

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ПРУЖНОСТІ ШАРІВ
ПОКРИТТІВ ІЗ БЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ БРУКУВАННЯ

Гамеляк І.П., доктор технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна
Карафізі Л.М., Національний транспортний університет, Київ, Україна

EXPERIMENTAL DETERMINATION THE MODULUS OF ELASTICITY
FOR LAYERS OF CONCRETE BLOCK PAVEMENTS

Gameliak I.P., doctor of technical sciences, National transport university, Kyiv, Ukraine
Karafizi L.N., National transport university, Kyiv, Ukraine

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОДУЛЯ УПРУГОСТИ СЛОЕВ
ПОКРЫТИЙ С БЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОЩЕНИЯ

Гамеляк И.П., доктор технических наук, Национальный транспортный университет, Киев,
Украина
Карафизы Л.Н., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Вступ. В Україні освоєно високотехнологічне обладнання (вібропресувальні установки) для виробництва бетонної бруківки. Заводи по виробництву вібропресованих елементів мощення знаходяться в різних регіонах. Для прикладу виробничі потужності ПБГ «Ковальська» становлять 1 600 000 м² в рік. Виробляються бетонні елементи брукування з великою різноманітністю форм. Однак питання розрахунку конструкцій покриттів із бетонних елементів мощення на сьогоднішній день досліджені недостатньо, що є причиною передчасного руйнування таких покриттів. Щоб підвищити довговічність і надійність брукованих покриттів необхідно встановити параметри несучої здатності в реальних умовах експлуатації.

Постановка проблеми. З метою мінімізації витрат на будівництво та ремонт доріг необхідно проектувати дороги із заданою надійністю H , у відповідності до капітальності дорожньої конструкції. Для забезпечення надійності повинна виконуватися умова роботоздатності конструкції дорожнього одягу [1, 2]:

$$H = K_H = P\{Z_i = E_{заг}(\Sigma Np, T_{сл}, W_в) - E_{номп}(\Sigma Np, T_{сл}) > 0\}, \quad (1)$$

де P – ймовірність безвідмовної роботи конструкції; Z_i – умова роботоздатності; $E_{заг}(\Sigma Np, T_{сл}, W_в)$ – функція загального модуля пружності від інтенсивності навантаження, терміну служби та відносної вологості ґрунту земляного полотна; $E_{номп}(\Sigma Np, T_{сл})$ – функція потрібного модуля пружності від інтенсивності навантаження та терміну служби.

Надійність конструкції дорожнього одягу визначається, як ймовірність безвідмовної роботи, за формулою:

$$K_H = 0,5 + F(\beta) = 0,5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\beta}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (2)$$

де $F(\beta)$ – Нормована функція Лапласа;
 β – характеристика надійності:

$$\beta = \frac{E_{заг} - E_{номп}}{\sqrt{S_{E_{заг}}^2 + S_{E_{номп}}^2}} \quad \text{або} \quad \beta = \frac{E_{заг} - E_{номп}}{\sqrt{C_{E_{заг}}^2 \cdot K_M^2 + C_{E_{номп}}^2}}, \quad (3)$$

де $E_{заг}$ – середнє значення загального модуля пружності; $E_{номп}$ – середнє значення потрібного модуля пружності; $S_{E_{заг}}$ та $S_{E_{номп}}$ – середньоквадратичні відхилення загального модуля пружності та потрібного модуля пружності відповідно; $C_{E_{заг}}$ та $C_{E_{номп}}$ – коефіцієнти варіації загального модуля пружності та потрібного модуля пружності відповідно; K_M – коефіцієнт запасу:

$$K_M = \frac{E_{заг}}{E_{номп}}. \quad (4)$$

Проектування конструкцій дорожнього одягу виконується під сумарну кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби. Для визначення потрібного модуля пружності з урахуванням сумарної інтенсивності руху за період експлуатації використовується вираз 5 [3]:

$$E_{номп} = a + b \cdot \ln(\Sigma Np), \quad (5)$$

де a – коефіцієнт, що виражає деформацію конструкції від одноразового навантаження; b – коефіцієнт, що характеризує наростання деформації від повторного навантаження конструкції; ΣNp – сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби дорожнього одягу.

Отже потрібний модуль пружності зростає зі збільшенням терміну служби. Загальна міцність дорожнього одягу може бути опосередковано оцінена загальним модулем пружності, який змінюється в річному циклі при зміні температури покриття та відносної вологості ґрунту і також внаслідок деградації конструкції відбувається зменшення загального модуля пружності в кінці терміну служби.

Загальний модуль пружності $E_{заг}$ повинен бути не меншим від потрібного модуля пружності конструкції $E_{номп}$ з урахуванням капітальності одягу, типу покриття, заданої надійності, інтенсивності дії навантаження і терміну служби. Оскільки дорожній одяг є багатошаровою системою, що складається з шарів різної жорсткості і різної товщини, то загальний модуль пружності розраховується поетапно за двошаровою схемою, враховуючи загальний модуль пружності нижчележачих шарів та модуль пружності i -того шару. При розрахунку робиться припущення, що існує однорідна (одношарова) система з такою самою деформацією, як і в двошаровій системі. Такі системи еквівалентні. Зроблене припущення дає змогу замінити модулі пружності $E_в$ (модуль пружності матеріалу верхнього шару) і $E_н$ (модуль пружності нижчележачих шарів) на загальний (еквівалентний) модуль пружності однорідної системи $E_{заг}$ так, щоб при прикладенні розрахункового навантаження фіктивний однорідний напівпростір мав таку саму деформацію, як двошаровий дорожній одяг [1, 3].

