

## 绪论

### 一、填空题

1. 素混凝土结构、钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构； 2. 压应力、拉应力； 3. 钢筋混凝土结构； 4. 变形

### 二、选择题

1. B; 2. A; 3. C; 4. A; 5. A

### 三、判断题

1. ×; 2. √; 3. √

### 四、简答题

1. (1)混凝土结硬后与钢筋牢固地粘结在一起，能相互传递应力；(2)钢筋与混凝土有相近的线膨胀系数；(3)混凝土可以保护钢筋不被锈蚀。

2. 钢筋混凝土结构的优点有：1) 经济性好，材料性能得到合理利用；2) 可模性好；3) 耐久性和耐火性好，维护费用低；4) 整体性好，且通过合适的配筋，可获得较好的延性；5) 刚度大，阻尼大；6) 就地取材。

缺点有：1) 自重大；2) 抗裂性差；3) 承载力有限；4) 施工复杂；5) 加固困难。

## 第1章 混凝土结构用材料的性能

### 一、填空题

1. 提高、延性、钢管或螺旋箍筋； 2. 原点弹性模量、切线模量、割线模量； 3. 边长 150mm； 4. 伸长率、冷弯性能； 5. 混凝土立方体抗压强度标准值； 6. 内在因素、环境因素、应力条件； 7. 水泥胶体对钢筋的粘着力、钢筋与混凝土之间的摩擦力、钢筋表面凹凸不平与混凝土的机械咬合作用。 8. 高、粗、低； 9. 拉伸试验、劈裂试验

### 二、选择题

1. A; 2. D; 3. D; 4. C; 5. D; 6. D; 7. A; 8. B; 9. D; 10. A; 11. B; 12. D; 13. D; 14. A; 15. C; 16. B; 17. D; 18. D; 19. B



### 三、判断题

1. √; 2. √; 3. ×; 4. ×; 5. ×; 6. ×; 7. √; 8. ×; 9. √; 10. ×; 11. ×; 12. √; 13. √; 14. ×; 15. √;  
16. √; 17. √; 18. √; 19. ×; 20. √; 21. √; 22. √; 23. √; 24. ×; 25. ×; 26. √; 27. ×; 28. ×;

### 四、简答题

1. 见教材 P20 图 1-18。
2. 徐变对混凝土结构和构件的工作性能有很大影响，它会使构件的变形增加，在钢筋混凝土截面中引起应力重分布的现象，在预应力混凝土结构中会造成预应力损失。
3. 钢筋混凝土结构对钢筋性能的要求如下：1) 钢筋的强度必须能保证安全使用；2) 钢筋具有一定的塑性；3) 钢筋的可焊性较好；4) 钢筋与混凝土之间有足够的粘结力。
4. 影响钢筋与混凝土粘结强度的主要因素有：混凝土强度、保护层厚度及钢筋净间距、横向配筋及侧向压应力、钢筋表面形状以及浇筑混凝土时钢筋的位置等。保证钢筋和混凝土之间有足够粘结力的构造措施有：1) 保证锚固长度和搭接长度；2) 保证钢筋周围的混凝土保护层有足够的厚度；3) 接头部位、锚固区箍筋加密；4) 为了保证足够的粘结在钢筋端部应设置弯钩。5) 混凝土强度等级不宜过低。6) 受力较大钢筋采用变形钢筋。
5. 建筑工程中，钢筋混凝土结构的混凝土强度等级不应低于 C20；当采用 400MPa 及以上钢筋时，混凝土强度等级不应低于 C25。预应力混凝土结构的混凝土强度等级不宜低于 C40，且不应低于 C30。承受重复荷载的钢筋混凝土构件，混凝土的强度等级不应低于 C30。
6. ①混凝土的立方体抗压强度标准值  $f_{cu,k}$  是根据以边长为 150mm 的立方体为标准试件，在  $(20\pm 3)^\circ\text{C}$  的温度和相对湿度为 90% 以上的潮湿空气中养护 28d，按照标准试验方法测得的具有 95% 保证率的立方体抗压强度确定的。②混凝土的轴心抗压强度标准值  $f_{ck}$  是根据以  $150\text{mm}\times 150\text{mm}\times 300\text{mm}$  的棱柱体为标准试件，在与立方体标准试件相同的养护条件下，按照棱柱体试件试验测得的具有 95% 保证率的抗压强度确定的。③由于棱柱体标准试件比立方体标准试件的高度大，试验机压板与试件之间的摩擦力对棱柱体试件高度中部的横向变形的约束影响比立方体试件的小，所以棱柱体试件的抗压强度比立方体的强度值小，故  $f_{ck}$  低于  $f_{cu,k}$ 。④轴心抗压强度标准值  $f_{ck}$  与立方体抗压强度标准值  $f_{cu,k}$  之间的关系为：  
$$f_{ck} = 0.88\alpha_1\alpha_2f_{cu,k}$$
。⑤混凝土的强度等级是根据立方体抗压强度标准值确定的。我国新《规范》规定的混凝土强度等级有 C15、C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50、C55、C60、C65、C70、C75 和 C80，共 14 个等级。

## 第 2 章 混凝土结构设计方法

### 一、填空题

1. 结构可靠度；2. 极限状态；3. 安全性、适用性、耐久性；4. 结构重要性系数、结构安全等级、1.0；5. 适用性、安全性、耐久性；6. 50 年；7. 永久性荷载、可变荷载、偶然荷载；8. 荷载标准值、可变荷载准永久值、可变荷载频遇值、可变荷载组合值、荷载标准值；9. 正常



设计、正常施工、正常使用、正常维护；10. 荷载分项系数；11. 承载能力极限状态、正常使用极限状态、承载能力极限状态；12. 可靠度分析、工程经验；13. 结构重要性系数、荷载分项系数、材料的分项系数；14. 1.0、1.35、1.2；15. 标准值、荷载分项；16. 除以、1.4；17. 材料、重要性；18. 标准、频遇、准永久；19. 1.1、1.0、0.9、1.0。

## 二、选择题

1. B；2. C；3. A；4. A；5. B；6. B；7. B；8. B；9. D；10. C；11. B；12. A；13. C；14. B；15. D；16. C；17. D；18. D；19. C；20. C；21. C；22. D；23. B；24. A；25. C；26. D；27. C

## 三、判断题

1. ×；2. ×；3. ×；4. ×；5. √；6. ×；7. ×；8. √；9. ×；10. ×；11. ×；12. ×；13. ×；14. ×；15. ×；16. √；17. √；18. ×；19. √；20. √

## 四、简答题

1. 以力的形式直接作用于结构上，称为直接作用，以变形的形式作用于结构上，称为间接作用。
2. 结构的可靠性指结构的安全性、适用性、耐久性。结构的可靠度指结构在规定时间内、规定条件下完成预定功能的概率。结构的可靠度就是结构可靠性的概率度量。结构的可靠指标  $\beta = \mu z / \sigma z$ ，它和失效概率一样可作为衡量结构可靠度的一个指标。
3. 包括延性破坏和脆性破坏两种。当结构构件属延性破坏时，由于破坏之前有明显的变形或其他的预兆，目标可靠指标要取略小一些；而当结构构件属脆性破坏时，因脆性破坏比较突然，破坏前无明显的变形或其他的预兆，目标可靠指标应取大一些。
4. ① 在正常施工和正常使用时，能承受可能出现的各种作用（包括荷载及外加变形或约束变形）。  
 ② 在正常使用时保持良好的使用性能，如不发生过大的变形或过宽的裂缝等。  
 ③ 在正常维护下具有足够的耐久性能，如结构材料的风化、腐蚀和老化不超过一定限度等。  
 ④ 当发生火灾时，在规定的时间内可保持足够的承载力。  
 ⑤ 当发生爆炸、撞击、人为错误等偶然事件时，结构能保持必需的整体稳固性，不出现与起因不相称的破坏后果，防止出现结构的连续倒塌。
5. 考虑了（1）结构重要性系数；（2）荷载分项系数；（3）材料的分项系数。
6. 当两种或两种以上可变荷载在结构上同时作用时，由于所有荷载同时达到其单独出现时可能达到最大值的概率极小，因此，除主要荷载（产生最大荷载效应的荷载）仍可以其标准值为代表值外，其他伴随荷载均应取小于其标准值的组合值为荷载代表值。
7. 应根据结构破坏可能产生的各种后果（生命安全、经济损失、社会影响）的严重性，对不同建筑结构采用不同的安全等级。我国规定为三级，如教材表 2-2（P33）所示。建筑物中各类结构构件的安全等级，宜与整个结构的安全等级相同。但允许对部分结构构件根据其重要程度和综合经济效益进行适当调整。如提高某一结构构件的安全等级所需额外费用很少，又能减轻整个结构的破坏，从而大大减少人员伤亡和财产损失，则可将该结构构件的安全等级比整个结构的安全等级提高一级。相反，如某一结构构件的破坏并不影响整个结构或其他



