

УДК 624.012

Ж.С. Нугужинов, А.Ш. Боженев
 КарГТУ, г. Караганда

**ПОЛУЧЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ СЕКУЩЕГО МОДУЛЯ БЕТОНА ОТ МОМЕНТА,
 ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ И АРМИРОВАНИЯ**

Представим выражение для секущего модуля упругости бетона в виде зависимости от модуля упругости бетона и величины действующего момента

$$E_c(k_{E_c}, E_b, k, M) = k_{E_c}(S, d, M) \cdot E_b - k(\mu, S) \cdot M \cdot 10^6, \quad (1)$$

где $k_{E_c}(S, d, M)$ и $k(\mu, S)$ - выражения, зависящие от площади поперечного сечения, диаметра арматуры, процента армирования, требующие своего определения.

Были просчитаны железобетонные балки сечениями 15×30 и 20×30 см по деформационной модели [1] на основе криволинейной диаграммы, описываемой сложной функцией [2, 3] при $\mu > 1,5$, и путем математической обработки данных [4] получены выражения для k_{E_c} , отвечающие допустимой погрешности для напряжений в зависимости от диаметра арматуры, выраженные через внешний момент (табл. 1).

Свяжем коэффициенты при моменте M с диаметром арматуры линейным законом

$$y = ax + b. \quad (2)$$

Вносим в компьютер в качестве первого массива значения диаметров арматуры, в качестве второго массива – значения числовых коэффициентов при внешнем моменте M .

После математической обработки получим выражение для k_{E_c} в виде

$$k_{E_c}(M, d) = (1,006 \cdot 10^{-4} \cdot d + 4,277)M \cdot 10^6 + 0,903. \quad (3)$$

Таблица 1

Значения коэффициента k_{E_c} для сечения 15×30 см

Диаметр (мм)	Зависимость
22	$K_{E_c} = 6,061 \cdot 10^{-3} M + 0,93$
25	$K_{E_c} = 5,639 \cdot 10^{-3} M + 0,937$
28	$K_{E_c} = 7,784 \cdot 10^{-3} M + 0,891$
32	$K_{E_c} = 9,821 \cdot 10^{-3} M + 0,897$
36	$K_{E_c} = 7,443 \cdot 10^{-3} M + 0,911$
40	$K_{E_c} = 7,328 \cdot 10^{-3} M + 0,911$

Аналогичные выражения были получены для сечений 20×20 и 20×30 см. Полученные выражения можно объединить формулой вида

$$k_{E_c}(M, d) = (a_1 \cdot d + a_2)M + a_3. \quad (4)$$

Свяжем коэффициенты a_1, a_2, a_3 с площадью поперечного сечения линейным законом (2). Для математической обработки следует задать: массив 1 - значения коэффициентов при d , массив 2 - значения сечений. В результате получим следующие зависимости для коэффициентов:

$$\begin{aligned} a_1 &= -6,707 \cdot 10^{-7} \cdot S + 4,024 \cdot 10^{-4}, \\ a_2 &= -2,851 \cdot 10^{-5} \cdot S + 0,017, \\ a_3 &= 1,133 \cdot 10^{-4} \cdot S + 0,852. \end{aligned} \quad (5)$$

Подставляя (5) в формулу (4), получаем выражение для коэффициента k_{E_c} :

$$k_{E_c}(S, d, M) = \left(\begin{array}{l} (-6,707 \cdot 10^{-7} \cdot S + 4,024 \cdot 10^{-4})d - \\ -2,851 \cdot 10^{-5} \cdot S + 0,017 \\ +1,133 \cdot 10^{-4} \cdot S + 0,852. \end{array} \right) M \cdot 10^6 + \quad (6)$$

Для получения зависимости E_c от физических параметров были составлены для каждого сечения и отдельно для каждого μ (принятого процента армирования) законы изменения E_c в зависимости от внешнего момента. В качестве примера приведены эти зависимости для прямоугольного сечения 20×30 см на рис. 1, а также в табл. 2.

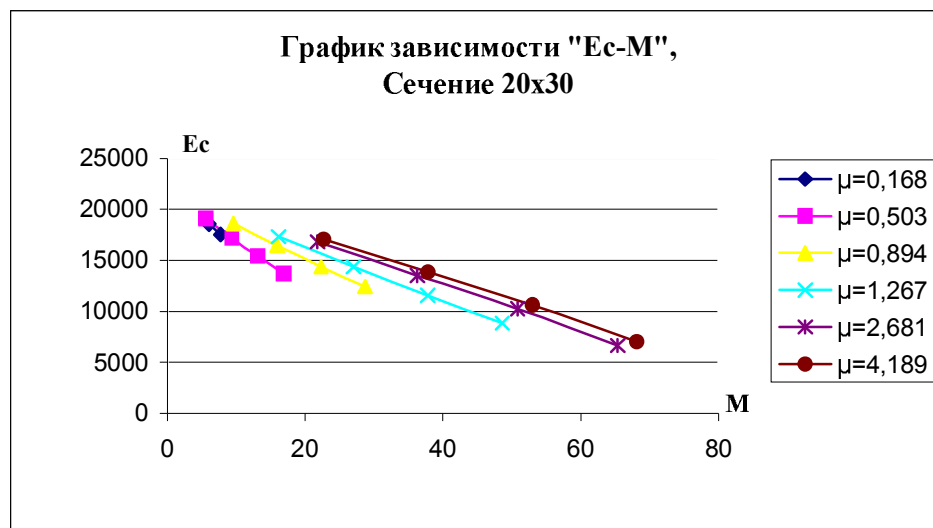


Рисунок 1 - График зависимости секущего модуля упругости бетона при сжатии от величины внешнего изгибающего момента

