

МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ ТА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ ПРОГІННИХ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Агаєва О.А., ас.; Карпюк В.М., д.т.н., проф.;
Постернак О.О., к.т.н., доц.

Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса
o.ahaieva@gmail.com, v.karpiuk@ukr.net, alex.bk@ukr.net

У ході дослідження були реалізовані 6 серій числових експериментів, виконаних за трирівневим D-оптимальним планом Бокса-Бенкіна ВЗ. В якості дослідних конструктивних чинників обрані: коефіцієнт поздовжнього армування $\rho_{l,p}$ (фактор x_1), клас бетону C (фактор x_2), клас стержневої арматури (фактор x_3 , серії А, В, Д) і клас арматури із дроту та канатів (фактор x_3^* , серії Б*, Г* і Є*).

В результаті обробки даних, отриманих в роботах [1, 2, 3], вилучення незначимих та перерахунку тих коефіцієнтів, що залишилися, за допомогою комп'ютерної програми COMPEX, розробленої під керівництвом проф. Вознесенського В.А. [4], отримали 12 адекватних математичних моделей розрахункових характеристик надійності β та несучої здатності M_u нормальних (серія А), похилих перерізів вказаних конструкцій зі стержневою арматурою, визначеною за методикою чинних норм $V_{Rd,c}$ (серія В), а також похилих перерізів з мінімальними прольотами зрізу, які руйнуються за похилою стислою смугою V , розрахованою за авторською методикою (серія Д), а також елементів з дротяною арматурою (серії, відповідно, Б*, Г*, Є*):

$$\hat{Y}(\beta_A) = 5,41 + 0,10x_2 + 1,52x_3 + 1,58x_3^2 + 0,26x_2x_3, \quad (1)$$

$$C_v = 6,1\%;$$

$$\hat{Y}(M_{u,A}) = 244,86 + 62,47x_1 + 11,12x_2 + 46,37x_3 - 5,88x_1^2 + 6,89x_1x_2 + 7,53x_1x_3 \text{ [кНм]}, \quad C_v = 2,5\%; \quad (2)$$

$$\hat{Y}(\beta_B) = 4,38 - 0,62x_1 + 0,35x_2, \quad C_v = 3,7\%; \quad (3)$$

$$\hat{Y}(V_{Rd,c,B}) = 82,06 + 6,19x_1 + 11,88x_2 + 9,51x_3 + 2,23x_1x_3 \text{ [кН]}, \quad C_v = 1,4\%; \quad (4)$$

$$\hat{Y}(\beta_D) = 6,07 - 1,06x_1 - 0,10x_2 - 1,00x_3 + 0,22x_1^2, \quad C_v = 2,5\%; \quad (5)$$

$$\hat{Y}(V_D) = 199,86 + 38,42x_2 - 14,45x_3 \text{ [кН]}, \quad C_v = 3,3\%; \quad (6)$$

$$\hat{Y}(\beta_{B^*}) = 7,88 - 0,13x_1 + 0,48x_2 - 0,04x_3 - 0,22x_1^2 - 0,31x_2^2 - 0,98x_3^2, \quad C_v = 5,8\%; \quad (7)$$

$$\hat{Y}(M_{u,B^*}) = 364,79 + 67,12x_1 + 32,31x_2 + 12,42x_3 - 17,24x_1^2 - 6,13x_2^2 - 2,33x_3^2 + 19,78x_1x_2 \text{ [кНм]}, \quad C_v = 1,4\%; \quad (8)$$

$$\hat{Y}(\beta_{\Gamma^*}) = 4,39 - 0,41x_1 + 0,23x_2 - 0,07x_3, \quad C_v = 1,6\%; \quad (9)$$

$$\hat{Y}(V_{Rd,c,\Gamma^*}) = 109,67 + 12,04x_1 + 14,02x_2 + 3,79x_3 \text{ [кН]}, \quad C_v = 1,7\%; \quad (10)$$

$$\hat{Y}(\beta_{E^*}) = 2,98 - 1,16x_1 - 0,12x_2 - 0,40x_3 + 0,32x_1^2, \quad C_v = 5,2\%; \quad (11)$$

$$\hat{Y}(V_{E^*}) = 147,85 + 26,71x_2 - 7,79x_3 + 3,69x_3^2 \text{ [кН]}, \quad C_v = 10,2\%. \quad (12)$$

