

Czesław LEWINOWSKI

Stanisław KULAR

CECHY FIZYKOMECHANICZNE MAS BITUMICZNYCH
PRZY ZASTOSOWANIU PYŁU CEMENTOWEGO JAKO WYPEŁNIACZA

Streszczenie. Praca zawiera wyniki badań laboratoryjnych z zastosowania pyłu cementowego jako wypełniacza mas bitumicznych.

1. WSTĘP

Masę bitumiczną typu betonowego otrzymuje się przez zmieszanie w odpowiednim stosunku ilościowym bitumu (asfaltu lub smoły) z mączką mineralną, płaskim kwarcytowym oraz grysem lub żwirem.

Istotnym składnikiem mieszanek mineralno-bitumicznych typu betonowego jest wypełniacz, którym jest mączka wapienna zwana też wypełniaczem podstawowym. Głównym zadaniem wypełniacza jest utworzenie wraz z lepiszczem zaprawy bitumicznej, wiążącej między sobą ziarna kruszywa, które razem wzięte tworzą masę bitumiczną. Wiadomo jest powszechnie i nie stanowi to tajemnicy, że w ostatnich latach obserwuje się w budownictwie drogowym w Polsce niedobór i odczuwalne braki wypełniacza podstawowego. Sytuacja ta stała się bezpośrednią przyczyną rozpoczęcia poszukiwań nad wykorzystaniem innych materiałów zastępczych, które w odpowiednich warunkach oraz przy zastosowaniu odpowiednich technologii mogą być wykorzystane jako wypełniacz do produkcji mieszanek mineralno-bitumicznych.

W niniejszym opracowaniu zostaną przedstawione wyniki badań nad wykorzystaniem pyłów cementowych jako wypełniacza do mieszanek mineralno-bitumicznych typu betonowego.

2. METODYKA BADAŃ

Badania cech fizykomechanicznych mieszanek mineralno-bitumicznych z wykorzystaniem pyłu cementowego jako wypełniacza, poprzedzone zostały dość obszernymi badaniami składu chemicznego pyłu cementowego oraz ich mieszaniny z wypełniaczem wapiennym. Wyniki tych badań potwierdziły hipotezę o możliwości wykorzystania pyłów cementowych jako wypełniacza do produkcji mieszanek mineralno-bitumicznych.

Badania cech fizykomechanicznych wykonanych na próbkach z mas mineralno-bitumicznych, gdzie rolę wypełniacza spełnia pył cementowy lub mieszanina pyłu cementowego z mączką wapienną, miały na celu:

- 1) opracowanie zasad projektowania mieszanek mineralno-bitumicznych warstwy ścieralnej jezdni drogowej, przy wykorzystaniu pyłu cementowego i mączki wapiennej jako wypełniacza oraz
- 2) zestawienie składu mieszanek mineralno-bitumicznych warstwy ścieralnej i wiążącej, przy użyciu wypełniacza wapiennego i pyłu cementowego, a następnie porównanie wyników.

Zasady projektowania mieszanek mineralno-bitumicznych przeznaczonych na warstwy jezdnie ścieralne i wiążące nawierzchni drogowej, przy wykorzystaniu pyłu cementowego lub mieszaniny pyłu i mączki wapiennej. Nie odbiegają one w sposób istotny od zasad projektowania mieszanek mineralno-bitumicznych betonu asfaltowego przeznaczonego na warstwę ścieralną i wiążącą dla dróg standardu I przy wypełniaczu wapiennym. Tak więc, skład mieszanki mineralno-bitumicznej zarówno przy wypełniaczu wapiennym, jak również przy wypełniaczu z pyłu cementowego lub mieszaniny pyłu cementowego i mączki wapiennej, został dobrany według tych samych zasad.

Skład mieszanki mineralno-bitumicznej, z której zostały wykonane próbki do określenia cech fizykomechanicznych zestawiono w tabelicy 1.

