

Міністерство освіти і науки України
Північно-Східний науковий центр НАН України та МОН України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Тези

**72-ої наукової конференції професорів,
викладачів, наукових працівників,
аспірантів та студентів університету,
присвяченої 90-річчю
Національного університету
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**

Том 1

21 квітня – 15 травня 2020 р.

Полтава 2020

СЕКЦІЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ І КАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ

УДК 624.012

А.М. Павліков, д.т.н, професор

О.В. Гарькава, к.т.н., доцент

К.І. Андрієць, студентка

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ БАЛОК, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПРИ КОСОМУ ЗГИНАННІ

Як показує практика проектування та експлуатації залізобетонних конструкцій, значна частина їх працює в умовах косоного деформування [1 – 2]. Дуже часто косозігнуті залізобетонні конструкції розраховують на плоский згин в ортогональних площинах інерції, оскільки розрахунки складних видів завантаження ще достатньо складні, що призводить до викривлення дійсного стану роботи конструкції і, як наслідок, до перевитрати матеріалів або навіть – до аварій. Тож, виникла необхідність впровадження методики розрахунку міцності косозігнутих залізобетонних

балок, яка не містила б складних математичних формул і дозволяла виконувати обчислення без застосування чисельних методів.

За розробленою спрощеною методикою [1] на основі [3] розв'язано задачу визначення міцності в нормальному перерізі дослідної косозігнутої залізобетонної балки.

Дано: залізобетонна балка прямокутного профілю (рис. 1); $b = 160\text{мм}$, $h = 240\text{мм}$, $d_b = 99\text{мм}$, $d_h = 200\text{мм}$, $f_{cd} = 25\text{МПа}$, $E_{cd} = 24734\text{МПа}$, $\epsilon_{cu3,cd} = 3,5\%$; для робочої та конструктивної арматури $f_{yd} = 379\text{МПа}$ та $f_{yd} = 357\text{МПа}$ відповідно, $E_s = 200000\text{МПа}$, площа перерізу робочої арматури $A_s = 490,9\text{мм}^2$, площа перерізу конструктивної арматури $A_s = 57\text{мм}^2$, кут

між вертикальною віссю симетрії перерізу та площиною дії зовнішнього навантаження $\beta = 10^\circ$. Необхідно визначити максимальне значення згинального моменту, який може сприймати балка.

Розрахунок. Визначаємо кут θ нахилу нейтральної лінії

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta &= -\operatorname{ctg} \beta + \sqrt{\operatorname{ctg}^2 \beta - \frac{24tA_c \operatorname{ctg} \beta}{b_{eff}^3}} = -\operatorname{ctg} 10^\circ + \\ &+ \sqrt{\operatorname{ctg}^2 10^\circ + \frac{24 \cdot 11,7 \cdot 8256 \cdot \operatorname{ctg} 10^\circ}{160^3}} = 0,277, \end{aligned}$$

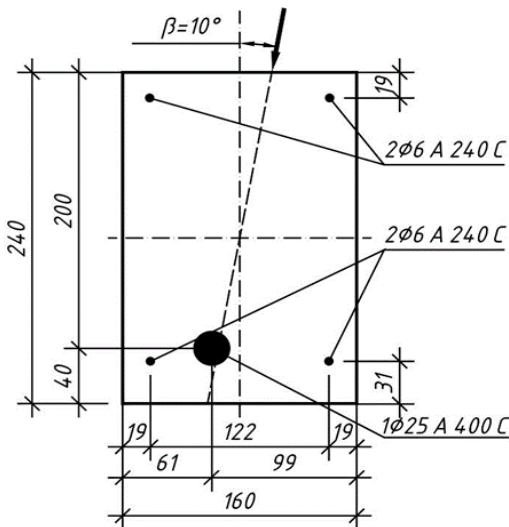


Рис. 1. Переріз дослідної балки

$$\text{де } t = d_b - d_h \operatorname{tg} \beta + \frac{A_c \operatorname{tg} \beta - b_{\text{eff}}^2}{2b_{\text{eff}}} = 99 - \\ -200 \operatorname{tg} 10^\circ + \frac{8256 \cdot \operatorname{tg} 10^\circ - 160^2}{2 \cdot 160} = -11,7 \text{ мм},$$

знаходимо $\theta = 15,46^\circ$.

