

**Instytut Badawczy Dróg i Mostów  
Zakład Technologii Nawierzchni  
Pracownia Technologii Nawierzchni**

**Sprawozdanie z realizacji tematu TN-230:**

„Ocena odporności na koleinowanie mieszanki mineralno-asfaltowej na podstawie badania zagęszczalności i naprężenia ścinającego w prasie żyratorowej”

**Opracowali:**

mgr inż. Robert Mularzuk  
mgr Paweł Skierczyński  
doc. dr inż. Janusz Zawadzki

**Kierownik Zakładu  
Technologii Nawierzchni:**

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

**Warszawa, 2004**



## Spis treści

1	Podstawa formalna.....	4
2	Przedmiot i cel pracy.....	4
3	Program i metodyka badań.....	4
3.1	Program pracy.....	4
3.2	Metody badań.....	4
4	Materiały i surowce do badań.....	7
4.1	Lepiszczce asfaltowe.....	7
4.2	Kruszywo mineralne i dodatki.....	8
5	Opracowanie składu mieszanek mineralno-asfaltowych.....	8
5.1	Założenia.....	8
6	Wyniki badań.....	8
Załącznik 1	Projekty składu mieszanek mineralno-asfaltowych badanych w 2004 r.	
Załącznik 2	Zbiornicze zestawienie właściwości fizyczno-mechanicznych próbek badanych w 2004 r.	
Załącznik 3	Arkusze z badań zagęszczania w prasie zyratorowej w 2004 r.	
Załącznik 4	Arkusze z badań koleinowania w 2004 r.	

## 1 Podstawa formalna

Podstawą formalną opracowania jest umowa nr 455/2003 z dnia 24.06.2003 r. zawarta pomiędzy Generalną Dyрекcją Dróg Publicznych a Instytutem Badawczym Dróg i Mostów w Warszawie. Umowa dotyczy pracy pt. „Ocena odporności na koleinowanie mieszanki mineralno-asfaltowej na podstawie badania zagęszczalności i naprężenia ścinającego w prasie żyratorowej”.

## 2 Przedmiot i cel pracy

Dotychczasowe wnioski z przeprowadzonych w IBDiM badań zagęszczalności mieszanek w prasie żyratorowej [1] sugerują, iż tą szybką metodą można ocenić odporność na deformacje trwałe mieszanek mineralno-asfaltowych. Dodatkowo, znając charakterystykę zagęszczalności mieszanki mineralno-asfaltowej np. z etapu projektowania, będzie można w równie szybki sposób kontrolować jakość produkcji, zamiast długotrwałych tradycyjnych badań polegających na formowaniu i pielęgnacji próbek i ich badaniu po ostygnięciu.

## 3 Program i metodyka badań

### 3.1 Program pracy

Niniejsze sprawozdanie dotyczy zadania 1 i 2 wyszczególnionego w programie pracy, tj.:

- 1) Zadanie 1: Zgromadzenie i badanie podstawowych właściwości materiałów składowych mieszanek mineralno-asfaltowych oraz ustalenie ich składu.
- 2) Zadanie 2: Badania laboratoryjne projektowanych mieszanek mineralno-asfaltowych (zakończenie wszystkich badań w roku 2004).

### 3.2 Metody badań

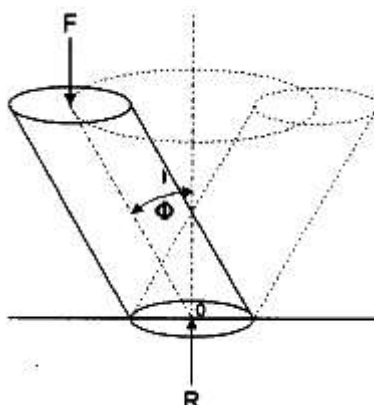
#### Badania podstawowe

- gęstość strukturalna (dawna gęstość pozorna) - metoda hydrostatyczna, wg projektu normy PN-S-04001-05 „Mieszanki mineralno-bitumiczne – Badania – Oznaczanie gęstości strukturalnej”,
- gęstość objętościowa (dawna gęstość) mieszanki mineralno-asfaltowej oznaczana w piknometrze z użyciem czterochloroetylenu, wg projektu normy PN-S-04001-05 „Mieszanki mineralno-bitumiczne – Badania – Oznaczanie gęstości objętościowej”,
- uziarnienie kruszywa, oznaczane według PN-EN 933-1:2000 „Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie składu ziarnowego – Metoda przesiewania”, metoda na mokro.

