

水工钢筋混凝土结构模拟试题一

一、填空题（每小题 5 分，共计 45 分）

- 1、钢筋混凝土结构按建造方法可分为装配式、整体式和装配整体式。
- 2、用于确定混凝土抗压强度的试件有立方体和棱柱体两种。
- 3、混凝土在长期荷载作用下，应力不变，应变会随着时间的增长而增长的现象。
- 4、钢筋接长有 3 种方法，分别是绑扎搭接、焊接和机械连接。
- 5、结构在安全性、适用性和耐久性等 3 个方面的要求统称为可靠性。

二、选择题（每小题 6 分，共计 30 分）

- 1、水利工程结构常用的钢筋是（C）。
A. HPB235 和 RRB400 B. HRB335 和 HRB400
C. HPB235 和 HRB335 D. HPB300 和 HRB500
- 2、我国混凝土的强度等级是根据（B）规定的。
A. 立方体抗压强度设计值 B. 立方体抗压强度标准值
C. 立方体抗压强度平均值 D. 具有 90%保证率的立方体抗压强度
- 3、下列（D）项不属于直接作用。
A. 风荷载 B. 活荷载 C. 水压力 D. 地震
- 4、当 $\lambda > 3$ 时，无腹筋梁的受剪破坏形态为（A）。
A. 斜拉破坏 B. 剪压破坏 C. 斜压破坏
- 5、采用对称配筋的大偏心受压柱，在下列（C）组内力为最不利内力组合。
A. $M = 100\text{kN}\cdot\text{m}$ ， $N = 150\text{kN}$ B. $M = 100\text{kN}\cdot\text{m}$ ， $N = 500\text{kN}$
C. $M = 200\text{kN}\cdot\text{m}$ ， $N = 150\text{kN}$ D. $M = 200\text{kN}\cdot\text{m}$ ， $N = 500\text{kN}$

三、简答题（每小题 20 分，共计 40 分）

- 1、简述适筋梁受弯构件正截面破坏三个阶段的特点。
答：第 1 阶段-未裂阶段，受拉区混凝土和钢筋共同承受拉力，二者应变相同；第 2 阶段-裂缝阶段，受拉区混凝土开裂退出工作，钢筋承担全部拉力；第 3 阶段-破坏阶段，受拉钢筋屈服，裂缝不断向上延伸，受压区混凝土被压碎。
- 2、什么是混凝土的徐变？减小混凝土徐变的措施有哪些？
答：混凝土在长期荷载作用下，应力不变而应变会随着时间的增长而增长的现象。减小混凝土徐变的措施有：（1）减少水泥用量，降低水灰比，采用高强度骨料；（2）高温高湿养护；（3）长期所受应力不应太大，最好小于 $0.5f_c$ 。

四、计算题（每小题 35 分，共计 35 分）

- 1、已知：钢筋混凝土偏心受压柱截面尺寸 $b \times h = 400\text{mm} \times 500\text{mm}$ ，柱子的计算长度 $l_0 = 2.5\text{m}$ ，轴力设计值 $N = 600\text{kN}$ ，弯矩设计值 $M = 240\text{kN}\cdot\text{m}$ ，混凝土 C25，钢筋 II 级，



$a = a' = 40\text{mm}$, $\gamma = 1.20$ 。按 DL/T5057-2009 规范。求钢筋面积 $A_s = A_s' = ?$

解：查附录 2 表 1 和表 3 得 $f_c = 11.9\text{N/mm}^2$, $f_y' = f_y = 300\text{N/mm}^2$

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

$$\frac{l_0}{h} = \frac{2500}{500} = 5 < 8, \text{可不考虑纵向弯曲的影响, 取 } \eta = 1$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{240 \times 10^3}{600} = 400\text{mm} > \frac{h_0}{30} = \frac{460}{30} = 15.3\text{mm}$$

故按实际偏心距 $e_0 = 400\text{mm}$ 计算

$\eta e_0 = 400\text{mm} > 0.3 \times h_0 = 138\text{mm}$, 所以按大偏心受压构件进行计算

$$e = \eta e_0 + \frac{h}{2} - a = 400 + \frac{500}{2} - 40 = 610\text{mm}$$

查表 3-1 得 $\xi_b = 0.55$, $\alpha_{sb} = \xi_b (1 - 0.5\xi_b) = 0.399$

$$A_s' = \frac{\gamma N e - \alpha_{sb} f_c b h_0^2}{f_y' (h_0 - a')} = \frac{1.2 \times 600 \times 10^3 \times 610 - 0.399 \times 11.9 \times 400 \times 460^2}{300 \times (460 - 40)}$$

$$= 296.197\text{mm}^2 < \rho_{\min} b h_0 = 0.2\% \times 400 \times 460 = 368\text{mm}^2$$

