

Jacek CZARNECKI*
Politechnika Szczecińska

OCENA PRZYDATNOŚCI ASFALTU DO CICHYCH NAWIERZCHNI ASFALTOWYCH

Streszczenie. Istotną rolę w mieszance mineralno-asfaltowej odgrywa lepiszcze asfaltowe. Nie tylko wiąże ono poszczególne składniki mieszanki, ale odpowiada także za przejmowanie naprężeń od ruchu drogowego, szczególnie w miejscach styku ziaren kruszywa. Z tego względu pożądaną cechą lepiszcza asfaltowego do budowy cichych nawierzchni bitumicznych jest jego zdolność do pochłaniania naprężeń (i tym samym fal dźwiękowych) przy zachowaniu wysokiej kohezji w szerokim zakresie temperatur.

W referacie przedstawiono sposób badania kohezji asfaltów w cienkiej warstwie, w specjalnie w tym celu przystosowanym aparacie do bezpośredniego ścinania gruntu. Pięć różnych lepiszczy poddano ścinaniu między dwoma kamiennymi płytkami w pięciu różnych temperaturach i przy dwóch prędkościach ścinania. Badania posłużyły do wyznaczenia pracy sprężystości i plastyczności badanych asfaltów, wykonanej podczas ścinania. Umożliwiło to określenie przydatności danego lepiszcza do wytłumiania hałasu drogowego w asfaltowych nawierzchniach drogowych.

ESTIMATION OF THE USEFULNESS OF THE BITUMEN FOR THE SILENT BITUMINOUS PAVEMENTS

Summary. Bitumen is one of the most important ingredients in bituminous mixture. It binds all the mixture components and is able to absorb stresses and sound waves. Therefore high bitumen cohesion value in wide temperature range is desired.

In this paper cohesion of five road bitumens was examined. Researches were performed in specially adopted soil direct shear apparatus at two shear speeds and five temperatures. Bitumen was sheared at the mineral-binder interface between two mineral plates. Usefulness of the bitumen for the silent bituminous pavements was estimated by counting the elasticity and plasticity work of examined bitumens made during shearing.

* Opiekun naukowy: Prof. dr hab. inż. Bogusław Stefańczyk.

1. Wprowadzenie

Hałas drogowy uważany jest za jeden z najbardziej uciążliwych zjawisk towarzyszących ruchowi środków transportu. Uważa się ponadto, że jego głównym źródłem jest styk opony z powierzchnią warstwy ścieralnej [1]. Zachodzi tu gwałtowne sprężanie i rozprężanie powietrza w miarę jak koło toczy się po nawierzchni [2]. Jednym ze sposobów ograniczających to zjawisko i tym samym hałas drogowy jest stosowanie mieszanki mineralno-asfaltowej porowatej (MMAP) na warstwę ścieralną nawierzchni [3]. Mieszanka ta charakteryzuje się zwiększoną do conajmniej 15% zawartością wolnej przestrzeni. Dzięki temu następuje rozprężanie powietrza pod oponą.

Oprócz tego, w celu ograniczenia wpływu nawierzchni na hałas drogowy, stosuje się m. in.:

- podwójną warstwę ścieralną z mieszanki mineralno-asfaltowej porowatej o uziarnieniu kruszywa #0/16 mm (warstwa dolna) oraz od #0/6 do #0/8 mm (warstwa górną), co zapewniać ma redukcję hałasu i zdolność do ograniczania zanieczyszczania nawierzchni,
- dodatki gumowe do mieszanki mineralno-asfaltowej, mające nadać warstwie ścieralnej sprężystość,
- dywaniki bitumiczne o drobnym uziarnieniu (około 0/4 mm) i niewielkiej grubości.

W literaturze pomija się jednak rodzaj asfaltu jako składnika mieszanki mineralno-asfaltowej mającego zdolności pochłaniania fal dźwiękowych. Dlatego istotne jest także badanie właściwości lepiszcza bitumicznego pod kątem jego przydatności do cichych nawierzchni drogowych.

