

ПОРІВНЯННЯ ОБЧИСЛЕНОГО КУТА НАХИЛУ НЕЙТРАЛЬНОЇ ЛІНІЇ В КОСОЗІГНУТИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИМИ ДАНИМИ

У запропонованій роботі виконано порівняння експериментальних значень кута нахилу нейтральної лінії з обчисленими теоретично (з урахуванням деформаційної моделі та без її врахування).

В предложенной работе выполнено сравнение экспериментальных значений угла наклона нейтральной линии с вычисленными теоретически (с учетом деформационной модели и без её учёта).

In the offered work, comparisons of theoretical slope angle values of neutral line (calculated with the use of deformation model and without the use of it) with experimental values, are done.

Ключові слова: залізобетон, косе згинання, деформаційна модель, повна діаграма.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями. У теорії залізобетону досить гостро стоїть проблема вдосконалення методик розрахунку залізобетонних елементів, які працюють в умовах косоного згинання. Одним із напрямів розв'язання цієї проблеми, як вважають багато сучасних науковців [1 – 6], може бути використання в розрахунках деформаційної моделі, що базується на повній діаграмі фізичного стану бетону. Ураховуючи те, що дослідженням з удосконалення методик розрахунків косозігнутих залізобетонних елементів із використанням цієї моделі присвячено небагато робіт, то розв'язання поставленої проблеми носить актуальний характер.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, де започатковано розв'язання даної проблеми. Одним із найбільш важливих параметрів напружено-деформованого стану косозігнутих залізобетонних елементів є кут нахилу нейтральної лінії θ , який разом із висотою стиснутої зони X визначає форму стиснутої зони поперечного перерізу (рис. 1).

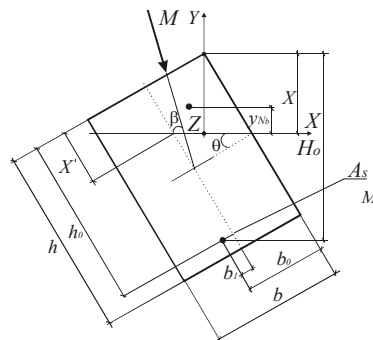


Рис. 1. Параметри форми стиснутої зони бетону поперечного перерізу косозігнутого залізобетонного елемента

У працях [7, 8] отримані залежності для обчислення значень кута нахилу нейтральної лінії у випадках трапецієподібної та трикутної форм стиснутої зони. Однак ці залежності одержані для передумов, передбачених нормативними документами, і тому не враховують повну діаграму фізичного стану бетону.

З метою усунення цього недоліку в роботі [9] було отримано залежності, які дозволяють визначати кут нахилу нейтральної лінії θ , беручи до уваги в розрахунках повну діаграму фізичного стану бетону для трапецієподібної та трикутної форм стиснутої зони бетону.

Мета роботи. Метою статті є порівняння експериментальних значень кута нахилу нейтральної лінії θ з обчисленими за формулами, отриманими з урахуванням повної діаграми фізичного стану бетону та без її врахування, для статистичного аналізу можливості застосування даних формул у розрахунках.

Виклад основного матеріалу досліджень. Залежності для визначення кута нахилу нейтральної лінії у випадках трапецієподібної та трикутної форм стиснутої зони, одержані в працях [7, 8] без урахування повної діаграми фізичного стану бетону, мають відповідно такий вигляд:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{12X'}{b^2} [(h_0 - 0,5X') \operatorname{tg} \beta - b_1], \quad (1)$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{9}{8A_b} \operatorname{ctg}^2 \beta \left(-a + \sqrt{a^2 + \frac{8}{9} A_b \operatorname{tg} \beta} \right)^2, \quad (2)$$

де $X' = \frac{R_s A_s}{R_b b}$ – висота стиснутої зони при плоскому згинанні; R_s , R_b – розрахунковий опір арматури на розтяг та бетону на стиск; A_s – площа арматури; $a = b_0 - h_0 \operatorname{tg} \beta$ – відстань від найбільш стиснутого ребра до точки перетину верхньої грані перерізу балки із силовою площиною моменту від дії внутрішніх сил.

Залежності, отримані в роботі [9] з урахуванням повної діаграми фізичного стану бетону, наведено у такому вигляді:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{12\bar{X}_0 (\bar{Z}_0 \operatorname{tg} \beta - Y_0)}{b^2}, \quad (3)$$

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{(\sqrt{a^2 + 8A_b \psi_1^2 \operatorname{tg} \beta} - a)^2}{8A_b \psi_1^2 \operatorname{tg}^2 \beta}, \quad (4)$$

де \bar{X}_0 , \bar{Z}_0 – висота стиснутої зони та плече внутрішньої пари сил при плоскому згинанні у закритичній стадії; Y_0 – відстань від точки прикладання рівнодійної в розтягнутій зоні перерізу до його вертикальної осі симетрії; A_b – площа стиснутого бетону; ψ_1 – урахує вплив пружно-пластичного стану бетону на положення рівнодійної напружень стиснутого бетону в закритичній стадії.

З метою порівняння експериментальних значень кута нахилу нейтральної лінії θ із значеннями, отриманими теоретично, без застосування деформаційної моделі за формулами (1), (2) та (3), (4) з її використанням, було проведено розрахунки зразків косозігнутих залізобетонних балок прямокутного профілю, результати експериментальних досліджень яких викладено в роботі [10]. Схеми поперечних перерізів зразків та напрямок завантаження зображено на рисунку 2.

Порівняння результатів проведених теоретичних розрахунків з експериментальними даними наведено в таблиці 1.

