



SPRAWOZDANIE

Badania wpływu emulsji asfaltowych na właściwości złączenia warstw nawierzchni asfaltowych Część II

Temat Nr TN-231

Zleceniodawca: Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad
ul. Żelazna 59, 00 – 958 Warszawa

Umowa: Nr 458/2003 z 24.06.2003 r.

Kierownik Tematu - dr inż. Zenon Szczepaniak

Opracowali: dr inż. Zenon Szczepaniak
mgr Paweł Skierczyński

Kierownik Zakładu Technologii Nawierzchni

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Warszawa, listopad 2004

SPIS TREŚCI

1	PRZEDMIOT BADAŃ I PROGRAM PRACY	3
1.1	Przedmiot badań	3
1.2	Program pracy	3
2	UZUPEŁNIAJĄCE BADANIA LABORATORYJNE	3
2.1	Wstęp.....	3
2.2	Wyniki badań ścinania warstw asfaltowych.....	5
2.2.1	Emulsja A.....	5
2.2.2	Emulsja B	6
2.2.3	Emulsja C	7
2.2.4	Emulsja D.....	8
2.2.5	Emulsja E	9
2.2.6	Emulsja F	10
2.2.7	Emulsja H.....	11
3	WYKONANIE WYBRANEJ EMULSJI DO SKLEJANIA WARSTW ASFALTOWYCH W WYTWÓRNI EMULSJI.....	12
3.1	Wstęp.....	12
3.2	Emulsja K3-60.....	12
4	WYKONANIE ODCINKA DOŚWIADCZALNEGO Z ZASTOSOWANIEM WYBRANEJ EMULSJI	13
4.1	Wstęp.....	13
5	WYNIKI BADAŃ PRÓBEK POBRANYCH Z ODCINKA DOŚWIADCZALNEGO	14
5.1	Pododcinek I.....	14
5.2	Pododcinek II	17
5.3	Próbki wykonane w laboratorium.....	17
6	PODSUMOWANIE	19
7	ZALECENIA WYKONYWANIA ZŁĄCZEŃ MIĘDZYWARSTWOWYCH EMULSJAMI ASFALTOWYMI.....	20

1 Przedmiot badań i program pracy

1.1 Przedmiot badań

Przedmiotem badań były emulsje asfaltowe stosowane do złączania warstw asfaltowych. W posumowaniu pracy zostały sformułowane zalecenia rozszerzające zapisy zawarte w Katalogu Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i półsztywnych.

1.2 Program pracy

Zgodnie z programem praca składa się z dwóch etapów:

Etap I

1. Zebranie różnych rodzajów emulgatorów i asfaltów do wykonania różnych emulsji asfaltowych.
2. Sporządzenie w laboratoryjnym młynku emulsyjnym kilku (5 – 6) emulsji asfaltowych z różnymi rodzajami emulgatorów i na różnych asfaltach.
3. Określenie właściwości emulsji asfaltowych i asfaltów, z których zostały wytworzone.
4. Wykonanie badania ścinania warstw asfaltowych sklejonnych emulsjami w różnej ilości.
5. Analiza wyników i wnioski oraz wybranie jednej emulsji asfaltowej do próby przemysłowej.

Etap II

1. Wykonanie wybranej emulsji do sklejania warstw asfaltowych w wytwórni emulsji.
2. Wykonanie odcinka doświadczalnego z zastosowaniem emulsji.
3. Oznaczenie naprężenia ścinającego między warstwami w wybranych próbkach.
4. Sprawozdanie z prac, wnioski i zalecenia do wykonywania złączeń międzywarstwowych emulsjami asfaltowymi.

Sprawozdanie to jest realizacją etapu II.

2 Uzupełniające badania laboratoryjne

2.1 Wstęp

Na podstawie wniosków wyciągniętych podczas realizacji etapu I zdecydowano przed wykonaniem odcinka doświadczalnego przetestowanie dodatkowo 8 rodzajów emulsji asfaltowych przeznaczonych do sklejania warstw. Emulsje te zostały wykonane w laboratorium IBDiM. Następnie wykonano badanie połączenia

międzywarstwowego z ich zastosowaniem. Do wykonania połączenia warstw asfaltowych sporządzono następujące rodzaje emulsji asfaltowych:

- Emulsja A: emulsja K-3 na asfalcie komponowanym o penetracji 63 x 0,1 mm z asfaltów Nynas o penetracji 53 x 0,1 mm i 153 x 0,1 mm; zawartość lepiszcza w emulsji – 60,6 % (*m/m*); emulsja sporządzona na emulgatorze Teramin 2/3 (1,5%) + HCl, pH 3,6; indeks rozpadu – 170,6,
- Emulsja B: emulsja K-3 na asfalcie komponowanym o penetracji 36 x 0,1 mm z asfaltów PKN Orlen o penetracji 31 x 0,1 mm i 114 x 0,1 mm; zawartość lepiszcza w emulsji – 60,3 % (*m/m*); emulsja sporządzona na emulgatorze Teramin 2/3 (1,5%) + HCl, pH 3,6; indeks rozpadu – 182,0,
- Emulsja C: emulsja na asfalcie PKN Orlen o penetracji 114 x 0,1 mm modyfikowanym 2 % Finaprenu 503; po zmodyfikowaniu penetracja asfaltu wynosi 91 x 0,1 mm; zawartość lepiszcza w emulsji - 59,6 % (*m/m*); emulsja sporządzona na emulgatorze Emulsamine L-60 (0,23%) + HCl, pH 2,2; w emulsji jest cienki kożuch z polimeru,
- Emulsja D: emulsja na asfalcie PKN Orlen o penetracji 114 x 0,1 mm modyfikowanym 2 % Kratonu 1107S; po zmodyfikowaniu penetracja asfaltu wynosi 87 x 0,1 mm; zawartość lepiszcza w emulsji 60,9 % (*m/m*); emulsja sporządzona na emulgatorze Emulsamine L-60 (0,23%) + HCl, pH 2,2 ; w emulsji jest mały trwały osad na dnie,
- Emulsja E: emulsja na asfalcie PKN Orlen o penetracji 90 x 0,1 mm modyfikowanym 2 % Kratonu D 1161 NM (wcześniej usunięto krzemionkę z polimeru, 0,7% w masie próbki polimeru); po zmodyfikowaniu penetracja asfaltu wynosi 77 x 0,1 mm; zawartość lepiszcza w emulsji 61,5 % (*m/m*); emulsja sporządzona na emulgatorze Emulsamine L-60 (0,23%) + HCl, pH 2,2 ; emulsja bez osadu,
- Emulsja F: emulsja na asfalcie PKN Orlen o penetracji 90 x 0,1 mm modyfikowanym 2% Kratonu 1107S; po zmodyfikowaniu pen. asfaltu wynosi 73 x 0,1 mm; zawartość lepiszcza w emulsji 61,0 % (*m/m*); emulsja sporządzona na emulgatorze Emulsamine L-60 (0,23%) + HCl, pH 2,2 ; w emulsji jest luźny osad na dnie dający się wymieszać,
- Emulsja G: emulsja na asfalcie PKN Orlen o penetracji 90 x 0,1 mm modyfikowanym 2 % Finaprenu 503; po zmodyfikowaniu penetracja asfaltu wynosi 69 x 0,1 mm; emulsja sporządzona na emulgatorze Emulsamine L-60 (0,23%) + HCl, pH 2,2; emulsję zdyskwalifikowano ponieważ następnego dnia po wykonaniu utworzył się w niej gruby kożuch niezemulgowanego polimeru,
- Emulsja H: emulsja specjalna na asfalcie PKN Orlen o penetracji 88 x 0,1 mm; emulsja sporządzona na emulgatorze Teramin E 2/3 1,5% + H₃PO₄, pH 3,52 + krzemionka koloidalna 14% w stosunku do asfaltu + PAMEN; lepkość wg Englera w 20C - 3,12; IR - 218,8; zawartość lepiszcza w emulsji (asfalt + SiO₂) wynosi 14,9 % (*m/m*); rozpad na sicie 0,50 mm - 0,012%; przyczepność do granitu 80%, do bazaltu 98%.

