

УДК 624.159.14
 КОНСТРУКТИВНЫЙ РАСЧЕТ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ ПОКРЫТИЙ
 АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

С. Д. СЕМЕНЮК, Р. В. КУМАШОВ

Государственное учреждение высшего профессионального образования
 «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Могилев, Беларусь

Прочность нормальных сечений находится в зависимости от степени использования сопротивления сжатого бетона и растянутой арматуры. При работе железобетонных плит дорожного покрытия прямоугольного сечения, армированных сталью, имеющей физический предел текучести считается, что сопротивления бетона и арматуры использованы полностью.

Проверку прочности нормальных сечений производим из условия:

$$M \leq M_u = 0,5 f_{cd} \cdot b \cdot x \cdot \left[(1 + \lambda) \cdot d - 0,33x \cdot (1 + \lambda + \lambda^2) \right] + \sigma_{sc} \cdot A_{sc} \cdot (d - c'). \quad (1)$$

Высоту сжатой зоны «х» находят из квадратного уравнения:

$$A_1 \cdot x^2 + A_2 \cdot x + A_3 = 0; \quad (2)$$

$$A_1 = 0,5 f_{cd} \cdot (1 - \lambda^2) \cdot b; \quad A_2 = \alpha_m \cdot A_{st} - (1 - \lambda) \cdot \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \cdot A_{sc}; \quad A_3 = -\alpha_m \cdot A_{st} \cdot c; \quad (3)$$

$$\alpha_m = \frac{E_s}{E_{cd}}; \quad \sigma_{sc} = \frac{\alpha_m \cdot f_{cd} \cdot (x - c)}{(1 - \lambda) \cdot x}; \quad \lambda = 0,93 - 0,014 f_{cd}. \quad (4)$$

При действии на плиту дорожного покрытия крутящего и изгибающего моментов разрушение происходит по пространственному сечению, образованному спиральной трещиной и замыкающей её сжатой зоной, расположенной под углом α к горизонтальной оси элемента.

Положение сжатой зоны в пространстве определяется параметром C_1 – проекцией отрезка нейтральной оси на продольную ось элемента. По нормали к косому сечению действуют проекции внешних расчётных моментов $M_y \cdot \sin \alpha$ и $T_x \cdot \cos \alpha$, где $\sin \alpha = \frac{b}{b_T}$; $\cos \alpha = \frac{C_1}{b_T}$; $b_T = \sqrt{b^2 + C_1^2}$;

$$C_1 = (2h + b) \cdot \operatorname{ctg} \beta.$$

Из положения ограничения деформаций с учётом упругопластических характеристик бетона, вычисляют граничную высоту сжатой зоны:

$$x_{\lim} = \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot d \cdot \sin \alpha}{d \cdot f_{cd} + f_{yd} \cdot (1 - \lambda)}. \quad (5)$$

Так как арматурные стержни расположены не в одном уровне, то приведение их к сосредоточенному армированию даёт погрешность. Поэтому

расчёт производим полагая, что $\sigma_{s1} \geq f_{yd}$; $\sigma_{s2} \leq f_{yd}$; $\sigma_{s3} \geq f_{yd}$, тогда получаем следующие зависимости при кручении с изгибом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{s1} = \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_1 - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \sin \alpha \\ \sigma_{s2} = \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_2 - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \cos \alpha \\ \sigma_{s3} = f_{yd} \cdot \cos \alpha \\ \sigma_{s4} = f_{yd} \cdot \sin \alpha \\ \sigma_{sw1} = \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_{sw1} - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \sin \alpha \\ \sigma_{sw2} = f_{ywd} \cdot \sin \alpha \end{array} \right. \quad (6)$$

Высоту сжатой зоны «х» определяют из уравнения проекций всех сил, действующих в рассматриваемом пространственном сечении на нормаль к плоскости сжатой зоны

$$0,5 \cdot (1 + \lambda) \cdot f_{cd} \cdot x = f_{yd} \cdot A_{s3} \cdot \cos \alpha + f_{yd} \cdot A_{s4} \cdot \sin \alpha + f_{ywd} \cdot A_{sw2} \cdot \sin \alpha + A_{s1} \cdot \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_1 - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \sin \alpha + A_{s2} \cdot \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_2 - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \cos \alpha + A_{sw1} \cdot \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_{sw1} - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \sin \alpha. \quad (7)$$

Плечо внутренней пары сил для каждого арматурного ряда определяют из выражения:

$$z_i = d_i - \frac{x \cdot (\lambda^2 + \lambda + 1)}{3 \cdot (\lambda + 1)}. \quad (8)$$

Условие прочности в расчётном предельном состоянии выводится из соотношения внешних и внутренних сил относительно оси, проходящей через центр тяжести сжатой зоны. При этом, учитывая упругопластическую работу бетона, эпюру напряжения в сжатой зоне принимаем в виде прямоугольной трапеции. При симметричном армировании плиты:

$$\sigma_{s1} \cdot A_{s1} \cdot z_{s1} \cdot \sin \alpha + \sigma_{s2} \cdot A_{s2} \cdot z_{s2} \cdot \cos \alpha + \sigma_{s3} \cdot A_{s3} \cdot z_{s3} \cdot \cos \alpha - \sigma_{s4} \cdot A_{s4} \cdot z_{s4} \cdot \sin \alpha + f_{ywd} \cdot A_{sw1} \cdot z_{sw1} \cdot \sin \alpha + f_{ywd} \cdot A_{sw2} \cdot z_{sw2} \cdot \sin \alpha, \quad (9)$$

$$\text{где } \sigma_{s1} = \sigma_{s4} = \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_i - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \sin \alpha; \quad \sigma_{s2} = \sigma_{s3} = \frac{\alpha \cdot f_{cd} \cdot (d_i - x)}{x \cdot (1 - \lambda)} \cdot \cos \alpha. \quad (10)$$

По вышеприведенной методике были выполнены расчеты прочности нормальных сечений и расчеты прочности пространственных сечений плит участка дороги испытательного полигона ОАО «БЕЛАЗ» с пороговыми неровностями: ППН-1; ППН-2; ППН-3; ППН-4; а также для железобетонных плит покрытий временных дорог – 2ПП30.18-30; постоянных дорог – 1ПП30.18-30 и для железобетонных предварительно напряженных плит покрытия дорог серии БЗ.503.1-1.

Совместное воздействие крутящего и изгибающего момента является наиболее неблагоприятным.