

SPRAWOZDANIE

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych (+ amina + wapno hydratyzowane) na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych Część II

Temat Nr TN-232

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

Umowa: Nr 457/2003 z 24.06.2003 r.

Opracowali: Kierownik Tematu - dr inż. Zenon Szczepaniak
dr inż. Zenon Szczepaniak
mgr inż. Paweł Wysocki

Kierownik Zakładu Technologii Nawierzchni

prof. dr hab. inż. Dariusz Sybilski

Warszawa, listopad 2003

SPIS TREŚCI

1 OCENA WPŁYWU DODATKU ŚRODKA ADHEZYJNEGO NA MECHANICZNE WŁAŚCIWOŚCI MIESZANKI MINERALNO-ASFALTOWEJ	5
1.1 Wstęp.....	5
1.2 Metoda kondycjonowania próbek mieszanki mineralno-asfaltowej w temperaturze 80 °C	5
1.2.1 Opis metody.....	5
1.2.2 Przygotowanie próbek	5
1.3 Metoda kondycjonowania próbek w temperaturze – 20 °C	8
1.3.1 Opis metody.....	8
1.3.2 Przygotowanie próbek	8
1.4 Podsumowanie	10
2 OKREŚLENIE CELOWOŚCI STOSOWANIA DODATKU ŚRODKA ADHEZYJNEGO W PRZYPADKU MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH WYPRODUKOWANYCH Z ZASTOSOWANIEM POLIMEROASFALTU	11
2.1 Wstęp.....	11
2.2 Przygotowanie mieszanki mineralno-asfaltowej na bazie asfaltu modyfikowanego	12
2.2.1 Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu modyfikowanego kondycjonowana w temperaturze 80 °C	12
2.2.2 Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu modyfikowanego kondycjonowana w temperaturze – 20 °C	13
2.3 Podsumowanie	13
3 OPRACOWANIE METODYKI POSTĘPOWANIA W CELU OKREŚLENIA POTRZEBY STOSOWANIA ŚRODKA ADHEZYJNEGO I WIELKOŚCI JEGO NIEZBĘDNEGO DODATKU DLA POPRAWY PRZYCZEPNOŚCI	15
3.1 Wstęp.....	15
3.1.1 Optymalizacja dodatku środka adhezyjnego metoda oznaczenia przyczepności metoda gotowania.....	15
3.1.2 Ocena konieczności zastosowania środka adhezyjnego w mieszance mineralno-asfaltowej.....	16
4 OPRACOWANIE WARUNKÓW TECHNICZNYCH „ŚRODKI ADHEZYJNE DO MIESZANEK MINERALNO-ASFALTOWYCH”	17
4.1 Wstęp.....	17
4.1.1 Przedmiot warunków technicznych.....	18
4.1.2 Zakres stosowania.....	18

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych (+ amina + wapno hydratyzowane) na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

4.1.3	Określenia.....	18
4.1.4	Stosowanie środków adhezyjnych	19
4.2	Materiały	19
4.2.1	Środki adhezyjne	19
4.2.2	Materiały mineralne	21
4.3	Wymagania.....	24
4.3.1	Właściwości asfaltu.....	24
4.3.2	Właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej.....	25
4.4	Temperatura stosowania	26
4.5	Metody badań.....	26
4.5.1	Oznaczenie odporności termicznej asfaltu ze środkiem adhezyjnym	26
4.5.2	Oznaczenie adhezji biernej lepiszcza do kruszywa	28
4.5.3	Oznaczenie wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej metodą pośredniego rozciągania.....	30

Przedmiot badań i program pracy

Przedmiot badań

Przedmiotem badań były środki adhezyjne stosowane do ulepszania właściwości lepiszczy w mieszankach mineralno-asfaltowych. Krótko i długo terminowy korzystny wpływ dodatku środka adhezyjnego do asfaltu w mieszankach mineralno-asfaltowych na gorąco jest znany lecz niekiedy kwestionowany. Wprowadzane na rynek drogowy nowe typy i rodzaje asfaltów w różny sposób reagują na modyfikację ich właściwości adhezyjnych coraz to bardziej termostabilnymi środkami adhezyjnymi. Nie jest wyjaśniona do końca potrzeba stosowania środka adhezyjnego w przypadku asfaltów modyfikowanych. W przypadku stosowania kruszyw o dobrej adhezji biernej do asfaltów może to nie być konieczne, ale jak zaobserwowano we wcześniejszych badaniach, dodatek środka adhezyjnego w ilości 0,2 – 0,3 % (*m/m*) zawsze wpływa korzystnie na trwałość mieszanki mineralno-asfaltowej. Konieczne są dalsze badania w celu ustalenia tych zależności i opracowania odpowiednich zaleceń.

Program pracy

Zgodnie z programem praca składa się z dwóch etapów:

Etap I

1. Wytypowanie do badań kilku środków adhezyjnych do asfaltów.
2. Przeprowadzenie badań wpływu dodatku wybranych środków adhezyjnych na parametry reologiczne asfaltów zwykłych i modyfikowanych o penetracji 50 i 70 0,1 *mm*.
3. Określenie odporności termicznej wybranych środków adhezyjnych w cienkiej warstwie i w czasie magazynowania.
4. Opracowanie metody oznaczania trwałości środka adhezyjnego w mieszance mineralno-asfaltowej podczas przyśpieszonego starzenia.
5. Porównanie wyników badań mieszanki mineralno-asfaltowej wykonanych w laboratorium i w wytwórni mieszanek mineralno-asfaltowych.

Etap II

1. Ocena wpływu dodatku środka adhezyjnego na mechaniczne właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej.
2. Określenie celowości stosowania dodatku środka adhezyjnego w przypadku mieszanek mineralno-asfaltowych wyprodukowanych z zastosowaniem polimeroasfaltu.
3. Opracowanie metodyki postępowania w celu określenia potrzeby stosowania środka adhezyjnego i wielkości jego niezbędnego dodatku dla poprawy przyczepności.
4. Opracowanie warunków technicznych „Środki adhezyjne do mieszanek mineralno-asfaltowych”.
5. Sprawozdanie z wykonanych badań

Sprawozdanie to jest realizacją etapu II.

1 Ocena wpływu dodatku środka adhezyjnego na mechaniczne właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej

1.1 Wstęp

W etapie I pracy wytypowano środki adhezyjne do badań mieszanek mineralno-asfaltowych, które poprawiają przyczepność asfaltu do kruszywa. Przeprowadzone zostały próby drogowe, na podstawie których sporządzono próbki w laboratorium i następnie poddano je badaniom. Badane próbki poddane zostały próbie przyspieszonego starzenia. Wyniki z tych badań przedstawione zostały w Sprawozdaniu z etapu I, pkt. 5.2, str. 40.

W dalszym etapie prac zastosowano dodatkowe kryteria obciążenia, mające na celu jeszcze dokładniejsze sprawdzenie zasadności dodatku środków adhezyjnych do mieszanek mineralno-asfaltowych. Opracowano procedurę oznaczania wytrzymałości przy pośrednim rozciąganiu (pkt. 5 Sprawozdania)

Rozszerzono również zakres badań o wapno hydratyzowane, które stosowane jest także jako środek zwiększający przyczepność i stabilność mieszanek mineralno-asfaltowych.

Badania objęły próby przyspieszonego starzenia w temperaturze 80 °C oraz próby zamrażania mieszanki mineralno-asfaltowej w temperaturze – 20 °C.

1.2 Metoda kondycjonowania próbek mieszanki mineralno-asfaltowej w temperaturze 80 °C

1.2.1 Opis metody

W pierwszym etapie należy przygotować mieszankę mineralno-asfaltową według założonej recepty. Mieszankę mineralno-asfaltową przygotowuje się na danym asfalcie bez dodatku oraz z dodatkiem środka adhezyjnego. Z przygotowanej partii mieszanki sporządza się próbki według Marshalla, które następnie poddaje się badaniom.

1.2.2 Przygotowanie próbek

Do przygotowania próbek sporządzono mieszankę mineralno-asfaltową na bazie asfaltu 50/70 z PKN Orlen o penetracji 61 · 0,1 mm na kruszywie bazaltowym z dodatkiem piasku i mączki wapiennej. Przygotowano mieszanki na czystym asfalcie oraz z dodatkiem 0,3 % środków adhezyjnych: Teramin 14, Teramin Gripper Eco, Wetfix BE oraz równolegle próbki z mieszanki mineralnej z grysami z naniesioną zawiesiną wapna hydratyzowanego i z „czystymi” grysami dla porównania. Stosowano w próbach z wapnem hydratyzowanym ten sam asfalt bez żadnych dodatków.

Z tak przygotowanych mieszanek sporządzono próbki wg Marshalla, stosując 15 uderzeń ubijaka na stronę, celem uzyskania możliwie dużej zawartości wolnej

przestrzeni, wynoszącej około 7 % (v/v). Następnie cztery próbki przechowywano w temperaturze otoczenia, natomiast cztery poddano działaniu temperatury 80 °C przez okres 120 godzin. Próbki termostatowane były w wodzie.

1.2.2.1 Mieszanka mineralno-asfaltowa ze środkiem adhezyjnym Teramin 14

Do badań zastosowano dodatek środka adhezyjnego Teramin 14 w ilości 0,3 %. Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej zestawiono w tablicy 1-1.

Tablica 1-1. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym Teramin 14

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. 80 °C	w powietrzu	w temp. 80 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,489	2,485	2,487
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,6	7,7	7,6
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,71	1,00	0,85
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,9	2,8	3,2
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,67		0,85	

1.2.2.2 Mieszanka mineralno-asfaltowa ze środkiem adhezyjnym Teramin Gripper Eco

Do badań zastosowano dodatek środka adhezyjnego Teramin Gripper Eco w ilości 0,3 %. Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej zestawiono w tablicy 1-2.