2.2 Wyniki badań ścinania warstw asfaltowych

Do przeprowadzenia badań połączenia warstw asfaltowych sporządzony został beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) na bazie asfaltu 35/50 z PKN Orlen o penetracji 38 x 0,1 mm. Zawartość asfaltu w mieszance wyniosła 5,5 %.

Skład mieszanki mineralnej był następujący:

- a) grys bazaltowy 8/12,8 mm – 30 % (m/m),
- b) grys bazaltowy 5/8 mm – 16 % (m/m),
- c) grys bazaltowy 2/5 mm – 14 % (m/m),
- d) piasek granitowy 0,075/2 mm – 32 % (m/m),
- e) mączka wapienna – 8 % (m/m).

Sposób przygotowania próbek oraz metodę badania opisano w Sprawozdaniu z etapu I.

2.2.1 Emulsja A

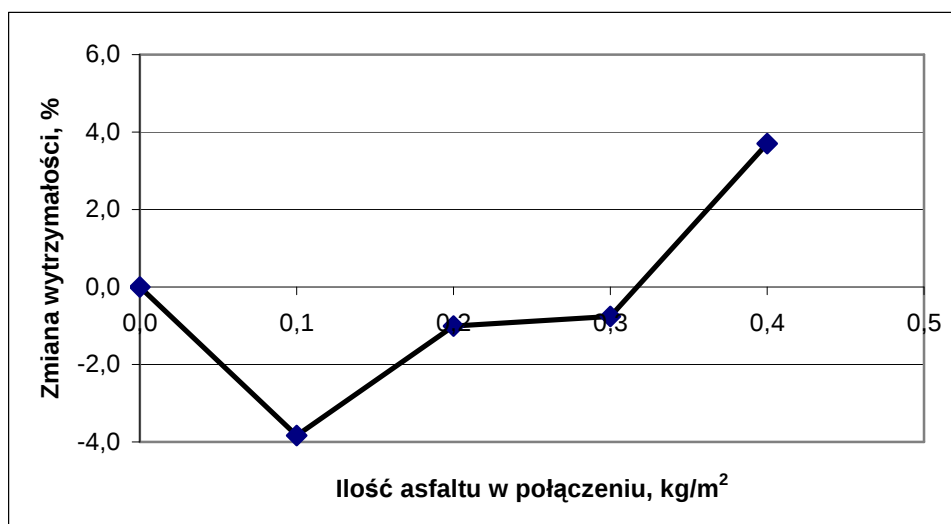
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 2.2 została sklejona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu komponowanego o penetracji 63 x 0,1 mm (emulsja A wg 2.1).

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 0,1 kg asfaltu na 1 m², 0,2 kg asfaltu na 1 m², 0,3 kg asfaltu na 1 m² oraz 0,4 kg asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonej emulsją A zestawiono w tablicy 1 i na rysunku 1.

Tablica 1 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową A

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	11,93	12,41	1,58	0,82	0,89	0,0
2		12,88			0,95		
5	0,1	11,65	11,93	1,52	0,83	0,91	-3,8
6		12,21			0,98		
7	0,2	10,56	12,28	1,56	1,09	1,01	-1,0
8		14,00			0,93		
9	0,3	12,92	12,31	1,57	1,00	1,07	-0,8
10		11,70			1,13		
11	0,4	12,68	12,87	1,64	1,06	1,19	3,7
12		13,05			1,31		



