

Marian ROBAKOWSKI, Jan KMIEĆ

## TONY BITUMICZNE Z KRUSZYWA ŁUPKOWEGO

**Streszczenie.** Przepalane łupki przywęglowe o własnościach podobnych do ceramiki spieczonej stosowane dotychczas z dużym powodzeniem do wytwarzania betonów zwykłych i żaroodpornych mogą być również używane do produkcji betonów bitumicznych. Przeprowadzone badania asfaltobetonu gruboziarnistego z dodatkiem mikrowypełniaczy z mączki wapiennej i popiołów lotnych wykazują, że uzyskane własności techniczne kształtują się bardzo korzystnie. Szacunkowa analiza ekonomiczna wskazuje na opłacalność stosowania kruszywa łupkowego, mimo konieczności dozowania zwiększonych ilości lepiszcza.

### 1. Wstęp

Użyteczne odpady przemysłowe, a wśród nich popioły lotne ze spalania węgla kamiennego oraz samoczynnie przepalane łupki przywęglowe, stanowią wartościowy materiał budowlany do przerobu na kruszywo. W wyniku przeobrażeń termicznych polegających na dehydratacji, reakcji i witrifikacji powstaje z łupków surowych wywożonych na hałdy materiał o własnościach technicznych podobnych do spieczonej ceramiki. Struktura przepalonego łupka charakteryzuje się znaczną niejednorodnością, od zwartej i spieczonej do warstwowej i mikroporowatej.

Dotychczas z dużym powodzeniem podejmowane były próby stosowania łupków i popiołów lotnych do wytwarzania betonów zwykłych i żaroodpornych [2]. Obecnie prowadzone są badania zużytkowania tych odpadów jako kruszywa i mikrowypełniacza do betonów bitumicznych.

### 2. Własności techniczne materiałów zastosowanych do wytwarzania betonów bitumicznych

#### 2.1. K r u s z y w o ł u p k o w e

Zastosowane łupki pochodzą z hałdy przy KWK Rydułtowy II. Cechy techniczne zestawiono w tabelicy 1.

#### 2.2. M i k r o w y p e ł n i a c z e

Zastosowano dwa rodzaje mikrowypełniaczy: mączkę wapienną i popiół lotny z elektrocieplowni KWK Marcel.

Tablica 1

## Cechy techniczne kruszywa łupkowego

Lp.	Rodzaje oznaczeń	Jedr.	Wyniki badań
1.	Gęstość	g/cm <sup>3</sup>	2,56 - 2,70
2.	Gęstość pozorna	g/cm <sup>3</sup>	2,10 - 2,26
3.	Szczelność	%	82,2 - 83,8
4.	Porowatość	%	16,2 - 17,8
5.	Gęstość nasypowa zagęszczona	kg/m <sup>3</sup>	1130 - 1271
6.	Nasiakliwość	%	4,2 - 7,2
7.	Mrozoodporność	%	9,6 - 18,3
8.	Ścieralność w bębnie Devala	%	13,2
9.	Wytrzymałość na miażdżenie - obc. statyczne - obc. dynamiczne	-	1,516 0,667
10.	Wskaźnik emulgacji	-	0,140
11.	Obecność zanieczyszczeń organicznych	-	brak
12.	Przyczepność do bitumu	-	b. dobra
13.	Straty prażenia w temp. 1000°C	%	3,7

Tablica 2

## Własności techniczne mikrowypełniaczy

Lp.	Rodzaje oznaczeń	Jedr.	Wyniki badań	
			mączka wap.	popiół
1	Gęstość	g/cm <sup>3</sup>	2,49	2,21
2	Gęstość nasypowa w stanie	luźnym	1,14	0,68
		zagęszczonym	1,28	0,81
3	Zawartość ziarn poniżej 0,075 mm	%	85,5	94,1
4	Straty prażenia w t. 1000°C	%	-	6,05

## 2.3. Lepiszczak bitumiczne

Zastosowano asfalt drogowy D-100 pochodzący z rafinerii Czechowice. Jego własności techniczne zestawiono w tablicy 3.

