

Anna CHOMICZ-KOWALSKA*
Politechnika Świętokrzyska

WPLYW ASFALTU SPIENIONEGO NA WŁAŚCIWOŚCI RECYKLOWANEJ PODBUDOWY

Streszczenie. W opracowaniu przedstawiono wyniki badań oraz ocenę wpływu asfaltu spienionego na właściwości recyklowanej podbudowy. Ocenie poddano podstawowe właściwości fizyko mechaniczne podbudowy z asfaltem spienionym, jak również jej odporność na oddziaływanie wody i mrozu. Badania wykonano na mieszankach mineralnych recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym, w których wykorzystano materiał istniejących warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowej. Zawartość asfaltu spienionego, otrzymanego na bazie asfaltu Nyfoam 80, wynosiła 2,0%; 2,5% i 3,0%, natomiast jako spoiwo stosowano dodatek cementu w ilości 2,0% w stosunku do mieszanki mineralnej.

THE IMPACT OF FOAMED BITUMEN ON THE PROPERTIES OF THE RECYCLED PAVEMENT STRUCTURE

Summary. The paper presents the investigation results and the assessment of an influence of foamed bitumen on the properties of the recycled pavement structure. The standard properties of the pavement structure with foamed bitumen as well as its water and frost resistance were assessed. The tests were conducted on mineral mixes of the recycled pavement structure with foamed bitumen, in which the material of the existing road surface layers was used. The content of foamed bitumen based on Nyfoam 80 was 2,0%; 2,5% and 3,0% while the content of cement, used as binder, was 2,0% in relation to the mineral mix.

1. Wstęp

Ruch samochodowy oraz czynniki atmosferyczne, takie jak temperatura i woda, są główną przyczyną wpływającą na trwałość konstrukcji nawierzchni drogowej. W związku z tym, stosując nowe materiały konstrukcyjne nieodzownym jest dokonanie ich oceny nie tylko

* Opiekun naukowy: Dr hab. inż. Marek Iwański, prof. Politechniki Świętokrzyskiej.

w zakresie właściwości fizykomechanicznych, ale również odporności na oddziaływanie warunków klimatycznych.

Wzrost potrzeb w zakresie modernizacji eksploatowanej sieci drogowej w Polsce przyczynił się do podjęcia próby wdrożenia do krajowego wykonawstwa nowej technologii recyklingu na zimno, w której zamiast emulsji asfaltowej zastosowano asfalt spieniony.

Podczas recyklingu głębokiego konstrukcji nawierzchni drogi, dzięki temu, że asfalt spieniony zawiera minimalną ilość wody, następuje szybkie uzyskanie wymaganych, parametrów fizykomechanicznych przez wbudowywany materiał (podbudowę), co przyczynia się do skrócenia okresu jej pielęgnacji w porównaniu z technologią, w której stosowana jest emulsja asfaltowa.

W warunkach klimatu umiarkowanego brak jest kompleksowych badań podbudowy z asfaltem spienionym w zakresie wodo- i mrozoodporności. Głównym czynnikiem wpływającym na ten stan rzeczy jest fakt, że technologia ta rozwinęła się na kontynencie afrykańskim, w którym problem oddziaływania wody, a zwłaszcza mrozu, na trwałość konstrukcji nawierzchni ma bardzo ograniczone znaczenie.

W celu wdrożenia tej technologii na szerszą skalę do wykonawstwa drogowego w krajach europejskich, zwłaszcza takich, jak Polska, gdzie istotne znaczenie dla prawidłowego funkcjonowania konstrukcji nawierzchni ma jej odporność na oddziaływanie wody i mrozu, nieodzowne jest opracowanie kryteriów jej odporności w rozpatrywanym zakresie.

2. Technologia podbudowy z asfaltem spienionym

Mieszanek mineralną, będącą podstawowym składnikiem objętościowym recyklowanej podbudowy, może stanowić [1]:

- materiał istniejącej podbudowy niezwiązanej,
- nowy materiał mineralny (materiał doziarniający),
- destruk asfaltowy oraz materiał istniejącej podbudowy,
- kombinacje wyżej wymienionych materiałów.