#### Zagęszczalność w prasie żyratorowej

Pod pojęciem zagęszczalności rozumie się zmianę cech fizycznych i mechanicznych ze wzrostem stopnia zagęszczenia mieszanki. Podstawowym parametrem właściwości fizycznych jest zawartość wolnej przestrzeni. Cechą mechaniczną, którą można rejestrować w trakcie zagęszczania w żyratorze jest naprężenie ścinające w próbce.

Zagęszczenie w prasie żyratorowej odbywa się przez działanie pionowego nacisku, wychylenia formy z próbką o ustalony kąt z równoczesnym ruchem obrotowym osi bez obracania się formy wokół własnej osi. Zasadę pracy prasy żyratorowej przedstawia rysunek 3.2. Próbką znajdująca się w formie jest poddana naciskowi pionowemu. Jednocześnie forma jest wychylana od pionu pod kątem  $\Phi$ , a płaszczyzny końcowe próbki pozostają w poziomie. W takim stanie wymuszony jest ruch okrężny formy, w wyniku czego oś podłużna wychylonej próbki zatacza łuk tworząc obwiednię stożka. Ruch obrotowy dotyczy zataczania okręgu przez oś podłużną, czego nie należy mylić z obracaniem próbki wokół własnej osi.



**Rysunek 1 Schemat ruchu zagęszczanej próbki**

W wyniku zagęszczania następuje zmiana objętości próbki, a co za tym idzie, zmiana wysokości. Następuje rejestracja wysokości przy kolejnym obrocie próbki, z której można obliczyć gęstość strukturalną. Dodatkowo możliwe jest obliczenie naprężenia ścinającego generowanego w próbce. Konieczne jest do tego rejestrowanie siły powodującej wychylenie próbki od pionu. Znając jej wartość można obliczyć naprężenie ścinające ze wzoru 1 wg [2]:

$$\tau = \frac{P * L}{V} \quad (1)$$

w którym:

- $\tau$  - naprężenie ścinające, Pa,
- P - siła powodująca wychylenie osi próbki, N,
- L - ramię, na którym działa siła P w stosunku do osi próbki, m,
- V - objętość próbki po danej liczbie obrotów, m<sup>3</sup>.

Prasa żyrotorowa, który jest na wyposażeniu IBDiM jest wyprodukowana przez firmę IPC, nosi nazwę Servopac, jest napędzana pneumatycznie. Posiada wbudowany moduł pomiaru siły wychylającej, na podstawie której jest obliczana automatycznie wartość naprężenia ścinającego po każdym obrocie. Należy tu podkreślić, że obliczone w ten sposób naprężenie ścinające jest wielkością względną. Wartość naprężenia zależy od oporów występujących w maszynie, ciężaru formy na próbkę itp. Istnieją urządzenia konstruowane na zamówienie, które w sposób bardziej niezależny określają wartość naprężenia ścinającego [3].

Badanie zagęszczalności odbywa się w warunkach ustalonych odpowiednimi przepisami. Przyjęto metodę Superpave. Kąt wychylenia wynosi 1,25°, nacisk pionowy 600 kPa, szybkość obracania osi podłużnej – 30 obrotów/minutę. Średnica formy wynosi 150 mm lub 100 mm. Masa próbki jest obliczana tak, aby przy teoretycznej gęstości maksymalnej – gęstości objętościowej – próbka miała wysokość 150 mm lub 100 mm. Przed rozpoczęciem badania forma powinna być wygrzewana w suszarce laboratoryjnej w temperaturze zagęszczania przez co najmniej 2 godziny. Gorąca mieszanka powinna być termostatowana w formie przez co najmniej 30 minut przed badaniem. Temperatura zagęszczania powinna być ustalona na podstawie lepkości lepiszcza.

Sporządzanie próbek przy wykorzystaniu prasy żyrotorowej polega na zagęszczaniu w formie o średnicy 150 mm lub 100 mm mieszanki mineralno-asfaltowej do momentu, aż próbka osiągnie żądaną gęstość strukturalną geometryczną.

### **Koleinowanie**

Określanie odporności mieszanek mineralno-asfaltowych na trwałe deformacje lepko-plastyczne przy pomocy aparatu LCPC polega na poddaniu zagęszczonej próbki z mieszanki mineralno-asfaltowej wielokrotnym przejazdowi znormalizowanego koła ogumionego, w znormalizowanych warunkach temperatury, nacisku i liczby przejazdów koła po próbce. Po żądanej liczbie przejazdów koła jest mierzona głębokość koleiny utworzonej na próbce przez koło.

