

УДК 624.012.25

**Мазурак Р.А.**

аспірант

*E-mail* : RosUA@ukr.net

кафедра будівельних конструкцій

Факультет будівництва та архітектури

Львівський національний аграрний університет

Дубляни, Україна

## ВПЛИВ ФІБРИ НА ЗЧЕПЛЕННЯ АРМАТУРИ З БЕТОНОМ

### *Анотація*

Питання зчеплення арматури з бетоном недостатньо розкрито в нормативній літературі. Дане дослідження піднімає питання покращення зчеплення арматури з бетоном за рахунок додавання в нього сталеві фібри вітчизняного виробництва. У статті наведено результати досліджень з анкерування стрижневої профільної арматури у бетоні та фібробетонні. Метою дослідження було визначення зчеплення стрижневої арматури у бетоні та фібробетонні. Об'єкт дослідження призми квадратного перерізу 150x150 мм із закладеною в неї стрижневої арматури. Метод висмикування арматурного стержня при різних довжинах анкерування (10, 15, 20 діаметрів). Матеріал бетон та фібробетон із кубовою міцністю 32,11 МПа та коефіцієнтом армування сталеві фібри 2% (витрата 60 кг/м<sup>3</sup>) від загального об'єму. Визначено початкові зміцнення високоміцної арматури класу А500С при збільшенні навантаження та різних довжинах анкерування. Результатами досліджень доведено, що використання сталеві фібри покращує зчеплення арматури з бетоном. Таким чином, доведена практична значущість використання сталеві фібри вітчизняного виробництва для досконалішого конструювання монолітних конструкцій.

**Ключові слова:** фібробетон; анкерування; зчеплення; арматура; бетон; сталеві фібри.

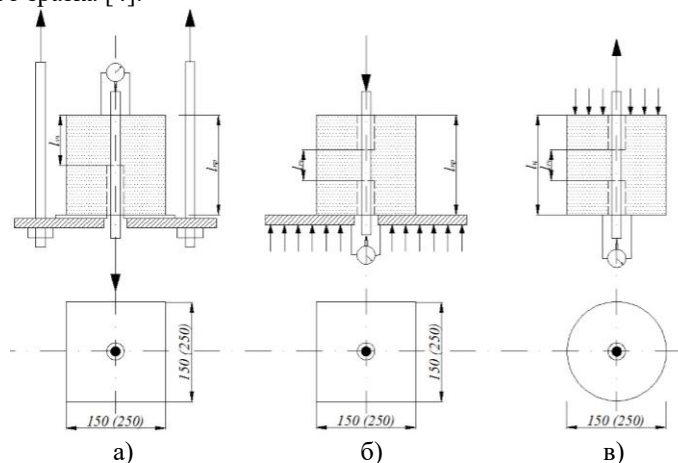
**Вступ.** Фібробетон – один із новітніх будівельних матеріалів, який все частіше використовується в будівельній практиці. Його застосовують в збірних та монолітних конструкціях, що працюють на знакозмінні навантаження. Однак, його властивості повною мірою не розкриті та потребують більшого вивчення для застосування у будівництві. Одним з напрямків використання даного матеріалу є його сумісна робота із стрижневою профільною арматурою, а саме зчеплення та анкерування.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням оцінки зчеплення арматури з бетоном вивчали багато авторів, а саме Н. М. Мулін, С. О. Дмитрієв, Т. І. Астрова, Т. Г. Гараї, Т. Ж. Жунусов., О. О. Гвоздев, які запропонували формулу для розрахунку необхідної довжини анкерування арматури [1], що залежить від: діаметру, розрахункового опору, напружено-деформованого стану бетону, форми поверхні арматури. Однак, ця формула не враховує граничні напруження зчеплення, значення товщини захисного шару та стан самої поверхні арматури [2, 3].

