

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ



ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ
міжнародної науково-практичної онлайн конференції
«Сучасні проблеми та перспективи розвитку
машинобудування України»,
присвяченої 20-й річниці з дня створення
факультету конструювання та дизайну
Національного університету біоресурсів і
природокористування України

23-24 вересня 2021 року

м. Київ

ОСОБЛИВОСТІ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ МОМЕНТУ УТВОРЕННЯ ТРІЩИН ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ У ПК «САПФІР»

Дмитренко Є.А., к.т.н., ст. викл.

Яковенко І.А., д.т.н., доц.

Національного університету біоресурсів і

природокористування України, м. Київ

E-mail: yakovenko_i_a@nubip.edu.ua

Реалізація алгоритмів розрахунку залізобетонних конструкцій щодо визначення дійсних параметрів напружено-деформованого стану та подальшого конструювання (зокрема, ПК «ЛІРА САПР») є доволі громіздким та вельми актуальним явищем.

Моделювання викликає труднощі, пов'язані із коректним тлумаченням їхніх положень. У першу чергу, процес моделювання обумовлюється складністю та багатоваріантністю існуючих розрахункових моделей, до яких можна віднести нелінійну деформаційну модель (НДМ). Її реалізація передбачає використання інструментарію сучасних мов програмування та ЕОМ.

Подібна ситуація виникає при розрахунку моменту тріщиноутворення нормального перерізу залізобетонних конструкцій за НДМ і подальших розрахунках, спрямованих на визначення ширини розкриття тріщин.

Дана стаття присвячена аналізу існуючої проблеми та визначенню ступеню її впливу на кінцевий результат розрахунку у ПК «Сапфір».

Аналіз алгоритмів розрахунку нормальних перерізів залізобетонних конструкцій за граничними станами другої групи у відповідності до ДБН [1] показує, що існує необхідність обчислення моменту утворення тріщин M_{cr} , який дозволяє визначити чи утворюються тріщини у перерізі від заданого навантаження – шляхом порівняння зовнішнього моменту M і моменту тріщиноутворення M_{cr} (рис. 1).

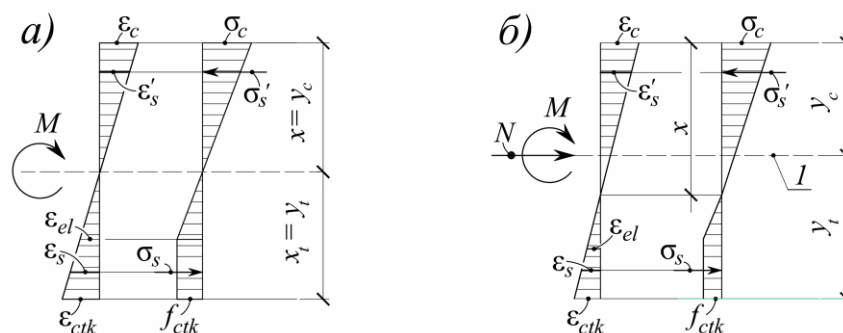


Рис. 1. Схема напружено-деформованого стану (НДС) перерізу елемента при перевірці утворення тріщин при дії згинального моменту (а), згинального моменту і поздовжньої сили (б): I – рівень центра ваги приведенного поперечного перерізу

Як відомо, відповідно до діючих нормативних документів, його можна визначати за двома методиками:

1) за допомогою спрощеної методики ядрових моментів за формулами:

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot W_{pl} \pm N \cdot e_x, \quad (1)$$

$$N_{cr} = f_{ctm} \cdot A_{red}; \quad (2)$$

2) за допомогою більш загальної методики – нелінійної деформаційної моделі (НДМ), а саме, шляхом вирішення системи нелінійних рівнянь рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями, які діють на переріз. Система рівнянь для плоского позацентрового стиску (або розтягу) (друга форма рівноваги) має вигляд:

$$\begin{cases} \frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(1)}^2}{2 \cdot \chi} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} - N = 0, \\ \frac{b \cdot E_{cd} \cdot \varepsilon_{c(1)}^3}{3 \cdot \chi^2} + \sum_{i=1}^n A_{si} \cdot \sigma_{si} \cdot \frac{\varepsilon_{c(1)} - \chi \cdot z_{si}}{\chi} - M = 0, \end{cases} \quad (3)$$

Перевагою першої методики є те, що розрахунки за нею можна легко виконати аналітично і відносно швидко. Але істотним її недоліком є те, що її розповсюдження можливо виконувати лише для доволі обмежених випадків плоского НДС перерізу, а саме – плоского згину, чи позацентрового стиску (або розтягу), рис. 1. Обмеження є також на типи перерізів, які можна розраховувати за нею.

