

УДК 691.973.6

ТРИЦИНОСТІЙКІСТЬ ПІНОБЕТОНІВ БЕЗАВТОКЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА

ТРЕЦИНОСТОЙКОСТЬ ПЕНОБЕТОНА БЕЗАВТОКЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

FRACTURE TOUGHNESS FOAM CONCRETE NON-AUTOCLAVE PRODUCTION

Каганов В.О., Горніковська І.Б. (Національний університет „Львівська політехніка”, м.Львів)

Каганов В.А., Горниковская И.Б. (Национальный университет "Львовская политехника", г. Львов)

Kaganov, V.O, Gornikovskaya I.B (National University "Lviv Polytechnic", Lviv)

В статті представлені результати дослідження деформативних характеристик теплоізоляційного пінобетону для дорожнього будівництва. Визначено вплив дисперсного армування на величину деформацій пінобетону.

В статье представлены результаты исследования деформативных характеристик теплоизоляционного пенобетона для дорожного строительства. Определено влияние дисперсного армирования на величину деформаций пенобетона.

The paper presents the results of a study deformability characteristics of insulating foam concrete for road construction. The effect of particulate reinforcement on the value of the deformation of foam concrete.

Ключові слова:

Пінобетон, деформації, рівноважні механічні випробування, поліпропіленова фібра

Пенобетон, деформации, равновесные механические испытания, полипропиленовая фибра

Foam concrete, deformation, the equilibrium mechanical tests, the polypropylene fiber

Відродження і розвиток виробництва виробів та конструкцій з неавтоклавного пінобетону в Україні є стратегічним завданням державного масштабу в будівництві, базуючись на сучасній технології виробництва, його фізико-механічних властивостях та ефективності застосування в будинках. Основна перевага – це широкий діапазон технічних показників та теплоізоляційних властивостей, внаслідок чого ніздрюватий бетон може бути використаний у будівництві в якості конструкційно-теплоізоляційного і теплоізоляційного матеріалу. Також, широке використання ніздрюватих бетонів у будівництві дозволить знизити транспортні витрати, зменшити трудомісткість будівництва та скоротити матеріалоємність [1].

Сьогодення будівельної галузі характеризується стрімким зростанням застосування цементного бетону, який став основним матеріалом для різних видів капітального будівництва, в тому числі дорожнього. Розвиток дорожньої інфраструктури передбачає будівництво сучасних автомагістралей із високими транспортно-експлуатаційними характеристиками та є надзвичайно актуальним завданням для інтеграції України у Європейську спільноту.

Реалії значного приросту інтенсивності та вантажонапруженості автомобільного руху вимагають будівництва дорожніх одягів підвищеної капітальності та довговічності, застосування сучасних будівельних матеріалів і технологій [2].

Закордонний досвід будівництва автомобільних доріг показав ефективність застосування теплоізоляційних матеріалів в конструкції дорожнього одягу. Дослідження та застосування різних теплоізоляційних матеріалів в дорожньому будівництві розпочались ще у середині ХХ ст., оскільки проблема зниження величини промерзання земляного полотна дорожнього одягу важлива не лише для автомобільних доріг України.

Останні роки (як в Україні так і закордоном) характеризуються підвищеним інтересом до безавтоклавного пінобетону, як до сучасного та ефективного теплоізоляційного матеріалу в дорожньому будівництві. Одним з нових, перспективних та інноваційних напрямів застосування монолітного безавтоклавного пінобетону – будівництво автомобільних доріг та штучних споруд. В конструкції дорожнього одягу пінобетон може виконувати одразу дві функції – теплоізоляційного шару та розподілу навантажень в масиві дорожнього одягу [3].

Проте, тріщиноутворення в пінобетонній та бетонній основі є істотною проблемою дорожніх одягів із застосуванням матеріалів на портландцементі, що стримує їх широке впровадження у дорожнє будівництво.

