

РОЗМІРИ ЯДРА ПЕРЕРІЗУ ЦЕГЛЯНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ НЕЛІНІЙНОЇ ДЕФОРМАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

Наведено методику та формули визначення розмірів нелінійного ядра перерізу позацентрово стиснутого цегляного елемента з урахуванням його нелінійних властивостей.

Ключові слова: ядро перерізу, позацентровий стиск, нелінійність.

Постановка проблеми. У практиці будівництва широко застосовуються вертикальні несучі конструкції із цегли, зокрема цегляні стовпи. Усі вони, як правило, працюють в умовах позацентрового стиснення. У цих випадках ексцентриситет може набувати таких значень, що при дії поздовжнього навантаження виникає необхідність застосування поздовжнього армування цегляних стовпів [1].

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Критерієм впливу ексцентриситету прикладання зусилля N на несучу здатність стиснутих цегляних елементів може слугувати розмір ядра перерізу. Але на сьогодні у розрахунках міцності цегляної кладки такий підхід не застосовується [2].

Запропонована нелінійна залежність між напруженнями та деформаціями при стиску кам'яної кладки, наведена в ДБН [4], дозволяє вирішувати задачу визначення ядрового ексцентриситету e_c за аналогією до методики, запропонованої авторами в роботі [5] для бетонних елементів. Такий підхід, на нашу думку, більш точно характеризуватиме опір цегляних елементів дії поздовжніх навантажень, особливо в передграничному та граничному станах, коли відбувається перерозподіл напружень у перерізі [6].

Задача з визначення розмірів ядра перерізу в загальних рисах розглянута в роботі [7]. Конкретні розрахункові формули обчислення розмірів ядра перерізу для бетонного елемента запропоновано в праці [5].

Виділення не розв'язаної раніше частини проблеми. Задача з визначення розмірів ядра перерізу для елементів із цегляної кладки, як нам відомо, розв'язаною не була. Тому розроблення формул обчислення розмірів ядра перерізу в позацентрово стиснутих стовпах із цегляної кладки з урахуванням її нелінійних властивостей є важливим завданням.

Постановка завдання. Завданням є розроблення методики визначення розмірів ядра перерізу позацентрово стиснутого цегляного елемента із цегляної кладки з урахуванням її нелінійних властивостей.

Основний матеріал і результати. Для досягнення поставленої мети запропоновано розрахункову схему цегляного елемента прямокутного поперечного перерізу розміром $b \times h$, завантаженого поздовжньою силою F , прикладеною з ексцентриситетом $e_c = e_1 - 0,5h$ за умови, що нейтральна лінія проходить по грані АВ (рис. 1).

Оскільки відповідно до прийнятих передумов нейтральна лінія співпадає з гранню перерізу, то сила буде розташована на протилежній від нейтральної лінії межі ядра перерізу елемента. У цьому випадку рівняння рівноваги матимуть вигляд:

$$F - b \int_0^h \sigma(x) dx = 0; \quad (1)$$

$$F e_1 - b \int_0^h \sigma(x) x dx. \quad (2)$$

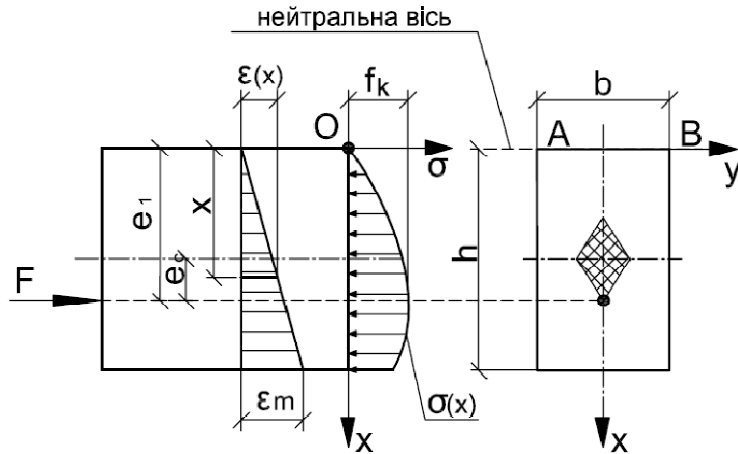


Рисунок 1 – Розрахункова схема до визначення розмірів ядра перерізу цегляного елемента

Функцію $\sigma(x)$ у рівняннях (1) та (2) розподілу напружень у перерізі можна скласти, прийнявши попередньо такі умови:

– у кожній точці перерізу цегляного елемента залежність між напруженнями і деформаціями є нелінійною й описується дробово-раціональною функцією, наведеною в нормах [4, рис. 8.2]:

$$\sigma(\eta) = f_k (k\eta - \eta^2) / (1 + (k - 2)\eta), \quad (3)$$

де $\eta = \varepsilon / \varepsilon_{m_1}$ – поточне значення рівня відносних деформацій неармованої цегляної кладки, а $k = \varepsilon_{m_1} \cdot E / f_k \approx 1 \dots 4$;

– на будь-якому етапі завантаження елемента до його руйнування справедливою є гіпотеза плоских перерізів.

