

ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

УДК 624.01

ДІАГРАМИ ДЕФОРМАЦІЙ БЕТОНУ

М.Г.ЧЕКАНОВИЧ – к.т.н., в.о. професора, Херсонський ДАУ

При розробці теорії і виконанні складних розрахунків залізобетонних конструкцій виникає потреба мати залежності не тільки для питомої роботи, напружень і модуля деформацій залежно від деформацій, але й зворотні залежності деформацій від питомої роботи, деформацій і відповідного модуля. [1]. Це дає змогу аналітично вирішити ряд проблем розрахунку і суттєво спростити числові розрахунки конструкцій.

Одним з найбільш точних математичних описань прямих залежностей вважається степеневий поліном. Методики знаходження коефіцієнтів поліномів представлені в працях [2-4]. Функціональні залежності питомої роботи, напружень і модуля деформацій від деформацій мають інтегральний

$$w(\varepsilon) = \int_0^{\varepsilon_j} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon = \int_0^{\varepsilon_j} \int_0^{\varepsilon_j} E(\varepsilon) d\varepsilon \quad (1)$$

і диференційний

$$E(\varepsilon) = \frac{d\sigma(\varepsilon)}{d\varepsilon} = \frac{d^2 w(\varepsilon)}{d\varepsilon^2} \quad (2)$$

математичні зв'язки.

Розв'язання для прямих поліноміальних залежностей можна подати у вигляді:

– для стиску
питома робота

$$w = R_b \sum_{i=1}^5 \frac{a_i}{i+1} \frac{\varepsilon^{i+1}}{\varepsilon_b R^i} \quad (3)$$

напруження

$$\sigma = R_b \sum_{i=1}^5 a_i \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{bR}} \right)^i \quad (4)$$

і модуль деформацій

$$E = E_{sh} \sum_{i=1}^5 i a_i \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{bR}} \right)^{i-1} \quad (5)$$

– для розтягу
питома робота

$$w_{bt} = R_{bt} \sum_{i=1}^3 \frac{a_i}{i+1} \frac{\varepsilon^{i+1}}{\varepsilon_{btR}^i} \quad (6)$$

напруження

$$\sigma = R_{bt} \sum_{i=1}^3 b_i \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{btR}} \right)^i \quad (7)$$

і модуль деформацій

$$E = E_{sh} \sum_{i=1}^3 i b_i \left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{btR}} \right)^{i-1} \quad (8)$$

де R_b і R_{bt} – призмова міцність бетону на стиск і розтяг, E_{sh} – граничний січний модуль, ε_{bR} і ε_{btR} відносні граничні деформації стиску і розтягу.

Значення п'яти коефіцієнтів для описання процесу стискання за формулами (3), (4) і (5) подано в табл.1. Для описання розтягу за формулами (6), (7) і (8) три коефіцієнти поліному наведено в табл. 2.

Таблиця 1 – Значення коефіцієнтів степеневого поліному для стиску

Клас бетону	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
B 35	2,246	-1,869	1,246	-0,869	0,246
B 40	2,263	-1,894	1,263	-0,894	0,263
B 45	2,230	-1,845	1,230	0,845	0,230
B 50	2,192	-1,788	1,192	0,788	0,192

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів степеневого поліному для розтягу

Клас бетону	b_1	b_2	b_3
B 35	1,958	-0,916	-0,042
B 40	2,078	-1,156	0,078
B 45	2,139	-1,279	0,139
B 50	2,239	-1,478	0,239

Графіки прямих і неявних обернених залежностей для стиску представлені на рис.1,2 і 3.