Tabela 1

Zestawienie składu mieszanki mineralno-bitumicznej

Lp.	Rodzaj i nazwa materiału	Warstwa ścieralna		Warstwa wiążąca	
		% skład wypełniacza wapiennego	% skład wypełniacza pyłu cementowego	% skład wypełniacz wapienny	% skład wypełniacz pyłu cementowy
1	Wypełniacz wapienny - Bukowa	7,50		3,70	
2	Wypełniacz pył cementowy - Nowiny		7,00		3,50
3	Piasek - Piekoszów	20,50	21,00	16,00	16,00
4	Grys wapienny 0-5 mm - Górki Szczukowskie	30,00	30,00	28,30	28,50
5	Grys wapienny 5-8 mm - Górki Szczukowskie	17,00	17,00	19,00	19,00
6	Grys wapienny 8-12 mm - Górki Szczukowskie	18,00	18,00	27,50	27,50
7	Asfalt D ₇₀ - Płock	7,00	7,00	5,50	5,50
8	Zawartość frakcji > 2 mm	47,90	47,90	58,00	58,00
9	Zawartość frakcji < 0,075 mm	10,30	10,30	7,10	7,10
10	Gęstość T/m ³	2,69	2,70	2,70	2,70

3. BADANIA MASY MINERALNO-BITUMICZNEJ

W ramach badania cech fizykomechanicznych określono:

- wytrzymałość mieszanek mineralno-asfaltowych na ściskanie w $t = 60^{\circ}\text{C}$,
- zawartość wolnej przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej,
- nasiąkliwość próbek oraz
- zmiany objętościowej i liniowej próbek.

Badania wytrzymałościowe wykonane zostały na próbkach uformowanych z mieszanki mineralno-asfaltowej, w której pył cementowy spełniał rolę wypełniacza oraz na próbkach wykonanych z mieszanki mineralno-asfaltowej przy wypełniaczu wapiennym.

Badania stabilności wg Marshalla wykonano na próbkach:

- bezpośrednio po ich uformowaniu,
- moczonych przez okres 3 dni od ich uformowania i poddanych 14 cyklom zamrażania oraz
- moczonych przez okres 105 dni po ich uformowaniu.

Porównanie wyników wytrzymałości próbek na ściskanie, a uformowanych z mieszanek o tym samym składzie mineralnym ale przy użyciu różnych wypełniaczy wykazało, że wytrzymałość mieszanek mineralno-asfaltowych z wykorzystaniem pyłu cementowego, jako wypełniacza przy warstwach ściernych, jest o 23 - 26% większa od wytrzymałości mieszanek mineralno-asfaltowych wykonanych przy użyciu wypełniacza wapiennego.

Jeżeli chodzi o wytrzymałość mieszanek mineralno-asfaltowych przeznaczonych na warstwy wiążące, przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza określono bezpośrednio po uformowaniu próbki oraz po 105 dniach moczenia, to jest ona większa o 12% w stosunku do wytrzymałości próbek o tym samym składzie mineralnym ale o wypełniaczu wapiennym. Natomiast wytrzymałość próbek wykonanych z mieszanek mineralno-asfaltowych przy zastosowaniu pyłu cementowego jako wypełniacza i poddaniu zamrożeniu jest o 25% mniejsza w stosunku do wytrzymałości próbek wykonanych z tej samej mieszanki ale przy wypełniaczu wapiennym.

Spadek wytrzymałości próbek wykonanych mieszanek mineralno-asfaltowych, a przeznaczonych na warstwy wiążące przy użyciu pyłów cementowych jako wypełniacza i poddanych moczeniu oraz zamrożeniu, w porównaniu do mieszanki mineralno-asfaltowej o tym samym składzie granulometrycznym, ale przy użyciu wypełniacza wapiennego, spowodowany jest większą zawartością próżni w masach mineralno-bitumicznych warstw wiążących nawierzchni drogowych. Niemniej jednak ta ujemna cecha pyłów cementowych, jako wypełniacza w mieszankach mineralno-bitumicznych, jest mniej ważną cechą, gdyż w praktyce budownictwa drogowego warstwy wiążące jezdni drogowej są pokryte wodoszczelną warstwą ścierną, a tym samym nie są one bezpośrednio narażone na działanie wody.

