

Список використаних джерел:

1. Харченко О.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення [Текст] / О.В. Харченко, В.В. Кулешин, Ю.В. Коцуренко // Наука і оборона. – 2005. – № 1. – С. 47-54.
2. Isaacs J.T., Hespahn J.P. Dubins Traveling Salesman Problem with Neighborhoods: A Graph-Based Approach // Algorithms. 2013. Vol. 6. P. 84–99.
3. Миклуха В.А., Хімчик Н.О. Оптимізація траєкторії польоту безпілотного літального апарату. Traectoria Nauki, Vol. 3, No. 9, pp. 1009-1015, 2017, DOI: 10.22178/pos.26-5
4. Puleko I., Myklukha V., Khimchyk N. Optimization trajectory of flight pilotless unmanned aerial vehicle is with the use theory of the graphs. Innovative solutions in modern science, № 10(19), 2017.
5. Гуляницький Л.Ф., Мулеса О.Ю. Прикладні методи комбінаторної оптимізації. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2016. – 142 с.
6. Механизм ускорения вычислений в методе Литтла для решения задач класса коммивояжера / А.Ю. Левченко, А.В. Морозов, А.В. Панишев // Штучний інтелект. – 2012. – № 2. – С. 95-110.

Сидор Н.І.

аспірант;

Проць Є.О.

студент;

Марущак У.Д.

доктор технічних наук, доцент,

Національний університет «Львівська політехніка»

МОДИФІКОВАНІ ІНЖЕНЕРНІ ЦЕМЕНТУЮЧІ КОМПЗИТИ

Впровадження інноваційних технологій у будівництві висувають підвищені вимоги до властивостей бетону, зокрема легковкладальності, міцності, стійкості до різних зовнішніх впливів, довговічності. Разом з тим, зі збільшенням міцності бетону зростає його крихкість та знижується в'язкість руйнування, що зумовлює потенційну небезпеку і

обмеження застосування високоміцних бетонів в екстремальних умовах експлуатації. Однією з важливих вимог до бетонних конструкцій є забезпечення їх тріщиностійкості без погіршення інших характеристик – таких як міцність на стиск і довговічність [1]. Розроблення унікального класу високоефективних дисперсно-армованих будівельних матеріалів – інженерних цементуючих композитів (engineered cementitious composites – ECC), які характеризуються високою міцністю на розтяг, тріщиностійкістю та довговічністю, в значній мірі дає змогу вирішити цю проблему.

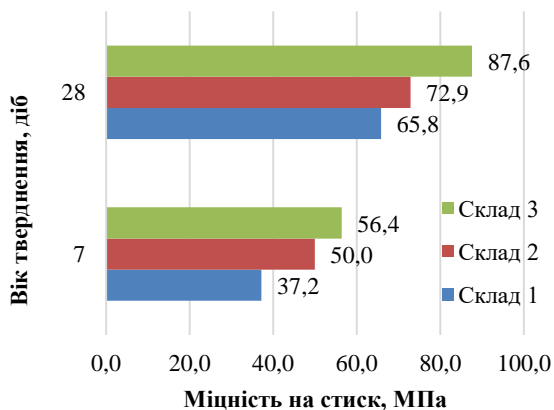
Концепція ECC ґрунтується на теорії мікромеханіки, яка передбачає оптимізацію компонентного складу і мікроструктури матеріалу з врахуванням взаємодії волокон, цементної матриці, поверхні розділу волоконно-матричного матеріалу, що забезпечує зшивання структури. Для контролю множинного тріщиноутворення (multiple cracking) в інженерних цементуючих композитах не застосовують крупний заповнювач, а також характерна обмежена кількість дрібного заповнювача, оскільки вони призводять до збільшення ширини розкриття тріщин [2]. Разом з тим, підвищена витрата цементу в складі ECC порівняно з бетонами може призводити до збільшення тріщиноутворення, що зумовлене підвищеним тепловиділенням і усадкою [3].

