

УДК 624.012.25

**ЗАЛЕЖНІСТЬ МІЦНОСТІ ЗЧЕПЛЕННЯ ПІНОБЕТОНУ З
КОМПОЗИТНОЮ СКЛОПЛАСТИКОВОЮ АРМАТУРОЮ
ВІД ДОВЖИНИ АНКЕРУВАННЯ**

**GRIP STRENGTH DEPENDENCE FOAM CONCRETE
WITH COMPOSITE FIBERGLASS ANCHORING THE LENGTH
OF ARMATURE**

Чапюк О.С., к.т.н, доц. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Філіпчук С.В., к.т.н., доц. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), Караван Б.В., (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), Гришкова А.В., асп. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Chapiuk O.S., Ph.D., assoc. (Lutsk national technical university, Lutsk), Filipchuk S.V., Ph.D. (National university of water management and nature resources use, Rivne), Karavan B.V. (National university of water management and nature resources use, Rivne), Grishkova A.V., asp. (Lutsk national technical university, Lutsk)

Наведені результати експериментальних досліджень зчеплення композитної склопластикової арматури з пінобетоном. Проведено детальний аналіз зчеплення арматурного стержня з бетонною призмою залежно від довжини анкерування.

The experimental results of clutch of composite fiberglass reinforcement with foam concrete are presented here. During the test, after reaching the maximum strain in all test items, adhesion of foam concrete with composite reinforcement violated by pulling of the rod from experimental examples because of small protrusions on the reinforcement surface and their smoothness. The linear dependence of shear stresses of adhesion in extreme condition τ_{um} on the length of the anchoring lan. was determined. Unreasonableness of mix concrete with composite reinforcement, are proved, except the use additional anchors.

Ключові слова: композитна склопластикова арматура, пінобетон, призмовий метод, зчеплення, бетонна призма.

Keywords: fiberglass composite fittings, foam, prism method, couplings, concrete prism.

Постановка проблеми та задачі дослідження. На сьогодні в будівельній індустрії інтенсивно впроваджуються новітні технології, водночас відновлюється інтерес до призабутих, але не позбавлених потенціалу, напрацювань попередників. Однією з таких технологій, що отримала шанс на друге життя, є виробництво ніздрюватих бетонів загалом та пінобетону безавтоклавного тверднення зокрема. На шляху повноцінного застосування пінобетону у прольотних конструкціях, як і у випадку використання важкого бетону, постає проблема низької міцності на розтяг. Загалом, знижену міцність пінобетону можна компенсувати відповідним вкладанням у нього арматурних стержнів, як це вирішено у залізобетонних конструкціях з важкого бетону [1].

Сумісна робота бетону та арматури переважно забезпечується за рахунок їх зчеплення. В залізобетонних конструкціях з важкого бетону величина зчеплення загалом перевищує потребу в ньому, проте, для конструкцій, виконаних з безавтоклавного пінобетону, який поступається за міцністю важкому бетону, міцність зчеплення буде менша за необхідну, призводячи до небезпечного руйнування.

Проблема забезпечення надійної спільної роботи арматурних стержнів та пінобетону є ключовою під час проектування пінобетонних армованих конструкцій. Передача зусиль на арматуру відбувається завдяки її анкеруванню, яке здебільшого забезпечується зчепленням арматури та бетону. Явище зчеплення традиційно досліджують методами висмикування, вдавлювання чи випробування на згин.

На даний час уже проведені деякі дослідження анкерування сталевих арматурних стержнів у пінобетоні. Однак, щодо композитної арматури, недостатньо інформації по експериментальним дослідженням зчеплення її з пінобетоном. Наведене вище підтверджує актуальність проведення досліджень анкерування композитної склопластикової арматури в пінобетоні безавтоклавного тверднення за рахунок зчеплення.

Матеріали для дослідних зразків. Композитні арматурні стержні обрані діаметром 10мм (Ø10АКС600), механічні характеристики яких визначали шляхом випробування на розтяг в розривній машині за стандартною методикою. Тимчасовий опір

розриву стержнів склав $\sigma_{\text{ш}} = 764$ МПа, модуль пружності - $E_f = 0,5 \times 10^5$ МПа [2].

Для вирішення поставлених задач було виготовлено 9 призматичних зразків з безавтоклавного пінобетону, отриманого за класичною технологією. Проектна марка пінобетону – D800 (густина 800 кг/м^3). Склад суміші на 1 м^3 : цемент - 330 кг, пісок - 373 кг, піноутворювач - 1,2л вода - 198 л.

Конструкція дослідних зразків (бетонних призм). Для експериментальних досліджень зчеплення композитної арматури з пінобетоном виготовлялися зразки у вигляді бетонних призм квадратного перерізу зі стороною 15 см. Висота призм обиралась залежно від довжини анкерування стержнів, яка становила $10d$, $20d$ та $40d$ (d – діаметр стержнів, в даному випадку $d=10\text{мм}$) (рис. 1, а).

