

Ю.А. Климов, О.С. Солдатченко, Д.О. Орішкин *
Київський національний університет будівництва і архітектури,
*ТОВ Технологічна група “Екіпаж”, м. Харків

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ КОМПОЗИТНОЇ НЕМЕТАЛЕВОЇ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ

© Климов Ю.А., Солдатченко О.С., Орішкин Д.О., 2010

Наведено результати експериментальних досліджень зчеплення композитної склопластикової і базальтопластикової арматури з бетоном і порівняння отриманих даних з відповідними вимогами для зчеплення сталеві арматури періодичного профілю.

Ключові слова: агресивне середовище, композитна арматура, скловолоконна арматура, базальтоволоконна арматура, ровінг, пултрузія.

In the articles described experimental researches of bond of glass and basalt fiber reinforcement polymer armature made by the method of pultrusion and comparison of findings results with requirements for the steel armature of periodic section.

Keywords: composite armature, glass fiber armature, basalt fiber armature, roving, pultrusion.

Постановка проблеми. У сучасній світовій практиці, поряд з традиційною металевою арматурою, все ширше застосовується композитна неметалева, яка використовується в конструкціях, що експлуатуються в умовах агресивного середовища.

Композитна арматура являє собою матеріал, який складається з основи у вигляді базальтового або скляного ровінга (з'єднані в пучок тонкі волокна діаметром 14...16 мк) і зв'язуючої термоактивної синтетичної смоли (пластику). Композитна арматура виготовляється методом пултрузії – протяганням змашених зв'язуючим армувальних волокон через нагріту формоутворювальну фільтру або методом нідтрузії – без застосування фільтри. Періодичний профіль поперечного перерізу формується вдавлюванням обмотувального джгута в несучий стержень або спіральною обмоткою уступами несучого стержня обмотувальним джгутом. Тимчасовий опір композитної арматури, залежно від виду ровінгу, базальтового або скляного, становить відповідно 750...1200 МПа і 600...800 МПа, модуль пружності – 40...43 ГПа, щільність – 2,03 т/м³.

Нещодавно в Україні освоєно виробництво неметалевої композитної арматури на основі базальтового і скляного ровінгу – базальтопластикової і склопластикової. Для застосування композитної арматури в будівництві необхідні цілеспрямовані експериментальні дослідження від зчеплення з бетоном до міцності, жорсткості і тріщиностійкості конструкцій з композитною арматурою.

Ця робота є першим кроком таких досліджень, в ній експериментально вивчається зчеплення композитної арматури з бетоном.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У світовій практиці основним методом оцінювання зчеплення арматури з бетоном є балковий метод RILEM/CEB/FIP [1], який передбачає випробування спеціальних зразків бетонної балки на згин.

Балка складається з двох половинок, з'єднаних у розтягнутій зоні випробувальним арматурним стержнем, а в стиснутій зоні шарніром у вигляді двох закладних деталей і сталевим циліндром між ними. Випробувальний арматурний стержень на середині кожної з половинок має зчеплення з бетоном довжиною 10d (d – діаметр стержня), а на інших ділянках розташований у спеціальних трубках, які виключають його зчеплення з бетоном.

Як критерій відповідності зчеплення з бетоном вимогам проектування, зокрема EN 1992-1-1 [2] для сталевій арматури, при випробуваннях за балковим методом RILEM/CEB/FIP [1] приймаються такі умови:

$$\tau_m \geq 0,098(80 - 1,2d) \quad (1)$$

$$\tau_r \geq 0,098(130 - 1,9d) \quad (2)$$

де τ_m – середнє значення дотичних напружень в МПа зчеплення при зсуві вільного кінця стержня на 0,001 мм, 0,1 мм і 1 мм за результатами випробувань; τ_r – дотичні напруження при руйнуванні (висмикуванні); d – діаметр стержня, мм.

Формулювання цілі статті. Мета експериментальних досліджень полягала у визначенні параметрів зчеплення композитної базальтопластикової і склопластикової арматури з бетоном і порівняння отриманих даних з вимогами (1), (2) до сталевій арматури для армування залізобетонних конструкцій.

Експериментальні дослідження передбачали випробування на зчеплення композитної базальтопластикової і склопластикової арматури з бетоном за балковим методом RILEM/CEB/FIP [1].