Значення модулів пружності матеріалів, що використовуються в дорожньому будівництві, наводяться в ВБН В.2.3-218-186 [4]. Оскільки бетонні елементи брукування є відносно новим матеріалом для дорожніх покриттів, реальні значення деформаційних характеристик брукованих шарів відсутні. Також не відомі залежності зміни модулів від товщини та форми елементів.

Вивчаючи досвід закордонних колег, виявилось що значення модуля пружності шару із бетонних елементів брукування $E_{оп}$ знаходяться в межах діапазону 300 - 5 000 МПа, але деякі результати випробувань є досить високими як 12 500 Мпа [5]. Стверджується, що після будівництва $E_{оп}$ є відносно низьким, але збільшується після початку прикладання транспортного навантаження та теплового впливу внаслідок защемлення блоків.

Також не з'ясований характер роботи брукованих шарів конструкції. Частина фахівців при проектуванні, для спрощення розрахунків, розглядає бруковані шари як відносно однорідне та ізотропне середовище. Однак в опублікованих дослідженнях [6] Муратом Альгіним в 2007 році зазначається, що розвиток напружень під бруківкою відрізняється від розподілу напружень в звичайних конструкціях нежорсткого типу. В статті показана зміна куткових напружень у випадку прямокутних блочних елементів з розмірами 100x200 мм. Максимальне напруження під навантаженим слідом в 0,8 Н/мм² визначається рівним 1,15 Н/мм² тобто має місце 45% перенапруження, коли тільки один кут бруківки дає позитивні напруження стиснення.

Незважаючи на велику різноманітність елементів мощення, для влаштування покриттів під автомобільний транспорт в Україні поки що випускаються елементи форм «Фалка» – з товщиною 8 та 10 см, та «Подвійне Т» – з товщиною 8 см. Проектування конструкцій дорожнього одягу затрудняється, оскільки невідомі деформаційні характеристики шарів із даних елементів брукування та характер їх роботи в конструкції.

Тому метою роботи є вимірювання загального модуля пружності КДО з бетонними елементами брукування різної форми та розмірів, котрі використовуються при влаштуванні дорожніх покриттів для різних умов навантаження та ґрунтово-геологічних умов. На основі вимірних значень загального модуля пружності виконати розрахунок деформаційної характеристики (модуля пружності) брукованих шарів та показників неоднорідності даної характеристики.

Методика випробувань. Випробування проводилися згідно ВБН В.2.3-218-186 та ТР BF – StB [7]. Для проведення випробування використовувався прилад динамічного навантаження INSPECTOR 3 (рис.1).



Рисунок 1 – Прилад динамічного навантаження INSPECTOR 3

На відміну від подібних приладів, що широко представлені на сьогоднішній день на ринку, INSPECTOR 3 дає можливість визначати не тільки характеристики ґрунтів, але і асфальтобетонних шарів (діапазон вимірювань до 900 МПа). А наявне обладнання придатне тільки для визначення модуля пружності в кращому випадку ущільнених ґрунтів і щебенево-піщаних сумішей (діапазон вимірювань 30 - 150 МПа).

Тестер для вимірювання модуля пружності ґрунту INSPECTOR 3 – це портативний прилад за допомогою якого можна оцінити несучу здатність КДО та ґрунтів. Прилад використовується в дорожньому будівництві, будівництві та інших сферах діяльності.

INSPECTOR 3 дозволяє оцінити:

- модуль пружності;
- максимальну деформацію;
- відношення модулів пружності та деформації;
- час деформації.

INSPECTOR 3 використовує енергію маси, яка падає з висоти і деформує конструкцію або ґрунт. Динамічний модуль пружності обчислюється мікропроцесорною системою на основі сигналу від датчика прискорення. Результати вимірювання виводяться на рідкокристалічний екран. У пам'яті приладу зберігаються результати 200 серій вимірювань. Результати вимірювань, збережені в пам'яті, можна передати на комп'ютер, використовуючи бездротовий зв'язок Bluetooth, або через порт USB.

В протокол вимірювань записується крім даних випробування також їх дата, час і температура навколишнього повітря при наявності пристрою GPS також координати випробувальної точки.

Функціональні компоненти пристрою розташовані в компактному, водостійкому алюмінієвому корпусі. Для транспортування прилад поміщається в спеціальну валізу з водостійкої фанери з посиленими стінками.

Технічні характеристики приладу:

- падаюча маса – 10 кг;
- висота падіння – 800 мм;
- максимальне динамічне навантаження – 23 кН;
- діаметр штамп – 140 мм;
- тиск $p = 1,5$ МПа;
- діапазон вимірювань модуля пружності – 5 - 900 МПа.