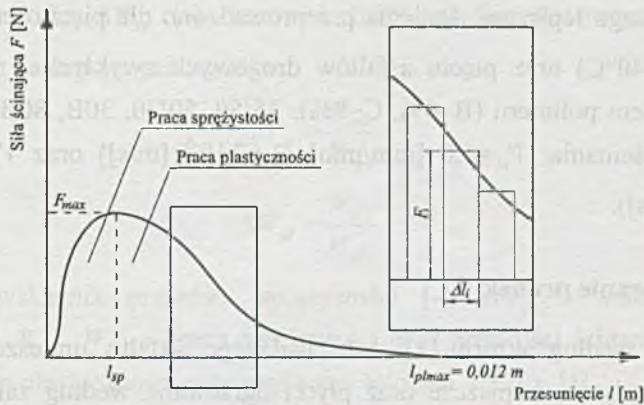
2. Badania kohezji asfaltu w cienkiej warstwie

2.1. Podstawy teoretyczne

Ze względu na rolę lepiszcza w mieszance mineralno-asfaltowej, powinno ono wykazywać się wysoką kohezją oraz zdolnością do relaksacji (pochłaniania) naprężeń w szerokim zakresie temperatur. Zapewni to zarówno odporność nawierzchni na deformacje, jak i jej zdolność do pochłaniania fal dźwiękowych.

Do oceny asfaltu maksymalna wartość kohezji nie jest jednak wystarczająca. Bardzo ważna jest praca lepiszcza, którą wykona ono podczas ścinania. Jest ona różna w zależności od temperatury badania i prędkości ścinania, wykazuje zarówno cechy

sprężyste, jak i plastyczne. Chcąc określić temperaturowy charakter asfaltu, oceniano pracę asfaltu zgodnie z rys. 1.



Rys. 1. Sposób obliczania pracy sprężystości i plastyczności bitumu
Fig. 1. Method of calculation the bitumen's elasticity and plasticity work

Pracę tę można wyznaczyć za pomocą następującego wzoru [4]:

$$W = W_{sp} + W_{pl} = \int_0^{l_{pl\max}} F dL = \sum_0^{l_{sp}} F_i \cdot \Delta l_i + \sum_{l_{sp}}^{l_{pl\max}} F_i \cdot \Delta l_i \quad (1)$$

gdzie: W – praca wykonana przez asfalt [J], W_{sp} – praca sprężystości [J], W_{pl} – praca plastyczności [J], F – siła ścinająca [N], L – przesunięcie [m].

Wynika stąd, że pracę lepiszcza można określić jako pole powierzchni pod wykresem przebiegu siły ścinającej.

Do badań użyto zaadaptowany w tym celu aparat do bezpośredniego ścinania gruntu oraz płytki kamienne o wymiarach 6x6x1 cm, wycięte z wapienia. Płytki zostały przeszlifowane i wypolerowane z dokładnością do 0,5 μm . Grubość warstwy lepiszcza h , która łączyła dwie badane płytki, określono według poniższego wzoru:

$$h = \frac{m}{\rho \cdot s} \cdot 10^{-4} \quad (2)$$

gdzie: h – grubość błonki lepiszcza [μm], m – masa lepiszcza [g], ρ – gęstość lepiszcza [g/cm^3], s – powierzchnia płytki [cm^2].

Przy określaniu masy lepiszcza sklejącego płytki, przyjęto grubość jego błonki wynoszącą 20 μm , gdyż dla tej grubości warstwy charakter chemiczno-mineralogiczny powierzchni kamiennej płytki nie wpływa na kohezję asfaltu [5]. Według wzoru (3), odpowiada to masie lepiszcza rozkładanej na powierzchni płytek równej 0,07 [g].

