

УДК 624.01

ЗАСТОСУВАННЯ ГНУЧКОГО АРМУВАННЯ ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ В ЗГІНАНИХ КОМПЛЕКСНИХ ЕЛЕМЕНТАХ З НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИБКОГО АРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В ИЗГИБАЕМЫХ КОМПЛЕКСНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ ИЗ ЯЧЕЙСТЫХ БЕТОНОВ

THE USE OF FLEXIBLE REINFORCEMENT OF ORGANIC ORIGIN IN COMPLEX ELEMENTS OF CELLULAR CONCRETE

Демчина Б.Г. д.т.н., проф. (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів), **Фамуляк Ю.Є. к.т.н., доц.**, (Львівський національний аграрний університет, м. Львів-Дубляни)

Демчина Б.Г. д.т.н., проф. (Национальный университет «Львовская политехника», г. Львов), **Фамуляк Ю.Е. к.т.н., доц.**, (Львовский национальный аграрный университет, г. Львов-Дубляны)

Demchyna B.G., doctor of engineering sciences, professor (National university «Lviv polytechnic», Lviv), **Famulyak Yu.Ye., candidate of engineering sciences, docent**, (Lviv national agrarian university, Lviv-Dublyany)

Подано результати експериментально-теоретичних досліджень керамзитогазобетонних згинаних елементів з гнучким армуванням органічного походження та вказано на особливості їх роботи під навантаженням.

Поданы результаты экспериментально-теоретических исследований керамзитогазобетонных изгибаемых элементов с гибким армированием органического происхождения и указано на особенности их работы под нагрузкой.

Presents the results of experimental and theoretical studies of aerated concrete and claydite-concrete elements with a flexible reinforcement of organic origin and is indicated on the specifics of their work load.

Ключові слова:

Газобетон, керамзитобетон, нетрадиційне армування, гнучка органічна арматура, міцність, деформативність.

Газобетон, керамзитобетон, нетрадиционное армирование, гибкая органическая арматура, прочность, деформативность.

Aerated concrete, claydite-concrete, alternative reinforcement, flexible organic reinforcement, strength, deformability.

Вступ. Широке застосування та використання виробів із ніздрюватих бетонів у будівельній практиці України, Польщі, Німеччини та інших зарубіжних країн стало можливим після ряду експериментальних досліджень та вдалого виробничого досвіду [1-3]. У цих та багатьох інших країнах ніздрюваті бетони широко застосовують як у житловому, так і в промисловому будівництві.

Найпопулярнішими серед ніздрюватих бетонів у будівництві є піно- та газобетони, що дають змогу знизити вартість житлового й промислового будівництва в декілька разів. Щоб утворити ніздрювату структуру в таких бетонах, застосовують переважно два способи: додавання до водної суспензії змішаних матеріалів газоутворювальних добавок, або змішування суспензії з піною. Матеріал, виготовлений за першим способом, має назву «газобетон», а за другим – «пінобетон». Роль в'язучого для приготування цих коміркових бетонів зазвичай виконує цемент.

Піно- чи газобетонні вироби та матеріали використовують для мурування зовнішніх та внутрішніх стін, перегородок, з них влаштовують теплоізоляції покрівель, горищ, підлог, заповнюють пустоти, виконують звукоізоляцію залізобетонного перекриття [4, 5]. Такі вироби легкі, недорогі, з достатніми тепло- та звукоізоляційними властивостями, екологічно безпечні; окрім того, їх можна легко додатково механічно обробляти, тобто: пиляти, свердлити, фрезерувати тощо.

Як будівельний матеріал, піно- чи газобетон, як і будь-які інші матеріали на основі цементу, з часом накопичують міцність [6]. Вони вважаються негорючими будівельними матеріалами. Завдяки порам у таких бетонах, забезпечується декілька важливих особливостей: вони мають низьку теплопровідність, малу вагу і простоту обробки.

Щодо несучих властивостей ніздрюватих бетонів, то вони належать до крихких бетонів і тому без додаткових засобів, які би сприймали розтягувальні зусилля, їх важко використовувати як пролітні згинані конструкції, а без встановлення засобів, які би сприймали стискальні зусилля, – такі конструкції важко використовувати як центрально й позацентрово стиснуті конструктивні елементи, що має важливе значення в будівельній індустрії.

