

П.М. Фірсов, С.О. Надточій

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ДЕФОРМАТИВНОСТІ ДОРОЖНІХ ПЛИТ АРМОВАНИХ КОМПОЗИТНОЮ АРМАТУРОЮ МАЛОГО ДІАМЕТРУ

В науковій роботі досліджується напружено-деформований стан дорожніх плит ПД2-9,5, армованих ідентичними каркасами зі склопластикової арматури та металевої арматури А500С 10-го діаметру. Для верифікації гіпотези стосовно можливості рівномірної заміни металевої арматури на композитну арматуру меншого діаметру, для армування плити була застосована склокомпозитна арматура 7-го діаметру. Встановлено, що фактична несуча здатність плити з армуванням металевою арматурою вища в 2,3 рази ніж несуча здатність плити з армуванням склопластиковою арматурою малого діаметру.

Ключові слова: міцність, композитна арматура, напружено-деформований стан, дорожня плита.

Постановка проблеми

Композитна арматура займає дедалі міцніші позиції в сегменті сучасної будівельної галузі. Це обумовлено такими показниками, як висока міцність, покращена корозійна стійкість, низька теплопровідність та іншими корисними властивостями. Одночасно, наряду з суттєвими перевагами необхідно відзначити й об'єктивні недоліки, основним з яких є низький модуль деформації, який ближче до бетону ніж до сталі, що уповільнює включення композитної арматури в сумісну роботу елементів [1].

Станом на теперішній час на багатьох Інтернет-ресурсах приводиться інформація стосовно можливості рівномірної заміни металевої арматури на композитну арматуру меншого діаметру, при армуванні різних видів конструкцій. Дане припущення базується на зіставленні механічних характеристик відповідних виробів. Композитна арматура дійсно має майже вдвічі більшу характеристичну міцність на розтяг ніж металева [2]. Проте для забезпечення надійної роботи конструкцій необхідно враховувати не тільки наведений показник, а й цілу низку конструктивних факторів: вплив середовища, геометрію елементу, умови докладання навантажень (експлуатації), деформативність, зчеплення арматури з бетоном, питання реології та релаксації тощо [3, 4, 5].

Відомо, що композитна арматура не поводить себе так само, як сталева арматура, оскільки в багатьох випадках їх механічні властивості суттєво відрізняються. Композитні вироби мають вищу міцність, але менший модуль пружності, тому безпосередня заміна сталі на дану арматуру не завжди можлива відповідно до багатьох

конструкційних вимог [6]. Отже, відсутність вичерпної інформації про експлуатаційні характеристики, а також недосконалість чинних будівельних норм в Україні, обумовлює необхідність проведення експериментально-прикладних досліджень різних типів бетонних конструкцій з армуванням композитними виробами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

З 60-х років ХХ століття в різних країнах розроблялися норми та рекомендації з розрахунку бетонних конструкцій, армованих АНК (арматурою неметалевою композитною). Переважно, вони гармонізовані з нормами розрахунку залізобетонних конструкцій із урахуванням особливостей фізико-механічних властивостей АНК. Всі вказані норми базуються на даних експериментальних досліджень, а також ґрунтуються на принципі розрахунку конструкцій за методом граничних станів. Перша група граничних станів передбачає розрахунок за несучою здатністю, друга група – за придатністю до нормальної експлуатації [7].

Одним з прогресивних напрямків в даній галузі є розробка балочного методу визначення зчеплення арматури з бетоном, який вперше був впроваджений в Україні в роботах проф. Клімова Ю.А [8, 9]. Даний метод передбачає випробування спеціальних зразків бетонних балок на згин. Балка складається з двох половинок, з'єднаних між собою в розтягнутій зоні випробовуваним арматурним стрижнем, а в стиснутій зоні через закладні деталі - сталевим циліндром. В процесі випробувань вимірюється зміщення розташованого на торці балки вільного кінця композитного стрижня. Дотичні напруження зчеплення з бетоном

обчислюються в залежності від осевого зусилля в стрижні, в перерізі з'єднання половинок балки. У якості критерію відповідності вимогам зчеплення арматури з бетоном приймаються рекомендації EN 1992-1-1 [10] та АСІ 440.1R-06 [11].