У західній практиці базовими методами оцінювання зчеплення сталеві арматури з бетоном є метод висмикування (або видавлювання) арматури з бетонного зразка (рис 1.) [4], який є основним для визначення зчеплення арматури з бетоном у Eurocode 2 [5, 6]. Метод висмикування та видавлювання арматури різняться напрямом прикладення зусилля та поперечними деформаціями арматури при випробуванні [7].

**Мета.** Ціль досліджень полягає в аналізі використання фібри для кращої сумісної роботи стрижневої арматури з бетоном.

**Методологія досліджень.** Для оцінювання зчеплення сталеві арматури з залізобетонними зразками існує метод висмикування арматури з залізобетонного зразка призматичної або циліндричної форми та метод видавлювання арматури з залізобетонного зразка [4].



**Рис. 1. Схема випробувань методом:**

- а) висмикування арматури з призматичного зразка;**
- б) видавлювання арматури з призматичного зразка;**
- в) висмикування з циліндричного зразка [3]**

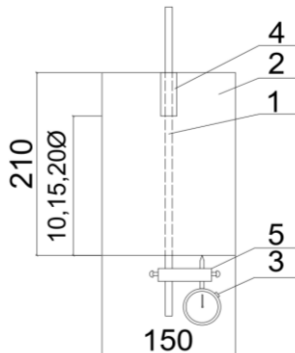
Згідно методик [3, 4] при висмикуванні арматури із зразка призматичної або циліндричної форми (рис.1 а, в) приймаються призми квадратного перерізу розміром 150x150 мм для діаметрів  $\leq 20$  мм та розміром 250x250 мм для діаметрів  $> 20$  мм. Довжина призми ( $l_{пр}$ ) визначається в залежності від діаметру випробуваної арматури:  $l_{пр} > 10d$  ( $d$  – діаметр стержня). При видавлюванні арматури із залізобетонного зразка (рис. 1б) приймаються призми квадратного перерізу розміром 150 x 150 мм для діаметрів арматури  $\leq 20$  мм та 250 x 250 мм для діаметрів арматури  $> 20$  мм (для зразків циліндричної форми діаметр поперечного перерізу  $D = 150$  мм для діаметрів арматури  $\leq 20$  мм та  $D = 250$  мм для діаметрів арматури  $> 20$  мм). Довжина зчеплення арматурного стержня з бетоном має мати довжину не менше  $2,5d$ . Довжина призми ( $l_{пр}$ ) визначається в залежності від діаметру випробуваної арматури:  $l_{пр} > 10d$ . В цьому методі необхідно враховувати поперечну деформацію арматури напрямлену в площині перпендикулярній до лінії дії сили.

Для визначення параметру зчеплення арматури з бетоном та фібробетоном був прийнятий метод висмикування.

Призми квадратного перерізу розміром 150 x 150 мм та довжиною 210 мм із заанкерованими в них стержнями сталеві профільної арматури (рис. 2). Довжина анкерування в зразках складала 10, 15 та 20d. Ділянки, які не включались в роботу були відокремлені в пластикових трубках.

Дослідження проводились з використанням арматури  $\varnothing 8$  мм класу А500С та сталеві дротяної фібри у вигляді прямолінійного відрізка дроту номінальною довжиною 54 мм з анкерами на кінцях у вигляді конусів та із коефіцієнтом армування 2% від загального об'єму, як для бетонних конструкцій з великою навантаженням. Дослідні зразки виготовляються з бетону класу В25 с фракцією крупного заповнювача 5-20 мм. Розопалублювання проводиться не менш як на 3 добу після бетонування. Для контролю

міцності бетону на стиск (класу бетону) виготовляються зразки кубів розмірами 150x150x150 мм. Випробування зразків проводилося у віці 28 діб. Кількість призм для зразків з фіброю становила 9шт. із глибиною анкерування 10, 15, 20d та аналогічно для зразків без фібри- 9 шт.