结构构件的安全性，则可将其安全等级降低一级，但不得低于三级。

8. 影响抗力的主要因素有材料性能（强度、变形模量等）、几何参数（构件尺寸等）和计算模式的精确性（抗力计算所采用的基本假设和计算公式不够精确等）。

## 四、计算题

1. 【解】取 1m 板宽作为计算单元

荷载计算：

（1）恒荷载线荷载标准值：

水磨石地面面层重： $0.65 \times 1.0 = 0.65 \text{ kN/m}$

钢筋混凝土现浇板的自重： $25 \times 0.1 \times 1.0 = 2.5 \text{ kN/m}$

板底混合砂浆抹灰 15mm 厚： $17 \times 0.015 \times 1.0 = 0.255 \text{ kN/m}$

合计： $G_k = 3.405 \text{ kN/m}$

（2）活荷载标准值： $Q_k = 2.5 \times 1.0 = 2.5 \text{ kN/m}$

线荷载标准值为：

（3）荷载设计值计算：

①由可变荷载效应控制的组合：

$$q = 1.2 G_k + 1.4 Q_k = 7.59 \text{ kN/m}$$

②由恒荷载效应控制的组合：

$$q = 1.35 G_k + 1.4 \times 0.7 Q_k = 7.05 \text{ kN/m}$$

则取荷载设计值为： $P = 7.59 \text{ kN/m}$

内力计算（弯矩计算）：

$$M = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} \times 7.59 \times 2.66^2 = 6.71 \text{ kN.m}$$

2. 【解】（1）承载能力极限状态

可变荷载效应控制的组合：

$$M = 1.0 \left( 1.2 \times 3.1 \times 3.18 \times 3.18 / 8 + 1.4 \times 1.35 \times 3.18 \times 3.18 / 8 \right) = 7.07 \text{ kNm}$$

永久荷载效应控制的组合：

$$M = 1.0 \left( 1.35 \times 3.1 \times 3.18 \times 3.18 / 8 + 1.4 \times 0.7 \times 1.35 \times 3.18 \times 3.18 / 8 \right) = 6.96 \text{ kNm}$$

所以，承载能力极限状态计算时弯矩设计值为 7.07 kNm

（2）正常使用极限状态

按标准组合计算

$$M = 3.1 \times 3.18 \times 3.18 / 8 + 1.35 \times 3.18 \times 3.18 / 8 = 5.61 \text{ kNm}$$

按准永久组合计算

$$M = 3.1 \times 3.18 \times 3.18 / 8 + 0.4 \times 1.35 \times 3.18 \times 3.18 / 8 = 4.59 \text{ kNm}$$

由于在承载能力极限状态计算时，计算荷载效应的公式可能相同，所以，可以先计算出一个荷载值，然后依据这个荷载值一次计算出荷载效应。

如上例，将  $1.2 \times 3.1 + 1.4 \times 1.35 = 5.61$  和  $1.35 \times 3.1 + 1.4 \times 0.7 \times 1.35 = 5.508$  取大者，得到  $q = 5.61$ ，由  $5.61 \times 3.18 \times 3.18 / 8 = 7.07$ ，计算相对简化。

在这里的 5.61 可以被称作荷载的设计值（考虑了分项系数之后的荷载值）。



## 第3章钢筋混凝土轴心受力构件正截面承载力计算

### 一、填空题

1、普通箍筋柱、螺旋箍筋柱；2、螺旋箍筋限制了核心混凝土的横向变形、承载力、延性；3、被压碎、失稳、混凝土被压碎、高于、稳定系数 $\varphi$ ；4、混凝土强度等级、环境类别、构件类型、设计使用年限；5、1.5；6.5%

### 二、选择题

1. A; 2. A; 3. A; 4. B; 5. D; 6. C; 7. B; 8. D; 9. C; 10. C; 11. A; 12. D; 13. C; 14. C; 15. D; 16. D; 17. D

### 三、判断题

1. ×; 2. √; 3. √; 4. ×; 5. ×; 6. ×; 7. √; 8. √;

### 四、简答题

1. 纵向受力钢筋一般采用 HRB400 级、HRB335 级和 RRB400 级，不宜采用高强度钢筋，因为与混凝土共同受压时，不能充分发挥其高强度的作用。混凝土破坏时的压应变 0.002，此时相应的纵筋应力值  $\sigma_s' = E_s \varepsilon_s' = 200 \times 10^3 \times 0.002 = 400 \text{ N/mm}^2$ ；若钢筋强度过高，不能充分发挥作用。

2. 纵筋的作用：①与混凝土共同承受压力，提高构件与截面受压承载力；②提高构件的变形能力，改善受压破坏的脆性；③承受可能产生的偏心弯矩、混凝土收缩及温度变化引起的拉应力；④减少混凝土的徐变变形。

横向箍筋的作用：①防止纵向钢筋受力后压屈和固定纵向钢筋位置；②改善构件破坏的脆性；③当采用密排箍筋时还能约束核芯内混凝土，提高其强度和极限变形值。

3. 轴心受压构件在加载后荷载维持不变的条件下，由于混凝土徐变，则随着荷载作用时间的增加，混凝土的压应力逐渐变小，钢筋的压应力逐渐变大，一开始变化较快，经过一定时间后趋于稳定。在荷载突然卸载时，构件回弹，由于混凝土徐变变形的大部分不可恢复，故当荷载为零时，会使柱中钢筋受压而混凝土受拉。若柱的配筋率过大，还可能将混凝土拉裂，若柱中纵筋和混凝土之间有很强粘应力时，则能同时产生纵向裂缝，这种裂缝更为危险。这了防止出现这种情况，故要控制柱中纵筋的配筋率，要求全部纵筋配筋率不宜超过 5%。

4. 凡属下列条件的，不能按螺旋筋柱正截面受压承载力计算：

当  $l_0/b > 12$  时，此时因长细比较大，有可能因纵向弯曲引起螺旋箍筋不起作用；

如果因混凝土保护层退出工作引起构件承载力降低的幅度大于因核芯混凝土强度提高而使构件承载力增加的幅度，

当间接钢筋换算截面面积  $A_{ss0}$  小于纵筋全部截面面积的 25% 时，可以认为间接钢筋配置得过少，套箍作用的效果不明显。



### 5. 第 I 阶段——加载到开裂前

此阶段钢筋和混凝土共同工作，应力与应变大致成正比。在这一阶段末，混凝土拉应变达到极限拉应变，裂缝即将产生。

### 第 II 阶段——混凝土开裂后至钢筋屈服前

裂缝产生后，混凝土不再承受拉力，所有的拉力均由钢筋来承担，这种应力间的调整称为截面上的应力重分布。第 II 阶段是构件的正常使用阶段，此时构件受到的使用荷载大约为构件破坏时荷载的 50%—70%，构件的裂缝宽度和变形的验算是以此阶段为依据的。

### 第 III 阶段——钢筋屈服到构件破坏

当加载达到某点时，某一截面处的个别钢筋首先达到屈服，裂缝迅速发展，这时荷载稍稍增加，甚至不增加都会导致截面上的钢筋全部达到屈服（即荷载达到屈服荷载  $N_y$  时）。评判轴心受拉破坏的标准并不是构件拉断，而是钢筋屈服。正截面强度计算是以此阶段为依据的。

## 四、计算题

1. 解：根据构造要求，先假定柱截面尺寸为  $400\text{mm} \times 400\text{mm}$

由  $l_0/b = 3600/400 = 9$ ，查表得  $\varphi = 0.99$

根据轴心受压承载力公式确定  $A'_s$

$$A'_s = \frac{1}{f'_y} \left( \frac{N}{0.9\varphi} - f_c A \right) = \frac{1}{360} \left( \frac{2650 \times 10^3}{0.9 \times 0.99} - 14.3 \times 400 \times 400 \right) = 1906\text{mm}^2$$

$\rho'_s = \frac{A'_s}{A} = \frac{1906}{400 \times 400} = 1.2\% > \rho'_{\min} = 0.6\%$ ，对称配筋截面每一侧配筋率也满足 0.2% 的构造要求。

选 4C25， $A'_s = 1964\text{mm}^2$

2. 解：（1）求  $\varphi$

$$\text{则 } \frac{l_0}{b} = \frac{4200}{300} = 14.0, \text{ 由表得 } \varphi = 0.92$$

（2）求  $N_u$

$$N_u = 0.9\varphi(f_c A + f'_y A'_s) = 0.9 \times 0.92(14.3 \times 300 \times 300 + 300 \times 804) = 1265\text{kN} > 900\text{kN} (\text{满足要求})$$

$$3. \text{ 解：配筋率验算： } \rho'_s = \frac{A'_s}{A} = \frac{7854}{0.25 \times 3.14 \times 470^2} = 4.5\% \begin{cases} > \rho'_{\min} = 0.55\% \\ < 5\% & \text{满足最大配筋率} \\ > 3\% & \text{需要扣除钢筋面积} \end{cases}, \text{ 也满足}$$