За останні роки співробітниками ХНУМГ імені О.М. Бекетова був проведений ряд досліджень з питань модифікації складу склокомполімерної арматури (з метою підвищення модуля пружності і корозійної міцності), створення комбінованих композитних виробів (введення поздовжніх вуглецевих ниток в ядро стрижня під час виготовлення), встановлення несучої здатності конструкцій армованих АНК та визначення зчеплення композитної арматури з бетоном, що знайшло відображення у відповідних наукових роботах і публікаціях [12, 13].

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є встановлення експериментальним шляхом (експериментальна верифікація) характеру деформування, а також визначення характеристик тріщиностійкості, деформативності і несучої здатності дорожніх плит ПД2-9,5, армованих ідентичними каркасами зі склопластикової арматури (присвоєно шифр ПД2-9,5 СК) та металевої арматури А500С (присвоєно шифр ПД2-9,5 М) при короткочасному рівномірному розподіленому навантаженні.

Виклад основного матеріалу

Дорожні плити ПД2-9,5 (СК) і ПД2-9,5 (М), загальною довжиною 2975 мм та шириною 1477 мм, армовані стрижнями 9Ø10А500С+11Ø10А500С та композитними склопластиковими стрижнями малого діаметру 9Ø7+11Ø7 АНК (рис. 1).

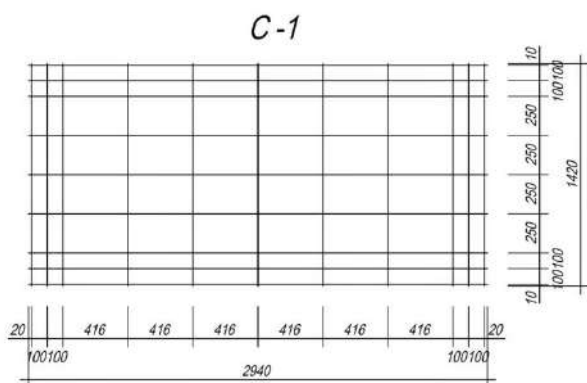


Рис. 1. Армуння дорожньої плити ПД2-9,5

Випробування (тестування) плит проведено відповідно до вимог ДСТУ Б В.2-6-7-95 в цеху ЗЗБК "Еталон" (м. Харків), при температурі зовнішнього середовища +5°C, вологості - 55%.

Плити виконані з бетону класу С25/30, мають поперечну і верхню конструктивну арматуру. Вік досліджуваних плит перевищує 28 діб від дати виготовлення. Міцність бетону була попередньо перевірена неруйнівним методом ударного імпульсу за допомогою сертифікованого вимірювача міцності ОНІКС-2.5.

Навантаження на плити докладалось штучним вантажем – бетонними фундаментними блоками ФБС-24-4-6, які були попередньо зважені (рис. 2). Вага кожного блоку в середньому складає 1270 кг.



Рис. 2. Попереднє зважування блоків електронними підвісними крановими вагами

Блоки встановлювалися на плиту парно (від країв плити до її центру), рядами по всій її ширині, з симетричним підбором блоків приблизно однакової ваги. На кожен ряд припадало 7 блоків. Останній непарний (сьомий) блок замикав повний ряд у центрі плити (рис. 3).



Рис. 3. Завантаження плит блоками ФБС 24-4-6

Вимірювання параметрів деформування проведено механічними приладами: прогиноміром

6ПАО (присвоєно шифр ПР-1) та тензометричною вимірювальною системою СИИТ-3 з датчиками ДПІ-100 (датчикам присвоєно шифри Д1-Д4).

Схема розташування вимірювальних приладів приведена на рис. 4.

