

Климов Ю.А., Солдатченко О.С.
Київський національний університет будівництва і архітектури
м. Київ, Україна

Орішкин Д.О.
ТОВ Технологічна група «Екіпаж»
м. Харків, Україна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗЧЕПЛЕННЯ КОМПОЗИТНОЇ НЕМЕТАЛЕВОЇ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ

© *Климов Ю.А., Солдатченко О.С., Орішкин Д.О., 2012*

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.

В статті наведені результати експериментальних досліджень зчеплення композитної склопластикової і базальтопластикової арматури з бетоном і співставлення отриманих даних з відповідними вимогами для зчеплення сталеві арматури періодичного профілю.

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

Постановка проблеми

В сучасній світовій практиці поряд с традиційною металевою арматурою все більш широке застосування знаходить композитна неметалева, яка застосовується в конструкціях, що експлуатуються в умовах агресивного середовища.

Композитна арматура представляє 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 термореактивної синтетичної смоли (пластика). Композитна арматура виготовляється методом пултрузії - протяжкою змачених зв'язуючим армуючих волокон через нагріту формують фільтру або методом нідлтрузії – без застосування фільтру. При цьому періодичний профіль поперечного перерізу формується шляхом вдавлювання обмотувального джгута в несучий стержень, або шляхом спіральної обмотки уступами несучого стержня обмотувальним джгутом. Тимчасовий опір композитної арматури, в залежності від виду ровінгу, базальтового або скляного, складає відповідно 750...1200 МПа і 600...800 МПа, модуль пружності – 40...43 ГПа, щільність – 2,03 т/м³.

В останні роки в Україні освоєно виробництво неметалевої композитної арматури на основі базальтового і скляного ровінга – базальтопластикової і склопластикової. Для застосування композитної арматури в будівництві необхідно проведення цілеспрямованих експериментальних досліджень від зчеплення с бетоном до міцності, жорсткості і тріщиностійкості конструкцій з композитною арматурою.

Ця робота є першим кроком таких досліджень і присвячена експериментальному вивченню зчеплення композитної арматури з бетоном.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

В існуючій світовій практиці основним методом оцінювання зчеплення арматури з бетоном є балочний метод RILEM/CEB/FIP [1], який передбачає випробування спеціальних зразків бетонної балки на згин.

Балка складається з двох половинок, з'єднаних між собою в розтягнутій зоні випробувальним арматурним стержнем, а в стиснутій зоні шарніром у вигляді дох 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.

В якості критерію відповідності зчеплення з бетоном вимогам проектування, зокрема EN 1992-1-1 [2] для сталевих арматур, при випробуваннях за балочним 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 руйнування (висмикуванні);

d – діаметр стержня в мм.

Формулювання цілі статті

Ціль експериментальних досліджень полягала у визначенні параметрів зчеплення композитної базальтопластикової і склопластикової арматури з бетоном і співставлення отриманих даних з вимогами (1), (2) до сталевих арматур для армування залізобетонних конструкцій.

Проведені експериментальні дослідження включали до себе випробування на зчеплення композитної базальтопластикової і склопластикової арматури з бетоном за балочним методом RILEM/CEB/FIP [1].

У якості дослідних зразків для проведення 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

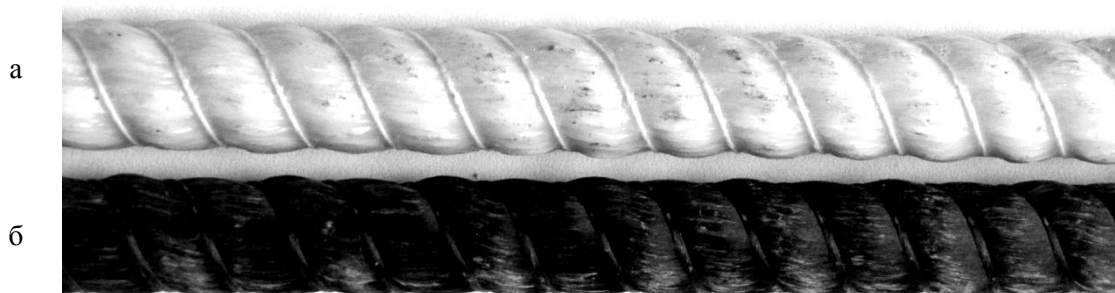


Рис.1 Загальний вигляд зразків склопластикової (а) базальтопластикової (б) арматури.