Tablica 1-2. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym Teramin Gripper Eco

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. 80 °C	w powietrzu	w temp. 80 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,489	2,481	2,472
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,6	7,9	8,2
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,71	0,96	0,67
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,9	2,9	3,0
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,67		0,70	

1.2.2.3 Mieszanka mineralno-asfaltowa ze środkiem adhezyjnym Wetfix BE

Do badań zastosowano dodatek środka adhezyjnego Wetfix BE w ilości 0,3 %. Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej zestawiono w tabelicy 1-3.

Tablica 1-3. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym Wetfix BE

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. 80 °C	w powietrzu	w temp. 80 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,489	2,483	2,483
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,6	7,8	7,8
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,71	0,97	0,82
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,9	3,1	3,0
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,67		0,84	

1.2.2.4 Mieszanka mineralno-asfaltowa z wapnem hydratyzowanym

Zastosowanie wapna hydratyzowanego wiąże się z wyższymi kosztami produkcji, ponieważ wymaga przeprowadzenia dodatkowego suszenia kruszywa po wprowadzeniu ciasta wapiennego lub aktywacji wapna hydratyzowanego wilgocią. Użycie wapna hydratyzowanego spowalnia zwykle proces produkcji mieszanki „na gorąco”.

Wapno hydratyzowane składa się niemal w całości z cząstek przechodzących przez sito o wymiarze oczka 0,075 mm. Dodatek wapna w proporcji 1 % zwiększa wartość stosunku pył/asfalt i obniża wielkość wolnej przestrzeni w kruszywie do granicy zwiększonej podatności na koleinowanie. Ponadto w instalacjach wytwarzania mieszanki mineralno-asfaltowej „na gorąco” porcja wapna może przechodzić przez urządzenia odpylające, powodując wzrost pH w punktach sedymentacji systemów mokrych. W systemach stacji filtrów workowych, zwracających nadmiar miazgi do mieszanki, zastosowanie wapna może powodować skrócenie żywotności filtrów.

1.2.2.4.1 Przygotowanie mieszanki mineralno-asfaltowej

Do badań zastosowano dodatek wapna hydratyzowanego w ilości 1 % w stosunku do kruszywa. W pierwszej kolejności sporządzono mleczko wapienne, stosując na 7500,0 g kruszywa 300,0 g wody i 75,0 g Ca(OH)₂. Przygotowane mleczko zostało naniesione na kruszywo, po czym kruszywo suszone było w suszarce. Po wysuszeniu kruszywa sporządzono mieszankę mineralno-asfaltową.

1.2.2.4.2 Badania mieszanki mineralno-asfaltowej z wapnem hydratyzowanym

Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem wapna hydratyzowanego zestawiono w tablicy 1-4

Tablica 1-4. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej z wapnem hydratyzowanym

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez wapna hydratyzowanego		Próbki z wapnem hydratyzowanym	
		w powietrzu	w temp. 80 °C	w powietrzu	w temp. 80 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,489	2,474	2,469
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,6	8,1	8,3
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,71	0,94	0,88
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,9	2,7	3,0
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,67		0,94	

1.3 Metoda kondycjonowania próbek w temperaturze – 20 °C

1.3.1 Opis metody

Podobnie jak w przypadku kondycjonowania próbek w temperaturze 80 °C próbki do badań sporządza się według Marshalla. Dla celów porównawczych również sporządzono mieszanki mineralno-asfaltowe bez dodatku jak i z dodatkiem środków adhezyjnych i wapna hydratyzowanego. Z każdej serii próbek, cztery próbki przechowywano w temperaturze otoczenia, natomiast cztery po nasyceniu wodą poddano działaniu niskiej temperatury - 20 °C przez 4 h i +20 °C w wodzie przez 20 h, w 5 cyklach.

Po przejściu pięciu cykli mrożenia poddano próbki badaniom.

1.3.2 Przygotowanie próbek

Do przygotowania próbek sporządzono mieszankę mineralno-asfaltową na bazie asfaltu 50/70 z PKN Orlen o penetracji 61 · 0,1 mm na kruszywie bazaltowym z dodatkiem piasku i mączki wapiennej. Przygotowano mieszanki na czystym asfalcie oraz z dodatkiem 0,3 % środków adhezyjnych: Teramin 14, Teramin Gripper Eco, Wetfix BE oraz z wapnem hydratyzowanym.

Z tak przygotowanych mieszanek sporządzono próbki wg Marshalla, stosując 15 uderzeń ubijaka na stronę, celem uzyskania możliwie dużej zawartości wolnej przestrzeni, wynoszącej około 7 % (v/v).

1.3.2.1 Mieszanka mineralno-asfaltowa ze środkiem adhezyjnym Teramin 14

Do badań zastosowano dodatek środka adhezyjnego Teramin 14 w ilości 0,3 %. Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej zestawiono w tablicy 1-5.

Tablica 1-5. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym Teramin 14

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. -20 °C	w powietrzu	w temp. -20 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,493	2,483	2,485
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,4	7,8	7,7
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,89	0,97	0,95
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,8	3,1	2,6
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,84		0,98	

1.3.2.2 Mieszanka mineralno-asfaltowa ze środkiem adhezyjnym Teramin Gripper Eco

Do badań zastosowano dodatek środka adhezyjnego Teramin Gripper Eco w ilości 0,3 %. Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej zestawiono w tablicy 1-6.

Tablica 1-6. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym Teramin Gripper Eco

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. -20 °C	w powietrzu	w temp. -20 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,493	2,481	2,474
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,4	7,9	8,1
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,89	0,96	0,84
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,8	2,9	3,0
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,84		0,87	

1.3.2.3 Mieszanka mineralno-asfaltowa ze środkiem adhezyjnym Wetfix BE

Do badań zastosowano dodatek środka adhezyjnego Wetfix BE w ilości 0,3 %. Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej zestawiono w tablicy 1-7.

Tablica 1-7. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym Wetfix BE

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. -20 °C	w powietrzu	w temp. -20 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,493	2,483	2,482
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,4	7,8	7,8
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,89	0,97	0,91
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,8	3,1	3,0
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,84		0,93	

1.3.2.4 Mieszanka mineralno-asfaltowa z wapnem hydratyzowanym

Do badań zastosowano dodatek wapna hydratyzowanego w ilości 1,0 % w stosunku do kruszywa. Wyniki badań jakie uzyskano z badań mieszanki mineralno-asfaltowej zestawiono w tablicy 1-8.

Tablica 1-8. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej z wapnem hydratyzowanym

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez wapna hydratyzowanego		Próbki z wapnem hydratyzowanym	
		w powietrzu	w temp. -20 °C	w powietrzu	w temp. -20 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,489	2,493	2,474	2,466
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,5	7,4	8,1	8,4
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,06	0,89	0,94	0,93
4	Odkształcenie wg Marshalla, mm	2,3	2,8	2,8	2,3
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,84		0,99	

1.4 Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych prób zastosowania środków adhezyjnych (Teramin 14, Teramin Gripper Eco, Wetfix BE) oraz wapna hydratyzowanego można potwierdzić skuteczne działanie tych środków, zarówno w próbach przyspieszonego starzenia oraz w próbach mrożenia.

Z prób przyspieszonego starzenia, a więc działanie wody i temperatury 80 °C najlepsze właściwości posiada mieszanka mineralno-asfaltowa z dodatkiem wapna hydratyzowanego. W tym przypadku jednak należałoby przeanalizować względy ekonomiczne stosowania tego rodzaju rozwiązania. Koszt zastosowania wapna hydratyzowanego w mieszankach mineralno-asfaltowych przewyższa koszt zastosowania środków adhezyjnych. Mimo niższej ceny wapna na etapie zakupu

surowca, zastosowanie jego znacznie podnosi koszty mieszanki mineralno-asfaltowej. O ile w przypadku środków adhezyjnych koszt ogranicza się do zakupu środka, to w przypadku wapna hydratyzowanego dochodzą dodatkowe ograniczenia stosowania. Po pierwsze należy wytworzyć mleczko wapienne, następnie nanieść je na kruszywo. Po drugie należy wysuszyć dodatkowo kruszywo z mleczkiem i dopiero wówczas kruszywo można zastosować do mieszanki mineralno-asfaltowej. W efekcie czas wytworzenia mieszanki, a co za tym idzie pracochłonność i dodatkowe koszty na wytworzenie mleczka wapiennego, mieszania kruszywa z mleczkiem i powtórne suszenie kruszywa, podnoszą znacznie koszt.

Środkiem adhezyjnym, który zastosowany w mieszance mineralno-asfaltowej daje jej najlepsze parametry w próbach starzeniowych jest Teramin 14. W tym przypadku obserwuje się najmniejszy spadek wytrzymałości (około 15 %). Środkiem nieco słabszym, jednak również dobrym jest środek adhezyjny Wetfix BE, dla którego w mieszance mineralno-asfaltowej obserwuje się spadek wytrzymałości minimalnie większy (około 16 %). Najmniej wytrzymałym środkiem adhezyjnym (z trzech badanych) jest Teramin Gripper Eco, dla którego spadek wytrzymałości dla mieszanki mineralno-asfaltowej jest największy i wynosi około 30 %.