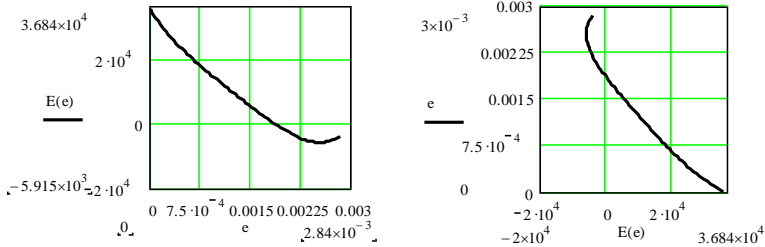


Рисунок 1. Прямі і обернені залежності між модулем і деформаціями

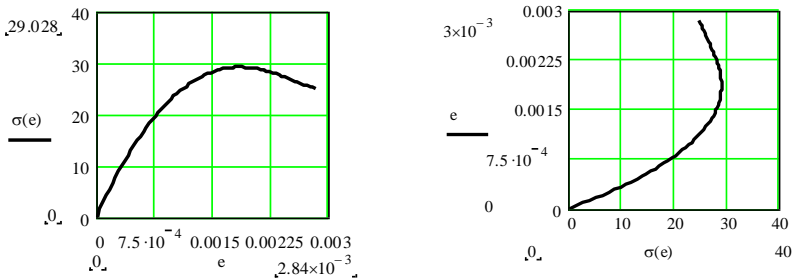


Рисунок 2. Прямі і обернені залежності між напруженнями і деформаціями

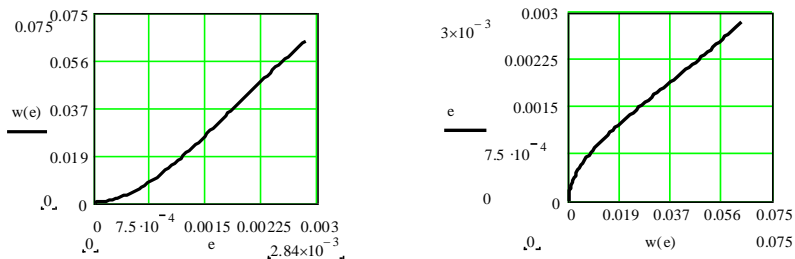


Рисунок 3. Прямі і обернені залежності між питомою роботою і деформаціями

З графіків на рис. 1-3 видно, що залежності “деформації – модуль” і “деформації – напруження” двозначні. Одному значенню на

вісі абсцис відповідає два значення деформацій на вісі ординат. Це призводить до необхідності застосування окремо залежностей для описання двох ділянок графіка. Для математичного описання залежності “деформації – модуль” розтягу знайдено рішення квадратного рівняння в наступному вигляді:

$$\varepsilon_2(E) := \frac{-\left(2 \cdot b_2 \cdot \frac{R_{bt}}{\varepsilon_{btR}^2}\right) - \sqrt{\left(2 \cdot b_2 \cdot \frac{R_{bt}}{\varepsilon_{btR}^2}\right)^2 - 4 \cdot \left(3 \cdot b_3 \cdot \frac{R_{bt}}{\varepsilon_{btR}^3}\right) \cdot \left(b_1 \cdot \frac{R_{bt}}{\varepsilon_{btR}} - E\right)}}{2 \cdot \left(3 \cdot b_3 \cdot \frac{R_{bt}}{\varepsilon_{btR}^3}\right)} \quad (9)$$

де $\varepsilon(E)$ – відносні деформації є функцією від модуля.

Формула дійсна для першої ділянки, що починається з нуля.

Для другої ділянки справедливою буде наведена залежність при заміні знака мінус перед радикалом на плюс.

Розв’язок кубічного рівняння для залежності “деформації – напруження” розтягу за способом Кардана вже значно складніше

$$\varepsilon(\sigma) := u + v - \frac{B_2}{3 \cdot B_3} \quad (10)$$

де

$$u := \sqrt[3]{\left[\frac{(B_2)^3}{27 \cdot (B_3)^3} - \frac{B_2 \cdot B_1}{2 \cdot 3 \cdot (B_3)^2} + \frac{\sigma}{2 \cdot B_3}\right]} + \sqrt[3]{\left[\frac{(B_2)^3}{27 \cdot (B_3)^3} - \frac{B_2 \cdot B_1}{2 \cdot 3 \cdot (B_3)^2} + \frac{\sigma}{2 \cdot B_3}\right]^2 + \left[\frac{3 \cdot a \cdot B_1 - (B_2)^2}{9 \cdot (B_3)^2}\right]^3} \quad (11)$$

