



УДК 624.012

РОЗРАХУНКОВИЙ ОПІР ЗАЛІЗОБЕТОНУ В КОСОЗІГНУТИХ ЕЛЕМЕНТАХ

ГАРЬКАВА Ольга¹, ПАВЛІКОВ Андрій², АТЕМБЕМОХ Келвіс³

Ключові слова

залізобетон,
міцність,
косий згин

Анотація

Розроблено концепцію визначення розрахункового опору залізобетону елементів, які зазнають косоного згинання. Отримано значення коефіцієнта впливу косоного згинання на значення характеристик елемента прямокутного перерізу з трикутною та трапецієподібною формами стиснутої зони бетону. Розроблена методика розрахунку несучої здатності косозігнутих елементів на основі застосування розрахункового опору залізобетону, яка приведена до інженерного рівня застосування.

Складне деформування залізобетонних елементів широко розповсюджене в практиці експлуатації багатьох будівельних конструкцій. При цьому воно може бути викликане як силовими, так і різними факторами конструктивного, технологічного чи експлуатаційного характеру. Увага багатьох науковців приділялась дослідженню несучої здатності косостиснутих та косозігнутих елементів [1 – 3]. При цьому застосовувались аналітичні та чисельні методи, розроблені практичні пропозиції з використанням різних, не завжди прийнятних спрощень.

Концепцію поняття розрахункового опору залізобетону та її застосування викладено в роботах [4 – 5]. Сутність розглянутого підходу полягає у тому, що залізобетон розглядається як композитний матеріал, який має цілком певну характеристику міцності – розрахунковий опір залізобетону. Застосування цієї концепції робить можливим задачі міцності залізобетонних елементів розв'язувати на основі класичної теорії опору матеріалів. Впроваджена характеристика являє собою інтегральну величину, яка враховує міцнісні характеристики бетону, арматури та її кількість у перерізі.

¹ Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри будівельних конструкцій, к.т.н., ORCID: 0000-0003-2214-3128, e-mail: olga-boiko@ukr.net

² Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», завідувач кафедри будівельних конструкцій, д.т.н., ORCID: 0000-0002-5654-5849, e-mail: am.pavlikov@gmail.com

³ Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», аспірант, ORCID: 0000-0002-2154-1012, e-mail: kelvis.atem@yahoo.com

Розроблену методику розрахунку міцності можна застосувати для будь-якого виду деформування залізобетонного елемента. Але застосування цього методу в розрахунках міцності в нормальних перерізах залізобетонних елементів при складному деформуванні ускладнюється наявністю додаткових невідомих параметрів: кута нахилу нейтральної лінії та різних форм стиснутої зони бетону в перерізі. На сьогодні практичних пропозицій щодо застосування теорії опору залізобетону для складно деформованих елементів у такому аспекті не розроблено.

У даній роботі застосування теорії розрахункового опору залізобетону при косому згинанні розглядається для елементів прямокутного перерізу з одиночним армуванням. При цьому використовуються передумови розрахунку за Єврокодом 2 [6]: приймається рівномірний розподіл напружень в бетоні стиснутої зони, діаграма деформування арматури з фізичною площадкою текучості приймається дволінійною з горизонтальною ділянкою необмеженої довжини. В якості критерію руйнування застосовується деформаційний критерій.

У загальному випадку розв'язання задач міцності косозігнутих елементів з використанням розрахункового опору залізобетону пропонується здійснювати на основі залежності:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} = f_{zM} W \gamma, \quad (1)$$

де f_{zM} – розрахунковий опір залізобетону елемента прямокутного перерізу з одиночним армуванням при плоскому згинанні; $W = bd^2/6$ – пружний момент опору прямокутного перерізу; γ – коефіцієнт, яким урахується вплив косоного згинання на значення характеристик елемента.

У роботах [4 – 5] розрахунковий опір залізобетону f_{zM} для прямокутного перерізу з одиночним армуванням при плоскому згинанні з урахуванням прийнятих передумов отримано у вигляді залежності:

$$f_{zM} = 6f_{yd}\rho_l \left(1 - \frac{f_{yd}\rho_l}{2f_{cd}}\right), \quad (2)$$

де $\rho_l = A_s/bd_h$ коефіцієнт поздовжнього армування елемента в нормальному перерізі, b – ширина перерізу; d_h – робоча висота перерізу; f_{yd} – розрахункове значення опору арматури; f_{cd} – розрахункове значення опору бетону.