Виклад основного матеріалу

Дослідні зразки (балки) для проведення випробувань мали прямокутний поперечний переріз 120×220 мм, повну довжину – 1230 мм, довжина 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) складало 167 мм (див. рис. 2). На ділянках без зчеплення випробувальний стержень знаходився в пластикових трубках. Конструкція балок наведена на рис.2. Всього випробувалось по 5 балок-близнюків кожного з діаметрів склопластикової і базальтопластикової арматури.

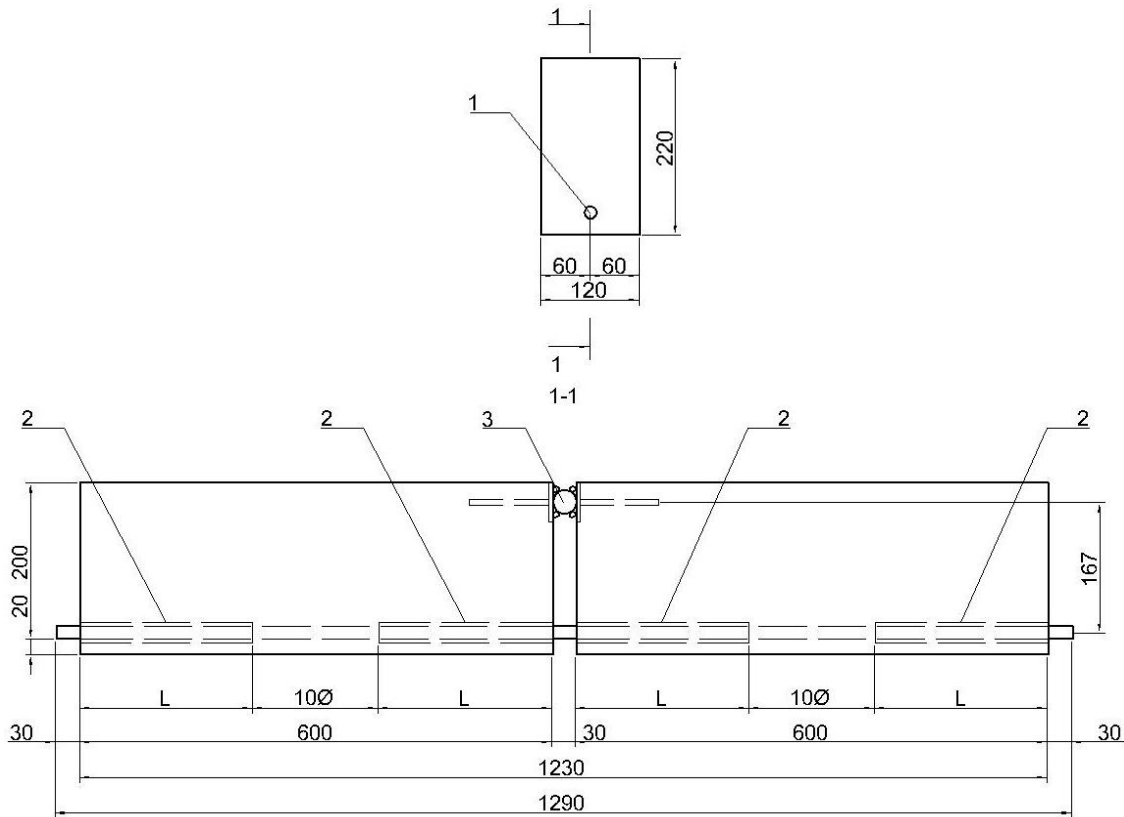


Рис.2 Конструкція випробувальних зразків.

- 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.

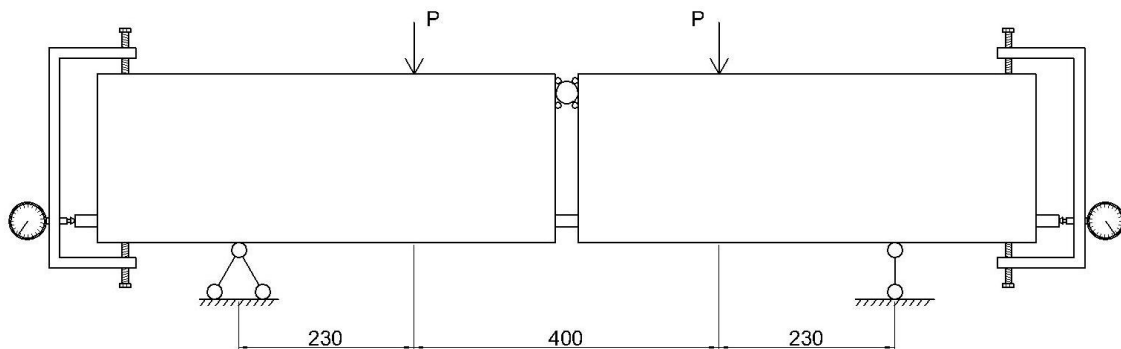


Рис.3 Схема випробувань дослідних зразків

Дотичні напруження зчеплення с бетоном на довжині 10d обчислювалися у функції осевого зусилля в стержні в середині балки, яке визначалося за формулою:

