

ВПЛИВ МОДИФІКАТОРІВ І ПОЛІМЕРНОЇ ФІБРИ НА МІЦНІСТЬ БЕТОНІВ ЖОРСТКИХ ДОРОЖНІХ ПОКРИТТІВ

INFLUENCE OF MODIFIERS AND POLYMER FIBER ON THE STRENGTH OF CONCRETE OF RIGID PAVEMENTS

Мішутін А.В., д.т.н., проф., Іськов В.О., асп., (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

Andrey Mishutin, Doctor of Technical Sciences, Prof., ORCID: 0000-0003-1586-0006 **Vladimir Iskov, graduate student,** ORCID: 0009-0008-8995-4367

Досліджено вплив полімерної фібри та хімічних добавок на властивості фібробетонів для жорстких покриттів автомобільних доріг. Встановлено оптимальні склади з міцністю на стиск до 60,0 МПа і вигин — до 11,0 МПа. Фібра до 3 кг/м³ підвищує тріщиностійкість. Матеріал рекомендовано для покриття доріг I–II категорій. Заплановано дослідження морозо- та зносостійкості.

The paper presents the results of comprehensive experimental research aimed at developing modified fiber concretes for use in rigid cement concrete road pavements. The main objective of the study was to investigate the effect of polymer fibers and a combination of chemical additives, including superplasticizer, air-entraining and colmatation additives, on the basic physical and mechanical properties of fiber concrete. The research methodology was based on experimental-statistical modeling using a symmetric four-factor model of experiments to systematically evaluate the influence and interaction of the selected components.

The obtained data indicate that the inclusion of polymer fiber in the amount of up to 3 kg/m³ contributes to a significant increase in tensile strength in bending, reaching values up to 11.0 MPa, while having an insignificant effect on compressive strength. As a result of experimental studies, the optimal compositions of concrete mixtures were determined, providing an average density in the range of 2.3-2.4 g/cm³, water absorption of no more than 1.7% and compressive strength of more than 55 MPa. These parameters meet and exceed the requirements for high-strength road concretes.

According to the experimental results, the developed modified fiber concretes can be recommended for use in the construction of road pavements of I and II categories, where increased mechanical characteristics and durability are important. The frost resistance and durability are planned for further study.

Ключові слова: бетон, фібробетон, міцність, автодороги
concrete, fiber concrete, strength, roads

Вступ

На сучасному етапі в Україні особливу увагу приділяють розвитку інфраструктури, автомобільних доріг з використанням цементобетонного покриття та влаштування жорстких шарів дорожнього одягу.

Використання модифікованих фібробетонів - це можливість поліпшення якості та довговічності дорожніх одягів і розширення їх спектра матеріалів.

Аналіз останніх досліджень

Проведені науково-дослідні роботи [1, 2, 3, 4] показали ефективність застосування модифікаторів для бетону фірм: Basf, Sika, Mapei, Sika..

- пластифікуючих добавок на основі полікарбосилату;
- добавок, що регулюють структуру бетону;
 - а). повітровтягувальних добавок
 - б). ущільнюючих добавок на основі нітрату кальцію;
- полімерної фібри.

Метою роботи є розробка модифікованих фібробетонів для жорстких дорожніх покриттів та аналіз впливу вищевказаних модифікаторів і полімерної фібри на міцність бетонів для покриття автомобільних доріг.

Аналіз досліджень і діаграм (рис. 1) [1] дав змогу рекомендувати до наступних досліджень склади фібробетонів з оптимальною кількістю в'язучого та заповнювачів

Фібробетон забезпечує міцність на стиск $f_{ck.cube} \geq 55$ МПа, водопоглинання до 1.7% і середню густину 2.3-2.4 г/см³ і рекомендований для жорсткого покриття доріг I і II категорії. [5].

Подальші дослідження властивостей модифікованих фібробетонів проводили з використанням методів планування експерименту та експериментально-статистичного моделювання (ЕС-модель) за оптимальним 4-х факторним симетричним планом. Для досліджень використовували математичний статистичний експеримент, із застосуванням таких матеріалів:

- Портландцемент ПЦ II/A-III-500P-H;
- Гранітний щебінь фракції 5-20 мм;
- Кварцовий пісок із модулем крупності 2,5;
- Суперпластифікатор "Dynamon NRG1010";
- Повітровтягувальна добавка "Mapeair AE2";
- Кальматуюча добавка "Idrocrete KR100";
- Полімерна фібра "Mapefibre ST"; Полімерна фібра "Mapefibre ST ";