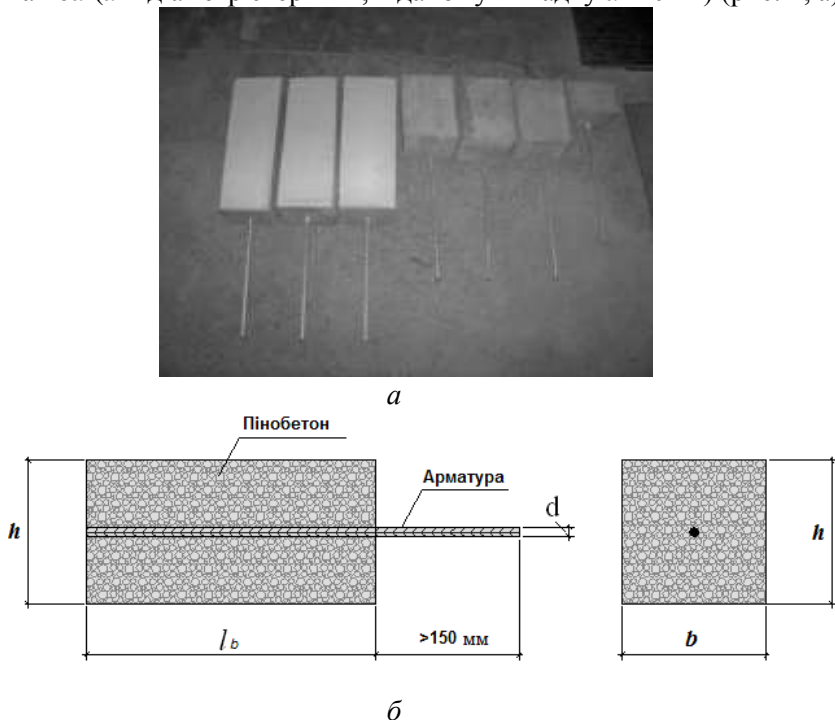


Рис. 1. Дослідні зразки – бетонні призми:
а - загальний вигляд бетонних призм; б - конструкція дослідних зразків

Арматурні стержні розташовувались в бетонних призмах таким чином, щоб їхні поздовжні осі співпадали. Виступаючі частини стержнів повинні були дозволяти з одного боку закріплюватись в захваті преса, а з другого (вільного) - вимірювати його переміщення відносно торця призми (рис. 1, б).

Методика випробування бетонних призм. Дослідження зчеплення композитної арматури з пінобетоном були виконані шляхом висмикування стержня з бетонної призми в розривній гідравлічній машині з використанням спеціального натяжного пристрою (рис. 2) [3].



Рис. 2. Загальний вигляд випробування бетонних призм

Для того, щоб уникнути пошкодження поверхні арматури в захваті преса, на вільний кінець стержня було насаджено резинову трубку (рис. 3). Відстань від трубки до пінобетону було прийнято $40d$.

Навантаження прикладалось до стержня ступенями в $0,1$ кН. Під час навантажень вимірювали переміщення вільного кінця стержня відносно торця призми індикатором годинникового типу з ціною поділки $0,001$ мм.

Описана вище методика дослідження заснована на використанні розривної машини і є запозиченою з досліджень зчеплення важкого

бетону з арматурою. Враховуючи те, що пінобетон має значно меншу міцність ніж звичайний бетон, це призводить до прояву суттєвих недоліків описаної вище методики дослідження анкерування.



Рис. 3. Захист арматурного стержня від пошкодження в захваті преса

Результати досліджень. Дослідження анкерування за рахунок зчеплення полягали у вимірюванні двох величин, що характеризують напруження і деформації зони зчеплення, а саме: 1) навантаження, прикладене до стержня на всіх етапах експерименту; 2) зміщення ненавантаженого торця арматури відносно пінобетону непорушеної структури на кожній ступені завантаження [4].

Взаємні зміщення пінобетону та арматури на рівні $\delta_u = 0,2$ мм, що прийнято за критерій граничного стану зчеплення для важкого бетону згідно з Британським стандартом BS 4449:1997, для випадку використання пінобетону є величиною завищеною. При експериментальних дослідженнях руйнування зразків відбувалось на рівні $\delta_u = 0,1$ мм, тому це значення і приймаємо як критерій граничного стану зчеплення композитної арматури з пінобетоном при даних випробуваннях. Значенню δ_u відповідає напруження в арматурі f_{yd} .

В результаті експерименту спостерігалось, що при збільшенні навантаження після досягнення $\delta_u = 0,1$ мм зчеплення композитної арматури з пінобетоном порушувалось за рахунок висмикування стержня з тіла дослідного зразка.