Представлені математичні моделі мають суттєву перевагу над іншими статистичними залежностями тому, що вони дозволили не тільки якісно, а й кількісно оцінити вплив кожного конструктивного чинника як зокрема, так і у взаємодії один з одним на показники надійності та несучу здатність конструкцій, що розглядаються. Вони дозволяють порівняти величину цього

впливу на вказані параметри за всіма серіями. В подальшому ці моделі можуть бути використані для мінімізації матеріальних витрат шляхом знаходження оптимальних співвідношень величин конструктивних чинників для забезпечення потрібних величин показників надійності та несучої здатності вказаних конструкцій.

Аналіз розроблених математичних моделей показав, що характеристики надійності та несуча здатність нормальних перерізів прогінних залізобетонних конструкцій, армованих попередньо напруженою стержневою арматурою суттєво відрізняються від аналогічних показників елементів, армованих попередньо напруженою дротяною арматурою. Так, у першому випадку найбільший вплив на розрахункову характеристику надійності нормальних перерізів має клас стержневої арматури (56%), потім клас бетону (4%), в той час, як у другому випадку із дротяною арматурою визначальним є клас бетону (12%).

Характеристика надійності визначення несучої здатності похилих перерізів вказаних конструкцій за нормативною методикою, в середньому, на 19% є меншою від аналогічного показника нормальних перерізів при використанні в них попередньо напруженої стержневої арматури і на 44% в елементах із дротяною арматурою. При цьому, визначальний вплив на ці характеристики надійності має кількість поздовжньої попередньо напруженої арматури: при її зменшенні від $\rho_{l,p} = 0,02$ до $\rho_{l,p} = 0,01$ вона (характеристика) збільшується на 28% у першому випадку і на 19% – у другому.

В межах зміни дослідних конструктивних чинників характеристики надійності та несучої здатності зазначених конструкцій утворюють поверхні, лінії перетину яких вказують напрямок їх можливої компромісної оптимізації.

При визначенні розрахункових характеристик надійності β та несучої здатності нормальних M_u і похилих $V_{Rd,c}$ (V) перерізів прогінних попередньо напружених залізобетонних конструкцій довільних розмірів у математичних моделях (1)...(12) потрібно перейти від кодованих значень конструктивних чинників x_i до натуральних їх виразів.

1. Клименко Е.В., Карпюк В.М., Агаева О.А. Расчет надежности пролетных железобетонных элементов по прочности нормальных сечений. *Наука та будівництво*. 2018. № 1. С. 50–57.
2. Агаева О.А., Карпюк В.М. Расчетная надежность пролетных предварительно напряженных железобетонных конструкций по несущей способности наклонных сечений. *Проблеми та перспективи розвитку будівельного комплексу м. Одеси*: зб. тез доп. другої наук.-практ. конф. Одеса: ОДАБА, 2018. С. 56.
3. Агаева О.А., Карпюк В.М. Розрахунок надійності прогінних залізобетонних елементів за міцністю похилих перерізів. *Тези доп. 74-ї наук.-техн. конф. професорсько-викладацького складу академії* (м. Одеса, 17-18 трав. 2018 р.). Одеса: ОДАБА, 2018. С. 115.
4. Вознесенский В.А. Статические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. 2-е изд., испр. и доп. М.: Финансы и статистика, 1981. 215 с.

SIMULATION OF RELIABILITY AND BEARING CAPACITY OF SPAN PRESTRESSED REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

With the help of experimental design techniques and an effective software package, 12 adequate mathematical models have been developed. These models allow to predict the reliability and bearing capacity of normal and oblique sections of span prestressed reinforced concrete structures for any combinations of concrete class, reinforcement class and reinforcement ratio.