Rysunek 1 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

2.2.2 Emulsja B

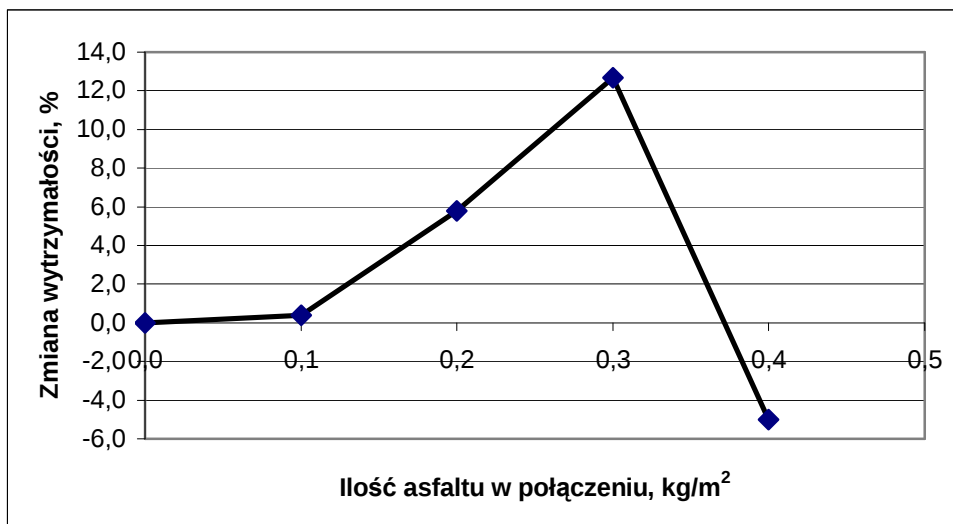
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 2.2 została sklejona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu komponowanego o penetracji 36 x 0,1 mm (emulsja B wg 2.1).

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 0,1 kg asfaltu na 1 m², 0,2 kg asfaltu na 1 m², 0,3 kg asfaltu na 1 m² oraz 0,4 kg asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonej emulsją B zestawiono w tablicy 2 i na rysunku 2.

Tablica 2 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową B

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	15,06	15,22	1,94	1,03	1,02	0,0
2		15,38			1,01		
5	0,1	15,48	15,28	1,95	1,15	1,06	0,4
6		15,08			0,96		
7	0,2	15,49	16,10	2,05	1,18	1,21	5,8
8		16,71			1,23		
9	0,3	18,36	17,15	2,18	1,47	1,30	12,7
10		15,94			1,12		
11	0,4	14,38	14,46	1,84	1,13	1,16	-5,0
12		14,54			1,19		



Rysunek 2 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

2.2.3 Emulsja C

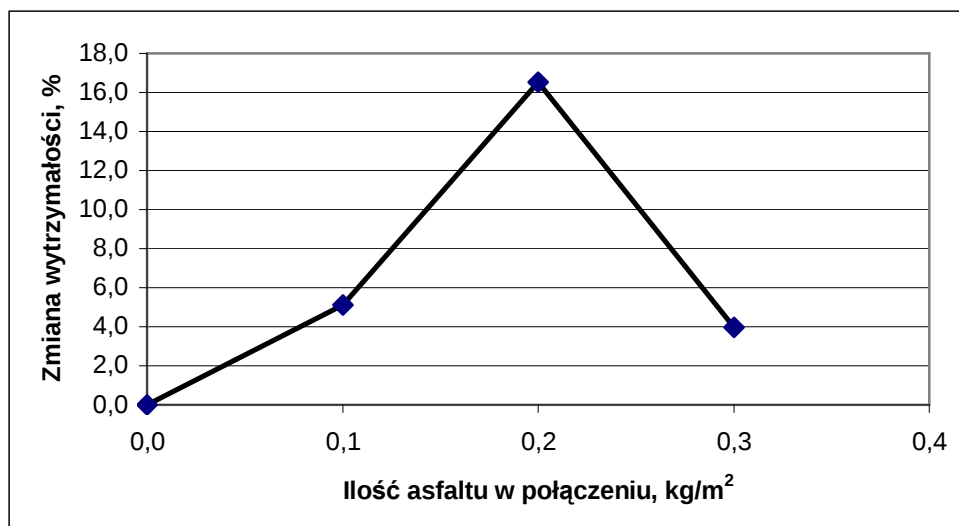
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 2.2 została sklejona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu modyfikowanego Finaprenem 503, o penetracji 91 x 0,1 mm (emulsja C wg 2.1).

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 0,1 kg asfaltu na 1 m², 0,2 kg asfaltu na 1 m² oraz 0,3 kg asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonej emulsją C zestawiono w tablicy 3 i na rysunku 3.

Tablica 3 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową C

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	14,41	13,65	1,74	1,08	1,05	0,0
2		14,12			1,17		
3		12,88			0,75		
4		13,20			1,19		
5	0,1	13,90	14,35	1,83	0,93	0,98	5,1
6		14,80			1,02		
7	0,2	15,55	15,91	2,03	1,11	1,06	16,5
8		16,27			1,01		
9	0,3	13,70	14,20	1,81	0,93	1,00	4,0
10		14,69			1,06		



Rysunek 3 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

2.2.4 Emulsja D

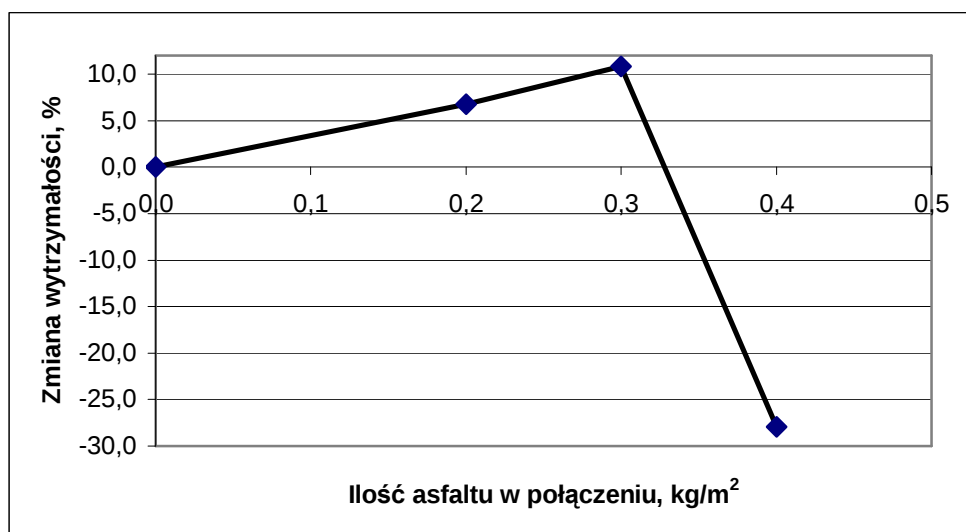
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 2.2 została sklejona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu modyfikowanego polimerem Kraton 1107S, o penetracji 87 x 0,1 mm (emulsja D wg 2.1).

