

Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Technologii Nawierzchni

Temat WS-04

**Zalecenia doboru materiałów, projektowania składu,
wymagań empirycznych i funkcjonalnych mieszanek
mineralno-asfaltowych betonu asfaltowego i SMA**

Zadania: 1, 2, 3, 4, 5, 6

Opracowali:

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Zespół Zakładu TN

Warszawa, październik 2004

Spis treści:

1. Podstawa opracowania. Program
2. Potrzeba zmian systemu projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych
3. System empiryczny projektowania betonu asfaltowego i SMA: właściwości, metody badań i kryteria oceny
4. System funkcjonalny projektowania betonu asfaltowego i SMA: właściwości, metody badań i kryteria oceny
5. Projekt zaleceń materiałowych i technologicznych nawierzchni asfaltowych o zwiększonej trwałości (wersja 1)
6. Uwagi i odpowiedzi do wersji 1
7. Projekt zaleceń materiałowych i technologicznych nawierzchni asfaltowych o zwiększonej trwałości (wersja 2)
8. Program dalszych prac

Załączniki:

1. Tablice wyników obliczeń w BANDS SPDM Shell właściwości betonu asfaltowego do warstwy wiążącej i podbudowy
2. Zalecenia (projekt wersja 1)
3. Uwagi do wersji 1 projektu Zaleceń
4. Odpowiedzi na uwagi
5. Zalecenia (projekt wersja 2)

1. Podstawa opracowania. Program

Projekt badawczy prowadzony jest na zlecenie GDDKiA na podstawie umowy nr 676/2004 z dnia 07.04.2004.

Niniejsze sprawozdanie obejmuje prace wykonane w ramach zadań 1-6 Programu pracy w okresie do października 2004 r. Zadania te to:

1. System empiryczny projektowania składu betonu asfaltowego:
 - Oceniane właściwości
 - Metody badań
 - Kryteria oceny

Uwaga: system empiryczny będzie opracowany z uwzględnieniem projektów EN

2. System funkcjonalny projektowania składu betonu asfaltowego:
 - Oceniane właściwości
 - Metody badań
 - Kryteria oceny

Uwaga: system funkcjonalny będzie opracowany z uwzględnieniem projektów EN

3. Zalecenia doboru składników do betonu asfaltowego
4. Zalecenia materiałowe i technologiczne do projektowania konstrukcji nawierzchni w zależności od obciążenia ruchem i warunków klimatycznych
5. System empiryczny projektowania składu SMA:
 - Oceniane właściwości
 - Metody badań
 - Kryteria oceny

Uwaga: system empiryczny będzie opracowany z uwzględnieniem projektów EN

6. System funkcjonalny projektowania składu SMA:
 - Oceniane właściwości
 - Metody badań
 - Kryteria oceny

Uwaga: system funkcjonalny będzie opracowany z uwzględnieniem projektów EN

2. Potrzeba zmian systemu projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych

Ostania poważna zmiana w systemie projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych w Polsce nastąpiła w 1994 r. Wskutek wysokiej temperatury i zwiększonego obciążenia dróg transportem samochodowym nastąpiło wówczas skoleinowanie nawierzchni asfaltowych znacznej części dróg, zwłaszcza dróg krajowych obciążonych największym ruchem pojazdów. IBDiM zaproponował wówczas uzupełnienie dotychczasowej normy i metody projektowania składu betonu asfaltowego o metodę badania pęczania pod obciążeniem statycznym, które lepiej charakteryzuje odporność betonu asfaltowego na deformacje trwałe niż powszechnie stosowana metoda Marshalla.

Uzasadnieniem tej zmiany były dwa fakty.

Po pierwsze: metoda była znana w świecie i zweryfikowana w wielu krajach. Została ona opracowana w latach 1970-tych w laboratorium Shell KSLA w Amsterdamie i włączona do metody projektowania mechaniczno-empirycznego nawierzchni asfaltowych, w części obejmującej prognozowanie deformacji trwałych lepko-plastycznych warstw asfaltowych. Z uzupełnieniami i późniejszymi zmianami na podstawie prac badawczych w wielu krajach metodę tę adaptowano w IBDiM.

Po drugie: dostępny był w Polsce producent i relatywnie tani sprzęt pomiarowy.

Dzięki tym sprzyjającym okolicznościom szybko nastąpiło wdrożenie metody badania pełzania statycznego w laboratoriach ówczesnej GDDP oraz przedsiębiorstw drogowych. Efektem było szybkie wdrożenie metody do powszechnego stosowania w projektowaniu betonu asfaltowego.

Metody tej nie wprowadzono do projektowania wdrażanej wówczas mieszanki SMA, ponieważ nie były opracowane odpowiednie kryteria oceny tej mieszanki, ze względu na jej odmienny skład (nieciągłe uziarnienie) i inną reakcję na obciążenie osiowe bez ciśnienia bocznego.