故取 $A_s' = 368\text{mm}^2$, 所以适用 $5\Phi 10$ ($A_s' = 393\text{mm}^2$)

$$\alpha_s = \frac{\gamma N e - f_y' A_s' (h_0 - a')}{f_c b h_0^2} = \frac{1.2 \times 600 \times 10^3 \times 610 - 300 \times 393 \times (460 - 40)}{11.9 \times 400 \times 460^2} = 0.387$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.387} = 0.525 < \xi_b = 0.55$$

$$x = \xi h_0 = 0.525 \times 460 = 241.5\text{mm} > 2a' = 80\text{mm}$$

$$A_s = \frac{f_c b \xi h_0 + f_y' A_s' - \gamma N}{f_y} = \frac{11.9 \times 400 \times 0.525 \times 460 + 300 \times 393 - 1.2 \times 600 \times 10^3}{300}$$

$$= 1824.8\text{mm}^2 > \rho_{\min} b h_0 = 368\text{mm}^2$$

适用 $6\Phi 20$, $A_s = 1884\text{mm}^2$ 。



水工钢筋混凝土结构模拟试题二

一、填空题（每小题 5 分，共计 45 分）

- 1、板中分布钢筋的作用是将板面荷载 均匀地 传递给受力钢筋，并在施工中用以 固定 受力钢筋。
- 2、当受弯构件沿弯矩最大的截面破坏时，破坏截面与构件的轴线垂直，这种破坏称 正截面 破坏；当受弯构件沿弯矩和剪力较大的截面破坏时，破坏截面与构件的轴线斜交，这种破坏称为 斜截面 破坏。
- 3、剪跨比是指作用有集中荷载的梁的 剪跨 和 截面有效高度 的比值。
- 4、大小偏心受压构件的本质区别是在受压区混凝土压碎之前远离竖向力侧的钢筋是否 受拉屈服。
- 5、预应力混凝土结构是指在 外荷载 施加之前，先对混凝土预加 压力，造成混凝土的人为初始应力状态。

二、选择题（每小题 6 分，共计 30 分）

- 1、梁的混凝土保护层厚度是指（B）。
 - A. 从受力钢筋截面形心算起到截面受拉边缘的距离
 - B. 从受力钢筋外边缘算起到截面受拉边缘的距离
 - C. 从受力钢筋内边缘算起到截面受拉边缘的距离
 - D. 从箍筋外边缘算起到截面受拉边缘的距离
- 2、受弯构件正截面承载力计算时，当 $\alpha_1 \xi_b < \xi$ 时，发生的破坏将是（C）。
 - A. 少筋破坏
 - B. 适筋破坏
 - C. 超筋破坏
- 3、适筋梁在最终破坏时正截面所能承受的荷载（B）。
 - A. 远大于受拉钢筋屈服时承受的荷载
 - B. 稍大于受拉钢筋屈服时承受的荷载
 - C. 等于受拉钢筋屈服时承受的荷载
- 4、在有腹筋梁中，除剪跨比外，还有（C）对破坏形态也产生影响。
 - A. 混凝土强度
 - B. 纵筋数量
 - C. 腹筋数量
 - D. 截面尺寸
- 5、矩形截面对称配筋大偏心受拉构件（A）。
 - A. A'_s 受压不屈服
 - B. A'_s 受压屈服
 - C. A'_s 受拉不屈服
 - D. A'_s 受拉屈服

三、简答题（每小题 20 分，共计 40 分）

- 1、正截面受弯承载力计算时，有哪几项基本规定？
 答：（1）截面应变保持平面；（2）不考虑受拉区混凝土工作；（3）当混凝土压应变 $\varepsilon_c \leq 0.002$ 时，应力应变关系为抛物线；当 $\varepsilon_c > 0.002$ 时，应力应变关系为水平线，极限压应变为 0.0033，对应应力为 f_c ；（4）受拉区纵向受力钢筋的应力为 f_y 。
- 2、什么叫结构的极限状态，根据结构的功能要求，其如何进行分类？