Даний прилад вибраний оскільки він дає можливість вимірювати модуль пружності в характерних точках, завдяки діаметру $d = 140$ мм.

Визначення несучої здатності виконувалося в 4-х характерних точках елемента брукування для шести елементів. Порядок випробування наступний.

Для початку була виконана розмітка місця випробування, як показано на рис. 2.

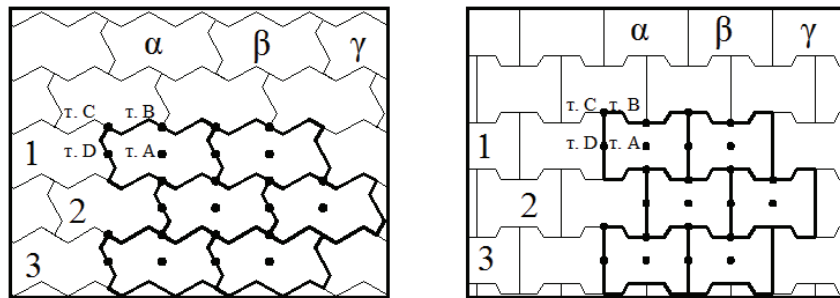


Рисунок 2 – Розмітка місця проведення випробувань

По розміченим точкам виконувалося визначення несучої здатності конструкції дорожнього одягу. На наступному етапі виконувалося розбирання шару покриття із елементів брукування та визначення несучої здатності шарів що підстилають бруковане покриття. При визначенні несучої здатності нижчележачих шарів, що складаються з неукріплених матеріалів, виміри проводилися на певній віддалі один від одного. Оскільки відбувається розуцільнення матеріалу шару, що веде до отримання невірних результатів при виконанні вимірювань по шару, структура котрого була порушена.

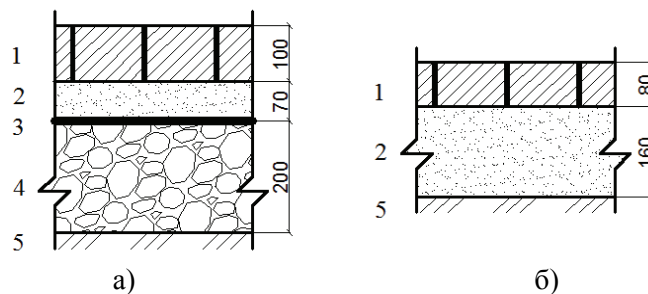


Рисунок 3 – Конструкції ДО із брукованим покриттями, що випробовувалися: 1 – бетонна бруківка; 2 – відсів фр. 0-5 мм; 3 – геотекстильний розділяючий прошарок; 4 – щебінь фр.20-40 мм; 5 – ущільнений ґрунт земляного полотна, суглинок легкий

Визначення несучої здатності проводили на території ТОВ «Бетон Комплекс» за адресою: м. Київ, вул. Резервна,8. Випробування проводили на чотирьох ділянках. Дві ділянки складської території з конструкцією (рис. 3а), проте одна з ділянок в місці без руху транспортних засобів, а інша з рухом автотранспорту загальною масою 5 т, покриття влаштоване з елементів брукування «фалка» (300x150x100 мм). Та дві ділянки для паркування легкових автомобілів з конструкцією (рис. 3б), покриття однієї влаштоване з елементів брукування «фалка» (240x130x80 мм), а іншої – «подвійне Т» (200x165x80 мм). Випробування проведено 28 вересня 2013 року. За місяць вересень в м. Києві випало 211 мм опадів, що в 4,5 рази перевищує місячну норму.

Результати випробувань та їх аналіз. Для обробки отриманих даних було використано підручник «Математична обробка спостережень» [8].

За результатами експериментального вимірювання модуля пружності приладом INSPECTOR 3 на ділянці покриття із бетонної бруківки типу "фалка" розміри в мм (300x150x100) на складській ділянці без руху транспортних, засобів отримано такі результати (рис. 4):

Загальний модуль пружності на поверхні брукованого покриття змінюється в межах від 138 МПа до 265 МПа в залежності від вимірювання по характерним точкам, при середньому значенні 219,2 МПа. Середнє квадратичне відхилення 22,16 МПа, коефіцієнт варіації 10,11 %.

Загальний модуль пружності на поверхні підстилаючих шарів змінюється в межах від 72 МПа до 172 МПа, при середньому значенні 112,0 МПа. Середнє квадратичне відхилення 18,56 МПа, коефіцієнт варіації 16,57 %.

За результатами експериментального вимірювання модуля пружності приладом INSPECTOR 3 на ділянці покриття із бетонної бруківки типу "фалка" розміри в мм (300x150x100) на складській ділянці з рухом автотранспорту загальною масою 5 т, отримано такі результати (рис. 5):

Загальний модуль пружності на поверхні брукованого покриття змінюється в межах від 205 МПа до 360 МПа в залежності від вимірювання по характерним точкам, при середньому значенні 273,2 МПа. Середнє квадратичне відхилення 27,09 МПа, коефіцієнт варіації 9,92 %.