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 0,2 kg asfaltu na 1 m², 0,3 kg asfaltu na 1 m² oraz 0,4 kg asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonej emulsją D zestawiono w tablicy 4 i na rysunku 4.

Tablica 4 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową D

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	14,41	13,65	1,74	1,08	1,05	0,0
2		14,12			1,17		
3		12,88			0,75		
4		13,20			1,19		
7	0,2	13,77	14,58	1,86	0,98	0,95	6,8
8		15,39			0,92		
9	0,3	15,55	15,13	1,93	1,08	1,34	10,8
10		14,71			1,59		
11	0,4	10,25	9,84	1,25	0,81	0,88	-28,0
12		9,42			0,95		



Rysunek 4 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

2.2.5 Emulsja E

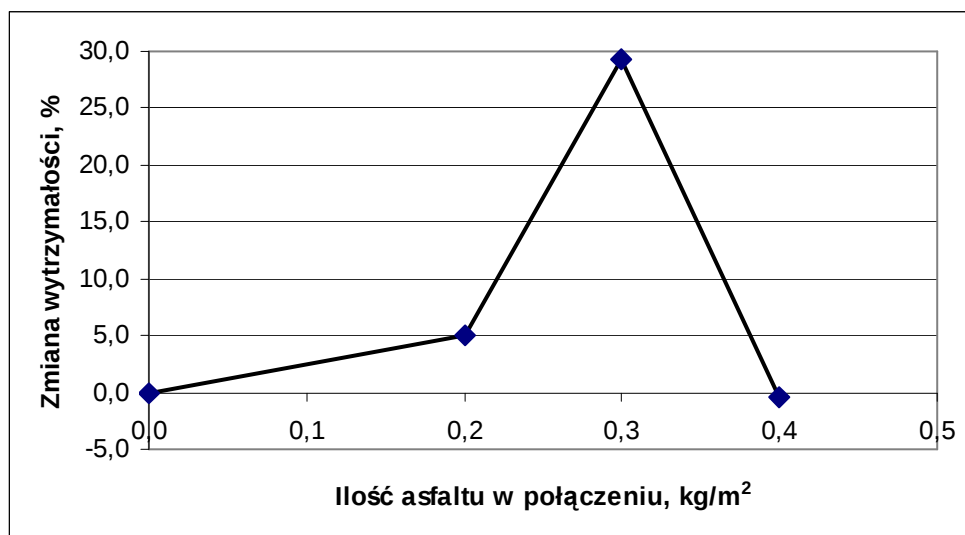
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 2.2 została sklejona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu modyfikowanego polimerem Kraton D 1161 NM, o penetracji 77 x 0,1 mm (emulsja E wg 2.1).

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 0,2 kg asfaltu na 1 m², 0,3 kg asfaltu na 1 m² oraz 0,4 kg asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonej emulsją E zestawiono w tablicy 5 i na rysunku 5.

Tablica 5 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową E

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	14,41	13,65	1,74	1,08	1,05	0,0
2		14,12			1,17		
3		12,88			0,75		
4		13,20			1,19		
7	0,2	14,54	14,34	1,67	0,93	0,89	5,0
8		14,14			0,85		
9	0,3	19,01	17,66	2,25	1,22	1,13	29,4
10		16,31			1,04		
11	0,4	14,12	13,60	1,73	1,21	1,15	-0,4
12		13,07			1,08		



Rysunek 5 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

2.2.6 Emulsja F

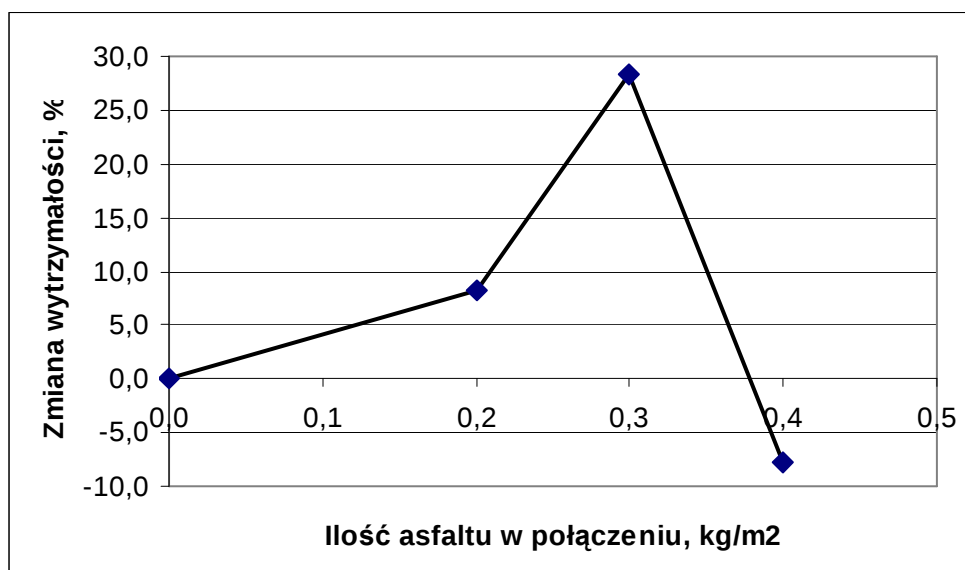
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 2.2 została sklejona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu modyfikowanego polimerem Kraton 1107S, o penetracji 73 x 0,1 mm (emulsja F wg 2.1).

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 0,2 kg asfaltu na 1 m², 0,3 kg asfaltu na 1 m² oraz 0,4 kg asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonej emulsją F zestawiono w tablicy 6 i na rysunku 6.

Tablica 6 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową F

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	14,41	13,65	1,74	1,08	1,05	0,0
2		14,12			1,17		
3		12,88			0,75		
4		13,20			1,19		
7	0,2	14,38	14,77	1,88	0,92	0,99	8,2
8		15,16			1,05		
9	0,3	17,22	17,53	2,23	1,29	1,25	28,4
10		17,83			1,20		
11	0,4	12,84	12,58	1,60	1,11	1,09	-7,9
12		12,32			1,07		



Rysunek 6 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

2.2.7 Emulsja H

Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 2.2 została sklejona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu o penetracji 88 x 0,1 mm (emulsja H wg 2.1).