Odkształcalność próbek wykonanych z mieszanek mineralno-bitumicznych - przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza, a przeznaczonych zarówno na warstwy ścieralne, jak i wiążące - jest mniejsza od odkształcalności próbek wykonanych z tych samych mieszanek mineralno-bitumicznych przy wypełniaczu wapiennym.

Badanie nasiąkliwości mieszanek mineralno-bitumicznej dokonano na próbkach wykonanych z tej samej mieszanki, co próbki przeznaczone do badania stabilności wg Marshalla. Wykonane próbki były moczone przez okres 3 dni, a następnie poddane zostały 14 cyklom zamrażania i odmrażania. Wykonano również badanie nasiąkliwości na próbkach poddanych moczeniu przez okres 105 dni, a następnie procesowi zamrażania i odmrażania. Badanie nasiąkliwości oraz zmiany objętościowej i liniowej masy mineralno-bitumicznej wykonano na próbkach uformowanych z masy mineralno-asfaltowej.

Maksymalna nasiąkliwość mieszanek mineralno-asfaltowych warstw ścieralnych przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza wynosi 1,3% i jest ona mniejsza od dopuszczalnej nasiąkliwości normowej, która dla warstw ścieralnych wynosi 2%.

Nasiąkliwość próbek wykonanych z mieszanek mineralno-asfaltowych, gdzie rolę wypełniacza spełnia pył cementowy, a przeznaczonych na warstwy wiążące jezdni drogowych, badano po 14 i po 105 dniach moczenia. Nasiąkliwość ta wynosi odpowiednio: po 14 dniach moczenia 2,8%, po 105 dniach moczenia 3,6%, zaś dopuszczalna nasiąkliwość normowa dla mieszanek mineralno-asfaltowych typu betonowego o tzw. strukturze częściowo zamkniętej wynosi 5% wagowo, czyli otrzymana nasiąkliwość próbek 3,6% jest mniejsza od nasiąkliwości dopuszczalnej.

Jeżeli chodzi o zmiany objętości liniowej próbek, to zmiany te badano po 14 dniach moczenia i zamrażania i po 105 dniach moczenia. Zmiany objętości liniowej próbek zarówno po 14 dniach zamrażania, jak i po 105 dniach moczenia są nieznaczne i wahają się w granicach setnych części mm.

Wyniki badania odkształcenia, stabilności wg Marshalla, a następnie wolnych przestrzeni w mieszance mineralno-asfaltowej, w której jako wypełniacza zastosowano pył cementowy, zestawiono w tablicy 2.

Warto również poinformować, że w roku 1978 rozpoczęto dość obszerne badania cech wytrzymałościowych mas betonu asfaltowego o niezmiennym składzie granulometrycznym ale przy różnej ilości dodawanego asfaltu. Do wykonania tych mas użyto jako wypełniacza:

- a - mączki wapiennej z ZWB k.Kielc,
- b - pyłu cementowego oraz
- c - mieszaniny pyłu cementowego i mączki wapiennej zmieszanej w stosunku 1 : 1.

Ilość dozowanego asfaltu D-70 wynosiła 6, 6,5, 7,0 oraz 7,5%. Dla każdego składu mieszanki wykonano po 3 próbki, a do ich wykonania użyto gryśów wapiennych z kamieniołomu Górki Szozukowskie k.Kielc oraz piasku z piaskowni Piekoszków k.Kielc.