Próby zamrażania mieszanki mineralno-asfaltowej mają mniejszy wpływ destrukcyjny od prób przyspieszonego starzenia. Również i w tym przypadku najlepsze właściwości wytrzymałościowe ma mieszanka mineralno-asfaltowa z dodatkiem wapna hydratyzowanego. Ze środków adhezyjnych najlepszymi właściwościami charakteryzuje się mieszanka mineralno-asfaltowa z dodatkiem Teraminu 14, w dalszej kolejności ze środkiem Wetfix BE i Teramin Gripper Eco.

Reasumując najbardziej skuteczne wydaje się być w mieszankach mineralno-asfaltowych wapno hydratyzowane, jednak ograniczenia związane z jego stosowaniem skutecznie niwelują jego powszechne używanie. Najskuteczniejszym środkiem adhezyjnym jest niewątpliwie Teramin 14, któremu w niewielkim stopniu ustępuje Wetfix BE. Skutecznym, aczkolwiek najmniej (z trzech badanych środków adhezyjnych) jest Teramin Gripper Eco.

2 Określenie celowości stosowania dodatku środka adhezyjnego w przypadku mieszanek mineralno-asfaltowych wyprodukowanych z zastosowaniem polimeroasfaltu

2.1 Wstęp

Skuteczność stosowania środków adhezyjnych w mieszankach mineralno-asfaltowych na asfaltach zwykłych dowiedziono w części I i punkcie 1, części II pracy. Należałoby się jednak zastanowić nad sensem stosowania środków adhezyjnych w mieszankach mineralno-asfaltowych na bazie asfaltu modyfikowanego. Asfalt modyfikowany charakteryzuje się znacznie lepszymi właściwościami od zwykłych asfaltów i taki jest sens modyfikacji. Jednak czy środek adhezyjny w asfalcie modyfikowanym, zastosowanym do mieszanki mineralno-asfaltowej może coś poprawić?

Chcąc odpowiedzieć na to pytanie należy przeprowadzić badania mieszanki mineralno-asfaltowej na bazie asfaltu modyfikowanego bez dodatku oraz z dodatkiem środka adhezyjnego. Podobnie jak w punkcie pierwszym niniejszego opracowania przeprowadzone zostały badania mieszanki mineralno-asfaltowej, którą poddano badaniom przyspieszonego starzenia oraz mrożeniu.

2.2 Przygotowanie mieszanki mineralno-asfaltowej na bazie asfaltu modyfikowanego

2.2.1 Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu modyfikowanego kondycjonowana w temperaturze 80 °C

Do badań celowości stosowania środka adhezyjnego do mieszanki mineralno-asfaltowej na asfalcie modyfikowanym sporządzono mieszankę mineralno-asfaltową na bazie asfaltu 70/100 z PKN Orlen o penetracji 74 · 0,1 mm. Wyściowy asfalt zmodyfikowany został Finaprenem 503 w ilości 2%. Penetracja asfaltu modyfikowanego wyniosła 63 · 0,1 mm. Zastosowano kruszywo bazaltowe, piasek oraz mączkę wapienną. Sporządzono dwie mieszanki mineralno-asfaltowe na asfalcie modyfikowanym, z których jedna była bez środka adhezyjnego, natomiast do drugiej dodano środek adhezyjny Teramin 14 w ilości 0,3 %.

Wykonane zostały próbki według Marshalla z 15 uderzeniami ubijaka na stronę, celem uzyskania odpowiedniej zawartości wolnej przestrzeni. Następnie część próbek przechowywana była w temperaturze otoczenia, natomiast pozostałe poddano działaniu wody o temperaturze 80 °C przez okres 120 godzin.

Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej bez dodatku oraz z dodatkiem środka adhezyjnego Teramin 14 bez działania wyższej temperatury i po próbie przyspieszonego starzenia zestawiono w tabeli 2-1.

Tablica 2-1. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej na asfalcie modyfikowanym

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. 80 °C	w powietrzu	w temp. 80 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,484	2,483	2,491	2,494
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,7	7,8	7,5	7,4
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,02	0,85	1,01	1,03
4	Odształcenie wg Marshalla, mm	2,2	2,5	2,4	3,0
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,83		1,02	

2.2.2 Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu modyfikowanego kondycjonowana w temperaturze – 20 °C

Podobnie jak w punkcie 2.2.1 zastosowano do badań mieszankę mineralno-asfaltową na bazie asfaltu modyfikowanego o tych samych parametrach co poprzednio. Sporządzone zostały mieszanki bez dodatku i z dodatkiem środka adhezyjnego Teramin 14 w ilości 0,3 %.

Przygotowano próbki mieszanek mineralno-asfaltowych według Marshalla, które poddano badaniom. Zastosowano 15 uderzeń ubijaka na stronę. Część próbek poddano działaniu niskiej temperatury – 20 °C, natomiast część przechowywana była w temperaturze otoczenia.

Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej bez dodatku i z dodatkiem środka adhezyjnego zestawiono w tablicy 2-2.

Tablica 2-2. Wyniki badań mieszanki mineralno-asfaltowej na asfalcie modyfikowanym

Lp.	Właściwości, jednostki	Próbki bez środka adhezyjnego		Próbki ze środkiem adhezyjnym	
		w powietrzu	w temp. - 20 °C	w powietrzu	w temp. - 20 °C
1	2	3	4	5	6
1	Gęstość strukturalna, g/cm ³	2,484	2,493	2,491	2,494
2	Wolna przestrzeń, % (v/v)	7,7	7,4	7,5	7,4
3	Wytrzymałość na rozciąganie, MPa	1,02	0,99	1,01	1,07
4	Odształcenie wg Marshalla, mm	2,2	2,9	2,4	2,7
5	Stosunek wytrzymałości r/R	0,97		1,06	

2.3 Podsumowanie

Z przeprowadzonych prób przyspieszonego starzenia oraz mrożenia mieszanki mineralno-asfaltowej bez, jak i z dodatkiem środka adhezyjnego jednoznacznie wynika, że dodatek środka adhezyjnego jest uzasadniony.

W próbach przyspieszonego starzenia próbki ze środkiem adhezyjnym poddane wysokiej temperaturze oraz działaniu wody, nie wykazały jakiegokolwiek spadku wytrzymałości, a nawet jego nieznaczny wzrost w porównaniu z próbkami mieszanki mineralno-asfaltowej bez środka adhezyjnego.

Mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie asfaltu modyfikowanego po 120 godzinach przetrzymywania próbek w warunkach przyspieszonego starzenia, zachowuje właściwości podobne, jak mieszanka mineralno-asfaltowa na bazie zwykłego asfaltu. Asfalt modyfikowany zapewnia co prawda lepszą przyczepność kruszywa do asfaltu, ale w próbach starzeniowych nie poprawia znacznie odporności mieszanki mineralno-asfaltowej na działanie czynników niszczących.

Dodanie środka adhezyjnego wpłynęło poprawnie na mieszankę i nie dość, że próbki nie uległy osłabieniu pod wpływem wysokiej temperatury i wody, to jeszcze przedłużone działanie czynników (temperatury) na środek adhezyjny wzmocniło

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych (+ amina + wapno hydratyzowane) na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

próbki, a tym samym mieszanka mineralno-asfaltowa stała się odporniejsza na długotrwałe działanie czynników zewnętrznych.

W przypadku prób mrożenia mieszanki mineralno-asfaltowej próbki również nie uległy osłabieniu, a podobnie – wzmocniły się. Próba mrożenia ma mniej drastyczny wpływ na próbki, w związku z tym środek adhezyjny, na który działanie niskiej temperatury jest znikome, spełnił swoje zadanie.

W efekcie po zastosowaniu środka adhezyjnego w mieszankach mineralno-asfaltowych nawierzchnie nie będą ulegały degradacji w tak krótkim czasie co obecnie. Dodatkowo prawidłowo zaprojektowany skład mieszanki mineralnej i odpowiednio drastycznie trzymany reżim technologiczny zapewnią znaczną poprawę nawierzchni drogowych.

3 Opracowanie metodyki postępowania w celu określenia potrzeby stosowania środka adhezyjnego i wielkości jego niezbędnego dodatku dla poprawy przyczepności

3.1 Wstęp

Celem określenia potrzeby czy i ile stosować środka adhezyjnego w mieszance mineralno-asfaltowej należy przeanalizować kilka kryteriów, od których to zależy. Wiadomym jest, że mieszanka mineralno-asfaltowa składa się z kilku składników, a mianowicie: mieszanki mineralnej, asfaltu oraz innych dodatków. Dobra mieszanka mineralno-asfaltowa charakteryzuje się odpornością na koleinowanie, dobrą przyczepnością na granicy elementów asfalt – kruszywo, odpornością na zmienne temperatury, a także wieloma innymi równie ważnymi czynnikami.

3.1.1 Optymalizacja dodatku środka adhezyjnego metoda oznaczenia przyczepności metoda gotowania

Jak już wspomniano jednym z czynników decydujących o jakości mieszanki mineralno-asfaltowej jest przyczepność asfaltu do kruszywa. Efektem dobrej przyczepności na granicy tych dwóch elementów jest mieszanka mineralno-asfaltowa odporna na działanie wielu czynników, min. działanie niskich i wysokich temperatur oraz destrukcyjne działanie wody.