Najbardziej ekonomiczne i najpowszechniej wykorzystywane jest zastosowanie asfaltu spienionego jako lepiszcza do połączenia destruktu oraz materiału mineralnego podbudowy. W celu podwyższenia parametrów mechanicznych podbudowy z asfaltem spienionym można wykorzystać zarówno cement portlandzki, jak i wapno hydratyzowane oraz popioły lotne. Główna rola spoiwa stosowanego w tego rodzaju mieszance mineralnej polega na

rozbudowaniu jej powierzchni właściwej i tym samym zwiększeniu wymaganej ilości asfaltu spienionego w celu zapewnienia wymaganych właściwości fizykomechanicznych podbudowy. Rodzaj zastosowanego spoiwa uzależniony jest od jakości mieszanki mineralnej, zawartości w niej części organicznych, ilości frakcji pyłowej i ilowej oraz uziarnienia i rodzaju kruszywa. Dzięki temu praktycznie każdy materiał kamienny może być wykorzystany do jej wytwarzania [1].

Proces technologiczny wytwarzania mieszanki mineralnej z asfaltem spienionym na drodze nie jest skomplikowany dzięki możliwości wykorzystania samojedznej recyklarki mającej specjalny układ do produkcji asfaltu spienionego. Również zagęszczanie i pielęgnacja tego rodzaju podbudowy nie sprawia żadnych trudności, ponieważ pod względem technologicznym wykonywana jest ona w taki sam sposób, jak podbudowa z mieszanki M-C-E.

W celu pełnego wykorzystania właściwości asfaltu spienionego, recykling materiałów konstrukcyjnych powinien być wykonany w okresie, w którym temperatura przetwarzanego na miejscu materiału w ciągu doby nie jest niższa niż $+5^{\circ}\text{C}$.

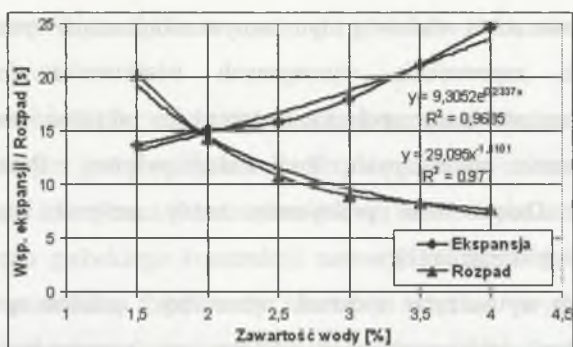
Zaletą w tego rodzaju recyklowanej podbudowie jest możliwość obciążania jej ruchem pojazdów już po 4 dniach od wykonania.

3. Badany materiał

3.1. Badania asfaltu spienionego

W technologii spienienia w drogownictwie światowym stosowane są asfalty o różnej penetracji. Istotnym elementem wykonanych badań było na wstępie określenie przydatności stosowanych w Polsce asfaltów do technologii spienienia. Wykonano badania czterech rodzajów asfaltów drogowych: 50/70 z Płocka, 160/220 z Trzebini oraz dwóch asfaltów produkowanych przez firmę Nynas (50/70 i Nyfoam 80). Badania oceny przydatności asfaltów obejmowały określenie podstawowych ich właściwości oraz parametrów spienienia [4].

Na podstawie badań [2, 4] stwierdzono, że asfalt Nyfoam 80 (rys. 1) charakteryzuje się najkorzystniejszymi parametrami spienienia: współczynnikiem ekspansji $WE = 15,1$ oraz czasem połowicznego rozpadu piany asfaltowej $t_{1/2} = 14,4$ s. Tym samym zastosowanie go podczas recyklingu głębokiego na zimno powinno gwarantować uzyskanie podbudowy o wysokich parametrach fizykomechanicznych.



Rys. 1. Charakterystyki asfaltu spienionego dla asfaltu Nyfoam 80

Fig. 1. Characteristics of foamed bitumen for Nyfoam 80

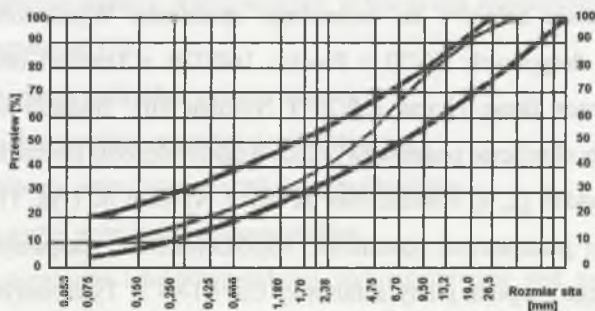
3.2. Skład ramowy recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym

W badaniach zastosowano mieszankę mineralną z asfaltem spienionym oraz dodatkiem cementu i wody przeznaczoną na warstwę podbudowy w technologii recyklingu na zimno.