Tablica 3

## Własności techniczne asfaltu drogowego

Lp.	Rodzaje oznaczeń	Jedn.	Wyniki badań asfaltu D-100
1	Penetracja w 25 <sup>o</sup> bez ugniatania		102
2	Spadek penetracji	%	26,2
3	Zawartość wody	%	0,0
4	Gęstość w 20 <sup>o</sup> C	g/cm <sup>3</sup>	1,08
5	Temperatura mięknięcia	<sup>o</sup> C	46,0
6	Temperatura zapłonu	<sup>o</sup> C	288
7	Temperatura łamliwości	<sup>o</sup> C	-9 po odper. -7
8	Ciągliwość w 25 <sup>o</sup> C	cm	100 po odper. 86
9	Zawartość składników nierozpuszcz. w C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	%	0,15
10	Zawartość parafiny	%	2,00
11	Odparowalność	%	0,049

## 3. Składniki betonu asfaltowego

W projektowanych asfaltobetonach zastosowano kruszywo łupkowe o uziarnieniu 2-25 mm.

Fracje drobne 0-2 mm zastąpiono piaskiem naturalnym.

## 3.1. Mieszanki kruszywowe

W dążeniu do minimalnego zużycia lepiszcza dobrano mieszanki kruszywowe, spełniające warunek szczelności stosu okrucowego (rys. 1).

Przygotowano dwa rodzaje mieszank: z tradycyjnie stosowanym mikrowypełniaczem w postaci mączki wapiennej oraz z popiołem lotnym. Obydwa rodzaje wypełniaczy posiadają zbliżone uziarnienie, natomiast różnice wynikają z charakteru morfologicznego.

Popioły lotne charakteryzują się znaczną porowatością, zwłaszcza frakcje grubsze.

W obydwu mieszankach frakcję łupka 0-2 mm zastąpiono piaskiem, co też znajduje zastosowanie w praktyce.

Składy ilościowe mieszank:

- mączka wapienna lub popiół lotny 10%,
- piasek kopalny frakcji 0-2 mm 30%,
- grys łupkowy frakcji 2-25 mm 60%.



#### 4. Badania

##### 4.1. P r z y g o t o w a n i e   p r ó b

Do roztopionego asfaltu o temperaturze  $140\pm 160^{\circ}\text{C}$  dozowano kruszywo podgrzane do temperatury  $150\pm 180^{\circ}\text{C}$  w kolejności: mikrowypełniacz, piasek i grys łupkowy. Mieszanke tę gotowano przez  $0,5 \div 1$  godz. utrzymując temperaturę masy w granicach  $150 \div 160^{\circ}\text{C}$ .

Z tak przygotowanej masy formowano próbki o wymiarach  $4 \times 14 \times 16$  cm zagęszczając je w jednakowy sposób ubijakiem. Po wygładzeniu powierzchni próbek zacierano piaskiem. Z każdej mieszanki wykonano po 3 próbki.

##### 4.2. R o d z a j e   b a d a ń

Na przygotowanych próbkach wykonano badania gęstości pozornej metodą hydrostatycznego ważenia, penetracji, nasiąkliwości i gęstości metodą piknometru.

Dla uzyskanych wartości gęstości i gęstości pozornej oznaczono szczelność i porowatość poszczególnych mieszanek. Wyniki badań zestawiono w tablicy 5 porównując je z danymi literaturowymi [1] dla kruszyw tradycyjnych.

Dla lepszej interpretacji wyników badań oraz możliwości uchwycenia optymalnych ilości lepiszcza w masie sporządzono wykresy zależności gęstości i gęstości pozornej od ilości lepiszcza (rys. 2) oraz nasiąkliwości i zawartości próżni w masie od ilości lepiszcza (rys. 3).

#### 5. Omówienie wyników badań

Wyniki przeprowadzonych badań potwierdzają dobrą jakość betonu bitumicznego.

Gęstość pozorna rośnie w miarę zwiększania procentowej zawartości lepiszcza, ale tylko do pewnych granic (rys. 2). Jest to spowodowane wypełnieniem przestrzeni międzyziarnowych asfaltem. Przy dalszym zwiększaniu ilości lepiszcza gęstość pozorna maleje. Znaczny wpływ na gęstość pozorną asfaltobetonów ma domieszka mikrowypełniacza - z popiołem lotnym jest one mniejsza (tablica 5).

Ponadto zastosowanie kruszywa łupkowego zamiast kruszyw tradycyjnych również wpływa na zmniejszenie gęstości pozornej w granicach  $6,5 - 9,0\%$ .

Gęstość asfaltobetonów zależy w dużym stopniu od rodzaju mikrowypełniacza i ilości lepiszcza.

