

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДСОТКУ ДИСПЕРСНОГО АРМУВАННЯ СТАЛЕВИМИ ФІБРАМИ НА МІЦНІСТНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНУ.

DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF THE PERCENTAGE OF DISPERSED REINFORCEMENT WITH STEEL FIBER ON THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF CONCRETE.

Масюк Г.Х. к.т.н., проф., ORCID ID: 0000-0001-5207-3111 (Національний університет водного господарства та природокористування).

Мельничук С. М. аспірант, ORCID ID: 0009-0005-6631-3936 (Національний університет водного господарства та природокористування).

Masyuk G.H. k.t.n., prof., ORCID ID: 0000-0001-5207-3111 (National University of Water Management and Nature Management).

Melnychuk S. M. post-graduate student, ORCID ID: 0009-0005-6631-3936 (National University of Water Management and Nature Management).

В даній статті описується огляд проведених досліджень впливу дисперсного армування сталевими фібрами з заданим відсотком армування на механічні характеристики бетонної суміші та описуються експериментальні дослідження механічних характеристик бетонної суміші армованих дисперсним армуванням сталевими фібрами з різним відсотком армування.

This article presents an overview of the field research on the effect of dispersed steel fibre reinforcement with a given percentage of reinforcement on the physical and mechanical characteristics of concrete samples, as well as describes the process of conducting experimental research.

The main disadvantage of concrete is insufficient tensile strength, which leads to low crack resistance. To improve the performance characteristics of concrete and reinforced concrete products, the concrete mixture is reinforced with randomly placed short steel fibres, which improves the mechanical characteristics of concrete, and due to these properties, it is better suited for the manufacture of structural elements that work in tension and bending.

The purpose of the research is to determine the optimal percentage of dispersed steel fibre reinforcement for the manufacture of reinforced concrete structures that must operate under complex stress-strain conditions. To solve this problem, concrete and fibre-reinforced concrete specimens were manufactured and tested: cubes, compression prisms, and tensile prisms. The technology of manufacturing experimental specimens with a given percentage of

reinforcement and their testing is described, as well as the results of testing concrete specimens. A graph of average stress-strain values for testing concrete prisms in compression with a given percentage of dispersed reinforcement is constructed and described, and the process of their destruction is described. The conclusions of the experimental studies are presented.

Ключові слова: згинальні елементи, дисперсне армування, фібра, відсоток армування, кубикова та призмоча міцність
bending elements, dispersed reinforcement, fiber, percentage of reinforcement, cubic and prismatic strength.

Вступ. Основним недоліком бетону, незалежно від його видів та модифікацій, є недостатня міцність на розтягування, що призводить до низької тріщиностійкості. Введення до бетону дисперсного армування сталевими фібрами, що виготовляються з низьковуглецевої сталі [1], дозволяє значно покращити ефективність залізобетонних виробів та його експлуатаційні характеристики за рахунок збільшення міцності бетону на розтяг при згинанні, граничної стисливості, тріщиностійкості, водонепроникності, корозійної стійкості а також опору стиранню. Завдяки армуванню хаотично розташованими короткими сталевими волокнами – фібрами, такий матеріал відрізняється підвищеною міцністю на розтяг, що робить його особливо корисним для сучасних будівельних конструкцій із великими прольотами.

Результати численних досліджень підтверджують переваги дисперсного армування сталевими фібрами над звичайним бетоном. Завдяки своїм властивостям, сталеві фібробетон підходить для елементів конструкцій, які працюють на розтяг та згин. Однак при значних прольотах і навантаженнях розтягувальні зусилля в конструкціях зростають і дисперсне армування не може повністю забезпечити експлуатаційну міцність конструкції, його розтягувальні властивості можуть бути недостатні. У таких випадках і за таких умов роботи конструкцій доцільно застосувати комбіноване армування, поєднуючи фіброве та стержньове армування.