Mieszankę mineralną podbudowy stanowił materiał istniejących warstw konstrukcyjnych nawierzchni drogowej: destruk asfaltowy, destruk z podbudowy sztywnej (chudy beton) oraz nowy materiał doziarniający – kruszywo dolomitowe frakcji 0/4mm.

Zaprojektowana mieszanka mineralna podbudowy składa się z 40% materiału frezowanych warstw asfaltowych, 40% materiału istniejącej podbudowy z chudego betonu oraz 20% kruszywa dolomitowego frakcji 0/4mm (rys. 2).

Zawartość asfaltu spienionego otrzymanego na bazie asfaltu Nyfoam 80 wynosiła 2,0%; 2,5%; 3,0%. Jako spoiwo stosowano dodatek cementu w ilości 2,0% w stosunku do mieszanki mineralnej, którego ilość określono na podstawie badań wytrzymałościowych.



Rys. 2. Krzywa uziarnienia mieszanki mineralnej na warstwę recyklowanej podbudowy

Fig. 2. Grading curve of the mineral mix for the recycled pavement structure

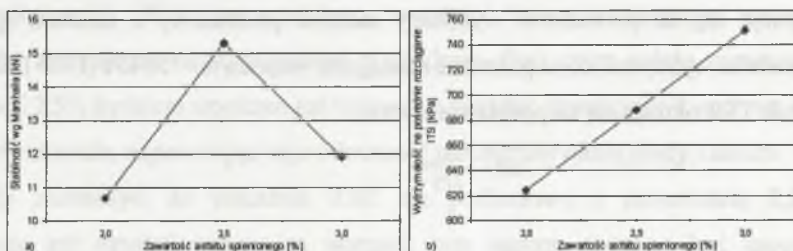
3.3. Metodyka oraz analiza rezultatów badań

W celu określenia właściwości materiału podbudowy w technologii recyklingu głębokiego z asfaltem spienionym opracowano program badawczy składający się z dwóch etapów.

Pierwszy etap badań obejmował określenie podstawowych właściwości fizykomechanicznych. Rezultaty badań zestawiono w tabeli 1, natomiast na rysunku 3 przedstawiono zależność stabilności wg Marshalla oraz wytrzymałości na pośrednie rozciąganie.

Tabela 1
Właściwości fizykomechaniczne mieszanek mineralnych podbudowy z asfaltem spienionym

Lp.	Właściwości mieszanek mineralnych z asfaltem spienionym	Ilość asfaltu spienionego [%]		
		2,0	2,5	3,0
1	Stabilność wg Marshalla [kN]	10,7	15,3	11,9
2	Odształcenie wg Marshalla [mm]	1,6	1,8	2,1
3	Sztywność wg Marshalla [kN/mm]	6,7	8,5	5,7
4	Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie ITS [kPa]	624	688	752
5	Zawartość wolnych przestrzeni [%]	12,9	12,1	11,6



Rys. 3. Zależność właściwości mechanicznych recyklowanej podbudowy od ilości asfaltu spienionego
a) stabilności wg Marshalla, b) wytrzymałości na pośrednie rozciąganie ITS

Fig. 3. Dependency of the mechanical properties of the recycled pavement structure on the amount of foamed bitumen: a) Marshall stability, b) indirect tensile strength ITS

Na podstawie analizy rezultatów badań zestawionych w tabeli 1 można stwierdzić, że zastosowanie w recyklowanym materiale podbudowy 2,5% asfaltu spienionego powoduje uzyskanie najkorzystniejszych charakterystyk mechanicznych. Przy tej zawartości asfaltu spienionego recyklowana podbudowa posiada największą stabilność. Natomiast wzrost zawartości lepszycza powoduje jej spadek. Nie obserwuje się tej zależności w przypadku wytrzymałości na pośrednie rozciąganie recyklowanej podbudowy, gdzie wraz ze wzrostem zawartości asfaltu spienionego wzrasta również wartość wskaźnika ITS.