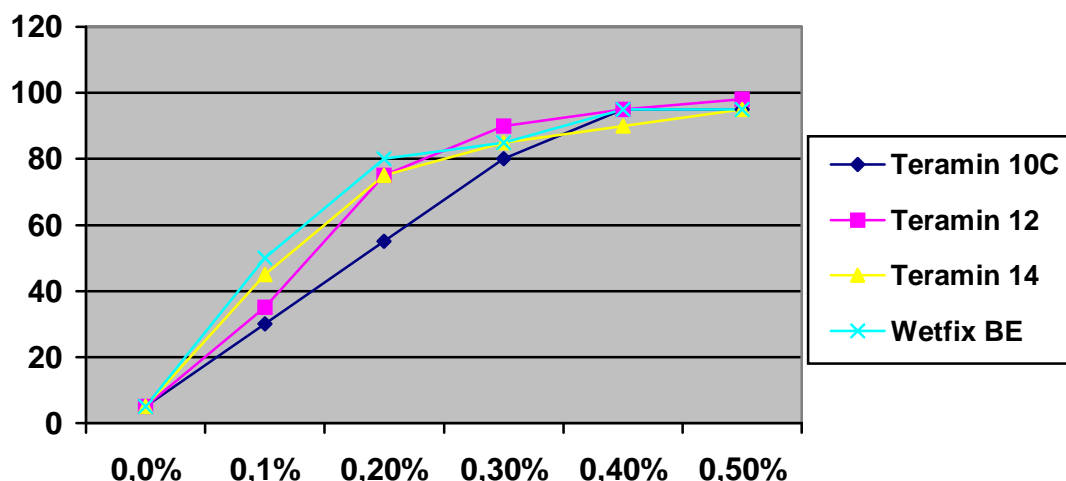
O jakości „złącza” między kruszywem i asfaltem decyduje kilka czynników, a więc jakość i rodzaj kruszywa, jakość i rodzaj asfaltu. Z połączenia tych czynników albo wychodzi mieszanka o dobrych parametrach, albo wychodzi mieszanka o złych parametrach, czyli taka w której asfalt odmywa się z poszczególnych ziaren kruszywa.

Metodą pozwalającą określić, czy dane kruszywo zostanie pokryte odpowiednio asfaltem i czy to pokrycie spełni oczekiwania, jest metoda gotowania. Metoda polega na oznaczeniu adhezji biernej poprzez gotowanie w wodzie przez 5 minut i ocenę wizualną nie odmytej powierzchni kruszywa.

Szczegółowy opis wykonania oznaczenia podano w p. 4.5.2.

Należy wykonać serię próbek o różnej zawartości środka adhezyjnego w asfalcie, np. 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 % (m/m). Dla każdej z próbek oznaczyć przyczepność na badanym kruszywie i uzyskane wyniki zamieścić na wykresie. Dla plateau wykresu należy odczytać zawartość środka adhezyjnego w asfalcie. Jest to wartość optymalna, której nie należy przekraczać. Jeśli przyczepność w tym punkcie wynosi 80 %, należy zastosować odpowiadającą jej ilość środka adhezyjnego do asfaltu. Jeśli wartość przyczepności jest > 80 %, można użyć odpowiednio mniejszą ilość środka adhezyjnego.

W przypadku badania asfaltu należy oznaczenie przyczepności wykonać na 4 rodzajach kruszywach: bazalcie, granicie, wapieniu lub dolomicie i na porfirze.



Rysunek 1. Przyczepność do porfiru

Na rysunku 1 zilustrowano badanie 4 środków adhezyjnych dodanych w ilości od 0,1 do 0,5 % do asfaltu 50/70. Trzy z badanych środków praktycznie uzyskują wartość przyczepności równą 80 % już przy zawartości 0,2 %. Plateau dla wszystkich środków uzyskiwane jest dla przyczepności 95 % przy dodatku środka adhezyjnego 0,4 %. W takim przypadku, w zależności od innych parametrów należy zastosować od 0,2 % do 0,4 % środka adhezyjnego w asfalcie.

3.1.2 Ocena konieczności zastosowania środka adhezyjnego w mieszance mineralno-asfaltowej

Badanie przyczepności lepiszcza do kruszywa metodą gotowania pozwala ocenić jedynie adhezję bierną, a więc zdolność lepiszcza do zwilżania suchej powierzchni kruszywa. Gdyby to była jedyna zaleta środka adhezyjnego, opisane badanie w p. 3.1.1 byłoby wystarczające.

Biorąc pod uwagę drugą z zalet środków adhezyjnych, zwiększenie odporności na odmywanie wodą i opóźnienie utleniania asfaltu, konieczne jest wykonanie badania na mieszance mineralno-asfaltowej.

W tym celu wykonuje się badanie wytrzymałości próbek Marshalla metodą brazylijską (pośrednie rozciąganie przy zginięciu) po przyspieszonym starzeniu, opisaną w p. 4.5.3.

Mieszanekę mineralno-asfaltową (asfalt bez dodatku środka adhezyjnego) przygotowaną w laboratorium podczas projektowania lub pobraną z otaczarki poddaje się badaniu metodą brazylijską. Należy obliczyć stosunek wytrzymałości próbki starzonej do przechowywanej na powietrzu. Jeśli stosunek ten wynosi poniżej 0,55 należy bezwzględnie zastosować środek adhezyjny. Jeśli wynosi poniżej 0,70 zaleca się zastosować środek adhezyjny. Jeśli wynosi powyżej 0,90 stosowanie środka adhezyjnego nie jest konieczne.

4 Opracowanie warunków technicznych „Środki adhezyjne do mieszanek mineralno-asfaltowych”.

4.1 Wstęp

Środki adhezyjne powinny być stosowane w przypadkach niezadawalających właściwości adhezyjnych asfaltu lub materiału kamiennego (kruszywa). W kraju decyzją Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad środki adhezyjne są stosowane jako dodatki do asfaltów stosowanych do budowy warstw ścieralnych nawierzchni drogowych. Decyzja ta została powzięta w oparciu o wyniki badań IBDIM, w których stwierdzono generalnie niezadawalające właściwości adhezyjne asfaltów produkowanych przez krajowe rafinerie nafty.

Podstawowym zastosowaniem krajowych środków adhezyjnych w drogownictwie są mieszanki mineralno-asfaltowe wbudowywane na gorąco tj. w temperaturze 160 – 180 °C. Dlatego też jednym z głównych parametrów, na które zwraca się szczególna uwagę, jest termostabilność środka adhezyjnego rozumiana jako zachowanie ulepszonych właściwości adhezyjnych asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego po ogrzewaniu w podwyższonej temperaturze.

Podczas produkcji mieszanek mineralno-bitumicznych w wytwórniach stosowane są temperatury asfaltu 140 – 170 °C i temperatury mieszanek 150 – 190 °C. Środki adhezyjne dodawane są zwykle do zbiorników asfaltu, gdzie są mieszane z asfaltem i mogą być magazynowane w podwyższonej temperaturze nawet do kilku dni. W przypadku takiego sposobu dodawania środka adhezyjnego do asfaltu, powinien on charakteryzować się wysoką termostabilnością. Innym sposobem dodawania środka adhezyjnego do asfaltu, coraz bardziej rozpowszechnianym w kraju, jest wtrysk środka do przewodu, którym asfalt podawany jest bezpośrednio do mieszalnika otaczarki. W tym przypadku czas przebywania asfaltu ze środkiem adhezyjnym w wysokiej temperaturze jest stosunkowo krótki i pokrycie wszystkich cząstek mieszanki mineralnej nastąpi lepszem o zwiększonej adhezji.

Od tego momentu asfalt występuje w bardzo cienkiej błonce na powierzchni kruszywa. Powierzchnia ta jest wielokrotnie większa i oddziaływanie tlenu na asfalt nabiera istotnego znaczenia. W laboratorium warunki te symuluje badanie odporności termicznej metodą wygrzewaniu w cienkiej warstwie.

Środek adhezyjny ma za zadanie nie tylko zmniejszyć kąt zwilżania kruszywa lepszem a przez to poprawić adhezję, ale również oddziaływać w długim okresie czasu chroniąc nawierzchnię drogową przed wymywaniem asfaltu z powierzchni ziaren kruszywa.

Dlatego tak istotna jest termostabilność środków adhezyjnych stosowanych w technologiach na gorąco.

4.1.1 Przedmiot warunków technicznych

Przedmiotem warunków technicznych są wymagania i metody badań asfaltów drogowych zawierających dodatek środków adhezyjnych oraz mieszanek mineralno-asfaltowych wytworzonych na gorąco z użyciem asfaltów zawierających dodatek środków adhezyjnych.

4.1.2 Zakres stosowania

Warunki techniczne są przeznaczone do projektowania, wykonywania i badania asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych zawierających dodatek środków adhezyjnych stosowanych w technologiach na gorąco.

4.1.3 Określenia

- **środek adhezyjny,**

Kationowy, powierzchniowo-czynny związek chemiczny, który zapewnia, poprzez zmniejszenie kąta zwilżania, odporność na wodę wiązania pomiędzy lepiszczem asfaltowym a kruszywem.

- **adhezja bierna, przyczepność,**

Właściwość odporności powstałego wiązania pomiędzy powierzchnią mineralną a asfaltem na działanie wody.

- **adhezja czynna,**

Asfalt zawierający odpowiednią ilość środka adhezyjnego wypiera wodę z powierzchni kruszywa i tworzy trwałe wiązanie pomiędzy powierzchnią mineralną a asfaltem.

- **mieszanka mineralno-asfaltowa,**

Mieszanina kruszywa, mączki i innych materiałów mineralnych i syntetycznych (żuźle) z lepiszczem asfaltowym, stosowana do budowy warstw nawierzchni w postaci betonu asfaltowego, SMA, asfaltu piaskowego.

- **mieszanka mineralna**

Mieszanina kruszyw mineralnych, zawierająca mączkę, o ciągłym lub nieciągłym uziarnieniu.

4.1.4 Stosowanie środków adhezyjnych

Środki adhezyjne stosowane są do produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco w celu poprawy przyczepności tj. uzyskania trwałego wiązania pomiędzy kruszywem a asfaltem oraz w celu uzyskania długotrwałego efektu odporności na odmywanie wodą w czasie.

