

dr hab. inż. Władysław Gardziejczyk, prof. nzw.^{1*)}
mgr inż. Paweł Gierasimiuk¹⁾

Wpływ metody teksturowania na hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego

Influence of texturing method for noisiness of cement concrete pavement

DOI: 10.15199/33.2015.07.24

(Studium przypadku)

Streszczenie. Na poziom hałasu toczenia pojazdów samochodowych wpływa tekstura nawierzchni drogowej. Dotyczy to szczególnie nawierzchni z betonu cementowego. W artykule przedstawiono wyniki badań poziomu hałasu na przykładowych nawierzchniach betonowych w Polsce, teksturowanych tkaniną jutową, szczotką z włóknami z tworzywa sztucznego i metodą odkrytego kruszywa. Ustalono, że w przypadku metody odkrytego kruszywa istotny wpływ na poziom hałasu ma maksymalne uziarnienie kruszywa, które w górnej warstwie nawierzchni nie powinno przekraczać uziarnienia 8 mm. Nawierzchnia teksturowana tkaniną jutową jest zdecydowanie najgłośniejszym rozwiązaniem w przypadku pojazdów ciężarowych poruszających się z prędkością powyżej 80 km/h. Odcinki teksturowane poprzecznie szczotką różniły się między sobą w sposób istotny pod względem poziomu hałasu toczenia od przejeżdżającego pojazdu osobowego.

Słowa kluczowe: nawierzchnia z betonu cementowego, hałas opona/nawierzchnia, tekstura.

Abstract. The road pavement texture has the great influence on the tyre/road noise level. Particularly, it concerns cement concrete pavements. The article presents the results of tyre/road noise research on the examples of cement concrete pavements in Poland which were textured by a burlap drag, a nylon brush (a transverse texture) and a method of exposed aggregate concrete pavement. It was found, that according to the method of exposed aggregate concrete pavement maximum size of aggregate, which in a wearing course should not exceed 8 mm, has a significant impact on the noise level. The cement concrete pavement textured by a burlap drag is definitely the loudest solution for multi-axial trucks traveling at a speed above 80 km/h. Sections transverse textured by a nylon brush significantly differ from each other relating to a tyre/road noise of a car.

Keywords: cement concrete pavement, tyre/road noise, texture.

Zgodnie z wynikami badań prowadzonych w wielu krajach o hałaśliwości nawierzchni z betonu cementowego decyduje w głównej mierze tekstura ich powierzchni. Ogólne Specyfikacje Techniczne (OST – Nawierzchnia betonowa – D-05.03.04) dopuszczają do stosowania na drogach w Polsce teksturowanie tkaniną jutową, poprzeczne przecieranie świeżo ułożonej mieszanki betonowej stalową szczotką lub rowkowanie poprzeczne widełkami metalowymi oraz metodą odkrytego kruszywa [1], która polega na wykorzystaniu opóźnionej hydratacji cementu, a następnie usunięciu niezwiązanej zaprawy cementowej szczotką mechaniczną lub wodą pod ciśnieniem. OST nie precyzują jednak głębokości i rozstawu rowków w przypadku rowkowania poprzecznego oraz parametrów geometrycznych powierzchni teksturowanych szczotką stalową i tkaniną jutową.

¹⁾ Politechnika Białostocka, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska;

^{*)} Autor do korespondencji:
e-mail: w.gardziejczyk@pb.edu.pl

W przypadku metody odkrytego kruszywa podano głębokość makrotekstury nie większą niż 1,5 mm. Przy odtwarzaniu tekstury nawierzchni z betonu cementowego stosuje się metodę tzw. piły diamentowej (ang. diamond grinding), która zapewnia nieregularną teksturę, poprawiając właściwości przeciwpoślizgowe i zmniejszając hałaśliwość nawierzchni [2], a także metody rowkowania poprzecznego lub podłużnego piłą diamentową (ang. diamond grooving). Metody te są wykorzystywane także przy teksturowaniu nowych nawierzchni po stwardnieniu górnej warstwy betonowej.

