

УДК 624.012.25

**ЗЧЕПЛЕННЯ КОМПОЗИТНОЇ СКЛОПЛАСТИКОВОЇ
АРМАТУРИ З ВАЖКИМ БЕТОНОМ ЗАЛЕЖНО ВІД
ДОВЖИНИ АНКЕРУВАННЯ ТА ПОПЕРЕЧНОГО ПЕРЕРІЗУ
ПРИЗМ**

**GRIP FIBERGLASS COMPOSITE FITTINGS HEAVY
CONCRETE DEPENDING ON THE LENGTH OF ANCHORING
RODS AND CROSS-SECTIONAL PRISM**

Чапук О.С., к.т.н, доц. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Олех В.В., асп. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк), Гришкова А.В., асп. (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

Chapiuk O, Ph.D., Assoc. Olech V, PhD student., Grishkova A, PhD student. (Lutsk National Technical University, Lutsk)

Наведені результати експериментальних досліджень зчеплення композитної склопластикової арматури з важким бетоном класу C12/15. Проведено детальний аналіз зчеплення арматурного стержня з бетонною призмою залежно від довжини анкерування стержнів – 5d, 10d, 15d, та поперечного перерізу 150x150мм та 250x250мм.

The experimental results clutch composite fiberglass reinforcement of heavy concrete class C12 / 15.

The detailed analysis adhesion reinforcing rods for concrete prism depending on the length of anchoring rods - 5d, 10d, 15d, and cross-sectional 150x150mm and 250x250mm.

During the test almost all prototypes collapsed upon reaching their maximum tension. The value of the free end of the rod sliding in concrete $\delta_u = 0,2$ mm can be used as a criterion for determining the ultimate state of cohesion composite reinforcement of concrete.

Ключова слова: композитна склопластикові арматура, важкий бетон, клас бетону C12/15, призмовий метод, зчеплення, бетонна призма, поперечний переріз, довжина анкерування

Key words: composite fiberglass fittings, heavy concrete, concrete class C12/15, prism method, couplings, concrete prism, cross-section, length of anchoring

Постановка проблеми та задачі дослідження. Зчеплення арматури з бетоном – одна з найважливіших характеристик залізобетону, що в основному визначає його міцність, жорсткість і тріщиностійкість, а також необхідну довжину анкерування стержнів для забезпечення надійної їхньої спільної роботи. На величину граничних напружень зчеплення впливають багато факторів, основними з яких є міцність бетону, діаметр стержнів, довжина анкерування, товщина захисного шару бетону [1].

Оскільки кожен клас бетону має свою міцність, тому постає необхідність дослідити зчеплення арматури з різними довжинами анкерування стержнів, та поперечного перерізу призми. В даній статті ставиться задача детально проаналізувати дослідження зчеплення композитної арматури з важким бетоном класу C12/15, довжиною анкерування $5d$, $10d$, $15d$, та поперечним перерізом призм 150×150 , 250×250 мм.

Матеріали для дослідних зразків. Композитні арматурні стержні обрані діаметром 16 мм ($\text{Ø}16\text{АКС600}$) оскільки крок виступів максимально схожий з металевою арматурою. Характеристики бетону класу C12/15: кубикова міцність у віці 28 діб – $f_{ck} = 19,19$ МПа; призмova міцність у віці 56 діб – $f_{cd} = 14,37$ МПа. Конструкція дослідних зразків (бетонних призм). Зразки, виготовлені у вигляді бетонних призм квадратного перерізу зі сторонами 150 мм та 250 мм (Рис 1,а). Висота призм обиралась залежно від довжини анкерування стержнів, яка становила $5d$, $10d$ та $15d$ (d – діаметр стержнів, в даному випадку $d=16$ мм).

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 призм [2].

