

УДК 624.011.01

**ВРАХУВАННЯ ВПЛИВУ СУМІСНОЇ ДІЇ ВОЛОГИ ТА ПОВТОРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПРИ РОЗРАХУНКАХ МІЦНОСТІ ПЕРЕРІЗІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

**УЧЕТ ВЛИЯНИЯ СОВМЕШНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЛАГИ И ПОВТОРНЫХ НАГРУЖЕНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ ПРОЧНОСТИ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**CONSIDERATION OF THE IMPACT OF JOINT EXPOSURE TO MOISTURE REPEATED LOADS AND CROSS-SECTIONS IN THE CALCULATION OF THE STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE ELEMENTS**

Гомон С.С., к.т.н., проф., **Макаренко Л.П.**, к.т.н., проф. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Гомон, С.С., к.т.н., проф., **Макаренко Л.П.**, к.т.н., проф. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Gomon S.S., candidate of technical sciences, professor, **Makarenko L.P.**, candidate of technical sciences, professor ( National university of water managements and natural recourses used, Rivne )

Наведені результати експериментально-теоретичних досліджень нормальних перерізів залізобетонних балок за сумісного впливу води та повторних навантажень.

Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований нормальных сечений железобетонных балок при совместном действии воды и повторных нагрузках.

In the article you can find the results of experimental theoretical studies of normal cross section of reinforced concrete beams under combined effects of water and repeated loads.

**Ключові слова:**

Балка, міцність, бетон, залізобетон, деформації.

Балка, прочность, бетон, железобетон, деформации.

Beams, strength, concrete, reinforced-concrete, deformation.

**Стан питання та задачі дослідження.** Основним чинником впливу повторних (малоциклових) навантажень на міцність та деформативність

бетону в залізобетонному елементі, як показали натурні дослідження різних за формою та розмірами бетонних та залізобетонних елементів, є тривалість зволоження, верхній рівень прикладення навантажень та масштабний фактор [1,2,3]. На менш значимі переходить амплітуда прикладення навантажень, мінерально-структурний склад бетону, спосіб прикладення навантажень, вид цементу. Як показують досліди [3,4,5,6,7] тривалість зволоження поряд з перерахованими явищами, викликає структурні напруження в бетоні чи залізобетонному елементі за інтенсивного набрякання-усадки, які в одних випадках зменшують міцність бетону, в інших збільшують. На даний момент врахування цих факторів для розрахунку залізобетонних елементів за деформаційною моделлю ще не розроблена.

**Метою даної роботи** є визначення методики для подальшого створення розрахунку конструкцій з залізобетону за сумісної дії зволоження та циклових навантажень з врахуванням фізичної нелінійності матеріалу та на основі деформаційного критерію руйнування.

**Методика досліджень.** З огляду на зазначену мету було проаналізовано напружено-деформований стан залізобетонних елементів, що працюють за дії повторних навантажень в докритичній стадії роботи ( деформування від 0 до  $\mathcal{E}_{c,0,b}$  при стиску та 0 до  $\mathcal{E}_{t,0,b}$  за розтягу) матеріалу (бетону) в умовах проходження процесу зволоження.

**Основна частина.** В даній роботі розглядаємо тільки випадки впливу різних факторів пов'язаних зі зволоженням на несучу здатність обумовлену руйнуванням матеріалу. Експериментальні дослідження показують, що руйнуванню елементів передують певні граничні деформації властиві кожному матеріалу. Логічно було б критерій руйнування зв'язати з граничними деформаціями матеріалу (бетону, арматури). Розглянемо одну складову з якого складається залізобетонний елемент – бетон.

В дослідженнях в якості розрахункової моделі приймається залізобетонний згинальний елемент, в якому повністю зволожений бетон. Дослідні зразки були сформовані в горизонтальному положенні з бетону, для виготовлення якого використовувався сірий дрібнозернистий щебінь Клесівського кар'єру з об'ємною густиною  $\gamma = 1420 \text{кГ/м}^3$  і крупністю 5.10 - 10.20, піску з модулем крупності  $M_k=1,22$  та цементу Новоздолбунівського заводу. Склад бетонної суміші Щ:П:Ц=3,29:1,75:1 з водоцементним відношенням В/Ц=0,52.

За критерії втрати несучої здатності перерізу за дії повторних навантажень прийнято:

- а) руйнування розтягнутої арматури за досягнення граничних значень деформацій;
- б) руйнування стиснутого зволоженого бетону за досягнення найбільш стиснутим шаром граничних значень деформацій;
- в) екстремального критерію - втрати рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями.