Z dodatkiem mączki wapiennej jest zawsze nieco większa (rys. 2).

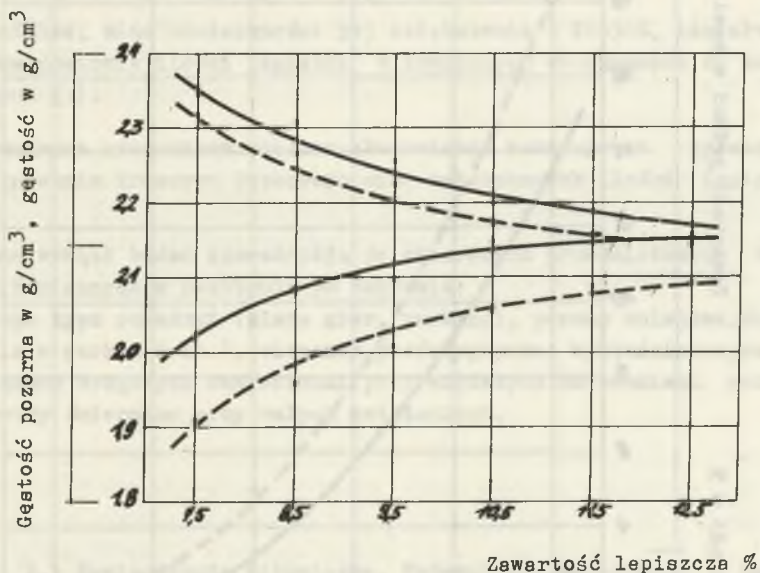
Zawartość próżni w asfaltobetonach jest funkcją ich gęstości i gęstości pozornej i maleje w miarę wzrostu ilości lepiszcza (rys. 3). W przypadku stosowania popiołu lotnego porowatość jest  $0,5 - 4,5\%$  większa. Optymalna ilość lepiszcza kształtuje się na poziomie ok.  $9,5\%$  przy stosowaniu mączki wapiennej, około  $10,5\%$  przy popiołach lotnych. Przy tych ilościach

Tablica 5

## Cechy fizyczne i wytrzymałościowe betonu asfaltowego

Ip.	Ilość lepiszcza i rodzaje badań	Rodzaj mikro-wypełniacza	Jedn. miary	W y n i k i b a d a ń						Dane literaturowe dla betonów na kruszynach tradycyjnych
				7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	
1	Ilość lepiszcza	mączka wap. / popiół lotny	%	2,03	2,09	2,10	2,15	2,16	2,14	5-8 i więcej
2	Gęstość pozorna	mączka wap. / popiół lotny	g/cm <sup>3</sup>	1,91	1,96	2,01	2,06	2,09	2,09	2,30
3	Gęstość	mączka wap. / popiół lotny	g/cm <sup>3</sup>	2,35	2,31	2,26	3,20	2,19	2,17	-
4	Szczelność	mączka wap. / popiół lotny	%	86,5	90,5	93	97	98	98,5	85-100
5	Zawartość próżni w masie	mączka wap. / popiół lotny	%	82	86,5	90,5	95	98	98	0-15
6	Nasiąkliwość wagowa	mączka wap. / popiół lotny	%	13,5	8,5	7	3	2	1,5	do 1,5
7	Penetracja	mączka wap. / popiół lotny	mm	18	13,5	9,5	5	2	2	do 4
		mączka wap. / popiół lotny		1,2	1,0	0,4	0,3	0,1	0,1	
		mączka wap. / popiół lotny		2,4	1,4	0,5	0,4	0,2	0,2	
		mączka wap. / popiół lotny		2	3	3,4	4,0	6,5	10	
		mączka wap. / popiół lotny		0,5	2,5	4,0	4,5	7	9	

lepiszczą porowatość wynosi odpowiednio 7,0 i 9,5%, a więc mieści się w granicach dopuszczalnych 0-15% (tabl. 5) dla asfaltobetonów wykonanych z kruszyw tradycyjnych.