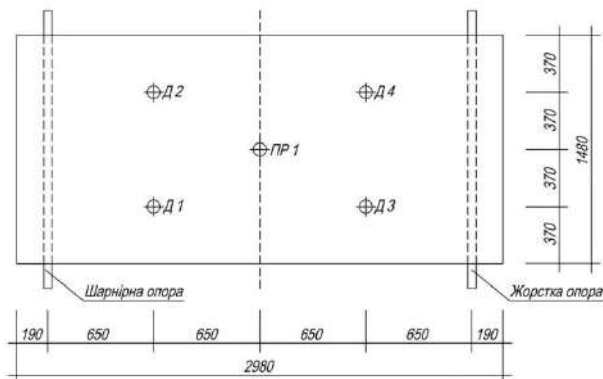


Рис. 4. Схема розташування вимірювальних приладів

Навантаження прикладалося поетапно. Після прикладення навантаження на кожній ступені плита витримувалась під навантаженням 10 хв.

В процесі навантаження вимірювались прогини в середині прольоту між опорами, а також осідання опор в чвертях прольоту.

Послідовність докладання навантаження і показники вимірювальних пристроїв відображені в табл. 1-2.

Таблиця 1

Результати випробувань плити ПД2-9,5 (СК)

| q, кН/м ² | Переміщення, мм | | | | |
|----------------------|-----------------|------|----|------|------|
| | ПР-1 | Д1 | Д2 | Д3 | Д4 |
| 5,8 | 0,29 | 0,23 | - | 0,25 | 0,39 |
| 11,6 | 0,77 | 0,57 | - | 0,76 | 0,94 |
| 17,5 | 1,46 | 1,07 | - | 1,37 | 3,82 |
| 20,6 | 34,3 | 16,4 | - | 19,9 | 21,0 |

Повне руйнування плити ПД2-9,5 (СК) відбулось при значенні рівномірно розподіленого навантаження $v = 20,6$ кН/м² (загалом 7 блоків ФБС 24-4-6 сумарною вагою 88,9 кН, тобто 1 повний ряд блоків).

Виходячи з умов техніки безпеки, після розвантаження плити ПД2-9,5 (СК) була зафіксована ширина розкриття тріщин в центральній частині прольоту. Нормальні тріщини почали формуватися в середині довжини прольоту при сумарному навантаженні на плиту 7630 кг (6 блоків), та далі вони розвивались до моменту

повного руйнування 8950 кг (7 блоків, тобто один повний ряд). Ширина тріщин після розвантаження плити дорівнює 0,25-0,35 мм (рис. 5).



Рис. 5. Плита ПД2-9,5 (СК). Утворення нормальних тріщин по довжині прольоту між опорами (після розвантаження)

Також, після розвантаження, в нижній (розтягнутій) зоні плити були зафіксовані чисельні структурні тріщини сітчастого характеру, з різною величиною розгалуження (рис. 6).



Рис. 6. Структурні тріщини в нижній розтягнутій зоні плити ПД2-9,5 (СК)

Таблиця 2

Результати випробувань плити ПД2-9,5 (М)

| q, кН/м ² | Переміщення, мм | | | | |
|----------------------|-----------------|------|------|------|------|
| | ПР-1 | Д1 | Д2 | Д3 | Д4 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5,8 | 0,56 | 1,03 | 0,9 | 1,49 | 0,74 |
| 11,6 | 1,07 | 1,58 | 1,42 | 2,09 | 1,24 |
| 17,5 | 1,88 | 2,54 | 2,11 | 2,78 | 1,71 |
| 20,6 | 2,48 | 3,64 | 3,15 | 3,7 | 2,65 |
| 26,4 | 3,27 | 4,66 | 3,92 | 4,3 | 3,27 |
| 32,2 | 5,13 | 6,39 | 5,27 | 5,53 | 4,33 |

Продовження табл. 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|------|-------|------|------|------|
| 38 | 9,16 | 9,33 | 8,4 | 8,43 | 7,04 |
| 41,2 | 10,6 | 10,57 | 9,66 | 9,39 | 7,77 |

Руйнування плити ПД2-9,5 (М) не відбулося при величині рівномірно розподіленого навантаження $\nu = 41,2 \text{ кН/м}^2$ (загалом 14 блоків ФБС 24-4-6 сумарною вагою 177,8 кН, тобто 2 повних ряди блоків та 2 додаткових блоки зверху встановлених в поперечному напрямку, рис. 7).



