

W drugiej części artykułu, na podstawie zaprezentowanych m.in. w niniejszej części danych, zostaną omówione zmiany stanu istotnych elementów sieci drogowej w ostatnich 6 latach oraz wynikające z nich potrzeby finansowe oszacowane na podstawie ich aktualnego stanu technicznego. Ponadto, zostaną przedstawione działania GDDKiA związane z pracami nad dalszą poprawą stanu elementów infrastruktury drogowej.

Bibliografia

- [1] „Informacja o stanie technicznym poboczy nieutwardzonych i elementów odwodnienia dróg /stan na koniec 2012 roku/”, GDDKiA DZ, Warszawa, marzec 2013
- [2] „System Oceny Stanu Nawierzchni /SOSN/; Wytyczne stosowania”, opracowano w Biurze Studiów Sieci Drogowej Generalnej Dyrekcji Dróg Publicznych /BSSD GDDP/, Warszawa, luty 2002

- [3] „System Oceny Stanu Nawierzchni Betonowych /SOSN-B/; Wytyczne stosowania”, opracowano w Biurze Studiów Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, styczeń 2007
- [4] „Wytyczne stosowania Systemu Oceny Stanu Poboczny i Odwodnienia Dróg” opracowano w Biurze Studiów Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, styczeń 2008
- [5] „Wytyczne SOSN – aktualizacja związana z wykorzystaniem wyników pomiarów ugięć nawierzchni” opracowano w Departamencie Studiów Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Warszawa, styczeń 2010
- [6] „Raport o stanie technicznym sieci dróg krajowych na koniec 2010 roku”, GDDKiA DS, Warszawa, styczeń 2011
- [7] „Raport o stanie technicznym sieci dróg krajowych na koniec 2011 roku”, GDDKiA DS, Warszawa, marzec 2012
- [8] Raport o stanie technicznym sieci dróg krajowych na koniec 2012 roku”, GDDKiA DZ, Warszawa marzec 2013
- [9] „Raport Roczny GDDKiA”, Warszawa, grudzień 2012
- [10] Rozporządzeniem ministra infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych ■



KAMIL OTKAŁŁO

Mostostal Warszawa SA
k.otkalo@mostostal.waw.pl



KAROL J. KOWALSKI

Politechnika Warszawska
k.kowalski@il.pw.edu.pl



JERZY PIŁAT

Politechnika Warszawska
j.pilat@il.pw.edu.pl

Wykonanie odcinka prototypowego projektu „CiDRO”

Celem projektu „CiDRO” (Innowacyjna technologia nawierzchni drogowych o obniżonej emisji hałasu) współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR), realizowanego przez konsorcjum w składzie Mostostal Warszawa S.A, Instytut Badawczy Dróg i Mostów oraz Politechnikę Warszawską jest opracowanie technologii trwałych asfaltowych nawierzchni drogowych charakteryzujących się obniżonym hałasem generowanym na styku opona/nawierzchnia.

W ramach projektu opracowane zostały recepty różnych rodzajów mieszanek mineralno-asfaltowych (mma) przeznaczonych na warstwy ścieralne, odznaczające się zmniejszeniem hałasu poruszających się po nich pojazdów w stosunku do standardowo wykorzystywanych rodzajów mma. Na podstawie badań wykonanych przez partnerów naukowych projektu, do badań terenowych w skali półtechnicznej wytypowano mieszanki o nieciągłym uziarnieniu

typu SMA, mieszanki OGFC (*Open Graded Friction Course* – mieszanki typu otwartego stosowane w Stanach Zjednoczonych) oraz mieszanki z asfaltu porowatego [1, 2].

Zgodnie z [4], „asfalt porowaty jest to mieszanka mineralno-asfaltowa o bardzo dużej zawartości połączonych wolnych przestrzeni, które umożliwiają przepływ wody i powie-

trza, co zapewnia właściwości drenażowe i zmniejszające hałas”. Cechą mieszanki drenażowej, zapewniającą właściwe funkcjonowanie nawierzchni oraz specjalne właściwości, jest jej otwarta struktura.