答：结构的极限状态指整个结构或者结构的一部分超过某一特定的状态就不能满足设计规定的某一功能的要求，此特定状态称为该功能的极限状态。
 根据结构功能的要求，结构的极限状态分为承载力极限状态和正常使用极限状态。前者指结构或构件达到了最大的承载力或者不适于继续承载的变形。后者指结构或构件达到正常使用或耐久性能的某项规定限值。

四、计算题（每小题 35 分，共计 35 分）

1、已知：钢筋混凝土矩形截面简支梁，承受均布荷载剪力设计值（包括梁自重） $V=150\text{kN}$ ，梁截面尺寸 $b \times h=200\text{mm} \times 500\text{mm}$ ， $a=45\text{mm}$ ，混凝土为 C35，箍筋采用 HPB235 级，双肢 Φ 8

$$(A_{sv1}=50.3\text{mm}^2, f_c=16.7\text{N/mm}^2, f_{yv}=210\text{N/mm}^2, \rho_{sv,\min}=0.15\%, S_{\max}=200\text{mm}),$$

按 SL191-2008 规范， $K=1.2$ 。

解：（1）截面尺寸验算

$$h_w = h_0 = h - a = 500 - 45 = 455\text{mm}$$

$$h_w / b = 455 / 200 = 2.275 < 4.0, \text{ 则应满足 } kV \leq 0.25f_c b h_0$$

$$\text{又 } 0.25f_c b h_0 = 0.25 \times 16.7 \times 200 \times 455 = 379.925\text{kN} > kV = 1.2 \times 150 = 180\text{kN}$$

故截面尺寸满足要求

（2）箍筋间距计算

$$\text{查表得 } f_t = 1.57\text{N/mm}^2,$$

$$V_c = 0.7f_t b h_0 = 0.7 \times 1.57 \times 200 \times 455 = 100.009\text{kN} < kV = 180\text{kN}$$

应由计算确定腹筋

$$\text{由 } kV = V_c + V_{sv} = V_c + 1.25f_{yv} \frac{A_{sv}}{S} h_0$$

$$\text{所以 } S = \frac{1.25A_{sv} f_{yv} h_0}{kV - V_c} = \frac{1.25 \times 2 \times 50.3 \times 210 \times 455}{(180 - 100.9) \times 10^3} \approx 151.90\text{mm}$$

$$\text{取 } S = 150\text{mm} < S_{\max} = 200\text{mm}$$

（3）最小配筋率复核

$$\rho_{sv} = \frac{A_{sv}}{b_s} = 2 \times 50.3 / 200 \times 150 = 0.34\% > \rho_{sv,\min} = 0.15\%,$$

满足最小配箍率和箍筋最大间距要求，故取箍筋间距 $S=150\text{mm}$ 。



水工钢筋混凝土结构模拟试题三

一、填空题（每小题 5 分，共计 45 分）

- 1、腹筋配置比较适中的有腹筋梁大部分发生剪压破坏，此时梁承受的受剪承载力的主要与 混凝土 的强度和 箍筋 数量有关。
- 2、抵抗弯矩图也称 材料图，就是各截面 实际 能抵抗的弯矩图形。
- 3、在钢筋混凝土构件中为防止 钢筋锈蚀，并保证钢筋和混凝土 牢固粘结 在一起，钢筋外面必须有足够厚度的混凝土保护层。
- 4、偏心受压构件采用矩形截面时，截面边长布置在 弯矩 作用方向，长边与短边的比值一般为 1.5~2.5。
- 5、正常使用极限状态验算包括 抗裂（不允许裂缝出现）或 裂缝宽度 验算和 变形 验算。

