

## **1. Задание:**

Проектный класс бетона колонн В35.

Имеются колонны с условным классом бетона В20.

Требуется усиление колонн, недобравших прочность до проектного класса.

## **Материалы:**

Для усиления колонн принимаем композитный материал на основе углеродных волокон MBRACE FIB CF 230/4900.300g/5/100m, имеющего следующие характеристики:

| Тип ткани     | Толщина, мм | Прочность на растяжение, МПа | Модуль упругости при растяжении, МПа | Ширина ленты, мм |
|---------------|-------------|------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| MBRACE FIB CF | 0,166       | 4900                         | 230000                               | 300              |

## **3. Расчёт усиления колонн:**

### **3.1. Расчет усиления ж.б. колонн с условным классом бетона В20:**

Данные по факту:

$R_b = 11,5$  (МПа) [В20]

$h = 400$  (мм.)

$b = 400$  (мм.)

Расстояние между поперечными холстами в свету  $S=50$  мм.

Принимаем наклейку поперечных холстов в два слоя.

### **Расчет:**

Расчетная прочность на растяжение углеволокна:

$$R_f = R_{fm} \cdot \frac{\gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3}{\gamma_4} = 4900 \cdot \frac{0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,772}{1,1} = 2476,0 \text{ (МПа)} ;$$

$\gamma_1$  – коэф. условий работы (0,9 для внутренних помещений)

$\gamma_2$  – коэф., условий работы для различных материалов (0.8 для углехолста),

$\gamma_3$  – коэф., учитывающий сцепление композитного материала с бетоном, вычисляется по формуле:

Проверяем условие для отслаивания:

$$nE_{fn}t_f = 2 \cdot 230000 \cdot 0,166 = 76360 \leq 180000, \text{ отсюда :}$$

$$\gamma_3 = \frac{1}{60\varepsilon_f} \left( 1 - \frac{nE_{fn}t_f}{360000} \right) = \frac{1}{60 \cdot 0,017} \left( 1 - \frac{76360}{360000} \right) = 0,772 \leq 0,9 ;$$

Так как  $\gamma_3$  не превышает 0,9, принимаем  $\gamma_3 = 0,772$

$\gamma_4$  – коэф. надёжности (1,1 для расчёта конструкций по предельным состояниям 1-ой группы);

Расчетное значение деформации растяжения :

$$\varepsilon_f = \varepsilon_{fn} \cdot \frac{C_E}{\gamma_4} = \frac{0,021 \cdot 0,9}{1,1} = 0,017$$

$C_E$  – коэф. условий работы, принимается 0,9

Предельное значение относительной деформации удлинения углехолста:

$$\varepsilon_{fu} = \varepsilon_f \cdot \gamma_3 = 0,017 \cdot 0,9 = 0,0153$$

Расчетные значения модуля упругости при растяжении  $E_f$  :

$$E_{fn} = E_f = 230000 \text{ (МПа);}$$

Несущая способность усиленной колонны проверяется по формуле:

$$R_{b,1} = R_b \left\{ 2,254 \left[ \sqrt{1 + \left( 558,18 \frac{R_l}{R_b} \right)} \right] - 140,6 \frac{R_l}{R_b} - 1,254 \right\} = 22,30 \text{ (МПа)}$$

где:  $R_l = 0,0038K_1R_f = 0,0038 \cdot 0,00332 \cdot 2476,0 = 0,0312$

$$K_1 = 2t_f \frac{b+h}{bh} = 0,00332$$

При проектировании должно соблюдаться условие:

$$E_f \varepsilon_{fu} \leq 0,75R_{fn}$$

$$230000 \cdot 0,0153 = 3519 < 0,75 \cdot 4900 = 3675 \text{ (условие соблюдается)}$$

Расчетное сопротивление бетона усиленной конструкции сжатию:

$$\beta = \left(1 - \frac{S}{b+h}\right)^2 = \left(1 - \frac{5}{50+50}\right)^2 = 0,879$$

$$\mathbf{R_{b,hoop}} = (R_{b1} - R_b) \cdot \beta + R_b = (22,30 - 11,5) \cdot 0,879 + 11,5 = \mathbf{20,99} \text{ (МПа)}$$

$$R_b(\text{проект.}) = 19,5 \text{ МПа} < R_b(\text{расч.}) = 20,99 \text{ МПа (условие собл.)}$$