Dolna płytką była zamocowana na stałe w formie aparatu do bezpośredniego ścinania gruntu. Do górnej płytki przykładano siłę ścinającą, działającą równolegle do warstwy badanego lepiszcza. Badania przeprowadzono dla pięciu temperatur T_k (20, 25, 30, 35 i 40°C) oraz pięciu asfaltów drogowych zwykłych i modyfikowanych różnym udziałem polimeru (B~4%, C~8%): 35/50, 50/70, 30B, 80B i 80C w dwóch prędkościach ścinania: $V_{s1}=1,0$ [mm/min] ($1,67 \cdot 10^{-5}$ [m/s]) oraz $V_{s2}=10$ [mm/min] ($16,67 \cdot 10^{-5}$ [m/s]).

2.2. Przygotowanie próbek

Obliczoną według wzoru (3) ilość badanego asfaltu umieszczano na jednej z kamiennych płytek. Lepiszczce oraz płytki ogrzewano według zaleceń producenta lepiszcza odnośnie temperatury otaczania kruszywa. W ciągu 20 s nakładano drugą płytkę ruchem posuwistym, dokładnie rozprowadzając asfalt na styku płytek i uważając, aby nie wydostał się poza płytki. Następnie umieszczano próbki na 60 minut w suszarce, w temperaturze mięknięcia lepiszcza, po czym sezonowano próbki w łaźni wodnej, w temperaturze badania ($\pm 1^\circ\text{C}$) przez 3 h. Tak połączone płytki poddawano ścinaniu w aparacie bezpośredniego ścinania gruntu. Do wykonania badań wykorzystano 2 czujniki elektroniczne Mitutoyo 543-681B (po jednym dla pomiaru siły i przesunięcia) połączone z komputerem oraz przekaźnikiem czasowym, asymetrycznym, dwufunkcyjnym ELKO EP CRM-2H. Taki zestaw umożliwiał uzyskanie około 4 odczytów na sekundę. Cechy fizyczne badanych asfaltów przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Podstawowe cechy fizyczne badanych asfaltów

Cechy	Asfalty				
	35/50	50/70	30B	80B	80C
Penetracja w 25°C [$^{\circ}\text{pen}$]	40,6	53,7	32,4	50,7	75,6
Temperatura mięknięcia T_{PIK} [$^{\circ}\text{C}$]	51,6	47,4	60,6	61,5	69,6

3. Wyniki badań

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono wyniki badań siły ścinającej dla asfaltów w pięciu różnych temperaturach, dla prędkości ścinania odpowiednio V_{s1} oraz V_{s2} .

Ze względu na to, że maksymalna wartość siły ścinającej może być osiągana przy różnym przemieszczeniu (przesunięciu) płytek, wprowadzono pojęcia wskaźnika przyrostu sprężystości ΔW_{sp} [-] oraz wskaźnika spadku plastyczności ΔW_{pl} [-] obliczane według następujących wzorów:

$$\Delta W_{sp} = \frac{W_{sp2}}{W_{sp1}} \quad (3)$$

$$\Delta W_{pl} = \frac{W_{pl2}}{W_{pl1}} \quad (4)$$

gdzie: ΔW_{sp} – wskaźnik przyrostu sprężystości [-], ΔW_{pl} – wskaźnik spadku plastyczności [-], W_{sp1} , W_{sp2} – praca sprężystości przy prędkości ścinania V_{s1} , V_{s2} [J], W_{pl1} , W_{pl2} – praca plastyczności przy prędkości ścinania V_{s1} , V_{s2} [J].