Stosowanie środków adhezyjnych w mieszankach na gorąco może być realizowane czterema różnymi sposobami przez:

- dodanie środka adhezyjnego do zbiornika asfaltu i wymieszanie przez minimum trzykrotne przepompowanie z jednego zbiornika do drugiego i z powrotem,
- dodanie środka adhezyjnego do przewodu, którym asfalt jest podawany do mieszalnika w otaczarce,
- dodanie środka adhezyjnego bezpośrednio do zbiornika wagowego asfaltu w trakcie jego napełniania,
- zastosowanie do aktywizacji mączki wapiennej stosowanej w mieszankach mineralno-asfaltowych na gorąco.

Aminy tłuszczowe łatwo rozpuszczają się w asfaltach w temperaturze 100 – 180^oC. Często stosowane jest wrzucanie obliczonej ilości środka adhezyjnego do zbiornika asfaltu i mieszania w celu otrzymania jednorodnej mieszaniny. W tym przypadku konieczne jest użycie odpornego termicznie środka adhezyjnego, który może być magazynowany w gorącym asfalcie przez dłuższy czas bez istotnej utraty skuteczności.

W innej metodzie środek adhezyjny w stanie ciekłym jest wtryskiwany na wagę asfaltu lub do przewodu z asfaltem tuż przed jego wtrysnięciem do mieszalnika za pomocą pompy dozującej. W tej metodzie nie jest wymagane pełne wymieszanie środka adhezyjnego z asfaltem.

4.2 Materiały

4.2.1 Środki adhezyjne

Środki adhezyjne są związkami powierzchniowo-czynnymi. W zastosowaniu do ulepszania adhezji pomiędzy asfaltami a materiałami mineralnymi. Najczęściej są to aminy tłuszczowe i ich pochodne, czwartorzędowe sole amoniowe, amidoaminy oraz imidazoliny.

Aminy, diaminy i poliaminy o długim łańcuchu węglowodorowym są najbardziej odpowiednimi środkami adhezyjnymi do asfaltów. Są one nazywane aminami tłuszczowymi, ponieważ produkowane są z kwasów tłuszczowych.

Tłuszcze naturalne są mieszaniną pochodnych kwasów tłuszczowych o łańcuchu zawierającym od 8 do 22 atomów węgla i takie łańcuchy znajdują się w aminach tłuszczowych. W obecności kwasu lub wody, amina jonizuje tworząc jon (kation) $R-NH_3$ z ładunkiem dodatnim. Dlatego aminy tłuszczowe są kationowo-aktywne (kationowe).

Fizyczne właściwości amin tłuszczowych zależą od długości i charakteru łańcucha węglowodorowego. Krótszy łańcuch to niższa temperatura topnienia. Łańcuch nienasycony to niższa temperatura topnienia niż nasycony. Np. oleinoamina (nienasycona) jest ciekła w temperaturze $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, podczas gdy uwodorniony łoż (nasycony) ma temperaturę topnienia około $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Właściwości chemiczne amin tłuszczowych mogą być różne w zależności od liczby grup aminowych i ich pozycji w cząsteczce. Dwuamina stearynowa jest przykładem często używanego środka adhezyjnego. Zawiera ona grupy aminowe pierwszo- i drugorzędowe.

Równowaga między długością łańcucha a liczbą grup aminowych ma duży wpływ na właściwości adhezyjne. Krótkie łańcuchy węglowodorowe są mniej rozpuszczalne w asfalcie niż długie i ich wiązania z asfaltem są słabsze. Optymalne właściwości są uzyskiwane przy łańcuchu aminy zawierającym 14 - 18 atomów węgla, szczególnie z dwoma grupami aminowymi, z których jedna jest grupą pierwszorzędową.

Nienasycone kwasy tłuszczowe są często używane jako wyjściowe materiały do produkcji amidoamin i imidazolin, ponieważ uzyskuje się z nich produkty ciekłe w niskich temperaturach. Kwasy są podatne na utlenianie, co prowadzi do utwardzenia produktu podczas magazynowania. Amidoaminy są ogólnie bardziej stabilne termicznie niż aminy tłuszczowe. Aminy tłuszczowe mogą być modyfikowane w kierunku poprawy trwałości termicznej.

W przypadku amidoamin i imidazolin dozowanie musi być o 50 % wyższe dla uzyskania tego samego wzrostu adhezji jak dla diamin tłuszczowych. Aby uzyskać aktywną adhezję z amidoaminami i imidazolinami, konieczne są bardzo wysokie dawki. Wadami wysokich dawek jest ryzyko emulgacji asfaltu.

Amidoaminy a szczególnie imidazoliny mogą częściowo rozkładać się w obecności wody. Większe ilości wody mogą ewentualnie rozłożyć amidoaminę do triaminy i kwasu tłuszczowego. Taka triamina nie jest efektywna jako środek adhezyjny. W konsekwencji wydłużone działanie adhezyjne amidoamin i imidazolin może być ograniczone. Ponadto te związki są bardziej rozpuszczalne w wodzie niż aminy tłuszczowe co stwarza ryzyko wymycia przez wodę.

Stałe i ciekłe środki adhezyjne

Aminy oparte na kwasach tłuszczowych z różną długością łańcucha węglowodorowego mogą być stałe, pastowate lub ciekłe w temperaturze otoczenia. Ta różnica w stanie skupienia nie wpływa na zdolność podnoszenia adhezji. Ciekłe i stałe środki adhezyjne pochodzące od amin tłuszczowych można zamieniać ze sobą stosując tę samą wielkość dodatku do asfaltu.

Ciekłe środki adhezyjne są polecane w zastosowaniach, gdzie lepszycze jest używane w temperaturze poniżej temperatury topnienia stałych środków (ok. $50\text{ }^{\circ}\text{C}$). Są także preferowane, gdy stosowane są automatyczne pompy dozujące środek

adhezyjny do asfaltu. Gdy środek adhezyjny jest dodawany ręcznie do lepiszcza, poleca się stosowanie stałych preparatów.

Termostabilne środki adhezyjne

Spadek właściwości adhezyjnych asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego podczas ogrzewania może być spowodowany rozkładem lub wyparowaniem środka adhezyjnego oraz na skutek reakcji chemicznych ze składnikami asfaltu. Asfalty zawierają różne ilości składników kwasowych, które mogą reagować z aminami tłuszczowymi. Reakcje te przebiegają bardzo powoli w temperaturze poniżej 100 °C i w takiej temperaturze asfalty z dodatkiem środka adhezyjnego mogą być przechowywane przez dłuższy czas. W wyższej temperaturze szybkość reakcji zwiększa się i poprawione właściwości adhezyjne asfaltu szybko zanikają. W gorącym asfalcie, początkowa reakcja pomiędzy aminami tłuszczowymi i asfaltem prowadzi do utworzenia soli amin, które są jeszcze aktywne jako środki adhezyjne. Dalszym stadium reakcji jest utworzenie nieaktywnych amidów, nie wykazujących właściwości adhezyjnych.

Aminy mogą być magazynowane w temperaturze pokojowej bez straty aktywności w czasie określonym przez producenta.

Podczas produkcji mieszanek mineralno-asfaltowych na gorąco temperatura asfaltu jest stosunkowo wysoka i głównie zależy od rodzaju asfaltu. Intensywny rozwój chemii środków adhezyjnych doprowadził do otrzymania zmodyfikowanych amin tłuszczowych, które utrzymują swoje własności adhezyjne podczas magazynowania przez kilka tygodni w gorącym asfalcie. Termoodporne środki adhezyjne muszą być stosowane, gdy przewidywany jest długi okres magazynowania asfaltu w wysokiej temperaturze.

W zależności od rodzaju mieszanki mineralno-asfaltowej, jej temperatury wytwarzania, i wbudowania, rodzaju lepiszcza asfaltowego mogą być stosowane różne środki adhezyjne.

Aby zapewnić ich właściwości, każdy wyrób powinien zostać co najmniej raz w roku zbadany na zgodność z aprobatą techniczną IBDiM.

4.2.2 Materiały mineralne

Kruszywa mineralne i sztuczne stosowane do wytwarzania mieszanek mineralno-asfaltowych charakteryzują się różnymi własnościami chemicznymi, składem petrograficznym, wielkością powierzchni, powinowactwem do asfaltu, nasiąkliwością, ścieralnością, łamliwością i innymi właściwościami.

Większość ze stosowanych kruszyw wymaga poprawy adhezji do asfaltu. Niektóre kruszywa o dobrych parametrach mechanicznych, jak porfir i kwarcyt nie mogą być stosowane bez dodatku środka adhezyjnego.

W niektórych przypadkach adhezja bierna lepiszcza do kruszywa jest zadowalająca, jednak dodatek środka adhezyjnego zapewnia lepszą odporność na odmywanie wodą, łatwiejsze zagęszczanie, a przez to wydłużoną trwałość nawierzchni.

