

SPRAWOZDANIE

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

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 inż. Paweł Wysocki

Kierownik Zakładu Technologii Nawierzchni

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Warszawa, listopad 2003

SPIS TREŚCI

1	PRZEDMIOT BADAŃ I PROGRAM PRACY	4
1.1	Przedmiot badań	4
1.2	Program pracy	4
2	ZEBRANIE RÓŻNYCH RODZAJÓW EMULGATORÓW I ASFALTÓW DO WYKONANIA RÓŻNYCH EMULSJI ASFALTOWYCH.....	5
2.1	Wstęp.....	5
2.2	Emulgatory do emulsji asfaltowych	6
2.3	Asfalty do emulsji asfaltowych	6
3	SPORZĄDZENIE W LABORATORYJNYM MŁYNKU EMULSYJNYM KILKU (5-6) EMULSJI ASFALTOWYCH Z RÓŻNYMI RODZAJAMI EMULGATORÓW I NA RÓŻNYCH ASFALTACH.....	7
3.1	Wstęp.....	7
3.2	Młynek emulsyjny	7
4	OKREŚLENIE WŁAŚCIWOŚCI EMULSJI ASFALTOWYCH I ASFALTÓW, Z KTÓRYCH ZOSTAŁY WYTWORZONE	8
4.1	Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 35/50.....	8
4.1.1	Asfalt do emulsji	8
4.1.2	Emulsja asfaltowa	9
4.1.3	Wyniki badań emulsji asfaltowej	9
4.2	Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 50/70.....	9
4.2.1	Asfalt do emulsji	9
4.2.2	Emulsja asfaltowa	10
4.2.3	Wyniki badań emulsji asfaltowej	10
4.3	Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-80 i asfalcie 70/100.....	10
4.3.1	Asfalt do emulsji	10
4.3.2	Emulsja asfaltowa	10
4.3.3	Wyniki badań emulsji asfaltowej	11
4.4	Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 100/150.....	11
4.4.1	Asfalt do emulsji	11
4.4.2	Emulsja asfaltowa	11
4.4.3	Wyniki badań emulsji asfaltowej	11
4.5	Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 160/220.....	12
4.5.1	Asfalt do emulsji	12
4.5.2	Emulsja asfaltowa	12
4.5.3	Wyniki badań emulsji asfaltowej	12

4.6	Emulsja asfaltowa modyfikowana wykonana z użyciem emulgatora Emulsamine L-60 i asfaltu 100/150	13
4.6.1	Asfalt do emulsji	13
4.6.2	Emulsja asfaltowa	13
4.6.3	Wyniki badań emulsji asfaltowej modyfikowanej	13
4.7	Emulsja asfaltowa modyfikowana lateksem wykonana z użyciem asfaltu 70/100	14
4.7.1	Asfalt do emulsji	14
4.7.2	Emulsja asfaltowa	14
4.7.3	Wyniki badań emulsji asfaltowej modyfikowanej	14
4.8	Podsumowanie.....	14
5	WYKONANIE BADANIA SIŁY ŚCINAJĄCEJ WARSTW ASFALTOWYCH SKLEJONYCH EMULSJAMI DOZOWANYMI W RÓŻNEJ ILOŚCI	16
5.1	Wstęp.....	16
5.2	Metoda ścinania z użyciem prasy Marshalla.....	17
5.2.1	Opis metody	17
5.2.2	Przygotowanie próbek do ścinania.....	18
5.3	Badanie ścinania warstw asfaltowych sklejonych emulsjami asfaltowymi	19
5.3.1	Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu 50/70	19
5.3.1.1	Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 35/50.....	19
5.3.1.2	Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 50/70.....	20
5.3.1.3	Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejony emulsją K3-60 wytworzoną z asfaltu 70/100.....	21
5.3.1.4	Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejony emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 100/150.....	22
5.3.1.5	Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejony emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 160/220.....	23
5.3.1.6	Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejony emulsją modyfikowaną K1-50 MP	24
5.3.2	Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu 35/50	25
5.3.2.1	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) sklejony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 35/50.....	26
5.3.2.2	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) sklejony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 50/70.....	27
5.3.2.3	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) sklejony emulsją K3-60 wytworzoną z asfaltu 70/100.....	28
5.3.2.4	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) sklejony emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 100/150.....	29
5.3.2.5	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) sklejony emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 160/220.....	30
5.3.2.6	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) sklejony emulsją modyfikowaną K1-50 MP z asfaltu 100/150	31
5.3.2.7	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) sklejony emulsją modyfikowaną K1-65 MP z asfaltu 70/100	32
5.3.2.8	Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50).....	33
6	ANALIZA WYNIKÓW I WNIOSKI ORAZ WYBRANIE JEDNEJ EMULSJI ASFALTOWEJ DO PRÓBY PRZEMYSŁOWEJ	34
6.1	Analiza wyników	34
6.2	Wybór emulsji asfaltowej do próby przemysłowej.....	36

1 Przedmiot badań i program pracy

1.1 Przedmiot badań

Przedmiotem badań były emulsje asfaltowe stosowane do złączania warstw asfaltowych. Współpraca warstw konstrukcji nawierzchni zależy od jakości i sposobu wykonania połączenia między nimi, co istotnie wpływa na trwałość i wytrzymałości nawierzchni drogowej.

Bardzo duży wpływ na połączenia międzywarstwowe ma nie tylko materiał, którym wykonuje się sklejenie, ale również to, w jaki sposób wykonuje się połączenia międzywarstwowe. Należy przestrzegać tu ściśle zasad prawidłowego wykonania, a więc szczególnie należy zwrócić uwagę na to w jakim stanie jest powierzchnia nawierzchni, do której zostanie przyklejona kolejna wierzchnia warstwa, na lepkość i temperaturę emulsji, którą wykonuje się połączenia oraz na prawidłowe ustawienie sprzętu dozującego.

Jak widać czynników wpływających na jakość połączeń międzywarstwowych jest wiele. W niniejszej pracy zajęto się problemem jakości materiałów służących do wykonania połączeń międzywarstwowych. Głównym celem jest osiągnięcie emulsji asfaltowych takich, które zapewnią doskonałe połączenie warstw asfaltowych między sobą i z podłożem, tj. z powierzchnią warstwy podbudowy lub izolacji na obiekcie mostowym, niezależnie od materiału, z jakiego zostało wykonane podłoże.

Brak lub zbyt słabe powiązanie między warstwami powoduje, że warstwy te pracują oddzielnie i nie tworzą jednolitej, mocnej konstrukcji. Pociąga to za sobą uginanie się konstrukcji i wpływa bezpośrednio na przyspieszenie niszczenia nawierzchni.

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 sklejonych emulsjami w różnej ilości.
5. Analiza wyników i wnioski oraz wybranie jednej emulsji asfaltowej do próby przemysłowej.

Etap II

1. Wykonanie wybranej emulsji do sklejanego 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 złączy międzywarstwowych emulsjami asfaltowymi.

Sprawozdanie to jest realizacją etapu I.

2 Zebranie różnych rodzajów emulgatorów i asfaltów do wykonania różnych emulsji asfaltowych

2.1 Wstęp

Emulsja asfaltowa jest dyspersją stałych cząstek asfaltu w wodzie. Według definicji P. Bechera emulsję stanowi termodynamicznie niestabilny, niejednorodny układ składający się z co najmniej dwóch nie mieszających się cieczy silnie zdyspergowanych jedna w drugiej, przy czym średnica cząstek fazy rozproszonej jest zwykle większa od 0,1 μm . W przypadku zastosowań drogowych średnica cząstek asfaltu jest większa i waha się w granicach 1 - 20 μm . Układ taki jest niestabilny i aby zapobiec rozdzieleniu się cieczy należy wprowadzić do emulsji związek powierzchniowo-czynny tu zwany emulgatorem. Cząstki rozproszonego asfaltu otrzymują odpowiedni ładunek elektryczny i dzięki odpychającym siłom elektrostatycznym stabilność emulsji ulega znacznej poprawie, co umożliwia nawet kilkumiesięczne jej magazynowanie.

Emulsje mogą być tworzone przez dwie dowolne nie mieszające się ze sobą cieczy. Najczęściej jedną z faz jest woda, która może spełniać zarówno rolę fazy rozpraszającej jak i rozproszonej. Jeżeli woda tworzy fazę ciągłą (rozpraszającą), w której rozproszone są cząstki fazy nierozpuszczalnej w wodzie, o takiej emulsji mówimy, że jest typu „olej w wodzie” (O/W). Stosowane w drogownictwie emulsje w większości są tego typu. Jeżeli woda jest fazą rozproszoną (W/O), taką emulsję nazywamy „odwróconą”. Asfalt tworzy z wodą także emulsje mieszane W/O/W, w których w cząstkach asfaltu rozproszonych w wodzie znajdują się cząstki wody.

Zależnie od rodzaju ładunku cząstek asfaltu w fazie wodnej uzyskiwanego za pośrednictwem emulgatora wyróżnia się emulsje: kationowe, anionowe oraz niejonowe. W emulsjach kationowych cząstki asfaltu przenoszą ładunki dodatnie, zaś w anionowych - ujemne. Rozróżnienie rodzaju emulsji można wykonać metodą elektroforetyczną.

Emulgator do emulsji asfaltowych jest środkiem, dzięki któremu możliwe jest wyprodukowanie emulsji asfaltowej o żądanej klasie. Emulsje asfaltowe do złączy międzywarstwowych muszą charakteryzować się określonymi cechami. Dla potrzeb badawczych wytypowano wstępnie kilka emulgatorów, dla różnych klas emulsji asfaltowych.

Warstwa łącząca zazwyczaj jest bardzo cienka. Jej grubość wynosi średnio 0,1 – 0,2 mm. Mieszanka mineralno-asfaltowa gorąca, o temperaturze 140 – 200 $^{\circ}\text{C}$,

topi asfalt warstwy łączącej, który częściowo wypełnia wolną przestrzeń na złączu warstw i podczas wałowania następuje zazębienie z warstwą niższą.

Cienka błonka asfaltu na złączu warstw spełnia swoje zadanie poprzez kohezję w funkcji grubości warstwy. Warstwa łącząca, aby prawidłowo spełniała swoją rolę musi przenosić siły ścinające pochodzące od ruchu pojazdów. Z tego wynika, że grubsza błonka ma mniejszą kohezję. Przedozowanie lepiszcza w warstwie łączącej spowoduje poślizg warstwy górnej po dolnej skutkujący zdedformowaniem nawierzchni (tzw. tarka) lub pojawieniem się spękań.

2.2 Emulgatory do emulsji asfaltowych

Klasa emulsji do wykonania połączeń między warstwami asfaltowymi nawierzchni może być różna. Określenie konkretnej klasy emulsji jako tej jednej na tym etapie prac jest jeszcze niemożliwe. Dlatego wstępnie wybrano emulgatory najczęściej stosowane w kraju do wytwarzania emulsji asfaltowych. Zestawienie emulgatorów wybranych do wytworzenia emulsji asfaltowych zawiera tablica 2-1.