单侧最小配筋率。

由  $l_0/d = 5200/470 = 11.06 < 12$ ，查表得  $\varphi = 0.938$ ，可以采用螺旋箍筋计算抗压承载

力。按螺旋箍筋柱计算承载力：

$$d_{cor} = 470 - 2 \times (10 + 20) = 410\text{mm}$$

$$A_{cor} = 0.25\pi d_{cor}^2 = 0.25 \times 3.14 \times 410^2 = 132000\text{mm}^2$$



$$A_{ss0} = \frac{\pi d_{cor} A_{ss1}}{s} = \frac{3.14 \times 410 \times 78.5}{40} = 2517 \text{mm}^2 > 0.25 A'_s, \text{ 满足构造要求。}$$

$$N_u = 0.9(f_c A_{cor} + 2\alpha f_y A_{ss0} + f'_y A'_s) = 0.9(19.1 \times 132000 + 2 \times 1 \times 270 \times 2527 + 360 \times 7854) = 6042 \text{kN}$$

满足要求。

按普通箍筋柱验算承载力：

$$N_{u1} = 0.9\varphi(f_c A + f'_y A'_s) = 0.9 \times 0.938 \times (19.1 \times (0.25 \times 3.14 \times 470^2 - 7854) + 360 \times 7854) = 5056 \text{kN}$$

$$1.5N_{u1} = 7584 \text{kN} > N_u \text{ 满足要求。}$$

## 第 4 章 钢筋混凝土受弯构件的正截面承载力计算

### 一、填空题

1. 适筋梁、超筋梁、适筋梁、少筋梁； 2. 翼缘； 3.  $\alpha_1 f_c b'_f h'_f \geq M$ 、 $f_y A_s \leq \alpha_1 f_c b'_f h'_f$ ； 4. 界限相对受压区高度、 $\xi > \xi_b$ ； 5. 少筋破坏、适筋破坏、超筋破坏、少筋破坏、超筋破坏、适筋破坏； 6. 钢筋强度、混凝土强度； 7. 受压钢筋屈服； 8. 受压钢筋的合力作用点； 9. 混凝土压应力合力大小相等、合力作用点位置不变； 10. 未裂阶段、带裂缝工作、破坏阶段、带裂缝工作、破坏阶段、未裂阶段； 11. 抗裂计算、裂缝宽度及变形验算、正截面受弯承载力； 12. 矩形、T 形； 13. 充分利用混凝土的受压区对正截面抗弯承载力的贡献； 14.  $x = \xi_b h_0$ 、 $M = \alpha_1 f_c b \xi_b h_0^2 (1 - 0.5 \xi_b)$ ； 15. 正截面受弯破坏、斜截面受剪破坏；

### 二、选择题

1. C； 2. A； 3. D； 4. B； 5. C； 6. A； 7. C； 8. D； 9. C； 10. A； 11. C； 12. A； 13. C； 14. D； 15. B； 16. D； 17. C； 18. A； 19. D； 20. C； 21. B； 22. C； 23. A； 24. B； 25. D； 26. A； 27. D； 28. A

### 三、判断题

1. ×； 2. ×； 3. ×； 4. √； 5. ×； 6. ×； 7. √； 8. ×； 9. √； 10. ×； 11. ×； 12. ×； 13. √； 14. √； 15. √； 16. √； 17. √； 18. √； 19. √； 20. ×；

### 四、简答题

1. 适筋受弯构件正截面工作分为三个阶段。  
第 I 阶段荷载较小，梁基本上处于弹性工作阶段，随着荷载增加，弯矩加大，拉区边缘纤维



混凝土表现出一定塑性性质。

第II阶段弯矩超过开裂弯矩  $M_{cr}$ ，梁出现裂缝，裂缝截面的混凝土退出工作，拉力由纵向受拉钢筋承担，随着弯矩的增加，受压区混凝土也表现出塑性性质，当梁处于第II阶段末IIa时，受拉钢筋开始屈服。

第III阶段钢筋屈服后，梁的刚度迅速下降，挠度急剧增大，中和轴不断上升，受压区高度不断减小。受拉钢筋应力不再增加，经过一个塑性转动构成，压区混凝土被压碎，构件丧失承载力。

第I阶段末的极限状态可作为其抗裂度计算的依据。

第II阶段可作为构件在使用阶段裂缝宽度和挠度计算的依据。

第III阶段末的极限状态可作为受弯构件正截面承载能力计算的依据。

## 2. 钢筋混凝土受弯构件正截面有适筋破坏、超筋破坏、少筋破坏。

梁配筋适中会发生适筋破坏。受拉钢筋首先屈服，钢筋应力保持不变而产生显著的塑性伸长，受压区边缘混凝土的应变达到极限压应变，混凝土压碎，构件破坏。梁破坏前，挠度较大，产生较大的塑性变形，有明显的破坏预兆，属于塑性破坏。

梁配筋过多会发生超筋破坏。破坏时压区混凝土被压坏，而拉区钢筋应力尚未达到屈服强度。破坏前梁的挠度及截面曲率曲线没有明显的转折点，拉区的裂缝宽度较小，破坏是突然的，没有明显预兆，属于脆性破坏，称为超筋破坏。

梁配筋过少会发生少筋破坏。拉区混凝土一旦开裂，受拉钢筋即达到屈服，并迅速经历整个流幅而进入强化阶段，梁即断裂，破坏很突然，无明显预兆，故属于脆性破坏。

3. 最小配筋率是指，当梁的配筋率  $\rho$  很小，梁拉区开裂后，钢筋应力趋近于屈服强度，这时的配筋率称为最小配筋率  $\rho_{min}$ 。是根据  $M_u=M_{cr}$  时确定最小配筋率。

控制最小配筋率是防止构件发生少筋破坏，少筋破坏是脆性破坏，设计时应当避免。

4. 单筋矩形受弯构件正截面承载力计算的基本假定是（1）平截面假定；（2）混凝土应力—应变关系曲线的规定；（3）钢筋应力—应变关系的规定；（4）不考虑混凝土抗拉强度，钢筋拉伸应变值不超过 0.01。以上规定的目的是确定钢筋、混凝土在承载力极限状态下的受力状态，并作适当简化，从而可以确定承载力的平衡方程或表达式。

5. 在单筋截面受压区配置受力钢筋后便构成双筋截面。在受压区配置钢筋，可协助混凝土承受压力，提高截面的受弯承载力；由于受压钢筋的存在，增加了截面的延性，有利于改善构件的抗震性能；此外，受压钢筋能减少受压区混凝土在荷载长期作用下产生的徐变，对减少构件在荷载长期作用下的挠度也是有利的。

双筋截面一般不经济，但下列情况可以采用：（1）弯矩较大，且截面高度受到限制，而采用单筋截面将引起超筋；（2）同一截面内受变号弯矩作用；（3）由于某种原因（延性、构造），受压区已配置  $A'_s$ ；（4）为了提高构件抗震性能或减少结构在长期荷载下的变形。

## 6. 双筋矩形截面受弯构件正截面承载力的两个基本公式：

$$\alpha_1 f_c b x + f_y' A_s' = f_y A_s$$

$$M \leq M_u = \alpha_1 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y' A_s' (h_0 - a_s')$$

适用条件：（1） $\xi \leq \xi_b$ ，是为了保证受拉钢筋屈服，不发生超筋梁脆性破坏，且保证受压钢筋在构件破坏以前达到屈服强度；（2）为了使受压钢筋能达到抗压强度设计值，应满足  $x \geq 2a_s'$ ，其含义为受压钢筋位置不低于受压应力矩形图形的重心。当不满足条件时，则





表明受压钢筋的位置离中和轴太近，受压钢筋的应变太小，以致其应力达不到抗压强度设计值。

7. 为了使受压钢筋能达到抗压强度设计值，应满足  $x \geq 2a'_s$ ，其含义为受压钢筋位置不低于受压应力矩形图形的重心。当不满足条件时，则表明受压钢筋的位置离中和轴太近，受压钢筋的应变太小，以致其应力达不到抗压强度设计值。

此时对受压钢筋取矩： $M_u = f_y A_s (h_0 - a'_s) + \alpha_1 f_c b x (a'_s - \frac{x}{2})$

$x < 2a'_s$  时，公式中的右边第二项相对很小，可忽略不计，近似取  $x = 2a'_s$ ，即近似认为受压混凝土合力点与受压钢筋合力点重合，从而使受压区混凝土合力对受压钢筋合力点所产生的力矩等于零，因此

$$A_s = \frac{M}{f_y (h_0 - a'_s)}$$

8. 第二类型 T 形截面：（中和轴在腹板内）

$$\alpha_1 f_c (b'_f - b) h'_f + \alpha_1 f_c b x = f_y A_s$$

$$M_u = \alpha_1 f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + \alpha_1 f_c (b'_f - b) h'_f (h_0 - \frac{h'_f}{2})$$