二、选择题（每小题 6 分，共计 30 分）

- 1、对于任何类型的钢筋，其抗压强度设计值 f_y' （C）。

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| A. $f_y = f_y'$ | B. $f_y < f_y'$ |
| C. $f_y' \leq 400N/mm^2$ | D. $f_y' = 400N/mm^2$ |
- 2、若提高 T 型梁的混凝土强度等级，下列说法中不正确的是（C）。

| | |
|---------------|-------------|
| A. 梁的承载力提高有限 | B. 梁的抗裂性有提高 |
| C. 梁的裂缝宽度大幅减小 | D. 梁的挠度影响不大 |
- 3、单筋矩形截面适筋梁在尺寸已定的情况下，提高承载力的有效方法是（B）。

| |
|---------------|
| A. 提高混凝土的强度等级 |
| B. 提高钢筋的级别 |
| C. 尽量单排布置钢筋 |
- 4、相同无腹筋梁，其受剪承载力的关系为（B）。

| |
|-----------------------|
| A. 斜拉破坏 > 剪压破坏 > 斜压破坏 |
| B. 斜拉破坏 < 剪压破坏 < 斜压破坏 |
| C. 剪压破坏 > 斜压破坏 > 斜拉破坏 |
| D. 剪压破坏 = 斜压破坏 = 斜拉破坏 |
- 5、矩形截面对称配筋偏心受压柱，发生界限破坏时（C）。

| |
|----------------------|
| A. N_b 随着配筋率的增大而减小 |
| B. N_b 随着配筋率的减小而减小 |
| C. N_b 与配筋率无关 |

三、简答题（每小题 20 分，共计 40 分）

1、单向板肋形楼盖结构设计的一般步骤是什么？

答：（1）选择结构布置方案；（2）确定结构计算简图并进行荷载计算；（3）板、主梁、次梁分别进行内力计算；（4）板、主梁、次梁分别进行截面配筋计算；（5）



根据计算和构造要求绘制楼盖结构施工图。

2、钢筋混凝土受弯构件的正截面破坏有哪几种破坏形态，各有什么特点？

答：钢筋混凝土受弯构件的正截面破坏有三种破坏形态，分别为适筋破坏、超筋破坏和少筋破坏。

特点：适筋破坏：受拉钢筋先屈服，维持应力不变而发生显著的塑性变形，直到受压区边缘纤维的应变达到混凝土受弯的极限压应变时，受压区混凝土被压碎，截面即告破坏，属延性破坏。

超筋破坏：在钢筋拉应力未达屈服强度之前，受压区混凝土先被压碎，构件即破坏，属脆性破坏。

少筋破坏：受拉区一旦开裂，拉力几乎全部由钢筋承担，由于钢筋配置过少，其迅速屈服，进入强化阶段，此时钢筋塑性伸长量很大，裂缝开展过宽，梁将严重下垂，标志着梁的破坏，属脆性破坏。

四、计算题（每小题 35 分，共计 35 分）

1、已知：某钢筋混凝土梁的截面尺寸为 $250\text{mm} \times 500\text{mm}$ ，在荷载基本组合下承受弯矩设计值 $M = 280.1\text{kN} \cdot \text{m}$ ，混凝土强度等级为 C30，钢筋的强度等级为 HRB335 级，二类环境类别，3 级水工建筑物，持久状况（ $f_c = 14.3\text{N/mm}^2$ ， $f_y = 300\text{N/mm}^2$ ， $a' = 40\text{mm}$ ， $a = 65\text{mm}$ ， $\gamma_d = 1.2$ ， $\varphi = 1.0$ ， $\gamma_0 = 1.0$ ），截面尺寸以及混凝土强度等级不能改变。要求纵向受拉钢筋的面积（按 DL/T 5057—2009 规范计算）。

解：已知 $f_c = 14.3\text{N/mm}^2$ ， $f_y = f_y' = 300\text{N/mm}^2$ ， $a' = 40\text{mm}$

$\alpha = 65\text{mm}$ ， $\gamma_d = 1.2$ ， $\varphi = 1.0$ ， $\gamma_0 = 1.0$ （故 $\gamma = \gamma_d \gamma_0 \varphi = 1.2$ ）

查表 3-1 知 $\alpha_{sb}^0 = 0.399$

① 判断截面配置为单筋双筋

$$\alpha_s = \frac{\gamma M}{f_c b h_0^2} = \frac{1.2 \times 280.1 \times 10^6}{14.3 \times 250 \times 435^2} = 0.496 > \alpha_{sb}^0 = 0.399$$