Badanie pełzania statycznego betonu asfaltowego to jednak tylko nowa metoda badania i oceny betonu asfaltowego, a nie kompleksowe zalecenia doboru materiału i pełnej oceny właściwości. Dotyczy ona jedynie jednego aspektu kompleksu właściwości – odporności na deformacje trwałe, Nie dotyczy zmęczenia, odporności na pękanie niskotemperaturowe, wodoodporności. Jednakże w 1994 r. nasza uwaga skupiła się na podstawowym problemie, a ponadto nie mieliśmy możliwości badawczych rozwiązania pozostałych wymienionych właściwości funkcjonalnych mieszanek mineralno-asfaltowych.

Konieczność zwiększenia odporności na koleinowanie nawierzchni asfaltowych było w ostatnich latach pierwszym i podstawowym zadaniem w naszym drogownictwie. Przyjęto najprostsze, stosowane w świecie rozwiązania:

- Zmniejszenie zawartości asfaltu
- Zastosowanie twardszego asfaltu
- Zwiększenie największego ziarna mieszanki mineralno-asfaltowej.

Postawiony cel zwiększenia odporności na koleinowanie został w znacznej mierze uzyskany, lecz niestety objawiły się wady przyjętych rozwiązań materiałowych:

- Pogorszenie wodo- i mrozoodporności warstwy ścieralnej z betonu asfaltowego o zwiększonej odporności na deformacje trwałe wg zeszytu 48
- Zmniejszenie trwałości zmęczeniowej betonu asfaltowego w wypadku zbyt małej grubości nawierzchni, (co niestety często się spotyka).

Podstawowym brakiem obecnie stosowanej metodyki projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych w Polsce jest ograniczenie kryterium oceny jedynie do odporności na koleinowanie w wysokiej temperaturze eksploatacji nawierzchni. Potrzebne jest opracowanie systemu badań funkcjonalnych mieszanek mineralno-asfaltowych obejmującego głównie rodzaje uszkodzenia nawierzchni z uwzględnieniem polskich warunków klimatycznych. System ten będzie powinien obejmować: odporność na deformacje lepkoplastyczne, moduł sztywności, pękanie niskotemperaturowe, trwałość zmęczeniową, wodoodporność.

W opracowaniu systemu projektowania funkcjonalnego mieszanek mineralno-asfaltowych uwzględnione będą wnioski z wcześniejszych prac badawczych realizowanych na zlecenie GDDKiA w IBDiM (zmęczenie, wodoodporność, odporność na koleinowanie, odporność niskotemperaturowa) z uwzględnieniem zapisów projektów norm EN oraz weryfikujące badania laboratoryjne w ramach tej pracy badawczej.

Do zaleceń postanowiono również włączyć zagadnienia połączenia międzywarstwowego oraz zasygnalizować przeciwdziałanie spękanom odbitym nawierzchni półsztywnych.

Opracowywane zalecenia są wyprzedzające w stosunku do norm europejskich EN. Obecnie można oczekiwać, że normy EN dotyczące wyrobów – mieszanek mineralno-asfaltowych będą dostępne w 2007 r. Jednak trzeba być świadomym, że normy te nie rozwiążą bezpośrednio i samoistnie problemu zaleceń doboru materiałów i projektowania składu mieszanek w Polsce. Normy te porządkują metodykę badań i projektowania składu, lecz nie dają gotowych rozwiązań obejmujących zalecenia materiałowe i kryteria oceny.

Biorąc to pod uwagę, nie należy zwlekać z opracowaniem zaleceń materiałowych i technologicznych projektowania mieszanek mineralno-asfaltowych. Należy natomiast uwzględnić w nich przewidywane rozwiązania normowe.

W tym miejscu trzeba zwrócić uwagę na zawirowania w przygotowaniu norm EN, opisane w artykule [1]. Decyzje o wyborze obowiązujących metod badań mieszanek mineralno-asfaltowych zapadły na posiedzeniu CEN TC227 WG1 w Berlinie w dniach 20-21 października 2004. Zawężono tym samym liczbę metod badań, które wcześniej były uwzględnione i wymienione w normach metod badań, np. spośród kilkudziesięciu wariantów badania koleinowania wybrano dwa: LCPC i Hamburg. Od tego momentu można uznać, że nie ma niebezpieczeństwa wyboru niewłaściwej metody pomiarowej, która w przyszłości nie będzie uwzględniona w normach wyrobów mieszanek mineralno-asfaltowych.