适用条件： $\xi \leq \xi_b$

规定适用条件是为了避免超筋破坏，而少筋破坏一般不会发生。

9. 最小配筋率从理论上是由  $M_u = M_{cr}$  确定的，主要取决于受拉区的形状，所以计算 T 形截面的最小配筋率时，用梁肋宽度  $b$  而不用受压翼缘宽度  $b_f$ 。

## 五、计算题

1、解：（1）判断是否需要布置成双筋

先按单筋截面计算受弯承载力，并假定受拉钢筋放两排：

$$h_0 = h - a_s = 500 - 65 = 435 \text{ mm}$$

可承受的最大弯矩为

$$M_u = \alpha_1 f_c b h_0^2 \xi_b (1 - 0.5 \xi_b) = 1.0 \times 11.9 \times 200 \times 435^2 \times 0.550 (1 - 0.5 \times 0.550) = 179.58 \times 10^6 \text{ N}\cdot\text{mm} < M = 260 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

可见，需要设计成双筋梁。

（2）计算所需钢筋

取  $x = \xi_b h_0$ ，此时，

$$A'_s = \frac{M - \xi_b (1 - 0.5 \xi_b) \alpha_1 f_c b h_0^2}{f_y (h_0 - a'_s)} = \frac{260 \times 10^6 - 179.58 \times 10^6}{360 \times (435 - 40)} = 679 \text{ mm}^2$$

$$A_s = \frac{\alpha_1 f_c b \xi_b h_0 + f_y A'_s}{f_y} = \frac{11.9 \times 200 \times 0.55 \times 435 + 300 \times 679}{300} = 2586 \text{ mm}^2$$

（3）选择钢筋：受压钢筋 2 B 22 面积 760mm<sup>2</sup>

受拉钢筋 3B 25+3B 22 面积 2613mm<sup>2</sup>



(4) 验算最小配筋率: 不用验算, 自动满足。

2. 1、解:  $h_0 = h - a_s = 600 - 65 = 535\text{mm}$

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2[M - f_y' A_s'(h_0 - a_s')]}{\alpha_1 f_c b}}$$

$$= 535 - \sqrt{535^2 - \frac{2 \times [360 \times 10^6 - 360 \times 1256 \times (535 - 40)]}{1.0 \times 14.3 \times 300}} = 63\text{mm}$$

满足  $x \leq \xi_b h_0 = 0.518 \times 535 = 277\text{mm}$ , 且  $x < 2a_s' = 80\text{mm}$  故

$$A_s = \frac{M}{f_y (h_0 - a_s')} = \frac{360 \times 10^6}{360(535 - 40)} = 2020\text{mm}^2$$

选择 3 $\Phi$ 22+3 $\Phi$ 20 实配  $A_s = 2082\text{mm}^2$

验算最小配筋率

$$\rho_{\min} \geq \max(0.45 \frac{1.43}{360}, 0.2\%) = 0.2\%$$

$A_s > \rho_{\min} bh = 0.2\% \times 300 \times 500 = 300\text{mm}^2$ , 满足要求。

3. 解: (1)求弯矩设计值:

恒载控制:  $q = 1.35 \times g_k + 1.4 \times 0.7 \times q_k = 1.35 \times 17.78 + 1.4 \times 0.7 \times 15.55 = 39.24 \text{ kN/m}$

活载控制:  $q = 1.2 \times g_k + 1.4 \times q_k = 1.2 \times 17.78 + 1.4 \times 15.55 = 43.11 \text{ kN/m}$

故弯矩设计值为  $M = \frac{1}{8} q l_0^2 = \frac{1}{8} \times 43.11 \times 6^2 = 194 \text{ kN}\cdot\text{m}$  . .

(2) 计算所需钢筋

$$h_0 = h - a_s = 500 - 40 = 460\text{mm}$$

$$\alpha_s = \frac{M}{\alpha_1 f_c b h_0^2} = \frac{194 \times 10^6}{1.0 \times 14.3 \times 250 \times 460^2} = 0.257$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 0.302 < \xi_b = 0.518$$

$$\gamma_s = \frac{1 + \sqrt{1 - 2\alpha_s}}{2} = 0.849$$

$$A_s = \frac{M}{f_y \gamma_s h_0} = \frac{194 \times 10^6}{360 \times 0.849 \times 460} = 1380\text{mm}^2$$

选取 2 $\Phi$ 22+2 $\Phi$ 20:  $A_s = 1388\text{mm}^2$

3)验算适用条件:

$\xi \leq \xi_b$ : 已满足

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{1388}{250 \times 460} = 1.207\% > \rho_{\min} \cdot \frac{h}{h_0} = \max \left\{ 0.2, 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right\} \cdot \frac{h}{h_0} = 0.217\%$$

4.  $h_0 = h - a_s = 450 - 36 = 414\text{mm}$



混凝土受压区高度:

$$x = \frac{f_y A_s}{\alpha_1 f_c b} = \frac{360 \times 804}{14.3 \times 200} = 101.2 \text{mm} < \xi_b h_0 = 0.518 \times 414 = 214.5 \text{mm} \quad \text{满足}$$

验算配筋率

$$\rho = \frac{A_s}{bh_0} = \frac{804}{200 \times 414} = 0.971\% > \rho_{\min} \cdot \frac{h}{h_0} = \max \left\{ 0.2, 0.45 \frac{f_t}{f_y} \right\} \cdot \frac{h}{h_0} = 0.217\% \quad \text{满足}$$

计算最大受弯承载力

$$\begin{aligned} M_u &= \alpha_1 f_c b h_0 x (h_0 - 0.5x) \\ &= 1.0 \times 14.3 \times 200 \times 414 \times 101.2 (414 - 0.5 \times 101.2) \\ &= 105.39 \text{kN.m} > 105 \text{kN.m} \end{aligned}$$

安全

5. (1) 判断 T 形截面的类型

假定受拉钢筋为 1 排,  $a_s = 40 \text{mm}$

$$h_0 = h - a_s = 450 - 40 = 410 \text{mm}$$

$$\alpha_1 f_c h_f' b_f' (h_0 - h_f' / 2) = 11.9 \times 2000 \times 70 \times (410 - 70 / 2) = 624.8 \times 10^6 \text{ Nmm} > 115 \text{kNm}$$

所以, 属于第一类 T 形截面。

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M}{\alpha_1 f_c b_f'}} = 410 - \sqrt{410^2 - \frac{2 \times 115 \times 10^6}{11.9 \times 2000}} = 12.0 \text{mm}$$

$$A_s = \frac{\alpha_1 f_c b_f' x}{f_y} = \frac{11.9 \times 2000 \times 12.0}{300} = 936 \text{mm}^2$$

由于是单筋梁, 需要验算最小配筋率。

$$0.45 \frac{f_t}{f_y} = 0.45 \times 1.27 / 300 = 0.19\% < 0.2\%, \quad \text{故 } \rho_{\min} = 0.2\%。$$

今  $A_s = 936 \text{mm}^2 > \rho_{\min} bh = 0.2\% \times 200 \times 450 = 180 \text{mm}^2$ , 满足要求。

6. (1) 判断 T 形截面的类型

$$f_y A_s = 300 \times 2454 = 736200 \text{N}$$

$$\alpha_1 f_c b_f' h_f' = 11.9 \times 500 \times 120 = 714000 \text{N} < f_y A_s$$

故属于第二类 T 形截面

$$a_s = \frac{3 \times 491 \times (25 + 25 / 2) + 2 \times 491 \times (25 + 25 + 25 + 25 / 2)}{5 \times 491} = 57.5 \text{mm}$$

$$h_0 = h - a_s = 500 - 57.5 = 442.5 \text{mm}$$

$$x = \frac{f_y A_s - \alpha_1 f_c (b_f' - b) h_f'}{\alpha_1 f_c b} = \frac{300 \times 2454 - 11.9 \times (500 - 200) \times 120}{11.9 \times 200} = 129.3 \text{mm}$$



$$< \xi_b h_0 = 0.55 \times 442.5 = 243.4 \text{mm}$$

满足公式适用条件。

若计算出的  $x > \xi_b h_0$ ，则需要取  $x = \xi_b h_0$ ，然后代入公式求解。

$$\begin{aligned}
 M_u &= \alpha_1 f_c b x (h_0 - x / 2) + \alpha_1 f_c (b_f' - b) h_f' (h_0 - h_f' / 2) \\
 &= 11.9 \times 200 \times 129.3 (442.5 - 129.3 / 2) + 11.9 \times 200 \times (500 - 200) (442.5 - 120 / 2) \\
 &= 280.14 \times 10^6 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