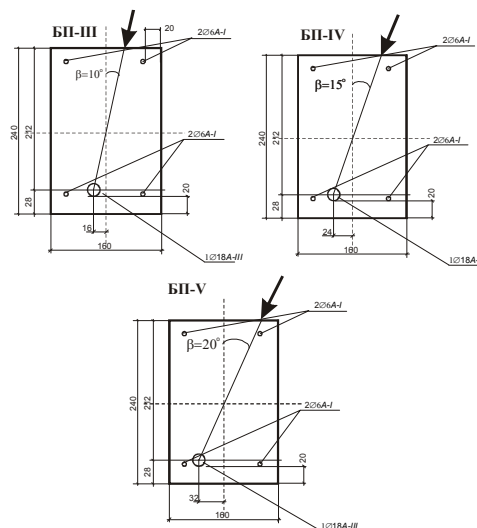


Рис. 2. Схеми поперечних перерізів експериментальних зразків

№ з/п	Шифр зразка	Значення кута нахилу нейтральної лінії			Відхилення від експериментальних даних	
		Експериментальні $\theta_{\text{exp}}^{\circ}$	За формулами (1) і (2) θ_{1-2}°	За формулами (3) та (4) θ_{3-4}°	За формулами (1) і (2) $\Delta_{1-2}, \%$	За формулами (3) та (4) $\Delta_{3-4}, \%$
1	БП-III-1	19,9	19,5	17,91	2,05	11,11
2	БП-III-2	14,2	19,5	17,93	-27,18	-20,80
3	БП-III-3	13,7	19,5	17,99	-29,74	-23,85
4	БП-IV-1	27,7	28,6	32,86	-3,15	-15,70
5	БП-IV-2	30,4	30,4	34,92	0,00	-12,94
6	БП-IV-3	30,2	27,8	31,62	8,63	-4,49
7	БП-V-1	41,4	34,3	37,79	20,70	9,55
8	БП-V-2	36,4	34,3	37,74	6,12	-3,55
9	БП-V-3	42	34,3	37,78	22,45	11,17
Середні відхилення					13	12,50

Середньоквадратичні відхилення	18,31	13,76
Коефіцієнт варіації	1,4	1,08

Висновки. Із результатів порівняння значень кута нахилу нейтральної лінії θ , наведених у таблиці 1, видно, що значення кута нахилу нейтральної лінії θ , отримані за формулами (3) та (4) з урахуванням повної діаграми фізичного стану бетону, більш точно відповідають експериментальним даним, про що свідчать статистичні показники. Це підтверджує доцільність використання в розрахунках косозігнутих залізобетонних елементів деформаційної моделі.

Література

1. Байков В. Н. *Определение предельного состояния внецентренно сжатых элементов по неупругим зависимостям напряжения – деформации бетона и арматуры*/ В.Н. Байков, С.В. Горбатов // *Бетон и железобетон.* – 1985. – №6. – С.15 – 18.
2. Бамбура А.Н. *Развитие методов оценки напряженно-деформированного состояния и несущей способности железобетонных конструкций на основе реальных диаграмм деформирования материалов*/ А.Н. Бамбура // *Материалы Первой всеукр. научн.-техн. конф. “Научно-практические проблемы современного железобетона”.* – К., 1996. – С. 6 – 39.
3. Дорофеев В.С. *Расчёт изгибаемых элементов с учётом полной диаграммы деформирования бетона*/ В.С. Дорофеев, В.Ю. Барданов – Одесса: ОГАСА, 2003. – 210 с.
4. Митрофанов В.П. *Предельная сжимаемость бетона нормальных сечений железобетонных элементов* / В.П. Митрофанов, С.И. Арцев // *Проблеми теорії і практики залізобетону: збірник наукових статей, присвячений 100-річчю з дня народження проф. М. С. Торяника.* – Полтава : ПДТУ, 1997. – С. 333 – 337.
5. Mitrofanov V.P. *Optimization strength theory of reinforced concrete bar elements and structures with practical aspects of its use* / V.P. Mitrofanov // *Bygningsstatistiske meddelelser. Edited and published by the Danish Society for Structural Science and Engeneering.* – Kobenhavn, 2000. – P. 73 – 125.
6. Павліков А. М. *Використання діаграми стану бетону при визначенні площі поздовжньої арматури в залізобетонних балках*/ А.М. Павліков // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво).* – Полтава: ПолтНТУ, 2004. – Вип.14. – С. 20 – 22.
7. Павліков А.Н. *Экспериментально-теоретические исследования прочности, деформативности, образования и раскрытия трещин по сечениям, нормальным к продольной оси косоизгибаемых керамзитожелезобетонных элементов: дис... канд. техн. наук: 05.23.01/ Павліков А.М.* – Полтава, 1979. – 262 с.
8. Павліков А.М. *Визначення кута нахилу нейтральної лінії в розрахунках міцності прямокутного перерізу залізобетонних елементів при косому згинанні у випадку трикутної форми стиснутої зони*/ А.М. Павліков, Є.В. Дяченко // *Коммунальное хозяйство городов: сб. науч. тр.* – К.: Техника, 2004. – Вип. 55. – С. 324 – 328.
9. Павліков А.М. *Нелінійна модель напружено-деформованого стану косо завантажених залізобетонних елементів у закритичній стадії*/ А.М. Павліков. – Полтава, 2007. – 258 с.
10. Дяченко Є.В. *Розрахунок міцності косозігнутих залізобетонних елементів з урахуванням повної діаграми фізичного стану бетону: автореф. дис. на здобуття наук ступеня канд. техн. наук: 05.23.01/ Є.В. Дяченко.* – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 20 с.

Надійшла до редакції 14.05.2009

© Є.В. ДЯЧЕНКО