Według dostępnych projektów norm mieszanka mineralno-asfaltowa betonu asfaltowego o projektowanym składzie powinna spełniać wymagania ogólne i wymagania empiryczne lub funkcjonalne (z możliwością wyboru spośród opcji alternatywnych). W wypadku mieszanki SMA nie uwzględnia się podziału na grupy wymagań. Dalej przedstawiono koncepcję wyboru właściwości i kryteria dla poszczególnych mieszanek mineralno-asfaltowych w polskich warunkach.

3. System empiryczny i funkcjonalny projektowania betonu asfaltowego: właściwości, metody badań i kryteria oceny

Wymagania ogólne obejmują:

- Otoczenie ziaren i jednorodność
- Zawartość wolnych przestrzeni
- Wodoodporność (podatność na wodę)
- Odporność na opony okolcowane (Polski nie dotyczy)
- Reakcja na ogień (mieszanki mineralno-asfaltowe spełniają)
- Odporność na paliwa do zastosowania na lotniskach
- Odporność na środki odladzające do zastosowania na lotniskach
- Temperatura mieszanki

Wymagania empiryczne obejmują:

- Uziarnienie
- Zawartość lepiszcza
- Właściwości Marshalla - stabilności, osiadania, wskaźnika sztywności

¹ Sybilski D.: Stan przygotowania norm europejskich mieszanek mineralno-asfaltowych. Drogownictwo 9, 59, 2004 s. 290-294

- Zawartość wolnych przestrzeni wypełnionych asfaltem
- Zawartość wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej
- Zawartość wolnych przestrzeni po 10 obrotach żyratora
- Odporność na trwałe deformacje – duży lub mały koleinomierz w powietrzu.

Wymagania funkcjonalne obejmują:

- Skład – uziarnienie i zawartość lepiszcza
- Sztywność
- Odporność na trwałe deformacje
- Odporność na zmęczenie

W celu uniknięcia nadmiaru wymagań określono, że następujące kombinacje wymagań są niedozwolone:

- Wymagania ogólne i wymagania empiryczne **nie mogą** być połączone z wymaganiami ogólnymi i funkcjonalnymi
- Wymagania odporności na deformacje według badania ściskania jednoosiowego **nie mogą** być połączone z badaniem ściskania trójosiowego.
- Wymagania ogólne i wymagania empiryczne **nie mogą** być połączone z wymaganiami ogólnymi i funkcjonalnymi
- Wymagania właściwości Marshalla, zawartości wolnych przestrzeni wypełnionych asfaltem, zawartości wolnych przestrzeni w mieszance mineralnej i zawartości wolnych przestrzeni po 10 obrotach żyratora **nie mogą** być połączone z wymaganiami odporności na deformacje trwałe
- **Nie mogą** być połączone wymagania odporności na deformacje trwałe według różnych metod pomiarowych (ściskanie powtarzalne lub koleinomierz duży, lub mały).

4. System projektowania mieszanki SMA: właściwości, metody badań i kryteria oceny

Wymagania obejmują:

- Uziarnienie
- Zawartość lepiszcza
- Zawartość wolnych przestrzeni
- Zawartość wolnych przestrzeni wypełnionych asfaltem
- Spływność lepiszcza
- Wodoodporność (podatność na wodę)
- Odporność na opony okolicowane (Polski nie dotyczy)

- Odporność na trwałe deformacje – duży lub mały koleinomierz w powietrzu
- Reakcja na ogień (mieszanki mineralno-asfaltowe spełniają)
- Odporność na paliwa do zastosowania na lotniskach
- Odporność na środki odladzające do zastosowania na lotniskach
- Temperatura mieszanki

5. Projekt zaleceń materiałowych i technologicznych nawierzchni asfaltowych o zwiększonej trwałości (wersja 1)

Biorąc pod uwagę znane, choć wczesne jeszcze, projekty norm wyrobów EN betonu asfaltowego i SMA oraz polskie warunki klimatyczne techniczne i badawcze (dostępny sprzęt pomiarowy) opracowano w kwietniu 2004 pierwszą wersję projektu „Zaleceń materiałowych i technologicznych nawierzchni asfaltowych o zwiększonej trwałości”. W Zaleceniach tych uwzględniono:

