

П.М. Коваль, А.Є. Фаль, О.В. Кушнір, В.І. Мартинов*

Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна, м. Київ

*Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕАВТОКЛАВНОГО ПІНОБЕТОНУ ДЛЯ ВЛАШТУВАННЯ ШАРУ ОСНОВИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

© Коваль П.М., Фаль А.Є., Кушнір О.В., Мартинов В.І., 2010

Наведені результати досліджень впливу складу на фізико-механічні властивості пінобетону. Для перевірки останніх використовувались різні методи, зокрема метод акустичної емісії. Виконані дослідження підтверджують можливість використання неавтоклавних пінобетонів для влаштування основ дорожніх одягів

Ключові слова: залізобетонна арка, технічна діагностика, розрахунки моста, результати досліджень.

This paper presents the results of studies of the impact of composition on physical - mechanical properties of foam concrete. To check the last were used various methods, including the method of acoustic emission. The research confirms the possibility of using non-autoclave foam concretes for the structure of road pavements.

Keywords: non-autoclave foam concrete, road pavement, temperatute – humiditical conditions, physics-mechanical properties, acoustic emission.

Постановка проблеми. Підвищення якості і надійності дорожнього одягу є складною і різнобічною проблемою. Накопичений до теперішнього часу досвід будівництва і експлуатації автомобільних доріг показує, що в сучасних умовах найвищі показники надійності і довговічності мають жорсткий або пружно-жорсткий дорожній одяг. Всі типи одягу працюють в умовах складного напруженого стану під дією повторних динамічних навантажень від автомобілів і змінних температурно-вологих умов. Тому міцність, довговічність, зносостійкість, легкість експлуатації і ремонту є основними вимогами під час проектування і конструювання шарів автомобільних доріг [1, 2].

Під час конструювання багатошарового дорожнього одягу, призначення як покриття, так і основи, має велике значення структура матеріалу, яка може викликати концентрацію температурного впливу і аномальність у вологому режимі на границі розподілу шарів, тобто саме там, де зв'язок має бути кращий. Зміни температурного режиму покриття складно прогнозувати особливо взимку і в похмурі дні. Загальне уявлення про характер змін температурного режиму покриттів дають середні значення максимальних денних температур у різних точках покриття [3].

Як відзначають багато дослідників в галузі ніздрюватих бетонів фізико-механічні властивості, а також деформативні характеристики ніздрюватих бетонів багато в чому визначаються температурно-вологісними умовами середовища, в якому відбувається формування первинної структури, а також набір подальшої міцності [4, 5, 6, 7].

З іншого боку, правильно підібраний температурно-вологісний режим є важливим технологічним прийомом підвищення міцності неавтоклавного ніздрюватого бетону. Як відзначає П.А. Ребіндер «при рівному ступені гідратації і рівному об'ємі і складі новоутворень гідратів теоретична міцність цементних ніздрюватих пінобетонів нормального тверднення буде завжди вища за міцність тих же пінобетонів автоклавного тверднення» [8].

Ідея перших експериментальних досліджень ефективних теплоізоляційних конструкцій дорожнього одягу полягала в зменшенні глибини промерзання, а відповідно, висоти теплозахисного насипу за рахунок різних будівельних матеріалів. Цими питаннями на ранніх стадіях займалися

В.С. Іскрін, Л.Я Степанов, Д.І. Ізотов. Як перші теплоізоляційні матеріали використовували тирсу, шлак, торф, мох, деревину тощо. За кордоном були спроби застосовувати скловату (Швейцарія), деревинно-волокнисті плити і мінеральний войлок (Фінляндія). Потім, завдяки досягненням хімії, з'явилися мало-теплопровідні матеріали на основі полістиролу [3, 9].

Останнім часом в дорожньому будівництві таких країн, як Нідерланди, Швеція, Польща, використовують такий теплоізоляційний матеріал, як пінобетон (рис.1). Він перешкоджає надмірному охолодженню і нагріванню покриття, згладжує добові перепади температури на його поверхні.