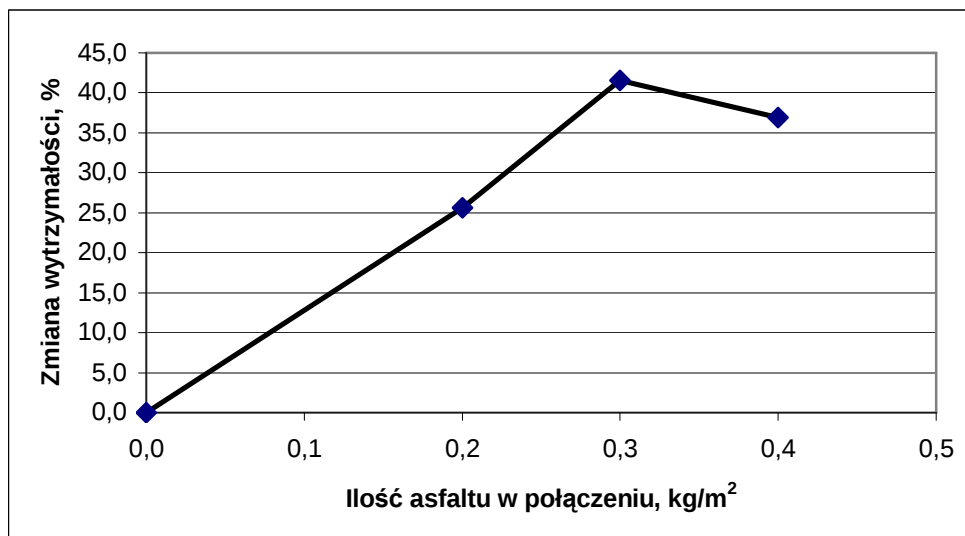
Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 0,2 kg asfaltu na 1 m², 0,3 kg asfaltu na 1 m² oraz 0,4 kg asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonej emulsją H zestawiono w tablicy 7 i na rysunku 7.

Tablica 7 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową H

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	14,41	13,65	1,74	1,08	1,05	0,0
2		14,12			1,17		
3		12,88			0,75		
4		13,20			1,19		
7	0,2	16,47	17,16	2,18	1,45	1,27	25,7
8		17,84			1,09		
9	0,3	18,59	19,33	2,46	1,58	1,55	41,5
10		20,06			1,52		
11	0,4	16,20	18,69	2,38	1,72	1,60	36,9

12	21,18	1,48	
----	-------	------	--



Rysunek 7 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

3 Wykonanie wybranej emulsji do sklejania warstw asfaltowych w wytwórni emulsji

3.1 Wstęp

Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w etapie I pracy oraz wyników badań ponadprogramowych wykonanych w etapie II, do wykonania odcinka doświadczalnego wytypowano emulsję asfaltową wolnorozpadową wykonaną z asfaltu o penetracji około 80 x 0,1 mm (klasa 70/100) lub z twardszego asfaltu, jeśli będzie to możliwe w skali przemysłowej.

Emulsję taką wyprodukowano w wytwórni emulsji w Przedsiębiorstwie Budowy Dróg w Lubartowie. Skład emulsji podano producentowi. Emulsje wyprodukowano z asfaltu Lotos 50/70 z zastosowaniem 1 kg/t emulgatora Teramin E2/3 o pH= 4,2 i zawartości asfaltu 60 % (m/m).

Zdecydowano, że w IBDiM wykonane zostaną dwa badania kontrolne (istotne dla wykonania połączenia warstw asfaltowych) tej emulsji tzn. zawartość asfaltu oraz penetracja asfaltu z emulsji.

3.2 Emulsja K3-60

Pobrano dwie próbki emulsji do badań z dwóch szarży produkcyjnych: próbka 1 - z dnia 28.08.2004r., próbka 2 - z dnia 09.09.2004r.

Podstawowe właściwości:

a) Próbka 1

- zawartość asfaltu - 59,7 % (m/m),
- penetracja asfaltu - 52 x0,1 mm,

b) Próbka 2

- zawartość asfaltu - 59,7 % (m/m),
- penetracja asfaltu - 65 x0,1 mm.

Wytworzona emulsja spełniała oczekiwania co do wartości penetracji asfaltu z niej wytraconego. Zdecydowano, że zostanie ona zastosowana do wykonania połączenia warstw asfaltowych na odcinku doświadczalnym.

4 Wykonanie odcinka doświadczalnego z zastosowaniem wybranej emulsji

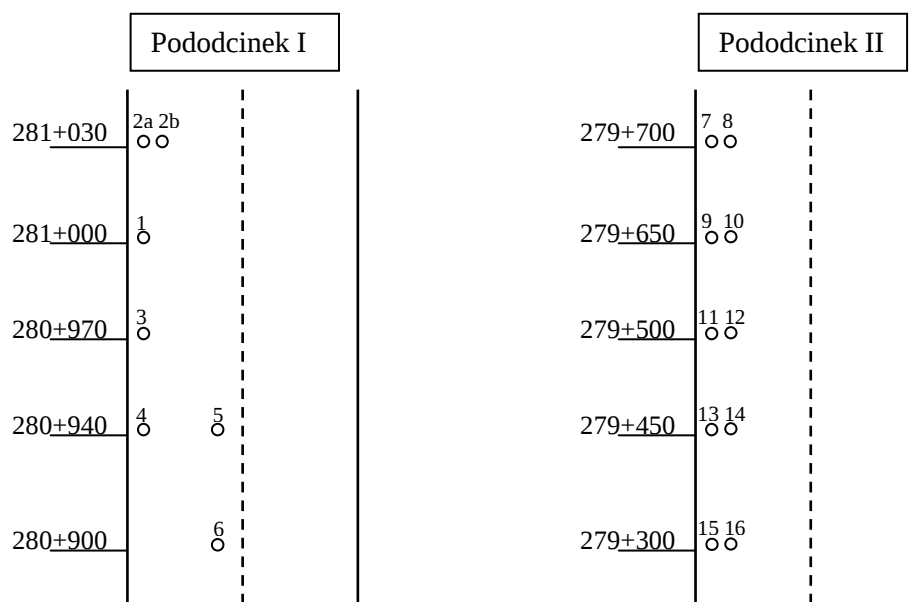
4.1 Wstęp

W współpracy z Przedsiębiorstwie Budowy Dróg w Lubartowie wykonano odcinek doświadczalny, na którym do skropienia połączenia warstwy ścieralnej z warstwą wiążącą zastosowano wytypowaną emulsję asfaltową K3-60. Odcinek ten znajdował się na remontowanym fragmencie drogi krajowej nr 19 w km 278+000 do km 282+000. Remont polegał na sfrezowaniu starych warstw wiążącej i ścieralnej i wykonaniu nowej warstwy wiążącej z BA i nowej warstwy ścieralnej z SMA.

