

УДК 691.175

**ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИТНОЇ
АРМАТУРИ В ЗГИНАЛЬНИХ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТАХ**

**SPECIAL ASPECTS OF THE COMPOSITE ARMATURE
USING IN THE BENDING CONCRETE ELEMENTS**

**Валовой О.І., к.т.н., проф., Попруга Д.В., к.т.н., доц., Чорна К.В.,
аспірант (ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий
Рір)**

**Valovoi O.I., D.Eng., Prof., Popruga D.V., D.Eng., Associate Prof.,
Chorna K.V., postgraduate student (SIHE"Kryvyi Rih National
University", Kryvyi Rih)**

В статті наведено аналіз експериментальних досліджень роботи згинальних бетонних конструкцій армованих композитною арматурою. Додаткового вивчення потребує робота композитобетонних конструкцій за другою групою граничних станів. Також є необхідність в удосконаленні існуючої методики розрахунку подібних конструкцій.

The experimental research of the work of the bending concrete structures reinforced with the composite armature is analyzed in the article.

The bearing power of the concrete beams reinforced with the basalt-and-plastic armature is similar to the beams reinforced with the steel armature. The special aspects refer to the crack resistance for the concrete beams reinforced with the basalt-and-plastic armature. The width of the cracks' opening of the basalt structures is larger than the ferroconcrete ones.

It is stated that the durability of the standard cross-sections of the beams reinforced with fiberglass armature is 13-22% lower and deformability is 2,5 times higher in comparison with the typical concrete.

The further research is required concerning the work of the composite-concrete structures in the second group of the critical modes. Specifically, it is necessary to work out the measures to increase the crack resistance and to decrease the deformability. The existing calculation base overestimates the bearing power of the standard cross-sections of the beams with the composite armature considerably. It requires improving the calculation normative methods.

Ключові слова: композит, арматура, міцність, деформативність.

Key words: composite, armature, durability, deformability.

Все більшої популярності набуває використання неметалевої композитної арматури. Фізико-механічні властивості композиту дозволяють частково або повністю замінити сталеву арматуру. Завдяки цьому можливо значно полегшити виріб і зменшити його вартість. Однією з основних переваг цього матеріалу є висока корозійна стійкість, що дає змогу збільшити період експлуатації бетонних конструкцій, які піддаються впливу агресивного середовища [1].

Композитну арматуру використовують при реконструкції будівель і споруд, в дорожньому будівництві, в будівлях і спорудах медичного призначення, при виготовленні виробів сантехнічного призначення та інше. В сучасній практиці композитна арматура найбільш широко застосовується в США, Канаді, Японії, Німеччині, Італії, де розроблені відповідні нормативні документи з проектування і застосування такої арматури.

Незважаючи на відносно нетривалий час використання композитів в Україні, в державі вже освоєно виробництво склопластикової і базальтопластикової арматури, що відповідає необхідним технічним умовам [2, 3]. Також розроблено нормативний документ з проектування та виготовлення бетонних конструкцій армованих композитною арматурою [4].

Останнім часом науковцями активно досліджуються фізико-механічні властивості композитної арматури та можливості її використання в різних будівельних конструкціях. Особлива увага приділяється експериментально–теоретичним дослідженням використання композитної арматури в згинальних бетонних елементах при дії різних режимів навантаження.

Вирішенню вказаної проблеми присвятили свої роботи: Ю.А. Климов, О.С. Солдатченко, П.М. Коваль, О.Я. Гримак, І.П. Гамеляк, В.С. Дорофєєв, М.В. Заволока, Д.Р. Маїлян, П.П. Польской, А.Я. Мурін, В.В. Малиха та інші. Однак особливості роботи композитів у складі бетонних елементів досі залишаються недостатньо вивченими, а дослідження напружено-деформованого стану композитобетонних конструкцій є особливо актуальним завданням на сьогоднішній день.

Перед авторами стоять наступні завдання:

- проаналізувати наявні нормативні і науково-дослідні матеріали з вказаної тематики;

- встановити передумови використання композитної арматури в згинальних бетонних елементах.