Наявні на сьогодні дослідження та розробки, стосуються здебільшого конструктивних елементів, виконаних з однорідного ніздрюватого бетону з традиційним армуванням металевою стрижневою арматурою гладкого чи періодичного профілів або без армування. Застосування комплексних елементів із ніздрюватих бетонів, які б давали змогу в одному перерізі поєднувати легкість, тепло- та звукоізоляційні властивості ніздрюватих бетонів і міцнісні характеристики конструкційних легких бетонів, які додатково армуються не традиційною стрижневою металевою арматурою, а використовують інший тип армування (наприклад, гнучке чи жорстке армування біологічного чи органічного походження, різноманітні типи сіток, металевих і неметалевих,

тощо) [7], вивчені й застосовують недостатньо, і тому їх не так широко використовують у будівельній практиці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У будівельній індустрії сьогодення виробу з піно- та газобетону набувають дедалі ширшого застосування не лише у вигляді дрібноштучних елементів, а й як пролітні конструкції. Водночас у таких конструкціях здебільшого використовують традиційну стрижневу сталеву арматуру. Відповідаючи на запити сьогодення, науковці активно вивчають цю проблему у своїх дослідженнях. Щодо сучасних наукових шкіл, які вивчають легкі ніздрюваті бетони в Україні, варто відзначити школи, сформовані в містах Одесі (під керівництвом В.А. Вознесенського, О.С. Шинкевича, В.І. Мартинова, В.М. Вирового, А.І. Костюка та ін.), Дніпрі (під керівництвом А.П. Приходька), Києві (під керівництвом П.В. Кривенко) та Львові (під керівництвом М.А. Саницького, Б.Г. Демчини). Якщо ж говорити про армовані конструкції з піно- та газобетону, то тут варто виокремити дослідження науковців, які працювали над цією проблемою зі середини ХХ століття, а саме: П.А. Теслер, Є.Н. Добринін, В.А. Пінскер, К.М. Романовська, Н.І. Левін, В.В. Макаричев, М.Я. Кривицький, Б.П. Філіпов, О.П. Вінокуров, Є.М. Бабич, В.С. Пісарєв, А.Г. Почтенко та ін. Хоча дослідженню пролітних конструкцій все-таки приділяли недостатньо уваги.

Постановка мети. Мета нашого дослідження – довести можливість використання та позитивний вплив на загальну роботу згинаної комплексної газобетонної балки зі керамзитобетонним захисним шаром гнучкої арматури органічного походження.

Виклад основного матеріалу. Для вивчення роботи комплексних згинаних елементів з ніздрюватих бетонів із нетрадиційним армуванням у вигляді гнучкої органічної арматури (капронова мотузка) та її впливу на міцність і несучу здатність були проведені експериментальні дослідження балкових зразків з різною схемою армування.

Для виготовлення дослідних зразків використовували газобетон, що слугував серцевиною поперечного перерізу, та керамзитобетон, з якого виконували зовнішню оболонку балкового зразка. Керамзитобетон належить до легких бетонів, заповнювачем в якому слугує керамзит – достатньо недорогий матеріал. Крім того, вибір керамзитобетону як зовнішньої оболонки комплексного елемента зумовлений тим, що такий матеріал отримують за простою технологією приготування.

Газобетонну серцевину дослідних зразків виконували з готового газобетонного блоку фірми «Стоун Лайт» (м. Бровари Київської області). Готовий газобетонний блок розрізали на балочки розмірами 100 × 100 × 600 мм.

Зовнішній захисний шар був виконаний зі керамзитобетону завтовшки 3 см. Суміш замішували у пропорціях 1:3:3 (одна частина цементу, три частини піску і три частини керамзиту) та води в межах 1,5 частини. Цемент використовували марки М400 Миколаївського цементного заводу.

В якості арматури для дослідних газокерамзитобетонних балок був капронова мотузка Ø 4 мм, якою армували дослідні балки за різною схемою

армування. Розривне зусилля капронової мотузки становило $R_{мотуз.} = 260$ кгс. Капронову мотузку втоплювали у керамзитобетонну оболонку дослідного зразка і вона розміщувалась на відстані 2 см від нижньої грані балки.

Фізико-механічні властивості газо- та керамзитобетону на стиск визначали за результатами випробування контрольних кубів з ребром 100×100 мм на лабораторному пресі П-10.

З метою вивчення роботи згинаних комплексних газокерамзитобетонних балкових елементів із захисним армованим та неармованим керамзитобетонним шаром було запроєктовано і виготовлено шість дослідних балок. Загальна довжина балок становила 640 мм. Поперечний переріз першої дослідної балки становив $100 \times 100(h)$ мм (газобетонна балка без захисного шару), решта дослідних балок – перерізом $160 \times 160(h)$ мм (газокерамзитобетонні балки із захисним шаром зі керамзитобетону завтовшки 30 мм). Крім того, дослідні газокерамзитобетонні балки із захисним шаром були виконані з різною схемою армування капроновою мотузкою, і одна балка була виконана без армування.