Для виконання завдань по визначенню несучої здатності відомі лише граничні значення деформацій арматури. Граничні деформації зволоженого бетону як за короткодійчих, тривалих так і повторних навантажень допоки не встановлено. Тому назріло питання спростити задачу. Для цього були проведені експериментально-теоретичні дослідження.

Зволоження залізобетонного елемента проводилося зі сторони стиснутої зони з допомогою спеціально створеного штучного резервуару. Проходження гребеня вологи контролювалося кондуктометричними датчиками, які заздалегідь при формуванні балки були влаштовані в тіло балки. Процес зволоження, для повного проходження гребеня вологи проходив на протязі двох - трьох діб. Термін проходження встановлено не випадково, а на основі проведення досліджень по впливу тривалого зволоження на міцність бетону і приведенного в таблиці 1.

Таблиця 1

Коефіцієнт впливу тривалості зволоження на міцність бетону

Тривалість зволоження	Без зволоження	2 доби	4доби	6 діб	8 діб	30 діб	65 діб
$k_w$	1	0,74	0,81	0,82	0,95	1,00	1,13

За рівномірного набрякання всього об'єму бетону, внаслідок проникання води, по всьому перерізу розчинної складової бетону залізобетонного елемента виникають стискаючі структурні напруження, в той час коли заповнювач розтягнутий. Повні напруження в розчинній складовій бетону за повної усадки-набрякання можна визначити [4]

$$\sigma_{1,t_1,\tau}^{sh-w} = \frac{E_{1\tau}}{1 + \varphi_{1,t,\tau}} (\varepsilon_{b,t,\tau}^{sh} - \varepsilon_{1,t,\tau}^{sh}) - \frac{E_{1,t,\tau}}{1 + \varphi_{1,t_1,\tau}} (\varepsilon_{b,t_1,\tau}^w - \varepsilon_{1,t_1,\tau}^w), \quad (1)$$

де  $E_{1,t}, E_{1,t_1,\tau}$  – модуль пружності розчинної складової на період часу  $t$  і  $t, \tau$ ;

$$\varphi_{1,t_1,\tau} = \frac{\varepsilon_{1,t_1,\tau}^{pl,t}}{\varepsilon_{1,t_1,\tau}^{el}}; \quad (2)$$

$\varepsilon_{1,t_1,\tau}^{pl,t}$  – пластичні деформації розчинної складової під навантаженням на період часу  $t_1, \tau$ ;  $\varepsilon_{1,t_1,\tau}^{el}$  – пружні деформації на період часу  $t_1, \tau$ ;  $\varepsilon_{b,t_1,\tau}^w, \varepsilon_{1,t_1,\tau}^w$  – деформації набрякання бетону та розчину за час  $t_1$ ;  $\varepsilon_{b,t_1,\tau}^{sh}, \varepsilon_{1,t_1,\tau}^{sh}$  – деформації усадки бетону та розчину.

Вплив на міцність бетону, який тривало зволожувався має структурні напруження та їх можна врахувати

$$f_{c,0,b,w} = f_{c,0,b} \pm \sigma_{1,t_1,\tau}^{sh-w} \quad (3)$$

Вплив на міцність бетону, який тривало зволожувався має масштабний фактор, який можна врахувати з пропозицій [8], за формулою

$$f_{c,0,b,w} = f_{c,0,b} k_{b,w}, \quad (4)$$

де  $k_{b,w}$  – коефіцієнт масштабного фактору

$$k_{b,w} = \frac{b}{1,0764b + 2,1289}. \quad (5)$$

Після прикладення розрахункового числа повторних навантажень епюри стискаючих напружень стиснутої зони залізобетонного елемента є криволінійними, але при цьому можуть виникати два випадки:

- 1 – напруження в крайніх шарах стиснутої зони за прикладання повторних навантажень не перевищують межі пристосування бетону ( $\eta_{\max} < \eta_{crc}^v$ ), ( межа пристосування для сухого важкого бетону – 0,85, а для вологого – 0,605);
- 2 – напруження в крайніх шарах стиснутої зони будуть дорівнювати або перевищують напруження межі пристосування бетону ( $\eta_{\max} \geq \eta_{crc}^v$ ).