Tablica 2-1. Zestawienie emulgatorów wytypowanych do wytworzenia emulsji asfaltowych

Lp.	Emulgator	Producent	Do emulsji	Klasa emulsji
1	2	3	4	5
1	Dinoram 3574	CECA Francja	szybkorozpadowych	K1
2	Emulsamine L-60	CECA Francja	szybkorozpadowych	K1
3	Polyram L-80	CECA Francja	szybkorozpadowych	K1
4	Dinoram S	CECA Francja	szybkorozpadowych	K1
5	Teramin E2/3	ICSOChP Polska	nadstabilnych	K4
6	Asfier 218	KAO Hiszpania	wolnorozpadowych	K3
7	Asfier N-480 L	KAO Hiszpania	wolnorozpadowych	K3

Do dalszych badań wytypowano emulgatory o najlepszych właściwościach, a więc: Emulsamine L-60, Polyram L-80 oraz Teramin E2/3.

2.3 Asfalty do emulsji asfaltowych

Do wytworzenia emulsji asfaltowych do złączania warstw asfaltowych nawierzchni wytypowano asfalty z każdej grupy asfaltów stosowanych do emulsji asfaltowych. W zależności od penetracji asfaltu wykonane zostały emulsje asfaltowe.

Do emulsji asfaltowych zastosowano następujące asfalty:

1. asfalt 35/50 z PKN Orlen,
2. asfalt 50/70 z PKN Orlen,
3. asfalt 70/100 z PKN Orlen,
4. asfalt 100/150 z PKN Orlen,
5. asfalt 160/220 z PKN Orlen

3 Sporządzenie w laboratoryjnym młynku emulsyjnym kilku (5-6) emulsji asfaltowych z różnymi rodzajami emulgatorów i na różnych asfaltach

3.1 Wstęp

Do wytwarzania emulsji asfaltowych służą młyny emulsyjne, które poprzez rozbicie asfaltu na cząstki w szczelinie młyna, mieszane są z roztworem wody i emulgatora wraz z dodatkami. W ten sposób powstaje emulsja asfaltowa.

Młyny produkcyjne mają wydajność kilkudziesięciu ton, co w warunkach badawczych jest ilością nadmierną. Do wytworzenia emulsji asfaltowych do potrzeb badawczych wykorzystany został młynek laboratoryjny Atomix A firmy EmulBitume Francja, charakteryzujący się parametrami młyna produkcyjnego z tym, że w skali mikro.

3.2 Młynek emulsyjny

Młynek laboratoryjny podobnie jak młyn koloidalny w wytwórni emulsji asfaltowych, posiada dwie instalacje: fazy wodnej i asfaltu. Jest urządzeniem stacjonarnym, zasilanym prądem trójfazowym, o mocy 1,5 kW, wydajności 200/250 l/h i prędkości obrotowej młynka 5 000 – 9 000 obr/min.

Aparat składa się z dwóch części: mechanicznej zmontowanej na stalowej ramie oraz elektrycznej. W części mechanicznej znajdują się podgrzewane zbiorniki na fazę wodną i asfalt z mieszadłami, pompy dozujące do ww. mediów, autoklaw ciśnieniowy do wytwarzania emulsji modyfikowanych. W instalacji znajdują się ogrzewane połączenia z zaworami trójdrożnymi i sam młynek emulsyjny (zdjęcie 1).



Zdjęcie 1. Młynek emulsyjny wraz z instalacją

Część elektryczna i elektroniczna to pulpit sterowniczy z automatyką umożliwiającą sterowanie i kontrolowanie wytwarzania emulsji (zdjęcie 2).



Zdjęcie 2. Pulpit sterowniczy

Zespół laboratoryjny zawierający młynek umożliwia wytwarzanie emulsji asfaltowych wszystkich typów z asfaltów zwykłych i modyfikowanych. Zawartość asfaltu w emulsji może wahać się od 40 % do 80 % (m/m). Można otrzymywać emulsje o wysokiej lepkości. Optymalne rozproszenie cząstek asfaltu w emulsji możliwe jest już po jednokrotnym przejściu przez młynek emulsyjny.

4 Określenie właściwości emulsji asfaltowych i asfaltów, z których zostały wytworzone

4.1 Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 35/50

4.1.1 Asfalt do emulsji

Cykl badań rozpoczęto od asfaltu twardego, który wydaje się najodpowiedniejszy do złączania warstw ze względu na lepszą kohezję od asfaltów miękkich.

Do wytworzenia emulsji zastosowany został asfalt 35/50 PKN Orlen o penetracji $38 \cdot 0,1$ mm, którego zawartość w emulsji wyniosła 60,0 % (m/m). Dodano do składu emulsji emulgator Emulsamine L-60 w ilości 0,23 % (m/m) oraz kwas solny w ilości 0,14 % (m/m). Do wytwarzania emulsji zastosowano asfalt bez

dotatku upłynniacza. Utrudnia to proces emulgacji asfaltu w wodzie, lecz skraca czas odparowania wody z emulsji.

W kolejnym etapie pracy zostanie sprawdzona emulsja wytworzona z użyciem emulgatora Dinoram S, który według najnowszych danych literaturowych jest zalecany do wytwarzania emulsji na asfaltach twardych.

4.1.2 Emulsja asfaltowa

Do wytworzenia emulsji asfaltowej na bazie asfaltu 35/50 zastosowano emulgator Emulsamine L-60. Emulsję wykonano stosując temperaturę wodnego roztworu emulgatora 30 °C, natomiast temperaturę asfaltu 170 °C. Emulsja wykonana została jako emulsja klasy K1-60 według Warunków Technicznych „Drogowe kationowe emulsje asfaltowe EmA-99”¹.

4.1.3 Wyniki badań emulsji asfaltowej

Badania emulsji przeprowadzono w oparciu o metody opisane w WT EmA-99. Wyniki badań właściwości emulsji asfaltowej zestawiono w tablicy 3-1.

Tablica 3-1. Wyniki badań emulsji asfaltowej K1-60 z emulgatorem Emulsamine L-60

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zawartość asfaltu	% (m/m)	59,9	EmA-99, p. 5.2
2	Lepkość wg Englera	⁰ E	5	EmA-99, p. 5.4
3	Lepkość BTA ϕ 4 mm w temp. 20 °C	S	4	EmA-99, p. 5.5
4	Sedymentacja po 5 dniach	% (m/m)	4,5	EmA-99, p. 5.8
5	Przyczepność do kruszywa: bazaltowego granitowego	%	100 95	EmA-99, p. 5.9
6	Indeks rozpadu	g/100g	76	EmA-99, p. 5.10
7	pH emulsji	-	2,0	EmA-99, p. 5.16

4.2 Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 50/70

4.2.1 Asfalt do emulsji

Do wytworzenia emulsji zastosowany został asfalt drogowy 50/70 z rafinerii PKN Orlen o penetracji 61 · 0,1 mm, którego zawartość w emulsji wyniosła 60,0 % (m/m).

4.2.2 Emulsja asfaltowa

Do wytworzenia emulsji asfaltowej na bazie asfaltu 50/70 jako emulgator użyto Emulsamine L-60 w ilości 0,23 % (m/m) oraz kwas solny w ilości 0,14 % (m/m). Emulsję wykonano stosując temperaturę fazy wodnej 40 °C, natomiast temperaturę asfaltu 160 °C. Emulsja wykonana została jako emulsja klasy K1-60 według WT EmA-99.

4.2.3 Wyniki badań emulsji asfaltowej

Badania emulsji przeprowadzono w oparciu o metody opisane w WT EmA-99¹. Wszystkie badania przeprowadzone zostały w oparciu o metody opisane w WT EmA-99².

Wyniki badań właściwości emulsji asfaltowej zestawiono w tabelicy 3-2.

Tablica 3-2. Wyniki badań emulsji asfaltowej K1-60 z emulgatorem Emulsamine L-60

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zawartość asfaltu	% (m/m)	60,0	EmA-99, p. 5.2
2	Lepkość wg Englera	°E	4	EmA-99, p. 5.4
3	Lepkość BTA ϕ 4 mm w temp. 20 °C	s	1	EmA-99, p. 5.5
4	Sedymentacja po 5 dniach	% (m/m)	3,5	EmA-99, p. 5.8
5	Przyczepność do kruszywa: bazaltowego granitowego	%	100 95	EmA-99, p. 5.9
6	Indeks rozpadu	g/100g	78	EmA-99, p. 5.10
7	pH emulsji	-	2,0	EmA-99, p. 5.16

4.3 Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-80 i asfalcie 70/100

4.3.1 Asfalt do emulsji

Do wytworzenia emulsji zastosowany został asfalt 70/100 PKN Orlen o penetracji $88 \cdot 0,1$ mm, którego zawartość w emulsji wyniosła 60,0 % (m/m).

4.3.2 Emulsja asfaltowa

Do wytworzenia emulsji asfaltowej na bazie asfaltu 70/100 jako emulgator zastosowano Polyram L-80 w ilości 0,23 % (m/m) oraz kwas fosforowy w ilości 0,8 % (m/m). Emulsję wykonano stosując temperaturę fazy wodnej 40 °C, natomiast temperaturę asfaltu 160 °C. Emulsja wykonana została jako emulsja klasy K3-60 według WT EmA-99.

4.3.3 Wyniki badań emulsji asfaltowej

Badania emulsji przeprowadzono w oparciu o metody opisane w WT EmA-99. Wyniki badań właściwości emulsji asfaltowej zestawiono w tablicy 3-3.

Tablica 3-3. Wyniki badań emulsji asfaltowej K3-60 z emulgatorem Polyram L-80

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zawartość asfaltu	% (m/m)	62,0	EmA-99, p. 5.2
2	Lepkość wg Englera	⁰ E	5	EmA-99, p. 5.4
3	Lepkość BTA ϕ 4 mm w temp. 20 °C	s	7	EmA-99, p. 5.5
4	Sedymentacja po 5 dniach	% (m/m)	2,0	EmA-99, p. 5.8
5	Przyczepność do kruszywa: bazaltowego granitowego	%	100 98	EmA-99, p. 5.9
6	Indeks rozpadu	g/100g	137	EmA-99, p. 5.10
7	pH emulsji	-	2,5	EmA-99, p. 5.16

4.4 Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 100/150

4.4.1 Asfalt do emulsji

Do wytworzenia emulsji zastosowany został asfalt 100/150 PKN Orlen o penetracji 140 · 0,1 mm, którego zawartość w emulsji wyniosła 65,0 % (m/m).

4.4.2 Emulsja asfaltowa

Do wytworzenia emulsji asfaltowej na bazie asfaltu 100/150 jako emulgator użyto Emulsamine L-60 w ilości 0,20 % (m/m) oraz kwas solny w ilości 0,14 % (m/m). Emulsję wykonano stosując temperaturę fazy wodnej 40 °C, natomiast temperaturę asfaltu 150 °C. Emulsja wykonana została jako emulsja klasy K1-65 według WT EmA-99.

4.4.3 Wyniki badań emulsji asfaltowej

Badania emulsji przeprowadzono w oparciu o metody opisane w WT EmA-99. Wyniki badań właściwości emulsji asfaltowej zestawiono w tablicy 3-4.

Tablica 3-4. Wyniki badań emulsji asfaltowej K1-65 z emulgatorem Emulsamine L-60

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zawartość asfaltu	% (m/m)	65,7	EmA-99, p. 5.2
2	Lepkość wg Englera	⁰ E	wyptyw kroplami	EmA-99, p. 5.4
3	Lepkość BTA ϕ 4 mm w temp. 20 °C	s	13	EmA-99, p. 5.5
4	Sedymentacja po 5 dniach	% (m/m)	0,2	EmA-99, p. 5.8
5	Przyczepność do kruszywa: bazaltowego granitowego	%	98 60	EmA-99, p. 5.9
6	Indeks rozpadu	g/100g	91	EmA-99, p. 5.10
7	pH emulsji	-	2,5	EmA-99, p. 5.16

4.5 Emulsja asfaltowa na emulgatorze Emulsamine L-60 i asfalcie 160/220

4.5.1 Asfalt do emulsji

Do wytworzenia emulsji zastosowany został asfalt 160/220 PKN Orlen o penetracji 197 · 0,1 mm, którego zawartość w emulsji wyniosła 65,0 % (m/m).

