

УДК 624.012.

РОЗРАХУНОК КАМ'ЯНИХ ТА АРМОКАМ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА МІЦНІСТЬ ПРИ ДІЇ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

РАСЧЕТ КАМЕННЫХ И АРМОКАМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ДЕЙСТВИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ

CALCULATION OF MASONRY AND REINFORCED CONSTRUCTIONS UNDER INFLUENCE OF VERTICAL LOAD

Ужегова О.А., к.т.н., доц., Ротко С.В., к.т.н., доц., Задорожнікова І.В., к.т.н., доц., (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Ужегова О.А., к.т.н., доц., Ротко С.В., к.т.н., доц., Задорожникова И.В., к.т.н., доц., (Луцкий национальный технический университет, г. Луцк)

Uzhegova O.A., Ph.D in Engineering, Associate Proffessor, Rotko S.V., Ph.D in Engineering, Associate Professor, Zadorozhnikova I.V., Ph.D in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, s.Lutsk)

В статті наведено деякі положення щодо проектування кам'яних та армокам'яних конструкцій при дії вертикального навантаження за національними нормами ДБН В.2.6-162:2010, що є наближенням до норм ЄС – Єврокод 6.

В статье приведены некоторые положения по проектированию каменных и армокаменных конструкций при действии вертикальной загрузки согласно национальным нормам ДБН В.2.6-162:2010, приближенным к нормам ЕС – Еврокод 6.

The article contains some provisions for the design of masonry and reinforced structures under the influence of vertical load in accordance with national standards DBN V.2.6-162: 2010, close to EU standards - Eurocode 6.

Ключові слова:

Розрахунок, міцність, камінь, кладка.

Расчет, прочность, камень, кладка.

Calculation, strength, stone, masonry.

У 1975 році Комісія європейських співтовариств прийняла рішення щодо застосування програми у галузі будівництва, яке ґрунтується на статті 95 Угоди. Метою програми стало усунення технічних перешкод у діяльності та стандартизації технічних рішень. Програмою дій Комісія ініціювала визначення сукупності гармонізованих технічних правил для проектування будівельних робіт, які на початковій стадії стали б альтернативою чинним національним правилам у країнах-членах ЄС, а згодом замінили б їх. Так було покладено початок у розробці програми Єврокодів конструкцій, яка тепер включає такі частини:

- EN 1990 Єврокод. Основи проектування несучих конструкцій
- EN 1991 Єврокод 1. Впливи на конструкції
- EN 1992 Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій
- EN 1993 Єврокод 3. Проектування сталевих конструкцій
- EN 1994 Єврокод 4. Проектування сталезалізобетонних конструкцій
- EN 1995 Єврокод 5. Проектування дерев'яних конструкцій
- EN 1996 Єврокод 6. Проектування кам'яних конструкцій
- EN 1997 Єврокод 7. Геотехнічне проектування
- EN 1998 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій
- EN 1999 Єврокод 9. Проектування алюмінієвих конструкцій.

Єврокоди встановлюють загальні правила проектування, розрахунку і визначення параметрів як самих конструкцій, так і окремих конструктивних елементів загального використання; вони стосуються традиційних методів будівництва, а також аспектів інноваційного застосування, окрім нестандартних конструкцій або спеціальних рішень.

В Україні створюються нові національні нормативні документи з проектування конструкцій, основною задачею яких є наближення до Єврокодів. Наказом Мінрегіонбуду України від 15.11.2010 №446 та від 30.12.2010 №571 затверджено з наданням чинності з 2011-09-01 ДБН В.2.6-162:2010 "Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції" [1]. Ці Норми встановлюють основні вимоги, яким повинні відповідати кам'яні та армокам'яні конструкції будівель, а також основні правила щодо їх проектування. При розробці цих Норм враховані основні положення (принципи) EN 1996-1-1 Єврокоду 6: Проектування кам'яних конструкцій – Частина 1-1: Загальні правила для армованих і неармованих конструкцій [2].