Результати досліджень випробування бетонних призм засвідчили достатню однорідність бетону в зразках - близнюках. В трьох зразках 2П-10/10 (число перед буквою „П” (призма) означає

номер серії, друге число – довжина анкерування в см, третє – діаметр арматури в мм) значення $\delta_u = 0,1$ мм було досягнуто при напруженнях в стержнях відповідно $f_{yd} = 7,6; 9,0; 6,4$ МПа при середньому значенні $f_{ydm}=7,7$ МПа. В зразках 2П-20/10 значення $\delta_u = 0,1$ мм отримано при напруженнях в стержнях відповідно $f_{yd}=17,8; 21,6; 19,1$ МПа при середньому значенні $f_{ydm}=19,5$ МПа. Спостерігається однорідність і в зразках 2П-40/10, в яких значення $\delta_u = 0,1$ мм було досягнуто при напруженнях в стержнях відповідно $f_{yd} = 44,6; 50,9; 57,3$ МПа при середньому значенні $f_{ydm}=50,9$ МПа.

Отже, при збільшенні довжини анкерування збільшується напруження в стержнях, а також напруження, яке відповідає граничному стану зчеплення (рис. 3).

За результатами випробувань для кожної групи зразків обчислювалися середні значення максимальних дотичних напружень зчеплення τ_{um} , приймаючи їх постійними по довжині стержня, за формулою:

$$\tau_{um} = f_{ydm} A_s / (\pi d l_{an}), \quad (1)$$

де f_{ydm} – напруження в стержнях при $\delta_u = 0,1$ мм;

A_s, d – відповідно площа та діаметр стержнів;

l_{an} – довжина анкерування стержнів в бетоні.

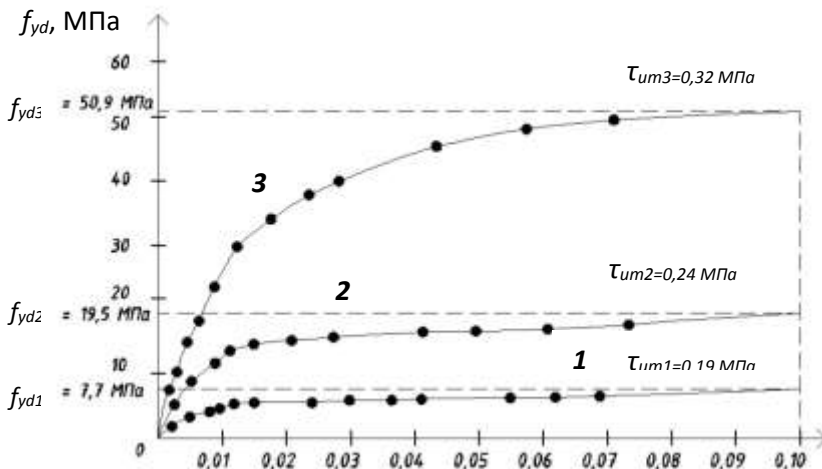


Рис. 3. Зміна проковзування δ стержнів залежно від напруження f_{yd} : 1 – призми 2П-10/10; 2 – 2П-20/10; 3 – 2П-40/10

Дотичні напруження зчеплення τ_{um} у зразках з довжиною анкерування 10, 20 і 40 см відповідно склали $\tau_{um} = 0,19; 0,24$ і $0,32$ МПа при напруженнях в стержнях відповідно $f_{ydm} = 7,7; 19,5$ і $50,9$ МПа. З цих даних видно, що дотичні напруження зчеплення в граничному стані τ_{um} залежать від довжини анкерування стержнів l_{an} та від класу бетону зразка, який випробовується.

При порівнянні значень дотичних напружень у дослідних зразках простежується закономірність, що зі збільшенням довжини анкерування дотичні напруження в зразках теж збільшуються.

Висновки.

1. Під час випробувань при досягненні максимального напруження в усіх дослідних зразках зчеплення пінобетону з композитною арматурою порушувалось за рахунок висмикування стержня з тіла дослідного зразка в зв'язку з малими виступами на поверхні арматури та їхньою плавністю.

2. Дотичні напруження зчеплення в граничному стані τ_{um} лінійно залежать від довжини анкерування l_{an} .

3. Оскільки міцність пінобетону є набагато меншою від важкого бетону, то недоцільно його поєднувати з композитною арматурою, окрім застосування додаткових анкерів.

1. Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-45-2010. [Текст] – [Введ. з 01.11.2010.] — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – (Національний стандарт України). **2.** Холмянский М.М. Методика экспериментального исследования сцепления арматуры с бетоном / М.М. Холмянский // Методика лабораторных исследований деформаций и прочности бетона, арматуры и железобетонных конструкций. – М., 1963. – С. 138-147. **3.** Верба В. Б. Контакт пінобетону з арматурою: вивчення явища, його моделювання та стадійність роботи в зоні зчеплення [Текст] / В. Б. Верба, Б. Г. Демчина // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – № 627. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. – С. 22–27. **4.** Демчина Б. Г. Експериментальні дослідження зчеплення арматури з пінобетоном [Текст] / Б. Г. Демчина, В. Б. Верба, Х. Б. Демчина // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. – № 545. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2005. – С.41–45.