Dotychczas w Polsce nie prowadzono szczegółowych badań poziomu hałasu toczenia pojazdów samochodowych na nawierzchniach z betonu cementowego. Istnieje pogląd, że ten rodzaj nawierzchni jest zdecydowanie bardziej hałaśliwy niż nawierzchnie asfaltowe. Nie potwierdziły tego wyniki badań poziomu hałasu prowadzone przez zespół z Politechniki Białostockiej [3].

Celem artykułu jest wykazanie, jak ważnym zagadnieniem, z punktu widzenia hałaśliwości, jest wykonanie optymalnej tekstury nawierzchni betonowych.

Hałaśliwość nawierzchni z betonu cementowego

Badania hałasu toczenia pojazdów samochodowych są prowadzone w wielu krajach, głównie zgodnie z założeniami metod: Statistical Pass-By method (SPB), Close Proximity Method (CPX), Controlled Pass-By method (CPB) i On-Board Sound Intensity (OBSI). Szczegółowa charakterystyka metod pomiaru hałasu znajduje się w [4, 5].

W ramach projektu NITE (Noise Intensity Testing in Europe), metodami CPX i OBSI była badana hałaśliwość „cichych” nawierzchni asfaltowych oraz nawierzchni betonowych teksturowanych różnymi metodami (rowkowanie poprzeczne, beton porowaty, odkryte kruszywo, rowkowanie piłą diamentową) w 9 krajach europejskich oraz na drogach stanów Kalifornia i Arizona

w USA [5]. Najcichsze okazały się nawierzchnie wykonane z dwuwarstwowego porowatego betonu asfaltowego (poziom hałas w przedziale 94,0 – 96,0 dB (A) przy prędkości 97 km/h). Zbliżone wyniki uzyskano w przypadku nawierzchni z porowatego betonu cementowego (ok. 97,0 dB (A)). Nawierzchnie betonowe z odkrytym kruszywem charakteryzowały się poziomem hałasu ok. 101,0 dB (A) oraz 103,0 – 104,0 dB (A) w zależności od maksymalnego uziarnienia kruszywa, natomiast nawierzchnie teksturowane tkaniną jutową i stalową szczotką poziomem hałasu ok. 101,5 dB (A), a z rowkowaniem podłużnym w granicach 102,0 – 103,5 dB (A). Najgłośniejsze okazały się nawierzchnie betonowe z rowkowaniem poprzecznym (106,0 – 109,0 dB (A)). Zgodnie z wynikami wg metody CPX [6] zbliżoną hałaśliwość miały nawierzchnie asfaltowe i nawierzchnie betonowe o teksturze przecieranej szczotką (odpowiednio 98,6 dB (A) i 99,0 dB (A)).

Badania hałaśliwości nawierzchni przeprowadzone metodą CPX w Szwecji wykazały, że nawierzchnia betonowa z odkrytym kruszywem (maksymalna wielkość kruszywa 16 mm) jest o 5,0 – 7,0 dB(A) cichsza w porównaniu z referencyjną nawierzchnią asfaltową – SMA16 przy częstotliwości powyżej 1000 Hz, zarówno w przypadku samochodów osobowych, jak i ciężarowych [7]. Przy niższej częstotliwości badane nawierzchnie uzyskały podobne wartości poziomu dźwięku.

Szczegółowe badania dotyczące wpływu rozstawu rowków na poziom hałasu były prowadzone w stanie Wisconsin w USA na specjalnie do tego celu wybudowanym torze doświadczalnym składającym się z 12 odcinków testowych [8]. Zauważono, że głębokość rowków poprzecznych pomiędzy 3,0 mm a 1,5 mm powoduje różnicę poziomu hałasu o ok. 1,0 dB(A). Przy rozstawie rowków co 38 mm i 13 mm różnica poziomu dźwięku wyniosła ok. 6 dB(A) w przypadku pojazdów osobowych i ok. 2 dB(A) – pojazdów ciężarowych. Przy nieregularnym rowkowaniu poprzecznym zanotowano niższe poziomy hałas w porównaniu z rowkowaniem w rozstawie co 25 mm i 38 mm odpowiednio o 1 dB(A) i 3 dB(A). Ustalono również, że w przypadku row-

kowania poprzecznego duży wpływ na poziom generowanego hałasu ma głębokość i szerokość rowków. Tekstura z płytszymi i szerszymi rowkami jest głośniejsza niż tekstura z głębszymi i węższymi rowkami. Wyniki badań potwierdziły także, że lepszym rozwiązaniem pod względem akustycznym jest rowkowanie podłużne.