Загальний модуль пружності на поверхні підстилаючих шарів змінюється в межах від 48 МПа до 149 МПа, при середньому значенні 106,0 МПа. Середнє квадратичне відхилення 23,46 МПа, коефіцієнт варіації 22,13 %.

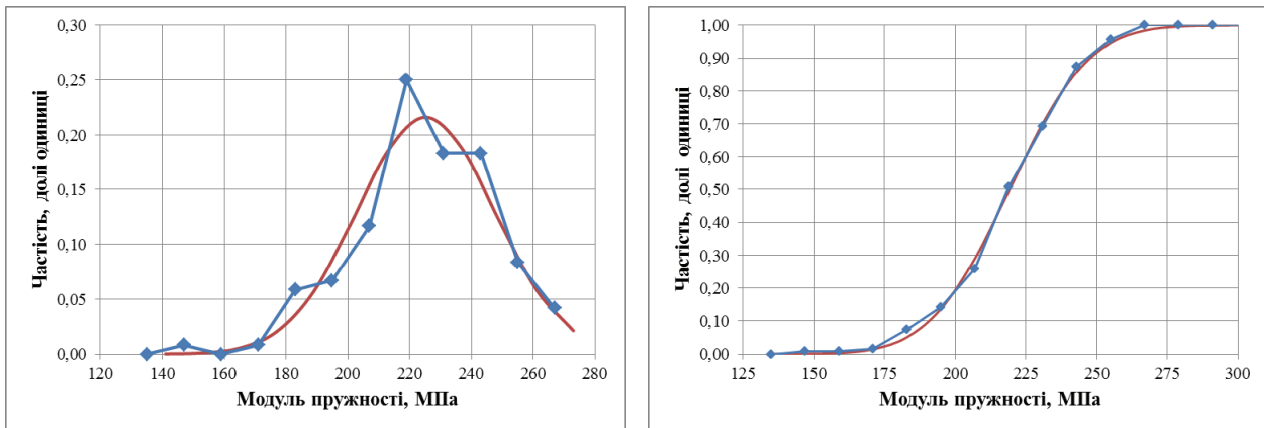


Рисунок 4 – Полігон частот та нормальний закон розподілу (зліва), експериментальна та теоретична інтегральні криві (справа) модуля пружності покриття із бетонних елементів брукування "фалка" товщиною 10 см, на складській ділянці без руху транспортних засобів

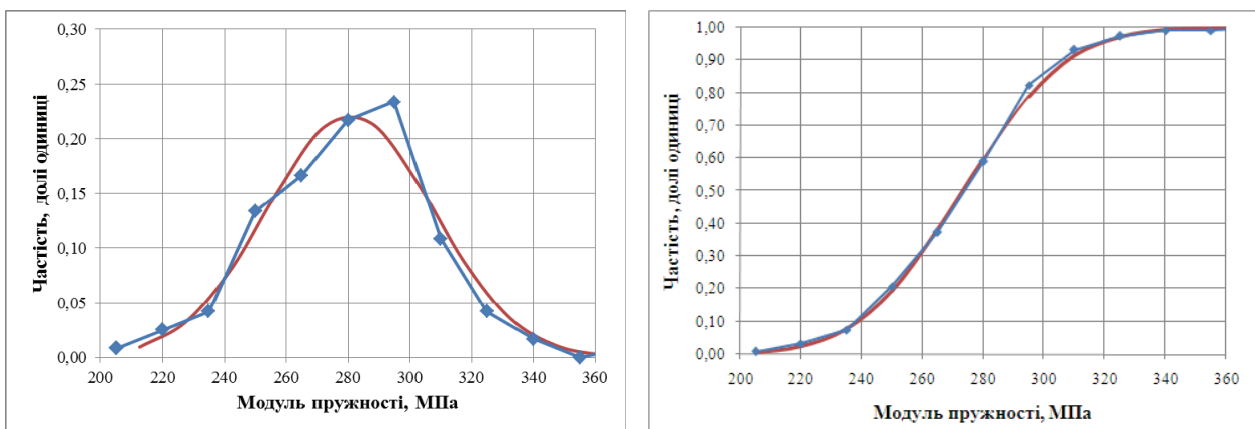


Рисунок 5 – Полігон частот та нормальний закон розподілу (зліва), експериментальна та теоретична інтегральні криві (справа) модуля пружності покриття із бетонних елементів брукування "фалка" товщиною 10 см, на складській ділянці з рухом автотранспорту загальною масою 5 т

За результатами експериментального вимірювання модуля пружності приладом INSPECTOR 3 на ділянці покриття із бетонної бруківки типу "фалка" розміри в мм (240x130x80), отримано такі результати (рис.6):

Загальний модуль пружності на поверхні брукованого покриття змінюється в межах від 93 МПа до 177 МПа в залежності від вимірювання по характерним точкам, при середньому значенні 144,87 МПа. Середнє квадратичне відхилення 15,46 МПа, коефіцієнт варіації 10,67 %.