**Рис. 2. Конструкція випробувальних зразків:**  
1- арматура Ø8 A500C; 2- випробувальний зразок; 3- мікроіндикатор;  
4- пластикова трубка; 5- додаткові кріпильні елементи

Зразки випробували однією зосередженою силою. В процесі випробувань вимірювали переміщення розташованих на торці призм вільного кінця дослідного стержня. Завантаження зразків здійснюється ступенями по 0.1 від передбачуваного граничного навантаження висмикування арматурного стержня з бетону. Контроль величини навантаження здійснюється мікроіндикатором МИГП. Початок зсуву вільних кінців випробувального арматурного стержня вимірюються індикатором та заноситься в табл. 1.

Для сталеві арматури критерієм відповідності зчеплення з бетоном в EN 1992-1-1 [5], приймаються такі умови:

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

де

$\tau$  – дотичні напруження при руйнування (висмикуванні);

$\emptyset$  – діаметр стержня в (мм).

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

$$\tau = \frac{N_s}{\pi d l} \quad (2)$$

де

$N_s$  – осьове навантаження;

$d$  – діаметр арматури;

$l$  – довжина анкерування арматури в бетоні.

**Результати.** Результати випробувань на висмикування арматури Ø8 A500C із бетонних та фібробетонних зразків зведені у табл. 1 та рис.3, 4, 5.

При експериментальному дослідженні на висмикування стрижневої арматури діаметром 8мм із фібробетонних та бетонних зразків виявлено, що зразки із використанням фібри мають краще зчеплення арматури з бетоном, а саме:

- Згідно формули (2) при довжині 10 $\emptyset$  анкерування максимальне середнє значення дотичних напружень складо: для бетонних зразків 13,10МПа, а для зразків із фібробетону 15,41МПа (рис.3).

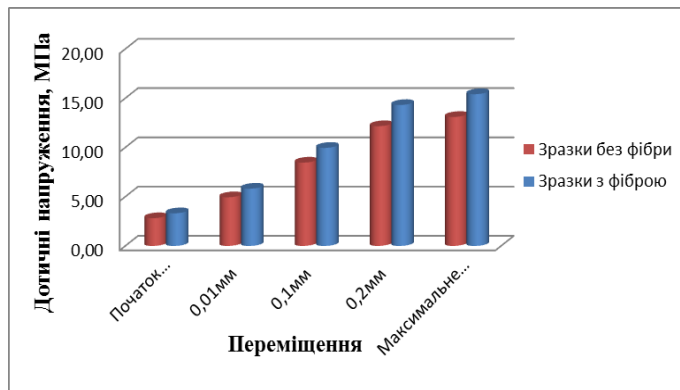


Рис. 3. Середня значення дотичних напружень при 80мм анкерування арматури

- Згідно формули (2) при довжині 15 $\phi$  анкерування максимальне середнє значення дотичних напружень складо: для бетонних зразків 8,87МПа, а для зразків із фібробетону 10,68МПа (рис.4).

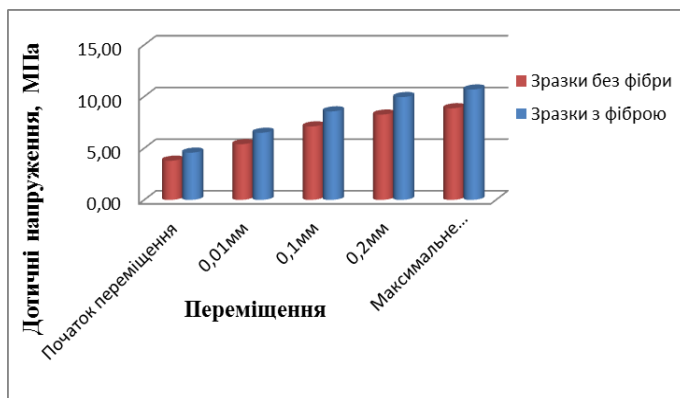


Рис. 4. Середня значення дотичних напружень при 120мм анкерування арматури

- Згідно формули (2) при довжині 20 $\phi$  анкерування максимальне середнє значення дотичних напружень складо: для бетонних зразків 6,67МПа, а для зразків із фібробетону 8,38МПа (рис.5).