У результаті прийнятих передумов функція розподілу деформацій у перерізі набуває вигляду (рис. 1)

$$\varepsilon(x) = (\varepsilon_m / h) x \quad (4)$$

або

$$\eta(x) = (\eta_m / h) x. \quad (5)$$

Із залежностей (3) і (5) отримана шукана функція $\sigma(x)$ розподілу напружень у перерізі

$$\sigma(x) = f_k \left(k \frac{\eta_m x}{h} - \left(\frac{\eta_m x}{h} \right)^2 \right) / \left(1 + (k - 2) \frac{\eta_m x}{h} \right). \quad (6)$$

Після виконання інтегрування, враховуючи формулу (6), рівняння (1) і (2) можна записати у вигляді:

$$F = f_k b h \cdot \omega(\eta_m, k); \quad (7)$$

$$F \cdot e_1 = f_k b h^2 \cdot \varphi(\eta_m, k), \quad (8)$$

де $\omega(\eta_m, K)$ і $\varphi(\eta_m, K)$ – функції, котрі враховують нелінійні властивості цегляної кладки,

$$\omega(\eta_m, k) = \frac{-(k-2)^2 \eta_m^2 + 2(k-1)^2 [(k-2)\eta_m - \ln(1+(k-2)\eta_m)]}{2(k-2)\eta_m(k-2)^2}; \quad (9)$$

$$\varphi(\eta_m, k) = \frac{-2(k-2)^3 \eta_m^3 + 3(k-1)^2 [(k-2)^2 \eta_m^2 - 2(k-2)\eta_m + 2\ln(1+(k-2)\eta_m)]}{6\eta_m^2(k-2)^4}. \quad (10)$$

Позначивши

$$C = (K-2)\eta_m, \quad (11)$$

одержимо зручніші для практичного використання вирази:

$$\omega(\eta_m, k) = \frac{-C^2 + 2(k-1)^2 [C - \ln(1+C)]}{2C(k-2)^2}, \quad (12)$$

$$\varphi(\eta_m, k) = \frac{-2C^3 + 3(k-1)^2 [C^2 - 2C + 2\ln(1+C)]}{6C^2(k-2)^2}. \quad (13)$$

Розв'язавши рівняння (7) і (8) відносно e_1 , отримаємо, що формула, яка дозволяє обчислювати значення ексцентриситету прикладання сили F відносно нейтральної лінії за умови знаходження нейтральної лінії на грані прямокутного перерізу елемента з цегляної кладки, матиме вигляд

$$e_1 = \frac{h}{3C} \cdot \frac{2C^3 - 3C^2(k-1)^2 + 6C(k-1)^2 - 6(k-1)^2 \ln(1+C)}{2(k-1)^2 \ln(1+C) + C(C - 2(k-1)^2)}. \quad (14)$$

У цілому, як показує аналіз, формула (14) може слугувати критерієм необхідності армування цегляної кладки.

На основі формули (14) ядровий ексцентриситет, відповідно до $e_c = e_1 - h/2$, буде становити

$$e_c = \frac{h}{6C} \cdot \frac{C^3 + 12C(k-1)^2 - 6(k-1)^2(2+C)\ln(1+C)}{2(k-1)^2 \ln(1+C) + C(C - 2(k-1)^2)}. \quad (15)$$

Як видно з формули (15), розміри ядра перерізу залежать не тільки від властивостей цегляної кладки, але й від рівня деформацій найбільш стиснутої фібри перерізу, тобто від значення зовнішнього зусилля F .

Значення рівня деформацій η_m при заданому навантаженні F одержимо з розв'язання рівняння (7). При цьому таке рішення матиме вигляд трансцендентної функції відносно η_m , оскільки отримати аналітичне рішення у явному вигляді неможливо.

Для інженерних розрахунків зручно користуватися таблицею 1, де за відомими величинами коефіцієнтів пружно-пластичних властивостей цегляної кладки k і повноти епюри ω при заданому навантаженні

$$\omega = F / f_k bh \quad (16)$$

методом лінійної інтерполяції визначається шукана величина рівня деформацій η_m .

Висновки. Розроблено методику та на її основі одержано формули визначення розмірів ядра перерізу цегляного елемента з урахуванням нелінійних властивостей цегляної кладки. Це дозволяє встановлювати наявність зони розтягу в перерізі елементів із

цегляної кладки при їх стиску і таким чином розв'язувати питання про необхідність і кількість установлення поздовжньої арматури в нормальних перерізах.