W tradycyjnych mieszankach mineralno-asfaltowych przeznaczonych na warstwę ścieralną wykorzystuje się materiały o strukturze zamkniętej z maksymalną zawartością wolnej przestrzeni w granicach 4% (v/v). W asfalcie porowatym (PA) wartość ta zawiera się w przedziale 16–30% (v/v). Duża zawartość wolnych przestrzeni oraz ich odpowiednie połączenie powodują, że woda z opadów wnika w głąb warstwy ścieralnej i siecią powiązanych ze sobą kanalików spływa do dolnej warstwy (na górę warstwy wiążącej), z której zostaje odprowadzona poza korpus drogi. Koniecznym warunkiem trwałości takiej konstrukcji jest zastosowanie odpowiedniej warstwy uszczelniającej, która zapewni ochronę niższych warstw konstrukcyjnych nawierzchni przed szkodliwą infiltracją wody.

Porowata struktura materiału pozwala na absorpcję hałasu, jak również zmniejsza jego emisję na styku opony z nawierzchnią. Mieszanki typu OGFC, mimo występowania w nich mniejszej zawartości wolnej przestrzeni, odznaczają się podobnym mechanizmem działania. W przypadku mieszanek SMA o drobnym uziarnieniu, mniejsza „głośność” wynika z ich rozwiniętej tekstury [3].

Jednym z etapów realizacji projektu CiDRO było przeprowadzenie przemysłowej produkcji opracowanych mieszanek i sprawdzenie ich właściwości na odcinku prototypowym (skala półtechniczna realizacji projektu badawczego). Pozwoliło to na przetestowanie technologii układania „cichych nawierzchni”. W dalszej części projektu planuje się wykonanie badań głośności poszczególnych nawierzchni za pomocą metody bliskiego pola (CPX) oraz metody kontrolowanego przejazdu (CPB). Izolacja odcinka prototypowego umożli-

wi sztuczne zanieczyszczanie badanej nawierzchni, a tym samym sprawdzenie właściwości jezdnych i głośności przy różnym stopniu wypełnienia porów.

Lokalizacja i podział odcinka

Wybór lokalizacji odcinka prototypowego musiał uwzględnić specyfikę planowanych badań tak, aby umożliwić kontrolę zanieczyszczenia porów oraz zapewnić odpowiednie otoczenie akustyczne. Z analizowanych wariantów zdecydowano się na umieszczenie odcinka, za zycziwą zgodą Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, na fragmencie południowego ciągu technologicznego przy autostradzie A2 (fot. 1). Główne zalety tej lokalizacji są następujące: (a) wzdłuż drogi nie występują drzewa lub wysokie krzewy, których liście zanieczyszczałyby nawierzchnie, (b) oddzielenie od autostrady ekranem akustycznym zapewnia odpowiednio jednolite środowisko akustyczne, (c) zamknięcie dla ruchu pozwala na przeprowadzanie kompleksowych badań właściwości odcinków i mieszanek mineralno-asfaltowych.

Ze względów technologicznych, z uwagi na wymagania badania CPX, które dotyczy długości odcinków tego samego rodzaju nawierzchni, zdecydowano się na podział całej drogi na odcinki o minimalnej długości 80 metrów.

Wykonano sześć „cichych” odcinków z warstwami ściervalnymi z mieszanek typu SMA 5, SMA 8, OGFC 8, OGFC 11, PA 8 i PA 11 oraz dwa odcinki referencyjne z warstwami ściervalnymi z mma typu SMA 11 i AC 11.