Wyniki badań i ich analiza

Analizę wpływu tekstury nawierzchni betonowej na maksymalny poziom dźwięku od przejeżdżającego pojazdu przeprowadzono na podstawie wyników pomiarów metodą SPB na trzech odcinkach drogi S8 oraz zgodnie z założeniami metody CPB z wykorzystaniem jednego samochodu osobowego marki Skoda Octavia na trzech odcinkach lotniskowej nawierzchni betonowej. Na drodze krajowej S8 badania wykonano na następujących nawierzchniach (fotografia):

- przekrój B2: nawierzchnia betonowa dyblowana, teksturowana metodą odkrytego kruszywa, tekstura gruba (MPD = 1,16 mm), maksymalne uziarnienie kruszywa w górnej warstwie 8 mm;
- przekrój B3: nawierzchnia betonowa dyblowana w technologii „whitetopping”, teksturowana tkaniną jutową, tekstura bardzo drobna (MPD = 0,20 mm);
- przekrój B4: nawierzchnia betonowa dyblowana, teksturowana metodą odkrytego kruszywa, tekstura bardzo gruba (MPD = 1,90 mm), maksymalne uziarnienie kruszywa w górnej warstwie > 8 mm.

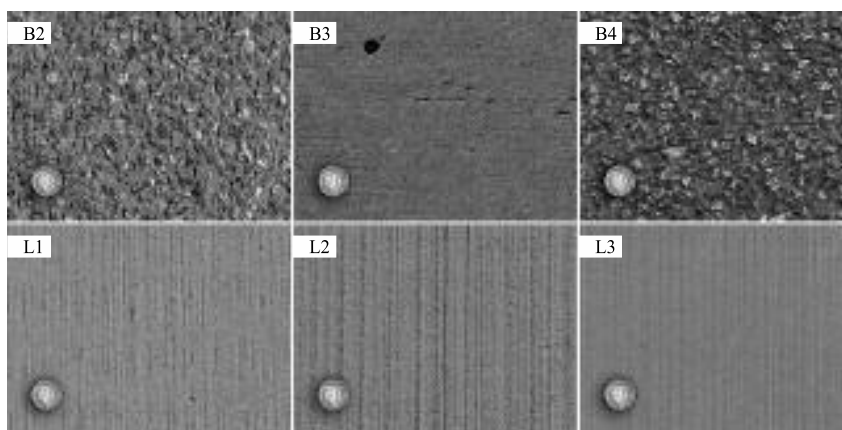
Na nawierzchni lotniskowej, teksturowanej szczotką z włóknami z tworzywa sztucznego w kierunku poprzecznym, na trzech różnych pasach wyty-

powano odpowiednio trzy przekroje badawcze (fotografia): L1, L2 i L3 o makroteksturze MPD (L1) = 0,57, MPD (L2) = 0,66, MPD (L3) = 0,49. Na odcinku, na którym zlokalizowano przekrój L2, widoczne były poprzeczne „garby”, powstałe na etapie teksturowania powierzchni.

Na rysunku 1a przedstawiono wyniki badań poziomu dźwięku metodą SPB, a na rysunku 1b – wyniki maksymalnego poziomu dźwięku od przejeżdżającego z różną prędkością samochodu osobowego marki Skoda Octavia.

Ustalono zależności pomiędzy maksymalnym poziomem dźwięku od statystycznego pojedynczego pojazdu osobowego i wielocłonowego pojazdu ciężarowego a logarytmem prędkości wraz ze współczynnikami korelacji R podano w tabeli. Na rysunku 2 pokazano wartości poziomu hałasu w odniesieniu do rodzaju pojazdu, nawierzchni i prędkości jazdy.