W ramach drugiego etapu badań określono odporność podbudowy na oddziaływanie wody oraz mrozu przez określenie:

- wskaźnika odporności na oddziaływanie wody TSR,
- odporności na spękania niskotemperaturowe zgodnie z fińską normą PANK 4302 [5],

- wytrzymałości na pośrednie rozciąganie po procesie pielęgnacji w wodzie i mrozie zgodnie z procedurami amerykańskimi, wg metody AASHTO T283 [3].

Badania te wykonano na próbkach zagęszczonych w prasie Marshalla po 75 uderzeń z każdej strony, następnie przechowywanych w formach przez 24 godziny w temperaturze pokojowej (ok. 20°C). Po wyjęciu z form próbki pielęgnowane były w temperaturze 40°C przez 72 godziny w komorze termicznej z wymuszonym termoobiegami powietrza. Następnie, po uzyskaniu przez nie temperatury pokojowej, poddawane były badaniom parametrów fizykomechanicznych.

Istotnym kryterium jakości materiału podbudowy z asfaltem spienionym, pozwalającym dokonać jej oceny pod względem szczelności i odporności na oddziaływanie wody, jest wskaźnik zmiany wytrzymałości TSR. W tym celu wyznacza się wskaźnik ITS_{woda} . Próbki po procesie pielęgnacji w stanie suchym nasączone są wodą przez 24 godziny. Należy zaznaczyć, że badanie wytrzymałości na pośrednie rozciąganie wykonuje się na próbkach suchych, określając wskaźnik ITS. Przyjmuje się, że prawidłowo wykonany materiał podbudowy z asfaltem spienionym powinien posiadać wytrzymałość na pośrednie rozciąganie większą niż 150 kPa ($ITS > 150 \text{ kPa}$) [6].

Wskaźnik TSR określa się na podstawie wzoru:

$$TSR = \frac{ITS_{woda}}{ITS} \quad (1)$$

gdzie:

ITS – wytrzymałość na rozciąganie pośrednie w stanie powietrzno-suchym [kPa],

ITS_{woda} – wytrzymałość na rozciąganie pośrednie po nasączeniu wodą [kPa].

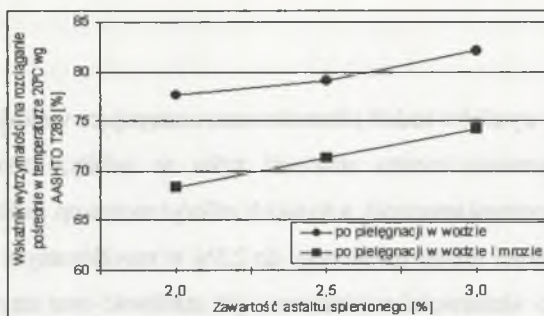
Zgodnie z wymaganiami [6], konstrukcja nawierzchni jest zabezpieczona od spodu na oddziaływanie wody, kiedy wskaźnik TSR jest $\geq 70\%$.

Wyniki badań odporności na oddziaływanie wody i mrozu recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym zestawiono w tabeli 2, natomiast na rysunku 5 pokazano zależności wytrzymałości na rozciąganie pośrednie wg AASHTO T283 po pielęgnacji w wodzie oraz pielęgnacji w wodzie i mrozie.

Tabela 2

Wyniki badań wodo- i mrozooporności mieszanek mineralnych podbudowy z asfaltem spienionym

Lp.	Właściwości mieszanek mineralnych z asfaltem spienionym	Ilość asfaltu spienionego [%]		
		2,0	2,5	3,0
1	ITS_{woda} [kPa]	491	576	649
2	TSR	0,79	0,84	0,86
3	Wytrzymałość na rozciąganie pośrednie w -2°C wg PANK 4302 [MPa]	1,2	1,5	1,8
4	Wskaźnik wytrzymałości na rozciąganie pośrednie w temperaturze 20°C wg AASHTO T283 [%]			
4a	Po pielęgnacji w wodzie	77,6	79,1	82,1
4b	Po pielęgnacji w wodzie i mrozie	68,4	71,3	74,2