Графики « $E_c - M$ » на рис. 1 свидетельствуют о том, что при увеличении внешнего момента значения секущего модуля упругости бетона на сжатие уменьшаются по линейному закону, следовательно, зависимость секущего модуля упругости от физических факторов можно представить линейной функцией

$$E_c = a \cdot M + b. \quad (7)$$

Таблица 2

Зависимость модуля бетона E_c от момента, сечение 20×30 см

Процент армирования	Зависимость
0,17	$E_c = -587,209M + 2,208e4$
0,26	$E_c = -469,925M + 2,184e4$
0,38	$E_c = -411,968M + 2,188e4$
0,51	$E_c = -360,0M + 2,175e4$
0,67	$E_c = -323,511M + 2,166e4$
0,85	$E_c = -296,931M + 2,159e4$
1,05	$E_c = -276,129M + 2,151e4$
1,27	$E_c = -261,194M + 2,148e4$
1,64	$E_c = -248,918M + 2,16e4$
2,05	$E_c = -241,648M + 2,178e4$
2,68	$E_c = -232,576M + 2,194e4$
3,39	$E_c = -225,754M + 2,206e4$
4,19	$E_c = -220,608M + 2,217e4$

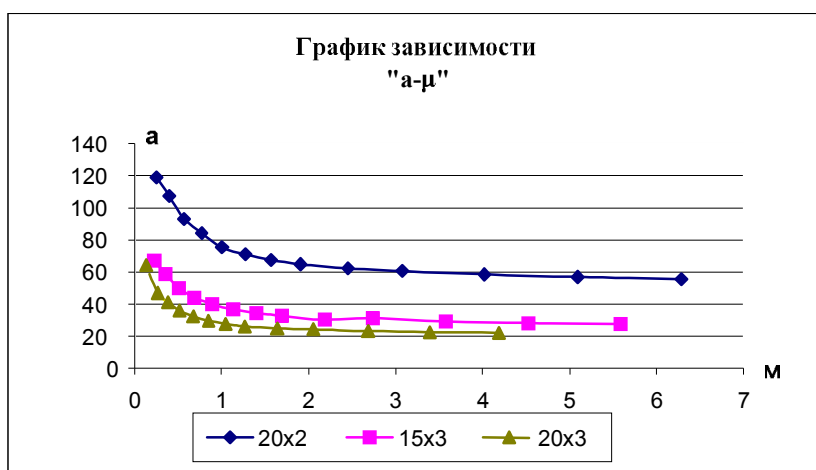


Рисунок 2 - График зависимости коэффициента «а» от процента армирования

Зависимость коэффициентов перед моментом (табл. 2) от процента армирования показана графически на рис. 2 и может быть представлена следующим законом:

$$a(\mu) = c_1 + \frac{c_2}{\mu} \quad (8)$$

Для получения выражения величины $k(\mu, S)$ связываем коэффициенты c_1 , c_2 и b с площадью поперечного сечения. Математическую обработку данных производим в MathCADe [4]. В итоге получаем формулу для $k(\mu, S)$:

$$k(\mu, S) = \frac{3726,192 \cdot 10^2}{S} + \frac{-148,813 \cdot S + 1,2325 \cdot 10^5}{\mu S} - 443,149. \quad (9)$$

В результате для секущих модулей упругости бетона при сжатии E_{cb} и растяжении

E_{cbt} получим следующие выражения:

$$E_{cb} (k_{E_c}, E_b, k, M) = k_{E_c} (S, d, M) \cdot E_b - k(\mu, S) \cdot M \cdot 10^6, \quad (10)$$
$$E_{cbt} = \frac{E_{cb} \cdot R_{bt}}{R_b},$$

где $k_E (S, d, M)$ и $k(\mu, S)$ определяются по формулам (6) и (9).

Напомним, что приведенные выражения применимы при $\mu > 1,5$. При проценте армирования $\mu \leq 1,5$ коэффициент принимается равным $k_{E_c} = 0,94$.

Итак, по формулам (10) с учетом (6) и (9) чисто аналитически определяются значения секущего модуля при использовании криволинейной диаграммы деформирования бетона при заданном значении изгибающего момента, при известных размерах поперечного сечения и заданном проценте армирования.

Список литературы

1. СП 52-101-2003. Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры. – М., 2006. – 52 с.
2. Нуғужинов Ж.С. Аналитический метод расчета с использованием нелинейной диаграммы деформирования бетона // Труды Междунар. науч. конф. «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан-2030» (Сагиновские чтения № 2). – 2010. – Ч. 5. – С. 351-354.
3. Нуғужинов Ж.С. К построению диаграмм деформирования бетона с использованием показательной функции // Вестник инженерной академии Республики Казахстан. – 2002. – № 1 (8). – Алматы, 2002. – С. 80-87.
4. Васильев А.Н. Mathcad 13 на примерах. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 528 с.

Получено 18.10.2010

ПО СТРАНИЦАМ



ЖАРА «АВТОГРАФУ» НЕ СТРАШНА

В Челябинске разработан новый прибор «Автограф-1» для регистрации параметров процесса сушки керамических изделий. В нем три датчика: температуры, влажности и перемещения. Прибор ставят на сырое изделие, например кирпич, так, чтобы в него погрузились три заостренные ножки. Две ножки неподвижно прикреплены к корпусу, а третья связана с датчиком перемещения. В процессе сушки происходит усадка, и «Автограф» фиксирует ее значение.

Особенность прибора – в его автономности и способности работать при температуре до 125 °С. После того как изделие извлекают из сушильной печи, данные из памяти прибора переносят в компьютер. Встроенная литиевая батарея обеспечивает прибор питанием в течение пяти лет.

«Наука и жизнь» № 4, 2009