Мета досліджень. Метою роботи було отримання пінобетону з необхідними характеристиками для застосування його в дорожньому будівництві. Для досягнення поставленої мети на першому етапі був реалізований трифакторний експеримент із застосуванням математично-статистичних методів досліджень [10], в якому виконані завдання:

- вивчення впливу вмісту цементу в суміші з наповнювачем, водопотреби суміші розчину і густини пінобетонної суміші на основні фізико-механічні властивості пінобетону;
- виявлення емпіричної залежності між середньою густиною пінобетону і його міцністю;
- побудова кореляційної залежності між міцністю складової розчину і міцністю пінобетону;
- визначення оптимального складу, що забезпечує необхідні фізико-механічні властивості пінобетону;
- дослідна перевірка отриманого складу.

Виклад основного матеріалу. Важливою характеристикою ніздрюватого пінобетону є його густина, тобто маса одного кубічного метра матеріалу, яка може становити від 200 до 1200 кг/м³. Найчастіше для конструктивних елементів, використовують бетон щільністю 600–700 кг/м³. Чим щільність нижча, тим кращий теплозахист, тим менша витрата матеріальних, трудових і енергетичних ресурсів. Проте, є чинник, що перешкоджає зниженню щільності. Існує загальна закономірність – чим вища пористість (тобто чим нижча густина) матеріалу, тим менша його міцність.

Таблиця 1

Вимоги до матеріалів для влаштування шарів основи дорожнього одягу

Назва показника, одиниця виміру	Згідно з чинними нормативними документами
Границя міцності, МПа, не менше	
При стиску у водонасиченому стані	
7 діб	1,0–4,5
28 діб	1,0–6,0
90 діб	1,0–7,5
На розтягування при згині (у водонасиченому стані)	
28 діб	0,2–0,4
Морозостійкість, кількість циклів М _{рз} , не менше	F10–F25 F5– 25
Модуль пружності, МПа	1000–7500
Вміст цементу, % за масою, для одержання обробленого матеріалу	2–18

Примітки: Показники міцності при стиску в водонасиченому стані зразків у 7-добовому віці є орієнтовними

Розрахункова границя міцності на розтягування при згині повинна бути в два рази більшою від фактичної (одержаної в лабораторії)

Розрахунковий модуль пружності повинен бути в 10 разів меншим від фактичного

Згідно з ВБН В.2.3-4-2000 “Автомобільні дороги” мінімальний проектний клас бетону для цементобетонних основ доріг I-III категорії повинен бути на стиск МПа (марка бетону – кгс/см²) В 7,5 (R_{см}-100), на розтягування при згині (марка) В_{тб} 1,2(R_{зс} 40)

Що стосується пінобетону, то для влаштування шару основи дорожнього одягу, було встановлено, що оптимальна густина пінобетону, який готується за існуючими (не дорогими) технологіями (без армування, додавання латексу тощо) становить 800–1200 кг/м³.

Міцність пінобетону, необхідна для сприйняття ним розрахункових навантажень, регламентується нормативною і технічною документацією (табл. 1). Можливі випадки, коли зниженню густини перешкоджають інші чинники, крім міцності.

Об'єктом випробувань були пінобетонні куби розміром 100x100x100 мм та балочки стандартного розміру 100x100x400, 40x40x160 густиною 800 кг/м³ (1), густиною 900 кг/м³ (2), густиною 1000 кг/м³(3), густиною 1200 кг/м³ (4).

До складу пінобетонної суміші ввійшли такі матеріали:

- портландцемент (М400);
- дрібний заповнювач (річковий пісок);
- пластифікатор (С-3);
- піна;
- вода.

Піну готували з використанням лабораторного піногенератора, що забезпечує інтенсивне повітровтягування при постійній аерації всього робочого об'єму піноутворювача, на основі піноутворювача ПБ-2000 [10], і її вводили в готовому вигляді в приготовлену суміш. Перед випробуванням була визначена середня густина пінобетону (табл. 2).

Таблиця 2

Середня густина пінобетону

Розрахункова густина, кг/м ³	Фактична густина, кг/м ³
800	835
900	917
1000	1015
1200	1210

Результати випробувань пінобетону різних складів на міцність наведені в таблиці. Випробовували пінобетон за методиками згідно з [11].