Tablica 2

Wyniki badań odkształcenia, stabilności oraz wolnej przestrzemi w masie mineralno-bitumicznej warstwy ścieralnej i wiążącej przy użyciu pyłów cementowych jako wypełniacza

Rodzaj masy i wypełniacza	Gęstość pozorna w g/cm ³	Gęstość w g/cm ³	Wolna przestrzeń wypełniona asfaltem w % objętości	Stabilność w do N (kg)	Stosunek stabilności masy z użyciem pyłów cementowych do masy z wypełniaczem wapiennym	Odkształcenie w mas
Po wykonaniu próbek						
Warstwa ścieralna	2,42	2,45	-	375	1,23	5
przy użyciu wypełniacza wapiennego						
przy użyciu pyłów cementowych	2,43	2,44	-	460		3,8
Warstwa wiążąca						
przy użyciu wypełniacza wapiennego	2,45	2,48	89,5	425	1,12	3,1
przy użyciu pyłów cementowych	2,45	2,48	89,5	477		3,5
Po 14 dniach mrożenia i zamrażania						
Warstwa ścieralna						
przy użyciu wypełniacza wapiennego	2,41	2,42	95,8	443	1,26	4,8
przy użyciu pyłów cementowych	2,41	2,43	94,1	560		3,9
Warstwa wiążąca						
przy użyciu pyłów cementowych	2,42	2,48	83,0	354		2,6
przy użyciu wypełniacza wapiennego	2,40	2,48	78,7	470	0,75	2,6
Po 105 dniach mrożenia						
Warstwa ścieralna						
przy użyciu wypełniacza wapiennego	2,42	2,45	-	375	1,23	5,00
przy użyciu pyłów cementowych	2,43	2,44	-	460		3,8
Warstwa wiążąca						
przy użyciu wypełniacza wapiennego	2,45	2,48	89,5	425	1,12	3,1
przy użyciu pyłów cementowych	2,45	2,48	89,5	477		3,5

Mieszanka mineralna posiadała następujący skład:

wypełniacz	- 8,0%,
piasek	- 20,0%,
grys 0-5 mm	- 34,0%,
grys 5-8 mm	- 10,0%,
grys 8-12 mm	- 28,0%.

Łącznie wykonano 36 mieszanek, zaś badania wytrzymałości wykonanych próbek z tych mieszanek dokonano:

- bezpośrednio po ich wykonaniu,
- po 28 dniach moczenia i 14 cyklach zamrażania i odmrażania (próbki przez 8 godzin były zamrażane w temp. -23°C oraz odmrażane przez okres 16 godzin w wodzie w temp. $+20^{\circ}\text{C}$),
- po 90 dniach moczenia w wodzie w temp. pokojowej.

Wyniki wytrzymałości próbek wykonanych z betonu asfaltowego z użyciem pyłu cementowego jako wypełniacza, porównywane były do wyników wytrzymałości próbek wykonanych z masy betonu asfaltowego - o tym samym składzie, ale przy użyciu wypełniacza z mączki wapiennej.

Próbki wykonane z betonu asfaltowego - przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza - badano bezpośrednio po ich wykonaniu. Próbki te wykazały większą wytrzymałość (stabilność) - przy wszystkich ilościach dodawanego asfaltu, w stosunku do próbek wykonanych z tej samej masy betonu asfaltowego, ale przy zastosowaniu wypełniacza wapiennego.

Odształcenie próbek wykonanych z betonu asfaltowego przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza, nie przekroczyły 5 mm, a osiadanie to jest mniejsze w porównaniu do próbek wykonanych przy użyciu jako wypełniacza mączki wapiennej.

Analiza wytrzymałości próbek wykonanych z betonu asfaltowego, a następnie moczonych i zamrażanych przez 14 dni oraz próbek moczonych przez okres 90 dni, upoważnia do następujących stwierdzeń:

- stabilność próbek wykonanych z betonu asfaltowego, przy użyciu wypełniacza wapiennego, maleje wraz ze wzrostem ilości dodawanego lepiszcza,
- stabilność próbek wykonanych z betonu asfaltowego, przy użyciu wypełniacza jako mieszaniny pyłu cementowego, również maleje przy zwiększeniu ilości dodawanego lepiszcza, a największą wytrzymałość uzyskuje się przy dodaniu asfaltu w ilości od $6,0 \div 6,5\%$.