4.5.2 Emulsja asfaltowa

Do wytworzenia emulsji asfaltowej na bazie asfaltu 160/220 jako emulgator zastosowano Teramin E 2/3 w ilości 0,60 % (m/m) oraz kwas solny w ilości 0,05 % (m/m). Emulsję wykonano stosując temperaturę fazy wodnej 40 °C, natomiast temperaturę asfaltu 160 °C. Emulsja wykonana została jako emulsja klasy K4-60 według WT EmA-99.

4.5.3 Wyniki badań emulsji asfaltowej

Badania emulsji przeprowadzono w oparciu o metody opisane w WT EmA-99. Wyniki badań właściwości emulsji asfaltowej zestawiono w tablicy 3-6.

Tablica 3-5. Wyniki badań emulsji asfaltowej K4-60 z emulgatorem Teramin E2/3

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zawartość asfaltu	% (m/m)	58,0	EmA-99, p. 5.2
2	Lepkość wg Englera	⁰ E	4	EmA-99, p. 5.4
3	Lepkość BTA ϕ 4 mm w temp. 20 °C	s	6	EmA-99, p. 5.5
4	Sedymentacja po 5 dniach	% (m/m)	0,3	EmA-99, p. 5.8
5	Przyczepność do kruszywa: bazaltowego granitowego	%	100 95	EmA-99, p. 5.9

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
6	Indeks rozpadu	g/100g	130	EmA-99, p. 5.10
7	pH emulsji	-	4,0	EmA-99, p. 5.16
8	Stabilność na cemencie	g	> 2	EmA-99, p. 5.11

4.6 Emulsja asfaltowa modyfikowana wykonana z użyciem emulgatora Emulsamine L-60 i asfaltu 100/150

4.6.1 Asfalt do emulsji

Do wytworzenia emulsji zastosowany został asfalt 100/150 PKN Orlen o penetracji $101 \cdot 0,1$ mm, którego zawartość w emulsji wyniosła 70,0 % (m/m). Dodano do składu emulsji emulgator Emulsamine L-60 w ilości 0,23 % (m/m) oraz kwas solny w ilości 0,14 % (m/m).

Jako modyfikator asfaltu zastosowany został lateks w ilości 5 % SBR w stosunku do asfaltu.

4.6.2 Emulsja asfaltowa

Do wytworzenia emulsji asfaltowej na bazie asfaltu 100/150 zastosowano emulgator Emulsamine L-60. Emulsję wykonano stosując temperaturę fazy wodnej 40°C , natomiast temperaturę asfaltu 160°C . Emulsja wykonana została jako emulsja klasy K1-50MP.

4.6.3 Wyniki badań emulsji asfaltowej modyfikowanej

Badania emulsji przeprowadzono w oparciu o metody opisane w WT EmA-99. Wyniki badań właściwości emulsji asfaltowej zestawiono w tablicy 3-5.

Tablica 3-6. Wyniki badań emulsji asfaltowej K1-50MP z emulgatorem Emulsamine L-60

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zawartość asfaltu	% (m/m)	52	EmA-99, p. 5.2
2	Lepkość wg Englera	$^{\circ}\text{E}$	-	EmA-99, p. 5.4
3	Lepkość BTA ϕ 4 mm w temp. 20°C	s	5	EmA-99, p. 5.5
4	Sedymentacja po 5 dniach	% (m/m)	1,2	EmA-99, p. 5.8
5	Przyczepność do kruszywa: bazaltowego granitowego	%	100 85	EmA-99, p. 5.9
6	Indeks rozpadu	g/100g	73	EmA-99, p. 5.10
7	pH emulsji	-	2,3	EmA-99, p. 5.16
8	Penetracja asfaltu z emulsji	0,1 mm	102	EmA-99
9	Nawrót sprężysty	%	82	EmA-99

4.7 Emulsja asfaltowa modyfikowana lateksem wykonana z użyciem asfaltu 70/100

4.7.1 Asfalt do emulsji

Do wytworzenia emulsji zastosowany został asfalt 70/100 PKN Orlen o penetracji $88 \cdot 0,1$ mm, którego zawartość w emulsji wyniosła 65,0 % (m/m). Dodano do składu emulsji emulgator Emulsamine L-60 w ilości 0,23 % (m/m) oraz kwas solny w ilości 0,14 % (m/m). Penetracja asfaltu z emulsji wyniosła $61 \times 0,1$ mm.

Jako modyfikator asfaltu zastosowany został lateks (Butonal NS 198) w ilości 3 % SBR w stosunku do asfaltu.

4.7.2 Emulsja asfaltowa

Do wytworzenia emulsji asfaltowej na bazie asfaltu 70/100 zastosowano emulgator Emulsamine L-60. Emulsję wykonano stosując temperaturę fazy wodnej 40°C , natomiast temperaturę asfaltu 160°C . Emulsja wykonana została jako emulsja klasy K1-65 MP według WT EmA-99.

4.7.3 Wyniki badań emulsji asfaltowej modyfikowanej

Badania emulsji przeprowadzono w oparciu o metody opisane w WT EmA-99. Wyniki badań właściwości emulsji asfaltowej zestawiono w tabelicy 3-7.

Tablica 3-7. Wyniki badań emulsji asfaltowej K1-65MP z emulgatorem Emulsamine L-60

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wyniki badań	Metody badań według
1	2	3	4	5
1	Zawartość asfaltu	% (m/m)	64,3	EmA-99, p. 5.2
2	Lepkość wg Englera	$^{\circ}\text{E}$	-	EmA-99, p. 5.4
3	Lepkość BTA ϕ 4 mm w temp. 20°C	s	5	EmA-99, p. 5.5
4	Sedymentacja po 5 dniach	% (m/m)	1,5	EmA-99, p. 5.8
5	Przyczepność do kruszywa: bazaltowego granitowego	%	100 95	EmA-99, p. 5.9
6	Indeks rozpadu	g/100g	75	EmA-99, p. 5.10
7	pH emulsji	-	2,3	EmA-99, p. 5.16
8	Penetracja asfaltu z emulsji	0,1 mm	61	EmA-99
9	Nawrót sprężysty	%	65	EmA-99

4.8 Podsumowanie

Penetracja asfaltu złączającego 2 warstwy asfaltowe nawierzchni jest jednym z najważniejszych parametrów decydujących o sile złącza. Dlatego wykonano emulsje z tak dużą ilością rodzajów asfaltu. Użyto kilka rodzajów emulgatorów, które mają istotne znaczenie dla jakości emulsji, lecz wpływu na wytrzymałość złącza raczej nie mają.

We wcześniejszych badaniach² stosowano emulsję wykonaną na asfalcie, wówczas D 200. W badaniach tych stwierdzono, że skropienie warstw emulsją asfaltową K1 - 65 na asfalcie D 200, osłabiło w niewielkim stopniu siłę ścinającą, w porównaniu z próbką, w której nie zastosowano skropienia emulsją do złączenia warstw.

Dlatego w niniejszych badaniach położono szczególny nacisk na szerokie potraktowanie problemu rodzaju asfaltu używanego do skrapiania warstw nawierzchni.

Wszystkie wykonane emulsje są odpowiedniej jakości, spełniają wymagania stawiane emulsjom w WT EmA-99. Potwierdziły to wykonane badania. Informacje te zostaną wykorzystane w II części pracy.

5 Wykonanie badania siły ścinającej warstw asfaltowych sklejonych emulsjami dozowanymi w różnej ilości

5.1 Wstęp

Stosunkowo niedawno stwierdzono, że złączenie warstw odgrywa główną rolę w długoterminowym strukturalnym zachowaniu nawierzchni. Prawidłowo złączone warstwy asfaltowe nawierzchni zapewniają nierozzerwalność warstw, a tym samym wzmacniają nawierzchnię, tworząc jednolitą konstrukcję. Aby określić jakość sklejenia i co za tym idzie wzmocnienie nawierzchni należy przeprowadzić badania. Celem tych badań powinno być określenie czy połączenie międzywarstwowe przyniosło pożądane skutki. Jeśli sklejenie warstw miałooby nie wzmocnić konstrukcji drogi, to wykonanie tego zabiegu jest bezcelowe. W przypadku kiedy sklejenie okaże się zabiegiem wzmacniającym nawierzchnię, dalszym etapem pracy będzie określenie jakiej emulsji, z jakich materiałów i do jakich warstw asfaltowych nawierzchni należy ją stosować.

Francuscy badacze³ stwierdzili używając program ALIZE LCPC SETRA, że dobrze złączone warstwy zapewniają 20 lat trwałości nawierzchni obciążonej ruchem 1,3 – 2,6 mln osi 13 t, podczas gdy nie zastosowanie żadnego lepiszcza do sklejenia warstw skraca ten okres do 7 – 8 lat.

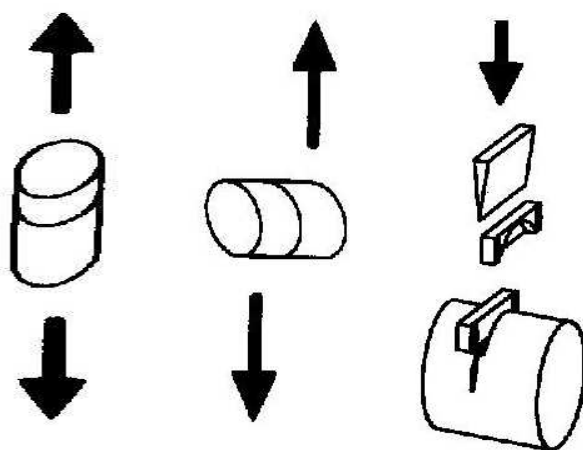
Celem badań było określenie rodzaju emulsji, rodzaju asfaltu, ilości pozostałego asfaltu niezbędnego do efektywnego złączenia warstw.

W pierwszym etapie badania przeprowadzono na dwóch rodzajach mieszanek mineralno-asfaltowych AC 11 na asfalcie 50/70 i AC 12,8 na asfalcie 35/50.

Badania te dotyczą złączania dwóch warstw asfaltowych np., wiążącej i ścieralnej. Najistotniejszym elementem badań było ustalenie, jakiej twardości asfalt powinien zostać użyty do otrzymania mocnego złącza.

Natomiast indeks rozpadu emulsji jest nieistotny w tym przypadku, gdyż emulsja natryśnięta ze skraparki na warstwę asfaltową, nie ma kontaktu z czystą powierzchnią kruszywa, a więc jej rozpad następuje wskutek odparowania. Wydaje się, że zastosowanie emulsji wolnorozpadowych lub nadstabilnych nie wydłuży czasu schnięcia warstwy, ponieważ jest to bardzo cienka warstwa.

W celu ustalenia siły wiązania dwóch warstw asfaltowych stosowane są 4 metody: metoda rozrywania, metoda ścinania, metoda rozszczepiania i metoda skręcania. Wyniki uzyskiwane poszczególnymi metodami dają podobne zależności. Schemat trzech metod przedstawiono na rysunku 1.