此截面可以承受的弯矩设计值为 280.14kNm

## 第 5 章 钢筋混凝土受弯构件斜截面承载力计算

### 一、填空题

1. 斜拉破坏、斜压破坏、剪压破坏、斜拉破坏、斜压破坏、剪压破坏； 2. 箍筋、弯起钢筋、箍筋； 3. 剪力； 4. 斜截面抗剪、斜截面抗弯、计算、构造措施； 5. 斜截面抗弯承载力足够、正截面抗弯承载力足够； 6. 支座截面或节点边缘、总剪力的 75%； 7. 腹剪型、弯剪型； 8. 最大弯矩值处的截面（一般跨中）； 支座附近（该处剪力较大）、正截面、斜截面； 9. 降低、提高、提高； 10. 正截面受弯承载力，斜截面受剪承载力，斜截面受弯承载力； 11. 销栓作用，增加斜裂缝间的骨料咬合力作用；

### 二、选择题

1. B； 2. A； 3. C； 4. B； 5. C； 6. D； 7. A； 8. C； 9. A； 10. A； 11. A； 12. C； 13. D； 14. D； 15. B； 16. B； 17. C； 18. D； 19. B； 20. D； 21. C； 22. B； 23. A； 24. A； 25. B； 26. A； 27. B； 28. A； 29. C； 30. B； 31. B； 32. D

### 三、判断题

1. √； 2. ×； 3. ×； 4. ×； 5. ×； 6. ×； 7. √； 8. ×； 9. ×； 10. √； 11. √； 12. ×； 13. ×； 14. ×； 15. ×； 16. ×； 17. ×； 18. ×； 19. ×； 20. √； 21. √； 22. ×； 23. √； 24. ×； 25. ×； 26. √

### 四、简答题

1. (1) 斜截面破坏形态有三类：斜压破坏，剪压破坏，斜拉破坏 (2) 斜压破坏通过限制最小截面尺寸来控制；剪压破坏通过抗剪承载力计算来控制；斜拉破坏通过限制最小配箍率来控制；

2. (1) 剪跨比的影响，随着剪跨比的增加，抗剪承载力逐渐降低；(2) 混凝土的抗压强度的影响，当剪跨比一定时，随着混凝土强度的提高，抗剪承载力增加；(3) 纵筋配筋率的影响



响，随着纵筋配筋率的增加，抗剪承载力略有增加；（4）箍筋的配箍率及箍筋强度的影响，随着箍筋的配箍率及箍筋强度的增加，抗剪承载力增加；（5）斜裂缝的骨料咬合力和钢筋的销栓作用；（6）加载方式的影响；（7）截面尺寸和形状的影响；

3.斜截面抗剪承载力基本公式的建立是以剪压破坏为依据的，所以规定上、下限来避免斜压破坏和斜拉破坏。

4. 位于负弯矩区的纵向受拉钢筋允许截断。截断时，应满足自钢筋充分利用截面和理论截断点向外延伸一段规范规定的距离。

5. 对于钢筋混凝土梁，由于混凝土的抗拉强度很低，因此随着荷载的增加，当主拉应力值超过混凝土抗拉强度时，将首先在达到该强度的部位产生裂缝，其裂缝走向与主拉应力的方向垂直，故称为斜裂缝。斜裂缝的出现和发展使梁内应力的分布和数值发生变化，最终导致在剪力较大的近支座区段内不同部位的混凝土被压碎或混凝土拉坏而丧失承载力，即发生斜截面破坏。它发生在梁的剪力和弯矩共同作用的剪弯区段内。

6. （1） $\lambda < 1$ 时，发生斜压破坏。破坏时，混凝土被腹剪斜裂缝分割成若干个斜向短柱而压坏，脆性破坏。（2） $\lambda > 3$ 时，常发生斜拉破坏。其特点是当竖向裂缝一出现，就迅速向受压区斜向延伸，斜截面承载力随之丧失。脆性破坏。（3） $1 \leq \lambda \leq 3$ 时，常发生剪压破坏。在弯剪区段的受拉区边缘先出现一些竖向裂缝，它们沿竖向延伸一小段长度后，就斜向延伸形成一些斜裂缝，而后又产生一条贯穿的较宽的主要斜裂缝，称为临界斜裂缝，临界斜裂缝出现后迅速延伸，使斜截面剪压区的高度缩小，最后导致剪压区的混凝土破坏，使斜截面丧失承载力。相比斜压破坏、斜拉破坏，脆性最不明显。

7. 支座边缘处截面；受拉钢筋弯起点处截面；箍筋间距或截面面积改变处截面；腹板宽度改变处剪力。

8. 当 $\lambda > 3$ ，且箍筋配置数量过少时，斜裂缝一旦出现，与斜裂缝相交的箍筋承受不了原来由混凝土所负担的拉力，箍筋立即屈服而不能限制斜裂缝的开展，发生斜拉破坏。如果 $\lambda > 3$ ，箍筋配置数量适当的话，则可转为剪压破坏。斜裂缝产生后，与斜裂缝相交的箍筋不会立即受拉屈服，箍筋限制了斜裂缝的开展，箍筋屈服后，斜裂缝迅速向上发展，产生剪压破坏。如果箍筋配置数量过多，在箍筋尚未屈服时，梁腹混凝土就因抗压能力不足而发生斜压破坏。

## 五、计算题

1.解：（1）验算截面尺寸

$$\text{今 } \frac{h_w}{b} = (600-35) / 250 = 2.26 < 4$$

$$0.25\beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1.0 \times 11.9 \times 250 \times 565 = 420 \times 10^3 \text{N} > V = 150 \text{kN}$$

截面尺寸满足要求。

（2）判断是否只需要构造配筋

$$0.7 f_t b h_0 = 0.7 \times 1.27 \times 250 \times 560 = 124.5 \times 10^3 \text{N} < V = 150 \text{kN}$$

应该按照计算配置箍筋。

（3）计算箍筋间距

$$\frac{n A_{sv1}}{s} = \frac{V - 0.7 f_t b h_0}{f_{yv} h_0} = \frac{150 \times 10^3 - 124.5 \times 10^3}{270 \times 560} = 0.161 \text{ mm}^2/\text{mm}$$



选双肢箍，直径为 8mm， $nA_{sv1} = 2 \times 50.3 = 100.6 \text{ mm}^2$

则， $s \leq 100.6 / 0.165 = 610 \text{ mm}$

(4) 验算最小配箍率

$$\rho_{sv, \min} = 0.24 \frac{f_t}{f_{yv}} = 0.24 \times 1.27 / 270 = 0.113\%$$

今  $\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = 100.6 / (250 \times 250) = 0.161\%$ ，大于最小配箍率。

故满足要求。

2. 解：(1) 验算截面尺寸

$$h_w = h_0 = 460 \text{ mm}, \frac{h_w}{b} = \frac{460}{250} = 1.84 < 4$$

$$0.25 \beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1 \times 9.6 \times 250 \times 460 = 276000 \text{ N} > V_{\max} = 180000 \text{ N}$$

截面符合要求。

(2) 验算是否需要计算配置箍筋

$$0.7 f_t b h_0 = 0.7 \times 1.1 \times 250 \times 460 = 88550 \text{ N} < V_{\max} (= 180000 \text{ N}), \text{故需要进行配箍计算。}$$

(3) 只配箍筋而不用弯起钢筋

$$V = 0.7 f_t b h_0 + f_{yv} \cdot \frac{nA_{sv1}}{s} \cdot h_0$$

$$\text{则 } \frac{nA_{sv1}}{s} = 0.736 \text{ mm}^2 / \text{mm}$$

若选用 A8@120，实有

$$\frac{nA_{sv1}}{s} = \frac{2 \times 50.3}{120} = 0.838 > 0.741 (\text{可以})$$

$$\text{配箍率 } \rho_{sv} = \frac{nA_{sv1}}{bs} = \frac{2 \times 50.3}{250 \times 120} = 0.335\%$$

$$\text{最小配箍率 } \rho_{sv, \min} = 0.24 \frac{f_t}{f_{yv}} = 0.24 \times \frac{1.1}{270} = 0.098\% < \rho_{sv} (\text{可以})$$

3. 解：(1) 验算最小配箍率

$$\rho_{sv, \min} = 0.24 \frac{f_t}{f_{yv}} = 0.24 \times 1.10 / 270 = 0.098\%$$

今  $\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{bs} = (2 \times 28.3) / (200 \times 200) = 0.142\%$ ，大于最小配箍率。

(2) 计算抗剪承载力

$$h_w = h_0 = h - a_s = 400 - 40 = 360 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{a}{h_0} = \frac{1600}{360} = 4.44 > 3, \text{取 } \lambda = 3$$

$$V = \frac{1.75}{\lambda + 1} f_t b h_0 + f_{yv} \frac{nA_{sv1}}{s} h_0 = \frac{1.75}{4} \times 1.10 \times 200 \times 360 + 270 \times \frac{2 \times 28.3}{200} \times 360 = 62.2 \text{ kN}$$

(3) 计算可承受的 P

$$P = 2V = 2 \times 62.2 = 12.4 \text{ kN}$$



(4) 截面尺寸限制条件

$$h_w = h_0 = h - a_s = 400 - 40 = 360 \text{mm}$$

$$\frac{h_w}{b} = 360/200 < 4$$

$$0.25\beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1.0 \times 9.6 \times 200 \times 360 = 172.8 \text{kN} > V = 62.2 \text{kN}$$