Проведення аналітичного аналізу існуючих наукових матеріалів і публікацій з даної тематики, порівняння зазначених результатів досліджень та узагальнення висновків.

Дослідження роботи базальтової арматури в згинальних бетонних конструкціях наведено в роботі Коваля П.М. і Гримака О.Я. [5].

Згідно програми дослідження були виготовлені балки поперечного перерізу 100×200 мм і довжиною 2100 мм (рис.1), які виготовлялися із бетону класу В40. Каркаси балок складаються з одного стержня робочої арматури діаметру 4; 6; 8; 10; 12 та 13 мм базальтопластикової арматури (АНПБ) довжиною 2100 мм. В крайніх третинах прольоту було забезпечено поперечне армування арматурою $\varnothing 6$ мм класу А-І довжиною 180 мм. Крок поперечних стержнів становив 100 мм, загальна кількість стержнів поперечної арматури – 16 шт. Верхнє армування виконане стержнями $\varnothing 6$ мм класу А-І довжиною 730 мм в крайніх третинах прольоту. Коефіцієнт армування поперечного перерізу конструкцій становить 0,00073; 0,00158; 0,00286; 0,00446; 0,00649; 0,0077.

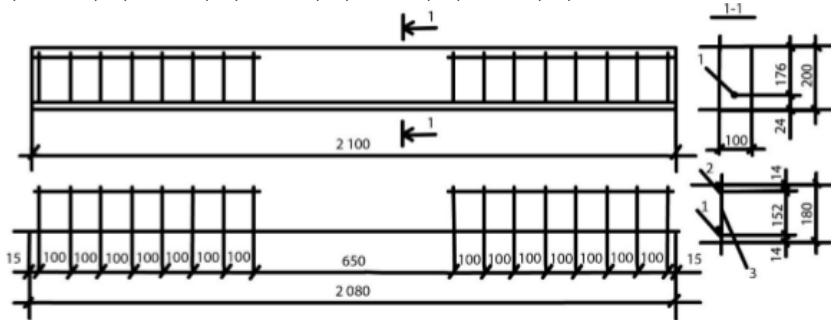


Рис. 1. Конструкція базальтобетонних балок [5]:
1 - $1\varnothing(4; 6; 8; 10; 12; 13)$ АНПБ; 2 - $2\varnothing 6A-1$; 3 - $16\varnothing 6A-1$

Базальтобетонні балки випробовувались у віці 140-200 діб за схемою чистого згину (рис.2). Випробування здійснювали на силовому стенді двома зосередженими силами, прикладеними в третинах прольоту. Навантаження здійснювали 12-ти тонним гідравлічним домкратом.

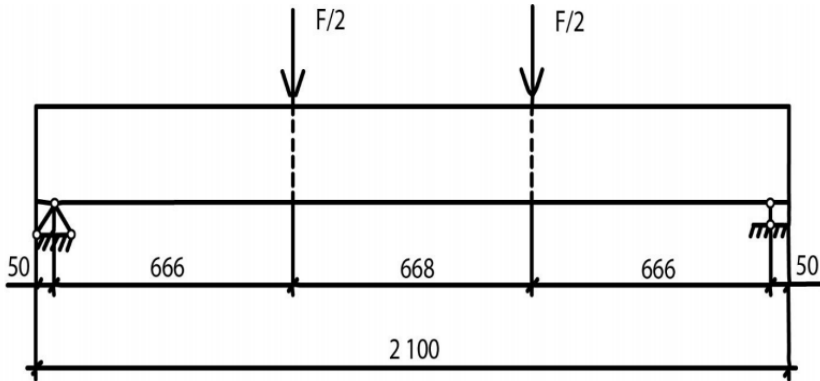


Рис.2. Схема випробування базальтобетонних балок [5]

При випробуванні базальтобетонних балок в залежності від коефіцієнта армування отримані різні види руйнування: при 0,00073 – розрив арматури, при 0,00158; 0,00286; 0,00446 – розрив арматури і роздроблення стиснутої зони бетону, при 0,00649 і 0,0077 – роздроблення стиснутої зони бетону.