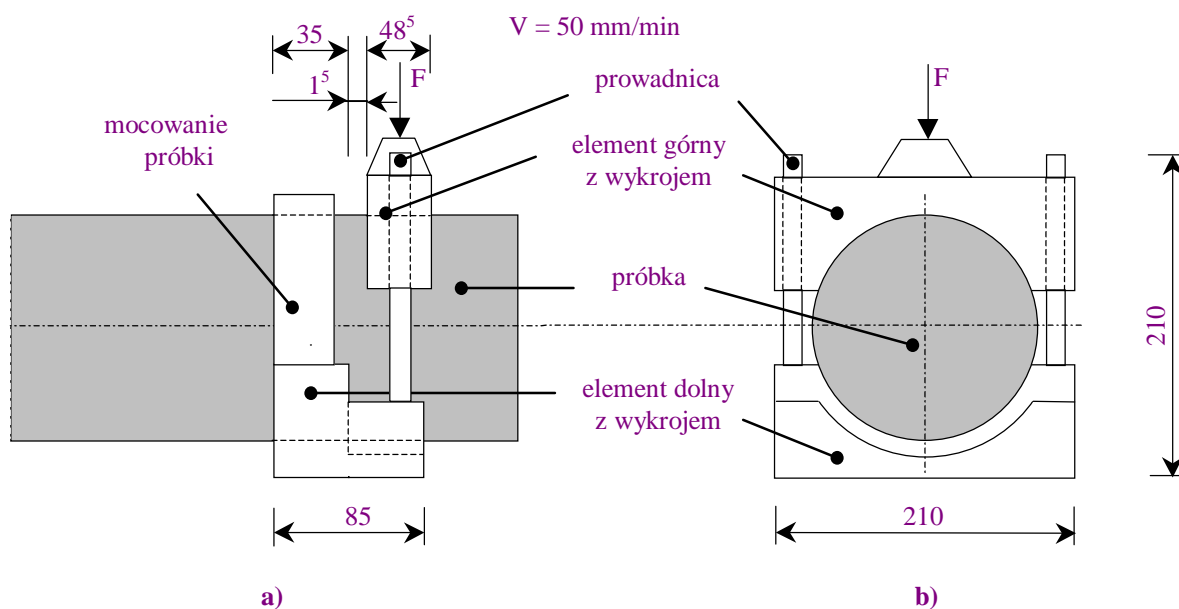
Rysunek 1. Metody określenia naprężenia ścinającego wiązanie warstw nawierzchni

W niniejszej pracy wykorzystano metodę ścinania z użyciem prasy Marshalla.

5.2 Metoda ścinania z użyciem prasy Marshalla

5.2.1 Opis metody

Metoda ścinania polega na oznaczeniu siły ścinającej w miejscu połączenia (sklejenia) dwóch próbek o średnicy 100 mm przy użyciu prasy Marshalla, w której zamontowane są specjalne szczęki umożliwiające wykonanie badania. Schemat aparatu przedstawiony został na rysunku 2.



Rysunek 2. Schemat aparatu do ścinania połączeń międzywarstwowych (wymiary w mm, do próbek o średnicy 100 mm)

- a) widok z boku,
b) widok z przodu.

Badanie przeprowadzane jest w temperaturze $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, przy średnicy próbek wg Marshalla 100 mm oraz przy stałej prędkości ścinania równej 50 mm/min.

5.2.2 Przygotowanie próbek do ścinania

W celu wykonania oznaczenia siły ścinającej należy najpierw przygotować próbki wg Marshalla, ale w taki sposób, aby możliwie jak najdokładniej odtworzyć warunki, występujące przy budowie dróg.

W tym celu należy przygotować odpowiednio podłoże (dolna warstwa np. warstwa wiążąca, do której będzie przyklejona wierzchnia warstwa), następnie połączenie warstw (emulsja asfaltowa do sklejanego warstw asfaltowych) oraz warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, będąca warstwą wierzchnią nawierzchni (ścieralna warstwa nawierzchni).

W przypadku sklejanego warstw asfaltowych stwierdzono, że warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, do której będzie przyklejona warstwa wierzchnia, a więc warstwa przytrzymywana jako nieruchoma w szczękach prasy, musi mieć grubość minimum 4 cm. Do przygotowania tejże warstwy zastosowano mieszankę mineralno-asfaltową w ilości 772,0 g, co po zagęszczeniu w formie daje warstwę nawierzchni równą 4 cm. Mieszankę ogrzaną do temperatury $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ umieszczono w formie i zagęszczono 50 uderzeniami ubijaka Marshalla na jedną stronę (od wierzchu). Po ostygnięciu warstwy (podobnie jak przy budowie drogi) naniesiona została warstwa sklejąca, której zadaniem było połączenie warstw wiążącej i ścieralnej.

W pierwszej kolejności określono minimalną ilość emulsji asfaltowej do połączenia warstw, celem określenia, ile emulsji w ogóle daje się rozłożyć. W następnych próbach zastosowano różne ilości emulsji asfaltowej od 100 g/m^2 do 400 g/m^2 .

Po naniesieniu $1,8\text{ g}$ emulsji na $78,5\text{ cm}^2$ powierzchni próbki uzyskuje się $0,011\text{ g}$ asfaltu na 1 cm^2 , czyli 110 g asfaltu na 1 m^2 . Po nałożeniu emulsji i jej rozpadzie po minimum 12 h w temperaturze normalnej laboratorium, przygotowano wierzchnią warstwę asfaltową.

W tym celu 580 g mieszanki mineralno-asfaltowej (co odpowiada warstwie asfaltowej o grubości $2,5\text{ cm}$) ogrzano do temperatury od $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $135\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zastosowano 50 uderzeń ubijaka Marshalla. Następnie odwrócono formę i dogęszczono próbkę kolejnymi 50 uderzeniami ubijaka. Tak więc na $1350,0\text{ g}$ masy zastosowano 150 uderzeń ubijaka. Po ostygnięciu próbkę wyjęto z formy.

Badanie siły ścinania można wykonać po ostygnięciu próbki do temperatury laboratorium (2 – 3 h).

5.3 Badanie ścinania warstw asfaltowych sklejonych emulsjami asfaltowymi

5.3.1 Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu 50/70

Do przeprowadzenia badań sporządzona została mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu 50/70 z PKN Orlen o penetracji $74 \cdot 0,1$ mm. Zawartość asfaltu w mieszance wyniosła 4 %.

Do sporządzenia mieszanki mineralno-asfaltowej zastosowana została następująca mieszanka mineralna:

- kruszywo bazaltowe o uziarnieniu 6,3/12,8 mm – 45 %,
- kruszywo bazaltowe o uziarnieniu 4/6,3 mm – 10 %,
- kruszywo bazaltowe o uziarnieniu 2/4 mm – 10 %,
- piasek o uziarnieniu 0/2 mm – 5 %,
- piasek kopalny o uziarnieniu 0/2 mm – 25 %,
- mączka wapienna – 5 %.

5.3.1.1 Beton asfaltowy AC 11 (50/70) skleiony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 35/50

Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.1 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu D 35/50.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją zastosowaną w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m², 300 g asfaltu na 1 m² oraz 400 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

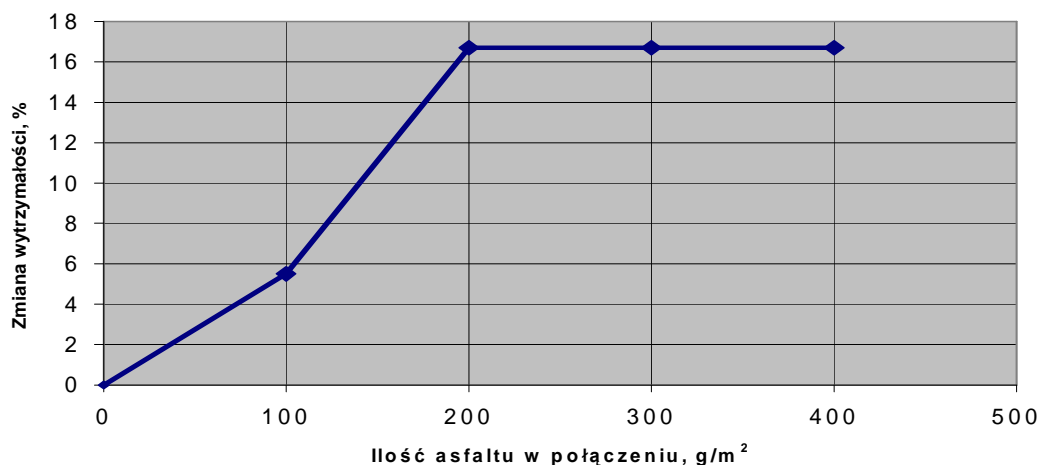
Po naniesieniu emulsji asfaltowej w odpowiedniej ilości, próbkę w formie pozostawiano do następnego dnia. Wtedy nakładano drugą warstwę i zagęszczano próbkę ubijakiem.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania sklejonych warstw mieszanki mineralno-asfaltowej oraz obliczone wartości naprężenia ścinającego zestawiono w tablicy 5-1 i na rysunku 3.

Tablica 5-1. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową K1-60 na asfalcie 35/50

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,41	13,9	1,8	1,36	1,2	-
2.	0,0	14,37			1,20		
3.	0,0	13,02			1,19		
4.	100,0	15,52	15,6	1,9	1,67	1,6	5,5
5.	100,0	15,65			1,55		
6.	200,0	16,83	16,7	2,1	1,42	1,6	16,7
7.	200,0	16,52			1,34		

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
8.	300,0	17,24	16,7	2,1	1,69	1,6	16,7
9.	300,0	16,21			1,62		
10.	400,0	16,28	16,2	2,1	1,63	1,5	16,7
11.	400,0	16,09			1,47		



Rysunek 3. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.1.2 Beton asfaltowy AC 11 (50/70) skleiony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 50/70

Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.1 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 50/70 z emulgatorem Emulsamine L-60.

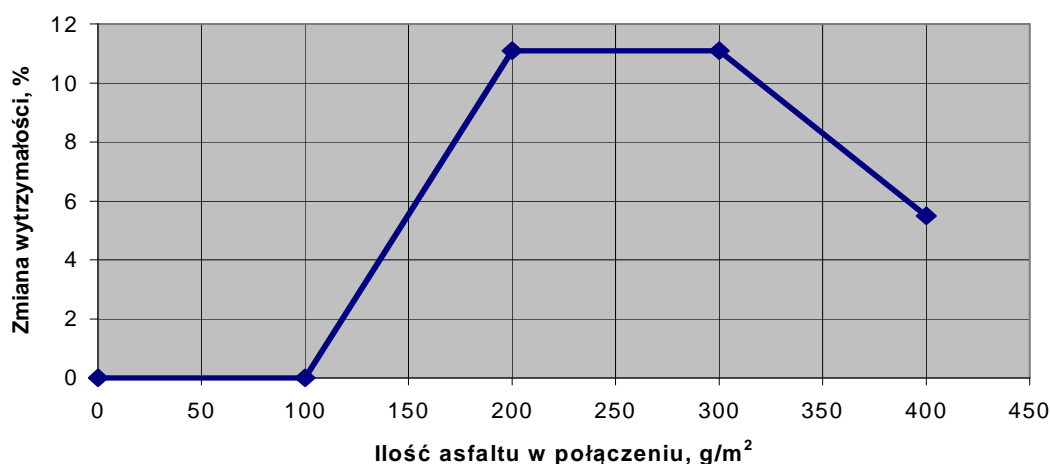
Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m², 300 g asfaltu na 1 m² oraz 400 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tabelicy 5-2. i na rysunku 4.