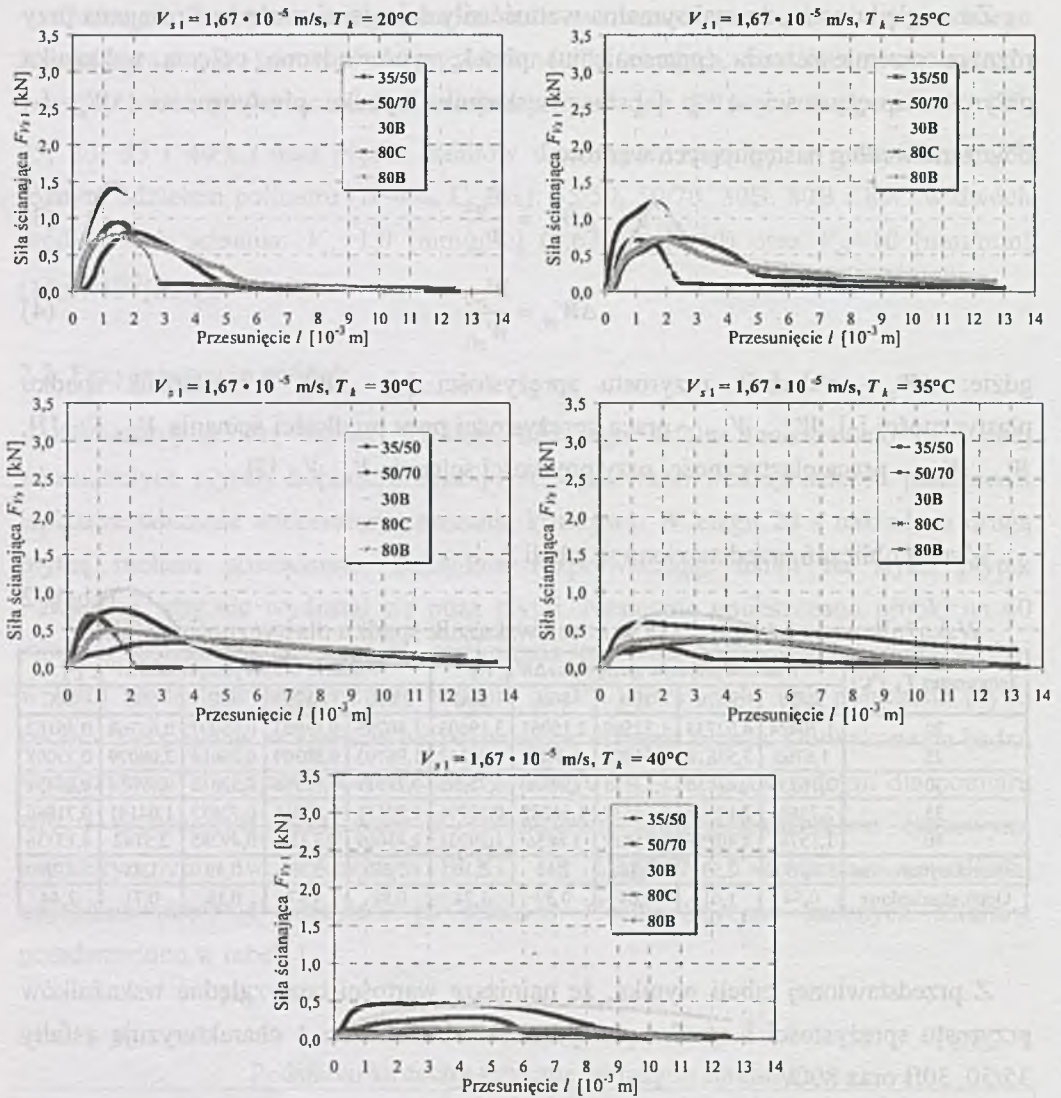
Wyniki obliczeń przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2

