

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ З ВИЗНАЧЕННЯ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Хомутенко Денис Геннадійович, аспірант кафедри ТДБМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: denis.homutenko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1226-3601

Маляр Володимир Володимирович, канд. техн. наук, професор кафедри ТДБМ,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,
e-mail: vladimirmalyar16@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5230-5947

Підвищення довговічності асфальтобетонного покриття автомобільних доріг на сьогодні є пріоритетною задачею. Враховуючи те, що поперечні тріщини, спричинені охолодженням конструкції асфальтобетонного покриття, є одним з основних дефектів, низькотемпературні напруження в асфальтобетоні потребують дослідження спрямованого на покращення низькотемпературних властивостей асфальтобетону. Своєю чергою, для дослідження низькотемпературних властивостей асфальтобетону необхідний надійний та простий експериментальний метод дослідження. Таким експериментальним методом є метод ACCD (Asphalt Concrete Cracking Device) [6].

Оскільки охолодження зразка асфальтобетону під час проведення експериментальних випробувань зазвичай проводиться зі швидкістю 10 °C за годину, проведення таких досліджень займає багато часу. Враховуючи обмеженість ресурсів це є негативним аспектом. Тому комп'ютерне моделювання такого експерименту є актуальною задачею.

Метою дослідження є комп'ютерне моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону.

Об'єктом дослідження є низькотемпературні властивості асфальтобетону.

Предметом дослідження є оцінка напружено-деформованого стану при охолодженні асфальтобетону.

Скінченно-елементне моделювання може бути використане для проведення комп'ютерного моделювання низькотемпературних напружень в асфальтобетоні [3].

Відповідно до [1] прилад ACCD складається з кільця з інвару (сплав 36Н) зовнішнім діаметром 61,0 мм, внутрішнім діаметром 22,6 мм, та кільця з асфальтобетону зовнішнім діаметром 150,0 мм. Оскільки метод ACCD заснований на положеннях механіки руйнування твердого тіла, зразок асфальтобетону має закладений дефект у вигляді прорізу глибиною 22,4 мм та шириною 4,0 мм.

Умови експерименту: температура початку експерименту 20 °C, швидкість охолодження 10 °C за годину.

Властивості асфальтобетону та інвару, які використано для розрахунку, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Прийняті властивості матеріалів

№ з/п	Параметр	Температура, °С	Величина	Одиниця виміру	Примітка
1	2	3	4	5	6
Інвар					
1	Щільність		8150	кг/м ³	ПК Granta Selector 2023 R1
2	Модуль лінійного розтягування (модуль Юнга)	-190	129	МПа	
		-40,2	139		
		-0,15	142		
		19,9	143		
		20	143		
3	Коефіцієнт поперечного стискання (коефіцієнт Пуассона)		0,29		
4	Коефіцієнт температурного розширення	-190	1,85	$\alpha^t \cdot 10^{-6}$	
		-40,2	1,33		
		-0,15	1,22		
		19,9	1,21		
		20	1,21		
5	Теплопровідність	-190	6,48	Вт/(м·К)	
		-40,2	12,6		
		-0,15	13,5		
		19,9	13,9		
		20	13,9		
6	Питома теплоємність при сталому тиску	-0,15	467	Дж/(кг·К)	
		19,9	478		
		20	478		
Асфальтобетон					
7	Щільність		2450	кг/м ³	
8	Модуль лінійного розтягування (модуль Юнга)	-20	22320		[4]
		-10	13288		
		0	7223		
		10	3881		
		20	2091		
9	Коефіцієнт поперечного стискання (коефіцієнт Пуассона)	-20	0,1		[2]
		-10	0,1		
		0	0,14		
		5	0,18		
		10	0,235		
		15	0,29		
		20	0,33		
10	Коефіцієнт температурного розширення	-20	3,22	$\alpha^t \cdot 10^{-5}$	[4]
		-10	3,49		
		0	3,35		
		10	3,25		
		20	3,20		
11	Теплопровідність		1,43	Вт/(м·К)	ПК Granta Selector 2023 R1
12	Питома теплоємність при сталому тиску		850	Дж/(кг·К)	ПК Granta Selector 2023 R1

Для проведення чисельних розрахунків методом скінчених елементів використано програмний комплекс САЕ.

За результатами скінченно-елементного моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону за методом

АССД, отримано значення еквівалентних напружень, які виникають у зразку асфальтобетону та кільці з інвару (рис. 1).