Tablica 5-2. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-60 na asfalcie 50/70

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,41	13,9	1,8	1,16	1,2	-
2.	0,0	14,37			1,20		

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm^2	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
3.	0,0	13,02			1,19		
4.	100,0	14,28	14,2	1,8	1,40	1,3	0,0
5.	100,0	14,19			1,23		
6.	200,0	15,33	15,8	2,0	1,47	1,5	11,1
7.	200,0	16,28			1,48		
8.	300,0	15,10	15,8	2,0	1,71	1,7	11,1
9.	300,0	16,44			1,62		
10.	400,0	14,9	15,2	1,9	1,75	1,8	5,5
11.	400,0	15,6			1,79		



Rysunek 4. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.1.3 Beton asfaltowy AC 11 (50/70) skleiony emulsją K3-60 wytworzoną z asfaltu 70/100

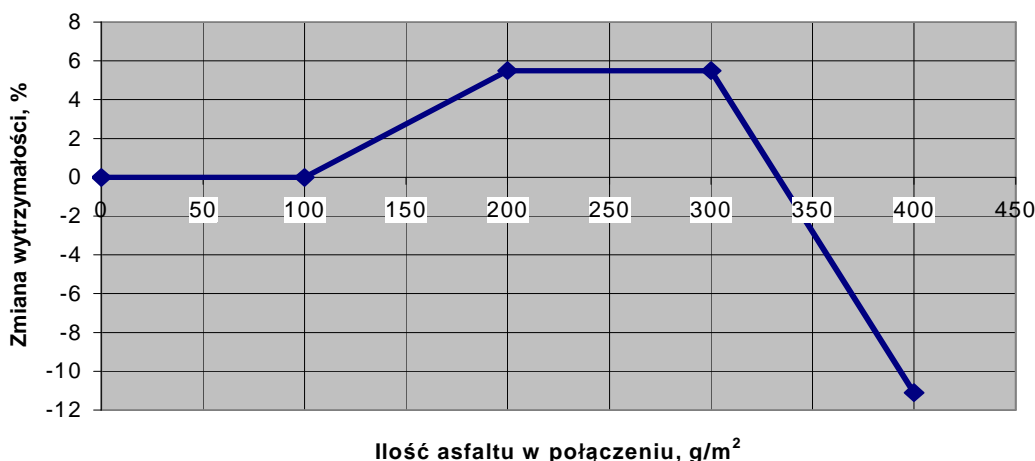
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.1 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 70/100.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m², 300 g asfaltu na 1 m² oraz 400 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tabelicy 5-3 oraz na rysunku 5.

Tablica 5-3. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejoných emulsją asfaltową K1-60 na asfalcie 70/100

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,41	13,9	1,8	1,36	1,2	-
2.	0,0	14,37			1,20		
3.	0,0	13,02			1,19		
4.	100,0	13,81	13,7	1,8	1,43	1,4	0,0
5.	100,0	13,66			1,40		
6.	200,0	15,67	14,8	1,9	1,52	1,3	5,5
7.	200,0	13,96			1,13		
8.	300,0	15,13	14,6	1,9	1,39	1,4	5,5
9.	300,0	14,12			1,44		
10.	400,0	12,9	12,8	1,6	1,41	1,4	- 11,1
11.	400,0	12,7			1,46		



Rysunek 5. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.1.4 Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejoný emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 100/150

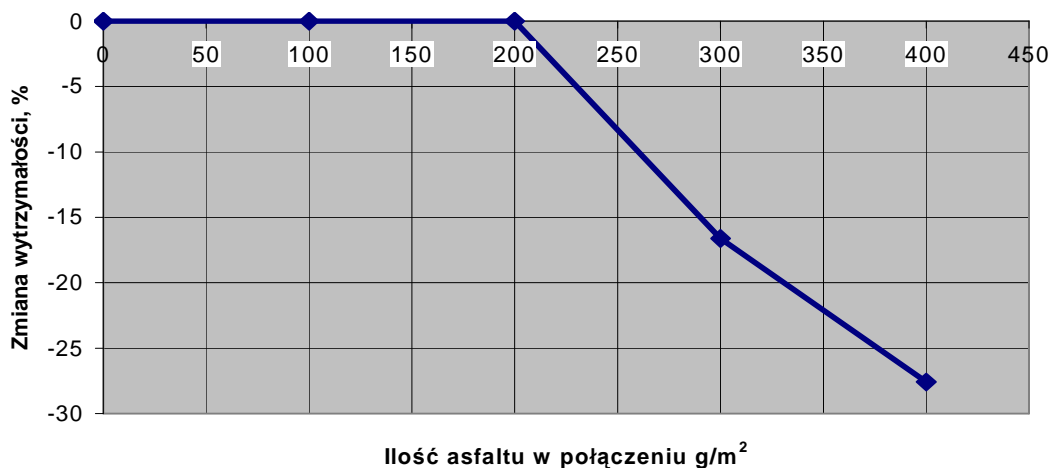
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.1 została sklejoną emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 100/150.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejané były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m², 300 g asfaltu na 1 m² oraz 400 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonéj emulsją zestawiono w tablicy 5-4 i na rysunku 6.

Tablica 5-4. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejoných emulsją asfaltową K1-60 na asfalcie 100/150

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,41	13,9	1,8	1,16	1,2	-
2.	0,0	14,37			1,20		
3.	0,0	13,02			1,19		
4.	100,0	14,17	14,0	1,8	1,22	1,2	0
5.	100,0	13,80			1,18		
6.	200,0	14,91	14,1	1,8	1,31	1,3	0
7.	200,0	13,32			1,30		
8.	300,0	11,48	11,8	1,5	1,20	1,2	- 16,6
9.	300,0	12,07			1,14		
10.	400,0	10,5	10,6	1,3	1,15	1,1	- 27,8
11.	400,0	10,7			1,16		



Rysunek 6. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.1.5 Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejoný emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 160/220

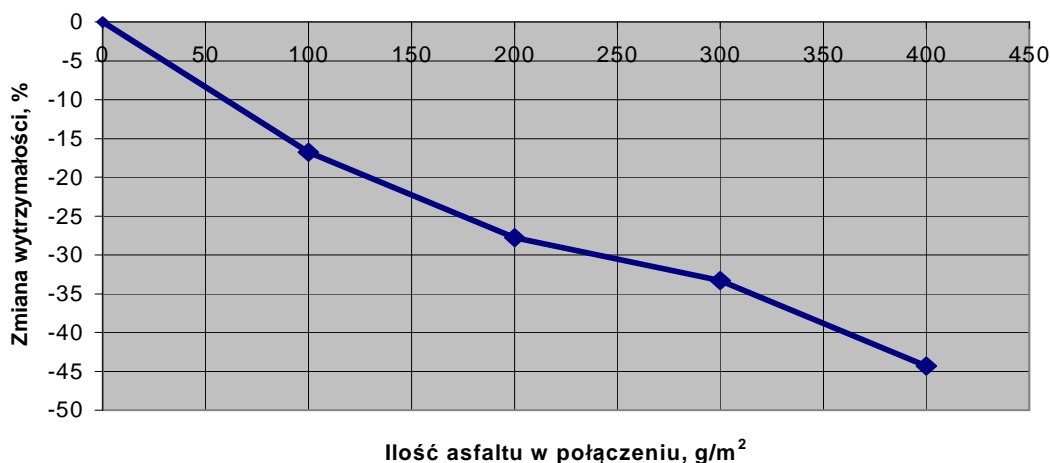
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.1 została sklejoną emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 160/220.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejané były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m², 300 g asfaltu na 1 m² oraz 400 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonéj emulsją zestawiono w tablicy 5-5 i na rysunku 7.

Tablica 5-5. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejoných emulsją asfaltową K1-65 na asfalcie 160/220

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,41	13,9	1,8	1,36	1,2	-
2.	0,0	14,37			1,20		
3.	0,0	13,02			1,19		
4.	100,0	11,37	11,4	1,5	1,19	1,2	-16,6
5.	100,0	11,47			1,21		
6.	200,0	11,17	10,5	1,3	1,27	1,2	-27,8
7.	200,0	9,49			1,10		
8.	300,0	9,22	9,5	1,2	1,18	1,2	-33,3
9.	300,0	9,83			1,16		
10.	400,0	7,51	8,0	1,0	1,01	1,0	-44,4
11.	400,0	8,49			1,03		



Rysunek 7. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.1.6 Beton asfaltowy AC 11 (50/70) sklejoný emulsją modyfikowaną K1-50 MP

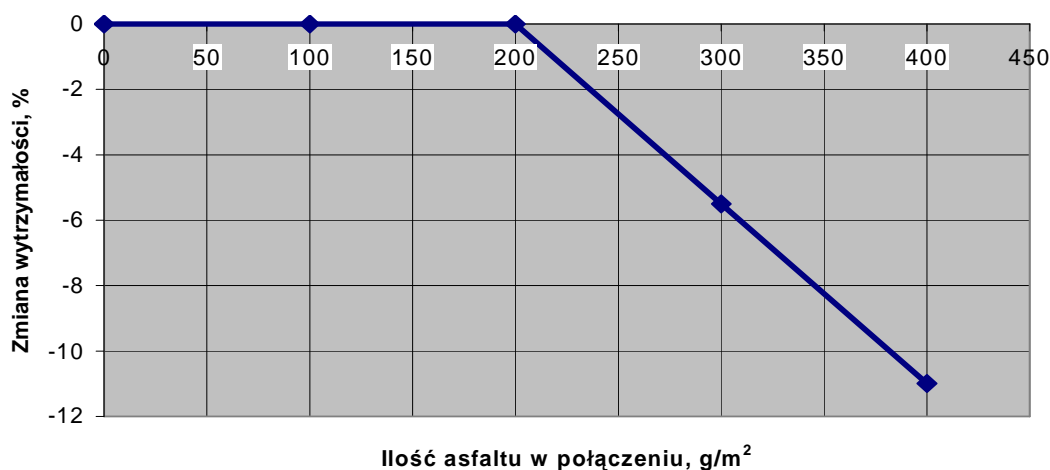
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.1 została sklejoną emulsją asfaltową modyfikowaną lateksem, wykonaną na bazie asfaltu 100/150 z emulgatorem Emulsamine L-60.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej sklejané były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m², 300 g asfaltu na 1 m² oraz 400 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonéj emulsją zestawiono w tablicy 5-6 i na rysunku 8.

Tablica 5-6. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej sklejonych emulsją asfaltową K1-50 MP

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Napężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,41	13,9	1,8	1,16	1,2	-
2.	0,0	14,37			1,20		
3.	0,0	13,02			1,19		
4.	100,0	13,97	14,1	1,8	1,67	1,4	0
5.	100,0	14,10			1,13		
6.	200,0	14,50	14,0	1,8	1,35	1,4	0
7.	200,0	13,55			1,39		
8.	300,0	13,81	13,2	1,7	1,28	1,2	- 5,5
9.	300,0	12,52			1,22		
10.	400,0	10,62	10,2	1,3	0,98	1,1	- 11,0
11.	400,0	9,83			1,21		



Rysunek 8. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2 Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu 35/50

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

Do sporządzenia mieszanki mineralno-asfaltowej zastosowana została następująca mieszanka mineralna:

- kruszywo bazaltowe o uziarnieniu 8/12,8 mm – 30 %,
- kruszywo bazaltowe o uziarnieniu 5/8 mm – 16 %,
- kruszywo bazaltowe o uziarnieniu 2/5 mm – 14 %,
- miął granitowy o uziarnieniu 0/2 mm – 32 %,
- mączka wapienna – 8 %.