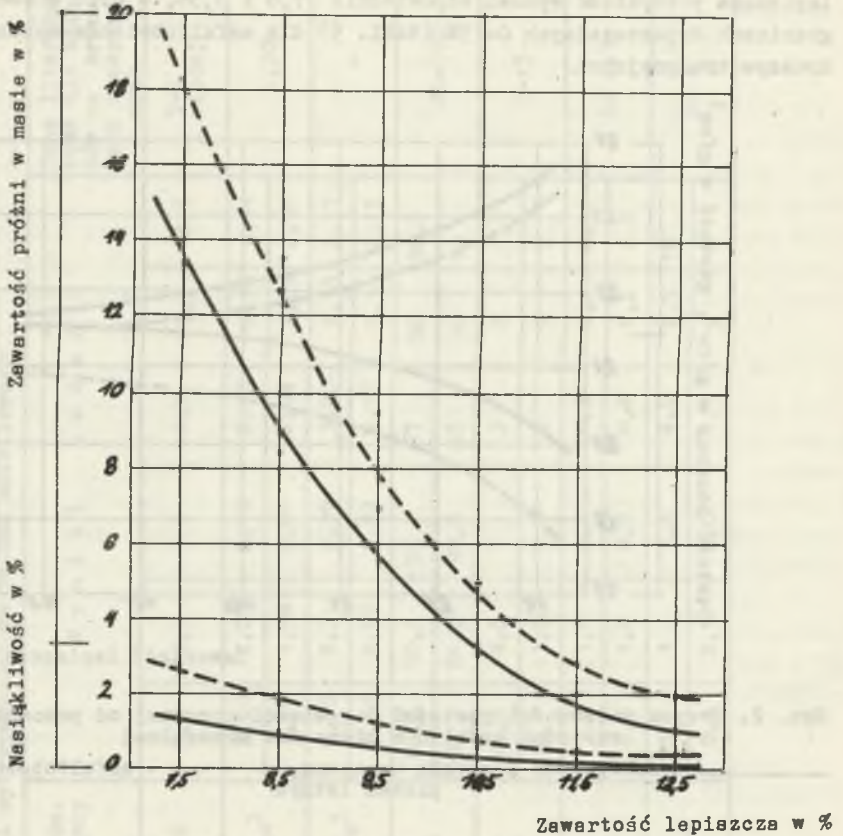
Rys. 2. Krzywe zależności gęstości i gęstości pozornej od procentowej zawartości asfaltu w mieszance mineralnej

———— asfaltobeton z mączką wapienną, - - - - - asfaltobeton z popiołem lotnym

Nasiąkliwość maleje wraz ze wzrostem ilości lepisczka (rys. 3) i przy stosowaniu popiołu lotnego jest o 0,1-1,2% większa, niż z mączką wapienną. Przy optymalnych ilościach lepisczka w granicach 9,5-11,5% nasiąkliwość wynosi 0,5-0,1%. Jest więc mniejsza od dopuszczalnej wartości 1,5% dla asfaltobetonów z kruszyw tradycyjnych (tabl. 5).

Penetracja zwiększa się w miarę wzrostu ilości lepisczka i przy stosowaniu mączki wapiennej jest nieco większa niż z popiołem lotnym. Jest to wynikiem większej chłonności lepisczka przez popioły lotne.

W obydwu przypadkach przy optymalnych ilościach lepisczka i dobrej urobialności mas, penetracja jest nieznacznie większa w porównaniu z dopuszczalną wartością 4 mm (tabl. 5) dla asfaltobetonów z kruszyw tradycyjnych.



Rys. 3. Krzywe zależności nasiąkliwości i zawartości próżni w masie od zawartości asfaltu w mieszance mineralnej

———— asfaltobeton z mączką wapienną, - - - - - asfaltobeton z popiołem lotnym

## 6. Wnioski

- 6.1. Przepalane łupki przywęglowe stosowane dotychczas jako kruszywo do betonów zwykłych i żaroodpornych mogą być również z powodzeniem stosowane do wytwarzania asfaltobetonów.
- 6.2. Uzyskane wyniki cech fizycznych i wytrzymałościowych kształtują się na poziomie wartości dopuszczalnych dla asfaltobetonów z kruszyw tradycyjnych i upoważniają do prowadzenia dalszych badań w tym kierunku.
- 6.3. Optymalne ilości asfaltu niezbędne do uzyskania prawidłowego otoczenia kruszywa lepiszczem i zapewnienia odpowiedniej urabialności wynoszą około 10% przy stosowaniu mikrowypełniacza z mączki wapiennej i



около 11% при стосованiи попиолyв лотных. Ся оне о 20-30% вiекше, нiз при стосованiи крyश्य традиционных.