Балкові конструкції виготовляли у збірно-розбірній дерев'яній формі. Спочатку встановлювали та кріпили до форми капронову мотузку у потрібному місці на висоті 2 см від днища форми (рис. 1), далі влаштовували нижній захисний шар керамзитобетону завтовшки 30 мм, в який були втоплені мотузки. Після влаштування нижнього захисного шару, посередині форми вкладали балку з газобетону розмірами $100 \times 100 \times 600$ мм. Бічні проміжки між балкою та формою щільно заповнювали керамзитобетоном так, щоб не порушити проектного положення газобетонної балки (рис. 1).



Рис. 1. Процес виготовлення дослідної балки

Верхній захисний шар зі керамзитобетону вкладали поверх газобетонної балки після ущільнення керамзитобетону в бічних проміжках. Заповнення бічного проміжку між газобетонною балкою та формою і верхній захисний шар вкладали якомога швидше, без технологічних перерв, щоб досягти однорідності захисного шару.

Усі виготовлені балкові зразки зберігали за належного температурно-вологісного режиму протягом 28 діб, для того щоб матеріал набув маркової міцності.

Армування дослідних балок були такими:

- ✓ балка № 1 – газобетонна балка без захисного шару;
- ✓ балка № 2 – газокерамзитобетонна балка із захисним шаром з керамзитобетону без армування;

✓ балка № 3 – газокерамзитобетонна балка із захисним керамзитобетонним шаром з армуванням двома гладкими капроновими мотузками;

✓ балка № 4 – газокерамзитобетонна балка із захисним керамзитобетонним шаром з армуванням двома капроновими мотузками з вузликами через 5 см;

✓ балка № 5 – газокерамзитобетонна балка із захисним керамзитобетонним шаром з армуванням двома капроновими мотузками з вузликами через 10 см;

✓ балка № 6 – газокерамзитобетонна балка із захисним керамзитобетонним шаром з армуванням чотирма гладкими капроновими мотузками.

Експериментальне дослідження комплексних газокерамзитобетонних балкових зразків на згин виконували на дослідному стенді в лабораторії будівельних конструкцій Львівського національного аграрного університету. Завантаження зразків проводилось двома зосередженими силами, прикладеними на відстані 225 мм від опори дослідного зразка на верхній його грані (рис. 2). Балки спиралися на дві опори: рухому й нерухому. Навантаження створювали за допомогою гідравлічного домкрата. Балки перед випробуванням детально виставляли у вертикальному положенні, що дало змогу уникнути будь-якого відхилення балкового зразка у процесі завантаження й руйнування. Така дія – досить важлива для отримання достовірних експериментальних даних.

Прогини балок вимірювали за допомогою індикатора годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм. Індикатор був встановлений посередині прольоту дослідного зразка і закріплений на незалежному штативі, що давало змогу унеможливити зовнішні впливи на покази індикатора у процесі завантаження (рис. 2).



Рис. 2. Дослідний стенд для випробування комплексних газокерамзитобетонних балкових зразків

Після кожного ступеня завантаження, що становило 0,50 кН, дослідні балки витримували під навантаженням протягом 10-15 хв. та знімали покази індикатора.

В процесі проведення експериментальних досліджень були отримані такі результати:

- під час дослідження комплексних газокерамзитобетонних балкових зразків із захисним шаром з керамзитобетону вже на початкових стадіях завантаження проявилися особливості роботи таких елементів. Зокрема друга стадія роботи в таких елементах практично відсутня. Оскільки газо- і керамзитобетон – досить крихкі матеріали, тому процес тріщиноутворення в комплексних газокерамзитобетонних балкових зразках із захисним шаром з керамзитобетону (особливо неармованих) був короткотривалим або відбувався майже миттєво, тобто балкові зразки пружно працювали до певного рівня навантаження, після чого виникли невеликі за довжиною $((1/10-1/20)h)$ нормальні тріщини практично за всією довжиною балки;

- за подальшого збільшення навантаження виникла домінуюча тріщина, яка перетинала від 80 до 95 % висоти балкового зразка, що спричинило розвиток істотних деформацій в бетонних частинах балок і елементи переходили у третю завершальну стадію – стадію руйнування.