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

де

M – згинальний момент в січненні, що розділяє балку на половинки;

z – плече внутрішньої пари в січненні, розділяю чому 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 анкетування арматурного стержня в бетоні, яка дорівнювала 10d.

Дослідні зразки виготовлялися з бетону класу В30 с фракцією крупного заповнювача 10-20 мм. Тужавлення зразків відбувалось в нормальних умовах, розопалублювання проводилось на 3-4 добу після бетонування. Для контролю міцності бетону на стиск (класу бетону) виготовлювалися зразки кубу з розмірами 100x100x100 мм.

Випробування зразків (балок і кубів) проводилось в віці 30-38 діб.

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

Середні данні результатів проведених експериментальних досліджень по п'яти зразкам-балках кожного діаметру 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 (см. рис.4);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень – деформацій зсуву для композитної базальтопластикової арматури діаметром 8, 10, 12 мм (см. рис.5);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень – деформацій зсуву для композитної склопластикової і базальтопластикової арматури діаметром 8мм (см. рис.6);
- графіків середніх залежностей дотичних напружень – деформацій зсуву для композитної склопластикової і базальтопластикової арматури діаметром 12мм (см. рис.7);

Таблиця 1

№ п/п	Діаметр зразка, мм	Тип волокна основи	Середні дослідні значення дотичних напружень, МПа		Нормовані значення дотичних напружень по (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

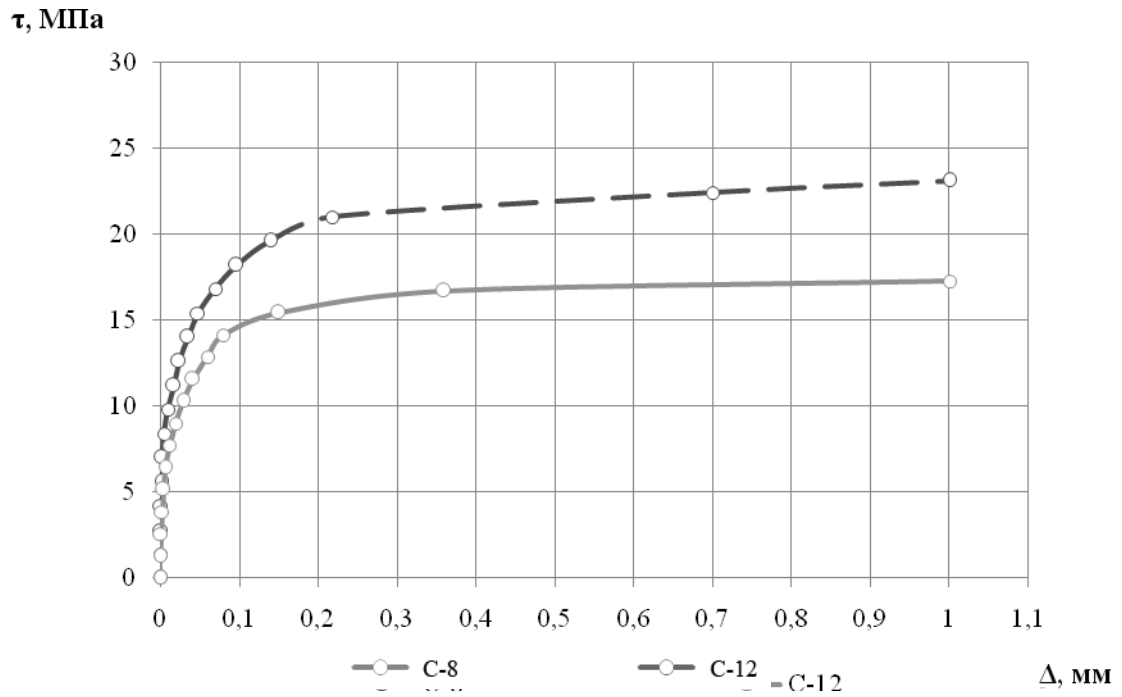


Рис.4 Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для скловолоконної арматури діаметрами 8, 12 мм.