Основним критерієм підбору складу пінобетону сьогодні є міцність та середня густина, яка характеризує його теплоізоляційні властивості. Вважається, що правильно підібраний склад бетону забезпечує нормативний термін безвідмовної експлуатації конструкції. Проте, на практиці це твердження справджується далеко не завжди у зв'язку із низькою

тріщиностійкістю бетону. Тому, дослідження показників тріщиностійкості безавтоклавного пінобетону є важливим для його широкого застосування при влаштуванні автомобільних доріг підвищеної довговічності.

Діючими нормативними документами на ніздрюваті бетони жодних критеріїв тріщиностійкості не встановлено, тому визначення фактичних їх показників має не лише науковий, але й практичний інтерес для проектування шарів дорожнього одягу при влаштування автомобільних доріг.

В науково-технічній літературі наголошується на тому, що при введенні до складу цементного бетону дисперсного армування (фібри) підвищує показники тріщиностійкості. Це відбувається за рахунок розподілення волокон по всій матриці бетону, забезпечуючи при цьому тривимірне зміцнення бетону в порівнянні з традиційною сталевую арматурою, котра забезпечує лише двомірне зміцнення.

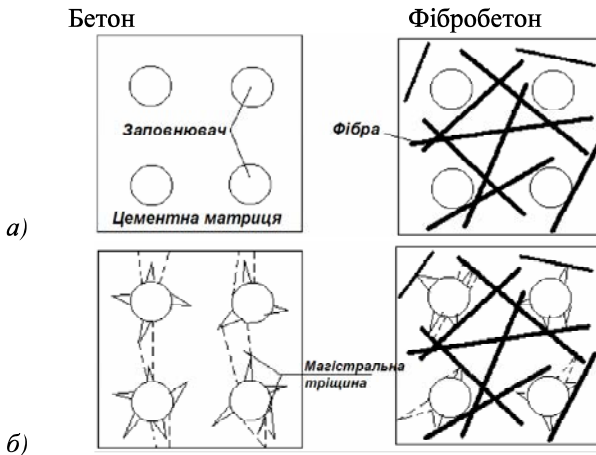


Рис. 1. Схеми, що ілюструють вплив фібри на зміцнення бетону при статичному (динамічному) навантаженні: а) до утворення тріщин; б) при наявності магістральних тріщин

Армування волокнами дозволяє використовувати нові принципи проектування та виготовлення виробів, оснований на тому, що матеріал і виріб створюються одночасно в рамках одного і того ж технологічного процесу. У результаті суміщення армуючих елементів і матриці утворюється комплекс властивостей композиту, який не тільки включає початкові характеристики його компонентів, але й має якості, якими окремі компоненти не наділені. Зокрема, поява ряду нових властивостей у композитах пов'язана з гетерогенною структурою, що обумовлює наявність великої поверхні розділу між волокнами та матрицею. Так, наявність межі розділу між армуючими

елементами та матрицею істотно підвищує тріщиностійкість матеріалу. За даними, тріщиностійкість бетону при введенні 1-3% волокон фібри підвищилась в 1,2-3 рази, в'язкість – більше ніж у 30 разів [4].

З врахуванням цього фактору, було проведено визначення показників тріщиностійкості безавтоклавного пінобетону неармованого та армованого волокнами поліпропіленової фібри за критеріями механіки руйнування, а саме: питомими енерговитратами на руйнування, критичними коефіцієнтами інтенсивності напружень.

Для приготування пінобетонних сумішей використовувались наступні матеріали:

- портландцемент ПЦ- I 500 ПАТ "Миколаївцемент";
- пісок кварцовий ВАТ „Кар’єроуправління” Яворівського р-ну Львівської області з модулем крупності $M_{кр}=1,18$;
- піноутворююча добавка Centripor SK 100 виробництва MC-Vauchemie (Німеччина);
- поліпропіленова фібра, інформація про яку наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Технічні характеристики фібри