Próbki w kształcie płyty wykonuje się w formach stalowych dzielonych, o długości 500 mm i szerokości 180 mm. Grubość próbek powinna wynosić 50 mm, jeżeli grubość warstwy z tej mieszanki będzie mniejsza lub równa 50 mm; jeżeli grubość warstwy będzie większa od 50 mm, wówczas grubość próbki powinna wynosić 100 mm.

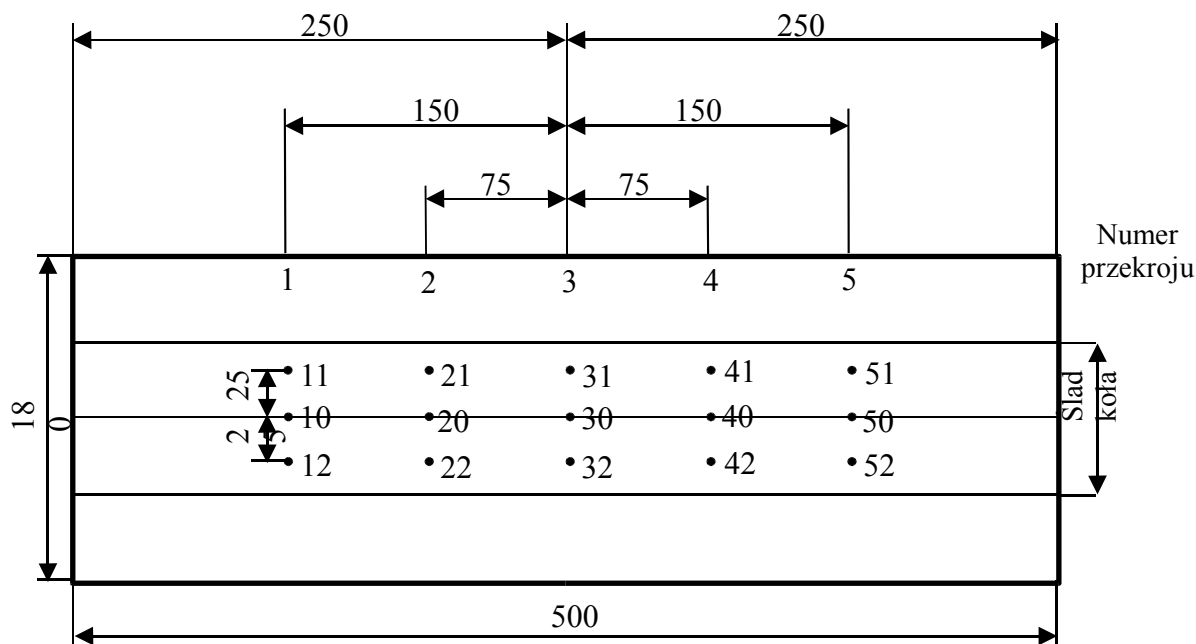
Próbki gorącej mieszanki mineralno-asfaltowej zagęszcza się w zagęszczarce mechanicznej, stosując taką liczbę wałowań, aby cała masa mieszanki mineralno-asfaltowej zmieściła się w formach do koleinowania. Masa mieszanki jest obliczona tak, aby po zagęszczeniu otrzymać żądaną zawartość wolnej przestrzeni. Próbki laboratoryjne po zagęszczeniu w formach walcem gładkim należy przechowywać co najmniej przez dwa dni w warunkach pokojowych.

Warunki badania:

- długość przejazdu koła  $410 \text{ mm} \pm 5 \text{ mm}$ ,
- częstotliwość ruchu koła:  $1 \text{ Hz} \pm 0,1 \text{ Hz}$ ,
- ciśnienie w oponie:  $6 \pm 0,1 \text{ bar}$  (na początku badania),
- obciążenie ruchome  $5000 \pm 50 \text{ N}$ , pomierzone statycznie na środku próbki, odchylenie osi śladu od osi teoretycznej próbki  $< 5 \text{ mm}$ ,
- brak kąta załomu,
- temperatura badania  $+ 60 \pm 0,2^\circ\text{C}$ ,
- liczba cykli obciążających kołem zgodna z normami francuskimi wynosi:
  - 10 000 – beton asfaltowy i mieszanka SMA do warstwy ścieralnej,
  - 30 000 – beton asfaltowy do warstwy wiążącej.