ДБН В.2.6-162:2010 передбачають передумови:

- вибір конструктивної схеми і розрахунок споруди виконується персоналом відповідної кваліфікації та досвіду;
- виконання робіт здійснюється персоналом, який має необхідні навички та досвід;
- контроль якості забезпечується протягом виконання роботи з проектування до виконання конструкцій на будмайданчиках України;
- будівельні матеріали та вироби застосовуються відповідно до чинних стандартів;
- відповідне технічне обслуговування споруд забезпечується;
- споруда буде використовуватись відповідно до проектних рішень.

Особливістю нових норм (що є принципово відмінним) є перехід на деформаційні методи розрахунку, суть яких полягає у тому, що у розрахунковому перерізі розглядають не приріст зусиль, а приріст деформацій.

Розрахунки виконують за граничними станами щодо втрати несучої здатності та за граничними станами щодо придатності до експлуатації (де це необхідно). Для підтвердження кожного з граничних станів повинна бути розроблена розрахункова модель конструкції з використанням:

- змістовного опису конструкції, матеріалів, з яких вона виготовляється, умов навколишнього середовища, характерних для місця її розташування;
- поведінки конструкції в цілому і окремих її частин відносно відповідного граничного стану;
- впливу на будівельні конструкції.

Проектування несучих конструкцій, взаємодія та зв'язок різних будівельних елементів повинні забезпечувати їх належну стабільність і міцність у процесі будівництва й експлуатації.

Згідно ДБН В.2.6-162:2010 несучі конструкції повинні бути розраховані з використанням:

- нелінійної теорії з урахуванням діаграми " $\sigma - \epsilon$ " (рис. 1);
- лінійної теорії пружності, яка допускає лінійну залежність деформацій від напруження, де тангенс кута нахилу прямої дорівнює короткочасному (січному) модулю пружності.

При розрахунку вертикально завантажених стін враховують наступне:

- вертикальні навантаження прикладені безпосередньо до стіни;
- ефекти другого порядку;

Опір цегляної стіни вертикальним навантаженням залежить від геометрії стіни, впливу ексцентриситету і властивостей кладки. При розрахунку опору кам'яних стін при вертикальному навантаженні приймають такі припущення:

- плоскі ділянки залишаються плоскими;

- міцність кладки на розтяг у вертикальному напрямку відносно горизонтальних швів кладки дорівнює нулю.

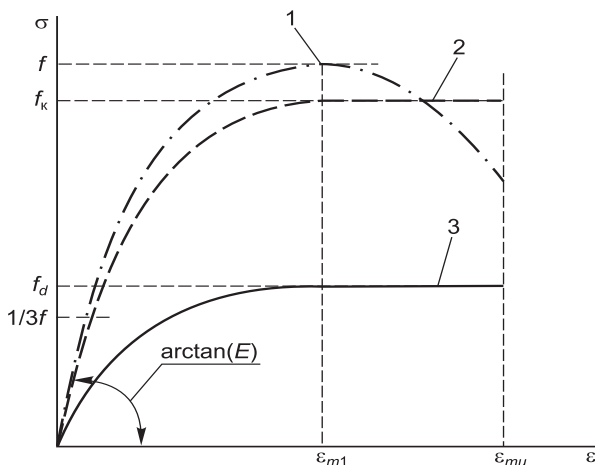


Рис. 1. Діаграма деформування (стану) кам'яної кладки при осьовому стиску:

1 – фактична (типова) залежність; 2 – ідеалізована діаграма (параболічно-прямокутна); 3 – розрахункова діаграма (параболічно-прямокутна)

За критерій вичерпання несучої здатності перерізу неармованої кладки приймається втрата рівноваги між внутрішніми зусиллями N_{Rd} та зовнішнім вертикальним навантаженням N_{Ed} , прикладеним до стіни з кам'яної кладки.