За своєю несучою здатністю бетонні балки, армовані базальтопластиковою арматурою, близькі до балок армованих сталеву арматурою (табл. 2, [5]). Прогини дослідних балок із базальтопластиковою арматурою відповідають вимогам до прогинів елементів із сталеву арматурою (рис. 3, 4, [5]). Суттєві особливості має тріщиностійкість базальтобетонних конструкцій, ширина розкриття тріщин у них більша ніж у залізобетонних. Саме тому додаткового дослідження потребують заходи щодо підвищення тріщиностійкості базальтобетонних конструкцій.

Використання склопластикової арматури в згинальних бетонних конструкціях наведено в роботі [6].

Хішмах М., Маїлян Д.Р., Польской П.П. і Блягоз А.М. в своїй роботі наводять перші результати досліджень з міцності та деформативності дослідних зразків в яких металева арматура, що розміщена в один ряд, замінена на склопластикову або комбіновану. При цьому балки, що армовані лише металевою арматурою, прийняті еталонними.

Дослідні зразки були виготовлені з важкого бетону класу В30 на цементі марки 500. В якості крупного заповнювача

використовували щебінь фракції 10-25 мм, а в якості дрібного – кварцовий пісок.

Всі дослідні зразки довжиною 2000 мм мали однакову прямокутну форму перерізом 125×250 мм.

Конструкція дослідних балок та схема їх випробувань наведені на рис. 3. Балки випробовувались у віці 10-11 місяців та навантажувались двома зосередженими силами прикладеними в третинах розрахункового прольоту балок, що дорівнює 160 см. Випробування до руйнування виконувались ступінчато-висхідним навантаженням.

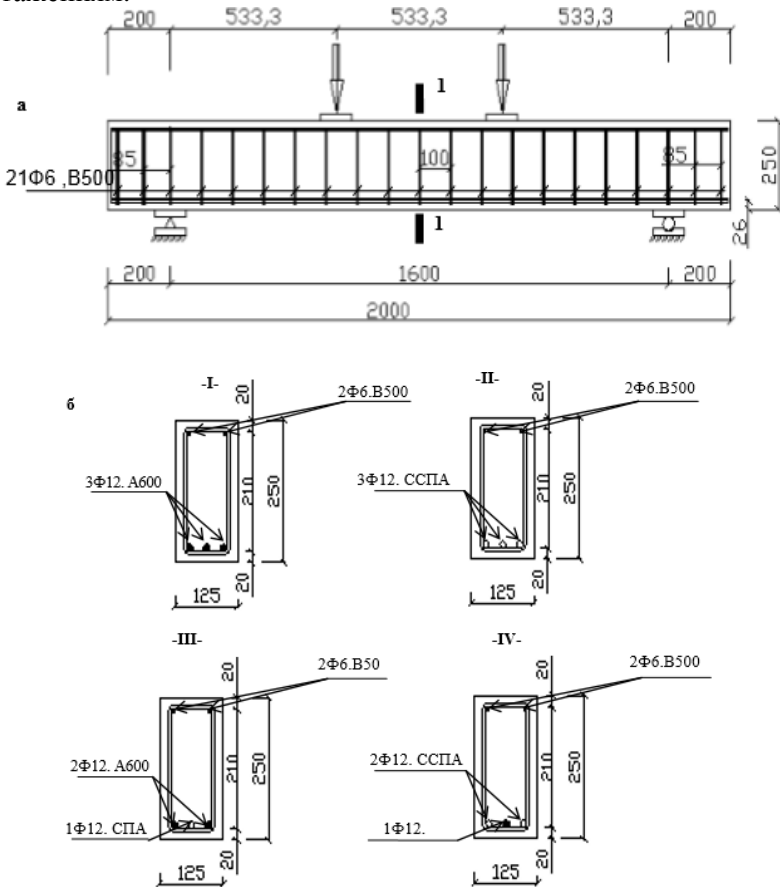


Рис. 3. Схема випробувань та армування дослідних зразків [6]: а – повздовжній розріз дослідних балок, б – поперечні перерізи дослідних зразків по серіям I, II, III, IV