Таблиця 1

План експерименту та склади досліджених фібробетонів

№	Рівні факторів (% від цементу)			кг/см ³	Склад бетону (кг/м ³)			
	X2	X3	X4	X5	Цемент	Щебень	Пісок	Вода
	супер пластифікатор	Повітро втягувальна добавка	кольматуюча добавка	фібра				
-1	0,5	0	0	0				
0	0,75	0,04	1	2				
1	1	0,08	2	4				
1	1	1	1	1	450	1275	495	180
2	1	1	-1	-1	450	1275	495	180
3	1	-1	1	-1	450	1275	495	180
4	1	-1	-1	1	450	1275	495	180
5	-1	1	1	-1	450	1275	495	180
6	-1	1	-1	1	450	1275	495	180
7	-1	-1	1	1	450	1275	495	180
8	-1	-1	-1	-1	450	1275	495	180
9	0	0	0	0	450	1275	495	180
10	0	0	0	0	450	1275	495	180
11	1	0	0	0	450	1275	495	180
12	-1	0	0	0	450	1275	495	180
13	0	1	0	0	450	1275	495	180
14	0	-1	0	0	450	1275	495	180
15	0	0	1	0	450	1275	495	180
16	0	0	-1	0	450	1275	495	180
17	0	0	0	1	450	1275	495	180
18	0	0	0	-1	450	1275	495	180
19	0	0	0	0	450	1275	495	180
20	0	0	0	-1	450	1275	495	180
21	0	0	0	0	450	1275	495	180

Середня щільність (ρ) (рис. 2): зі збільшенням кількості суперпластифікатора - збільшується на 3%; зі збільшенням

повітрявтягувальної добавки - ρ зменшується на 2%, збільшується пористість бетону; з додаванням кальматуючої добавки - ρ збільшується на 1,5%.

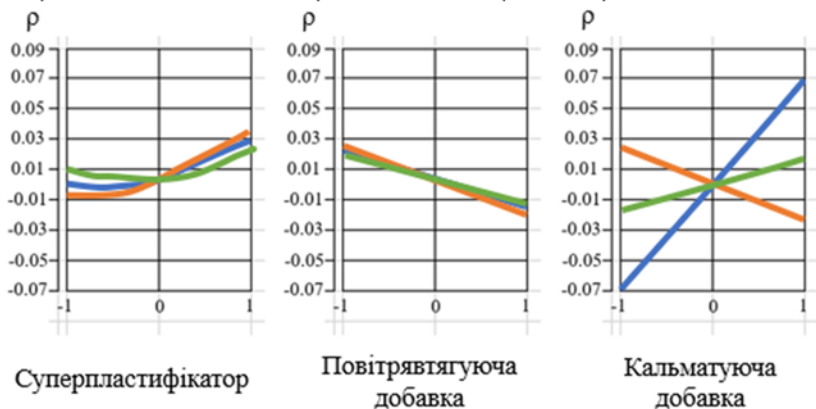


Рис. 2. Вплив факторів на показник середньої щільності

Отримано такі експериментальні дані щодо міцності фібробетону (табл. 2):

Таблиця 2

Міцність на стиск, міцність на розтягнення під час згинання
у віці 28 діб (МПа)

№ складу	Міцність на стиск у віці 28 діб $f_{ck,cube}$	Міцність на розтягнення при вигині у віці 28 діб f_{ctk}
1	2	3
1	48,2	8,8
2	52,7	6
3	56,2	7,2
4	51,2	8
5	54,3	9,3
6	54,3	7,6
7	38,2	8,7
8	38	8,5
9	60,7	7,2
10	59,7	7,6
11	49,9	6,6
12	50,3	7,4
13	50,4	7,4
14	43,2	8,5
15	46,9	10,1
16	47,2	2,4

1	2	3
17	42,2	11,7
18	48	4,4
19	45,9	6
20	51	5,4
21	51,8	6

Аналіз досліджень модифікованих фібробетонів щодо міцності на розтягнення під час вигину:

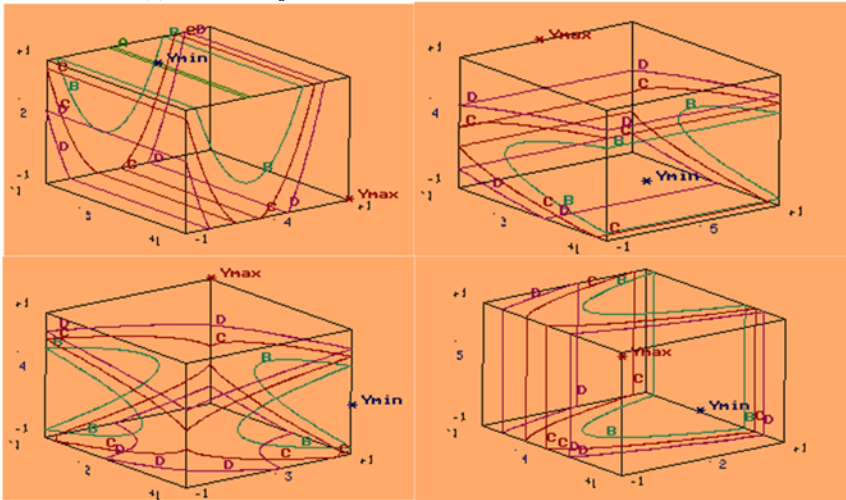


Рис. 3. Модель досліджень модифікованих фібробетонів щодо міцності на розтягнення під час вигину

При збільшенні кальматуючої добавки від 0 до 9 кг/м³, повітровтягувальної добавки від 0 до 0,36 кг/м³ – міцність фібробетону на вигин f_{ctk} збільшується від 6,5 до 7,5 МПа (Рис. 3)

Дисперсне армування полімерною фіброю є ефективним методом підвищення стійкості бетонів до напружень розтягування. За рахунок застосування фібри в кількості 1,5-2 кг на/м³ міцність на розтяг у разі вигину бетонів жорстких дорожніх покриттів підвищується на 0,6...0,8 МПа, що пояснюється здатністю волокон сприймати напруження розтягування [1].

Висновки та перспективи подальших досліджень.

У результаті проведених експериментальних досліджень отримано дані щодо зміни показників міцності бетонів для жорстких покриттів залежно від кількості полімерної фібри та модифікаторів.

Встановлено, що зміна кількості армувальних волокон "Marafibre ST" у межах факторного простору експерименту несуттєво впливає на міцність фібробетонів на стиск. Збільшення кількості полімерної фібри з 2,5 до 3,0

кг/м³ за кількості в'язучого на рівні 450 кг/м³ збільшує міцність на стиск на 4%.

Міцність фібробетонів на розтяг під час вигину очікувано підвищується при збільшенні кількості фібри до 3 кг/м³.

Надалі планується дослідити морозостійкість, зносостійкість і корозійну стійкість фібробетонів, а також з урахуванням аналізу отриманих експериментальних даних щодо міцності на стиск і розтягнення під час вигину планується визначити можливість підвищення ефективності використання армувальних полімерних волокон..

1. Ефективні види фібробетонів : монографія / Л. Й. Дворкін, А.В.Мішутін, С.О.Кровяков, О.М.Бордюженко, Л.Кінтя. Одеса : ОДАБА, 2021. 249 с. ISBN 978-617-7900-36-7

Efektivni vydy fibrobetoniv : monohrafiia / L. Y. Dvorkin, A.V.Mishutin, S.O.Kroviakov, O.M.Bordiuzhenko, L.Kintia. Odesa : ODABA, 2021. 249 c. ISBN 978-617-7900-36-7

2. Теоретичні та практичні методи оцінювання надійності і довговічності транспортних споруд: монографія / А.М. Онищенко, А.І. Лантух-Лященко, А.В. Мішутін та ін. – Київ: Вид-во Людмила, 2024. – 164 с. ISBN 978-617-555-233-9

Teoretychni ta praktychni metody otsiniuvannia nadiinosti i dovhovichnosti transportnykh sporud: monohrafiia / A.M. Onyshchenko, A.I. Lantukh-Liashchenko, A.V. Mishutin ta in. – Kyiv: Vyd-vo Liudmyla, 2024. – 164 s. ISBN 978-617-555-233-9

3. Mishutin A., Iskov V. Concrete for road paving using fibre and recycled aggregates // Proceedings of the XII International Conference “PROBLEME ACTUALE ÎN URBANISM ȘI ARHITECTURĂ”. – Chișinău: Technical University of Moldova, 2024. – P. 195–202. – ISBN 978-9975-64-476-1.

4. Kos Ž., Kroviakov S., Mishutin A., Poltorapavlov A. An Experimental Study on the Properties of Concrete and Fiber-Reinforced Concrete in Rigid Pavements // Materials. – 2023. – Vol. 16, No. 17. – Article 5886. – DOI: 10.3390/ma16175886.

5. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. – Чинний від 2016-04-01. – К.: Мінрегіон України, 2015. – 48 с.

DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. – Chynnyi vid 2016-04-01. – K.: Minrehion Ukrainy, 2015. – 48 s.