Дослідними зразками для випробувань були прийняті стержні склопластикової арматури діаметром 8 мм, 12 мм і базальтопластикової арматури діаметром 8 мм, 10 мм і 12 мм.

Композитна арматура була виготовлена методом пултрузії, загальний вигляд зразків арматури наведений на рис. 1.

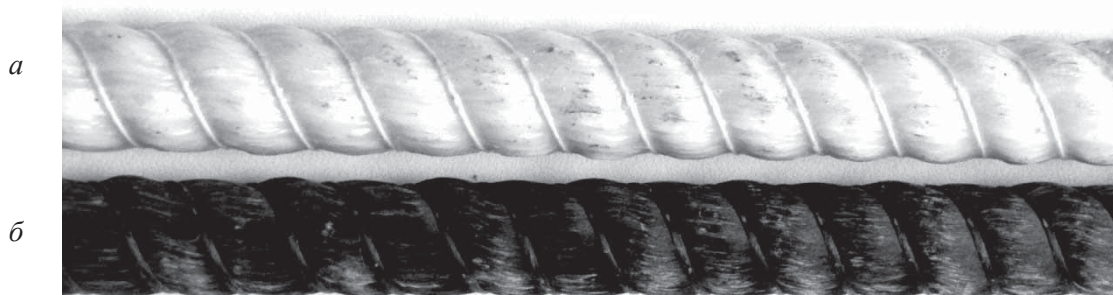


Рис. 1. Загальний вигляд зразків склопластикової (а), базальтопластикової (б) арматури

Виклад основного матеріалу. Дослідні зразки (балки) для випробувань мали прямокутний поперечний переріз 120x220 мм, повну довжину – 1230 мм, довжину половинок – 600 мм, зазор між половинками балки – 30 мм (див. рис. 2). Плече внутрішньої пари (відстань від осі випробувального стержня до осі циліндра в стиснутій зоні) становило 167 мм (див. рис. 2). На ділянках без зчеплення випробувальний стержень містився у пластикових трубках. Конструкція балок наведена на рис. 2. Загалом випробувалось по 5 балок-близнюків кожного з діаметрів склопластикової і базальтопластикової арматури.

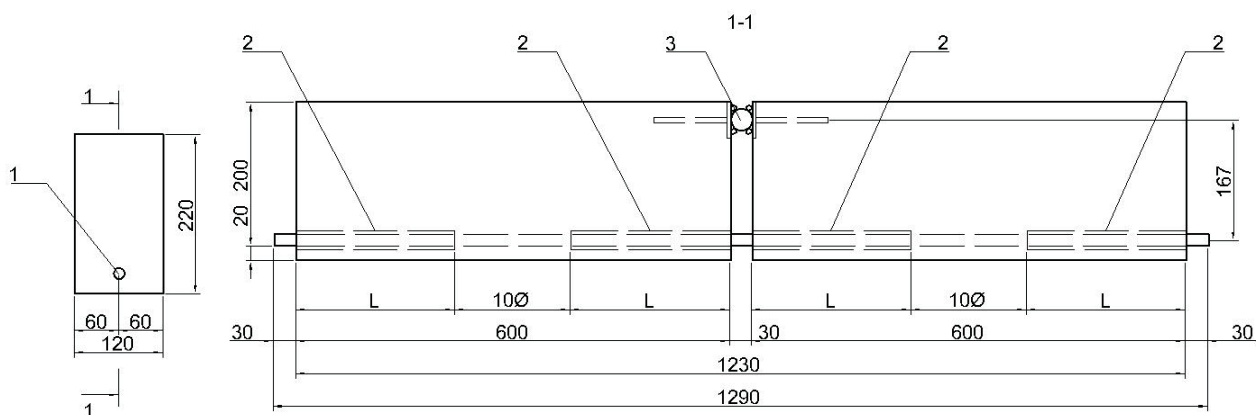


Рис. 2. Конструкція випробувальних зразків:

1 – композитна арматура; 2 – пластикова трубка; 3 – сталевий циліндр

Балки випробувались двома зосередженими силами. В процесі випробувань вимірюються переміщення розташованих на торці балок вільного кінця дослідного стержня. Схема випробувань балок наведена на рис. 3.