由于 $\alpha_s > \alpha_{sb}^0$ ，即 $\xi > 0.85_{\varphi_b}^c$ ，不满足条件，需按双筋截面配筋

② 算受压钢筋截面面积 A_s' ，受拉区 A_s

$$A_s' = \frac{\gamma M - \alpha_{sb}^0 \cdot f_c b h_0^2}{f_y' (h_0 - a')} = \frac{1.2 \times 280.1 \times 10^6 - 0.399 \times 14.3 \times 250 \times 435^2}{300 \times (435 - 40)} = 558.69\text{mm}^2$$

$$A_s = \frac{f_c b \alpha_1 \xi_b h_0 + f_y' A_s'}{f_y} = \frac{14.3 \times 250 \times 1.0 \times 0.55 \times 435 + 300 \times 58.69}{300} = 3409.75\text{mm}^2$$

③ 配筋（查附录表 1）



受拉钢筋 $7\Phi 25 (A_s = 3436\text{mm}^2)$ ，受压钢筋 $3\Phi 16 (A_s' = 603\text{mm}^2)$



水工钢筋混凝土结构模拟试题四

一、填空题（每小题 5 分，共计 45 分）

- 1、以轴向力 N 的作用点在两侧钢筋之外、在钢筋之间分别作为大、小偏心受拉的界限。
- 2、偏心受压构件配筋计算时，判断大、小偏压可先按偏心距来区分，再通过 ξ 与 ξ_b 的大小来确定。
- 3、受压钢筋内配置的钢筋一般可用 HRB335 及 HRB400 钢筋，一般不宜采用 高强 钢筋。
- 4、受拉构件的纵向钢筋的接头必须采用 焊接，并且构件端部应将纵向钢筋可靠地锚固于 支座 内。
- 5、钢筋对混凝土构件的抗裂能力所起的作用 不大，构件抗裂的提高措施依靠提高 构件截面尺寸 和 混凝土抗拉强度。

二、选择题（每小题 6 分，共计 30 分）

- 1、但为大偏心受压柱时，在下列最不利的内力组合是 (C)。
 - A. M_{\max}, N_{\max}
 - B. M_{\min}, N_{\max}
 - C. M_{\max}, N_{\min}
 - D. M_{\min}, N_{\min}
- 2、超筋梁截面的承载力与 (C) 有关。
 - A. 钢筋用量
 - B. 钢筋强度
 - C. 混凝土强度和截面
 - C. 混凝土强度
- 3、计算正截面受弯承载力时，受拉区的混凝土作用忽略不计，是因为 (B)。
 - A. 受拉区混凝土早已开裂
 - B. 中和轴一下小范围未裂的混凝土作用相对很小
 - C. 混凝土抗拉强度低
- 4、当 $\lambda > 3$ 时，无腹筋梁的受剪破坏形态为 (A)。
 - A. 斜拉破坏
 - B. 剪压破坏
 - C. 斜压破坏
- 5、在钢筋混凝土大偏心受压构件正截面承载力计算时，要求受压区计算高度 $x \geq 2a'$ ，是为了 (A)。
 - A. 保证构件破坏时受压钢筋屈服
 - B. 保证受压拉筋屈服
 - C. 避免混凝土保护层剥落
 - D. 保证构件破坏时受压混凝土压碎

三、简答题（每小题 20 分，共计 40 分）

- 1、保证受弯构件斜截面受弯承载力的主要构造措施有哪些？



答：(1) 纵筋弯起点应在其充分利用点对应截面向外，沿水平距离不小于 $0.5h_0$ ；
 (2) 纵筋一般不再受拉区截断；(3) 纵筋截断点应在其理论截断点对应截面外，沿水平距离不应小于 h_0 和 $20d$ ，还应满足其他相应要求；(4) 支座内的纵向钢筋应有足够锚固长度，以防止斜裂缝形成后，纵筋被拔出。

2、钢筋混凝土梁斜截面受剪承载力主要通过哪几个方面来加强？

答：(1) 与斜裂缝相交的腹筋本身就能承担很大一部分剪力；(2) 腹筋能阻止斜裂缝开展过宽，延缓斜裂缝向上伸展，保留了更大的混凝土预留截面，从而提高了混凝土受剪承载力；(3) 能有效的减少斜裂缝的开展宽度，提高斜裂缝上的骨料咬合力；(4) 箍筋可限制纵向钢筋的竖向位移，有效的组织了混凝土沿纵筋的撕裂，提高纵筋销栓力。