Розрахункова несуча здатність одношарової стіни з неармованої кладки (для одиничної довжини стіни) обчислюється за формулою (1):

$$N_{Rd} = \Phi t f_d, \quad (1)$$

де Φ – коефіцієнт зменшення несучої здатності стіни, у відповідних випадках Φ_i зверху або знизу стіни або Φ_m всередині стіни, залежно від гнучкості та ексцентриситету, розрахований за формулою (2);

t – товщина стіни;

f_d – розрахункове значення міцності кладки на стиск.

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t}, \quad (2)$$

тут e_i – ексцентриситет зверху або, відповідно, знизу стіни, розрахований за рівнянням (3):

$$e_i = \frac{M_{id}}{N_{id}} + e_{he} + e_{init} \geq 0,05t, \quad (3)$$

тут M_{id} – розрахункова величина моменту вигину зверху або знизу стіни, викликаного ексцентриситетом навантаження від плит у зоні опирання (рис. 2);

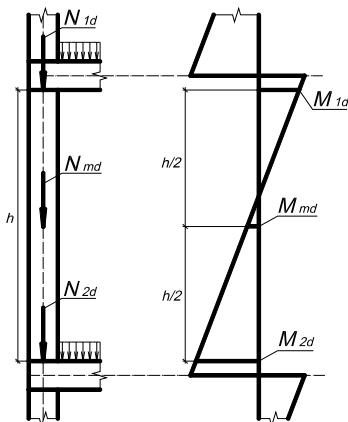


Рис. 2. До розрахунку моментів вигину внаслідок ексцентриситету

N_{id} – розрахункова величина вертикального навантаження зверху або знизу стіни;

e_{he} – ексцентриситет зверху або знизу стіни, викликаний горизонтальним навантаженням (наприклад, вітром);

e_{init} – випадковий ексцентриситет, який приймають для повної висоти стіни, щоб врахувати усі дефекти, і обчислюють за формулою (4):

$$e_{init} = \frac{h_{ef}}{450}, \quad (4)$$

тут h_{ef} – вільна висота стіни.

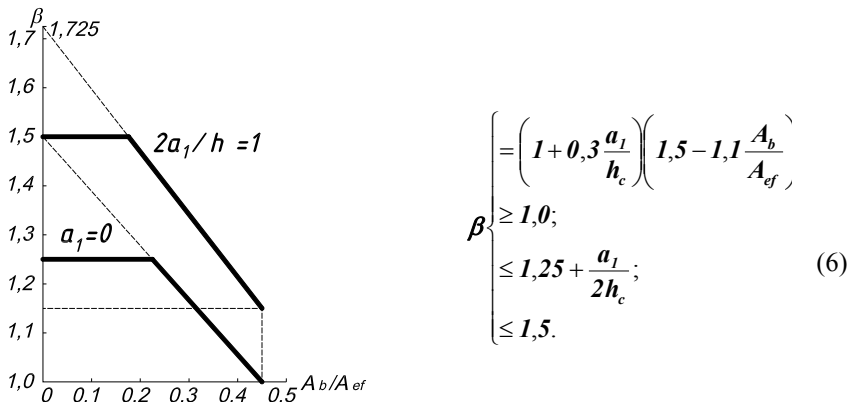
У нових нормах [1], на відміну від попереднього СНиП [3], спостерігається дещо інший підхід при розрахунку стін, що працюють під зосередженим навантаженням (місцевий стиск) – площа стіни, яка "включається у роботу" за умов дії місцевого навантаження, так звана ефективна площа, визначається за відповідною схемою на рис. 3.