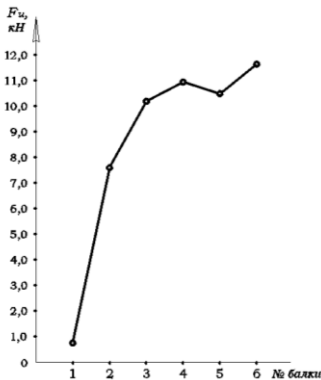


Рис. 3. Залежність міцності балкових зразків від наявності та схеми армування

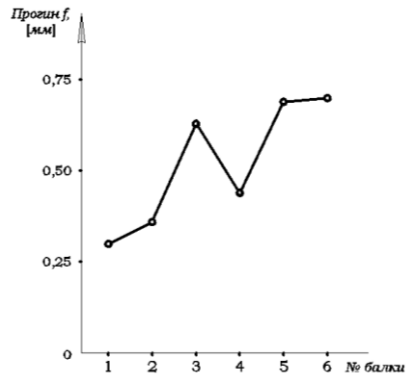


Рис. 4. Залежність прогинів балкових зразків від наявності та схеми армування

Як видно з графіків (див. рис. 3, 4), найкращий результат за міцністю отримано під час випробовування балки під номером 6. Армування виконано чотирма гладкими капроновими мотузками. Дещо гірший результат отримано при випробуванні балки з армуванням двома капроновими мотузками з вузлами через 5 см. Руйнування було з армуванням капроновими мотузками з вузлами через 10 см та без вузлів відбулось практично за однакового навантаження. Щодо прогинів, то найкращий результат отримано за випробування балки № 4 (армування виконано двома капроновими мотузками з вузлами через 5 см).

Висновки. На основі проведених експериментальних досліджень балок із нiздрюватих бетонiв з нетрадицiйним армуванням та їх аналізу можна дiяти таких висновкiв:

1. У результатi проведення експериментальних досліджень було встановлено позитивний вплив гнучкого органiчного армування на роботу згинаних комплексних газокерамзитобетонних балок.

2. Досліджено несучу здатнiсть i деформативнiсть комплексних газобетонних балок з керамзитобетонним захисним шаром, армованим та неармованим капроною мотузкою.

3. Забезпечення бiльш надiйного зчеплення мiж гнучкою органiчною арматурою та масивом керамзитобетону захисної оболонки комплексного згинаного елемента дозволяє пiдвищити несучу здатнiсть таких елементiв. В балках, армованих капроною мотузкою з вузлами руйнiвне зусилля збiльшилося на 5% порiвняно з балками армованими капроною гладкою мотузкою, та на 30% порiвняно з балками без армування.

4. Наявнiсть армування органiчного походження змiнило процес трiщиноутворення та руйнування комплексних балок. Якщо у балках без армування процес утворення трiщин проходив практично миттєво i доминиуюча трiщина виростала на всю висоту перерiзу, що призводило до миттєвого руйнування, то балки з армуванням отримували ще певний вiдсоток несучої здатностi за рахунок самого армування.

5. Експериментальнi дослідження пiдтвердили, що наявнiсть органiчного гнучкого армування, та збiльшення його зчеплення з масивом захисної оболонки комплексної газокерамзитобетонної балки збiльшує її несучу здатнiсть та трiщиностiйкiсть.

1. Бабич Е. М. Конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях / Е. М. Бабич. – К.: Выща шк., 1988. – 207 с. 2. Исследование ячеистых бетонов и конструкций : сб. науч. тр. / гл. ред. Серых Р. Л. ; ред. Муромский К. П. – М. : НИИЖБ, 1989. – 111 с. 3. Кривицкий М. Я. Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции) / М. Я. Кривицкий, Н. И. Левин, В. В. Макаричев. – М. : Стройиздат, 1972. – 137 с. 4. Опекунов В. В. Пористі композиційні матеріали та їх використання у будівництві / В. В. Опекунов. – К. : Академія будівництва України, 2006. – 85 с. 5. Паплавскис Я. Теплотехнические свойства стен из ячеистого бетона / Я. Паплавскис, Ю Новикс // Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве . Сб. науч. трудов.– Днепропетровск : ПГАСА, 2005. – вып. 2. – С. 193-196. 6. Саницький М. А. Пінобетон на модифікованих поргланццементях / М. А. Саницький, О. Р. Позняк, В. В. Ілiв // Актуальнi проблеми будiвництва та iнженерiї довкiлля : VIII Мiжнар. наук. конф., Львiв, Кишице, Жешув, 6-11 жовтня 2003 р. : зб. матерiалiв конф. – Львiв : Вид-во Нац. ун-ту «Львiв. полiтехнiка», 2003. – С. 23-36. 7. Патент України на корисну модель, u2016 01243 МПК E04C 5/02 (2006.01) МПК E04C 2/06 (2006.01). Пролiтний газобетонний елемент з гнучкою органiчною арматурою / Фамуляк Ю.Є.; заявн. i патентовласник Львiвський нац. аграр. ун-т – №109048, заявл. 12.02. 2016; опубл. 10.08.2016. Бюл. № 15.