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych (+ amina + wapno hydratyzowane) na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

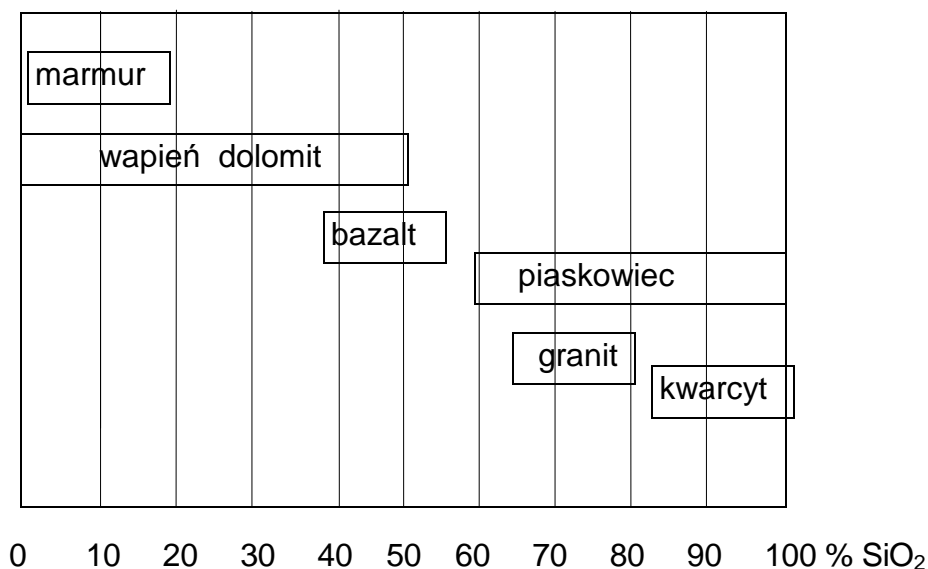
Adhezja asfaltu do kruszywa jest zjawiskiem powierzchniowym. Zależy ona od bliskiego (dokładnego) kontaktu obu materiałów i od wzajemnego powinowactwa ich powierzchni.

Kruszywa są bardziej lub mniej hydrofilowe, co znaczy, że są łatwo zwilżane wodą. Asfalt jest hydrofobowy, tj. nie przyciąga wody. Jeśli powierzchnia kruszywa jest pokryta cienką warstwą wody, asfalt może całkowicie otoczyć ziarno kruszywa bez kontaktu z jego powierzchnią, chyba że zajmuje miejsce warstewki wody. Asfalt może otaczać kruszywo zapyłone bez kontaktu z jego powierzchnią.

Asfalt jako mieszanina węglowodorów ma raczej niskie napięcie powierzchniowe, znacznie niższe niż woda i większość kruszyw. Oznacza to, że woda łatwiej zwilży powierzchnię kruszywa i może zastąpić (wyprzeć) asfalt, którym uprzednio otoczono suche kruszywo.

W celu uzyskania silnego wiązania pomiędzy lepiszczem a kruszywem, musi być zmieniony charakter powierzchni kruszywa. Napięcie powierzchniowe powinno być zmniejszone tak, aby kruszywo stało się bardziej hydrofobowe (lipofilowe).

Kruszywa są niekiedy klasyfikowane jako zasadowe lub kwaśne. Do zasadowych zaliczamy minerały wapienne i marmur, do kwaśnych - granit i kwarcyt. Ten podział jest uproszczony, bowiem wszystkie kruszywa są mieszaniną alkalicznych i kwaśnych minerałów. Ważnym parametrem określającym adhezyjne właściwości kruszywa jest zawartość krzemionki - SiO_2 . Za kruszywa kwaśne uważane są te, które zawierają powyżej 65% SiO_2 , za zasadowe - poniżej 55%. Kruszywa zawierające od 55 do 65% SiO_2 uważane są za pośrednie. W przypadku najczęściej stosowanego w kraju bazaltu zawartość krzemionki wynosi od 39 do 52%. Na rys. 2 przedstawiono kilka rodzajów kruszyw w skali zawartości SiO_2 .



Rysunek 2. Zawartość krzemionki w typowych kruszywach

Powszechnie wiadomym jest, że kruszywa zasadowe takie jak wapień, dolomity, gabra (o niskiej zawartości krzemionki) mają dobrą adhezję do asfaltu. Może być to wyjaśnione przez fakt, że asfalt (szczególnie otrzymany z ropy wenezuelskiej) zawiera kwasy naftenowe i w związku z tym charakteryzuje się dużą wartością liczby kwasowej. Kwasy naftenowe mają kwasową grupę karboksylową -

COOH i część węglowodorową, która jest podobnej budowy co sam asfalt. Kiedy taka cząsteczka wchodzi w kontakt z kruszywem zasadowym, część z grupą karboksylową będzie absorbowana na powierzchni kruszywa, a część węglowodorowa będzie skierowana na zewnątrz. To zmieni powierzchnię kruszywa w wystarczającym stopniu, aby uzyskać adhezję asfaltu do kruszywa nawet w obecności wody.

Główną wadą kruszyw takich jak wapień jest ich duża polerowalność pod ruchem i dlatego nie powinny być używane do warstw ścieralnych nawierzchni drogowych. Kruszywa krzemianowe zwykle nie są tak wrażliwe na polerowanie, ale mają inne wady. Mając właściwości kwasowe, nie reagują z grupami naftenowymi asfaltu. W istocie grupy kwasowe odpychają się i uzyskanie silnych wiązań między kruszywem i asfaltem jest bardzo trudne. Czasami w asfalcie znajdują się związki zasadowe, ale są one bardzo słabe i nie mogą utworzyć silnych wiązań z atomami krzemu.

Struktura powierzchni, porowatość i właściwości absorpcyjne kruszyw także wpływają na adhezję do asfaltu. Gładka powierzchnia kruszywa nie zapewnia dobrego przylegania asfaltu, tak jak powierzchnia porowata. Porowate kruszywa, które absorbują asfalt będą trwałej go utrzymywać niż te o gładkiej powierzchni.

Nie można podać zaleceń do których kruszyw stosować, a do których nie stosować środków adhezyjnych. Dla nowych źródeł zaopatrzenia, nowych złóż, nowych dostaw należy sprawdzić przyczepność kruszywa do asfaltu drogowego. Zdarza się, że kruszywa wapniowe wymagają stosowania specjalnego rodzaju środka adhezyjnego, krajowe granity i kruszywa z kamienia polnego, porfiry z Okrzeszyna zawsze wymagają dodatku środka adhezyjnego

4.3 Wymagania

4.3.1 Właściwości asfaltu

Do produkcji mieszanki mineralno-asfaltowej stosowane są głównie asfalty 35/50 i 50/70 wg PN EN 12591.

Optymalny dla danych warunków produkcji i wbudowania oraz rodzaju stosowanych materiałów, dodatek środka adhezyjnego nie powinien powodować istotnych zmian w reologicznych właściwościach asfaltu.

Należy zapewnić, że dodany środek adhezyjny w oczekiwany sposób zwiększa przyczepność lepiszcza do kruszywa oraz że tak zmodyfikowane lepiszcze nie utraci swych właściwości w wyniku procesów magazynowania i produkcji. Określono 3 klasy termostabilności środków adhezyjnych. Stosowany w technologii na gorąco środek adhezyjny powinien być co najmniej klasy T1. W przypadku polimeroasfaltów powinien być klasy T3.

W tabelicy 4-1 podano wymagania, jakie powinien spełniać asfalt z dodatkiem 0,5 % (m/m) środka adhezyjnego.

Tabela 4-1. Wymagania dla asfaltu z dodatkiem 0,5 % (m/m) środka adhezyjnego

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania	Metoda badań według
1	2	3	4	5
1	Zmiana penetracji asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego	0,1 mm	od - 10 do + 5	PN-EN 1426:2001
2	Zmiana temperatury mięknięcia PiK asfaltu po dodaniu środka adhezyjnego, w stosunku do asfaltu wyjściowego	°C	od - 2 do + 2	PN-EN 1427:2001
3	Przyczepność do kruszywa bazaltowego	%	≥ 90	p. 4.5.2
4	Przyczepność do kruszywa granitowego lub innych kruszyw	%	≥ 75	p. 4.5.2
5	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 163 °C, do kruszywa badanego, w porównaniu z próbką nie wygrzewaną	%	Klasa T1 ≤ 15	p. 4.5.1
6	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 180 °C, do kruszywa badanego w stosunku do asfaltu przed wygrzewaniem	%	Klasa T2 ≤ 15	p. 4.5.1
7	Spadek przyczepności asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 200 °C, do kruszywa badanego w stosunku do asfaltu przed wygrzewaniem	%	Klasa T3 ≤ 15	p. 4.5.1

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych (+ amina + wapno hydratyzowane) na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania	Metoda badań według
1	2	3	4	5
8	Spadek przyczepności polimeroasfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego, po 5 h wygrzewania w cienkiej warstwie w temperaturze 200 °C, do kruszywa badanego w stosunku do asfaltu przed wygrzewaniem	%	Klasa TP3 ≤ 15	p. 4.5.1

4.3.2 Właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej

Ostatecznym badaniem, które informuje o zwiększonej odporności na przyspieszone starzenie przez odmywanie wodą lub wymrażanie jest badanie na próbkach typu Marshalla, które poddaje się badaniu pośredniej wytrzymałości na rozciąganie.

Procedura wykonania tego oznaczenia została opisana w p. 4.5.3.

W tabelicy 4-2 podano wymagania dla projektowanej mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem środka adhezyjnego do asfaltu w ilości 0,3 % (m/m), co odpowiada w przybliżeniu zawartości środka adhezyjnego w mieszance m-a 0,015 % (m/m).

Tablica 4-2. Wymagania dla mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem 0,3 % (m/m) środka adhezyjnego do asfaltu

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania	Metoda badań według
1	2	3	4	5
1	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach przetrzymywania ich w wodzie w temperaturze 80 °C, w stosunku do próbek przechowywanych 5 dni na powietrzu	%	≤ 25	p.4.5.3
2	Spadek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 cyklach zamrażania w temperaturze -25 °C w stosunku do próbek przechowywanych 5 dni na powietrzu	%	< 10	p.4.5.3

Natomiast w przypadku kontroli technicznej produkcji do sprawdzenia właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej np. wyprodukowanej w otaczarce i należy zastosować wymaganie spadku wytrzymałości na pośrednie rozciąganie po 120 h przechowywania w wodzie w temp. 80 °C (p. 4.5.3) podane w tablicy 4-3.