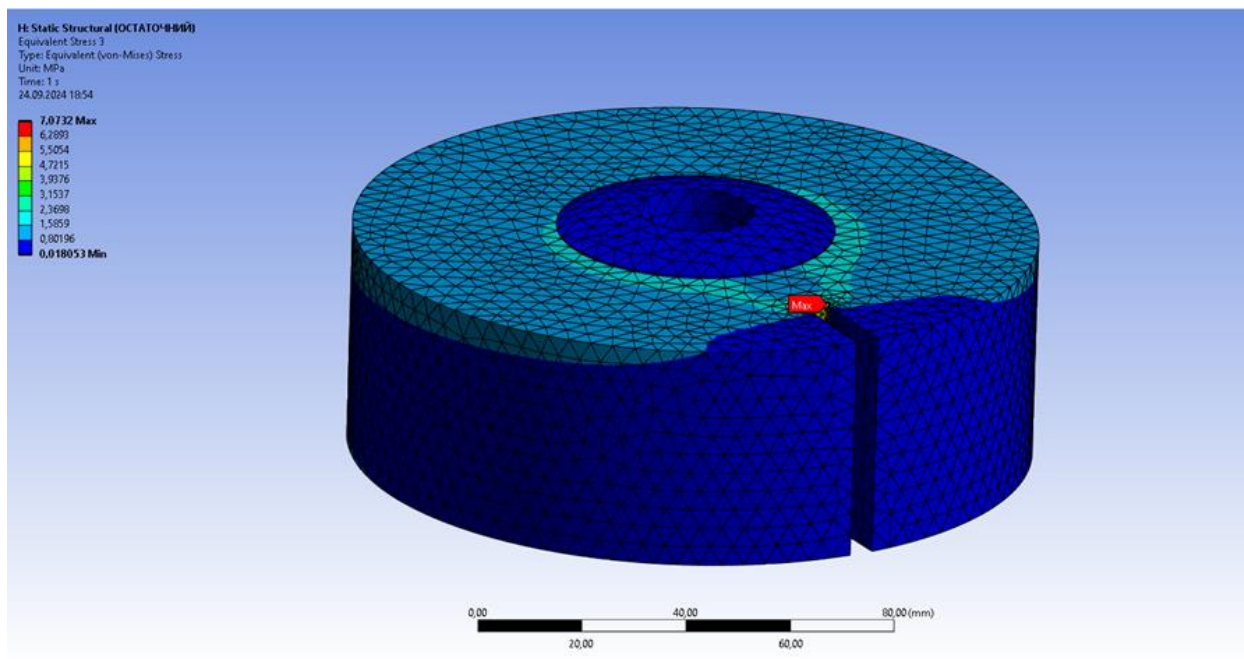


Рисунок 1 – Результати скінченно-елементного моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону (еквівалентні напруження в зразку асфальтобетону та кільці з інвару)

Як видно з рис. 1 максимальні еквівалентні напруження в зразку асфальтобетону прогнозовано знаходяться в місці закладеного дефекту.

Отримані результати дозволяють виконати перерахунок отриманих при натурному випробуванні результатів визначення низькотемпературної тріщиностійкості в напруженнях, що виникають при цьому в зразку асфальтобетону.

Оскільки асфальтобетон є композитним матеріалом, для підвищення точності чисельних розрахунків, доцільно використати реконструйовану тривимірну модель асфальтобетону [5]. Це додатково надасть можливість дослідити напруження, що виникають в асфальтобетоні через різницю коефіцієнтів температурного розширення бітуму та кам'яних матеріалів [3] та вплив такого явища на утворення тріщин при охолодженні.

Висновки

Комп'ютерне моделювання експерименту з визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону дозволяє ширше дослідити напружено-деформований стан в якому перебуває асфальтобетон при охолодженні.

Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на верифікацію отриманих результатів комп'ютерного моделювання за допомогою приладу АССД для визначення низькотемпературної тріщиностійкості асфальтобетону.

Крім того, необхідно дослідити вплив використання геометричної моделі асфальтобетону отриманої за результатами тривимірної реконструкції його структури, на точність чисельних розрахунків.

Література

1. Evaluation of Low Temperature Cracking Resistance of WMA / S.-S. Kim та ін. Athens OH : The Ohio Department of Transportation Office of Statewide Planning & Research, 2015. 121 с. URL: <https://www.researchgate.net/publication/279942111> (дата звернення: 07.10.2024).

2. М 02071168-708:2012. Методика розрахунку тонких асфальтобетонних шарів на жорсткій основі з урахуванням термопластичних властивостей асфальтобетону. Чинний від 2012-12-01. Вид. офіц. Харків, 2012. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=50310 (дата звернення: 07.10.2024).

3. Маляр В. В. Визначення температурних напружень в асфальтобетоні методом комп'ютерного моделювання. Вісник ХНАДУ. 2021. № 93. С. 105–111. URL: <https://doi.org/10.30977/BUL.2219-5548.2021.93.0.105> (дата звернення: 07.10.2024).

4. Методика та результати визначення коефіцієнта лінійного температурного деформування асфальтобетону / А. М. Онищенко та ін. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. 2014. № 92. С. 56–63. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/92/056-063.pdf (дата звернення: 07.10.2024).

5. Хомутенко Д. Г. Комп'ютерне моделювання структури асфальтобетону для дослідження його властивостей під дією низьких температур. Сучасні інформаційні технології : Матеріали всеукр. науково-практ. конф. здобувачів вищ. освіти та молодих уч., м. Харків, 26 квіт. 2024 р. Харків, 2024. С. 237–243.

6. Хомутенко Д. Г. Новітні методи експериментального визначення низькотемпературних властивостей асфальтобетону: виклики та перспективи для України. Збірник матеріалів XIV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та молодих учених "НАУКОВА ВЕСНА 2024", м. Дніпро, 27 берез. 2024 р. Дніпро, 2024. URL: <https://rmv.nmu.org.ua/ua/arkhiv-zbirok-konferentsiy/naukova-vesna.php> (дата звернення: 07.10.2024).