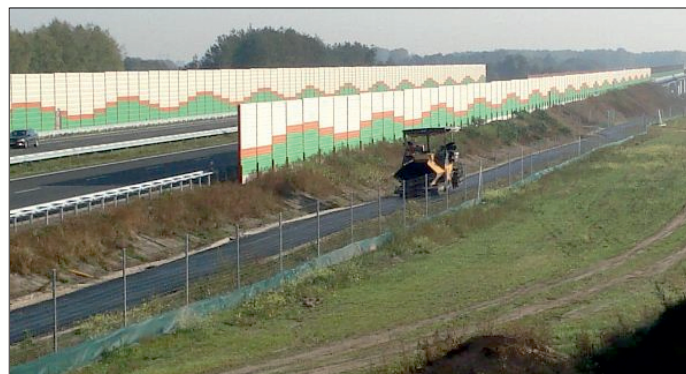
Dane charakterystyczne odcinków badawczych:

- lokalizacja w pikietażu: 405+800 – 406+750, południowa droga technologiczna autostrady A2 (na wysokości miejscowości Bolimów),
- bezpośrednie sąsiedztwo WMB Mostostal Warszawa S.A.,
- całkowita długość odcinka prototypowego: 950 m,
- warstwa ściervalna szerokości 3,0 m o sumarycznej długości odcinków 740 m*,
- warstwa wiążąca szerokości 3,2 m o sumarycznej długości odcinków 950 m*,
- spadki poprzeczne $\geq 2,5\%$, jednostronne,
- spadki podłużne nieprzekraczające 5%.

Konstrukcja nawierzchni

Odcinek prototypowy wykonany został z warstwy ściervalnej (m.in. z asfaltu porowatego (PA oraz OGFC), SMA oraz

* Na odcinku początkowym (długości 150 m) i końcowym (długości 60–70 m) zdecydowano się wykonać tylko warstwę wiążącą. Są to dodatkowe odcinki potrzebne do rozpędzania oraz wyhamowania pojazdów wykonujących pomiar hałasu toczenia, generowanego na styku opona-nawierzchnia, oraz pomiaru współczynnika tarcia (rys. 1).



Fot. 1. Lokalizacja prototypowego odcinka badawczego przy autostradzie A2 (fot. Piotr Świeżewski)

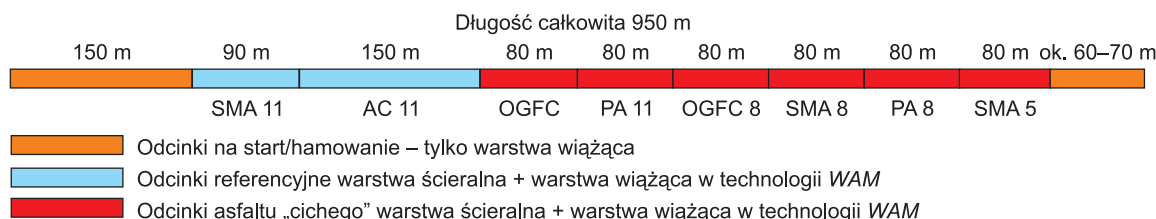
betonu asfaltowego) o grubości 4 cm, warstwy izolacyjnej, warstwy wiążącej w technologii na ciepło (WMA) o grubości 6 cm oraz z podbudowy stabilizowanej mechanicznie o grubości 20 cm. Niweletę drogi poprowadzono w niskim nasypie, umożliwiając prawidłowe odprowadzenie wody do rowu odwadniającego usytuowanego wzdłuż całej drogi. W celu zapobieżenia niszczącemu działaniu wody przepływającej przez porowate warstwy ściervalne, typowa konstrukcja nawierzchni uzupełniona została o dodatkową warstwę izolacyjną przykrywającą warstwę wiążącą.