Середній верхній рівень напружень роботи стиснутої зони зволоженого бетону за роботи залізобетонного елемента на дію повторних навантажень визначався

$$\eta_e = \sigma_{cp} / f_{c,0,b,w},$$

де  $\sigma_{cp}$  – середнє напруження стиснутої зони, яке визначалося на рівні центра ваги епюри напружень стиснутої зони

$$\sigma_{cp} = \frac{2}{3} \sigma_{\max} (\omega + 0,5), \quad (6)$$

тут  $\omega$  – коефіцієнт повноти епюри напружень, який визначається за рекомендаціями [9].

Необхідно відзначити зміну характеру епюри стиснутої зони бетону залізобетонного згинального елемента при  $\eta_{\max} \geq \eta_{crc}^v$  і майже незмінність її за  $\eta_{\max} < \eta_{crc}^v$  в режимі роботи за повторних навантажень.

Після роботи залізобетонного елемента за дії повторних навантажень в режимі  $\eta_{\max} < \eta_{crc}^v$  при досягненні напружено-деформованого стану близького до руйнування, висота стиснутої зони зменшується і знаходиться в зоні найбільш суттєвих структурних змін бетону, які спричинені напруженнями близькими до  $\sigma_{cp}$ , внаслідок прикладання повторних

навантажень. За роботи стиснутої зони бетону в режимі  $\eta_{\max} \geq \eta_{cr}^v$  при повторних навантаженнях в структурі бетону утворюються мікро- та макротріщини в крайніх найбільш завантажених шарах стиснутої зони. Це приводить до зменшення міцності бетону, за рахунок чого епора напружень стиснутої зони бетону змінюється, збільшується її висота та зменшується плече пари внутрішніх сил.

**Висновки.** 1. Встановлено негативний сумісний вплив зволоження та повторних навантажень при розрахунку міцності перерізів залізобетонних балок.

2. Необхідно провести додаткові дослідження по встановленню значень меж деформування від  $\mathcal{E}_{c,0,b}$  до  $\mathcal{E}_{c,u,b}$  при стиску та від  $\mathcal{E}_{t,0,b}$  до  $\mathcal{E}_{t,u,b}$  при розтягу.

3. Необхідно до чинних норм [10] ввести положення що до врахування впливу зовнішнього середовища на роботу та розрахунок бетонних та залізобетонних елементів конструкцій.

1. Макаренко Л.П. Развитие и углубление существующих представлений о деформациях, деструкции и прочности бетонов при сжатии / Л.П. Макаренко // Изв. вузов. Сер. Строительство и архитектура. – 1988. - № 12. – С. 1- 6. 2. Гомон С.С. Напряжено-деформованний стан бетону за малоциклових навантажень з урахуванням фактора середовища/С.С. Гомон, М.С. Зінчук // Зб. Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - Вип. 2. Рівне, РДТУ, 1999.- С.85-89. 3. Фенко Г.А. Влияние собственных напряжений на свойства бетона/Г.А. Фенко/ : Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Днепропетровск, 1972.- 24 с. 4. Гомон С.С. Влияние собственных напряжений на призмную прочность при интенсивных усадке-набухании/ С.С. Гомон, А.П. Погореляк//Гидромелиорация и гидротехническое строительство. - Львов, 1989.- № 17., С. 97-102. 5. Гомон С.С. Структурні напруження бетону за стискаючих навантажень з врахуванням фактора середовища. / С.С. Гомон // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Випуск 5. Рівне, 2001.- С. 146-151. 6. Гомон С.С. Вплив структурних напружень на міцність бетону/ С.С. Гомон, М.С. Зінчук// Сталезалізобетонні конструкції: Зб. наукових статей. Кривий Ріг,1998.- С.68-70. 7. Гомон С.С. Вплив зовнішнього середовища на величину розсіювання критичної енергії руйнування бетону при одноразовому статичному навантаженні /С.С. Гомон, М.С. Зінчук, Л.П. Гомон // Розвиток житлово-комунального комплексу міст: Зб. наукових статей. Одеса, 2010. – С. 134-135. 8. Гомон С.С. Міцність та деформативність залізобетонних елементів при небагаторазово-повторних навантаженнях і тривалій дії вологого середовища/С.С. Гомон/ : Автореф. дис. ... канд. техн. наук., Полтава, 1995.- 24 с. 9. Голуб О.В. Особенности прочности и деформативных свойств бетона со шлаком ТЭС и их учет при расчете железобетонных конструкций/О.В. Голуб/ : Автореф. дис. ... канд. техн. наук., Минск, 1989. - 24 с. 10. ДБН В.2.6 98: 2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення/ К.: Мінрегіонбуд України, 2011. -72с.