Formy z próbkami umieszcza się na płycie aparatu. Próbki poddaje się 1000 cyklom wstępnego obciążenia ruchomego, w temperaturze zawartej pomiędzy  $15$  a  $25^\circ\text{C}$ . Po wstępnej fazie dostosowania, wykonuje się pomiar zerowy  $m_i O_j$  ( $j = 1 \div 15$ ) zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku 3.2. Dokonuje się ustawienia temperatury pomiaru w komorze na  $+ 60^\circ\text{C}$ , w otworze wywierconym w próbce. Próbka jest przechowywana w tych warunkach co najmniej przez 12 h przed wykonaniem badania. Następnie próbkę obciąża się obciążeniem ruchomym od kół. Po zatrzymaniu koła odczytuje się wartość temperatury próbki. Następnie wykonuje się pomiary głębokości koleiny  $m_{ij}$ , w punktach i w kolejności zaznaczonej na rysunku 3.2.

Dla każdej próbki wykonuje się pomiary w pięciu przekrojach, po trzy odczyty.



**Rysunek 2** Schemat pomiaru głębokości koleiny w aparacie LCPC

Głębokość koleiny  $P_i$  pojedynczej próbki oblicza się wg wzoru 2:

$$P_i = \frac{\sum j(m_{ij} - m_{ij}O_j)}{15 \times E} \times 100 \quad [\%] \quad (2)$$

$j$  – punkt pomiaru  $1 \div 15$ ,

$E$  – grubość badanej próbki, mm,

$m_{ij}$  – odczyt głębokości koleiny w poszczególnych punktach, mm,

$m_{ij}O_j$  – odczyty zerowe w śladzie koła w poszczególnych punktach, mm.

Wynik oblicza się jako średnią arytmetyczną badania z co najmniej 2 próbek, o tym samym składzie. Pośrednie pomiary głębokości koleiny służą do wykreślenia krzywej oraz obliczenia parametrów funkcji potęgowej koleinowania.

## 4 Materiały i surowce do badań

### 4.1 Lepiszczce asfaltowe

Do projektowanych i badanych mieszanek mineralno-asfaltowych użyto następujących lepiszczy:

- asfalt wielorodajowy (ang.: multigrade) 10/20, oznaczony symbolem **MP10/20**,
- asfalty zwykłe: 20/30, 35/50, 50/70 oznaczone odpowiednio symbolami: **N20/30**, **G35/50**, **G50/70**,
- polimeroasfalty: DE30B, DE80C oznaczone odpowiednio symbolami: **O30B**, **O80C**.

Podstawowe właściwości poszczególnych lepiszczy asfaltowych podano w tabelicy 4.1.

**Tablica 1** Podstawowe właściwości lepiszczy asfaltowych

Właściwości		MP 10/20	N20/30	G35/50	G50/70	O30B	O80C
Penetracja w 15 °C,	0,1 mm	9	10	19	23	18	23
Penetracja w 25 °C,	0,1 mm	21	23	45	63	41	62
Temperatura mięknięcia $P_iK$ ,	°C	70	62	55	49	61	76

Temperatura łamliwości wg Fraassa, °C	-12	-9	-18	-22	-19	-22
<b>Po RTFOT</b>						
Zmiana masy po RTFOT g	-0,060	-0,054	0,014	0,009	0,006	0,040
Penetracja w 25 °C, 0,1 mm	18	19	33	43	30	47
Temperatura mięknięcia PiK, °C	75	66	60	54	66	70
Temperatura łamliwości wg Fraassa, °C	-10	-8	-17	-21	-19	-21

#### 4.2 Kruszywo mineralne i dodatki

Do projektowanych i badanych mieszanek mineralno-asfaltowych użyto składniki, których podstawowe właściwości podano w projekcie dla każdej z mieszanek: SMA8, BA12 i BA20. Projekty składu zamieszczono w załączniku 1.

Do każdej mieszanki mineralno-asfaltowej zastosowano środek polepszający przyczepność, w ilości 0,3 % (m/m) w stosunku do asfaltu.

Do mieszanki SMA8 zastosowano stabilizator z włókien celulozowych w postaci luźnej, w ilości 0,3 % (m/m) w stosunku do mieszanki mineralno-asfaltowej.