5.3.2.1 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) skleiony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 35/50

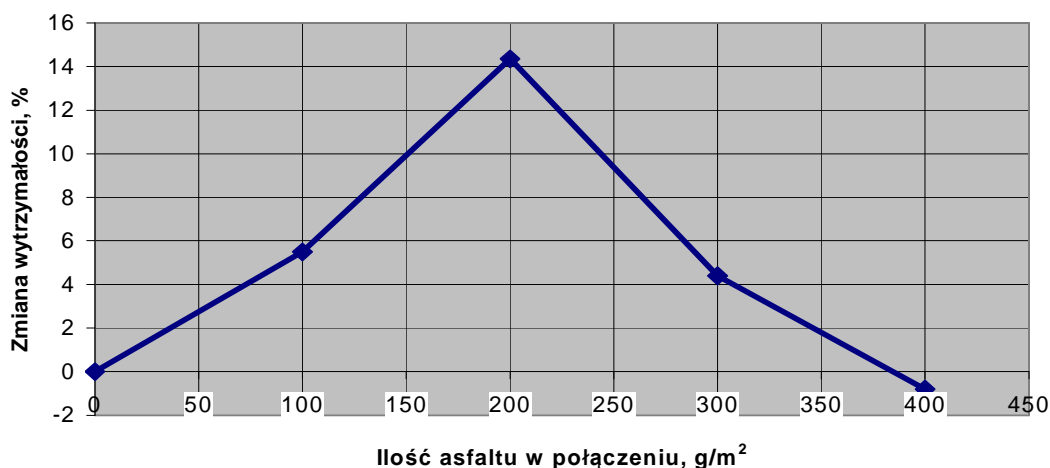
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.2 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 35/50.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m² oraz 300 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tablicy 5-7 i na rysunku 9.

Tablica 5-7. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-60 na asfalcie 35/50

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. Mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,13	13,7	1,7	1,18	1,2	-
2.	0,0	13,22			1,19		
3.	100,0	13,45	14,1	1,8	0,99	0,9	5,9
4.	100,0	11,99			0,89		
5.	200,0	15,95	15,6	2,0	1,53	1,5	14,4
6.	200,0	15,31			1,42		
7.	300,0	14,01	14,3	1,8	1,14	1,2	4,4
8.	300,0	14,69			1,18		
9.	400,0	13,36	12,7	1,6	1,12	1,1	-0,8
10.	400,0	12,07			1,06		



Rysunek 9. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2.2 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) skleiony emulsją K1-60 wytworzoną z asfaltu 50/70

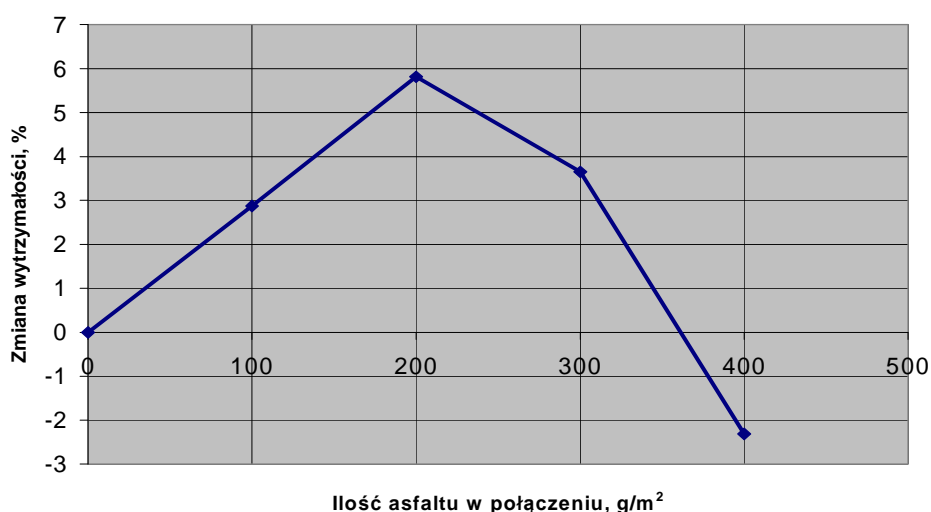
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.2 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 50/70 z emulgatorem Emulsamina L-60.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m² oraz 300 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tablicy 5-8 i na rysunku 10.

Tablica 5-8. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-60 na asfalcie 50/70

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. Mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,13	13,7	1,7	1,18	1,2	-
2.	0,0	13,22			1,19		
3.	100,0	13,94	13,7	1,75	1,08	1,1	2,9
4.	100,0	13,53			1,06		
5.	200,0	13,96	14,5	1,8	1,17	1,2	5,8
6.	200,0	15,07			1,19		
7.	300,0	14,44	14,2	1,8	1,23	1,2	3,6
8.	300,0	14,04			1,13		
9.	400,0	13,23	10,6	1,6	1,02	0,9	- 2,3
10.	400,0	12,48			0,87		



Rysunek 10. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2.3 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) skleiony emulsją K3-60 wytworzoną z asfaltu 70/100

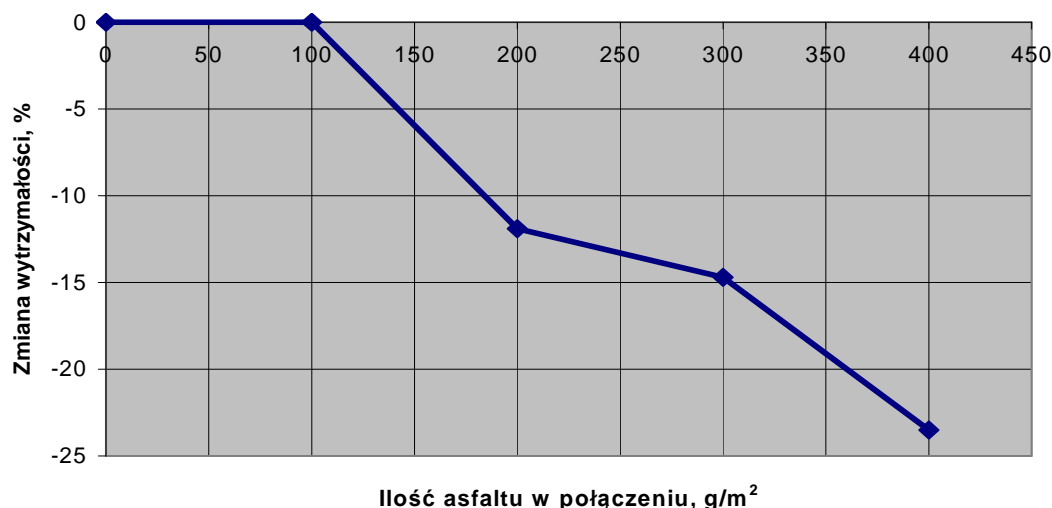
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.2 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 70/100.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m² oraz 300 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tablicy 5-9 i na rysunku 11.

Tablica 5-9. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-60 na asfalcie 70/100

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. Mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,13	13,7	1,7	1,18	1,18	-
2.	0,0	13,22			1,19		
3.	100,0	13,92	13,7	1,7	1,17	1,13	0
4.	100,0	13,51			1,10		
5.	200,0	12,02	12,1	1,5	1,03	1,00	-11,8
6.	200,0	12,18			1,02		
7.	300,0	12,86	13,1	1,7	0,91	0,94	- 14,7
8.	300,0	13,30			0,98		
9.	400,0	10,50	10,1	1,3	0,90	0,89	- 23,5
10.	400,0	9,7			0,88		



Rysunek 11. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2.4 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) skleiony emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 100/150

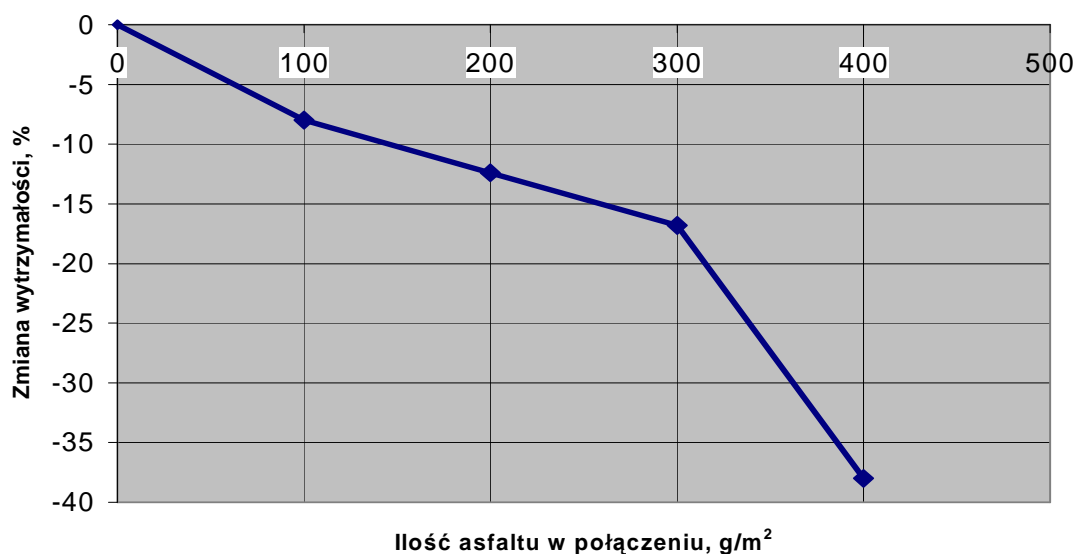
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.2 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 100/150.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m² oraz 300 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tablicy 5-10 i na rysunku 12.