Warstwa wiążąca została wykonana w technologii mieszanek mineralno-asfaltowych na ciepło (*warm mix asphalt*, WMA). W technologii WMA stosuje się modyfikację mieszanki mineralno-asfaltowej (lub asfaltów) różnymi dodatkami, które pozwalają na obniżenie wartości temperatury technologicznej (produkcji, układania i zagęszczania) o 20–30°C w stosunku do typowej mieszanki mineralno-asfaltowej. Tradycyjna mieszanka mineralno-asfaltowa w technologii „na gorąco” (*hot mix asphalt*, HMA) podczas produkcji powinna charakteryzować się zwykle temperaturą około 140–180°C, natomiast podczas wbudowania temperaturą około 130–160°C. W warstwie wiążącej odcinka prototypowego, dzięki zastosowanej technologii aplikacji dodatków, ułożono mieszankę mineralno-asfaltową w obniżonej temperaturze do 120°C, przy zachowaniu standardowej temperatury produkcji.

Wykonanie warstwy uszczelniającej

Jednym z kluczowych elementów wykonania konstrukcji nawierzchni z asfaltem porowatym jest zapewnienie skutecznej izolacji przed wpływem wody warstw leżących pod nawierzchnią drenażową. W tym przypadku zdecydowano się na oddzielenie warstwy wiążącej od ściervalnej poprzez skropienie warstwy wiążącej dużą ilością emulsji, wtłoczenie w nią grysu oraz ponowne skropienie emulsją.

Rys. 1. Podział odcinka prototypowego ze względu na rodzaj mieszanki mineralno-asfaltowej





Fot. 2. Rozkładanie grysu lakierowanego na warstwę emulsyj. Bolimów, 2012 r. (fot. Piotr Świeżewski)

Podłoże pod warstwę uszczelniającą zostało dokładnie oczyszczone w sposób mechaniczny i ręczny, a następnie skropione emulsją asfaltową. W pierwszym etapie wykonania warstwy uszczelniającej zastosowano emulsję w ilości: 0,8 kg/m² (0,5 kg/m² pozostałego lepiszcza). W kolejnym kroku warstwę skropioną emulsją posypano kruszywem lakierowanym łamanym 5/8 w ilości 7 kg/m² (fot. 2).

Rozłożoną warstwę kruszywa wtłoczono następnie walcem w zagruntowane podłoże. Ilość użytego lepiszcza, kruszywa i jego uziarnienie dobrano tak, aby po przygotowanym w ten sposób uszczelnionym podłożu umożliwić poruszanie maszyn drogowych bez ryzyka przyklejenia się lepiszcza i grysu do kół pojazdów roboczych. W kolejnym etapie ponownie skropiono konstrukcję emulsją w ilości 2,5 kg/m² (1,5 kg/m² pozostałego lepiszcza).

Skropiona warstwa została pozostawiona bez jakiegokolwiek ruchu na czas niezbędny do umożliwienia penetracji lepiszcza w warstwę i odparowania wody z emulsji. Dopiero na tak przygotowanym podłożu rozpoczęto prace związane z układaniem i zagęszczaniem mieszanek mineralno-asfaltowych, czyli referencyjnych i cichych warstw ścieralnych.

Wykonana w ten sposób warstwa zapewniła dobre uszczelnienie między nawierzchnią porowatą a konstrukcją nawierzchni, na której była układana.

Układanie i zagęszczanie warstw z mieszanek porowatych

Grubość układanych warstw ścieralnych wynosiła 4 cm. Mieszanki mineralno-asfaltowe dostarczono ze znajdującej się w bezpośrednim sąsiedztwie wytwórni mma. Transport materiału odbywał się przy użyciu pojazdów samowładowych wyposażonych w pokrowce brezentowe przykrywające mieszankę w czasie transportu. Ze względu na bliską odległość od wytwórni, a przez to krótki czas transportu od załadunku do rozładunku, nie zaobserwowano problemów związanych z segregacją mieszanki. Średnia temperatura w budowywania kształtowała się na poziomie 150°C. Mieszanka mineralno-asfaltowa w budowywana była układarką wyposażoną w układ automatycznego sterowania grubością warstwy, z utrzymywaniem niwelety zgodnie z dokumentacją projektową, na całej szerokości jezdni. Zagęszczanie mie-

szanki porowatej odbywało się wyłącznie za pomocą walców stalowych średnich metodą statyczną. Optymalną zawartość wolnych przestrzeni uzyskiwano zwykle po sześciu przejściach walca. Ze względu na możliwość zniszczenia szkieletu gryсового w warstwie drenażowej, a tym samym zatkanie systemu kanałów odprowadzających wodę, niedopuszczalne było używanie walców zagęszczających dynamicznie.