### 5 Opracowanie składu mieszanek mineralno-asfaltowych

#### 5.1 Założenia

Zgodnie z programem pracy przewidziano badanie betonu asfaltowego i mieszanki SMA o dwóch uziarnieniach z różnymi lepiszczami. W 2003 roku zaprojektowano cztery mieszanki mineralno-asfaltowe z jednym rodzajem asfaltu. Ich skład oraz wyniki badań zagęszczalności i koleinowania przedstawiono w pierwszym sprawozdaniu z Etapu I, zadanie 1 i 2.

W 2004 r. zaprojektowano skład mieszanek mineralno-asfaltowych z różnym lepiszczem. Ustalono zbadanie mieszanek mineralno-asfaltowych:

- SMA o uziarnieniu 0/8 mm i 0/12,8 mm do warstwy ścieralnej z asfaltem zwykłym 50/70 i polimeroasfaltem DE80C; symbol mieszanek odpowiednio: **SMA8\_G50/70**, **SMA8\_O80C**, **SMA11\_G50/70**, **SMA11\_O80C**
- beton asfaltowy o uziarnieniu 0/12,8 mm do warstwy ścieralnej z asfaltem zwykłym: 35/50 i 50/70 oraz polimeroasfaltem DE30B i DE80C; symbol mieszanek odpowiednio: **BA12\_G35/50**, **BA12\_G50/70** oraz **BA12\_O30B** i **BA12\_O80C**,
- beton asfaltowy o uziarnieniu 0/20 mm do warstwy ścieralnej z asfaltem zwykłym 20/30 i 35/50, asfaltem wielorodzajowym 10/20 oraz polimeroasfaltem DE30B; symbol mieszanek odpowiednio: **BA20\_N20/30**, **BA20\_G35/50**, **BA20\_MP10/20** oraz **BA20\_O30B**.

Projekt składu każdej z mieszanek SMA8, BA12 i BA20 zestawiono w załączniku 1. Przyjęto założenie, że do każdego wariantu mieszanki ze względu na rodzaj asfaltu użyto tą samą jego ilość. Właściwości próbek poszczególnych wariantów mieszanek z etapu projektowania ich składu zebrano w załączniku 2.

### 6 Wyniki badań

W załączniku 2 zestawiono wartości podstawowych właściwości fizycznych i mechanicznych wszystkich próbek badanych w 2004 roku.

Zagęszczanie w prasie żyratorowej w formie średnicy 150 mm oraz masie odpowiadającej 150 mm wysokości (przy założeniu 0 % v/v zawartości wolnej przestrzeni) przeprowadzono w kilku wariantach. Każdą z czterech rodzajów mieszanek: SMA8, SMA11, BA12 i BA20 z przynajmniej dwoma rodzajami lepiszcza zagęszczano do liczby obrotów: 150, 50 i 20. Na tak uzyskanych próbki określono gęstość strukturalną określoną hydrostatycznie. Ustalono różnicę między gęstością strukturalną określoną geometrycznie (bezpośrednio w prasie żyratorowej) a



hydrostatycznie i sprawdzono te obliczenia zagęszczając każdy wariant mieszanki mineralno-asfaltowej do żądanej gęstości.

W załączniku 3 zawarto arkusze z wynikami uzyskanymi podczas zagęszczania próbek w prasie żyratorowej zawierające m.in. wartość naprężenia ścinającego, spadek zawartości wolnej przestrzeni itp.

W załączniku 4 zamieszczono wyniki badań koleinowania wszystkich wariantów mieszanek badanych w 2004 r. Przedstawiono tam wykres przebiegu koleinowania wraz z opisaniem tego przebiegu funkcją potęgową. Przewiduje się wykorzystanie współczynników tej funkcji jako kluczowe w analizie wyników badań.

- 1           **D. Sybilski, R. Mularzuk:** *Opracowanie kryteriów oceny odporności na koleinowanie betonu asfaltowego i mieszanki SMA na podstawie zagęszczalności w prasie żyratorowej. Sprawozdanie z tematu TN-200 dla GDDP, Warszawa 2000*
- 2           **S. Rolla:** *Badania materiałów i nawierzchni drogowych. WKŁ, Warszawa 1979*
- 3           **M. Guler, H. U. Bahia, P. J. Bosscher:** *Development of a device for measuring shear resistance of HMA in the Gyratory Compactor. Transportation Research Board, 79<sup>th</sup> Annual Meeting, Washington 2000*