Таблиця 3

Результати випробувань пінобетону

Назва показника	Величина показника для складів			
	1	2	3	4
Міцність при стисненні через 28 діб, МПа	4,23	4,92	5,1	12,1
Міцність на розтягування при вигині через, 28 діб, МПа	0,64	0,74	1,29	1,51
Модуль пружності, МПа	2345	2610	4820	7981
Морозостійкість, кількість циклів Мрз	F35	F35	F35	F35

Влаштуючи дорожні одяги, важливо знати як відбувається набір міцності в неавтоклавному пінобетоні. Тому випробовували зразки на 7, 14 та 28 добу після приготування. Результати наведені в табл. 4 та 5.

Таблиця 4

Результати випробувань кубиків на стиск

Дні	Тип зразка	Міцність на стиск, МПа
7	100x100x100	3,4
14	100x100x100	4,9
28	100x100x100	5,1

Результати випробувань балочок на розтягування при вигині

Дні	Тип зразка	Міцність на стиск, МПа
7	40x40x160	0,69
14	40x40x160	0,87
28	40x40x160	0,91

Випробування зразків проводили на лабораторному пресі (схема випробування наведена на рис. 1).

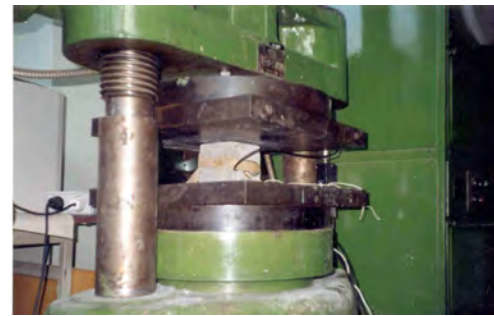
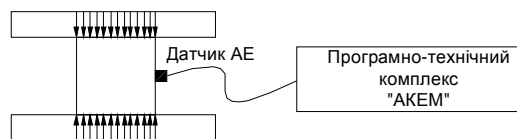


Рис. 1. Визначення міцності пінобетонних кубиків на стиск

Розрахунки пінобетонних конструкцій на міцність, крім розрахункового опору, вимагають також визначення таких характеристик пінобетону, як модуль пружності, коефіцієнт Пуассона, модуль зрушення. Випробування зразків проводили на лабораторному пресі (схема випробування наведена на рис. 2). Результати випробувань наведені в табл. 3.

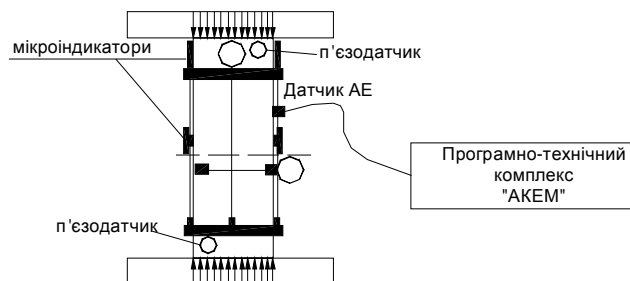


Рис. 2. Випробування для одержання модуля пружності, коефіцієнта Пуассона на гідравлічному пресі

Під час випробувань пінобетонних зразків також застосовували метод акустичної емісії (рис. 3).

В останні роки у різних країнах світу в систему технічної діагностики впроваджується метод акустичної емісії (АЕ). В Україні дослідженням будівельних конструкцій з використанням методу акустичної емісії займалися П.М. Коваль [12], В.Р. Скальський [13], П.М. Сташук [14], С.Ф. Філоненко [15].

АЕ надає безпосередню інформацію про розвиток дефекту, що впливає на конструктивну міцність та довговічність. До того ж дефекти, що не змінюють своїх параметрів під робочим навантаженням, не проявляють акустичної активності і їх можна зарахувати до конструктивних особливостей.