- Mieszanki:
 - Betonu asfaltowego do warstwy wiążącej i podbudowy
 - *Uwaga: wyeliminowano beton asfaltowy 0/32,5 z powodu małej trwałości zmęczeniowej; zaleca się stosowanie drobniejszych mieszanek do podbudowy z większą zawartością lepiszcza*
 - Betonu asfaltowego o wysokim module sztywności do warstwy wiążącej i podbudowy
 - SMA do warstwy ścieralnej
 - Mieszanki MNU (o nieciągłym uziarnieniu) do cienkiej warstwy ścieralnej
 - *Uwaga: proponuje się zrezygnować z betonu asfaltowego do warstwy ścieralnej ze względu na jej gorszą odporność na koleinowanie oraz wodoodporność i pękanie zmęczeniowe i niskotemperaturowe niż mieszanki SMA. W nowoczesnych konstrukcjach nawierzchni o zwiększonej trwałości dąży się też do zmniejszenia grubości warstwy ścieralnej. Wówczas mieszanki o nieciągłym uziarnieniu zapewniają poprawione wymienione właściwości i teksturę nawierzchni ważną ze względu na właściwości poślizgowe i odprowadzenie wody, jak też możliwość zmniejszenia hałaśliwości ruchu.*
- Uziarnienie
 - Pozostawiono dotychczasowe krzywe graniczne uziarnienia mieszanek, bez zmiany ciągu sił, lecz z początkiem 2005 r. planowana jest zmiana ciągu sił kruszynowego, a za tym i uziarnienia mieszanek mineralnych, co przewiduje się w kolejnej 3 wersji projektu
- Zawartość asfaltu
 - w wymaganiach betonu asfaltowego podwyższono dolną granicę zawartości lepiszcza w mieszance w celu zwiększenia trwałości zmęczeniowej
- Cechy fizyczne i objętościowe mieszanek mineralno-asfaltowych
 - Zaproponowane wartości graniczne zweryfikowano analizą cech objętościowych i mechanicznych z wykorzystaniem programu BANDS Shell

(będącego elementem programu SPDM projektowania konstrukcji nawierzchni); program ten umożliwi dla założonych danych: gęstości materiałów, składu mieszanki, zawartości wolnej przestrzeni, wyznaczyć pozostałe właściwości objętościowe: wolną przestrzeń w mieszance mineralnej, wypełnienie wolnej przestrzeni lepiszczem, a następnie, przyjmując założone właściwości asfaltu, obliczyć cechy mechaniczne: moduł sztywności i trwałość zmęczeniową betonu asfaltowego (wyniki podano w Załączniku 1)

- Cechy fizyczne i mechaniczne w celu uzyskania:
 - Wodoodporności
 - Odporności na deformacje trwałe
 - Trwałości zmęczeniowej
 - Nośności (modułu sztywności)
 - *Uwaga: odporność na pękanie niskotemperaturowe kontrolowana jest przez odpowiednie właściwości lepiszcza, uznano zatem, że nie ma potrzeby włączania badania mieszanki mineralno-asfaltowej pod kątem tej cechy (badanie jest bardzo kosztowne), a wystarczy ograniczyć się do zaleceń doboru lepiszcza do warstw zwłaszcza ścieralnych.*

6. Uwagi i odpowiedzi do wersji 1

Opracowaną pierwszą wersję projektu Zaleceń (Załącznik 2) przekazano do zaopiniowania wybranym ekspertom oraz laboratorium GDDKiA. Opinie nadeszły:

- B. Bogdański
- H. Stokłosa
- A. Glinicki
- E. Szumna
- S. Kozieł
- B. Bernasik
- K. Jabłoński
- W. Szrajber.

Do sprawozdania dołączono uwagi i odpowiedzi (Załączniki 3 i 4).

7. Projekt zaleceń materiałowych i technologicznych nawierzchni asfaltowych o zwiększonej trwałości (wersja 2)

Po wniesieniu poprawek według uwag do wersji 1 projektu opracowaną wersję 2 wraz z powołanymi normami przekazano e-mailem w wersji elektronicznej do GDDKiA 27 lipca 2004. Plik tych opracowań dołączono do niniejszego sprawozdania (Załącznik 5).

8. Program dalszych prac

W ramach dalszych prac przewiduje się korektę 2 wersji projektu z uwzględnieniem:

- Dostosowania uziarnienia mieszanek mineralno-asfaltowych do zmiany ciągu sił kruszyw, tj. opracowania nowych krzywych granicznych mieszanek mineralnych

wszystkich typów (betonu asfaltowego, betonu asfaltowego o wysokim module sztywności, SMA, MNU)

- Poprawek do zaleceń BAWMS według wniosków z odrębnej pracy badawczej i przygotowywanej korekty Zeszytu 63
- Poprawek do zaleceń MNU według dotychczasowych doświadczeń stosowania w Polsce i przygotowywanej korekty Zeszytu 50.

Obok tej korekty przewidziane są zgodnie z programem badania laboratoryjne właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych zaprojektowanych według Zaleceń, z uwzględnieniem właściwości funkcjonalnych: odporności na koleinowanie, zmęczenie, modułu sztywności, odporności niskotemperaturowej. Porównawczo będą przygotowane mieszanki według dotychczasowych normatywów, a odbiegające składem do projektu Zaleceń (pod względem uziarnienia i zawartości asfaltu).