Аналіз останніх досліджень: Дослідження сталеві фібробетону та його впровадження в будівельній галузі стало предметом уваги багатьох як українських, так і зарубіжних вчених, що дало змогу провести досить багато важливих теоретично-експериментальних досліджень характеристик на предмет міцності, надійності та довговічності залізобетонних конструкцій. Було отримано низку експериментальних даних, що описують міцнісні та деформативні характеристики бетону, сталеві фібри та сталеві фібробетону. Зазвичай такі експерименти зосереджувалися на визначенні кубикової та призмочої міцності, модуля пружності сталеві фібробетону [2, 3, 4], використовуючи різні бетони за міцністю та складом, а також різноманітні типи сталевих фібр, змінюючи об'ємний процент фібрового армування.

У роботі [5] представлені технологічні підходи, спрямовані на досягнення

оптимальних властивостей сталевібробетону. Зокрема, розглянуто вибір типу фібри, її орієнтацію під час ущільнення а також визначення оптимальної кількості фібри та інших параметрів складу фібробетонної суміші. Завдання були вирішені на основі експериментально-статистичних моделей, отриманих завдяки математичному плануванню експериментів.

Увагу багатьох дослідників привернуло те, що додавання в бетон хаотично розташованих сталевих фібр, впливає на його міцність на стиск та на модуль пружності і суттєво збільшує міцність на розтяг. Результати багатьох досліджень показали, що фіброве армування, у порівнянні зі звичайним бетоном, підвищує кубикову міцність сталевібробетону до 30%, призмову міцність до 32%, а міцність при осьовому розтягу до 50% [2, 3, 4]. Отже, можна сказати, що сталевібробетон є одним з ефективних композиційних матеріалів, який може широко використовуватись для виготовлення різноманітних бетонних та залізобетонних конструкцій.

Мета роботи: експериментальне дослідження впливу відсотку армування сталевую фіброю бетону для залізобетонних конструкцій при дії експлуатаційних навантажень для визначення кубикової, призмової міцності та міцності на розтяг.

Об'єкт досліджень: бетонні кубики з різним відсотком дисперсного армування сталевую фіброю та без нього, та призми на стиск та розтяг.

Методика та об'єм експериментальних досліджень (табл. 1): Для вирішення поставленої задачі було виготовлено і випробувано в лабораторії кафедри промислового, цивільного будівництва та інженерних споруд 27 зразків з бетону та фібробетону класу C25/30: 9 зразків кубиків 150x150x150 мм, 9 зразків призм 150x150x600 та 9 призм 100x100x400 мм. Виготовлення бетонних зразків (таблиця 1) проводилися як без фібрового армування так і з фібровим армуванням з коефіцієнтом μ_{fv} [6] який приймався в межах 0,4% та 0,8% від об'єму. Бетонну суміш виготовляли в бетономішалці вільного падіння. Перед укладанням в опалубку суміш для більшої однорідності додатково перемішували вручну. Призми та куби бетонували в металевих касетних опалубках. Ущільнення бетону в опалубках проводили глибинним вібратором. Випробування кубиків на стиск з бетону і фібробетону проводилися у віці 28 діб на гідравлічному пресі ПГ-250 з постійною швидкістю навантаження. Кубики встановлювали строго по центру плити преса (рис. 1).

Механічні характеристики бетону (кубова та призмова міцність) при одноразовому короткочасному навантаженні визначались за стандартними методиками [7].

Випробування зразків-призм на стиск виконували на гідравлічному пресі ПГ-250. Навантаження призм здійснювалося ступенями, величина яких приймалася в межах 8...10% від очікуваного руйнівного зусилля. На кожній ступені навантаження робилася витримка протягом п'яти хвилин, для стабілізації деформацій та зняття показів індикаторів. Перед кожним

випробуванням виконували центрування призм по фізичній осі (рис. 1). Випробування зразків проводили у віці бетону 28 діб.

Випробування спеціальних зразків-призм на розтяг визначали на розривній машині УММ – 50 при одноразовому навантаженні (рис.1).