Загальний модуль пружності на поверхні підстилаючих шарів змінюється в межах від 22 МПа до 82 МПа, при середньому значенні 60,13 МПа. Середнє квадратичне відхилення 14,19 МПа, коефіцієнт варіації 23,60 %.

За результатами експериментального вимірювання модуля пружності приладом INSPECTOR 3 на ділянці покриття із бетонної бруківки типу "подвійне Т" розміри в мм (200x165x80), отримано такі результати (рис.7):

Загальний модуль пружності на поверхні брукованого покриття змінюється в межах від 115 МПа до 254 МПа в залежності від вимірювання по характерним точкам, при середньому значенні 170,94 МПа. Середнє квадратичне відхилення 27,59 МПа, коефіцієнт варіації 16,14 %.

Загальний модуль пружності на поверхні підстилаючих шарів змінюється в межах від 29 МПа до 86 МПа, при середньому значенні 64,0 МПа. Середнє квадратичне відхилення 13,55 МПа, коефіцієнт варіації 21,18 %. Результати вимірювань та їх аналізу зведені в таблиці 1.

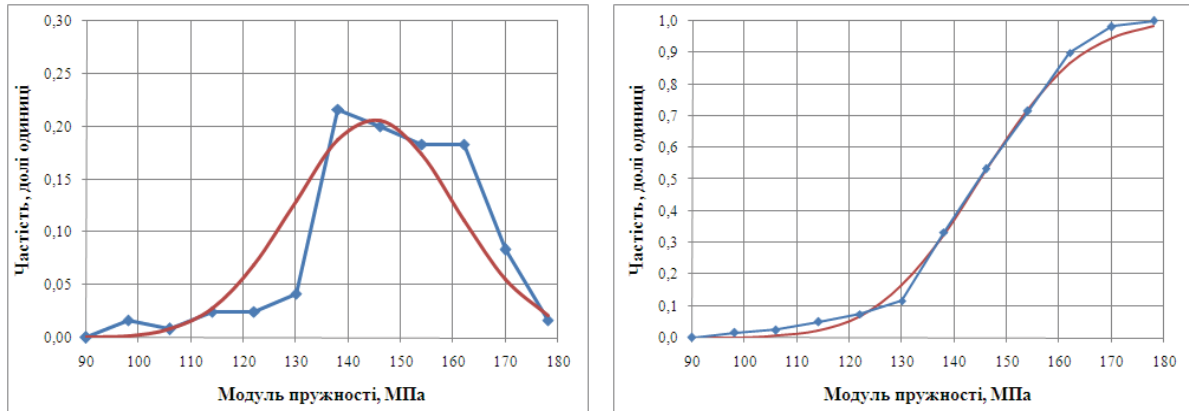


Рисунок 6 – Полігон частотей та нормальний закон розподілу (зліва), експериментальна та теоретична інтегральні криві (справа) модуля пружності покриття із бетонних елементів брукування "фалка" товщиною 8 см, на ділянці для паркування легкових автомобілів

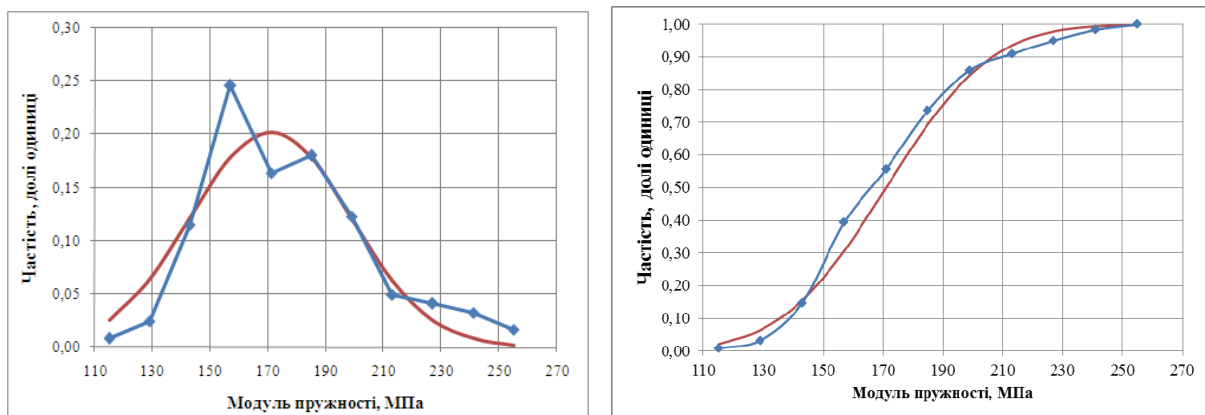


Рисунок 7 – Полігон частотей та нормальний закон розподілу (зліва), експериментальна та теоретична інтегральні криві (справа) модуля пружності покриття із бетонних елементів брукування "подвійне Т" товщиною 8 см, на ділянці для паркування легкових автомобілів