Tablica 5-10. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-65 na asfalcie 100/150

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. Mm	Spadek wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,13	13,7	1,7	1,18	1,2	-
2.	0,0	13,22			1,19		
3.	100,0	13,20	12,7	1,6	0,85	0,8	- 8,0
4.	100,0	12,27			0,70		
5.	200,0	11,61	12,0	1,5	0,96	0,9	- 12,4
6.	200,0	12,43			0,86		
7.	300,0	11,00	10,6	1,4	0,92	0,9	- 16,8
8.	300,0	10,20			0,88		
9.	400,0	9,01	8,5	1,1	1,2	1,3	- 38,0
10.	400,0	8,10			1,4		



Rysunek 12. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2.5 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) skleiony emulsją K1-65 wytworzoną z asfaltu 160/220

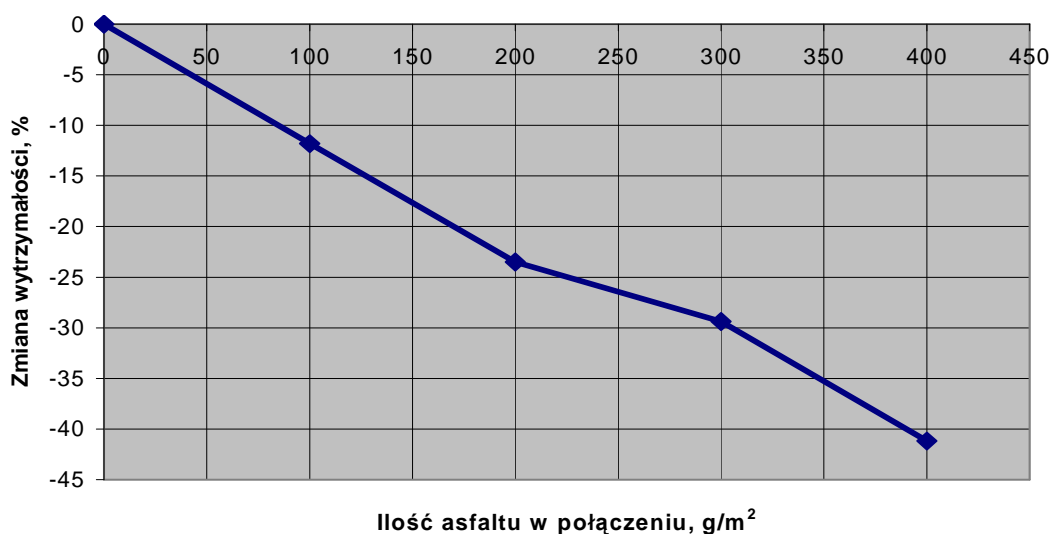
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.2 została skleiona emulsją asfaltową, wykonaną na bazie asfaltu 160/220.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m² oraz 300 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tablicy 5-11 i na rysunku 13.

Tablica 5-11. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-65 na asfalcie 160/220

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. Mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,13	13,7	1,7	1,18	1,18	-
2.	0,0	13,22			1,19		
3.	100,0	11,66	12,0	1,5	1,11	1,09	- 11,8
4.	100,0	12,35			1,06		
5.	200,0	10,23	10,3	1,3	1,10	1,05	-23,5
6.	200,0	11,53			0,99		
7.	300,0	9,96	10,1	1,2	0,98	0,97	- 29,4
8.	300,0	10,51			0,96		
9.	400,0	8,41	7,9	1,0	0,89	0,92	- 41,2
10.	400,0	7,45			0,95		



Rysunek 13. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2.6 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) skleiony emulsją modyfikowaną K1-50 MP z asfaltu 100/150

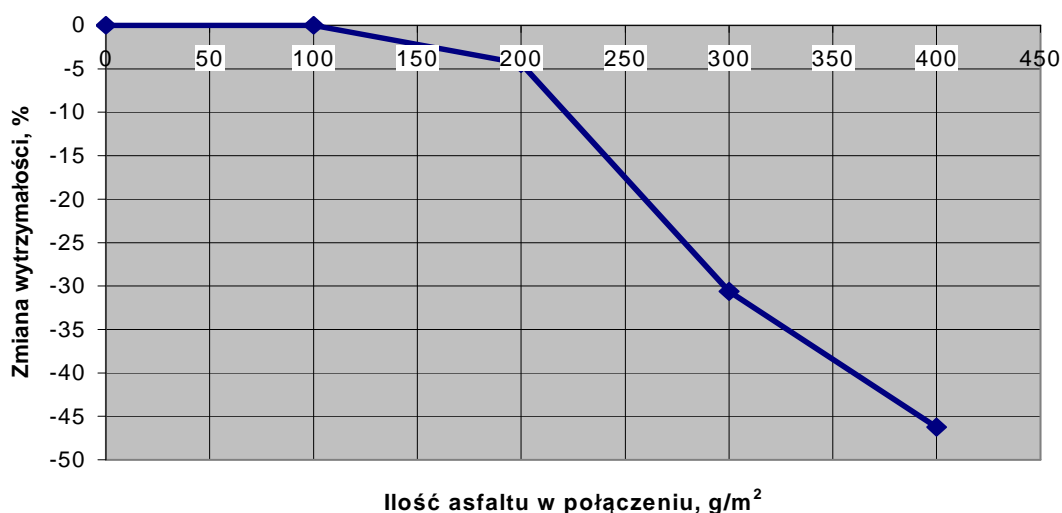
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.2 została skleiona emulsją asfaltową modyfikowaną lateksem, wykonaną na bazie asfaltu 100/150.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m² oraz 300 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tablicy 5-12 i na rysunku 14.

Tablica 5-12. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-50 MP

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. Mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	0,0	14,13	13,7	1,7	1,18	1,18	-
2.	0,0	13,22			1,19		
3.	100,0	13,51	13,2	1,7	1,04	1,08	0
4.	100,0	12,90			1,12		
5.	200,0	12,61	13,1	1,7	1,08	1,12	- 4,4
6.	200,0	13,64			1,17		
7.	300,0	9,52	9,5	1,2	0,86	0,91	- 30,6
8.	300,0	9,40			0,97		
9.	400,0	6,82	7,1	0,9	0,88	0,90	- 48,2
10.	400,0	7,41			0,93		



Rysunek 14. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2.7 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50) skleiony emulsją modyfikowaną K1-65 MP z asfaltu 70/100

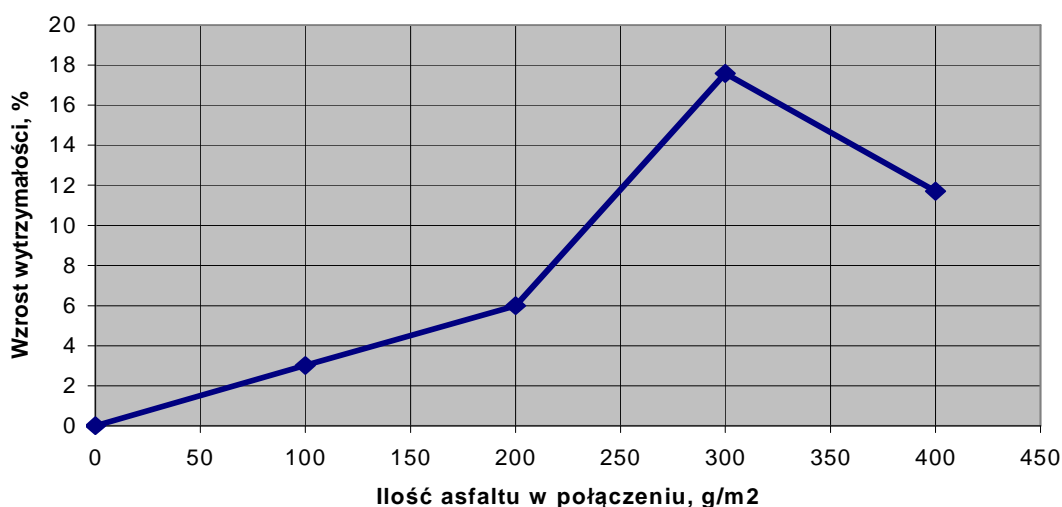
Mieszanka mineralno-asfaltowa o składzie podanym w punkcie 5.3.2 została skleiona emulsją asfaltową modyfikowaną lateksem, wykonaną na bazie asfaltu 70/100.

Warstwy mieszanki mineralno-asfaltowej skleiane były emulsją w ilościach, które w przeliczeniu na asfalt z emulsji wynosiły: 100 g asfaltu na 1 m² powierzchni, 200 g asfaltu na 1 m² oraz 300 g asfaltu na 1 m² powierzchni. Warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, na którą naniesiono emulsję miała grubość 4 cm, natomiast warstwa mieszanki mineralno-asfaltowej, która była przyklejana miała grubość 2,5 cm.

Wyniki badań otrzymane ze ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionej emulsją zestawiono w tabelicy 5-13 i na rysunku 14.

Tablica 5-13. Wyniki badania ścinania warstw mieszanki mineralno-asfaltowej skleionych emulsją asfaltową K1-65 MP

Lp.	Ilość asfaltu g	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. Mm	Wzrost wytrzymałości %
1	2	3	4	5	6	7	8
11.	0,0	14,13	13,7	1,7	1,18	1,18	-
12.	0,0	13,22			1,19		
13.	100,0	13,95	13,7	1,75	1,04	1,08	2,9
14.	100,0	13,43			1,12		
15.	200,0	13,70	13,9	1,8	1,08	1,12	5,9
16.	200,0	14,00			1,17		
17.	300,0	15,92	15,3	1,95	0,86	0,91	17,6
18.	300,0	14,76			0,97		
19.	400,0	14,61	14,9	1,9	0,88	0,90	11,8
20.	400,0	15,22			0,93		



Rysunek 14. Zależność zmiany wytrzymałości od ilości asfaltu w połączeniu międzywarstwowym

5.3.2.8 Beton asfaltowy AC 12,8 (35/50)

Z mieszanki mineralno-asfaltowej o składzie podanym w punkcie 5.3.2 zostały uformowane próbki o identycznej masie jak próbki sklejące (1350 g) stosując po 75 uderzeń ubijaka na stronę. Próbki te jednolite w masie, bez złącza klejonego, poddano badaniu odporności na ścinanie

Wyniki badań otrzymane ze ścinania zestawiono w tablicy 5-14.

Tablica 5-14. Wyniki badania ścinania próbki betonu asfaltowego AC 11 (50/70) i AC 12,8 (35/50)

Lp.	Próbka	Siła ścinająca kN	Siła średnia kN	Naprężenie ścinające N/mm ²	Przemieszczenie mm	Średnie przem. mm
1	2	3	4	5	6	7
1	AC 11 (50/70)	22,55	25,2	3,2	1,91	2,03
		27,77			2,15	
		25,30			2,04	
2	AC 12,8 (35/50)	27,16	26,4	3,4	1,89	2,02
		25,70			2,15	
		26,34			2,01	

6 Analiza wyników i wnioski oraz wybranie jednej emulsji asfaltowej do próby przemysłowej

6.1 Analiza wyników

Przeprowadzone badania przyniosły szereg nowych, nieoczekiwanych wyników. Wykonano próby na dwóch rodzajach betonu asfaltowego: sporządzonego w laboratorium AC 11(50/70) i wyprodukowanego na wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych AC 12,8(35/50).

W pierwszym przypadku naprężenie ścinające złącze międzywarstwowe ma wartość nieco większą, niż w drugim. Jednak obie wartości są na dość wysokim poziomie tj. odpowiednio 1,8 i 1,7 N/mm². Dla porównania wykonano badanie ścinania obu mieszanek wykonanych w jednej warstwie i uzyskano odpowiednio wyniki: 3,2 i 3,4 N/mm².

Wartości naprężenia ścinającego próbek ubijanych uzyskiwano na podobnym poziomie jak próbek wyciętych z płyt po zagęszczeniu ugniatarką².