Методика випробування бетонних призм. Дослідження зчеплення композитної арматури з бетоном були виконані шляхом висмикування стержня з бетонної призми в розривній гідравлічній машині з використанням спеціального натяжного пристрою. Навантаження прикладалось до стержня ступенями в 1,0 кН. Під

час навантажень вимірювали переміщення вільного кінця стержня відносно торця призми індикатором годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм (рис. 1, б) [3].

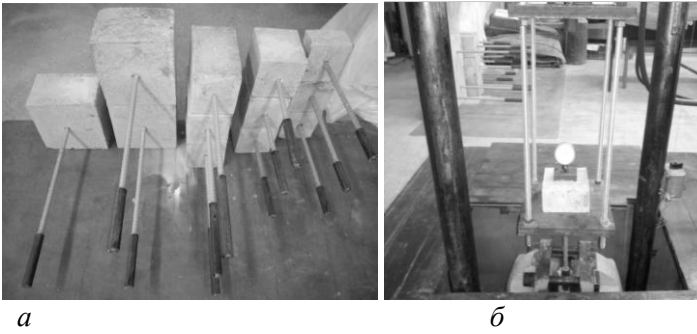


Рис. 1. Дослідні зразки – бетонні призми: а – загальний вигляд бетонних призм першої серії (12шт); б – загальний вигляд випробування бетонних призм

Для того, щоб уникнути пошкодження поверхні арматури в захваті преса, на вільний кінець стержня було приклеєно металеву трубку, яка скріплювалась зі стержнем за допомогою двохкомпонентної епоксидної смоли, та кварцового піску у співвідношенні 1:1 (рис. 2).



Рис. 2. Захист арматурного стержня від пошкодження в захваті преса

Результати досліджень. В результаті експерименту спостерігалось, що при збільшенні навантаження після досягнення

граничного стану ($\delta_u = 0,2$ мм) утворилися поздовжні тріщини на бетонних призмах з довжиною анкерування $l_{an} = 160$ мм, поперечного перерізу призми 250×250 мм та класом бетону С12/15. У призмах того ж класу бетону, але з довжиною анкерування $l_{an} = 80$ мм, $l_{an} = 160$ мм та поперечного перерізу призми 150×150 мм після досягнення $\delta_u = 0,2$ мм арматурний стержень висмикнувся з об'єму бетону. Усі призми з довжиною анкерування $l_{an} = 240$ мм, поперечного перерізу призми 150×150 мм та класом бетону С12/15 розколювалися вздовж стержнів (рис. 3). Це пояснюється тим, що максимальне напруження в стержнях досягло того значення ($f_{yd} = 939,4$ МПа), при якому відбувається розколювання призми за рахунок недостатньої довжини анкерування щоб зруйнувався арматурний стержень.

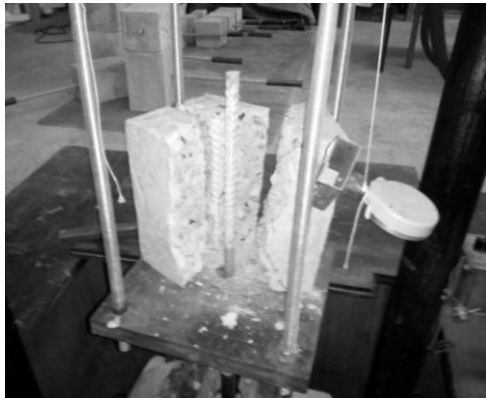


Рис. 3. Розколювання бетонних призм вздовж стержня, довжиною анкерування 240 мм, поперечного перерізу 150×150 мм

Результати досліджень випробування бетонних призм засвідчили достатню однорідність бетону в зразках. У трьох зразках 1П-8/16 (число перед буквою „П” (призма) означає номер серії, друге число – довжина анкерування в см (5d, 10d, 15d, де d – діаметр арматури, в даному дослідженні $d = 16$ мм), третє – діаметр арматури в мм), поперечного перерізу зразків 150×150 мм, та 250×250 мм, при класі бетону С12/15 значення $\delta_u = 0,2$ мм було досягнуто при напруженнях в стержнях відповідно $f_{yd} = 97,6$; 128,1; 128,1 МПа при середньому значенні $f_{ydm} = 117,9$ МПа. У трьох зразках 1П-16/16 (поперечного перерізу 150×150 мм, клас бетону