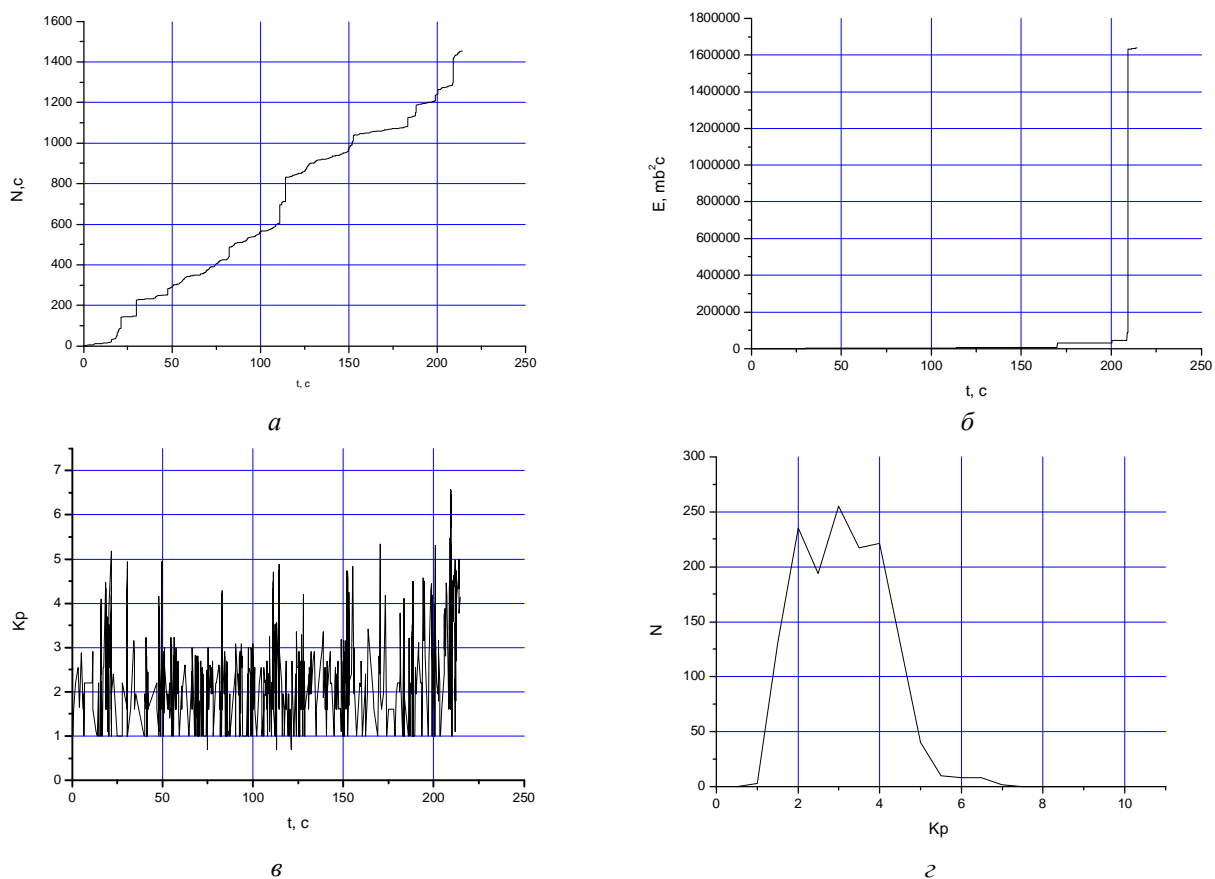


Рис. 3. Результати випробувань пінобетонних кубів з використанням методу АЕ: а – накопичення сигналів у часі, б – накопичення енергії в часі, в – коефіцієнт K_p в часі, г – гістограма K_p

Висновки. Фізико-механічні характеристики неавтоклавних пінобетонів всіх чотирьох складів близькі до нормативних за ДСТУ Б В.2.7-45-96. Виконані дослідження підтверджують можливість використання неавтоклавних пінобетонів для влаштування основ дорожніх одягів.

Одержані результати дослідження доводять перспективність використання методу акустичної емісії, хоча і не показують прямої залежності сигналів АЕ (максимальних енергетичних параметрів із значеннями пружного прогину).

Встановлено залежності характеристик накопичення сигналів в часі N , накопичення енергії в часі E з характеристиками навантаження P та деформаціями Δ .