Stosując pył cementowy jako wypełniacz samodzielny stabilność masy wzrasta wraz ze zwiększeniem ilości dodawanego lepiszcza. Przy dodaniu 7% lepiszcza stabilność masy uzyskuje się taką samą, jak przy użyciu wypełniacza wapiennego. Natomiast stabilność i odształcenie masy przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza oraz dodatku $7,5\%$ asfaltu, jest lepsza od masy betonu asfaltowego - przy użyciu wypełniacza wapiennego.

Odształcenie próbek wykonanych z masy betonu asfaltowego - przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza - nie przekracza 5 mm i jest znacząco

nie mniejsza we wszystkich badanych próbkach, w porównaniu do osiadania próbek wykonanych z masy betonu asfaltowego, ale przy użyciu wypełniacza wapiennego.

Nasiąkliwość próbek wykonanych z masy betonu asfaltowego określono po 90 dniach moczenia. Największą nasiąkliwość wykazały próbki wykonane z masy betonu asfaltowego - przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza. Nasiąkliwość ta nie przekroczyła jednak wartości 2% i maleje ona wraz ze wzrostem ilości dodawanego lepiszcza oraz zmniejszeniem ilości zawartych próżni, natomiast nasiąkliwość tej samej masy betonu asfaltowego, ale przy użyciu wypełniacza wapiennego, nie przekroczyła wartości 0,2%.

Badanie stabilności i osiadania mas betonu asfaltowego wykazały, że pyły cementowe mogą być stosowane jako wypełniacz, ale przy ilości lepiszcza bitumicznego zawartego w przedziale $7,0 \div 7,5\%$ oraz zawartości próżni w masie betonu asfaltowego, nie przekraczającej 1%.

Badanie stabilności i odkształcenia mas betonu asfaltowego z użyciem pyłów cementowych wykazały, że najlepsze wyniki uzyskuje się przy stosowaniu ilości lepiszcza bitumicznego zawartego w przedziale $7,0 \div 7,5\%$.

Stosowanie pyłów cementowych jako wypełniaczy do warstw nośnych i wiążących, które zostaną pokryte w tym samym roku warstwą ścieralną, a tym samym odizolowane od dostępu wody, mogą być stosowane bez żadnych ograniczeń. Masy te są stabilne i dobrze urabialne. Wyniki uzyskane z badania cech fizykomechanicznych mas mineralno-bitumicznych zestawiono w tabelicy 3.

4. ODCINKI DOŚWIADCZALNE

W roku 1974 na ciągu drogi państwowej na obszarze DODP Kielce, wykonano odcinki doświadczalne warstw wiążących i ścieralnych jezdni drogowych z mas mineralno-asfaltowych z użyciem pyłów cementowych jako wypełniacza.

Odcinki doświadczalne wykonane zostały przez RDP w Busku na trasie Kraków - Sandomierz, odcinek Koszyce - Opatowiec oraz przez RDP Końskie na drodze Żarnów - Sulejów.

Mieszankę mineralną betonu asfaltowego - zarówno warstwy wiążącej, jak i warstwy ścieralnej, wbudowanej na odcinku doświadczalnym - wyprodukowano wg receptury opracowanej przez OLD w Kielcach o następującym składzie:

- a) warstwa wiążąca
- | | |
|--------------------------|---------|
| - pył cementowy | - 3,8% |
| - piasek | - 16,0% |
| - grys wapienny 0-5 mm | - 28,4% |
| - grys wapienny 5-8 mm | - 18,9% |
| - grys wapienny 12-16 mm | - 27,4% |
| - asfalt D - 100 | - 5,5% |
- b) warstwa ścieralna
- | | |
|-----------------|---------|
| - pył cementowy | - 9,3% |
| - piasek | - 23,2% |