四、计算题（每小题 35 分，共计 35 分）

1、已知：某钢筋混凝土矩形截面偏心受压柱，截面尺寸 $b \times h = 300\text{mm} \times 400\text{mm}$ ，柱的计算长度 $l_0 = 3.6\text{m}$ ，承受弯矩设计值 $M = 150\text{kN} \cdot \text{m}$ ，轴向压力设计值 $N = 290\text{kN}$ ，采用 C30 混凝土，HRB335 级钢筋（ $f_c = 14.3\text{N}/\text{mm}^2$ ， $f_y = f'_y = 300\text{N}/\text{mm}^2$ ， $\rho_{\min} = \rho'_{\min} = 0.20\%$ ， $a = a' = 40\text{mm}$ ）， $K = 1.2$ 。

求：按 SL 191—2008 规范，按非对称配筋求纵向受力钢筋面积。

解：已知 $f_c = 14.3\text{N}/\text{mm}^2$ ， $f_y = f'_y = 300\text{N}/\text{mm}^2$ ， $\rho_{\min} = \rho'_{\min} = 0.20\%$ ， $K = 1.2$

① 计算 η 值

$$\frac{l_0}{h} = \frac{3600}{400} = 9 > 8, \text{ 故应考虑纵向弯曲影响}$$

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{150 \times 10^6}{290 \times 10^3} = 517\text{mm} > \frac{h_0}{30} = \frac{360}{30} = 12\text{mm}$$

故按实际偏心距 $e_0 = 517\text{mm}$ 计算

$$\zeta_1 = \frac{0.5f_c A}{kN} = \frac{0.5 \times 14.3 \times 300 \times 400}{1.2 \times 290 \times 10^3} = 2.47 > 1, \text{ 故取 } \zeta_1 = 1$$

由于 $\frac{l_0}{h} = 9 < 15$ ，所以取 $\zeta_2 = 1$

$$\eta = 1 + \frac{1}{1400} \frac{e_0}{h_0} \left(\frac{l_0}{h}\right)^2 \zeta_1 \zeta_2 = 1 + \frac{1}{1400 \times \frac{517}{360}} \times 9^2 \times 1 \times 1 = 1.04$$

② 判断大小偏心

$$\eta e_0 = 1.04 \times 517 = 537.8\text{mm} > 0.3h_0 = 0.3 \times 360 = 108\text{mm}$$

所以按大偏心受压构件计算

③ 计算 A'_s



$$e = \eta e_0 + \frac{h}{2} - a = 1.04 \times 517 + \frac{400}{2} - 40 = 697.8 \text{ mm}$$

HRB335 钢筋查表 3-1, $\xi_b = 0.550$, $\alpha_{sb} = \xi_b(1 - 0.5\xi_b) = 0.399$

取 $\alpha_s = \alpha_{sb}$

$$\begin{aligned} A'_s &= \frac{kNe - \alpha_{sb} f_c b h_0^2}{f_y (h_0 - \alpha')} = \frac{1.2 \times 290 \times 10^3 \times 697.8 - 0.399 \times 14.3 \times 300 \times 360^2}{300 \times (360 - 40)} \\ &= 218.72 \text{ mm}^2 > \rho_{\min}' b h_0 = 216 \end{aligned}$$

④ 计算 A_s

$$\alpha_s = \frac{kNe - f_y' A'_s \cdot (h_0 - \alpha')}{f_c b h_0^2} = \frac{1.2 \times 290 \times 10^3 \times 697.8 - 300 \times 218.72 \times (360 - 40)}{300 \times 300 \times 360^2} = 0.019$$

$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_s} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.019} = 0.019 < \xi_b = 0.550$, 不超筋

$x = \xi h_0 = 0.019 \times 360 = 6.9 \text{ mm} < 2\alpha' = 80 \text{ mm}$, 取 $x = 80 \text{ mm}$

$$e' = \eta e_0 - \frac{h}{2} + \alpha' = 377.8 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{kNe'}{f_y (h_0 - \alpha')} = \frac{1.2 \times 290 \times 10^3 \times 377.8}{300 \times (360 - 40)} = 1369.5 \text{ mm}^2 > \rho_{\min} b h_0 = 216 \text{ mm}^2$$

受拉区选用 $7\Phi 25 (A_s = 1407 \text{ mm}^2)$

受压区选用 $2\Phi 12 (A'_s = 226 \text{ mm}^2)$