截面尺寸满足要求。

4. 解：(1) 梁端剪力  $V_{\max}$ 、距离支点边缘 480mm 处的剪力  $V_1$

$$V_{\max} = 75 \times 2.5 = 187.5 \text{kN}$$

$$V_1 = 75 \times (2.5 - 0.48) = 151.5 \text{kN}$$

(2) 截面尺寸限制条件

$$h_w = h_0 = h - a_s = 500 - 40 = 460 \text{mm}$$

$$\frac{h_w}{b} = 460/200 = 2.3 < 4$$

$$0.25\beta_c f_c b h_0 = 0.25 \times 1.0 \times 14.3 \times 200 \times 460 = 328.9 \text{kN} > V_{\max} = 187.5 \text{kN}$$

截面尺寸满足要求。

(3) 计算距离支点边缘 480mm 处抗剪承载力

$$V = 0.7 f_t b h_0 + f_{yv} \frac{n A_{sv1}}{s} h_0 = 0.7 \times 1.43 \times 200 \times 460 + 270 \times \frac{2 \times 50.3}{200} \times 460 = 154.6 \text{kN} > V_1 = 151.5 \text{kN}$$

(4) 计算支点边缘抗剪承载力

$$\begin{aligned} V &= 0.7 f_t b h_0 + f_{yv} \frac{n A_{sv1}}{s} h_0 + 0.8 f_y A_b \sin \alpha \\ &= 0.7 \times 1.43 \times 200 \times 460 + 270 \times \frac{2 \times 50.3}{200} \times 460 + 0.8 \times 300 \times 490.9 \times \sin 45^\circ \\ &= 237.9 \text{kN} > V_{\max} = 187.5 \text{kN} \end{aligned}$$

(4) 验算最小配箍率

$$\rho_{sv, \min} = 0.24 \frac{f_t}{f_{yv}} = 0.24 \times 1.43 / 270 = 0.127\%$$

$$\text{今 } \rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{b s} = 2 \times 50.3 / (200 \times 200) = 0.252\% \text{, 大于最小配箍率。}$$

故满足要求。

## 第 7 章 钢筋混凝土偏心受压构件承载力计算

### 一、填空题

1. 大、多、大偏心受压破坏；2. 小、高、小偏心受压破坏；3. 受拉钢筋，受压钢筋；4. 小，大；5. 对称配筋、非对称配筋；6. 纵向弯曲，轴心，稳定系数；7. 5.0%；8. 正截面承载能力、抗剪、抗裂、裂缝宽度；9. 延性、脆性；10. 受拉钢筋屈服的同时，受压区混凝土达到极限压应变被压碎；11. 稳定系数、截面偏心距调整系数、弯矩增大系数；12. 大偏心、小偏心、界限状态；13. 混凝土质量的的不均匀性、20mm、偏心方向截面尺寸的 1/30；14. 小偏心受拉、大偏心受；15. 轴拉、钢筋、双筋受弯、大偏心受压、受压区；16. 近侧混凝土被压



碎、受拉、受拉；17.  $N > f_c b h$ 、 $0.002bh$

## 二、选择题

1. C; 2. B; 3. A; 4. A; 5. D; 6. D; 7. D; 8. A; 9. C; 10. C; 11. D; 12. D; 13. A; 14. C; 15. A; 16. C; 17. B; 18. A; 19. B; 20. A; 21. C; 22. A

## 三、判断题

1. √; 2. √; 3. √; 4. ×; 5. √; 6. √; 7. ×; 8. ×; 9. ×; 10. √; 11. √; 12. ×; 13. √; 14. √; 15. ×; 16. ×; 17. ×; 18. ×; 19. ×; 20. √; 21. √; 22. √; 23. √; 24. ×; 25. √; 26. √; 27. ×; 28. ×; 29. ×; 30. ×; 31. ×;

## 四、简答题

1. (1)  $\xi \leq \xi_b$ ，大偏心受压破坏； $\xi > \xi_b$ ，小偏心受压破坏；本质区别是判断远离轴向力一侧的钢筋能否达到屈服强度

(2) 破坏特征：

大偏心受压破坏：破坏始于远端钢筋的受拉屈服，然后近端混凝土受压破坏；

小偏心受压破坏：构件破坏时，混凝土受压破坏，但远端的钢筋并未屈服；

2.  $N$  很大，偏心距较小，截面宽度又较小于截面高度  $h$  时，垂直于弯矩作用平面的受压承载力可能起控制作用，因此，要复核垂直于弯矩作用平面的受压承载力。

3. 附加偏心距  $e_a$  的物理意义在于，考虑由于荷载偏差、施工误差等因素的影响， $e_0$  会增大或减小，另外，混凝土材料本身的不均匀性，也难保证几何中心和物理中心的重合。其值取 20mm 和偏心方向截面尺寸的 1/30 两者中的较大者。

4. (1) 当  $N$  作用在纵向钢筋  $A_s$  合力点和  $A'_s$  合力点范围以外时，为大偏心受拉；当  $N$  作用在纵向钢筋  $A_s$  合力点和  $A'_s$  合力点范围之间时，为小偏心受拉；

(2) 大偏心受拉有混凝土受压区，钢筋先达到屈服强度，然后混凝土受压破坏；小偏心受拉破坏时，混凝土完全退出工作，由纵筋来承担所有的外力。

5. 对小偏心受压构件，若  $N$  很大，偏心距  $e_0$  很小，而远离  $N$  的一侧钢筋数量又相对较少时，构件的破坏可能首先发生在远离  $N$  的一侧，称反向破坏。

对称配筋时，远离  $N$  的一侧钢筋的应力必然小于近  $N$  的一侧，不会先破坏，所以不作“反向破坏”的验算。

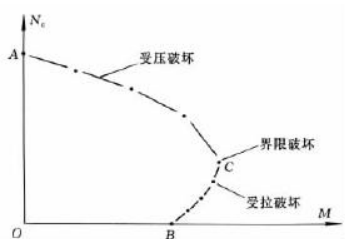
6. 答：(1)  $Mu=0$  时， $Nu$  最大； $Nu=0$  时， $Mu$  不是最大；界限破坏时， $Mu$  最大。

(2) 小偏心受压时， $Nu$  随  $Mu$  的增大而减小；大偏心受压时， $Nu$  随  $Mu$  的增大而增大。

(3) 对称配筋时，如果截面形状和尺寸相同，混凝土强度等级和钢筋级别也相同，但配筋数量不同，则在界限破坏时，它们的  $Nu$  是相同的(因为  $N = \alpha_1 f_c b x_b = \alpha_1 f_c b \xi_b h_0$ )，因此各条  $Nu-Mu$  曲线的界限破坏点在同一水平处。







7. 钢筋混凝土构件中由轴向压力在产生了挠曲变形的杆件中引起的曲率和弯矩增量，属于构件层面的问题。

对于弯矩作用平面内截面对称的偏心受压构件，当同一主轴方向的杆端弯矩比  $M_1/M_2 \leq 0.9$ 、且轴压比  $N/f_c A \leq 0.9$  时，若构件的长细比满足  $l_c/i < 34 - 12M_1/M_2$  的要求，可不考虑轴向压力在该方向挠曲杆中产生的附加弯矩的影响。

规范通过引入截面偏心距调节系数和弯矩增大系数考虑

8. 大、小偏心受拉构件的区分，与偏心受压构件不同，它是以到达正截面承载力极限状态时，截面上是否存在有受压区来划分的。当纵向拉力作用  $N$  于  $A_s$  与  $A_s$  之间时，受拉区混凝土开裂后，拉力由纵向钢筋  $A_s$  负担，而  $A_s$  位于  $N$  的外侧，有力的平衡可知，截面上将不可能再存在有受压区，纵向钢筋  $A_s$  受拉。因此，只要  $N$  作用在  $A_s$  与  $A_s$  之间，与偏心距大小及配筋率无关，均为全截面受拉的小偏心受拉构件。当纵向拉力作用  $N$  于  $A_s$  与  $A_s$  间距之外，部分截面受拉，部分受压。拉区混凝土开裂后，有平衡关系可知，与  $A_s$  的配筋率无关，截面必须保留有受压区， $A_s$  受压为大偏心受拉构件。

## 五、计算题

1. 解：（1）二阶效应考虑

$$h_0 = h - a_s = 450 - 40 = 410 \text{ mm}$$

$$M = C_m \eta_{ns} M_2 = 0.96 \times 1.03 \times 280 < 280 \text{ kN} \cdot \text{m}, \text{ 取 } M = 280 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{280 \times 1000}{370} = 757 \text{ mm}$$

$$e_a = \max\left(20, \frac{450}{30}\right) = 20 \text{ mm}$$

$$e_i = e_0 + e_a = 757 \text{ mm} > 0.3h_0 = 0.3 \times 410 = 123 \text{ mm}, \text{ 按大偏压计算。}$$