Tablica 4-3. Wymagania dla mieszanki mineralno-asfaltowej z dodatkiem 0,3 % (m/m) środka adhezyjnego do asfaltu

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania	Metoda badań według
1	2	3	4	5
1	Stosunek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 dobach przetrzymywania ich w wodzie w temperaturze 80 °C, do wytrzymałości próbek przechowywanych 5 dni na powietrzu	%	≥ 75	p.4.5.3
2	Stosunek wytrzymałości na rozciąganie pośrednie próbek z betonu asfaltowego po 5 cyklach zamrażania w temperaturze -20 °C do wytrzymałości próbek przechowywanych 5 dni na powietrzu	%	≥ 85	p.4.5.3

4.4 Temperatura stosowania

Środki adhezyjne dodaje się do asfaltu ogrzanego na ogół do temperatury wyższej od jego temperatury mięknięcia P_iK o minimum 90 °C, w ilości od 0,1 % (m/m) do 0,5 % (m/m), a najczęściej od 0,2 % (m/m) do 0,4 % (m/m) w stosunku do asfaltu.. Dodatek powyżej 0,5 % (m/m) praktykuje się w przypadku stosowania materiałów o bardzo małej przyczepności oraz w technologiach "na zimno". Dokładną ilość dodatku ustala się na podstawie badań laboratoryjnych przeprowadzonych z użyciem materiałów stosowanych na budowie. W zakresie od 0,1 % (m/m) do 0,3 % (m/m) dodatek środka adhezyjnego na ogół nie wpływa istotnie na właściwości reologiczne lepiszcza.

Asfalt z dodatkiem środka adhezyjnego np. środka TERAMIN 14 lub Wetfix I może być magazynowany bez utraty właściwości adhezyjnych w temperaturze poniżej 140 °C przez 10 dni, zaś w temperaturze do 180 °C przez 3 dni.

Nie należy przekraczać temperatury 163 °C mieszanki mineralno-asfaltowej wykonanej z typowego asfaltu drogowego zawierającej dodatek środka TERAMIN 12, Wetfix BE, 180 °C mieszanki mineralno-asfaltowej wykonanej z typowego asfaltu drogowego zawierającej dodatek środka TERAMIN 14, Wetfix I oraz temperatury 200 °C w przypadku środka TERAMIN GRIPPER ECO jak również w przypadku TERAMINU 14 i Wetfixu I w mieszance z polimeroasfalem.

4.5 Metody badań

4.5.1 Oznaczenie odporności termicznej asfaltu ze środkiem adhezyjnym

4.5.1.1 Zakres stosowania metody

Metoda oznaczania stosowana jest do określenia odporności termicznej środków adhezyjnych dodanych do asfaltu.

4.5.1.2 Zasada metody

Oznaczenie polega na wygrzewaniu asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego w cienkiej warstwie około 3 mm, w temperaturze 163 °C, 180 °C, 200 °C lub innej przez 5 h. Przed i po wygrzewaniu oznacza się adhezję bierną do kruszywa bazaltowego i granitowego metodą gotowania 5 min. Wynikiem oznaczenia jest spadek wartości adhezji biernej wyrażony w procentach, %.

W oznaczeniu wykorzystano zapisy z normy PN-EN 12607-2 „Oznaczenie odporności na starzenie pod wpływem ciepła i powietrza. Metoda TFOT”.

4.5.1.3 Aparatura i materiały

Suszarka laboratoryjna z obrotowym stolikiem, zakres grzania 250 °C,

Metalowe szalki o średnicy wew. 140 mm i wysokości 9,5 mm,

Mieszadło laboratoryjne,

Zlewki o pojemności 150 cm³

Kruszywa frakcji 4/6,3 mm, odmyte od pyłu, przemyte wodą destylowaną i wysuszone,

Palnik gazowy, trójnóg, siatka,

Waga,

Stoper.

4.5.1.4 Przygotowanie próbek

Do oznaczenia adhezji biernej asfaltu przygotowuje się próbkę: asfaltu z dodatkiem 0,5 % (m/m) środka adhezyjnego. Asfalt w ilości 200 g należy rozgrzać do temperatury około 140 °C, po czym dodać środek adhezyjny i dokładnie wymieszać mieszadłem mechanicznym.

4.5.1.5 Wykonanie oznaczenia

Na szalkę wylać 50 g asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego i położyć ją na płycie obrotowej suszarki, w której wcześniej ustalono temperaturę badania. Włączyć silnik obracający płytę wewnątrz suszarki. Po 5 h szalki wyjąć i zebrać z nich asfalt do zlewki i wymieszać.

Uwaga: 50 g próbki utworzy w szalce warstwę o grubości około 3,2 mm.

Oznaczyć metodą gotowania przez 5 min adhezję bierną asfaltu po wygrzewaniu i asfaltu wyjściowego (oba ze środkiem adhezyjnym) stosując co najmniej kruszywo bazaltowe i granitowe.

4.5.1.6 Przedstawienie wyników

Wynikiem badania jest różnica wyników oznaczenia adhezji biernej asfaltu z dodatkiem środka adhezyjnego przed i po wygrzewaniu w cienkiej warstwie.

Wynik, wyrażony w procentach, % powinien być średnią z dwóch oznaczeń różniących się między sobą nie więcej niż o 5 % bezwzględnych.

4.5.2 Oznaczenie adhezji biernej lepiszcza do kruszywa

4.5.2.1 Zakres procedury

W niniejszej procedurze opisano metodę oznaczania przyczepności (adhezji biernej) asfaltu do kruszyw mineralnych przy zastosowaniu metody gotowania w czasie 5 min.

4.5.2.2 Zakres stosowania

Metoda jest stosowana do badań zarówno asfaltów, jak i kruszyw mineralnych i ma na celu określenie adhezji biernej pomiędzy asfaltem i kruszywem.

Niniejsza procedura przeznaczona jest głównie do oceny skuteczności środków adhezyjnych zastosowanych do ulepszenia właściwości adhezyjnych asfaltów.

4.5.2.3 Opis metody

Metoda polega na otoczeniu na gorąco lepiszczem kruszywa mineralnego do uzyskania 100 % pokrycia wszystkich ziaren. Tak przygotowaną próbkę po okresie leżakowania poddaje się gotowaniu w wodzie przez 5 minut. Po wyschnięciu próbki ocenia się wizualnie procent powierzchni nieodmytej.

Do uzyskania pełnej oceny lepiszcza lub zastosowanego do jego modyfikacji środka adhezyjnego należy badanie wykonać na minimum 4 rodzajach kruszyw tj. na granicie, bazalcie, wapieniu i porfirze.

W przypadku badania skuteczności środka adhezyjnego lub ustalania optymalnej wielkości jego dodatku do asfaltu należy równolegle wykonać badania na tym samym asfalcie bez dodatku.

4.5.2.4 Sprzęt

Do wykonania badania stosuje się płytkę grzejącą z regulacją temperatury lub palnik gazowy i trójnog z siatką azbestową oraz zlewki szklane o pojemności 150 ml i bibułę filtracyjną.

4.5.2.5 Materiały

Kruszywa stosowane do badania należy rozsiać na sitach zbierając frakcję od 4 mm do 6,3 mm. Następnie należy je przemyć kilkakrotnie wodą, aby zawartość pyłów obniżyć do minimum po czym wysuszyć przez 3 h w suszarce w temperaturze 120 °C i ostudzić do temperatury pokojowej.

4.5.2.6 Wykonanie badania

Do parownicy porcelanowej o średnicy 10 - 12 cm odważyć 0,8 g asfaltu i ogrzać do temperatury 140 °C w suszarce w ciągu 0,5 h. Równolegle ogrzewać 30 g kruszywa frakcji 4/6,3 mm. Po wyjęciu z suszarki wsypać kruszywo do parownicy i mieszać bagietką do całkowitego pokrycia asfaltem wszystkich ziaren kruszywa, po czym przełożyć do zlewki o pojemności 150 ml i pozostawić najlepiej do następnego dnia (minimum na 4 h).

Następnie próbkę zalać 50 ml wody destylowanej i ogrzać do temperatury wrzenia w ciągu 10 min \pm 1 min. Od chwili zagotowania utrzymywać wodę w stanie łagodnego wrzenia przez 5 min. Odląć wodę z odmytym asfaltem, a próbkę przenieść ze zlewki na arkusz bibuły. Po wyschnięciu ocenić wizualnie wielkość powierzchni kruszywa, z której nie nastąpiło odmycie asfaltu.

Za wynik należy przyjąć średnią arytmetyczną z dwóch równoległych oznaczeń różniących się między sobą nie więcej niż o 10%.

4.5.3 Oznaczenie wytrzymałości mieszanki mineralno-asfaltowej metodą pośredniego rozciągania

4.5.3.1 Zakres procedury

W niniejszej procedurze opisano metodę oznaczania wpływu wody na wytrzymałość mieszanek mineralno-asfaltowych przy zastosowaniu metody pośredniego rozciągania.

4.5.3.2 Zakres stosowania

Metoda jest stosowana do badań mieszanek mineralno-asfaltowych i ma na celu określenie wytrzymałości na rozciąganie przy ściskaniu (metoda pośredniego rozciągania) próbek kondycjonowanych w wodzie i w powietrzu.

Niniejsza procedura jest głównie przeznaczona do oceny właściwości środków adhezyjnych tj. ich skuteczności w mieszance mineralno-asfaltowej.