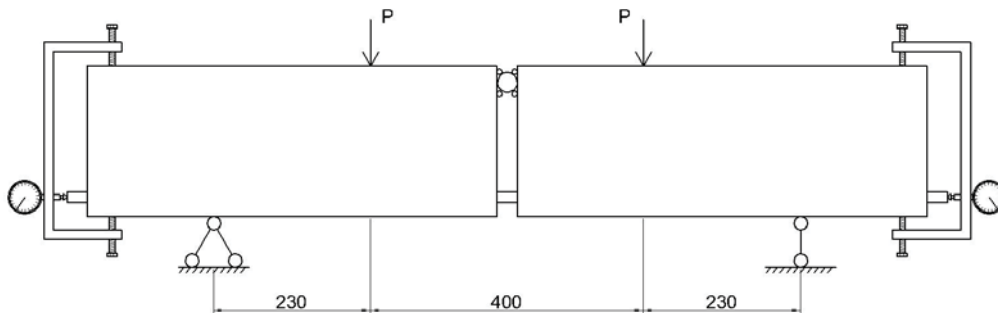


Рис. 3. Схема випробувань дослідних зразків

Дотичні напруження зчеплення з бетоном на довжині $10d$ обчислювалися у функції осьового зусилля в стержні всередині балки, яке визначалося за формулою:

$$N_s = \frac{M}{z}, \quad (3)$$

де M – згинальний момент у перерізі, що розділяє балку на половинки; z – плече внутрішньої пари у перерізі, що розділяє балку на дві половинки, яке дорівнює відстані від осі випробувального стержня до осі циліндра в стиснутій зоні.

Дотичні напруження між випробувальним арматурним стержнем і бетоном обчислювалися за формулою:

$$\tau = \frac{N_s}{A_s \cdot l}, \quad (4)$$

де A_s – фактична площа поперечного перерізу арматурного стержня; l – довжина анкерування арматурного стержня в бетоні, яка дорівнювала $10d$.

Дослідні зразки виготовлялися з бетону класу В30 з фракцією крупного заповнювача 10–20 мм. Тужавлення зразків відбувалось в нормальних умовах, розпалублювання здійснювали на 3–4 добу після бетонування. Для контролю міцності бетону на стиск (класу бетону) виготовляли зразки – куби з розмірами 100x100x100 мм.

Випробування зразків (балок і кубів) здійснювали у віці 30–38 діб.

Завантаження зразків здійснювалося ступенями по 0.1 від передбачуваного граничного навантаження висмикування арматурного стержня з бетону. Величина навантаження контролювалась зразковим динамометром з індикатором годинникового типу. Зсув вільних кінців випробувального арматурного стержня вимірювали індикатором годинникового типу з границею вимірювання 1 мм і точністю 0,001 мм. На кожному ступені навантаження витримувалося 15 секунд, під час яких знімали показання індикаторів.

Середні дані результатів виконаних експериментальних досліджень по п'яти зразках-балках кожного діаметра і типу арматури наведені в табл. 1 і на рис. 4–7 у вигляді:

- середніх значень дослідних дотичних напружень τ_m , τ_r і нормованих за (1) і (2) (див. табл. 1);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень – деформацій зсуву для композитної склопластикової арматури діаметром 8, 12 мм (див. рис. 4);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень – деформацій зсуву для композитної базальтопластикової арматури діаметром 8, 10, 12 мм (див. рис. 5);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень – деформацій зсуву для композитної склопластикової і базальтопластикової арматури діаметром 8 мм (див. рис. 6);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень – деформацій зсуву для композитної склопластикової і базальтопластикової арматури діаметром 12 мм (див. рис. 7);

Результати експериментальних досліджень

№ з/п	Діаметр зразка, мм	Тип волокна основи	Середні дослідні значення дотичних напружень, МПа		Нормовані значення дотичних напружень за (1) і (2), МПа	
			τ_m	τ_r	τ_m	τ_r
1	8	Скло	16,00	23,15	6,90	11,25
2		Базальт	18,02	25,84	6,90	11,25
3	10	Базальт	13,84	21,55	6,66	10,88
4	12	Скло	11,54	17,30	6,43	10,51
5		Базальт	13,34	18,08	6,43	10,51