（2）计算受压区高度

$$e = e_i + 0.5h - a_s = 757 + 0.5 \times 450 - 40 = 942 \text{ mm}$$

由公式  $Ne = \alpha_1 f_c b x \left(h_0 - \frac{x}{2}\right) + f_y' A_s' (h_0 - a_s')$  知，

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2[Ne - f_y' A_s' (h_0 - a_s')]}{\alpha_1 f_c b}}$$

$$= 410 - \sqrt{410^2 - \frac{2[370 \times 1000 \times 942 - 360 \times 1256 \times (410 - 40)]}{1.0 \times 14.3 \times 350}}$$

$$= 101 \text{ mm} < \xi_b h_0 = 0.518 \times 410 = 212 \text{ mm}$$

$$x > 2a_s' = 80 \text{ mm}$$

故为大偏心受压构件，且受压钢筋屈服。

（3）计算  $A_s$



$$A_s = \frac{\alpha_1 f_c b x + f_y A'_s - N}{f_y} = (1.0 \times 14.3 \times 350 \times 101 + 360 \times 1256 - 370 \times 1000) / 360 = 1632 \text{ mm}^2$$

实配：4C 20+1C22， $A_s = 1256 + 380.1 = 1636.1 \text{ mm}^2$

(4) 验算最小配筋率

单侧： $A'_s = 1256 \text{ mm}^2 > 0.2\%bh = 0.2\% \times 350 \times 450 = 315 \text{ mm}^2$  满足

全部： $\rho = \frac{A'_s + A_s}{bh} = (1256 + 1636.1) / (350 \times 450) = 1.83\% > 0.55\%$  满足

2. 解：(1) 二阶效应考虑

$$h_0 = h - a_s = 500 - 40 = 460 \text{ mm}$$

因为  $M_1 = M_2 = 400 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ， $C_m = 1.0$

$M = C_m \eta_{ns} M_2 = 1.0 \times 1.02 \times 400 = 408 \text{ kN} \cdot \text{m}$ ，取  $M = 408 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$$e_0 = \frac{M}{N} = 408 \times 1000 / 450 = 906.7 \text{ mm}$$

$$e_a = \max(20, \frac{500}{30}) = 20 \text{ mm}$$

$e_i = e_0 + e_a = 926.7 \text{ mm} > 0.3h_0 = 0.3 \times 460 = 138 \text{ mm}$ ，按大偏压计算。

(2) 计算  $A'_s$

为充分利用混凝土，取  $x = \xi_b h_0 = 0.518 \times 460 = 238.3 \text{ mm}$

$$e = e_i + 0.5h - a_s = 926.7 + 0.5 \times 500 - 40 = 1136.7 \text{ mm}$$

由公式  $Ne = \alpha_1 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f_y A'_s (h_0 - a'_s)$  知，

$$A'_s = \frac{Ne - \alpha_1 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right)}{f_y (h_0 - a'_s)} = \frac{450 \times 1000 \times 1136.7 - 1.0 \times 14.3 \times 350 \times 238.3 \left( 460 - \frac{238.3}{2} \right)}{360 \times (460 - 40)}$$

$= 512 \text{ mm}^2 > 0.002bh = 0.002 \times 300 \times 500 = 300 \text{ mm}^2$ ，实配 2C20， $A'_s = 628 \text{ mm}^2$ 。

(3) 计算  $A_s$

$$A_s = \frac{\alpha_1 f_c b x + f_y A'_s - N}{f_y} = (1.0 \times 14.3 \times 350 \times 238.3 + 360 \times 628 - 450 \times 1000) / 360 = 2691 \text{ mm}^2$$

$> 0.002bh = 0.002 \times 300 \times 500 = 300 \text{ mm}^2$ ，实配 2C22+4C25， $A_s = 1964 + 760 = 2724 \text{ mm}^2$ 。

(4) 验算最小配筋率

全部： $\rho = \frac{A'_s + A_s}{bh} = (628 + 2724) / (350 \times 500) = 1.60\% > 0.55\%$  满足

3. 解：(1) 最小配筋率验算

$$h_0 = h - a_s = 600 - 40 = 560 \text{ mm}$$

$A'_s = 1520 \text{ mm}^2 > 0.002bh = 0.002 \times 400 \times 600 = 480 \text{ mm}^2$

$A_s = 1256 \text{ mm}^2 > 0.002bh = 0.002 \times 400 \times 600 = 480 \text{ mm}^2$



全部:  $\rho = \frac{A'_s + A_s}{bh} = (1520 + 1256) / (400 \times 600) = 1.16\% > 0.55\%$  满足

(2) 计算受压区高度

假设大偏压:

$$x = \frac{N - f'_y A'_s + f_y A_s}{\alpha_1 f_c b} = (1200 \times 1000 - 360 \times 1520 + 360 \times 1256) / (1.0 \times 19.1 \times 400)$$

$$= 145 \text{ mm} < \xi_b h_0 = 0.518 \times 560 = 290 \text{ mm}$$

$$\text{且 } x > 2a'_s = 80 \text{ mm}$$

属于大偏心受压, 且受压钢筋屈服。

(3) 计算偏心距

$$e = \frac{\alpha_1 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)}{N}$$

$$= \frac{1.0 \times 19.1 \times 400 \times 145 \times (560 - 0.5 \times 145) + 360 \times 1520 \times (560 - 40)}{1200 \times 1000} = 687 \text{ mm}$$

$$e_i = e - 0.5h + a_s = 687 - 0.5 \times 600 + 40 = 427 \text{ mm}$$

$$e_a = \max\left(20, \frac{600}{30}\right) = 20 \text{ mm}$$

$$e_0 = e_i - e_a = 427 - 20 = 407 \text{ mm}$$

$$M = Ne_0 = 1200 \times 0.407 = 488.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

4、解: (1) 最小配筋率验算

$$h_0 = h - a_s = 600 - 40 = 560 \text{ mm}$$

$$A_s = A'_s = 1964 \text{ mm}^2 > 0.002bh = 0.002 \times 400 \times 600 = 480 \text{ mm}^2$$

全部:  $\rho = \frac{A'_s + A_s}{bh} = (1964 + 1964) / (400 \times 600) = 1.64\% > 0.55\%$  满足

(2) 计算受压区高度

假设大偏压:

$$x = \frac{N}{\alpha_1 f_c b} = (900 \times 1000) / (1.0 \times 19.1 \times 400)$$

$$= 118 \text{ mm} < \xi_b h_0 = 0.518 \times 560 = 290 \text{ mm}$$

$$\text{且 } x > 2a'_s = 80 \text{ mm}$$

属于大偏心受压, 且受压钢筋屈服。

(3) 计算偏心距

$$e = \frac{\alpha_1 f_c b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)}{N}$$

$$= \frac{1.0 \times 19.1 \times 400 \times 118 \times (560 - 0.5 \times 118) + 360 \times 1964 \times (560 - 40)}{900 \times 1000} = 910 \text{ mm}$$

$$e_i = e - 0.5h + a_s = 910 - 0.5 \times 600 + 40 = 650 \text{ mm}$$

$$e_a = \max\left(20, \frac{600}{30}\right) = 20 \text{ mm}$$

$$e_0 = e_i - e_a = 650 - 20 = 630 \text{ mm}$$

$$M = Ne_0 = 900 \times 0.63 = 567 \text{ kN} \cdot \text{m}$$



6. 解：（1）计算受压区高度

$$h_0 = h - a_s = 500 - 40 = 460 \text{ mm}$$

$$x = \frac{N}{\alpha_1 f_c b} = (400 \times 1000) / (1.0 \times 14.3 \times 400) = 70 \text{ mm}$$

$$x < \xi_b h_0 = 0.518 \times 460 = 238.3 \text{ mm}$$

$$x < 2a'_s = 80 \text{ mm}$$

故为大偏心受压构件，但受压钢筋不屈服。

（2）计算  $A_s$ 、 $A'_s$

$$M = C_m \eta_{ns} M_2 = 0.98 \times 1.03 \times 360 = 363.4 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = 363.4 \times 1000 / 400 = 908.5 \text{ mm}$$

$$e_a = \max(20, \frac{500}{30}) = 20 \text{ mm}$$

$$e_i = e_0 + e_a = 928.5 \text{ mm}$$

$$A_s = A'_s = \frac{N(e_i - \frac{h}{2} + a'_s)}{f_y(h_0 - a'_s)} =$$

$$= \frac{400 \times 1000 \times (928.5 - 0.5 \times 500 + 40)}{360 \times (460 - 40)}$$

$$= 1900.8 \text{ mm}^2$$

（3）验算最小配筋率

单侧：  $A'_s = A_s = 1900.8 \text{ mm}^2 > 0.2\%bh = 0.2\% \times 400 \times 500 = 400 \text{ mm}^2$       满足