Фізико-механічні властивості поліпропіленової фібри	Величина
Лінійна густина	2-3 dtex
Діаметр	18-20 мкм
Довжина	12 мм
Питома вага	0,91 т/м ³
Модуль Юнга	3000 Н/мм ²
Міцність на розрив	300 Н/мм ² (3000 МПа)
Температура розм'ягчення	160°C
Колір	білий, прозорий
Розхід	0,6-0,9 кг/м ³
Кількість мікрочолокон	375 млн.шт./м ³ бетону
Хімічна стійкість	стійкі до всіх кислот, лугів та розчинників

Випробування на тріщиностійкість проводились згідно з методикою по ДСТУ Б В.2.7-227:2009 на 28 добу тверднення за схемою триточкового згину призм з початковим надрізом (тріщиною нормального відриву висотою 40 мм та шириною 2 мм) з контрольованим режимом їх руйнування (рис. 2).



Рис. 2. Загальний вигляд випробувальної установки

Характеристики тріщиностійкості пінобетону визначали при рівноважних механічних випробуваннях із записом повної діаграми навантаження - прогин ($F—V$).

Повністю рівноважні діаграми деформування пінобетону з середнього густиною 600кг/м^3 , 700кг/м^3 та 1200кг/м^3 зображено на рис. 3-5.

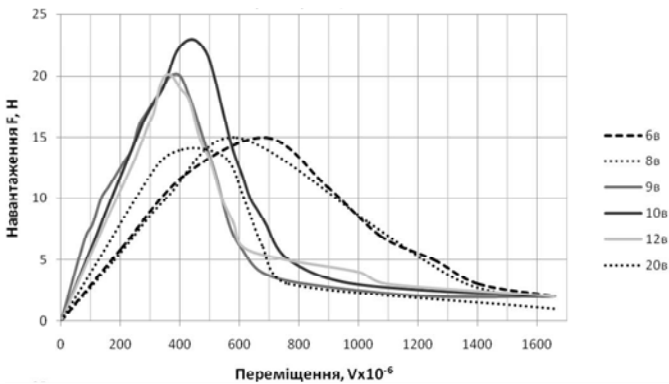


Рис. 3. Повністю рівноважна діаграма деформування пінобетону марки D600: 6в, 8в, 20в – пінобетон без фібри; 9в, 10в, 12в – пінобетон армований фіброю

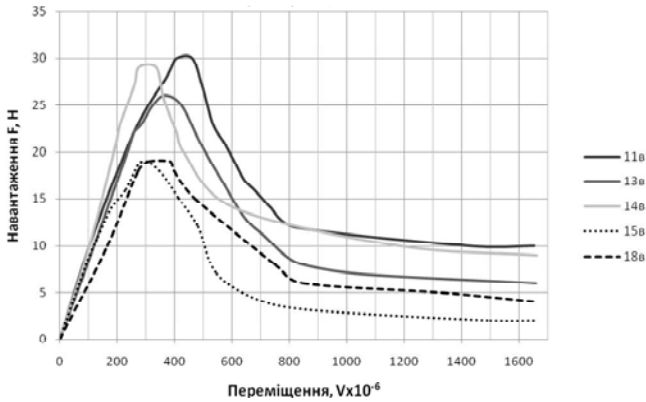


Рис. 4. Повністю рівноважна діаграма деформування пінобетону марки D700: 15в, 18в – пінобетон без фібри; 11в, 13в, 14в – пінобетон армований фіброю

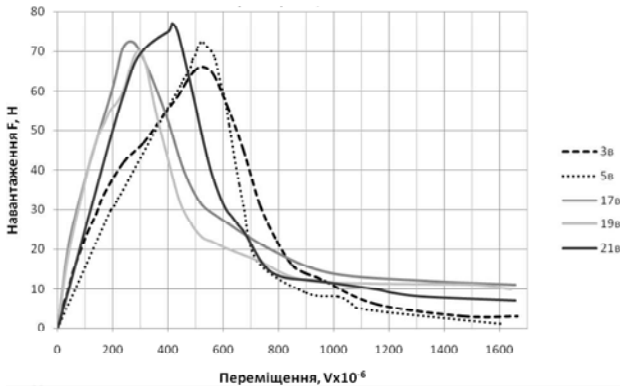


Рис. 5. Повністю рівноважна діаграма деформування пінобетону марки D1200: 3в, 5в – пінобетон без фібри; 17в, 19в, 21в – пінобетон армований фіброю

З позицій механіки руйнування точка перегину кривої руйнування пінобетону є остаточною критичною точкою на діаграмі, координати якої відповідають руйнуванню пінобетону. З досягненням цієї точки зразок можна вважати таким, що вичерпав свою несучу здатність.