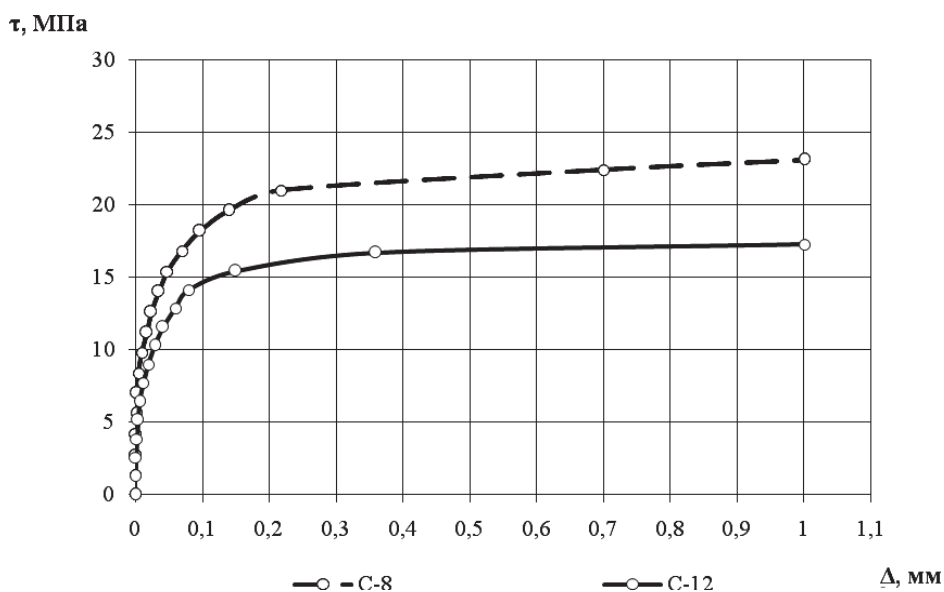


Рис. 4. Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для скловолоконної арматури діаметрами 8, 12 мм

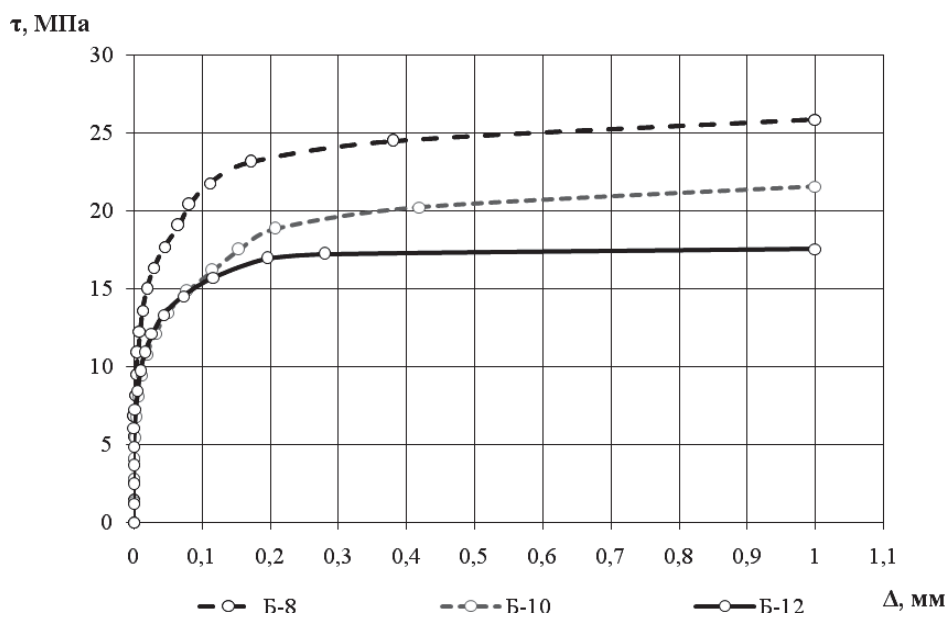


Рис. 5. Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для базальтоволоконної арматури діаметрами 8, 10, 12 мм