Зменшення показників тепловиділення і усадки забезпечується за рахунок використання різних мінеральних добавок для часткової заміни цементу, зокрема золи-винесення. Проте її низька реакційна здатність призводить до зниження міцності композиту в ранні і пізні терміни тверднення. Тому для часткової заміни золи-винесення у роботі використано високоактивну мінеральну добавку – метакаолін, яка характеризується високою питомою поверхнею, що зумовлює заповнення порожнин між зернами цементу з ущільненням структури, зростання швидкості пуцоланової реакції з додатковим утворенням гідратних фаз в неклінкерній частині в'язучого та сприяє синтезу міцності цементної матриці у ранні терміни тверднення [4].

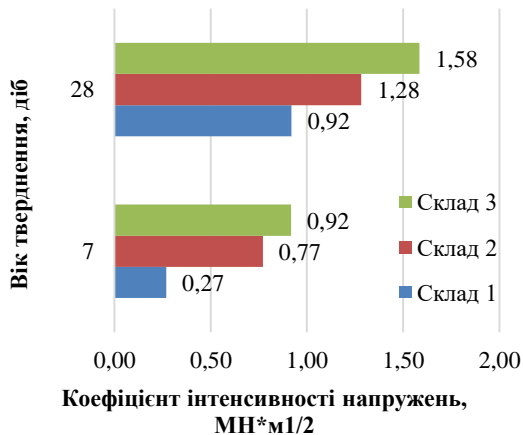
Запроектовано інженерні цементуючі композити ПЦ І-500Р-Н: зола-винесення: пісок 1,0:1,2:0,8 (склад 2) та ПЦ І-500Р-Н: зола-винесення: метакаолін: пісок 1,0:1,0:0,2:0,8 (склад 3) з ступенем армування поліпропіленою фіброю 1,0% при витраті полікарбоксилатного суперпластифікатора 0,7 мас.%. Для порівняння використано композит

без дисперсного армування (склад 1). Рухливість сумішей цементуючих композитів, визначена за розпливом конуса, становила 180–200 мм.

Як видно з рис. 1,а часткова заміна золи-винесення на метакаолін (склад 3) призводить до зростання стандартної міцності на стиск модифікованих цементуючих композитів до 86,7 МПа, що в 1,2 рази перевищує міцність композиту складу 2. При цьому міцність на згин підвищується на 23%. Введення ультрадисперсної мінеральної добавки метакаоліну сприяє формуванню малопористої структури цементуючого композиту, при цьому його відкрита пористість через 28 діб зменшується на 35%, а показник середнього розміру пор – у 3,4 рази. Дисперсне армування поліпропіленовою фіброю та часткова заміна золи-винесення метакаоліном дозволяє підвищити тріщиностійкість композитів, оцінену за критичним коефіцієнтом інтенсивності напружень при нерівноважних випробуваннях, через 7 та 28 діб у 1,2 рази порівняно з складом без метакаоліну (рис. 1, б).



а)



б)

Рис. 1. Міцність на стик (а) та коефіцієнт інтенсивності напружень (б) ЕСС

Формування щільної малодефектної структури в присутності метаксоліну, а також дисперсне армування поліпропіленовою фіброю забезпечує одержання інженерних цементуючих композитів з підвищеною тріщиностійкістю, що створює умови безпечної експлуатації будівельних конструкцій на їх основі.

Список використаних джерел:

1. Високоміцні швидкотверднучі бетони та фібробетони: монографія / [Дворкін Л. Є., Бабич Є. М., Житковський В. В. та ін.]. – Рівне : НУВГП, 2017. – 331 с.
2. Li V. C. On Engineered Cementitious Composites (ECC). A review of the material and its applications / V. C. Li // Journal of Advanced Concrete Technology. – 2003. – Vol. 1. – № 3. – P. 215–230.
3. Белых И.М. Роль теплоты гидратации цемента в формировании эксплуатационных свойств бетона / И.М. Белых, В.П. Сопов // Строительные материалы и изделия. – 2018. – № 1-2. – С. 45–47.
4. Research of Nanommodified Engineered Cementitious Composites / U. Marushchak, M. Sanytsky, N. Sydor, S. Braichenko // IEEE 8th International Conference on “Nanomaterials: Applications & Properties”. – 2018. – 02CBM16. – P. 1–4.