全部：  $\rho = \frac{A'_s + A_s}{bh} = 1900.8 \times 2 / (400 \times 500) = 1.9\% > 0.55\%$       满足

## 第 8 章 钢筋混凝土构件的变形、裂缝和耐久性

### 一、填空题

1.适用性、耐久性； 2. 受拉钢筋合力重心位置处构件； 3. 裂缝宽度、挠度； 4. 纵筋配筋率、纵筋直径、纵筋表面形状、混凝土保护层厚度； 5. 使用环境、设计使用年限； 6. 变量、荷载值、加荷时间； 7. 反映裂缝之间混凝土协调受拉钢筋抗拉工作的程度； 8. 同号、最大弯矩截面、弯矩最大； 9. 用考虑荷载长期作用的挠度增大系数  $\theta$ ； 10. 变小、变大、变小、变小、预应力； 11. 正常使用极限状态、标准值； 12. 增加截面高度； 13. 截面处纵向受拉钢筋的应力、准永久标准组合； 14. 荷载、变形因素（非荷载）； 15. 沿长向有变化的抗弯刚度； 16. 三级； 17. 准永久； 18.  $1.5I$ ； 19.  $B = 0.85E_c I_0$ ； 20. 混凝土的碳化、钢筋锈蚀



## 二、选择题

1. D; 2. D; 3. D; 4. D; 5. B; 6. A; 7. A; 8. D; 9. C; 10. C; 11. B; 12. C; 13. C; 14. B; 15. B; ;  
16. A; 17. B; 18. C; 19. C; 20. B; 21. A; 22. A; 23. A; 24. C;

## 三、判断题

1. ×; 2. ×; 3. √; 4. √; 5. ×; 6. √; 7. ×; 8. √; 9. √; 10. √; 11. ×;  
12. ×; 13. ×; 14. √; 15. ×; 16. √; 17. ×; 18. ×; 19. ×; 20. ×; 21. ×;  
22. √; 23. √; 24. √; 25. √; 26. ×; 27. ×; 28. √; 29. ×; 30. √

## 四、简答题

1. 随着时间的增长, 由于受拉区混凝土应力松弛和滑移徐变, 裂缝间受拉钢筋平均应变还将继续增长而使裂缝变宽, 同时, 混凝土收缩也使裂缝宽度有所增大。

2. 与构件类型、保护层厚度、配筋率、钢筋直径和钢筋应力等因素有关。如不满足, 可以采取减小钢筋应力(即增加钢筋用量)或减小钢筋直径等措施。

3. 主要是指刚度的取值不同, 材料力学中挠度计算采用弹性弯曲刚度, 钢筋混凝土构件挠度计算采用由短期刚度修正的长期刚度。

“最小刚度原则”就是在简支梁全跨长范围内, 可都按弯矩最大处的截面抗弯刚度, 亦即按最小的截面抗弯刚度, 用材料力学方法中不考虑剪切变形影响的公式来计算挠度。这样可以简化计算, 而且误差不大, 是允许的。

4. 系数 $\psi$ 的物理意义就是反映裂缝间受拉混凝土对纵向受拉钢筋应变的影响程度。 $\psi$ 的大小还与以有效受拉混凝土截面面积计算的有效纵向受拉钢筋配筋率 $\rho_{te}$ 有关。

5. 影响因素有: 配筋率 $\rho$ 、截面形状、混凝土强度等级、截面有效高度 $h_0$ 。可以看出, 如果挠度验算不符合要求, 可增大截面高度, 选择合适的配筋率 $\rho$ 等。

6. 确定构件裂缝宽度限值主要考虑(1)外观要求; (2)耐久性。

变形限值主要考虑(1) 保证建筑的使用功能要求 (2) 防止对非结构构件产生不良影响 (3) 保证人们的感受在可接受的程度之内。

7. 为了保证构件不因变形或裂缝宽度过大而影响构件的适用性和耐久性。因此, 必须进行变形和裂缝宽度的验算。

8、有两类: 荷载引起的裂缝和由变形引起的裂缝

(1) 荷载引起的裂缝: 如受弯、受拉等构件的垂直裂缝; 受弯构件斜裂缝。

对于因荷载引起的构件斜裂缝, 规范对其验算方法尚无专门规定。但试验结果表明, 只要能满足斜截面承载力计算要求, 并相应配置了符合计算及构造要求的腹筋, 则构件的斜裂缝宽度不会太大, 能满足正常使用要求。

对于荷载引起的与构件轴线垂直的裂缝, 国内外对其形成规律、影响因素以及计算方法已做了大量的试验研究, 规范给出了计算方法。

(2) 由变形引起的裂缝: 如基础沉降、收缩、温度作用等。

9. 分为三级。正常使用阶段严格要求不出现裂缝的构件, 裂缝控制等级属一级; 正常使用阶段一般要求不出现裂缝的构件, 裂缝控制等级属二级; 正常使用阶段允许出现裂缝的构件, 裂缝控制等级三级。



10. 裂缝开展宽度是指受拉钢筋重心水平处构件侧表面上的混凝土的裂缝宽度。试验量测表明，沿裂缝深度，裂缝宽度是不相等的，由于受到钢筋的约束，近钢筋处回缩变形小，构件表面处回缩大。而保护层厚度是从纵向钢筋外表面算至混凝土外表面的。所以裂缝宽度的大小与保护层厚度是有关系的。

11. 混凝土结构的耐久性是指结构或构件在设计使用年限内，在正常维护条件下，不需要进行大修就可满足正常使用和安全功能要求的能力。

影响混凝土结构耐久性能的因素很多，主要有内部和外部两个方面。内部因素主要有混凝土的强度、密实性、水泥用量、水灰比、氯离子及碱含量、外加剂用量、保护层厚度等；外部因素主要是环境条件，包括温度、湿度、CO<sub>2</sub>含量、侵蚀性介质等。

混凝土的碳化及钢筋锈蚀是影响混凝土结构耐久性的最主要的因素。

## 第9章 预应力混凝土构件

### 一、填空题

1. 先张法、后张法、粘结力、锚具； 2. 预应力钢丝、钢绞线、预应力螺纹钢筋； 3. 强度高、收缩徐变小、快硬早强； 4. 张拉端锚具变形和预应力筋内缩引起的预应力损失、预应力筋与孔道壁之间的摩擦引起的预应力损失、温差损失、预应力筋应力松弛引起的损失、混凝土的收缩徐变引起的损失、环形构件由于混凝土的局部挤压引起的预应力损失； 5. 三；
6.  $\sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l3} + \sigma_{l4} + \sigma_{l5}$ ； 7.  $\sigma_{l1} + \sigma_{l2} + \sigma_{l4} + \sigma_{l5} + \sigma_{l6}$ ； 8. 徐变、预应力损失； 9. 100N/mm<sup>2</sup>、80 N/mm<sup>2</sup>。

### 二、选择题

1. D； 2. C； 3. C； 4. C； 5. A； 6. B； 7. A； 8. A； 9. D； 10. C； 11. D； 12. B； 13. C； 14. A； 15. A

### 三、判断题

1. √； 2. √； 3. ×； 4. ×； 5. ×； 6. √； 7. ×； 8. ×； 9. √； 10. ×； 11. ×； 12. √； 13. ×； 14. ×； 15. ×

### 四、简答题

1. ①预应力：  
②优点：提高构件的抗裂性、刚度及抗渗性，能够充分发挥材料的性能，节约钢材。  
③缺点：构件的施工、计算及构造较复杂，且延性较差。
2. ①要求混凝土强度高。因为先张法构件要求提高钢筋与混凝土之间的粘结应力，后张法



构件要求具有足够的锚固端的局部受压承载力。

②要求钢筋强度高。因为张拉控制应力较高，同时考虑到为减小各构件的预应力损失。

3.  $\sigma_{con}$  过高，可能引起张拉时个别钢丝拉断； $\sigma_{con}$  过高，施工阶段可能引起构件某些部分受拉开裂或局部受压破坏； $\sigma_{con}$  过高，使开裂荷载与破坏荷载接近，产生无预兆的脆性破坏。

4. 预应力损失包括：①锚具变形和钢筋内缩引起的预应力损失。可通过选择变形小锚具或增加台座长度、少用垫板等措施减小该项预应力损失；

②预应力钢筋与孔道壁之间的摩擦引起的预应力损失。可通过两端张拉或超张拉减小该项预应力损失；

③预应力钢筋与承受拉力设备之间的温度差引起的预应力损失。可通过二次升温措施减小该项预应力损失；

④预应力钢筋松弛引起的预应力损失。可通过超张拉减小该项预应力损失；

⑤混凝土收缩、徐变引起的预应力损失。可通过减小水泥用量、降低水灰比、保证密实性、加强养护等措施减小该项预应力损失；

⑥螺旋式预应力钢筋构件，由于混凝土局部受挤压引起的预应力损失。为减小该损失可适当增大构件直径。