Для найбільш характерних форм стиснутої зони перерізу косозігнутих елементів виведені залежності з визначення коефіцієнта γ :

при трапецієподібній формі стиснутої зони бетону

$$\gamma = 1 - \frac{f_{cd}^2 \tan^2 \theta}{12f_{yd}\rho_l(2f_{cd} - f_{yd}\rho_l)} \left(\frac{b^2}{d_h^2}\right), \quad (3)$$

при трикутній формі стиснутої зони бетону

$$\gamma = \frac{2f_{cd}}{2f_{cd} - f_{yd}\rho_l} - \sqrt{\frac{8f_{cd}f_{yd}\rho_l \tan \theta}{9(2f_{cd} - f_{yd}\rho_l)^2} \frac{b}{d_h}}, \quad (4)$$

де θ – кут нахилу нейтральної лінії до горизонтальної осі інерції перерізу.

Для отримання залежності $\theta = f(\beta)$, за допомогою якої можна обчислити значення кута нахилу нейтральної лінії θ в (3) та (4), застосовано умову про паралельність площин дії внутрішнього $M_{Rd,\beta}$ та зовнішнього $M_{Ed,\beta}$ моментів, які діють у площинах, розташованих під кутом β до вертикальної осі інерції перерізу.

Залежності (3) та (4) разом із застосованою умовою дають можливість протабулювати значення коефіцієнта γ залежно від кута β нахилу зовнішньої силової площини для прямокутного перерізу. При цьому до уваги беруться також співвідношення геометричних характеристик перерізу та коефіцієнт ρ_l його поздовжнього армування. Таким чином, розв'язання задач міцності косозігнутих елементів у практичній площині зводиться до застосування формули (1) з використанням табличних значень коефіцієнта γ .

Висновок

Розроблено концепцію визначення розрахункового опору залізобетону для розрахунку міцності залізобетонних елементів, які зазнають косоного згинання. Отримано значення коефіцієнта впливу косоного згинання на значення характеристик елемента прямокутного перерізу з трикутною та трапецієподібною формами стиснутої зони бетону. Методика приведена до інженерного рівня застосування.

Література

- [1] Di Ludovico, M., Lignola, G. P., Prota, A. and Cosenza, E. (2010) Nonlinear Analysis of Cross Sections under Axial Load and Biaxial Bending. *ACI Structural Journal*, 107(4), 390–399.
- [2] Papanikolaou, V. K. (2012). Analysis of arbitrary composite sections in biaxial bending and axial load. *Computers & Structures*, 98-99, 33-54.
- [3] Rodrigues, R. (2015). A new technique for ultimate limit state design of arbitrary form RC sections under biaxial bending. *Engineering Structures*, 104(1), 1–17.
- [4] Pavlikov, A., Kosior-Kazberuk, M. and Harkava, O. (2018). Experimental testing results of reinforced concrete beams under biaxial bending. *International Journal of Engineering & Technology*, 7 (3.2), 299–305.
- [5] Pavlikov A, Kochkarov D and Harkava O 2019 Calculation of reinforced concrete members strength by new concept Innovations in Materials, Design and Structures : Proc. of the fib Symp. 2019 (Kraków) pp 820–7.
- [6] ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010 (2012). Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 312 с.

DESIGN STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE IN BIAXIALLY BENDED MEMEBERS

HARKAVA Olha, Pavlikov Andrii, АТЕМБЕМОИ Kelvis

Abstract. The concept of determining the value of the design strength of reinforced concrete has been developed for calculating the bearing capacity of reinforced concrete members subjected to biaxial bending. The considered design cases are for the most expected forms of the compressed concrete areas, which are characteristic for biaxial bending of beam members. The value of the coefficient of influence of biaxial bending on the characteristics of the member of rectangular section with triangular and trapezoidal forms of the compressed concrete area is obtained. A methodology for calculating the bearing capacity of biaxially bended members based on the application of the design strength of reinforced concrete is brought to the engineering level of application.

Keywords: reinforced concrete, strength, biaxial bending.