Warstwę ścieralną nawierzchni porowatej układano z dużym spadkiem poprzecznym. Związane to było z koniecznością zapewnienia szybkiego odprowadzenia wody na pobocze. Pozwala to na wyeliminowanie ryzyka zalegania wody w porach, mogącego w zimie doprowadzić do nadmiernego oblodzenia nawierzchni. Pochylenie poprzeczne na całej długości drogi nie wyniosło mniej niż 2,5%, a podłużne niwelety nie przekroczyło 5%. Ponieważ w tego typu warstwach wszelkie zaburzenia swobodnego odpływu wody w warstwie drenażowej są zabronione, nie stosowano uszczelniania brzegów, krawędzi bocznych spoin technologicznych jakimikolwiek środkami.

Mimo zastosowania ośmiu rodzajów mieszanki i związanych z tym przerw w produkcji (częsta konieczność opróżniania komór kruszywa), nie wystąpiły dłuższe przerwy w układaniu i całość odcinka prototypowego (740 m) wykonano w ciągu jednego dnia. Pozwoliło to na rozłożenie mieszanki bez spoin technologicznych. Ich wykonanie stanowiłoby problem ze względu na brak możliwości wykorzystania środków uszczelniających w szczelinach pomiędzy działkami roboczymi.

Podsumowanie i dalsze badania

Realizacja projektu „CiDRO” obejmuje monitorowanie wykonanego odcinka do 2015 r. W celu określenia trwałości zastosowanych mieszanek mineralno-asfaltowych, w tym trwałości korzystnych właściwości ograniczenia hałasu toczenia, w dalszej realizacji projektu zakłada się wykonywanie regularnych badań głośności metodami CPX oraz CPB, jak również określanie ewentualnych zmian właściwości jezdnych nawierzchni i monitoring zniszczeń. Planuje się sztuczne zanieczyszczanie warstw drenażowych, które pozwoli na zbadanie wpływu stopnia wypełnienia porów na właściwości nawierzchni porowatych. W kolejnych latach zbadana zostanie, w ramach projektu, także skuteczność oczyszczania nawierzchni porowatej różnymi technikami.

Wyniki badań pozwolą na wytypowanie najlepszych mieszanek mineralno-asfaltowych, które wykorzystane zostaną w dalszym etapie projektu. Zakłada się w nim realizację odcinka testowego udostępnionego dla ruchu publicznego.

Bibliografia

- [1] K.J. Kowalski, P. Radziszewski, J. Piłat, J. Król, *Metody kształtowania cichych i bezpiecznych nawierzchni drogowych w monografii Ochrona środowiska i estetyka a rozwój infrastruktury drogowej*, Lublin, Poland, 2011, str. 177-188
- [2] K.J. Kowalski, R.S. McDaniel, A. Shah J. Olek, *Long Term Monitoring of the Noise and Frictional Properties of PFC, SMA and DGA Pavements*, Transportation Research Record (TRR), Journal of the Transportation Research Board (TRB), 2009, vol. 2127, str. 12-19
- [3] J. Piłat, P. Radziszewski, *Nawierzchnie asfaltowe*, WKiŁ, Warszawa 2010
- [4] *Wymagania techniczne – Nawierzchnie asfaltowe na drogach publicznych – WT-2 Nawierzchnie asfaltowe 2010* ■