Rys. 4. Wytrzymałości na rozciąganie pośrednie recyklowanej podbudowy w temperaturze 20°C wg AASHTO T283, w zależności od ilości asfaltu spienionego

Fig. 4. Indirect tensile strength of the recycled pavement structure in the temperature 20°C according to AASHTO T283 depending on the amount of foamed bitumen

Na podstawie analizy wyników badań zestawionych w tabeli 2 można stwierdzić, że istotny wpływ na właściwości fizykomechaniczne materiału podbudowy z asfaltem spienionym ma ilość asfaltu spienionego. Wraz ze wzrostem zawartości lepszycza następuje wzrost wartości parametrów mechanicznych recyklowanej podbudowy. Przy czym należy zaznaczyć, że przy koncentracji 2,5% lepszycza uzyskano już wymagane wartości charakterystyk wytrzymałościowych badanego materiału, zapewniając jego odporność na oddziaływanie wody i mrozu.

Należy zaznaczyć, że wskaźnik TSR dla podbudowy z zawartością 2,5% asfaltu spienionego już uzyskał wymaganą wartość, tym samym powinna być zapewniona jej odporność na oddziaływanie wody. Wytrzymałość na pośrednie rozciąganie w temperaturze -2°C wg PANK 4302 po procesie pielęgnacji symulującym oddziaływanie ujemnych temperatur nie przekroczyła wartości granicznej wynoszącej 4,8 MPa, dzięki czemu podbudowa taka będzie odporna na spękania niskotemperaturowe w okresie zimy.

Wykonane badania pozwalają stwierdzić, że podbudowa wykonana w technologii recyklingu z asfaltem spienionym będzie odporna na oddziaływanie wody oraz mrozu przy zawartości asfaltu spienionego od 2,5% w recyklowanej mieszance.

W celu pełnego rozpoznania zachowania się recyklowanej podbudowy z asfaltem spienionym pod działaniem obciążenia nieodzowne jest kontynuowanie badań jej odporności na powstawanie odkształceń plastycznych w warunkach laboratoryjnych oraz terenowych.

4. Wnioski

Dokonując analizy wyników badań sformułowano następujące wnioski:

- do technologii spienienia można stosować tylko te asfalty, które charakteryzują się odpowiednimi parametrami spienienia, a do takich zaliczyć można np. asfalt Nyfoam 80;
- wraz ze wzrostem ilości asfaltu spienionego do 2,5% w recyklowanym materiale podbudowy wzrastają takie jego właściwości mechaniczne, jak stabilność oraz sztywność wg Marshalla, natomiast dalszy wzrost ilości asfaltu spienionego powoduje spadek wartości tych charakterystyk;
- wytrzymałość na pośrednie rozciąganie podbudowy z asfaltem spienionym wzrasta wraz ze zwiększeniem się zawartości asfaltu spienionego i przy zawartości asfaltu spienionego 2,5% w recyklowanym materiale spełnia stawiane mu wymagania;
- zastosowanie w recyklowanym materiale podbudowy 2,5% asfaltu spienionego zapewnia mu wymaganą odporność na oddziaływanie wody oraz mrozu;
- recyklowana podbudowa jest odporna na spękania niskotemperaturowe niezależnie od ilości zastosowanego podczas badań asfaltu spienionego.

LITERATURA

1. Iwański M.: Podbudowa z asfaltem spienionym. Drogownictwo, nr 3, 2006, s. 97-106.
2. Iwański M., Chomicz A.: Przydatność do spienienia asfaltów drogowych stosowanych w Polsce. Drogownictwo, nr 8, 2006, s. 267-271.
3. Iwański M.: Wodo- i mrozoodporność betonu asfaltowego z kruszywem kwarcytowym, V Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce, 11-12 maja 1999, s. 77-84.
4. Chomicz A.: Ocena przydatności asfaltów do spieniania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria: Budownictwo, zeszyt: 109, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006, s. 53-60.
5. Norma PANK 4302 „Nawierzchnie asfaltowe. Odporność na niskie temperatury. Metoda oznaczania wytrzymałości na pośrednie rozciąganie”.
6. Wirtgen Cold Recycling Manual. Wirtgen GmbH, Windhagen, Germany 2004.