Odcinek ten podzielono na dwie części. Na pierwszej (pododcinek I - od km 280+000 do km 282+000) zastosowano porównawczo emulsję wytworzoną z asfaltu klasy 100/130 (typowa emulsja stosowana dotychczas do wykonywania połączenia warstw asfaltowych), natomiast na drugiej (pododcinek II - od km 278+00 do 280+000) wytypowaną emulsję K3-60. Ustalono, że ilość asfaltu do skropienia powinna wynosić 0,1 kg/m² do 0,2 kg/m².

Po wykonaniu nawierzchni asfaltowej na odcinku doświadczalnym pobrano z niej próbki o średnicy 100 mm do badania połączenia międzywarstwowego. Schemat pobrania próbek przedstawia rysunek 8. Rysunki 9 i 10 przedstawiają widok próbek wyciętych z nawierzchni.

Pobrano także próbkę mieszanki SMA. Zdecydowano, że dodatkowo zostaną wykonane w laboratorium próbki, z zastosowaniem połączenia warstw asfaltowych takich jak na odcinku doświadczalnym, z różną ilością skropienia asfaltem z emulsji K3-60.



Rysunek 8 Schemat pobrania próbek na odcinku doświadczalnym

5 Wyniki badań próbek pobranych z odcinka doświadczalnego

5.1 Pododcinek I

Warstwa wiążącą z BA została skropiona emulsją asfaltową szybkorozpadową wytworzoną na bazie asfaltu rodzaju 100/130. Na tak przygotowanej warstwie ułożona została warstwa ścieralna z mieszanki SMA. Do badań połączenia międzywarstwowego pobrano 7 próbek o średnicy 100 mm (rys. 8).

Wyniki badań otrzymane ze ścinania próbek nawierzchni asfaltowej zestawiono w tablicy 8 i na rysunku 11.



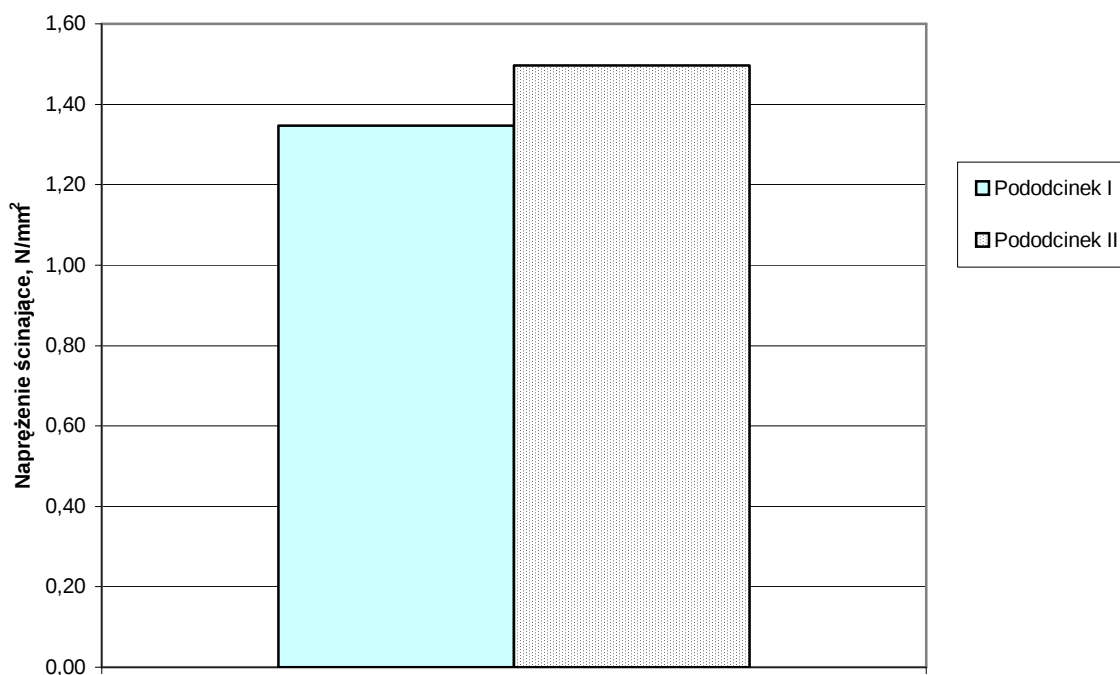
Rysunek 9 Widok próbek wyciętych z nawierzchni



Rysunek 10 Widok warstw nawierzchni na próbce z odcinka doświadczalnego

Tablica 8 Wyniki badania ścinania próbek warstw ścieralnej i wiążącej pobranych z pododcinka I na DK nr 19

Lp.	Oznaczenie połączenia (numery warstw)	Pochodzenie próbki	Pododcinek I			
			Nr próbki	Przemieszczenie mm	Siła ścinająca kN	Naprężenie ścinające N/mm ²
1	2	3	4	5	6	7
1	1/2	DK nr 19 odcinek Firlej-Lubartów	1	2,37	9,13	1,21
			2a	2,50	8,80	1,17
			2b	2,91	8,67	1,15
			3	2,37	9,79	1,30
			4	2,25	11,55	1,53
			5	2,35	12,40	1,64
			6	2,35	10,80	1,43
			Średnia	2,44	10,16	1,35



Rysunek 11 Histogram wyników naprężenia ścinającego między warstwami ścieralną z SMA a wiążącą z BA

5.2 Pododcinek II

Warstwa wiążącą z BA została skropiona emulsją asfaltową wolnorozпадową wytworzoną na bazie asfaltu rodzaju 50/70. Na tak przygotowanej warstwie ułożona została warstwa ścieralna z mieszanki SMA. Do badań połączenia międzywarstwowego pobrano 10 próbek o średnicy 100 mm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania próbek nawierzchni asfaltowej zestawiono w tablicy 9 i na rysunku 11.