Рис. 7. Завантаження блоками плити ПД2-9,5 (М)

При випробуванні плити з армуванням металевою арматурою А500С нормальні тріщини почали формуватися в середині довжини прольоту при сумарному навантаженні на плиту $\approx 14030 \text{ кг}$ (11 блоків), та далі вони розвивались до моменту прикладання подальшого навантаження (20440 кг, тобто 2 повних ряди блоків та 2 додаткових блоки зверху встановлених в поперечному напрямку). При цьому ширина розкриття поверхневих тріщин при максимальному навантаженні для плити ПД2-9,5 (М) не перевищувала 0,2 мм (рис. 8).

Після установки 2 повних рядів блоків та 2 додаткових блоків зверху у поперечному напрямку, було вирішено не доводити плиту ПД2-9,5 (М) до повного руйнування, виходячи з умов техніки безпеки.

Висновки

1. В якості об'єкта дослідження розглядався напружено-деформований стан дорожніх плит марки ПД2-9,5 (плита на пружній основі), з різними видами армування. Проте в експерименті, для визначення фактичної несучої здатності через рівномірно розподілене навантаження, була застосована розрахункова схема з “балочною” плитою, тобто з обпиранням на дві опори.



Рис. 8. Плита ПД2-9,5 (М). Утворення поверхневих тріщин по довжині прольоту між опорами (під час максимального завантаження)

Проте в експерименті, для визначення фактичної несучої здатності через рівномірно розподілене навантаження, була застосована розрахункова схема з “балочною” плитою, тобто з обпиранням на дві опори.

2. Поява, формування та розкриття нормальних тріщин в обох досліджуваних плитах відповідає “класичному” характеру тріщиноутворення у залізобетонних елементах, що працюють на згин.

3. Після руйнування плити ПД2-9,5 (СК) з армуванням склопластиковою композитною арматурою були зафіксовані чисельні структурні тріщини сітчастого характеру, з різною величиною розгалуження, переважно в боковій центральній частині та в нижній (розтягнутій) зоні.

4. Сумарний остаточний прогин в центрі плити ПД2-9,5 (СК) з армуванням склопластиковою композитною арматурою в момент руйнування становить 3,41 см, що значно перевищує допустиме значення $F_{max} = 1/150$ (1,73 см) при довжині прольоту $L < 3 \text{ м}$. Одночасно сумарний прогин в центрі плити ПД2-9,5 (М) з армуванням металевою арматурою при поточному максимальному рівномірно розподіленому навантаженні (без повного руйнування плити) становить 1,06 см, що задовольняє загальноприйнятим вимогам.

5. Фактична несуча здатність дорожньої плити ПД2-9,5 (М) з армуванням металевою арматурою А500С вища в 2,3 рази ніж несуча здатність плити з аналогічним армуванням склопластиковою композитною арматурою. Цей факт не дає підстав для ствердження про ефективне використання $\varnothing 7 \text{ мм}$ склопластикової композитної арматури в

якості умовно “рівномічної” заміни металеві арматури класу А500С Ø10 мм при армуванні елементів подібного типу. Проте, з іншого боку, це зовсім не виключає можливість використання композитної арматури при армуванні плит на пружній основі. Для забезпечення конструктивних вимог необхідне суттєве збільшення діаметру використовуваної композитної арматури, або, як варіант, застосування комбінованого армування з поєднанням металеві (поздовжньої) і композитної арматури (поперечної). Даний вид комбінованого армування в теперішній час набуває все більшого поширення у багатьох закордонних країнах, з метою зниження загальних витрат металу [14, 15, 16].

