

ВПЛИВ КІЛЬКОСТІ ФІБРИ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНІВ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД

асп. Гедулян Д. Ю., кафедра автомобільних доріг та аеродромів

Науковий керівник д.т.н. проф. Кровяков С. О.

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Актуальність дослідження. Механічні характеристики дисперсно-армованого бетону (фібробетону) істотно відрізняються від звичайного бетону. Дисперсне армування допомагає знизити ризик утворення тріщин [1-4], що є однією з основних причин руйнування бетонних конструкцій. Волокна розподілені в об'ємі бетону, що утримує між собою окремі структурні блоки і запобігає розширенню тріщин. Тріщини виникають при максимальному рівні навантаження, мають однорідний характер розподілу у структурі матриці та розвиватися з меншим розкриттям у порівнянні зі звичайним бетоном [5]. Це показує ефективність застосування дисперсної арматури в конструкціях дорожніх покриттів і транспортних споруд та актуальність досліджень, спрямованих на розробку фібробетонів для транспортної галузі.

Стан проблеми. Використання армуючих волокон збільшує міцність на розтяг і ударну в'язкість бетону, що робить його більш стійким до механічних навантажень. В залежності від типу дисперсного армування показники міцності на стиск у порівнянні з бетоном без фібри підвищуються в середньому на 12%, на розтяг – 35% [6].

Попередні експериментальні дослідження властивостей фібробетонів [7, 8] показали, що застосування дисперсного армування поліпропіленовою фіброю дозволяє підвищити міцність бетону на розтяг при згині бетонів фактично не менш, ніж застосування сталевोї фібри, проте не вивчалось питання зміни ефективності використання фібри при варіюванні кількості цементу і суперпластифікатору.

Мета роботи. Визначення впливу кількості поліпропіленової фібри і суперпластифікатору полікарбоксилатного типу на міцність бетонів транспортних споруд.

Отримані результати.

Для виготовлення фібробетонів використовувалися: портландцемент ПЦ П/А-Ш-500Р-Н виробництва «ЮГцемент»; поліпропіленова фібра Baumesh виробництва ТОВ «БАУТЕХ-УКРАЇНА» з довжиною волокон 36 мм і діаметром 0,68 мм; суперпластифікатор полікарбоксилатного типу MC-PowerFlow 3200 виробництва MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG (Німеччина); гранітний щебінь фракції 5-20 мм; митий кварцовий пісок з модулем крупності 2,5.

Експеримент проводилися за D-оптимальним 3-х факторним 15-ти точковим планом [9], де варіювалися фактори складу: X_1 – кількість ПЦ, від 300 до 380 кг/м³; X_2 – кількість поліпропіленової фібри Baumesh, від 2,5 до 3,5 кг/м³; X_3 – кількість СП MC-PowerFlow 3200, від 1,0 до 1,6% від маси цементу [10].

Визначення міцності бетону випробовувались згідно з [11].

В процесі проведених експериментальних досліджень отримані дані щодо показників міцності на стиск та на розтяг при згині у віці 28 діб зразків фібробетону, за якими розраховувались експериментально-статистичні моделі та будувались однофакторні діаграми.

Аналіз діаграми впливу факторів складу на міцність фібробетонів на стиск $f_{ck.cube28}$ (рис. 1) показує, що в найбільшій мірі міцність фібробетонів у проектному віці зразків зростає при збільшенні кількості портландцементу. Цей вплив має нелінійний характер та зміна дозування в'язучого з 300 до 340 кг/м³ має більший вплив, ніж з 340 до 380 кг/м³.