До переваг другої методики слід віднести можливість виконання розрахунку перерізу практично будь-якої складності і у загальному випадку НДС, а саме при косому позацентровому стиску (або розтягу), рис. 2. Але наведений варіант розрахунку можливо виконати лише за допомогою ЕОМ –

шляхом використання чисельних методів для пошуку наближеного рішення, аналітично його виконати практично неможливо.

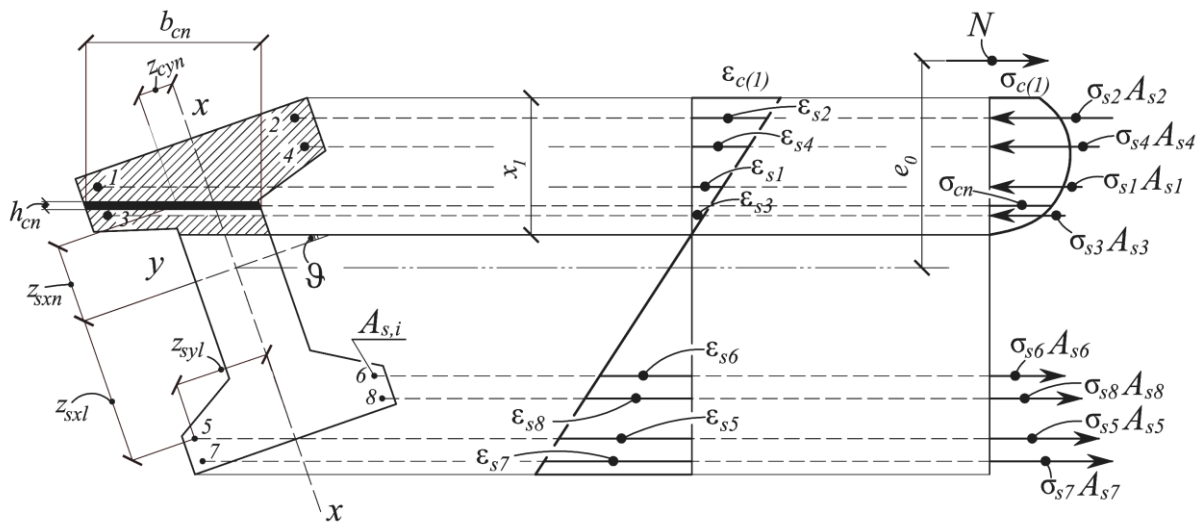


Рис. 2. Розрахункова схема до визначення напружено-деформованого стану залізобетонного перерізу при двохосьовому впливі згинальних моментів та поздовжніх сил

Для досягнення поставленої мети проведено чисельне дослідження роботи типового прямокутного перерізу залізобетонного стержньового елемента із урахуванням фізичної нелінійності роботи матеріалів на різні види комбінацій навантажень. При цьому варіювалися способи розрахунку моменту тріщиноутворення M_{crc} і ексцентриситет дії зовнішніх зусиль. В якості був обраний прямокутний нормальний переріз розмірами $b \times h = 300 \times 300$ мм, армований 4 стержнями $\varnothing 14$ мм арматури класу А400С. Відстань від центрів ваги арматурних стержнів до граней перерізу – 3 см. Клас важкого бетону – С 16/20. НДС – плоский позацентровий стиск (або розтяг) із варіюванням ексцентриситету дії зовнішніх зусиль від $0,25 \cdot h$ до $8 \cdot h$.

Діаграми деформування матеріалів прийняті дволінійні, задані за допомогою лінійного закону деформування №14. Параметри діаграм були прийняті за вимогами діючих норм [1, 2] до розрахунків за граничними станами другої групи, але їхній тип та можливість застосування суттєво не відрізняються від нормативного документу [3].

Висновки:

- 1) при виконанні розрахунку тріщиноутворення нормального залізобетонного перерізу за діючими вітчизняними нормами можна однаково використовувати два способи розрахунку M_{cr} за НДМ без подальшого впливу на ширину розкриття тріщин;

- 2) різниця у результатах способів розрахунку M_{cr} виникає при розрахунку напружень одразу після тріщиноутворення $\sigma_{s,cr}$ – істотним параметром, необхідним для розрахунку ширини розкриття тріщин за нормами [3];
- 3) особливо суттєво ця різниця простежується в областях навантажень із відносно малими ексцентриситетами, причому, як при позацентровому стиску, так і при розтягу, що потребує проведення подальших чисельних і експериментальних досліджень.

Список використаних джерел:

1. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Чинний з 2011.07.01]. К.: Мінгеріонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ». 2011. 71 с.
2. ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний з 2011.06.01]. К.: Мінгеріонбуд України, 2011. 118 с.
3. СП 63.13330.2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения СНиП 52-01-2003. [Действует с 2019.06.20]. М.: Минстрой России. 2018. 124 с.
2. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.