На основі отриманих значень модулів пружності поверх брукованих шарів та під ними визначено деформаційні характеристики цих шарів. Для розрахунку використовувалася формула П.І. Теляєва [4]:

$$E_{заг}^{(i)} = \frac{\left[1,05 - 0,1 \frac{h_i}{D} \left(1 - \sqrt[3]{E_{заг}^{(i+1)} / E_i} \right) \right] E_i}{0,713 \sqrt{\frac{E_{заг}^{(i+1)}}{E_i}} \operatorname{arctg} \left(\frac{1,35 h_{екв}}{D} \right) + \frac{E_i}{E_{заг}^{(i+1)}} \cdot \frac{2}{\pi} \operatorname{arctg} \frac{D}{h_{екв}}}, \quad (6)$$

де $E_{заг}^{(i)}$ – загальний модуль пружності на поверхні i -го шару; i – номер розглянутого шару дорожнього одягу, рахуючи зверху вниз ($i = 1, 2, 3, \dots$); h_i – товщина i -го шару; D – діаметр навантаженої площі; $E_{заг}^{(i+1)}$ – загальний модуль пружності півпростору, що підстилає i -й шар; E_i – модуль пружності матеріалу i -го шару.

Відповідно до діючого ВБН В.2.3-218-186, Таблиця Е.5, розрахунковий модуль пружності кам'яної бруківки та пакеляжу приймається в межах 400 – 500 МПа.

З розрахунків отримано, що модуль пружності шару покриття з бетонної бруківки типу "фалка" розміри в мм (300x150x100), по котрій відсутній рух транспортних засобів становить 495,7 МПа. Однак шар покриття з такої ж бруківки ("фалка" розміри в мм (300x150x100)), який регулярно сприймає навантаження рухомого транспорту (автонавантажувач масою 5 т) становить 952,7 МПа. Очевидно дане явище спровоковане ущільненням матеріалу швів та ліпшої роботі механізму защемлення. Модуль пружності шару покриття з бетонної бруківки типу "фалка" розміри в мм (240x130x80), що сприймає навантаження від легкових автомобілів, становить 680,6 МПа. А модуль пружності шару покриття з бетонної бруківки типу "подвійне Т" розміри в мм (200x165x80), що сприймає навантаження від легкових автомобілів, становить 1008 МПа.

Таблиця 1 – Результати випробувань та їх аналізу

Ділянка	Поверхня на якій виконувалося вимірювання	Вид елемента брукування		Результати вимірювань, МПа			Результати розрахунку модуля пружності шару, МПа
		форма	розміри, мм	мін.	середнє	макс.	
Складська територія без руху т.з.	Поверх шару покриття із елементів брукування	фалка	300x150x100	<u>138</u> 175	<u>219,2</u> 220,3	<u>265</u> 261	<u>495,7</u> 504,8
	Поверх підстилаючого шару			<u>72</u> 80	<u>112,0</u> 111,5	<u>172</u> 147	
Територія із рухом автонавантажувача 5 т.	Поверх шару покриття із елементів брукування	фалка	300x150x100	<u>205</u> 219	<u>273,2</u> 273,5	<u>360</u> 327	<u>952,7</u> 903,7
	Поверх підстилаючого шару			<u>48</u> 64	<u>106,0</u> 109,5	<u>149</u> 149	
Територія паркування легкових авто	Поверх шару покриття із елементів брукування	фалка	240x130x80	<u>93</u> 115	<u>144,9</u> 146,5	<u>177</u> 169	<u>680,6</u> 671,5
	Поверх підстилаючого шару			<u>22</u> 34	<u>60,1</u> 61,5	<u>82</u> 82	
Територія паркування легкових авто	Поверх шару покриття із елементів брукування	подвійне Т	200x165x80	<u>115</u> 122	<u>170,9</u> 168,0	<u>254</u> 225	<u>1008,0</u> 911,3
	Поверх підстилаючого шару			<u>29</u> 38	<u>64,0</u> 65,3	<u>86</u> 86	

Примітка. Значення в знаменнику отримані при нехтуванні результатів вимірювання що виходять за межі 2σ .

Висновки.

Проаналізувавши результати випробувань рекомендується внести в ВБН В.2.3-218-186 наступні розрахункові значення модулів пружності для шарів із бетонних елементів брукування:

- бетонна бруківка "фалка" розміри в мм (300x150x100) – 900 МПа;
- бетонна бруківка "фалка" розміри в мм (240x130x80) – 650 МПа;
- бетонна бруківка "подвійне Т" розміри в мм (200x165x80) – 900 МПа.

При випробуванні приладом INSPECTOR 3, який має діаметр штамбу 140 мм, було виявлено, що деформації в характерних точках дещо різняться. Тому доцільно уточнити характер роботи брукованих покриттів навантаженням діаметр штамбу якого близький до діаметру кола, рівновеликого відбитку колеса автомобіля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гамеляк Ігор Павлович. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу : дис. ... доктора техн. наук : 05.22.11 / Гамеляк Ігор Павлович ; Національний транспортний ун-т. – К., 2005. – 525 с.