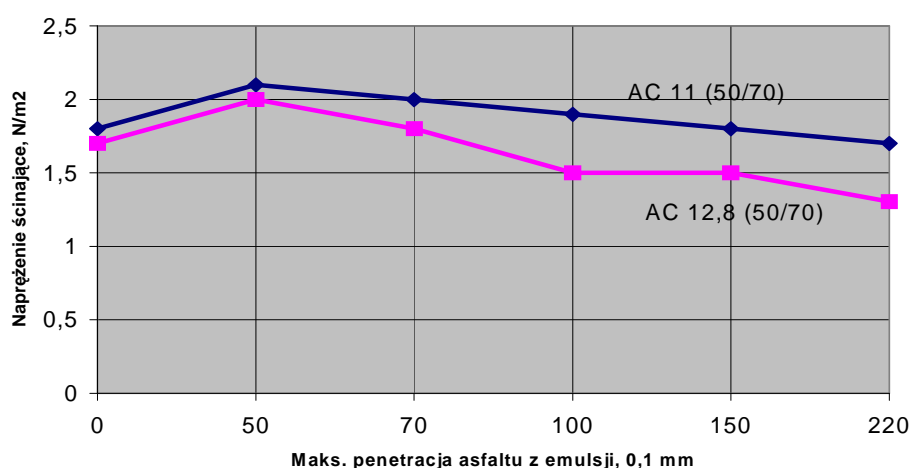
Świadczy to o prawidłowym przygotowaniu próbek walcowych zagęszczonych ubijakiem Marshalla, na których wykonywano badania.

Według wymagań austriackich minimalna dopuszczalna wartość naprężenia ścinającego złącze międzywarstwowe wynosi od 1,0 do 1,5 N/mm².

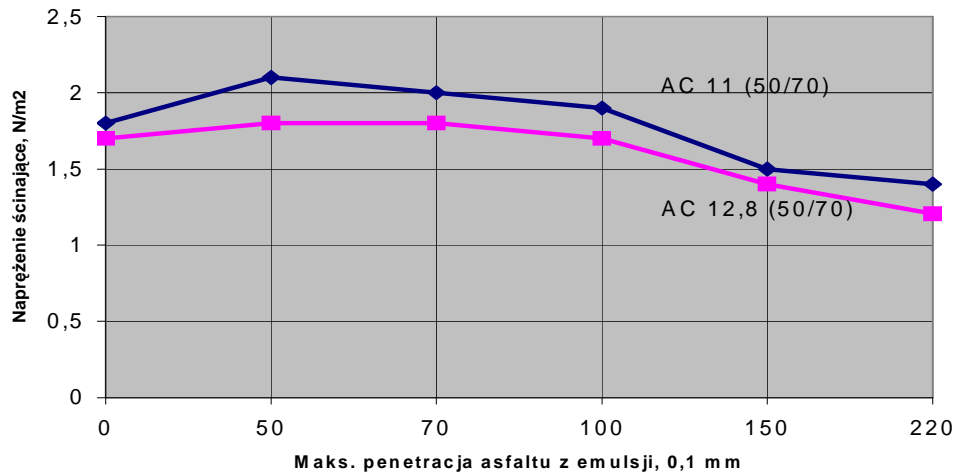
Przyjęto założenie, że warstwa klejąca nie może osłabić złącza w porównaniu ze sklejeniem bez jej użycia. To na etapie projektowania.

Analizując wyniki badań naprężenia ścinającego złącze międzywarstwowe w przypadku betonu asfaltowego AC 11(50/70) sklejanego emulsjami wykonanymi z asfaltów o 6 rodzajach penetracji, stwierdzono że im twardszy asfalt zastosowano, uzyskano tym wyższą wartość naprężenia ścinającego złącze międzywarstwowe.

Zależność tę zilustrowano na rys. 15 dla dozowania 200 g/m² oraz na rys 16 dla dozowania 300 g/m².



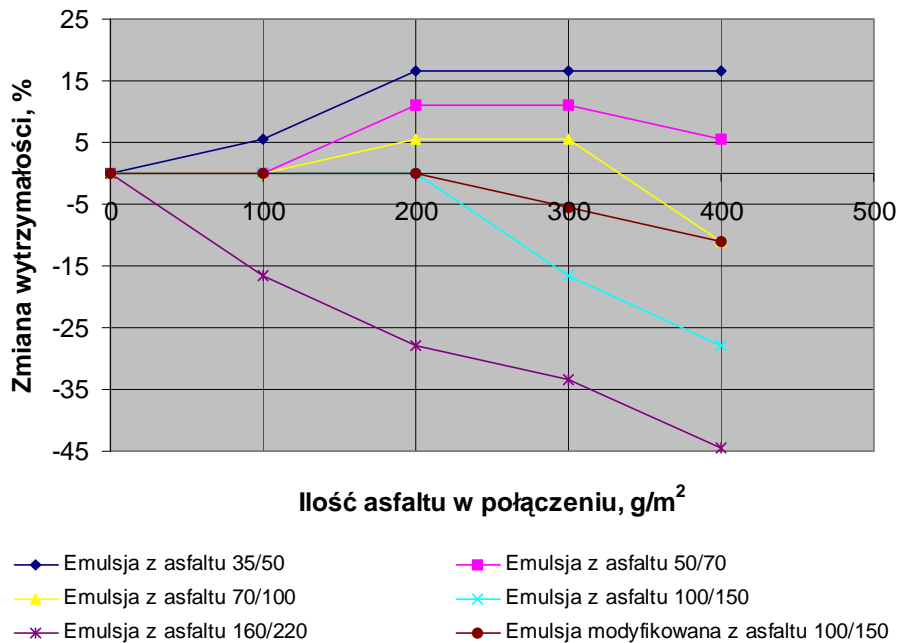
Rys. 15 Wpływ penetracji asfaltu warstwy złączającej zadozowanego w ilości 200 g/m² na naprężenie ścinające



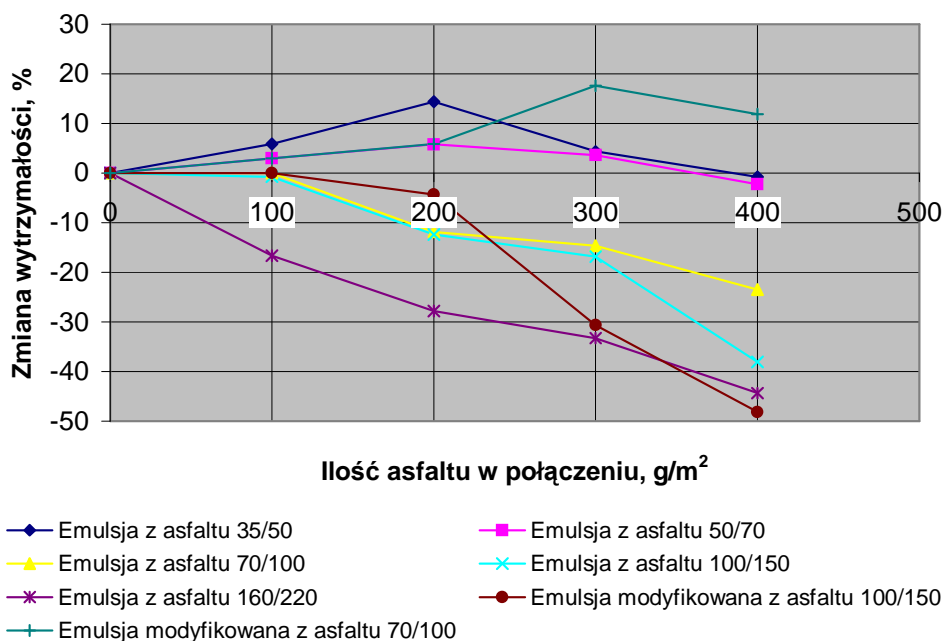
Rys. 16 Wpływ penetracji asfaltu warstwy złączającej zadozowanego w ilości 300 g/m² na naprężenie ścinające

Z wykresu widać, że stosowanie emulsji wykonanej z asfaltu 100/150 i 160/220 powoduje osłabienie złącza dwóch warstw. Ta konstatacja jest dość zaskakująca, ponieważ większość firm krajowych (może wszystkie) stosuje ten typ emulsji asfaltowej do złączania warstw asfaltowych. Jednak pomimo osłabienia złącza klejonego w porównaniu ze złączem nie klejonym, wartość naprężenia ścinającego jest powyżej 1 N/mm². Dlaczego jednak wytrzymałość złącza nie może być na poziomie 2 N/mm²? Z przeprowadzonych badań wynika, że nie jest to problem. Dlatego na wymaganie na poziomie 0,8 N/mm² nie można się zgodzić, gdyż to oznacza budowę gorszych dróg.

Na poniższych wykresach zestawiono wyniki uzyskane dla 6 rodzajów asfaltu dla mieszanki AC 11(50/70) – rys. 17 i dla AC 12,8(35/50) – rys. 18.



Rys. 17. Zmiana wytrzymałości złącza w mieszance AC 11(50/70) w połączeniach międzywarstwowych, wykonanych emulsjami z asfaltów o różnej penetracji



Rys. 18. Zmiana wytrzymałości złącza w mieszance AC 12,8(35/50) w połączeniach międzywarstwowych, wykonanych emulsjami z asfaltów o różnej penetracji

Z zamieszczonych przykładów wynika, że optymalna ilość emulsji waha się od 200 do 300 g/m² w przeliczeniu na czysty asfalt. Skropienie w ilości 300 g/m² możliwe jest jedynie w przypadku emulsji na asfaltach o penetracji poniżej 100 0,1 mm. Emulsje z asfaltu o większej wartości penetracji dozowane w tej ilości powodują poślizg i osłabiają złącze.

Emulsja asfaltowa modyfikowana lateksem kationowym w ilości 5 % nie dała oczekiwanego wzrostu siły złącza międzywarstwowego. Emulsja asfaltowa modyfikowana lateksem kationowym w ilości 3 % pozwala na zastosowanie jej w ilości 300 400 g/m², co preferowałoby ją jako lepiszcze stosowane pod cienką warstwę na gorąco.

6.2 Wybór emulsji asfaltowej do próby przemysłowej

Z analizy uzyskanych rezultatów badań wynika, że do złączania warstw powinna być stosowana emulsja asfaltowa wykonana z asfaltu o penetracji w zakresie 50/70 lub 70/100.

Lepsze właściwości uzyskano w badaniach stosując emulsje na asfaltach o niższej penetracji, lecz znane są trudności pojawiające się podczas produkcji i składowania emulsji asfaltowych z twardych asfaltów bez upłynniacza. Konieczne byłyby dalsze badania, aby opracować metodę otrzymywania emulsji asfaltowej o większej trwałości z asfaltu 35/50. Emulsja wykonana w pracy charakteryzowała się trwałością około 3 dni.

Rodzaj emulgatora, a co za tym idzie indeks rozpadu, nie mają widocznego wpływu na wytrzymałość złącza warstw asfaltowych.

Zastosowanie twardszego asfaltu w emulsji do skropień międzywarstwowych ma jeszcze tę niepodważalną zaletę, że warstewka asfaltu pokrywająca skropioną warstwę nawierzchni, nie klei się do opon pojazdów budowy.

Dlatego wstępnie zdecydowano wykonać odcinek doświadczalny w 2004 r z zastosowaniem do złączenia warstw asfaltowych, emulsji asfaltowej wolnorozpadowej wykonanej z asfaltu o penetracji około 80 0,1 mm (klasa 70/100) lub z twardszego asfaltu, jeśli będzie to możliwe w skali przemysłowej.

Z wykonanego odcinka zostaną wycięte próbki i oznaczona ich wytrzymałość na ścinanie.

Literatura

- 1 Warunki Techniczne. Drogowe Kationowe Emulsje Asfaltowe EmA-99, seria "I" Zeszyt 60, IBDiM, Warszawa 1999 r.
- 2 J. Zawadzki, P Skierczyński, M.Pałys, VIII MK Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe, Kielce 2002, str. 299
- 3 F. Chaignon, J-C. Roffe, Symposium of World Bitumen Emulsions Producers, Lyon, 2002