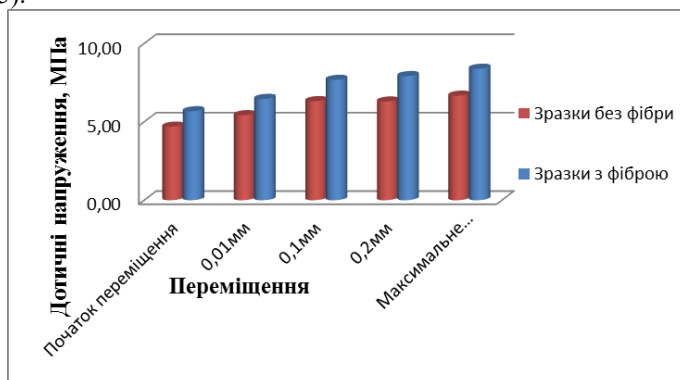


Рис. 5. Середня значення дотичних напружень при 160мм анкерування арматури

**Таблиця 1. Значення навантаження при переміщенні заанкерованого стрижня**

Довжина анкерування	Фібра	Початок переміщення стрижня, кН	Навантаження при переміщенні стрижня, кН			Максимальне навантаження до моменту втрати зчеплення, кН
			0,01мм	0,1мм	0,2мм	
10d	+	6,67	11,69	20,01	28,76	30,97
10d	-	5,67	9,93	17,01	24,44	26,32
15d	+	13,78	19,58	25,83	29,98	32,20
15d	-	11,44	16,25	21,44	24,89	26,73
20d	+	22,80	25,97	30,85	31,82	33,70
20d	-	18,85	21,78	25,39	25,30	26,80

**Висновки і перспективи.** Аналіз досліджень анкерування зчеплення стрижневої арматури в бетоні та фібробетоні свідчить, що досі не вивчали в Україні питання зчеплення стрижневої арматури в бетоні, армованому фіброю. Подані вище результати експериментальних досліджень зчеплення стрижневої арматури Ø8 A500 з бетоном кубовою міцністю 32,11МПа, армованого анкерною фіброю українського виробництва діаметром 0,5 мм і довжиною 50 мм з витратами .60кг/м<sup>3</sup> засвідчили, що арматура, яка була армована сталеву фіброю показала кращі показники зчеплення, а саме:

- при 10Ø без фібри 13,10МПа з фіброю 15,41МПа;
- при 15Ø без фібри 8,87МПа з фіброю 10,68МПа;
- при 20Ø без фібри 6,67МПа з фіброю 8,38МПа;

#### Список використаних джерел

1. СНиП 2.03.01-84\*. Бетонные и железобетонные конструкции. Госстрой СССР. Москва.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. 80 с.
2. Мазурак Р., Цап О. Аналіз методик розрахунку необхідної довжини анкерування стрижневої арматури в бетоні та сталеві фібробетоні. *Вісник ЛНАУ Архітектура і сільськогосподарське будівництво № 19*. Львів : ЛНАУ, 2018. 231 с.
3. Климов Ю.А., Боденчук П.С., Солдатченко О.С. Дослідження зчеплення арматури з підвищеною корозійною стійкістю з бетоном. *Містобудування та територіальне планування Вип. 40(1)*. Київ : Київський національний університет будівництва і архітектури, 2011. 454– 460с.
4. RILEM/CEB/FIP RC 6 Bond test for reinforcement steel. 2. Pull-out test, 1983
5. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures General rules and rules for building.
6. E.Garcia-Taengua et al. Bond of reinforcing bars to steel fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials. Institute for Resilient Infrastructure*, School of Civil Engineering, University of Leeds, England, United Kingdom № 105. P. 275–284.2016.
7. Bigaj-van Vliet, A.J. (2001), Bond of Deformed Reinforcing Steel Bars Embedded in Steel Fiber Reinforced Concrete – State-of-the-Art Report, Project number 01.06.03-01, Delft Cluster.