Як видно з повністю рівноважних діаграм деформування пінобетону, граничні навантаження, при яких відбувається руйнування зразків вищі при введенні до складу пінобетону волокон фібри. Зокрема, для пінобетону марки D600 ці значення в 1,53 рази вищі, для пінобетону марки D700 ці значення в 1,58 рази вищі, а для пінобетону марки D1200 – в 1,17 рази вищі. Граничні деформації, при яких відбувається дефрагментація зразків перевищують

1600×10^{-6} м та приблизно однакові для усіх зразків. У порівнянні зі звичайним важким бетоном пінобетон характеризується в 1,5-2 рази вищими показниками деформацій (як граничними так і в момент руйнування).

Аналіз докритичної та закритичної стадій руйнування пінобетону марки D700 виявляє перевагу пінобетону армованого фіброю: значення енерговитрат на пружне деформування (W_e) та загальних енерговитрат на локальне статичне деформування в зоні магістральної тріщини (W_i) у 1,39 рази перевищують показники неармованого пінобетону.

Введення до складу пінобетону волокон поліпропіленової фібри веде до зростання в'язкості руйнування (K_f) та критичного коефіцієнта інтенсивності напружень (K_c).

Висновки:

1. Визначення характеристик тріщиностійкості (енергетичних, силових та повністю рівноважних діаграм деформування) пінобетону дасть змогу, в подальшому, досліджувати несучу здатність пінобетонних конструкцій з позиції механіки руйнування та їх широкого застосування при влаштуванні автомобільних доріг.

2. Армування пінобетону волокнами поліпропіленової фібри сприяє підвищенню тріщиностійкості, зростанню статичних критичних коефіцієнтів інтенсивності напружень, що дає змогу витримувати критичніші навантаження до моменту зрушення макротріщини та підвищує ефективність "роботи" пінобетону в за критичній стадії руйнування.

3. Повністю рівноважні діаграми деформування пінобетону свідчать про зростання граничних навантажень, за яких відбувається руйнування зразків при введенні до складу пінобетону волокон фібри.

1. Несуча здатність та деформативність стінових елементів із конструкційно-теплоізоляційного неавтоклавного пінобетону: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.01 [Текст] / І.М. Постернак; Одес. держ. акад. буд-ва та архіт. — О., 2006. — 20 с. 2. Наукові засади підвищення тріщиностійкості дорожнього цементного бетону: автореф. дис... докт. техн. наук: 05.23.05 [Текст] / С.Й. Солодкий; Національний університет «Львівська політехніка». — Л., 2009. — 32 с. 3. Горніковська І.Б., Каганов В.О. Деформативні характеристики безавтоклавного пінобетону для шарів дорожнього одягу // Теорія і практика будівництва. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". — 2013 — №755 — С.95-99. 4. Довженко О.О., Юрко І.А., Кравченко В.В. Застосування фібробетону в Україні. Властивості дисперсно армованих бетонів // Коммунальное хозяйство городов. Научно-технический сборник №90. — 2009 — С.267-272. 5. Каганов В.О., Горніковська І.Б. Шляхи використання безавтоклавного пінобетону в дорожньому будівництві // Теорія і практика будівництва. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". — 2008. — С.97-102. 6. Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови : ДСТУ Б В.2.7 45 2010 (Національний стандарт України). 7. Бетонные и железобетонные конструкции : СНиП 2.03.01-84*. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. — 80с. 8. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов (к СНиП 2.03.01 □84) / ЦИТП Госстроя СССР № 1986. — 94с.