Tablica 9 Wyniki badania ścinania próbek warstw ścieralnej i wiążącej pobranych z pododcinka II na DK nr 19

Lp.	Oznaczenie połączenia (numery warstw)	Pochodzenie próbki	Pododcinek II			
			Nr próbki	Przesunięcie ścinające mm	Siła ścinająca kN	Napężenie ścinające N/mm ²
1	2	3	4	5	6	7
1	1/2	DK nr 19 odcinek Firlej-Lubartów	7	2,07	9,75	1,29
			8	2,29	10,93	1,45
			9	2,10	11,98	1,59
			10	2,03	11,77	1,56
			11	2,38	12,67	1,68
			12	2,02	10,80	1,43
			13	1,87	10,86	1,44
			14	2,08	10,80	1,43
			15	2,14	11,17	1,48
			16	2,52	12,20	1,62
			Średnia	2,15	11,29	1,50

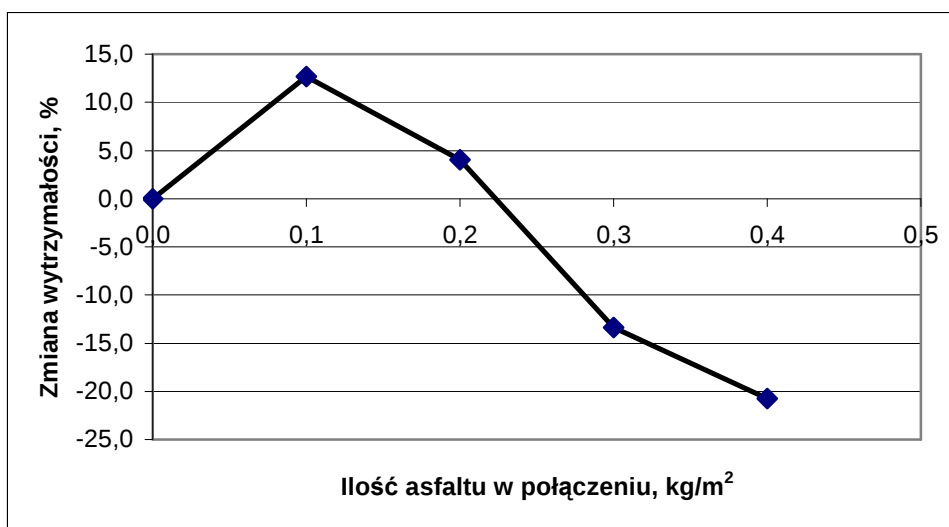
5.3 Próbkę wykonane w laboratorium

Z próbek po badaniu ścinania pobranych z odcinka doświadczalnego odzyskano warstwę wiążącą. Po odrzuceniu ziaren przeciętych podczas wiercenia, pozostałą mieszankę wykorzystano do wykonania warstwy dolnej próbek laboratoryjnych przeznaczonych do badania ścinania. Warstwę górną wykonano z mieszanki SMA pobranej z drogi (podczas pobierania próbek z nawierzchni odcinka doświadczalnego). Do wykonania połączenia warstw zastosowano emulsję K3-60 (o penetracji asfaltu z niej wytrąconego 65 x 0,1 mm). Połączenie warstw wykonano w wariantach bez skropienia emulsją oraz ze skropieniem w ilości 0,1 kg, 0,2 kg, 0,3 kg i 0,4 kg czystego asfaltu na 1 m² powierzchni.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania próbek wykonanych w laboratorium zestawiono w tablicy 10 i na rysunku 11.

Tablica 10 Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejoných emulsją asfaltową K4-60

Lp.	Ilość asfaltu kg	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przemieszczenie mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,0	11,55	13,20	1,68	1,75	1,84	0,0
2		14,84			1,81		
3	0,1	14,76	14,87	1,89	1,70	1,74	12,7
4		14,97			1,78		
5	0,2	13,85	13,73	1,75	1,53	1,49	4,0
6		13,60			1,44		
7	0,3	11,12	11,43	1,46	1,59	1,57	-13,4
8		11,74			1,54		
9	0,4	10,75	10,46	1,33	1,67	1,60	-20,7
10		10,17			1,52		



Rysunek 10 Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

6 Podsumowanie

Z badań połączenia międzywarstwowego próbek wykonanych w laboratorium wynika, że:

- Stosowanie emulsji modyfikowanej polimerem wpływa korzystnie na moc związania warstw asfaltowych; następuje zwiększenie wartości naprężenia ścinającego w porównaniu do złącza bez skropienia,
- Penetracja asfaltu użytego do wytworzenia emulsji asfaltowej ma duży wpływ na wartość naprężenia ścinającego połączenie warstw asfaltowych; stosowanie asfaltów o penetracji powyżej 100 x 0,1 mm do wytwarzania emulsji przeznaczonych do skrapiania warstw asfaltowych z technicznego punktu widzenia jest bezcelowe; takie emulsje nie powinny być stosowane do wykonywania połączeń warstw asfaltowych; złącze wykonane przy zastosowaniu takiego asfaltu jest słabsze niż w przypadku nie stosowania żadnego skropienia; wskazane jest, aby do wykonywania połączenia warstw asfaltowych stosować emulsję produkowaną na bazie asfaltu o penetracji ok. 80 x 0,1 mm lub twardszego,
- Przy łączeniu warstw wiążącej i ścieralnej z BA maksymalna ilość asfaltu z emulsji do skropienia nie powinna być większa od 0,3 kg/m² powierzchni (zalecana ilość – 0,2 kg/m²; w większości przypadków efekt wzrostu naprężenia ścinającego uzyskiwano dla ilości asfaltu do skropienia nie przekraczającego 0,2 kg/m²).