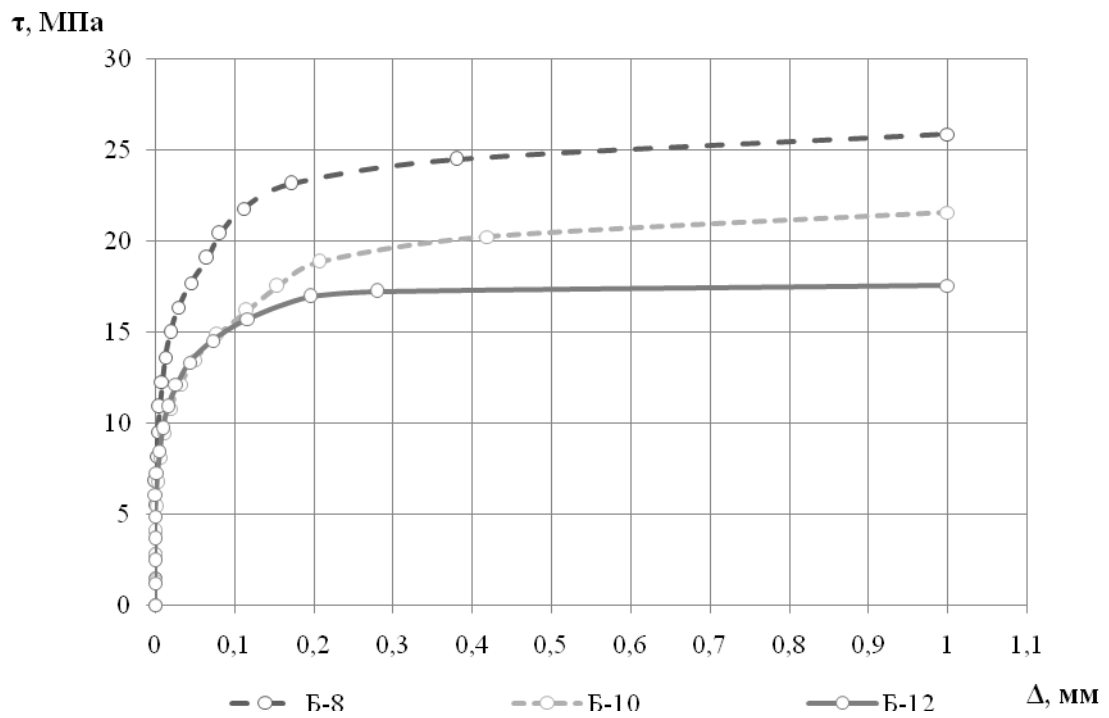


Рис.5 Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для базатоволоконної арматури діаметрами 8, 10, 12 мм.