Wskaźnik przyrostu sprężystości oraz wskaźnik spadku plastyczności asfaltów

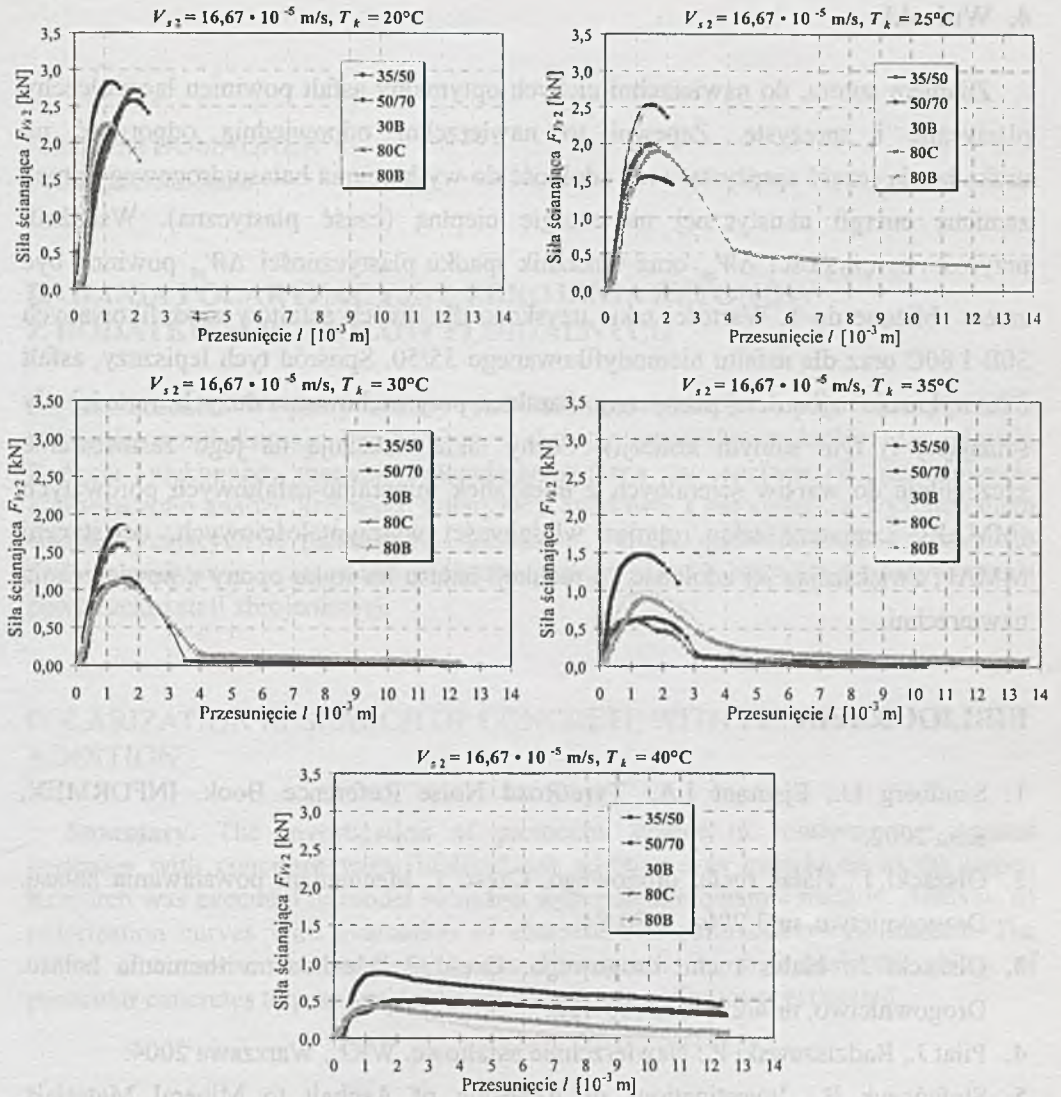
Temperatura T_k [°C]	Wskaźnik przyrostu sprężystości ΔW_{sp} [-]					Wskaźnik spadku plastyczności ΔW_{pl} [-]				
	35/50	50/70	30B	80B	80C	35/50	50/70	30B	80B	80C
20	1,70424	4,02733	1,32589	2,15063	3,19603	1,80795	0,83903	0,66007	0,83768	0,46167
25	1,6765	3,53816	2,04802	2,4469	1,91352	1,96703	0,80309	0,26614	2,08079	0,23008
30	2,16239	1,83056	1,52775	2,6698	3,75335	0,27517	0,82366	0,32012	0,79654	0,87451
35	2,75691	2,17106	0,65127	1,56282	0,33776	0,37131	1,33511	0,72653	1,04141	0,71866
40	1,15781	1,40295	0,25839	1,8856	1,29331	2,43069	13,114	0,49285	2,5142	4,13136
Średnia arytmetyczna	1,89	2,59	1,16	2,14	2,10	1,37	3,38	0,49	1,45	1,28
Odch. standardowe	0,54	1,01	0,64	0,39	1,24	0,88	4,87	0,18	0,71	1,44

Z przedstawionej tabeli wynika, że najniższe wartości bezwzględne wskaźników przyrostu sprężystości i spadku plastyczności zbliżone do 1 charakteryzują asfalty 35/50, 30B oraz 80C.