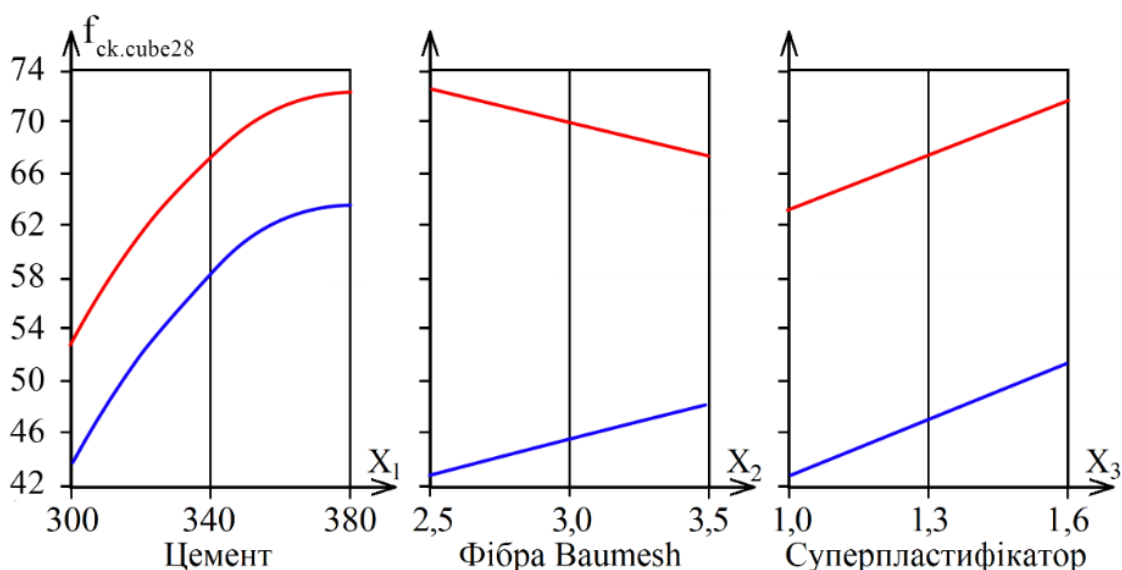


Рис. 1. Вплив варійованих факторів складу на міцність на стиск фібробетонів в зонах мінімальних і максимальних значень

Збільшення дозування суперпластифікатору в межах факторного простору експерименту при зменшенні водопотреби суміші також лінійно забезпечує приріст показника міцності приблизно на 12-14%. Введення поліпропіленової фібри при дозуванні в'язучого на рівні 300 кг/м^3 та невисокому вмісті добавки суперпластифікатору, як і у випадку ранньої міцності, зберігає лінійний характер та виявляє приріст міцності на 8%.

Однофакторні залежності впливу факторів складу на міцність на розтяг при згині матеріалу f_{ctk} наведені на рис. 2. За рахунок збільшенні дозування в'язучого до 380 кг/м^3 як в зоні мінімумів так і в зоні максимумів міцність фібробетонів на розтяг при згині зростає на 9-12%. Аналогічне зростання міцності на розтяг при згині досягається при збільшенні дозування суперпластифікатору з 1,0 до 1,6%. Характер впливу поліпропіленової фібри на цей показник міцності є нелінійним. Підвищення спостерігається при зростанні дозування волокон з $2,5 \text{ кг/м}^3$ до $3,0 \text{ кг/м}^3$ як при високих так і при низьких кількостях в'язучого та суперпластифікатору.

Таким чином, проведений аналіз впливу кількості поліпропіленової фібри і суперпластифікатору на міцність бетонів жорстких дорожніх покриттів та транспортних споруд показав, що в цілому з точки зору досягнення найбільшої міцності на стиск і на розтяг при згині раціональним є введення поліпропіленової фібри Baumesh у кількості близько $3,0 \text{ кг/м}^3$ та добавки MC-PowerFlow 3200 у кількості 1,5-1,6 % від маси цементу.