Ponadto metodę można stosować do oceny odporności na działanie wody mieszanek mineralno-asfaltowych i do określenia konieczności zastosowania środka adhezyjnego, w celu poprawy odporności na odmywanie wodą.

4.5.3.3 Opis metody

Metoda polega na przygotowaniu 2 serii próbek mieszanki mineralno-asfaltowej ze środkiem adhezyjnym i bez środka adhezyjnego, a następnie poddaniu ich przyspieszonemu starzeniu przez nasycanie wodą w podwyższonej temperaturze. Następnie oznaczana jest wytrzymałość próbek metodą rozciągania pośredniego i obliczany spadek wytrzymałości próbek nasycanych wodą w stosunku do próbek przetrzymywanych na powietrzu oddzielnie dla próbek z i bez dodatku środka adhezyjnego.

Do badania rozciągania pośredniego zalecane są 3 temperatury badania, tj. 5 °C, 20 °C i 40 °C. W celu oceny właściwości środka adhezyjnego stosuje się temperaturę 20 °C.

Wykonując jedynie badanie oceny odporności mieszanki mineralno-asfaltowej na wpływ wody, nie wykonuje się i nie bada próbek z dodatkiem środka adhezyjnego.

4.5.3.4 Sprzęt

Do wykonania badania stosuje się prasę hydrauliczną o nacisku min. 50 kN i o prędkości przesuwu tłoka 0,85 - 1 mm/s. Do przygotowania próbek stosuje się formy Φ 10 cm (wg PN-S-04001:1967) i ubijak Marshalla wg ASTM D 1559.

4.5.3.5 Przygotowanie próbek

Warunki przygotowania próbek

Próbki należy przygotowywać poprzez wymieszanie składników mineralnych z asfaltem 50/70 w mieszalniku laboratoryjnym w temperaturze 160 °C.

Należy wykonać 16 próbek odważając po 1200 g mieszanki mineralno-asfaltowej i zagęścić ubijakiem Marschalla stosując po 15 uderzeń na stronę. Służą one do wykonania badania na rozciąganie po przechowywaniu próbek w wodzie.

Przygotowane próbki mają kształt walca o średnicy 102 mm i wysokości ok. 63,5 mm z tolerancją. Zawartości wolnej przestrzeni powinna wynosić 7 – 10 % (v/v). Wolna przestrzeń powinna być w 30 – 50 % wypełniona wodą (nasykanie pod próżnią).

Próbki wyjęte z form należy wstawić do łaźni wodnej (całkowicie zanurzone) i w temperaturze 80 °C przetrzymać przez 120 h. Równoległa seria próbek jest przechowywana na powietrzu dla porównania. W składzie mieszanki m-a stosuje się małą zawartość lepiszcza asfaltowego.

Z 16 sporządzonych próbek 2 serie po 4 próbki (A i B) zawierają asfalt bez dodatku i 2 serie po 4 próbki (C i D) – asfalt zawierający dodatek 0,3 % środka adhezyjnego. Próbki po sporządzeniu wyjmują się z form.

Skład mieszanki mineralnej pozwalający uzyskać mieszanekę o powyższych parametrach jest następujący:

- | | | |
|-------------------|------------|-----|
| - grys bazaltowy | 6,3/10 mm | 45% |
| - grys bazaltowy | 4/6,3 mm | 10% |
| - grys bazaltowy | 2/4 mm | 10% |
| - miąż bazaltowy | 0/2 mm | 5% |
| - piasek kopalny | 0/2 mm | 25% |
| - mączka wapienna | < 0,075 mm | 5%. |

Zawartość asfaltu w mieszance mineralno-asfaltowej powinna wynosić około 4 % (m/m).

Dopuszcza się zastosowanie innej mieszanki mineralnej i zawartości asfaltu w zależności od celu wykonania badania.

Starzenie próbek (w wodzie)

Próbki serii A i C należy pozostawić na powietrzu w temperaturze otoczenia, natomiast próbki serii B i D najpierw nasycić wodą przez zastosowanie próżni 500 mm Hg przez 5 min, po czym przetrzymać w wodzie o temperaturze 80 °C przez 120 h.

Po wyjęciu próbek z wody należy pozostawić je na powietrzu przez 3 h w celu ochłodzenia do temperatury otoczenia.

Starzenie próbek w niskiej temperaturze

Próbki serii A i C należy pozostawić na powietrzu w temperaturze otoczenia, natomiast próbki serii B i D najpierw nasycić wodą przez zastosowanie próżni 500 mm Hg przez 5 min, po czym wstawić do lodówki w temperaturze -20°C na 4 h + 20 h w wodzie w $20^{\circ}\text{C} - 5$ cykli. Te próbki wykorzystywane są do badania metodą zamrażania.

4.5.3.6 Wykonanie badania

Sprawdzenie próbek

Po wyjęciu z form próbki są numerowane i ważone z dokładnością do 1 g. Jeżeli masa próbki odbiega od średniej masy próbek o 0,5 %, próbkę należy uznać za niemiarodajną i odrzucić.

Dla każdej z próbek należy zmierzyć suwmiarką wysokość h i średnicę próbki D . Pomiary te wykonuje się trzykrotnie i oblicza średnią arytmetyczną z wyników różniących się między sobą nie więcej niż o 0,5 mm. W przypadku większych różnic należy wykonać 10 pomiarów w różnych punktach i obliczyć z nich średnią arytmetyczną.

Próba rozciągania pośredniego

Badania wytrzymałości na rozciąganie przy ściskaniu należy wykonać metodą pośrednią wg ASTM D 4123 w temperaturze 20°C (lub w temperaturze 5 i 40°C) na typowej prasie z posuwem tłoka $0,85$ mm/s. Należy użyć specjalny uchwyt do zamocowania próbki, który umożliwi wykonanie badania (rozszczipanie próbki).

Określana jest maksymalna siła przy ściskaniu próbki.

Wyniki pomiarów, po dokonaniu odpowiednich obliczeń należy wpisać do odpowiednich kolumn w tabeli.

Obliczenia

Zawartość wolnej przestrzeni należy obliczyć według p. 4.5.3.7 i wpisać do kolumny 2 tabeli 4-4.

Odkształcenie, odczytane z czujnika tensometrycznego prasy, jako średnia arytmetyczna z 4 wyników należy wpisać do tabeli w kolumnie 3.

Wytrzymałość na ściskanie przy zgniataniu W , w megapascalach [MPa] jest obliczana ze wzoru:

$$W = \frac{2 P}{3,14 hD}$$

Ocena wpływu dodatku środków adhezyjnych (+ amina + wapno hydratyzowane) na właściwości mieszanek mineralno-asfaltowych

gdzie:

P - maksymalna siła ściskająca, N

h - wysokość próbki, mm

D - średnica próbki, mm

Stosunek wytrzymałości próbek kondycjonowanych w wodzie do przetrzymywanych na powietrzu należy obliczyć z danych w kolumnie 4. W wierszu B kolumny 5 należy wpisać wartość uzyskaną z podzielenia wartości z kolumny 4, tj. W_B/W_A .

W wierszu D kolumny 5 należy wpisać wartość uzyskaną z podzielenia wartości z kolumny 4, tj. W_D/W_C .

Wartość spadku wytrzymałości po nasycaniu wodą SW w MPa należy obliczyć ze wzoru:

$$S W = \frac{(W_p - W_w) 100 \%}{W_p}$$

gdzie: W_w - wytrzymałość na rozciąganie po nasycaniu wodą, MPa

W_p - wytrzymałość na rozciąganie po starzeniu na powietrzu, MPa

Uzyskane wartości należy wpisać odpowiednio do wierszy B i D kolumny 6.

W przypadku wykonywania badań w kilku temperaturach, należy sporządzić oddzielne tablice dla każdej temperatury.

Tablica 4-4. Wyniki badań próbek mieszanki mineralno-bitumicznej

Seria	Właściwości mieszanki mineralno-asfaltowej				
	zawartość wolnej przestrzeni, %	odkształcenie, mm	wytrzymałość na rozciąganie W, MPa	stosunek wytrzymałości próbki W_w/W_p	spadek wytrzymałości po nasycaniu wodą SW, %
1	2	3	4	5	6
A				-	-
B					
C				-	-
D					

A - bez dodatku środka adhezyjnego, kondycjonowana na powietrzu,

B - bez dodatku środka adhezyjnego, kondycjonowana w wodzie o temperaturze 80 °C przez 120 h,

C - z dodatkiem środka adhezyjnego, kondycjonowana na powietrzu,

D - z dodatkiem środka adhezyjnego, kondycjonowana w wodzie o temperaturze 80 °C przez 120 h,

Wyniki oznaczeń są średnią arytmetyczną z 4 wyników.

4.5.3.7 Oznaczenie zawartości wolnych przestrzeni

Przygotowanie próbek

Należy wykonać próbki według Marshalla jak opisano w punkcie 4.5.1.4.

Wykonanie oznaczenia

Próbki należy zważyć z dokładnością do 0,1 g i określić ich objętość, stosując na przykład metodę ważenia próbki w wodzie (odczyt po 1 min.) i na powietrzu po osuszeniu powierzchniowym.

Obliczanie zawartości wolnych przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej

Zawartość wolnych przestrzeni obliczana jest według wzoru:

$$p = \frac{\rho_m - \rho_{pm}}{\rho_m} \times 100$$

gdzie:

p	Zawartość wolnej przestrzeni w zagęszczonej mieszance mineralno-asfaltowej, % (v/v)
ρ_{pm}	Gęstość pozorna zagęszczonej mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³
ρ_m	Gęstość mieszanki mineralno-asfaltowej, g/cm ³