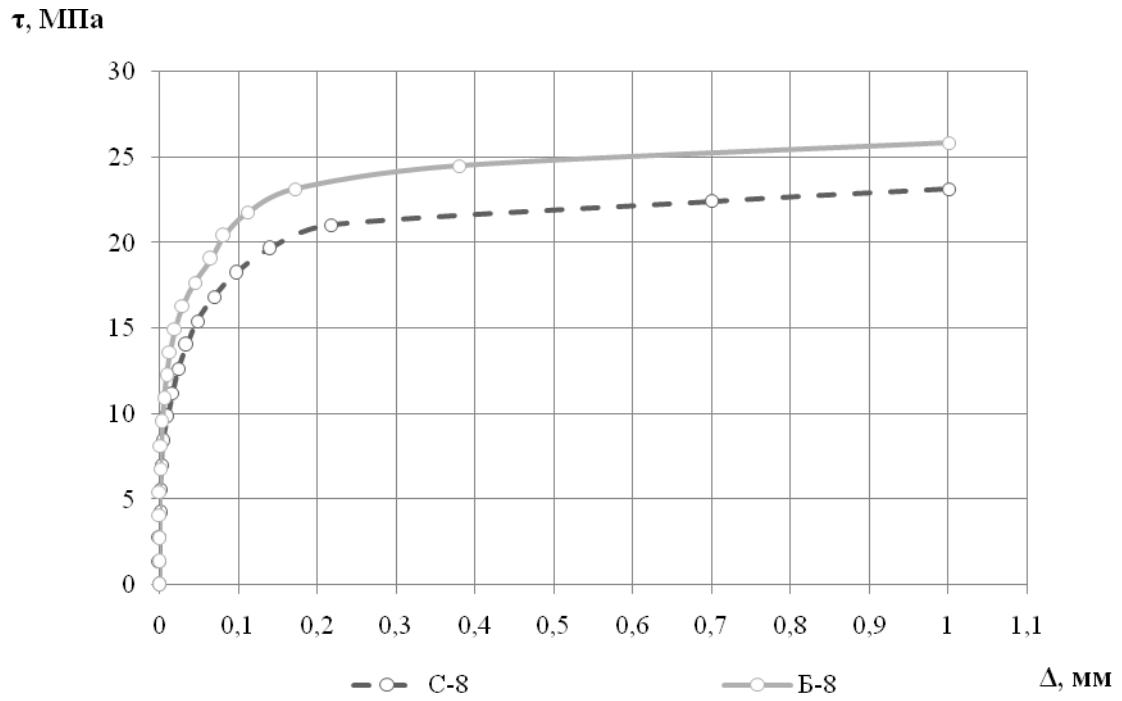


Рис.6 Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для скло волоконної і базальтвоволоконної арматури діаметром 8 мм.

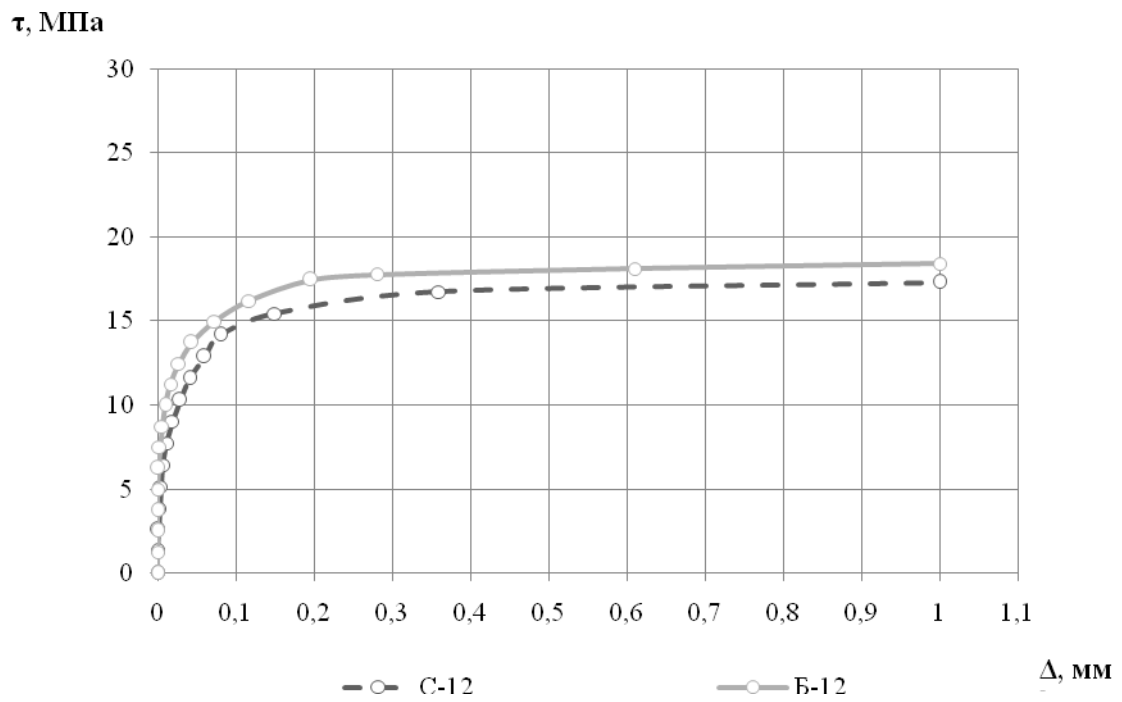


Рис.6 Залежність дотичних напружень-деформацій зсуву для скло волоконної і базальтвоволоконної арматури діаметром 12 мм.

Висновки

1. Загальний вигляд кривих залежностей дотичних напружень-деформацій зсуву для композитної базальтопластикової і склопластикової арматури періодичного профілю, виготовленого методом пултрузії (см. рис.4-7), відповідає аналогічним кривим для сталевій арматури традиційного періодичного (серповидного) профілю.
2. Отримані контрольовані дослідні значення дотичних напружень τ_m , τ_r (см. табл.1) для композитної склопластикової і базальтопластикової арматури задовольняють вимогам 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, при інших рівних, умовах близькі (см. рис.17), що дозволяє використовувати для розрахунку анкетування 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 (серповидного) профілю.

Список використаної літератури:

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