$$v := \sqrt[3]{\left[\frac{(B_2)^3}{27 \cdot (B_3)^3} - \frac{B_2 \cdot B_1}{2 \cdot 3 \cdot (B_3)^2} + \frac{\sigma}{2 \cdot B_3}\right]} - \sqrt[3]{\left[\frac{(B_2)^3}{27 \cdot (B_3)^3} - \frac{B_2 \cdot B_1}{2 \cdot 3 \cdot (B_3)^2} + \frac{\sigma}{2 \cdot B_3}\right]^2 + \left[\frac{3 \cdot a \cdot B_1 - (B_2)^2}{9 \cdot (B_3)^2}\right]^3} \quad (12)$$

Тут $B_i = R_{bt} b_i / \varepsilon_{btR}^i$ – узагальнений коефіцієнт поліному.

Рівняння п'ятого порядку і вище взагалі не можуть бути вирішені в радикалах.

Враховуючи вищенаведене, пропонується за базову для розрахунків взяти залежність між деформаціями і питомою роботою, яка є однозначною на всьому проміжку дійсних значень. Теоретично роботу бетону можна розкласти на пружну і непружну складові (див. рис. 4). Своєю чергою непружна складова для стиску представляє собою пластичну і псевдопластичну складові (рис. 5). Остання спричинена тріщиноутворенням в бетоні. У результаті питома робота складається з трьох компонентів

$$w_b = w_{el} + w_{pl} + w_{crc}$$

пружної – w_{el} , пластичної – w_{pl} і псевдопластичної – w_{crc} .

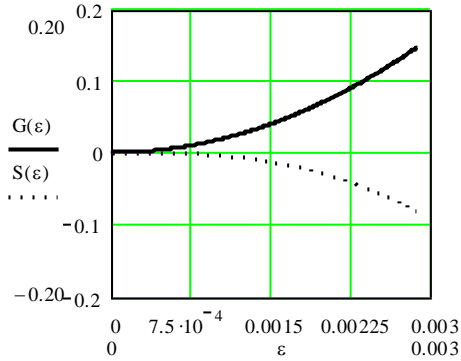


Рисунок 4. Пружна - $G(\epsilon)$ і непружна $-S(\epsilon)$ складові роботи бетону

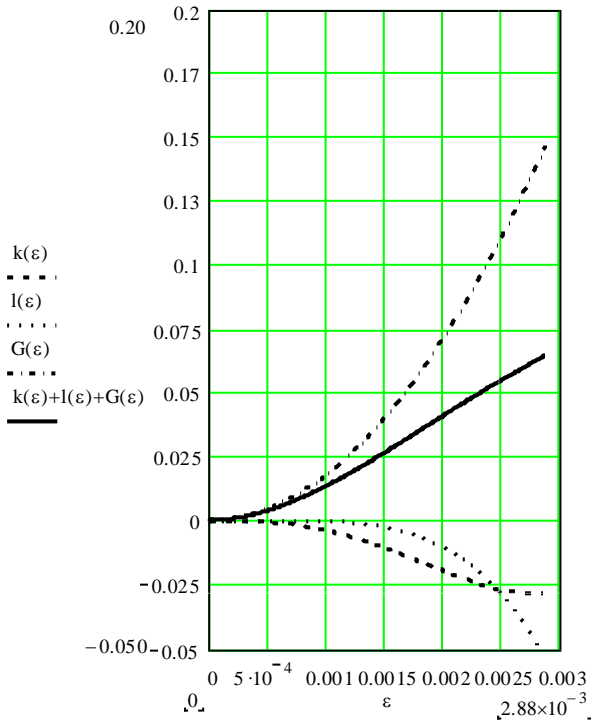


Рисунок 5. Пружна - $G(\epsilon)$, пластична - $I(\epsilon)$, псевдопластична - $k(\epsilon)$ та сумарна робота стисненого бетону

