

ДИАГРАММА СДВИГА ДЛЯ БЕТОНА

Школа Ю.А.

Предложено аналитическое описание зависимости касательного напряжения от угловой деформации для бетона.

Дальнейшее совершенствование расчета железобетонных конструкций требует использования моделей, основанных на реальных диаграммах деформирования материалов. В настоящее время достаточно подробно разработаны аналитические описания диаграмм деформирования бетона и арматуры для одноосного сжатия (растяжения) [1].

Учет пространственной работы рамных конструкций предполагает введение в расчет крутящих моментов. Однако, в данный момент отсутствуют обоснованные и подтвержденные экспериментальными данными аналитические зависимости между деформациями сдвига и касательными напряжениями. Разработка описания диаграмм деформирования материалов при сдвиге и использование их в расчетных моделях строительных конструкций позволит усовершенствовать расчет пространственных систем.

Для построения диаграммы зависимости касательного напряжения от угловой деформации используем гипотезу теории упругопластических деформаций, которая состоит в том, что интенсивность напряжений связана с интенсивностью деформаций одной и той же зависимостью для всех напряженных состояний.

Интенсивность напряжений и интенсивность деформаций для случая одноосного растяжения записывается следующим образом [2]:

$$\sigma_i = \sigma; \quad \varepsilon_i = \varepsilon \frac{1-2\mu}{3E} \sigma, \quad (1)$$

где σ , ε - нормальные напряжения и осевые деформации соответственно.

Интенсивность напряжений и интенсивность деформаций при чистом сдвиге можно найти из выражений:

$$\sigma_i = \sqrt{3}\tau; \quad \varepsilon_i = \gamma/\sqrt{3}, \quad (2)$$

где τ , γ - соответственно касательные напряжения и угловые деформации.

Применяя выше названную гипотезу из (1) и (2) можно найти формулу для определения модуля упругости при сдвиге:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} = \frac{1}{3} \sigma \left(\varepsilon - \frac{1-2\mu}{3E} \sigma \right)^{-1} \quad (3)$$

Диаграмма деформирования бетона при растяжении может быть представлена в виде [1]:

$$\varepsilon_b = \sigma_b / (E_b^0 \nu_b), \quad (4)$$

где ε_b , σ_b , E_b^0 - относительные деформации, напряжения и начальный модуль упругости бетона; ν_b - коэффициент изменения секущего модуля.

Используя зависимости (3) и (4), получим выражения для определения значения секущего модуля упругости при сдвиге:

$$G_b = 0,5 E_b^0 \nu_{bsh} / (1 + \mu), \quad (5)$$

откуда зависимость для диаграммы сдвига бетона:

$$\tau_b = \frac{E_b^0 \nu_{bsh}}{2(1 + \mu)} \gamma_b \quad (6)$$

Коэффициент изменения секущего модуля ν_{bsh} вычисляется по формуле [1]:

$$\nu_{bsh} = \hat{\nu}_{bsh} \pm (\nu_0 - \hat{\nu}_{bsh}) \sqrt{1 - \omega_1 \eta - \omega_2 \eta^2}, \quad (7)$$

в которой принимаются следующие значения параметров:

$$\begin{aligned} \hat{\tau}_b &= R_{b,sh}; & \eta &= \tau_b / \hat{\tau}_b; \\ \hat{\nu}_{bsh} &= (0,6 + 0,15 R_{b,sh} / 25); & \omega_2 &= 1 - \omega_1 \end{aligned} \quad (8)$$

где $R_{b,sh} = 0,7 \sqrt{R_b R_{bt}}$ - прочность бетона на сдвиг [3].

Для восходящей ветви диаграммы

$$\nu_0 = 1; \quad \omega_1 = 2 - 2,5 \hat{\nu}_{bsh}; \quad (9)$$

для нисходящей ветви диаграммы

$$\nu_0 = 2,05 \hat{\nu}_{bsh}; \quad \omega_1 = 1,95 \hat{\nu}_{bsh} - 0,138; \quad (10)$$

Для определения параметра ν_b через уровень деформаций можно использовать формулы аналогичные соответствующим для диаграммы одноосного растяжения [1]:

$$\text{где} \quad \nu_{bsh} = p + \sqrt{p^2 + s}, \quad (11)$$

$$p = 0,5\bar{v}_{bsh} \left[2\bar{v}_{bsh}^2 - \omega_1 \eta_d (v_0 - \bar{v}_{bsh})^2 \right] \left[\bar{v}_{bsh}^2 + \omega_2 \eta_d^2 (v_0 - \bar{v}_{bsh})^2 \right]^{-1} \quad (12)$$

$$s = \bar{v}_{bsh}^2 (v_0^2 - 2\bar{v}_{bsh}) \left[\bar{v}_{bsh}^2 + \omega_2 \eta_d^2 (v_0 - \bar{v}_{bsh})^2 \right]^{-1}. \quad (13)$$

$$\eta_d = \gamma_b / \bar{\gamma}_b; \quad \bar{\gamma}_b = 0,5\gamma_b / E_b^0 \bar{v}_b (1 + \mu). \quad (14)$$

Диаграммы сдвига для бетонов различных классов, построенные по предложенной методике, приведены на рис. 1.