Обчислюємо значення висоти стиснутої зони:

$$X = \frac{f_{yd} A_s \cos \theta}{\eta f_{cd} \lambda b_{\text{eff}}} + \frac{b_{\text{eff}} \sin \theta}{2\lambda} = \frac{(379 \cdot 490,9 + 357 \cdot 57) \cdot \cos 15,46^\circ}{1 \cdot 25 \cdot 0,8 \cdot 160} + \frac{160 \cdot \sin 15,46^\circ}{2 \cdot 0,8} = 88,83 \text{ мм}.$$

Обчислюємо значення деформацій арматури.

$$\varepsilon_s = \frac{\varepsilon_{c(1)} y_s}{X} = \frac{\varepsilon_{cu3,cd} y_s}{X} = \frac{0,0035 \cdot (-130,32)}{88,83} = -0,0051,$$

де $y_s = X - d = 88,83 - 219,15 = -130,32$ мм – координата точки прикладання рівнодійної N_s в системі координат XYZ;

$$d = d_b \sin \theta + d_h \cos \theta = 99 \cdot \sin 15,46^\circ + 200 \cdot \cos 15,46^\circ = 219,15 \text{ мм}.$$

Отже, умова $|\varepsilon_s| = 0,0051 > \varepsilon_{s0} = f_{yd} / E_s = 379 / 200000 = 0,0019$ виконується, тобто робоча арматура досягає межі текучості.

Підраховуємо значення моменту, який може сприймати балка в нормальному перерізі в площині координатної вісі Y:

$$M_{Rd,Y} = f_{yd} A_s \left(d - \frac{3\lambda^2 X^2 - b_{\text{eff}}^2 \sin^2 \theta}{3(2\lambda X - b_{\text{eff}} \sin \theta)} \right) = (379 \cdot 490,9 + 357 \cdot 57) \times \\ \times \left(219,15 - \frac{3 \cdot 0,8^2 \cdot 88,83^2 - 160^2 \sin^2 15,46^\circ}{3(2 \cdot 0,8 \cdot 88,83 - 160 \cdot \sin 15,46^\circ)} \right) = 36,01 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 36,01 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Значення згинального моменту, який може сприймати балка в нормальному перерізі в площині дії зовнішнього навантаження:

$$M_{Rd,\beta} = \frac{M_{Rd,\beta}}{\cos(\theta - \beta)} = \frac{36,01}{\cos(15,46^\circ - 10^\circ)} = 36,18 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Висновки. Як свідчить виконаний розрахунок, розроблена на основі деформаційної моделі з прямокутним розподілом напружень в стиснутій зоні бетону методика розрахунку міцності косозігнутих залізобетонних балок, на відміну від існуючих, не містить складних математичних рівнянь та формул і дозволяє виконувати обчислення без застосування чисельних методів.

Література

1. Павліков А.М. Порівняльний аналіз результатів чисельного моделювання роботи косозігнутих залізобетонних балок з експериментальними даними / А.М. Павліков, О.В. Гарькава, А.В. Гасенко, К.І. Андрієць // Експлуатація та реконструкція будівель і споруд: тези доповідей III Міжнародної конференції – Одеса: ОДАБА, 2019. – С. 114.
2. Павліков А.М. Результати розрахунку міцності косозігнутих балок за спрощеною деформаційною моделлю / А.М. Павліков, О.В. Гарькава, А.В. Гасенко, К.І. Андрієць // Збірник наукових праць XII Міжнар. науково-практичної конф. «Академічна й університетська наука: результати та перспективи. – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2019. – С. 281 – 283.
3. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-1. Загальні правила і правила для споруд: ДСТУ-Н Б EN 1992-1-1:2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2012. – 312 с.