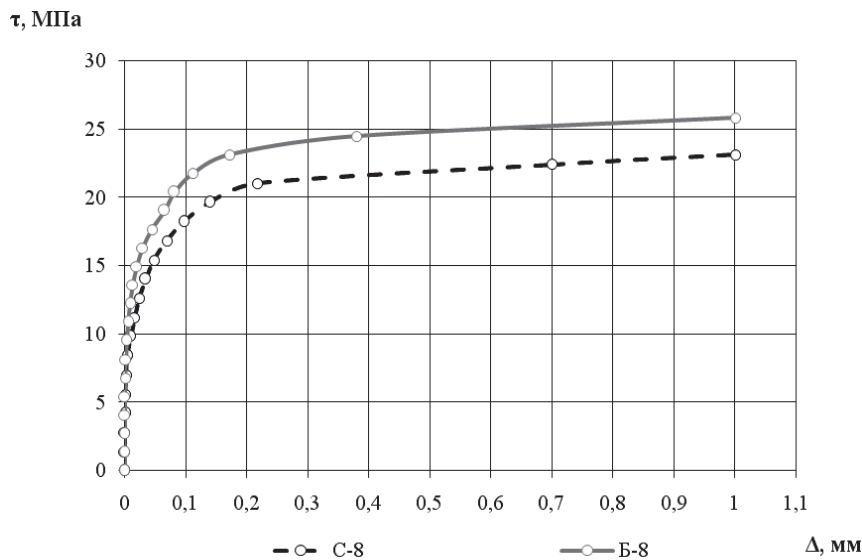


Рис. 6. Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для скловолоконної і базальтоволоконної арматури діаметром 8 мм

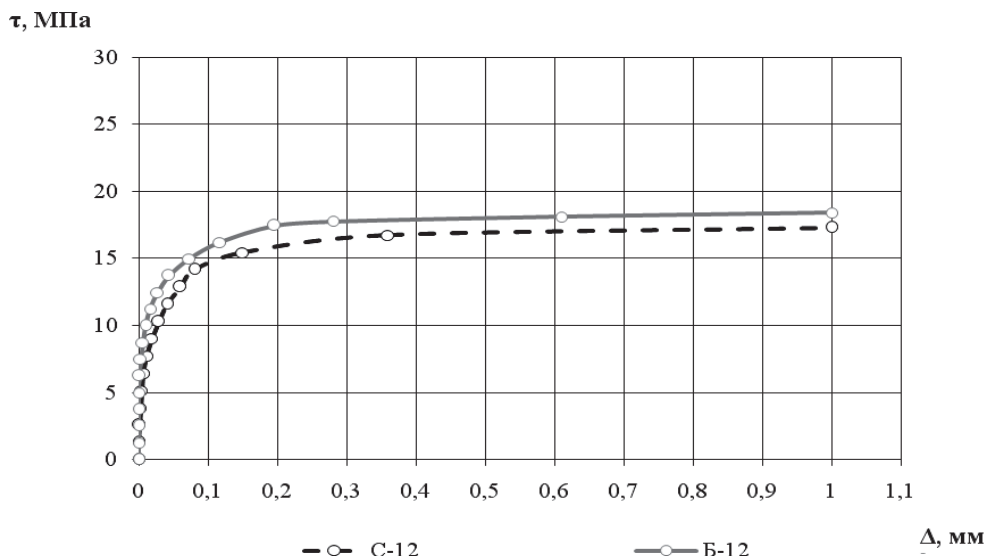


Рис. 7. Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для скловолоконної і базальтоволоконної арматури діаметром 12 мм

Висновки

1. Загальний вигляд кривих залежностей дотичних напружень-деформацій зсуву для композитної базальтопластикової і склопластикової арматури періодичного профілю, виготовленого методом пултрузії (див. рис. 4–7), відповідає аналогічним кривим для сталевій арматури традиційного періодичного (серпоподібного) профілю.

2. Отримані контрольовані дослідні значення дотичних напружень τ_m , τ_r (див. табл. 1) для композитної склопластикової і базальтопластикової арматури задовольняють вимоги EN 1992-1-1 [2] до профілю арматури, яка застосовується для армування бетонних конструкцій.

3. Параметри зчеплення з бетоном композитної базальтопластикової і склопластикової арматури, отриманої методом пултрузії, за інших однакових умов близькі (див. рис. 7), що дає змогу використовувати для розрахунку анкерування цієї арматури в бетоні спільні залежності.

4. Враховуючи вищенаведене, для розрахунку анкерування в бетоні композитної базальтопластикової і склопластикової арматури періодичного профілю, отриманої методом пултрузії, можуть бути застосовані залежності для сталевій арматури періодичного (серпоподібного) профілю.

1. RILEM/CEB/FIP Recommendations RC 5: Bond test for reinforcing steel, 1. Beam Test, 1978.
2. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures General rules and rules for building.