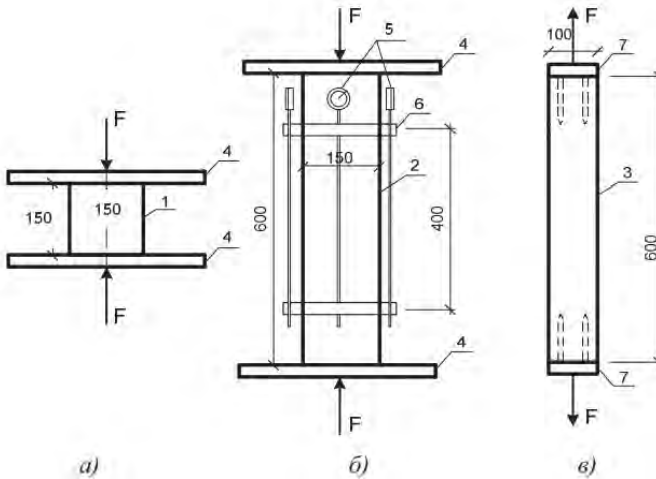


Рис.1. Схеми випробування і розміри дослідних зразків:

- а) дослідний зразок - куба на стиск; б) дослідний зразок - призма на розтяг; в) дослідний зразок – призма на розтяг; 1 - дослідний зразок - куба на стиск; 2 - дослідний зразок - призма на стиск; 3 - дослідний зразок - призма на розтяг; 4 - нижня і верхня траверса гідравлічної установки ПГ-250; 5 - індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,001 мм на базі 400 мм; 6 – кріплення індикаторів у вигляді сталевих рамок; 7 – спеціальні закладні анкерні пристрої, які дозволяють випробовувати призма на розтяг

Таблиця 1.

Об'єм експериментальних досліджень.

№ серії	Вид зразків	Розмір зразків, см	Коефіцієнт фібрового армування μ_{fv} , %	К-сть зразків	Предмет досліджень
0	Куби	15x15x15	0	3	Кубикова міцність бетону у віці 28 діб
	Призми	15x15x60	0	3	Призмova міцність бетону на стиск, модуль пружнопластичності
	Призми	10x10x40	0	3	Призмova міцність бетону на розтяг

продовження таблиці 1.

1	Куби	15x15x15	0,4	3	Кубикова міцність бетону у віці 28 діб
	Призми	15x15x60	0,4	3	Призмova міцність бетону на стиск, модуль пружнопластичності
	Призми	10x10x40	0,4	3	Призмova міцність бетону на розтяг
2	Куби	15x15x15	0,8	3	Кубикова міцність бетону у віці 28 діб
	Призми	15x15x60	0,8	3	Призмova міцність бетону на стиск, модуль пружнопластичності
	Призми	10x10x40	0,8	3	Призмova міцність бетону на розтяг

Результати випробувань: Результати випробувань бетонних зразків кубиків та призм на стиск та розтяг у процесі одноразового короткочасного навантаження у віці 28 діб наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Середнє значення зразків при випробовуванні на стиск та розтяг

№ серії	Відсоток армування $\mu, \%$	Руйнівне навантаження		
		Кубиков а міцність $f_{cm,cube},$ МПа	Призмova міцність $f_{cm,prism},$ МПа	Міцність на розтяг $f_{ctm},$ МПа
0	0	39,70	32,74	1,72
1	0,4	46,41	35,78	1,97
2	0,8	48,44	37,19	2,24

На рис. 2. наведені графіки середніх значень напруження-деформацій при випробуванні бетонних призм на стиск з різним відсотком дисперсного армування сталевими фібрами.

З графіка видно, що з початку навантаження призма деформувались пружно, а потім проявлялась пластичні деформації. Відносні поздовжні деформації з відсотками дисперсного армування сталевими фібрами 0,4% та 0,8% розвивались практично однаково. В свою чергу стелефіробетонні призми з відповідним відсотком армування руйнувались при навантаженнях на 9-14% більше чим звичайні бетонні призми. Підвищення міцності відбулося внаслідок сприйняття фібрами частини напружень розтягу, що діяли в поперечному напрямку. Різкого та крихкого руйнування бетону в зразках армованих сталевую фіброю не відбулося, зразки руйнувались плавно.