Література

1. Abedini M. Evaluation of concrete structures reinforced with fiber reinforced polymers bars: a review / M. Abedini, E. Akhalagi, J. Mehrmashhadi, M. Mussa // *Journal of Asian Scientific Review*. – 2017. – Vol. 7(5). – P. 165-175. DOI : [10.18488/journal.2.2017.75.165.175](https://doi.org/10.18488/journal.2.2017.75.165.175)
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровіну. – Київ: Мінрегіон України, 2012. – 32 с.
3. Luhchenko O. Peculiarities of calculation and design of slabs on elastic cushion reinforced with non-metallic composite reinforcement / O. Luhchenko, D. Oreshkin, A. Nazhem // *MATEC Web of Conf.* – 2018. – Vol. 230. – 9 p. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002017>
4. Babaev V. Rational design of structural building systems / V. Babaev, I. Ievzerov, S. Evel, A. Lantoukh-Liashchenko, V. Shevetovsky, O. Shimanovskyi, V. Shmukler, M. Sukhonos. – Berlin: DOM Publishers, 2020. – 384 p.
5. Przygocka M. Pre-stress losses in FRP pre-stressed reinforced concrete – subject overview / M. Przygocka, R. Kotynia // *Archives of Civil Engineering*. – 2018. – Vol. LXIV(4). – P. 257-268. DOI : [10.2478/ace-2018-0073](https://doi.org/10.2478/ace-2018-0073)
6. Ceroni F. Durability issues of FRP rebars in reinforced concrete members / F. Ceroni, E. Cosenza, M. Gaetano, M. Pecce // *Cement and Concrete Composites*. – 2006. – Vol. 28(10). – P. 857-868. DOI : [10.1016/j.cemconcomp.2006.07.004](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.07.004)
7. Коваль П.М. Врахування дії малоциклових навантажень при розрахунку бетонних балок, армованих базальто-пластиковою арматурою / П.М. Коваль, О.Я. Гримак, С.В. Стоянович // *Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика*. – Київ: Збірник наукових праць Українського державного університету науки і технологій, 2018. – Вип. 13. – С. 37-45. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2018/151432>
8. Клімов Ю.А. Експериментальні дослідження зчеплення композитної неметалевої арматури з бетоном / Ю.А. Клімов, О.С. Солдатченко, Д.О. Орешкін // *Вісник Національного університету "Львівська Політехніка"*. – Львів: НУ ЛПІ, 2010. – Вип. 662. – С. 207-214.
9. Клімов Ю.А. Дослідження зчеплення арматури з підвищеною корозійною стійкістю з бетоном / Ю.А. Клімов, П.С. Боденчук, О.С. Солдатченко // *Містобудування та територіальне планування*. – Київ: КНУБА, 2011. – Вип. 40(1). – С. 454-460.
10. EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1. General rules and rules for buildings. – Brussels: European Committee for Standardization, 2004. – 225 p.
11. ACI 440.1R-15. Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars. – Farmington Hills: American Concrete Institute, 2015. – 88 p.
12. Білим П.А. Підвищення корозійної стійкості склопластикової арматури шляхом модифікації полімерного сполучного / П.А. Білим, П.М. Фірсов, С.О. Надточій // *Науково-технічний збірник "Комунальне господарство міст"*. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2023. – Вип. 175(1). – С. 47-51. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-47-51>
13. Фірсов П.М. Розрахункова методика визначення зчеплення композитної арматури з бетоном / П.М. Фірсов, С.М. Золотов, С.О. Надточій // *Науково-технічний збірник "Комунальне господарство міст"*. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2023. – Вип. 175(1). – С. 39-46. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-39-46>
14. Pang M. Numerical study of using FRP and steel rebars in simply supported prestressed concrete beams with external FRP tendons / M. Pang, Z. Li, T. Lou // *Polymers (Basel)*. – 2020. – Vol. 12. – 16 p. DOI: [10.3390/polym12122773](https://doi.org/10.3390/polym12122773)
15. Ibrahim H. Application of steel and FRP reinforcement combination in moment resisting frames: prospects and challenges / H. Ibrahim, M. Fahmy // *Proceedings of 10th International Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2021)*. – 2022. – P. 1065-1075. DOI : [10.1007/978-3-030-88166-5_93](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88166-5_93)
16. Ren Y. Durability and flexural properties of concrete slabs with mixed GFRP bars and steel bars / Y. Ren // *Academic Journal of Engineering and Technology Science*. – 2021. – Vol. 4(5). – P. 15-19. DOI : [10.25236/AJETS.2021.040503](https://doi.org/10.25236/AJETS.2021.040503)