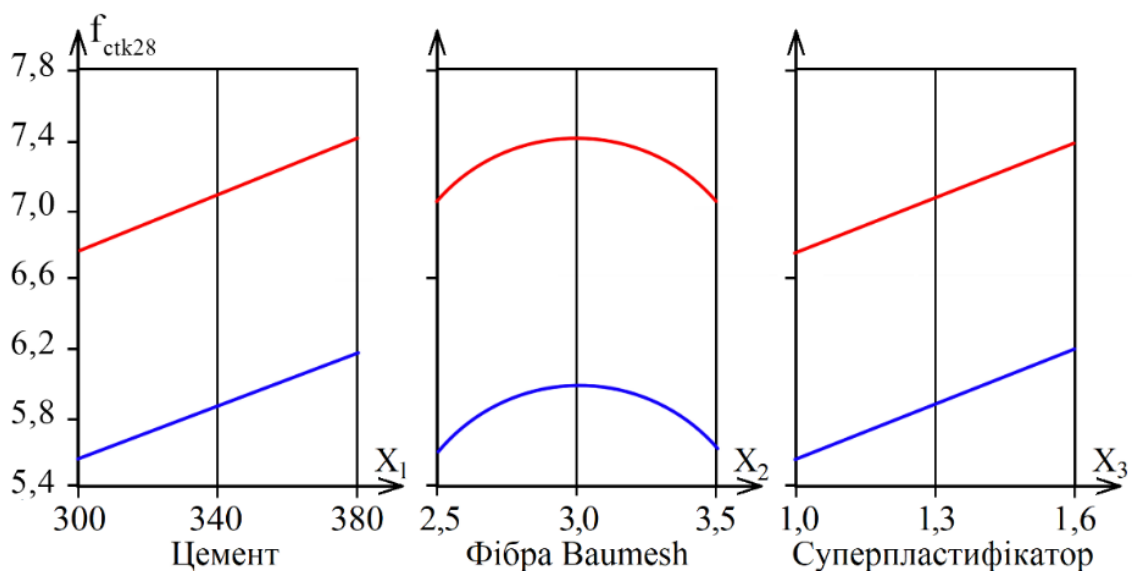


Рис. 2. Вплив варійованих факторів складу на міцність на розтяг при згині фібробетонів в зонах мінімальних і максимальних значень

Висновки. В результаті проведених експериментальних досліджень отримані дані щодо зміни показників міцності бетонів для жорстких дорожніх покриттів і транспортних споруд в залежності від кількості поліпропіленової фібри та суперпластифікатору полікарбоксилатного типу.

Встановлено, що зміна кількості армуючих волокон Baumesh в межах факторного простору експерименту несуттєво впливає на міцність фібробетонів на стиск. Збільшення кількості поліпропіленової фібри з 2,5 до 3,5 кг/м³ при дозуванні в'язучого на рівні 300-340 кг/м³ та вмісті добавки суперпластифікатору 1-1,3 % викликає зростання міцності на стиск на 4-8%. При максимальній кількості в'язучого і суперпластифікатору збільшення кількості фібри вище 2,5 кг/м³ навпаки дещо знижує міцність бетону на стиск.

Міцність фібробетонів на розтяг при згині очікувано підвищується при збільшенні кількості портландцементу. Зростання кількості суперпластифікатору також позитивно впливає на величину f_{ctk} . При цьому збільшення кількості фібри з 2,5 до 3,0 кг/м³ також ефективно підвищує міцність бетону на розтяг при згині. Такий вплив спостерігається як при високій, так і при низьких кількості в'язучого та суперпластифікатору.

Summary

The report presents an analysis of the influence of the amount of polypropylene fiber, cement and polycarboxylate-type superplasticizer on the strength characteristics of concrete for rigid road surfaces and transport structures. Portland cement PC II/A-Sh-500R-N, polypropylene fiber Baumesh with a fiber length of 36 mm and a diameter of 0.68 mm, and polycarboxylate-type superplasticizer MC-PowerFlow 3200 were used.