Дата надходження статті до редакції: 30.06.2018  
Рецензування: 01.08.2018 Прийняття в друк: 24.11.2018

**Mazurak R.A.**  
PhD student  
E-mail :RosUA@ukr.net  
Department of Building Structures  
Faculty of Civil Engineering and Architecture  
Lviv National Agrarian University  
Dubliany, Ukraine

## FIBER INFLUENCE ON THE CLUTCH OF ARMATURES WITH CONCRETE

### Abstract

Fiber concrete is one of the newest building materials, which is increasingly used in building practice. It is used in prefabricated and monolithic structures, working on sign-loaded loads. However, its properties are not fully disclosed and require more study for use in construction. One of the areas of use of this material is its joint work with core profile fittings, namely, clutch and anchoring.

The purpose of the research is to use the fibers for better joint operation of the bar reinforcement with concrete. For the evaluation of the adhesion of steel reinforcement with reinforced concrete samples, the method of pulling out the reinforcement of the concrete specimen of the prismatic or cylindrical form is selected.

Prisms of a square section measuring 150 x 150 mm and a length of 210 mm with steel bars fitted in them. The length of the anchoring in the samples was 10, 15 and 20 d. Plots that were not included in the work were separated in plastic tubes.

The research was carried out with the use of the Ø8 mm class A500C steel fittings and steel wire fiber in the form of a straight section of the wire with a nominal length of 54 mm with anchors at the ends in the form of cones with a percentage of reinforcement of 2% of the total volume, as for concrete constructions with a high load. Experimental samples are made from concrete of the class B25 with a fraction of a large filler of 5-20 mm. Rose-plating is carried out not less than 3 days after concrete. For the control of the strength of concrete for compression (concrete class), samples of cubes measuring 150x150x150 mm are made. Test samples were taken at the age of 28 days. The number of prisms for samples with fibers was 9 pcs. with an anchorage height of 10, 15, 20d and similar for samples without fibers - 9 pcs.

The analysis of the anchoring tests of the rod fittings in concrete and fiber reinforced concrete shows that until now the problem of gripping rod barriers in concrete reinforced with fiber has not been studied in Ukraine. The above results of the experimental studies of the connection of the Ø8 A500 rod reinforcement with concrete 32,11MPa concrete reinforced with anchor fiber of Ukrainian manufacture with a diameter of 0.5 mm and a length of 50 mm, using 60 kg / m<sup>3</sup>, showed that the reinforcing steel reinforced with steel fibers showed better performance clutch.

**Keywords :** fiber concrete; anchoring; clutch; armature; concrete; steel fiber.

### References

1. SNiP 2.03.01-84 \*. Concrete and reinforced concrete structures. Gosstroy USSR (1989). Moscow: CYTP Gosstroya USSR.
2. Mazurak, R., & Tsap, O. (2018). Analysis of the methods for calculating the required length of anchoring of bar reinforcement in concrete and steel fiber reinforced concrete. *LNAU Visnyk Architecture and agricultural construction*, 19, 231.
3. Klimov, Yu.A., Bodenchuk, P.S., & Soldatchenko, O.S. (2011). *Investigation of adhesion of reinforcement with high corrosion resistance to concrete*. In : Urban Planning and Territorial Planning 40 (1). Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture.
4. RILEM/CEB/FIP RC 6 Bond test for reinforcement steel. 2. Pull-out test, 1983.
5. EN 1992-1-1:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures General rules and rules for building.
6. Garcia-Taengua, E. et al. (2016). Bond of reinforcing bars to steel fiber reinforced concrete. *Construction and Building Materials*. Institute for Resilient Infrastructure, School of Civil Engineering, University of Leeds, England, United Kingdom, № 105, 275–284.
7. Bigajvan Vliet, A.J. (2001). *Bond of Deformed Reinforcing Steel Bars Embedded in Steel Fiber Reinforced Concrete State-of-the-Art Report*. Project number 01.06.03-01, Delft Cluster.

Received: June 30, 2018

Revision: August 01, 2018 Accepted: November 24, 2018