References

1. Abedini M., Akhalagi E., Mehrmashhadi J., Mussa M. (2017) Evaluation of concrete structures reinforced with fiber reinforced polymers bars: a review. *Journal of Asian Scientific Review*. Vol. 7(5). P. 165-175. DOI : [10.18488/journal.2.2017.75.165.175](https://doi.org/10.18488/journal.2.2017.75.165.175)
2. DSTU-N B V.2.6-185:2012. Nastanova z proektuvannia ta vyhotovlennia betonnykh konstruktii z nemetalevoiu kompozytnoiu armaturoiu na osnovi bazalto- i sklorovinu. (2012) Kyiv: Minrehion Ukrainy, 32 s.
3. Luhchenko O., Oreshkin D., Nazhem A. (2018) Peculiarities of calculation and design of slabs on elastic cushion reinforced with non-metallic composite reinforcement. *MATEC Web of Conf*. Vol. 230. 9 p. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201823002017>
4. Babaev V., Ievzerov I., Evel S., Lantoukh-Liashchenko A., Shevetovsky V., Shimanovskyi O., Shmukler V., Sukhonos M. (2020) Rational design of structural building systems. Berlin: DOM Publishers, 384 p.
5. Przygocka M., Kotynia R. (2018) Pre-stress losses in FRP pre-stressed reinforced concrete – subject overview. *Archives of Civil Engineering*. Vol. LXIV(4). P. 257-268. DOI : [10.2478/ace-2018-0073](https://doi.org/10.2478/ace-2018-0073)
6. Ceroni F., Cosenza E., Gaetano M., Pecce M. (2006) Durability issues of FRP rebars in reinforced concrete members. *Cement and Concrete Composites*. Vol. 28(10). P. 857-868. DOI : [10.1016/j.cemconcomp.2006.07.004](https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2006.07.004)
7. Koval P.M., Hrymak O.Ya., Stoyanovich S.V. (2018) Taking into account the action of low-cycle loads whencalculating concrete beams reinforced by basalt-plastic reinforcement *Bridges and tunnels: Theory, Research, Practice*. Vol. 13. P. 37-45. DOI: <https://doi.org/10.15802/bttrp2018/151432>
8. Klimov Yu.A., Soldatchenko O.S., Oreshkin D.O. (2010) Eksperymentalni doslidzhennia zchepлення kompozytnoi nemetalevoi armatury z бетоном. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska Politekhnikha"*. Lviv: NU LPI, Vyp. 662. S. 207-214.
9. Klimov Yu.A., Bodenчук P.S., Soldatchenko O.S. (2011) Doslidzhennia zchepлення armatury z pidvyshchenoiu

koroziiinoiu stiikistiu z betonom. *Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia*. Kyiv: KNUBA, Vyp. 40(1). S. 454-460.

10. EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. Part 1-1. General rules and rules for buildings. (2004) Brussels: European Committee for Standardization, 225 p.

11. ACI 440.1R-15. Guide for the design and construction of structural concrete reinforced with FRP bars. (2015) Farmington Hills: American Concrete Institute, 88 p.