Залежність деформацій від питомої роботи можна описати степеневим рядом зі ступенем у і вигляді дробу. При цьому коефіцієнти поліному визначаються на основі методу найменших квадратів. Загальний вигляд залежності деформацій від питомої роботи має вигляд:

для стиску

$$\varepsilon_b = \sum_{i=1}^5 C_i w^{i+1} \quad (13)$$

для розтягу

$$\varepsilon_{bt} = \sum_{i=1}^3 C_{ti} w^{i+1} \quad (14)$$

Визначені коефіцієнти поліномів, що описують залежності деформацій від питомої роботи бетону, наведено в табл. 3 і 4.

Таблиця 3 – Значення коефіцієнтів поліному для оберненої функції стиску

Клас бетону	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅
В 35	0,334	-1,478	3,008	-2,787	0,957
В 40	0,242	-1,063	2,164	-2,007	0,69
В 45	0,186	-0,801	1,628	1,509	0,519
В 50	0,135	-0,571	1,156	-1,07	0,368

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів поліному для оберненої функції розтягу

Клас бетону	C _{t1}	C _{t2}	C _{t3}
В 35	1,958	-0,916	-0,042
В 40	2,078	-1,156	0,078
В 45	2,139	-1,279	0,139
В 50	2,239	-1,478	0,239

Таким чином, знайдені точні рішення для функції деформації до третього порядку включно, визначена основна функція для розрахунків у вигляді залежності “деформації – питома робота” і знайдено математичне пряме і неявне обернене її описання у вигляді степеневого поліному з розрахованими коефіцієнтами. Знайдені рішення сприятимуть успішному розв’язанню задач теорії і практики складних розрахунків залізобетонних конструкцій.

Література:

1. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона – М.: Стройиздат, 1996.-411 с.
2. Голышев А.Б. .Бачинский В.Я., Полищук В.П., Харченко А.В., Руденко И.В. Проектирование железобетонных конструкций – К.: Будівельник, 1990.- 544 с.
3. Бамбура А.Н., Бачинский В.Я., Журавлева Р.В., Пешкова И.Н. Методические рекомендации по уточненному расчету железобетонных элементов с учетом полной диаграммы сжатия бетона – К.: НИИСК, 1987. - 24 с.
4. Чеканович М.Г. Інтерпретація повної діаграми стиску та критерій міцності важкого бетону / Вісник Сумського національного аграрного університету. Вип. 7, Суми: СНАУ, 2002. – С. 77-84.

УДК 543 544

ФОРМУВАННЯ ВИТИСНЮВАЛЬНОЇ ХРОМАТОГРАМИ ОДНІЄЇ РЕЧОВИНИ ЗА ВІДСУТНОСТІ ФАКТОРІВ ЗБУРЮВАННЯ ФРОНТУ

О.М. КИЯНОВСКИЙ – к.х.н., доцент, Херсонський ДАУ

У розвитку загальної теорії витиснювальної динаміки сорбції та хроматографії [1,2] розглянемо формування витиснювальної хроматограми однієї речовини в широкій області умов, що забезпечують режим витіснення.

Найбільш раціонально виявити основні, фундаментальні закономірності при розгляді ідеальної рівноважної динаміки сорбції за відсутності ефектів збурення фронту сорбції.

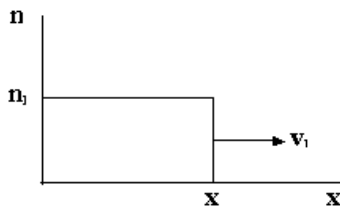


Рисунок 1. Фронтальна хромато-грама однієї речовини за відсутності факторів розмивання фронту

Нехай у колону пористого сорбенту вводиться розчин речовини 1. Швидкість розчину в колоні дорівнює u , концентрація речо-