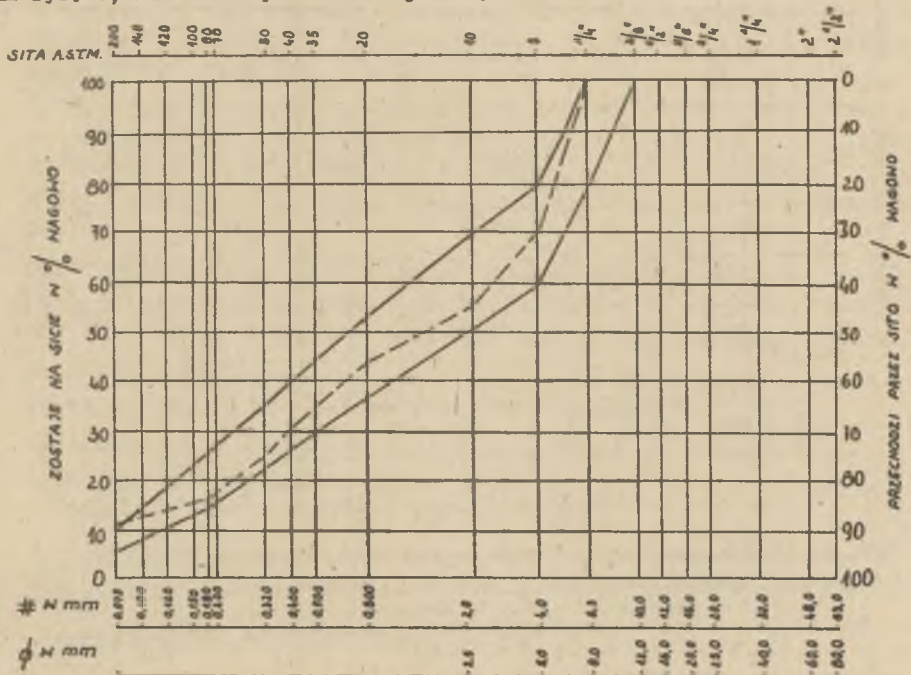
Tabela 3

Zestawienie wartości liczbowych cech fizycznych badanych mas betonu asfaltowego średnioziarnistego o strukturze zamkniętej

Badania wytrzymałości	Stabilność w daf (40)	Ciężar właściwy w mm		Opistość posazna w g/cm ³		Wolumen przemieszczony w masie mieszanki w %		Kształtowość w %								
		6,0	7,0	6,0	7,0	6,0	7,0	6,0	7,0							
po 10h odpoczynku	6,0	6,5	7,0	6,0	6,5	7,0	6,0	6,5	7,0	6,0	6,5	7,0	7,0			
	730	524	517	503	3,8	5,0	5,8	6,1	2,81	2,40	2,39	2,37	1,2	0,8	0,8	
	866	781	708	579	2,8	3,3	3,4	4,6	2,38	2,40	2,37	2,28	2,5	0,8	1,3	0,4
po 10h obróbkowania i odciążenia	706	738	584	548	3,5	4,3	4,7	5,1	2,42	2,40	2,30	2,37	0,8	0,8	0,8	0,8
	630	584	514	512	4,5	4,6	5,0	6,4	2,40	2,41	2,39	2,38	1,6	0,4	0,4	0,4
	432	532	587	579	2,9	3,5	3,6	4,6	2,40	2,41	2,39	2,38	1,6	0,4	0,4	0,4
po 90 dniach mechanicznego	700	740	604	530	3,3	3,9	4,8	4,9	2,40	2,41	2,39	2,37	1,7	0,5	0,5	0,9
	699	600	465	445	4,9	5,6	6,6	7,6	2,42	2,40	2,39	2,38	0,8	0,8	0,4	0,4
	377	437	443	563	4,4	4,1	4,3	4,9	2,36	2,39	2,38	2,38	3,3	1,2	0,9	0,4
	706	599	548	476	3,6	4,4	3,2	5,0	2,40	2,41	2,39	2,30	1,7	0,5	0,5	0,3

- grys wapienny 0-5 mm - 27,8%,
- grys wapienny 5-12 mm - 32,5%,
- asfalt D - 100 - 7,2%.

Krzywą uziarnienia mieszanki mineralnej warstwy wiążącej przedstawiono na rys. 1, zaś warstwy ścieralnej na rysunku 2.