Звiекшенiе илосiи лепiшчя битумичного споводоване jest вiекшою пороватосiя крyश्य лyпковых и попиолyв лотных.

- 6.4. Илосi асфалту, мiмо konieczносiи jej звiекшенiя о 20-30%, ксшталту-je сiя на poziomи илосiи лепiшчя битумичных стосованых до асфалтyв ланых [1].
- 6.5. Прзепроводзона шзачункова аналiза еконoмiчна wskazuje на опiачалносi стосованiя крyшыва лyпкового мiмо звiекшzonych илосiи лепiшчя.
- 6.6. Отрымане wyniki баданi уповажняю до стосованiя предметовых бетонyв битумичных в настyпуючым zakresиe: wszelkiego typu посадкi (place гiер, parkingи, пероны kolejowe, chодники, алеje паркyв и in.), элементы prefабрыковане wykладзинове, warсты вiязяче drogowых nawierzchni при вiекшых натyженiях ruchu lub warсты шциралне при малых натyженiях.

#### LITERATURA

- [1] Ёuszawski S. Nawierzchnie bitumiczne. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności - W-wa 1968 r.
- [2] Robakowski M., Kmiec J.: Prefабрыковане блоки kominowe на крyшыwie з przepalonych лyпкyв przywугловых. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Gliwice 1972 r.
- [3] PN-70/S-96022 - Drogi i lotniskowe nawierzchnie z betonu asfaltowego.
- [4] PN-67/S-04001 - Metody баданi mas mineralno-bitumicznych i nawierzchni bitumicznych.

#### БИТУМНЫЕ БЕТОНЫ СО СЛАНЦЕВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

#### Резюме

Прокалённые углистые сланцы со свойствами, подобными агломерированной строительной керамике, используемые до настоящего времени с большим успехом для получения обычных и жароупорных бетонов могут также использоваться для производства битумных бетонов.

Проведённые исследования крупнозернистого асфальтобетона с добавкой микрозаполнителей из кальциевой муки и летучей золы показывают, что полученные технические свойства очень хорошо формируются.

Приближённый экономический анализ показывает выгоду применения сланцевого заполнителя, несмотря на дозирование увеличенного количества лепища.

BITUMINOUS CONCRETE OF SHALE AGGREGATES

Summary

Burnt carbonaceous shale with properties which are similar to those of ceramal has been used so far successfully in the production of ordinary and heat-resisting concrete, but in can be used as well for the production of bituminous concrete.

Investigations carried out on coarse-grained asphaltic concrete with an admixture of a micro-filler consisting of powdered lime and fly-ash have shown that the obtained technical properties are very advantageous. An estimative economical analysis proves the remunerativeness of applying shale aggregates, though it is necessary to use increased amounts of binder agents.

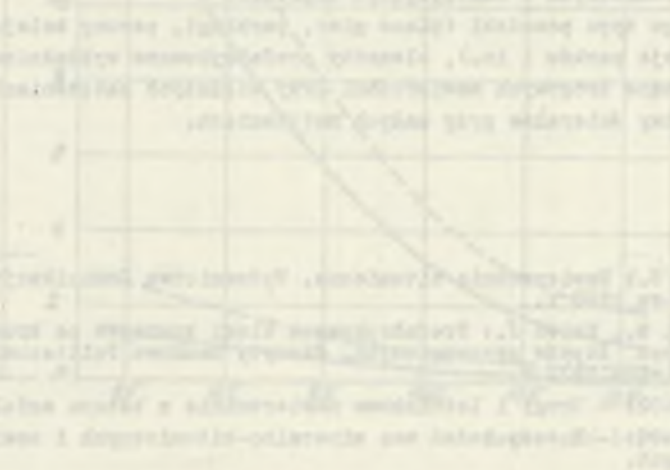


Fig. 3. Change in the strength of asphaltic concrete with increasing amount of binder agents.

Discussion of the results of the investigations carried out on the strength of asphaltic concrete with increasing amount of binder agents. The results show that the strength of the concrete increases with the amount of binder agents. The increase is more pronounced at lower amounts of binder agents and becomes less pronounced at higher amounts. This is due to the fact that the binder agents fill the voids in the concrete and thus increase its density and strength. The results also show that the strength of the concrete is not significantly affected by the type of binder agent used. This is because the binder agents used in the investigations are all of a similar nature and thus have similar properties.