12. Bilym P., Firsov P., & Nadtochiy S. (2023). Increasing of the corrosion resistance of fiberglass plastic reinforcement through modification of the polymer binder. *Municipal Economy of Cities, 1(175)*, 47–51. DOI : <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-47-51>

13. Firsov P., Zolotov S., & Nadtochiy S. (2023). Calculation method for determination of adhesion level of composite reinforcement with concrete. *Municipal Economy of Cities, 1(175)*, 39–46. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-1-175-39-46>

14. Pang M., Li Z., Lou T. (2020) Numerical study of using FRP and steel rebars in simply supported prestressed concrete beams with external FRP tendons. *Polymers (Basel)*. Vol. 12. 16 p. DOI: [10.3390/polym12122773](https://doi.org/10.3390/polym12122773)

15. Ibrahim H., Fahmy M. (2022) Application of steel and FRP reinforcement combination in moment resisting frames: prospects and challenges. *Proceedings of 10th International*

Conference on FRP Composites in Civil Engineering (CICE 2021). P. 1065–1075. DOI : [10.1007/978-3-030-88166-5_93](https://doi.org/10.1007/978-3-030-88166-5_93)

16. Ren Y. Durability and flexural properties of concrete slabs with mixed GFRP bars and steel bars. *Academic Journal of Engineering and Technology Science*. Vol. 4(5). P. 15-19. DOI: [10.25236/AJETS.2021.040503](https://doi.org/10.25236/AJETS.2021.040503)

Рецензент: д-р технічних наук, професор, завідувач кафедри будівельних конструкцій В.С. Шмуклер, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.

Автор: ФІРСОВ Павло Михайлович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – pavelfirsov1991@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9119-3968>

Автор: НАДТОЧІЙ Сергій Олександрович
аспірант
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Snadtochiy0730@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7741-1551>

RESEARCH OF THE STRENGTH AND DEFORMABILITY OF ROAD SLABS REINFORCED WITH SMALL DIAMETER COMPOSITE REINFORCEMENT

P. Firsov, S. Nadtochiy

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Scientific work is devoted to research of stress-strain state of PD2-9,5 road slabs, reinforced with identical frames made of fiberglass reinforcement and metal reinforcement A500C of the 10th diameter. In order to verify the hypothesis regarding the possibility of equal-strength replacement of metal reinforcement with composite reinforcement of a smaller diameter, glass composite reinforcement of the 7th diameter was used to reinforce the slab. To determine the actual bearing capacity, due to the application of a uniformly distributed load, a calculation scheme with a "beam" slab, i.e., resting on two supports, was applied. During the experiment, it was determined that the appearance, formation, and opening of normal cracks in both tested slabs corresponds to the "classic" nature of crack formation in reinforced concrete elements operating in bending. After the destruction of the slab reinforced with fiberglass composite reinforcement, numerous structural cracks of a mesh nature were recorded, with different degrees of branching, mainly in the lateral central part and in the lower (stretched) zone. The total final deflection in the center of the slab reinforced with fiberglass composite reinforcement at the time of failure was 3,41 cm, which significantly exceeds the permissible value for the span length $L < 3$ m. At the same time, the total deflection in the center of the slab reinforced with metal reinforcement at the current maximum uniformly distributed load (without complete destruction of the slab) is 1,06 cm, which meets the generally accepted construction requirements. It was established that the actual bearing capacity of the road slab reinforced with A500C metal reinforcement is higher by 2,3 times than the bearing capacity of a slab with similar fiberglass composite reinforcement. This fact does not give grounds for asserting the effective use of $\varnothing 7$ mm fiberglass composite reinforcement as a conditionally "equal-strength" replacement of $\varnothing 10$ mm class A500C metal reinforcement when reinforcing elements of a similar type. To ensure structural requirements, it is necessary to significantly increase the diameter of the applied composite reinforcement, or, as an option, use combined reinforcement with a simultaneous combination of metal and composite reinforcement.

Keywords: strength, composite reinforcement, stress-strain state, road slab.