2. Надійність конструкцій дорожнього одягу : навч. посіб. для студ. ВНЗ / Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П.[та ін.]. – К. : НТУ, 2012. – 216 с. – ISBN 978-966-632-168-1.
3. Проектирование дорожных одежд / Иванов Н.Н., Защепин А.Н., Корсунский М.Б. [и др.]. – М. : Автотрансиздат, 1955. – 250 с.
4. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. – К. : Укравтодор, 2004. – 176 с.
5. Judycki J. Structural design of concrete block pavement structures for polish conditions / J. Judycki, J. Alenowicz, W. Cyske. – Gdansk : Technical University of Gdansk, 1996. – PP. 365–374.
6. Halil Murat Algin. Interlock mechanism of concrete block pavements / Halil Murat Algin // Journal of transportation engineering – May 2007. – PP. 318 – 326.
7. TP BF - StB. Teil B 8.3 Technische Pruvvorschriften fur Boden und Fels im StraÙenbau. Dynamischer Plattendruckversuch mit Leichtem Fallgewichtsgerat. – Ausgabe, 2003. – 36 p.
8. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений / Б.М. Щиголев. – М. : ФизМатЛит, 1962. – 344 с.

REFERENCES

1. Gameliak, I. P. (2005). The basics of ensuring reliability for constructions of road pavements: dissertation for the degree of doctor of technical sciences : 05.22.11. Kyiv: National transport university. (Ukr)
2. Dmitrichenko, N.F., Dmitriev, N.N., Gameliak, I.P., Yakimenko, Y.N., & Raikovski, V.F. (2012). Reliability for constructions of road pavements. Kyiv: National transport university. ISBN 978-966-632-168-1. (Ukr)
3. Ivanov, N.N., Zashchepin, A.N., Korsunsky, M.B. Motilev, Y.L., Puzakov, N.A., & Tulaev, A.Y. (1955). The design of road pavements. Moskva: Avtotransizdat. (Rus)
4. VBN V.2.3-218-186-2004. (2004). Flexible road pavement. Kyiv: Ukavtodor. (Ukr)
5. Judycki, J., Alenowicz, J., & Cyske, W. (1996). Structural design of concrete block pavement structures for polish conditions. Gdansk: Technical University of Gdansk. 365–374. (Eng)
6. Murat Algin, H. (2007). Interlock mechanism of concrete block pavements. J. Transp. Eng., 133(5), 318–326. (Eng)
7. TP BF - StB. (2003). Part B 8.3 Technical testing of soil and rock in the road building. Dynamic plate load test with light falling weight. (Deu)
8. Schigolev, B.M. (1962). Mathematical treatment of observations. Moskva: Fizmatlit. (Rus)

РЕФЕРАТ

Гамеляк І.П. Експериментальне визначення модуля пружності шарів покриттів із бетонних елементів брукування / І.П. Гамеляк, Л.М. Карафізі // Вісник Національного транспортного університету. Науково-технічний збірник: в 2 ч. Ч. 1: Серія «Технічні науки». – К. : НТУ, 2014. – Вип. 29.

В статті висвітлені результати експериментального визначення деформаційної характеристики брукованих шарів дорожніх одягів. Проаналізувавши отримані результати сформовано рекомендації для підвищення надійності брукованих покриттів.

Об'єкт дослідження – покриття дорожніх одягів із бетонних елементів брукування.

Мета роботи – встановити деформаційні характеристики покриттів із бетонних елементів брукування та на основі отриманих результатів сформувані рекомендації для підвищення надійності конструкцій дорожніх одягів з брукованими покриттями.

Бетонні елементи брукування стають популярним матеріалом для покриттів. Оскільки покриття із бетонної бруківки поєднує в собі переваги нежорстких (асфальтобетонних) та жорстких (цементобетонних) покриттів. Однак незначний досвід проектування, будівництва та експлуатації приводить до поширеного явища утворення дефектів та руйнувань брукованих покриттів. Проведені випробування дають можливість точніше зрозуміти особливості характеру роботи брукованих шарів як покриття дорожнього одягу. І розробити рекомендації для проектування покриттів із заданою надійністю для зменшення витрат при будівництві та експлуатації.

На основі результатів випробувань, що висвітлені в статті, доцільно внести доповнення до діючого ВБН В.2.3-218-186.

Необхідно провести випробування несучої здатності брукованих покриттів навантаженням діаметр штампу якого близький до діаметру кола, рівновеликого відбитку колеса автомобіля та порівняти їх з випробуваннями, що виконані приладом динамічного навантаження INSPECTOR 3, який має діаметр штампу 140 мм.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ПРИЛАД ДИНАМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ, МОДУЛЬ ПРУЖНОСТІ, БЕТОННІ ЕЛЕМЕНТИ БРУКУВАННЯ, КОНСТРУКЦІЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ.

ABSTRACT

Gameliak I.P., Karafizi L.N. Experimental determination the modulus of elasticity for layers of concrete block pavements. Visnyk National Transport University. Scientific and Technical Collection: In Part 2. Part 1: Series «Technical sciences». – Kyiv: National Transport University, 2014. – Issue 29.

The paper presents the results experimental determination of the deformation characteristics for paver pavement layers. After analyzing the results generated recommendations to improve the reliability of paver pavements.

Object of the study – the road pavements of concrete paving elements (blocks).