Отримані результати свідчать, що розміри ядра перерізу залежать як від фізико-механічних властивостей цегляної кладки, так і від рівня завантаження.

Таблиця 1

Значення ω в залежно від різних значень k

η_m	k										
	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0
0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,1	0,097	0,105	0,114	0,122	0,130	0,138	0,145	0,153	0,160	0,167	0,174
0,2	0,187	0,201	0,215	0,229	0,241	0,254	0,265	0,276	0,287	0,297	0,307
0,3	0,270	0,289	0,306	0,322	0,337	0,352	0,365	0,378	0,390	0,402	0,412
0,4	0,347	0,368	0,387	0,404	0,420	0,435	0,449	0,462	0,475	0,486	0,497
0,5	0,417	0,438	0,458	0,475	0,492	0,506	0,520	0,532	0,544	0,555	0,565
0,6	0,480	0,501	0,520	0,537	0,553	0,567	0,579	0,591	0,602	0,612	0,622
0,7	0,537	0,557	0,575	0,591	0,605	0,618	0,630	0,640	0,650	0,659	0,668
0,8	0,587	0,605	0,622	0,636	0,649	0,661	0,672	0,681	0,690	0,699	0,706
0,9	0,630	0,647	0,662	0,675	0,687	0,697	0,707	0,716	0,724	0,731	0,738
1,0	0,667	0,682	0,696	0,707	0,718	0,727	0,736	0,744	0,751	0,758	0,764
1,1	0,697	0,711	0,723	0,734	0,743	0,752	0,760	0,767	0,774	0,780	0,785
1,2	0,720	0,733	0,745	0,755	0,764	0,772	0,779	0,786	0,792	0,797	0,803
1,3	0,737	0,750	0,761	0,771	0,780	0,787	0,794	0,800	0,806	0,812	0,816
1,4	0,747	0,761	0,772	0,782	0,791	0,799	0,805	0,812	0,817	0,822	0,827
1,5	0,750	0,766	0,779	0,790	0,799	0,807	0,814	0,820	0,825	0,831	0,835
1,6		0,766	0,781	0,793	0,803	0,811	0,819	0,825	0,831	0,836	0,841
1,7					0,804	0,813	0,821	0,828	0,834	0,840	0,845
1,8								0,828	0,835	0,841	0,846
1,9											0,846

Для спрощення інженерних розрахунків розроблено таблицю, котра дозволяє уникнути ітераційного пошуку при розв'язанні базових рівнянь.

Література

1. Вахненко, П.Ф. Каменные и армокаменные конструкции / П.Ф. Вахненко. – К.: Будівельник, 1990. – 184 с.
2. Еременок, П.Л. Каменные и армокаменные конструкции / П.Л. Еременок. –К.: Высшая школа, 1981. – 224 с.
3. СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. – М.: Стройиздат, 1983. – 39 с.
4. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків та споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. – К., 2011. – 97 с.
5. Павліков, А. М. Визначення розмірів ядра перерізу в нелінійних задачах позацентрово стиснутих елементів у загальному випадку / А.М. Павліков, Д.Ф. Федоров // Галузеве

машинобудування і будівництво: зб. наук. пр. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – № 21 – С.44 – 47.

6. Лаврінець, О. Г. Розрахунок міцності поздовжньо армованих центрально стиснутих стовпів із цегляної кладки з урахуванням її нелінійних властивостей / О. Г. Лаврінець // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр. – Рівне: НУВГП, 2011. – № 22. – С. 399 – 404.
7. Роговой, С. И. Нелинейное деформирование в теории железобетона и расчет прочности нормальных сечений / С. И. Роговой — Полтава, 2002. – 183 с.

*А.Н. Павликов, д.т.н., проф., О.В. Григорова, асп.
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

РАЗМЕРЫ ЯДРА СЕЧЕНИЯ КИРПИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ДЕФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Приведены методика и формулы определения размеров нелинейного ядра сечения внецентренно сжатого кирпичного элемента с учетом его нелинейных свойств.

Ключевые слова: *ядро сечения, внецентренное сжатие, нелинейность.*

*A.M. Pavlikov, Dr. Tech. Sc., prof., O.V. Grigорова, Post graduate st.
Poltava National Technical University named after Yuri Kondratuk*

CORE OF SECTION ANALYSIS OF MASONRY MEMBERS BASED ON NONLINEAR DEFORMATION MODEL

Method and formulas for nonlinear core of section analysis of biaxial compressed masonry member are shown.

Keywords: *core of section, biaxial compress, nonlinearity.*

Надійшла до редакції 12.09. 2012

© А.М. Павліков, О.В. Григорова