Wyniki badań jednoznacznie wskazują na wpływ tekstury nawierzchni na poziom hałasu od przejeżdżających pojazdów. W przypadku metody odkrytego kruszywa istotny wpływ ma maksymalne uziarnienie kruszywa w górnej warstwie, które nie powinno przekraczać 8 mm. Dotyczy to głównie pojazdów osobowych. W przypadku prędkości 110 km/h nawierzchnia o bardzo grubej teksturze jest głośniejsza o 2 – 3 dB(A) niż nawierzchnia o grubej teksturze. Najgłośniejszą nawierzchnią z punktu widzenia pojazdu ciężarowego przy prędkości 85 km/h okazała się nawierzchnia teksturowana tkaniną jutową, głośniejsza o 2 – 3 dB(A) od nawierzchni tek-



Widok badanych nawierzchni z betonu cementowego – opis w artykule
The view of tested sections of a cement concrete pavements

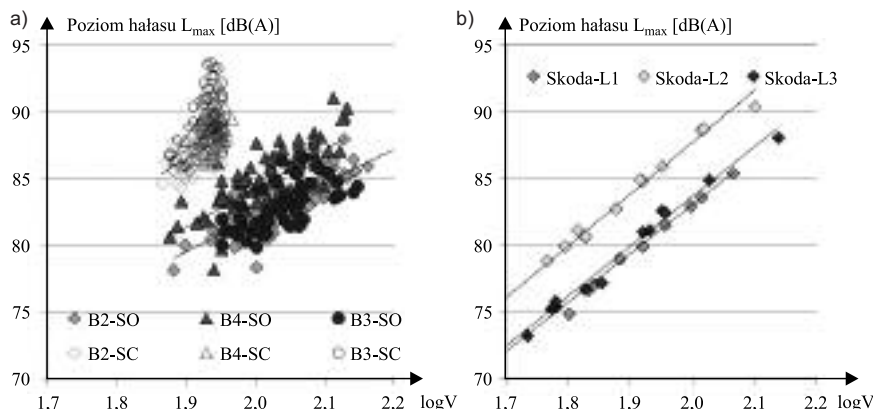
strowanej metodą odkrytego kruszywa. Na przykładzie badań na 3 sąsiednich pasach nawierzchni z betonu cementowego teksturowanego poprzecznie szczotką wykazano, że różnice pomiędzy maksymalnymi poziomo-

mami dźwięku od przejeżdżającego pojazdu osobowego marki Skoda Octavia mogą osiągać wartość do ok. 5 dB(A). Oznacza to potrzebę zwrócenia szczególnej uwagi na jakość prowadzonych robót, gdyż na-

wet w przypadku takiej samej metody teksturowania poziomy hałas mogą istotnie się różnić.

Podsumowanie

Wyniki badań potwierdziły, że teksturowanie nawierzchni z betonu cementowego wymaga szczególnej uwagi z punktu widzenia poziomu emitowanych dźwięków przez przejeżdżające pojazdy. Szczególnie korzystnym rozwiązaniem jest metoda odkrytego kruszywa, natomiast unikać należy teksturowania tkaniną jutową, w szczególności na drogach obciążonych pojazdami ciężarowymi poruszającymi się z prędkością powyżej 80 km/h. Konieczne jest także zwrócenie uwagi na prawidłowe wykonanie teksturowania powierzchni, gdyż przy tej samej technice teksturowania różnica pomiędzy maksymalnymi poziomami hałasu na dwóch sąsiednich pasach ruchu może osiągać wartość nawet ok. 5 dB(A).



Rys. 1. Wyniki badań maksymalnego poziomu dźwięku od pojedynczo przejeżdżających pojazdów: a) na odcinkach na drodze S8 wg metody SPB; b) na odcinkach na nawierzchni lotniskowej wg metody CPB

Fig. 1. The results of maximum sound level research: a) on section on road S8, according to SPB method; b) on section on airport pavements, according to CPB method