Zastosowane porównawczo na odcinku doświadczalnym dwa rodzaje emulsji asfaltowych do wykonania połączenia warstw asfaltowych wykazało, że większą wartość naprężenia uzyskuje się stosując emulsję wykonaną z twardszego asfaltu. Średnie naprężenie ścinające próbek z pododcinka II jest o ok. 11 % większe od średniego naprężenia ścinającego próbek z pododcinka I. Uzyskane wartości naprężenia ścinającego nie są jednak duże: 1,35 N/mm² – pododcinek I oraz 1,50 N/mm² – pododcinek II. Powodem tego mogą być:

- zbyt duża ilość asfaltu do wykonania połączenia warstw,
- stosowanie mieszanek SMA do warstwy ścieralnej nie wymaga takiej ilości asfaltu do skropienia jak w przypadku stosowania BA do warstwy ścieralnej.

Aby wyjaśnić te wątpliwości wykonano w laboratorium próbki z takich mieszanek jak to miało miejsce na drodze oraz z zastosowaniem do skropienia emulsji wolnorozpadowej K3-60. Uzyskane wyniki (tabl. 10 i rys. 10) potwierdzają, że w przypadku łączenia warstw wiążącej z BA oraz ścieralnej z SMA do wykonania złącza wystarczy minimalna ilość asfaltu (0,1 kg/m²). W przypadku zastosowania większych ilości asfaltu do wykonania połączenia tych warstw wartość naprężenia ścinającego spada.

Podstawowym wnioskiem z przeprowadzonych badań, dotąd nie sprawdzanym w innych pracach na temat związów międzywarstwowch, jest fakt silnej zależności naprężenia ścinającego od penetracji asfaltu zastosowanego do wykonania emulsji użytej do skropienia.

Oprócz penetracji asfaltu także ma znaczenie w przypadku emulsji modyfikowanych, rodzaj zastosowanego polimeru. Stwierdzono istotny wzrost wytrzymałości złącza w przypadku użycia emulsji z asfaltu modyfikowanego polimerami typu SBS np. Finaprene 503 i Kraton D 1161NM. Emulsja modyfikowana lateksem syntetycznym nie dawała oczekiwanych pozytywnych efektów.

W trakcie badań laboratoryjnych nieoczekiwanie dobre wyniki uzyskano po zastosowaniu do połączenia warstw asfaltowych emulsji z dodatkiem krzemionki koloidalnej. Po zastosowaniu 300 g/m^2 (asfaltu) uzyskano 42 % wzrost naprężenia ścinającego w porównaniu z próbką połączoną bez dodatku emulsji.

Stwierdzono, że na naprężenie ścinające nie ma wpływu czas rozpadu emulsji i rodzaj emulgatora. W związku z tym stosowanie emulsji wolnorozpadowych jest tak samo prawidłowe jak i emulsji szybko rozpadowych. Emulsje wolnorozpadowe są bardziej uniwersalne, gdyż mogą być stosowane nie tylko do złączania warstw asfaltowych, ale także do złączania warstw asfaltowych z warstwami podbudowy, takimi jak, beton cementowy czy kruszywo stabilizowane mechanicznie (z uwzględnieniem dodatkowego warunku $\text{pH} > 4$).

Do złączania warstw asfaltowych należy stosować asfalty o penetracji zbliżonej do penetracji asfaltu stosowanego do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych. Maksymalna wartość penetracji asfaltu w emulsji powinna wynosić jedną klasę wyżej, np. jeśli w mieszance mineralno-asfaltowej użyto asfalt 35/50, do złączenia warstw można użyć asfalt 50/70 lub twardszy.

7 Zalecenia wykonywania złączeń międzywarstwowych emulsjami asfaltowymi

Uzyskanie wymaganej trwałości nawierzchni zależne jest w znacznym stopniu od zapewnienia połączenia między warstwami i ich współpracy w przenoszeniu obciążenia nawierzchni.

Wymagana wytrzymałość na ścinanie połączenia między warstwami asfaltowymi powinna wynosić: $> 1,3 \text{ (N/mm}^2\text{)}$. Metoda pomiaru opisana jest w p. 5, cz. I.

W celu uzyskania połączenia między warstwami nawierzchni zaleca się powierzchnię warstwy skropić emulsją asfaltową w ilości jak podano w tablicy 9 (w przeliczeniu na pozostały asfalt). *Dopuszcza się w uzasadnionych przypadkach zastosowanie asfaltu upłynnionego.*

Do łączenia warstw asfaltowych zaleca się stosowanie emulsji asfaltowych wytworzonych z asfaltem 70/100 lub twardszym. *Mogą tu być stosowane emulsje o dowolnym czasie rozpadu, tj. szybko, średnio, wolno rozpadowe i nadstabilne.*

W przypadku stosowania emulsji do łączenia warstw asfaltowych wykonywanych z asfaltem 35/50 należy stosować emulsję wykonaną z asfaltu 50/70 .

Tablica 9. Zalecane ilości asfaltu do skropienia podłoża pod warstwę asfaltową

Układana warstwa asfaltowa	Podłoże pod warstwę asfaltową	Ilość pozostałego asfaltu, kg/m ²
Podbudowa z betonu asfaltowego BA lub BAWMS	Podbudowa/nawierzchnia tłuczniowa	0,7 ÷ 1,0
	Podbudowa z kruszywa stabilizowanego mechanicznie	0,57 ÷ 0,7
	Podbudowa z chudego betonu lub gruntu stabilizowanego spoiwem hydraulicznym	0,3 ÷ 0,5 ¹⁾ + 0,7 ÷ 1,0 ²⁾
	Nawierzchnia asfaltowa o chropowatej powierzchni Np. po sfrezowaniu	0,2 ÷ 0,5
Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego BA lub BAWMS	Podbudowa asfaltowa	0,2 – 0,4
Warstwa wiążąca z mieszanki GE	Podbudowa asfaltowa	0,2 – 0,4
Warstwa ścieralna z SMA	Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego	0,0 ÷ 0,1 ³⁾

¹⁾ zalecana emulsja *wolnorozpadowa lub nadstabilna* o pH > 3,5 (o niskiej kwasowości)

²⁾ zalecana emulsja modyfikowana polimerem posypana grysem 2/5 *bez nadmiaru* w celu uzyskania membrany poprawiającej połączenie oraz zmniejszającej ryzyko spękań odbitych

³⁾ zalecane stosowanie emulsji zwykłej lub modyfikowanej polimerem; o *penetracji lepiscza* < 80 x 0,1 mm