A 3-factor experiment was conducted in which the following composition factors were varied: the amount of Portland cement, 300 to 380 kg/m³; the amount of polypropylene fiber Baumesh, 2.5 to 3.5 kg/m³; the amount of superplasticizer, 1.0 to 1.6% of the cement mass. The compressive strength of fiber-reinforced concretes was determined at the age of 3 and 28 days, and the tensile strength at the age of 28 days.

Increasing the amount of reinforcing fibers from 2.5 to 3.5 kg/m³ at a high content in the mixture of binder and plasticizer does not significantly affect. By increasing the amount of fiber at a low amount of cement and superplasticizer, the early and project compressive strength of fiber-reinforced concretes increases insignificantly.

The nature of the influence of polypropylene fiber on this strength indicator is nonlinear. An increase in strength by 9-12% is observed with an increase in fiber dosage from 2.5 kg/m³ to 3.0 kg/m³ both at high and low amounts of binder and superplasticizer. It has been established that in general, from the point of view of achieving the highest

compressive and tensile strength when bending, it is rational to introduce Baumesht polypropylene fiber in an amount of about 3.0 kg/m³ and MC-PowerFlow 3200 additive in an amount of 1.5-1.6% of the cement mass.

ЛІТЕРАТУРА

1. Турба Ю. В. Солодкий С. Й., Турба Ю. В. Підвищення тріщиностійкості дисперсно армованих поліпропіленовою фіброю бетонів технологічними чинниками. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2017. Вип.66. С. 99–105.
2. Marushchak U., Sydor N., Braichenko S., Hohol M. Effect of Dry–Wet Cycles on Properties of High Strength Fiber-Reinforced Concrete. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2024, 438. 265–272. https://doi.org/10.1007/978-3-031-44955-0_27.
3. Дробишинець С.Я., Киричук М.В. Перспективи використання сталевібробетону в дорожньому будівництві. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2017. Вип. 6. С. 90-98.
4. Zajchenko, N. M., Lahtarina, S. V. Samouplotnyayushchiesya betony, dispersnoarmirovannye polimernymi voloknami. *Resursoekonomni materiali, konstrukcii, budivli ta sporudi*. 2011. 22. 63–70.
5. Liang N., Geng S., Mao J., Liu X., Zhou X. Investigation on cracking resistance mechanism of basalt-polypropylene fiber reinforced concrete based on SEM test. *Construction and Building Materials*, 2024. 411. 134102. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134102>.
6. Krayushkina K., Khymeriyk T., Bieliatynskiy A. Basalt fiber concrete as a new construction material for roads and airfields. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 708. 012088. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/708/1/012088>.
7. Kos Ž., Kroviakov S., Kryzhanovskiy V., Hedulian D. Strength, frost resistance, and resistance to acid attacks on fiber-reinforced concrete for industrial floors and road pavements with steel and polypropylene fibers. *Materials*, 2022, 15(23), 8339 <https://doi.org/10.3390/ma15238339>.
8. Kroviakov S., Kryzhanovskiy V., Hedulian D. Comparison of the Corrosion Resistance of Fiber-Reinforced Concrete with Steel and Polypropylene Fibers in an Acidic Environment. *Construction Materials*. 2025. 5(1), 6. <https://doi.org/10.3390/constrmater5010006>.
9. T.V. Lyashenko, V.A. Voznesenskiy. Composition-process fields methodology in computational building materials science. Astroprint, 2017, 168 p.
10. Kroviakov S.O., Hedulian D.Yu., Hedulian S.I. The influence of the amount of polypropylene fiber and superplasticizer on the strength of concretes for rigid road surfaces and transport structures. *Сучасне будівництво та архітектура*, 2025, №11, С.88-97 <https://doi.org/10.31650/2786-6696-2025-11-88-97>.
11. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. Нац. стандарт України. Чинний від 2010-09-01. Вид. офіц. Київ : ДП НДІБК, Мінрегіонбуд України, 2010. 43 с.