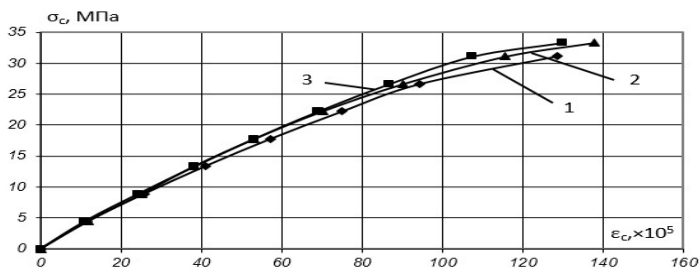


Рис. 2. Графік середніх значень напруження-деформацій при випробуванні бетонних призм на стиск з різним відсотком дисперсного армування сталевими фібрами:

1 – відсоток армування 0%; 2 – відсоток армування 0,4%; 3 – відсоток армування

Висновки: Задане дисперсне армування підвищує міцність бетону на розтяг в межах 15-30% та на стиск в межах 9-22%; в результаті дисперсного армування покращуються механічні характеристики бетону, що призводить до росту надійності та довговічності залізобетонних конструкцій.

1. Кияшко В. Т. Фібра для армування залізобетонних будівельних виробів//Журнал цивільного будівництва.-2012.-№8-с.61-66.

Kyashko V. T. Fibra dlia armuvannya zalizobetonnykh budivelnykh vyrobiv//Zhurnal tsyvilnoho budivnytstva.-2012.-№8-s.61-66.

2. Доброшинець С. Я. Вплив повторних малоциклових навантажень на механічні характеристики сталевібробетону та роботу згигальних елементів на його основі: Дис... канд. техн. наук: 05.23.01.-Луцьк. 2005 – 193с.

Dobroshinec S. Ya. Vpliv povtornih malociklovih navantazhen na mehanichni harakteristiki stalefibrobetonu ta robotu zsigalnih elementiv na jogo osnovi: Dis... kand. tehn. nauk: 05.23.01.-L'uck. 2005 – 193s.

3. Гетун Г.В. Экспериментально-теоретические исследования изгибаемых железобетонных конструкций, усиленных в растянутой зоне слоем сталефибробетона: Дис... канд. техн. наук: 05.23.01.-Киев, 1983. - 180с.

Getun G.V. Eksperimentalno-teoreticheskie issledovaniya izgibaemyh zhelezobetonnyh konstrukcij, usilennyh v rastyanutoj zone sloem stalefibrobetona: Dis... kand. tehn. nauk: 05.23.01.-Kiev, 1983. - 180s.

4. Нінічук М. В. Напружено-деформований стан та розрахунок комбіновано-армованих нерозрізних залізобетонних балок: Дис... канд. техн. наук: 05.23.01.-Рівне. 2021 – 181с.

Ninichuk M. V. Napruzhenno-deformovaniy stan ta rozrahunok kombinovano-armovanih nerozriznih zalizobetonnih balok: Dis... kand. tehn. nauk: 05.23.01.-Rivne. 2021 – 181s.

5. Дворкін Л. Й., Ковальчук Т. В. Оптимізація складу високоміцного сталевібробетону. Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. 2016. Вип. 32. С 45-54.

Dvorkin L. J., Kovalchuk T. V. Optimizaciya skladu visokomicnogo stalefibrobetonu. Resursoekonomni materialy, konstrukciyi, budivli ta sporudi. 2016. Vup. 32. S 45-54.

6. ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016 "Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону". – Київ.: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 32 с.

DSTU-N B V.2.6-218:2016 "Nastanova z proektuvannya ta vigoavlennya konstrukcij z dispersnoarmovanogo betonu". – Kiyiv.: DP «UkrNDNC», 2017. – 32 s.

7. ДСТУ Б В.2.7-217:2009. Методи визначення призмової міцності, модуля пружності і коефіцієнта Пуассона. – Київ.: Мінрегіонбуд України. 2010. – 16 с.

DSTU-N B V.2.7-217:2009. Metodu vuznachennia prizmovoi micnosti, modyليا pryuznosti i koeficienta Pyassona. – Kyiv.: Minrehionbud Ukrainy. 2010. – 16 s.