Якщо стіна з кам'яної кладки групи 1 завантажена зосередженим навантаженням (за винятком стін із кладкою з заповненням крайніх смуг

розчином), розрахункова величина опору стіни вертикальному навантаженню обчислюється за формулою (5):

$$N_{Rdc} = \beta A_b f_d, \tag{5}$$

де β – коефіцієнт збільшення зосереджених (локальних) навантажень, визначений з умов (6) графічно або аналітично:



для елементів кам'яної кладки груп 2, 3 і 4 коефіцієнт $\beta = 1,0$;

a_1 – відстань від кінця стіни до найближчого краю навантаженої площі (рис. 3);

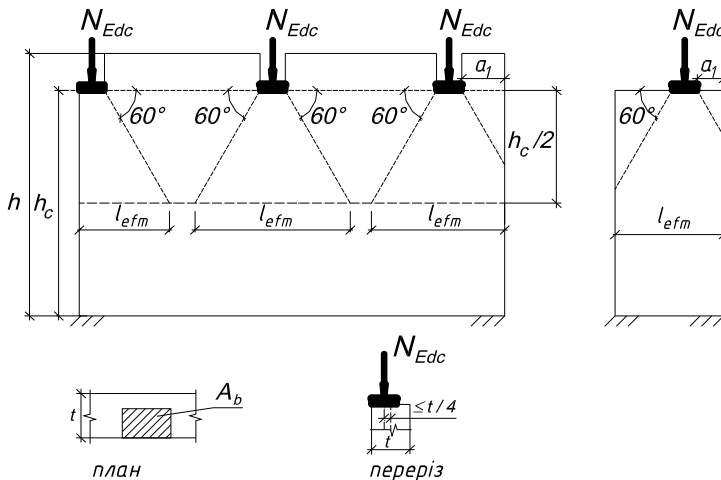


Рис. 3. До розрахунку стін при зосереджених навантаженнях

h_c – висота стіни до рівня навантаження, що прикладається;

A_b – навантажена площа;

f_d – розрахункове значення міцності кладки на стиск;

A_{ef} – значення величини ефективної опорної площі, визначеної з (7):

$$A_{ef} = l_{efm} t, \quad (7)$$

тут l_{efm} – значення ефективної довжини площі розподілення навантаження під опорою, яке вимірюється в основі трапеції на $\frac{1}{2}$ висоти стіни або пілястри (рис. 3);

t – товщина стіни з урахуванням не повністю заповнених швів на глибину більше 5 мм;

A_b / A_{ef} – співвідношення площ, яке не повинно перевищувати 0,45.

Зосереджене навантаження повинне прикладатися на будівельний елемент групи 1 або інший твердий матеріал по довжині, яка дорівнює довжині ділянки завантаження з додатковими ділянками з кожного боку при розподілі навантаження під кутом 60° (рис. 3).

Проектування елементів армованої кам'яної кладки при вигині, вигині і осьовому зусиллі або лише при осьових навантаженнях повинне здійснюватися за умов:

- ділянки перерізу залишаються плоскими;
- арматура деформується, як і пов'язана з нею кладка;
- міцність кладки на розтяг дорівнює нулю;
- величина максимальної деформації стиску вибирається відповідно до використовуваного матеріалу;
- максимальна деформація розтягу арматури вибирається відповідно до матеріалу;
- діаграма залежності деформації від напруження кам'яної кладки приймається лінійною, параболічною, параболічно-прямокутною або прямокутною (рис. 1);
- залежність деформації від напруження арматури визначається згідно з ДБН В.2.6-98;
- для неповністю стиснутих поперечних перерізів гранична деформація стиску не перевищує $\epsilon_{mi} = -0,0035$ для елементів групи 1 і $\epsilon_{mi} = -0,002$ – для елементів груп 2, 3 і 4 (рис. 1).

1. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. – К.: Мінергіонбуд. – 2011. – 98 с. 2. DD ENV 1996-1-1:1996. Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1-1: General rules for buildings – Rules for reinforced and unreinforced masonry – (together with United Kingdom National Application Document). 3. СНиП П-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. - М.: Стройиздат, 1983. - 40 с.