{第一类 T 形}$$

$$x = \frac{f_{py} A_p}{\alpha_1 f_c b' f} = 151.7 \text{ mm}, \quad M_u = \alpha_1 f_c b' f x (h_0 - 0.5x) = 12013.4 \text{ kN.m} > 10651 \text{ kN.m} \quad \text{安全}$$

11.4 某铁路预应力混凝土轴心受拉构件，长 24 米，截面尺寸  $200 \text{ mm} \times 240 \text{ mm}$ 。

预应力钢筋采用 11 根直径 12mm 的 PSB830 精压螺纹钢，非预应力钢筋为 4 $\phi 12$ HRB335 级钢筋对称配置。张拉控制应力  $\sigma_{con} = 0.85 f_{pk}$ ，采用张法在 100m 台座上张拉（超张拉）。蒸汽养护温差  $\Delta t = 20^\circ \text{C}$ 。混凝土强度等级为 C40，放张时  $f'_{cu} = 30 \text{ MPa}$ 。要求计算（设放张前应力松弛已完成 50%）：

- （1）预应力损失；
- （2）消压轴力  $N_{p0}$ ；
- （3）裂缝出现时的轴力  $N_{cr}$ 。

本习题答案适合李乔主编钢筋混凝土结构第三版课后习题答案；其中部分习题在考研中不考试，部分习题未给出答案。如需真题等更多资料详询 叁灵耳酒易武令拔思酒 散无溜溜私企巴斯拔丝

---

说明：1、本习题答案适合李乔主编钢筋混凝土结构第三版课后习题答案；

2、因为其中部分习题在考研中不考试，部分习题未给出答案；

寄语：用心做事，我情对人，老铁，加油

如需更多资料详询 qq: 3029150849 qq: 3566478484

2017 年 6 月