C12/15) значення $\delta_u=0,2$ мм отримано при напруженнях в стержнях відповідно $f_{yd}=427,0; 439,2; 481,9$ МПа при середньому значенні $f_{ydm}=449,4$ МПа. Спостерігається однорідність і у всіх трьох зразках 1П-24/16 (поперечного перерізу 150x150 мм, клас бетону C12/15), в яких значення $\delta_u = 0,2$ мм було досягнуто при напруженнях в стержнях відповідно $f_{yd} = 732,0; 902,8; 939,4$ МПа при середньому значенні $f_{ydm} = 858,1$ МПа.

Отже, при збільшенні довжини анкерування, та розмірів поперечного перерізу призми, збільшується напруження в стержнях, а також напруження, яке відповідає граничному стану зчеплення (рис. 4).

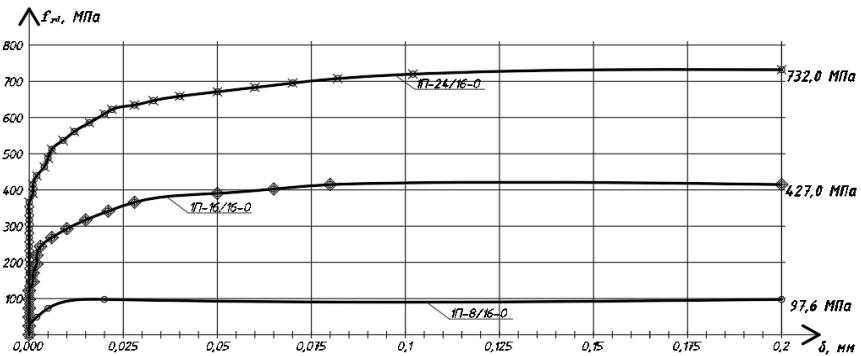


Рис. 4. Зміна проковзування δ стержнів залежно від напруження f_{yd} клас бетону C12/15, поперечного перерізу 150x150мм: \circ – призми 1П-8/16; \bullet – 1П-16/16; \times – 1П-24/16;

У трьох зразках 1П-16/16 (поперечного перерізу 250x250мм, клас бетону C12/15) при $\delta_u = 0,2$ мм напруження складо $f_{yd}=475,8; 536,8; 646,6$ МПа при середньому значенні $f_{ydm}=553,1$ МПа.

Отже, при збільшенні розмірів поперечного перерізу призми, збільшується напруження в стержнях, а також напруження, яке відповідає граничному стану зчеплення (рис. 5).

Варто відмітити, що в усіх зразках, незалежно від класу бетону та довжини анкерування, спостерігається руйнування при досягненні граничного навантаження та величини проковзування вільного кінця стержня в призмі $\delta_u = 0,2$ мм. Цю величину можна прийняти за критерій визначення граничного стану зчеплення композитної арматури з бетоном.

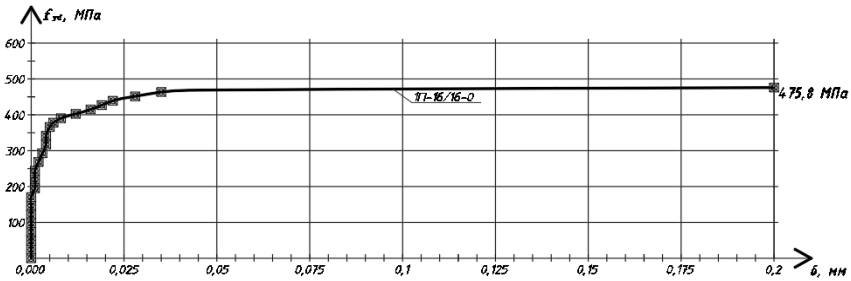


Рис. 5. Зміна проковзування δ стержнів залежно від напруження f_{yd} клас бетону С12/15, поперечного перерізу 250х250мм: \blacksquare – призма П-16/16

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 $\delta_u = 0,2$ мм;

A_s, d – відповідно площа та діаметр стержнів;

l_{an} – довжина анкерування стержнів в бетоні.