Zależności pomiędzy maksymalnym poziomem dźwięku i logarytmem prędkości

The relationship between a maximum sound level and a logarithm of speed

Przekrój	Pojazd osobowy		Wielozłonowy pojazd ciężarowy	
	zależność	współczynnik korelacji R	zależność	współczynnik korelacji R
Droga krajowa S8 – metoda SPB				
B2	$L_{max} = 31,14 + 25,45 \log V$	0,83	$L_{max} = 28,09 + 30,68 \log V$	0,54
B3	$L_{max} = 34,97 + 23,45 \log V$	0,68	$L_{max} = -55,31 + 75,48 \log V$	0,72
B4	$L_{max} = 26,78 + 28,69 \log V$	0,68	$L_{max} = 22,52 + 34,00 \log V$	0,47
Nawierzchnia lotniskowa – metoda CPB				
L1	$L_{max} = 9,86 + 36,58 \log V$	0,99	-	-
L2	$L_{max} = 10,18 + 38,75 \log V$	0,99	-	-
L3	$L_{max} = 9,29 + 37,18 \log V$	0,99	-	-

Literatura

[1] Ogólne Specyfikacje Techniczne. Nawierzchnia betonowa. D – 05.03.04. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa 2013 r.

[2] Rasmussen R. O., Wiegand P. D., Fick G. J., Harrington D. S.: How to Reduce Tire-Pavement Noise: Better Practices for Constructing and Texturing Concrete Pavement Surfaces, Federal Highway Administration U. S. Department of Transportation, Washington, USA, 2012 r.

[3] Gardziejczyk W., Gierasimiuk P., Motylewicz M.: Hałaśliwość nawierzchni betonowych – przykładowe wyniki badań, Drogownictwo, nr 10, 2014 r., str. 319 – 326.

[4] Sandberg U., Ejsmont J. A.: Tyre/Road Noise Reference Book, Szwecja, 2002 r.

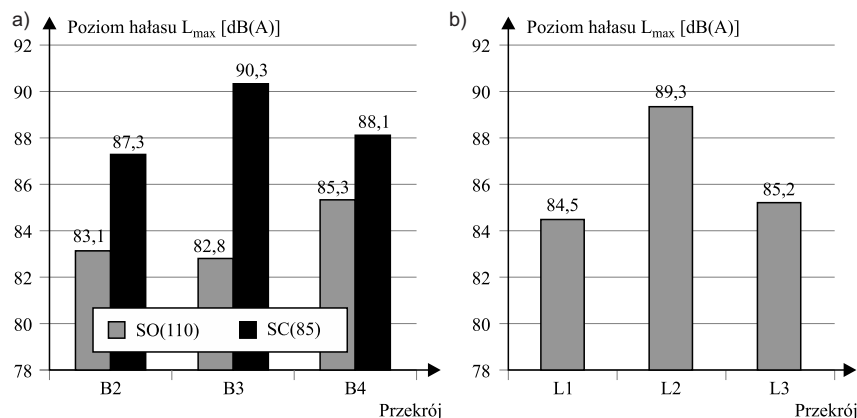
[5] Donovan P. R.: Comparative measurement of tire/pavement noise in Europe and the United States – NITE Study, Report No FHWA/CA/MI-2006/09, Petaluma, USA, 2006 r.

[6] Cackler E. T., Rasmussen R. O., Ferragut T., Harrington D. S. i in.: Evaluation of U.S. and European concrete pavement noise reduction methods, Federal Highway Administration, National Concrete Pavement Technology Center, Ames, USA, 2006 r.

[7] Sandberg U.: Noise characteristics of an exposed aggregate cement concrete surface, 14th International Congress on Sound & Vibration, Cairns, Australia, 2007 r.

[8] Kuemmel D. A. et al.: Noise characteristics of pavement surface texture in Wisconsin, Transportation Research Record, Vol. 1544, 1996 r., str. 24 – 35.

Przyjęto do druku: 14.05.2015 r.



Rys. 2. Maksymalny poziom dźwięku od przejeżdżającego: a) statystycznego pojazdu osobowego z prędkością 110 km/h i wielozłonowego pojazdu ciężarowego z prędkością 85 km/h wg metody SPB; b) pojazdu osobowego marki Skoda z prędkością 85 km/h na odcinkach na nawierzchni lotniskowej

Fig. 2. The maximum sound level of: a) a statistical passenger car at a speed of 110 km/h and multi-axial truck at a speed of 85 km/h according to SPB method; b) a Skoda car at a speed of 85 km/h on the airport pavement