Purpose of the study – to establish the deformation characteristics for pavements of concrete paving elements and on the basis of obtained results form the recommendations for improving the reliability of road constructions with paver pavements.

Concrete paving elements (blocks) are becoming a popular material for pavements. Since the pavement of concrete paving stones combines the advantages of flexible (asphalt) and rigid (concrete) pavements. But little experience in design, construction and maintenance leads to the widespread phenomenon of defect formation and destruction of paver pavements. Performed tests allow understanding more precisely the nature of work paver layers of road pavement. And develop recommendations for the design of pavements with a given reliability for reducing costs during construction and maintenance.

Based on test results, which are covered in the article, it is appropriate to make additions to existing VBN V.2.3-218-186.

Necessary to conduct tests of bearing capacity cobbled pavements by plate load with diameter, which is close to the diameter of the circle an equivalent print car wheel and compare them with performed tests by dynamic plate load INSRESTOR 3, which has a diameter of plate 140 mm.

KEYWORDS: DYNAMIC PLATE LOAD, MODULUS OF ELASTICITY, CONCRETE PAVING ELEMENTS (BLOCKS), CONSTRUCTION OF ROAD PAVEMENT.

РЕФЕРАТ

Гамеляк И.П. Экспериментальное определение модуля упругости слоев покрытий с бетонных элементов мощения / И.П. Гамеляк, Л.Н. Карафизы // Вестник Национального транспортного университета. Научно-технический сборник: в 2 ч. Ч. 1: Серия «Технические науки». – К. : НТУ, 2014. – Вып. 29.

В статье освещены результаты экспериментального определения деформационной характеристики мощеных слоев дорожных одежд. Проанализировав полученные результаты, сформированы рекомендации для повышения надежности мощеных покрытий.

Объект исследования – покрытие дорожных одежд из бетонных элементов мощения.

Цель работы – установить деформационные характеристики покрытий из бетонных элементов мощения и на основе полученных результатов сформировать рекомендации для повышения надежности конструкций дорожных одежд с мощеными покрытиями.

Бетонные элементы мощения становятся популярным материалом для покрытий. Поскольку покрытие из бетонной брусчатки сочетает в себе преимущества нежестких (асфальтобетонных) и жестких (цементобетонных) покрытий. Однако незначительный опыт проектирования, строительства и эксплуатации приводит к распространенному явлению образования дефектов и разрушений мощеных покрытий. Проведенные испытания дают возможность точнее понять особенности характера работы мощеных слоев покрытия дорожной одежды. И разработать рекомендации для

проектирования покрытий с заданной надежностью для уменьшения затрат при строительстве и эксплуатации.

На основе результатов испытаний, которые освещены в статье, целесообразно внести дополнения к действующему ВСН В.2.3-218-186.

Необходимо провести испытания несущей способности мощных покрытий нагрузкой диаметр штампа, которого близок к диаметру круга равновеликого отпечатку колеса автомобиля и сравнить их с испытаниями, выполненными прибором динамической нагрузки INSPECTOR 3, который имеет диаметр штампа 140 мм.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ПРИБОР ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, МОДУЛЬ УПРУГОСТИ, БЕТОННЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОЩЕНИЯ, КОНСТРУКЦИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ.

АВТОРИ:

Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри аеропортів, e-mail: gip65@mail.ru, тел. +380503524124, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 344.

Карафізі Леонід Миколайович, інженер, Національний транспортний університет, e-mail: karafizipro@mail.ru, тел. +380681250036, Україна, 01010, м. Київ, вул. Суворова 1, к. 344.

AUTHOR:

Gameliak Igor P., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National transport university, professor department of airports, e-mail: gip65@mail.ru, tel. +380503524124, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 344.

Karafizi Leonid N., engineer, National transport university, e-mail: karafizipro@mail.ru, tel. +380681250036, Ukraine, 01010, Kyiv, Suvorova str. 1, of. 344.

АВТОРЫ:

Гамеляк Игорь Павлович, доктор технических наук, профессор, Национальный транспортный университет, профессор кафедры аэропортов, e-mail: gip65@mail.ru, тел. +380503524124, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 344.

Карафизы Леонид Николаевич, инженер, Национальный транспортный университет, e-mail: karafizipro@mail.ru, tel. +380681250036, Украина, 01010, г. Киев, ул. Суворова 1, к. 344.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Дмитрієв М.М., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, перший проректор – проректор з наукової роботи Національного транспортного університету, Київ, Україна.

Вирожемський В.К., кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, ДП «ДерждорНДІ ім. М.П. Шульгіна», перший заступник директора з наукової роботи ДП «ДерждорНДІ ім. М.П. Шульгіна», Київ, Україна.

REVIEWER:

Dmitriev N.N., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National transport university, the first pro-rector – pro-rector for scientific work of National transport university, Kyiv, Ukraine.

Virozhemskiy V.K., Ph.D., senior research fellow, SE «DerzhdorNDI name M.P. Shulgin», the first deputy director for research of the SE «DerzhdorNDI name M.P. Shulgin», Kyiv, Ukraine.