Дотичні напруження зчеплення τ_{um} у зразках з довжиною анкерування $l_{an} = 80$ мм, $l_{an} = 160$ мм та $l_{an} = 240$ мм поперечним перерізом 150х150 мм, класом бетону С12/15 склали відповідно $\tau_{um} = 4,88$ МПа, $\tau_{um} = 10,68$ МПа та $\tau_{um} = 12,2$ МПа. Зразки з довжиною анкерування $l_{an} = 160$ мм, поперечним перерізом 150х150 мм, та 250х250мм, класом бетону С12/15 показали дещо інші значення дотичних напружень: $\tau_{um} = 10,68$ МПа та $\tau_{um} = 11,9$ МПа. З цих даних видно, що дотичні напруження зчеплення в граничному стані τ_{um} залежать від довжини анкерування стержнів l_{an} та від поперечного перерізу зразка, який випробовується. При довжині анкерування $l_{an} = 80$ мм, $l_{an} = 160$ мм з бетону класу С12/15 різниця між значеннями дотичних напружень зразків складає 119%, а при довжині анкерування $l_{an} = 80$ мм та $l_{an} = 240$ мм різниця становить відповідно 150%.

При порівнянні значень дотичних напружень у дослідних зразках простежується закономірність, що зі збільшенням площі поперечного перерізу призми від 150х150 мм до 250х250 мм класу бетону С12/15 граничні дотичні напруження в зразках теж

збільшуються. При поперечному перерізі 250x250 мм дотичні напруження на 11% більші від дотичних напружень, що виникли у дослідних зразках з поперечним перерізом 150x150мм.

Висновки. 1. Величина проковзування вільного кінця стержня в бетоні $\delta_u = 0,2$ мм може бути прийнята за критерій визначення граничного стану зчеплення композитної арматури з бетоном.

2. Під час випробувань усі дослідні зразки руйнувались при досягненні їх максимального напруження. Це пояснюється тим, що максимальне напруження в стержнях досягло того значення ($f_{yd} = 93,94$ МПа), при якому відбувається розколення призми вздовж арматурного стержня, тому що потрібно було робити зразки з більшою довжиною анкерування, а саме $\approx 23 d$, де d – діаметр арматури 16мм, тоді становитиме $l_{an} = 368$ мм, для того щоб арматурний стержень розкришився біля торця призми.

3. Дотичні напруження зчеплення в граничному стані τ_{um} залежать від довжини анкерування стержнів l_{an} та від поперечного перерізу призми, який випробовується.

4. Різниця між значеннями дотичних напружень дослідних зразків класу бетону C12/15, поперечного перерізу 150x150мм при $l_{an} = 80$ мм та $l_{an} = 160$ мм складає 119%, а при довжині анкерування $l_{an} = 80$ мм та $l_{an} = 240$ мм різниця становить відносно 150%.

5. Зі збільшенням поперечного перерізу призми (з 150x150 мм до 250x250 мм) класу бетону дослідних зразків C12/15 збільшуються значення їх дотичних напружень на 11%.

1. 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.

2. Чапюк О.С. Гришкова А.В. Порівняльний аналіз зчеплення сталеві арматури серповидного профілю з важким бетоном за призовим та балковим методом випробувань / Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: Збірник наукових праць. – Рівне: НУВГП, 2014. – Випуск 29. – С. 391-399.

3. Чапюк О.С. Особливості зчеплення арматури серповидного профілю з бетоном : монографія / О. С. Чапюк; Луц. нац. техн. ун-т. - Луцьк : РВВ ЛНТУ, 2012. - 164 с.