Rys. 1. Krzywe graniczne dobrego uziarnienia mieszank mineralnych

— - graniczne krzywe uziarnienia, - - - krzywa uziarnienia składu mineralnego agregatu na drodze Koszyce - Opatowiec

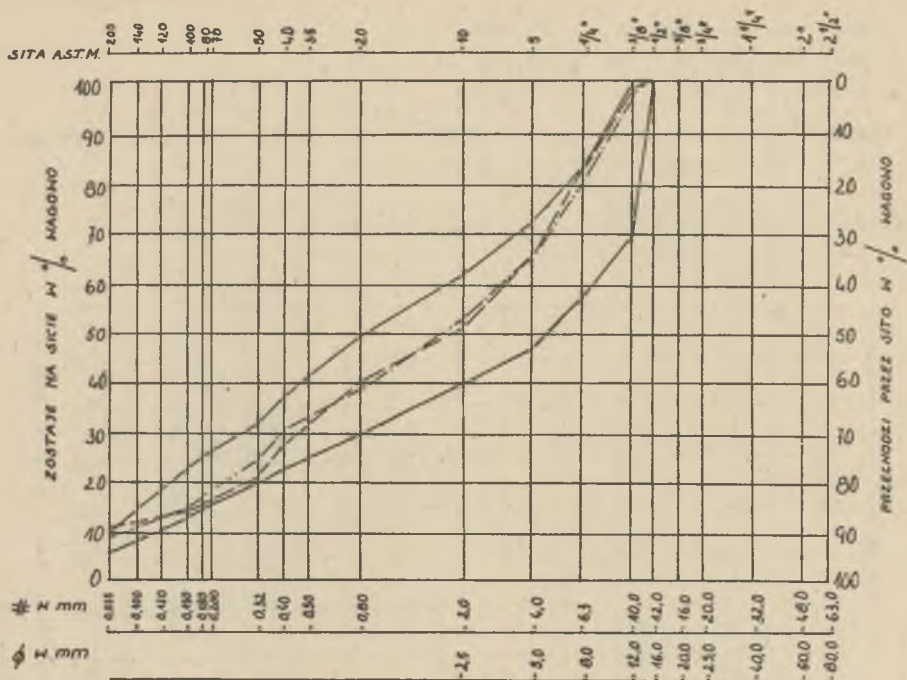
Na drodze państwowej Żarnów - Sulejów wybudowany został odcinek doświadczalny o długości 3,0 km, w którym wbudowano masę betonu asfaltowego warstwy wiążącej o następującym składzie:

- - pył cementowy - 6,6%,
- - piasek - 16,9%,
- - grys wapienny 0-5 mm - 23,5%,
- - grys wapienny 5-8 mm - 9,4%,
- - grys wapienny 12-16 mm - 37,6%,
- - asfalt D-50 - 6,0%,

a krzywą uziarnienia tej mieszanki przedstawiono na rys. 2.

Z masy tej wykonano próbki do badań wg Marshalla, które wykazały:

- stabilność 626 daN/kG,
- odkształcenie 3,1 mm,
- gęstość pozorną 2,4 kg/dm³.



Rys, 2. Krzywe graniczne dobrego uziarnienia mieszanek mineralnych

— graniczne krzywe uziarnienia, - - - - krzywa uziarnienia składu mineralnego agregatu na drodze Koszyce - Opatowiec
 -.-.- krzywa uziarnienia składu mineralnego agregatu na drodze Końskie - Żarnów

Produkowana masa betonu asfaltowego charakteryzowała się prawidłowym wyglądem, a równocześnie nie wykazywała zauważalnych różnic - zarówno jeżeli chodzi o produkcję, rozkładanie (rozścielanie) oraz jej zagęszczenie, w porównaniu do masy betonu asfaltowego przy użyciu wypełniacza wapiennego. Na drodze tej występuje ruch ciężki.

Oba odcinki doświadczalne zostały poddane stałej obserwacji laboratoryjnej i wizualnej. Zarówno warstwa ściernalna, jak również warstwa wiążąca odcinków doświadczalnych eksploatowana jest przez okres 4 lat i nie wykazują one żadnych ubytków, a ich stan techniczny i wizualny nie różni się od odcinków trasy drogowej, na której ułożona została warstwa jezdna z betonu asfaltowego przy użyciu wypełniacza wapiennego.