Rys. 2. Zależność siły ścinającej od przesunięcia płytek przy prędkości ścinania $V_{s1} = 1,67 \cdot 10^{-5}$ [m/s]
 Fig. 2. Shear force vs. plates' displacement at shear speed $V_{s2} = 1,67 \cdot 10^{-5}$ [m/s]

Poza właściwościami wytłumiającymi hałas drogowy, ważne są także cechy wytrzymałościowe nawierzchni drogowej (odporność na koleinowanie, odporność na wrywanie ziarn z powierzchni warstwy ściernalnej z MMAP itp.). Istotne jest zatem określenie optymalnej wartości wskaźników ΔW_{sp} oraz ΔW_{pl} . Asfalt najlepiej łączy cechy sprężyste i plastyczne, gdy ΔW_{sp} oraz ΔW_{pl} dążą do wartości 1, co daje jednakową pracę sprężystości i plastyczności wykonaną przez asfalt.



Rys. 3. Zależność siły ścinającej od przesunięcia płytek przy prędkości ścinania $V_{s2} = 16,67 \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$
 Fig. 3. Shear force vs. plates' displacement at shear speed $V_{s2} = 16,67 \cdot 10^{-5} \text{ [m/s]}$

Z przedstawionych rysunków wynika, że asfalty 50/70 oraz 80B wykazują cechy plastyczne już od najniższych temperatur. Na uwagę zasługują także właściwości asfaltu niemodyfikowanego 35/50, którego siła ścinająca w niskich temperaturach jest bardzo wysoka. Wynika to z braku obecności modyfikatora, który uplastycznia asfalt, jak ma to miejsce w przypadku innych badanych lepszych.

4. Wnioski

Zdaniem autora, do nawierzchni cichych optymalny asfalt powinien łączyć cechy plastyczne i sprężyste. Zapewni to nawierzchni odpowiednią odporność na uszkodzenia (część sprężysta) oraz zdolność do wytłumienia hałasu drogowego przez zamianę energii akustycznej na energię cieplną (część plastyczna). Wskaźnik przyrostu sprężystości ΔW_{sp} oraz wskaźnik spadku plastyczności ΔW_{pl} powinny być zatem zbliżone do 1. Wartości takie uzyskano dla dwóch asfaltów modyfikowanych 30B i 80C oraz dla asfaltu niemodyfikowanego 35/50. Spośród tych lepiszczy, asfalt 80C wykazuje najbardziej plastyczny charakter, przy zachowaniu dużych wartości siły ścinającej (i tym samym kohezji). Cechy takie wskazują na jego zastosowanie szczególnie do warstw ścieralnych z mieszanek mineralno-asfaltowych porowatych (MMAP). Lepiszczce takie, oprócz właściwości wytrzymałościowych, uelastyczni MMAP, zwiększając jej zdolność do redukcji hałasu na styku opony z powierzchnią nawierzchni.

BIBLIOGRAFIA

1. Sandberg U., Ejsmont J.A.: Tyre/Road Noise Reference Book. INFORMEX, Kisa 2002.
2. Olszacki J.: Hałas ruchu drogowego. Część 1. Mechanizm powstawania hałasu. Drogownictwo, nr 3/2008, s. 80-84.
3. Olszacki J.: Hałas ruchu drogowego. Część 2. Mechanizm tłumienia hałasu. Drogownictwo, nr 4/2008, s. 118-122.
4. Piłat J., Radziszewski P.: Nawierzchnie asfaltowe. WKŁ, Warszawa 2004.
5. Stefańczyk B.: Investigations of Adhesion of Asphalt to Mineral Materials. Archives of Civil Engineering, Vol. XXXVIII, No. 1-2, 1992, p. 153-166.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2005/2007 jako projekt badawczy.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Wojciech Grabowski