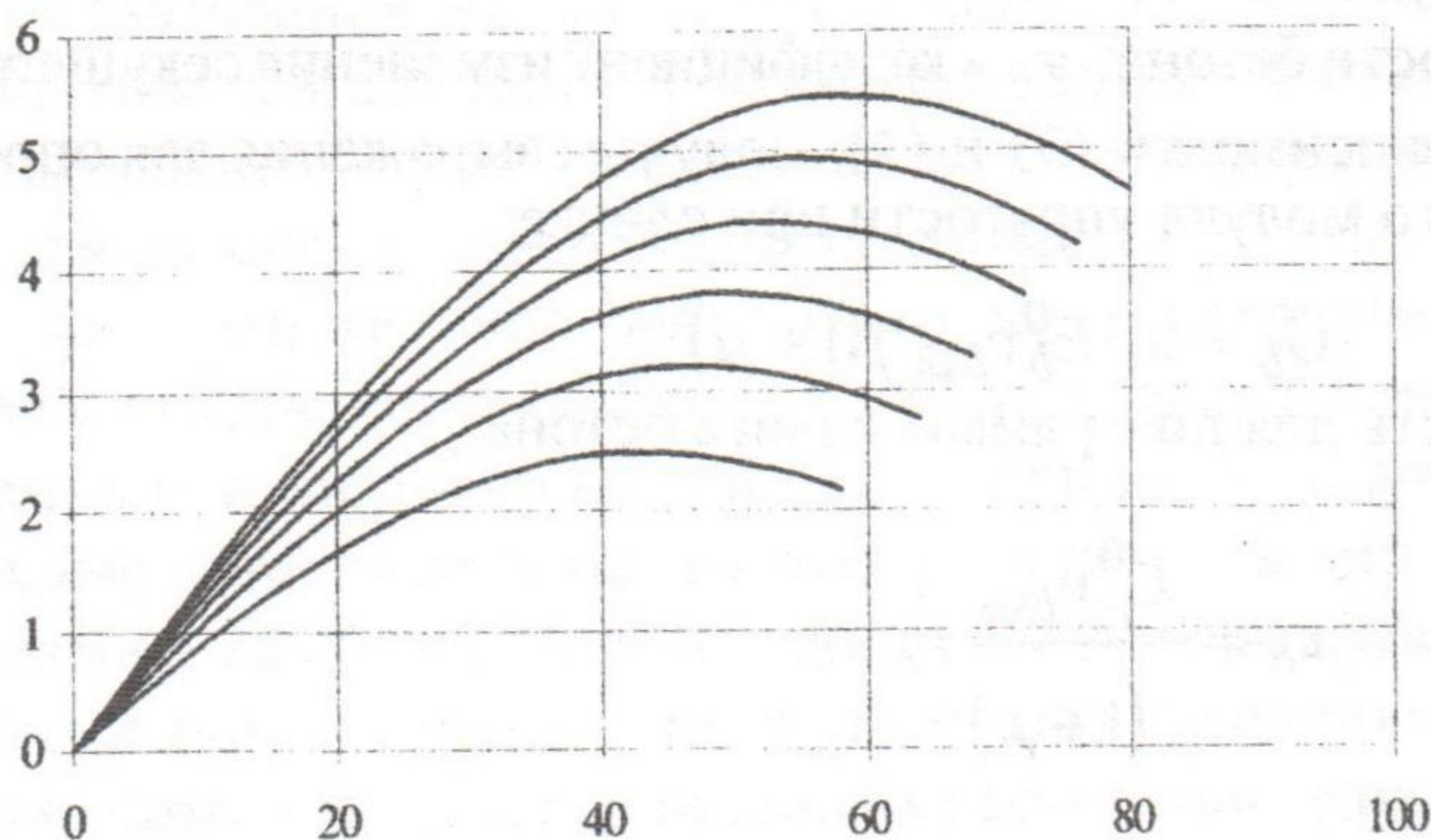


Рис. 1. Диаграмма сдвига бетона.

Формулы для построения диаграммы сдвига бетона выведены теоретически и требуют экспериментального подтверждения.

Возможность применения диаграммы сдвига для расчета железобетонных элементов пространственных конструкций, подверженных воздействию изгибающих, крутящего моментов и осевой силы показана в [4].

Литература

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона.- М.: Стройиздат, 1996.- 416 с.
2. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. М.: «Машиностроение», 1968. - 400 с.
3. Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. 4-е изд., перераб. М., 1985.
4. Яременко А.Ф., Школа Ю.А. Расчет железобетонных балок прямоугольного поперечного сечения при действии продольной силы, изгиба и кручения. // В сб. Ресурсоэкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди., Вип. 3., Ровно, 1999. с. 301-305.