5. WNIOSKI

Na podstawie wykonanych badań laboratoryjnych oraz obserwacji wybudowanych odcinków doświadczalnych, można wysunąć następujące wnioski ogólne i szczególne, a mianowicie:

1. Pyły cementowe posiadają w swym składzie znaczną ilość węglań wapnia CaCO_3 (około 84%), a stosując mieszaninę pyłu cementowego i mączki wapiennej w stosunku 1:1 uzyskuje się parametry wymagane od skał, z których produkuje się wypełniacze podstawowe.
2. Masa betonu asfaltowego o identycznym składzie mineralogicznym, ale przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza, wykazała właściwości fizykomechaniczne lepsze, niż przy użyciu wypełniacza wapiennego. Nasiąkliwość masy betonu asfaltowego - przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza - jest większa od nasiąkliwości tej samej masy betonu asfaltowego, ale przy użyciu mączki wapiennej jako wypełniacza. Niemniej jednak nasiąkliwość ta nie przekracza dopuszczalnych wartości normowych.
3. Pył cementowy, jako odpad przemysłowy, może być stosowany jako wypełniacz do warstw wiążących i nośnych bez żadnych ograniczeń, jeżeli warstwy te zostaną przykryte w tym samym sezonie bud. warstwą ścierną.
4. Mieszanki mineralno - asfaltowe wykonane przy użyciu pyłu cementowego charakteryzują się dobrą stabilnością i urabialnością.
5. Pył cementowy, jako samodzielny wypełniacz do mas mineralno-bitumicznych warstw ściernych, może być stosowany do budowy nawierzchni odcinkach dróg o ruchu lekkim - standardu III.
6. Pyły cementowe przeznaczone do produkcji mas bitumicznych powinny być przechowywane w pomieszczeniach zamkniętych, bez dostępu wody powodującej ich zbrylanie, a do tego celu najlepiej nadają się silosy. Wilgotność naturalna wypełniaczy nie powinna przekraczać 3%.
7. Projektowanie, produkcja oraz układanie mas bitumicznych z użyciem pyłów cementowych jako wypełniacza, jest takie samo jak przy stosowaniu mas z użyciem wypełniacza wapiennego. Wskazane jest przy projektowaniu mas bitumicznych warstw ściernych, aby zawartość lepiszcza była w ilości powyżej 7%.
8. Warunkiem determinującym uzyskanie dobrej jakości zarówno warstw nośnych, wiążących i ściernych nawierzchni bitumicznych - przy użyciu pyłu cementowego jako wypełniacza - jest ścisłe przestrzeganie technologii ich produkcji, magazynowanie oraz technologii wbudowywania w jezdnię drogową.
9. Wykorzystanie pyłu cementowego - jako odpadu poprzemysłowego, do produkcji mas mineralno-bitumicznych jest zagadnieniem bardzo istotnym, zarówno z punktu widzenia technicznego, jak i ochroną naturalnego środowiska przyrodniczego.

LITERATURA

- [1] Lewinowski Cz., Kular St.: Badania przydatności pyliów cementowych do nawierzchni drogowych (badania chemiczne). Drogownictwo Nr 1/1976 ss. 18-24.
- [2] Kular St.: Pyły cementowe jako spoiwo do warstw nośnych nawierzchni drogowych. Praca doktorska - Wydział Budownictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1978 r.
- [3] Pachowski J.: Popioły lotne i ich zastosowanie w budownictwie drogowym.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БИТУМНЫХ МАСТИК
В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПЫЛИ, КАК ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Р е з ю м е

Работа заключает в себе результаты лабораторных исследований применения цементной пыли, как заполнителя битумных мастик.

THE PHYSICAL-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF BITUMINOUS
MACADAM WITH CEMENT SILT AS A FILLER

S u m m a r y

The paper contains the results of laboratory research of utilization of cement silts as fillers for bituminous macadam.