1. Голубев В.А., Анферов В.А. Проблемы покрытия автомобильных дорог. //Цемент и его применение. – 1997. – № 1. – С. 37–40. 2. Аотодорожній комплекс України в сучасних умовах: проблеми і шляхи розвитку. 36. наук. пр. – К.: Укртиппроєкт, 1998. – 308 с. 3. Михайлов А.В., Коцюбинская Т.А. Строительная теплотехника дорожных одежд. – М.: Транспорт, 1986. – 150 с. 4. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф., Шейнич Л.А., Гелевера А.Г. Основы технологии отделочных тепло- и гидроизоляционных материалов. – К.: Вища школа. – 1986. – 303 с. 5. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1980. – 396 с. 6. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов. – М.: Стройиздат, 1970. – 384 с. 7. Кудряшев И.Т., Куприянов В.П. Ячеистые бетоны (виды, свойства и применение). – М.: Госстройиздат, 1959. – 182 с. 8. Материалы четвертой конференции по ячеистым бетонам. Саратов–Пенза: Приволжское книжное изд-во, 1969. – 598 с. 9. Мартинов В.І., Коваль П.М., Кушнір О.В. Отримання пінобетону з необхідними характеристиками для застосування його в дорожньому будівництві // Дороги і мости / Збірн. наук. пр. – К., 2007. – Вип. 7. – С. 380 (с.60–67). 10. Мартинов В.І., Коваль П.М., Кушнір О.В. Отримання пінобетону з необхідними характеристиками для застосування його в дорожньому будівництві // Дороги і мости / Збірн.

наук. пр. – К., 2008. – Вип. 10. 11. ДСТУ Б В.2.7-45-96 Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Технічні умови. 12. Коваль П.М. Використання методу акустичної емісії при дослідженні мостів // *Автодорожник України*, 2003. – №1. – С. 34–37. 13. Скальський В.Р. Генерування сигналів акустичної емісії під час пластичного деформування матеріалу в околі концентратора напружень // *Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів і конструкцій* / Збірн. наук. пр. ФМІ ім. Г.В.Карпенка НАН України. – Луцьк, 2002. – Вип. 5. – С. 383–389. 14. Сташук П.М. Вивчення кінетики процесів тріциноутворення методом акустичної емісії // *Вісн. Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. Теорія і практика будівництва*. – Львів, 2001. – С. 178–184. 15. Филоненко С.Ф. Анализ кинетики развития процессов разрушения методом акустической эмиссии // *Международ. научн. конф. «Синергетика 2000. Самоорганизующиеся процессы в системах и технологиях» / Матер. конф.* – Комсомольск-на-Амуре, 2000. – С. 94–97.

УДК 624.271

П.М. Коваль, А.Є.Фаль, С.В. Стоянович*

Державний дорожній науково-дослідний інститут, м. Київ

*Національний транспортний університет, м. Київ

ЕФЕКТИВНІ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЗБІРНО-МОНОЛІТНИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ АВТОДОРОЖНИХ МОСТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНИХ БАЛОК

© Коваль П.М., Фаль А.Є., Стоянович С.В., 2010

Проаналізовано технічний стан монолітних і збірних прогонових будов мостів. Описано конструкції збірно-монолітних прогонових будов балочних залізобетонних мостів. Наведено опис конструкції залізобетонних балок типу «3Bet-90», «3Bet-120».

Ключові слова: монолітні прогонові будови, збірні прогонові будови, балка, залізобетонні мости, збірно-монолітні конструкції.

The functional properties of cast-in-place and precast superstructures have been analyzed. The composite superstructures of beam reinforced concrete bridges have been described. The description of design new types «3Bet-90», «3Bet-120» of precast reinforced concrete beams is brought.

Keywords: cast-in-place superstructures, precast superstructures, beam, concrete bridges, the composite constructions.

Вступ. Зростання темпів дорожнього будівництва в Україні вимагає освоєння і впровадження нових ефективних технологій і конструкцій, зокрема під час будівництва та реконструкції транспортних споруд за новими нормативними документами.

Сьогодні в Україні відома незначна кількість типових рішень прогонових будов мостів, які відповідають вимогам надійності і довговічності. Крім того, всі типові проекти, які діяли до цього часу, не розраховані на такий високий рівень навантаження згідно з новим ДБН [1], а це вимагає внесення істотних змін до існуючих або розроблення нових типів конструкцій, вдосконалення технологій виготовлення і монтажу, використання досконаліших розрахункових обґрунтувань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найпоширенішим типом автодорожніх мостів малих і середніх прогонів в Україні є споруди із залізобетонними балочними розрізними прогоновими будовами.

В Радянському Союзі, до складу якого входила Україна, до 50-х років ХХ ст., залізобетонні мости малих і середніх прогонів будували переважно монолітними. Монолітні плитні мости