На основі прямого зіставлення міцності і деформативності дослідних зразків зроблені наступні висновки:

- армування балок з важкого бетону класу В30 склопластиковою арматурою, яка в порівнянні зі сталлю в два рази міцніша, але має в 3,64 рази менший модуль пружності, призводить до зниження несучої здатності нормальних перерізів згинальних елементів;

- несуча здатність балок з комбінованим армуванням знижується при поступовому заміщенні сталеві арматури на склопластикову. Однак, при вмісті сталеві арматури менше 30 % комбіноване армування стає менш ефективним за міцністю в порівнянні з повним композитним армуванням;

- існуючий розрахунковий апарат вимагає серйозного коригування, тому що завищує теоретичну міцність нормальних перерізів пропорційно відсотку заміщення сталеві арматури на склопластикову. При повній відсутності сталеві арматури розрахункова міцність перевищує експериментальну в 1,66 рази;

- прогини дослідних зразків при заміні сталеві арматури на композитну, більш ніж в 2,5 рази перевищують прогини еталонних залізобетонних балок у всьому діапазоні навантажень;

- деформації балок з комбінованим армуванням знаходяться в прямій залежності від відсотка композитної арматури. Кількість склопластикові арматури, що становить менше 1/3 загальної площі арматури, незначно впливає на збільшення прогинів. При зростанні відсотка композитного армування прогини балок різко збільшуються;

- домінуючим фактором при визначенні несучої здатності нормальних перерізів балок є не міцність склопластикові арматури, а більш низький ніж у сталі модуль пружності, що має знайти відображення при розрахунку композитоармованих балок за другою групою граничних станів.

За своєю несучою здатністю бетонні балки, армовані базальтопластиковою арматурою, близькі до балок армованих сталеві арматурою. Прогини дослідних балок із базальтопластиковою арматурою відповідають вимогам до прогинів елементів із сталеві арматурою.

Суттєві особливості має тріщиностійкість базальтобетонних конструкцій, ширина розкриття тріщин у них більша ніж у залізобетонних [5].

Встановлено, що міцність нормальних перерізів балок армованих склопластиковою арматурою на 13-22 % нижча, а деформативність більш ніж у 2,5 рази вища в порівнянні зі звичайним залізобетоном [6].

Додаткового вивчення потребує робота композитобетонних конструкцій за другою групою граничних станів, а саме розробка заходів щодо підвищення їх тріщиностійкості та зниження деформативності. Існуюча розрахункова база значно завищує несучу здатність нормальних перерізів балок з композитною арматурою, що потребує вдосконалення розрахункової нормативної методики.

1. Попруга Д. В. Використання склопластикової композитної арматури в згинальних елементах виготовлених з бетонів на відходах гірничо-збагачувальних комбінатів / Д.В. Попруга, О.І. Валовой // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: КНУ, 2017. – Випуск 44. – С. 147-150.

2. ТУ У В.2.7-25.2-34323267-001:2009 Арматура неметалева композитна базальтова періодичного профілю. Технічні умови.

3. ТУ У В.2.7-25.2-21191464-024:2011 Арматура композитна «Екібар» для армування конструкцій з бетону. Технічні умови.

4. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу : ДСТУ-Н В.2.6-185:2012. - [Чинний від 2013-04-01]. - Київ: Мінрегіон України, 2012. - 28 с. - (Нац. стандарт України).

5. Коваль П. М. Перспективи використання базальтобетонних конструкцій в будівництві / П. М. Коваль, О.Я. Гримак // Наукові нотатки. – 2014. – Випуск 46. – С. 262-269. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nn_2014_46_44.

6. Хишмах М. Прочность и деформативность изгибаемых элементов из тяжёлого бетона, армированных стеклопластиковой и стальной арматурой / М. Хишмах, Д.Р. Маилян, П.П. Польской, А.М. Блягоз // Новые технологи. – Майкоп: МГТУ, 2012. – Выпуск 4.- С.147-152.