

Jan KMIEĆ

METODA ITERACJI W DOBORZE STRUKTUR MIESZANEK MINERALNYCH
PRZY PROJEKTOWANIU ŚREDNIOZIARNISTEGO BETONU SMOŁOWEGO
Z ŁUPKÓW SAMOCZYNNIE PRZEPALONYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono metodę iteracyjnego doboru uziarnienia mieszanek mineralnych z różnymi wypełniaczami przy projektowaniu betonu smołowego z łupków samoczynnie przepalonych. Wykazano przy tym, że przy kruszywach łupkowych mieszanki mineralne mogą być projektowane w oparciu o krzywe graniczne podane w polskich normach.

1. WSTĘP

Celem pracy jest wykazanie możliwości stosowania metody iteracji przy doborze struktur mieszanek mineralnych do średnioziarnistego betonu smołowego. Zastosowana metoda pozwala prześledzić tworzenie się wszystkich struktur tych mieszanek oraz zapewnia uzyskanie i wybór ich optymalnych składów ziarnowych w funkcji ciągłej.

2. KOPALNIANE ODPADY HAŁDOWE I KIERUNKI ICH ZUŻYTKOWANIA

Zinventaryzowane odpady na terenie Śląsko-Krakowskiego Okręgu Przemysłowego zajmują powierzchnię 1297 ha o pojemności około 182 mln m³ [1]. Ilość ta wraz z wydobyciem węgla ciągle rośnie. Przewiduje się, że w 1985 roku na hałdy zostanie wywiezione kolejne 60 mln ton.

Odpady te wywożone na powierzchnię, gromadzone są w nierównościach terenowych lub w postaci hałd. Podstawowym ich składnikiem są łupki przywęglowe, dzielące się na surowe i przepalone, pozostała część to piaskowce. Łupki surowe tworzą strop i spąg pokładów węgla lub przerastają te pokłady. Posiadają zabarwienie od szarego do czarnego, zróżnicowaną twardość i zawartość węgla występującego w nich w postaci wewnętrznych żył i soczewek lub drobnych, równomiernie rozmieszczonych cząstek. Pod wpływem czynników atmosferycznych po krótkim czasie ulegają rozpadowi na drobne części. Łupki przepalone powstają na hałdzie z łupków surowych w wyniku samozapłonu i przeobrażeń termicznych. Jest to nowy materiał o własnościach podobnych do spieczonej ceramiki.

Dotychczasowe kierunki użytkowania żupków przepalonych to: niwelacja nierówności terenowych, roboty ziemne, podsadzkowe oraz do wytwarzania kruszywa łamanego do betonów cementowych i bitumicznych: betonu asfaltowego [3] i smołowego, co jest przedmiotem niniejszego opracowania [1].

3. POCHODZENIE I RODZAJ ZUŻYTYCH MATERIAŁÓW

Kruszywo żupkowe

Zastosowane żupki pochodzą z hałdy przy KWK "Rydułtowy II". Przed użyciem zostały rozkruszone i posortowane na frakcje: 2-4, 4-8, 8-12 i 12-16 mm. Cechy techniczne kruszywa żupkowego zestawiono w tablicy i następnego artykułu.

Piasek i żwir

Naturalny, płukany z piaskowni Łabędy, rozsortowany na frakcje: 0-0,42, 0,42-0,85, 0,85-2 i 2-4 mm.

Wypełniacze mineralne

Tradycyjny: mączka wapienna z wytwórni Mszana, zastępczy: popiół lotny z elektrowni Młochowice oraz nowo wyprodukowany z żupka przepalonego z hałdy jw.

4. RODZAJE BETONU SMOŁOWEGO I MIESZANEK MINERALNYCH

Beton smołowy w zależności od maksymalnego uziarnienia i proporcji jego składników dzieli się na 3 rodzaje i 8 struktur. Jest to beton drobnoziarnisty o uziarnieniu mieszanki mineralnych do 8 mm i strukturze zamkniętej oraz częściowo zamkniętej, średnioziarnisty do 16 mm i strukturach: zamkniętej, częściowo zamkniętej i otwartej, wreszcie gruboziarnisty do 25 mm o strukturach jak średnioziarnisty.

Zasadniczy wpływ na rodzaj struktury ma procentowa zawartość grysów i wypełniacza, która decyduje o gęstości nasypowej, a więc i o szczelności, czyli strukturze mieszanki mineralnej. Stąd w tytule opracowania pozwolono sobie na rozszerzenie pojęcia struktury betonu również na pojęcie struktury mieszanki mineralnej.

Do badań wytypowano mieszanki średnioziarniste, tj. o środkowym przedziale maksymalnych uziarnień grysu lub żwiru: 2-8, 8-16, 16-25, a więc stojące na pograniczu cech technicznych pomiędzy pozostałymi rodzajami.

Tabela 1

Dobór składu mieszanki grysowo-piasekowej metodą iteracji

Lp.	Składniki wyjściowe Fracje mm i dane	P R Z Y B L I Z E N I A						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Łupek 12-16	2000	2000	2000	2000	2400	2400	2400
2	Łupek 8-12	-	2000	2500	3000	3000	3000	3000
3	Łupek 4-8	-	-	-	-	-	1000	1500
4	Łupek 2-4	-	-	-	-	-	-	-
5	Piasek 0,85-2	-	-	-	-	-	-	-
6	Piasek 0,042-0,85	-	-	-	-	-	-	-
7	Piasek 0,0-0,42	-	-	-	-	-	-	-
8	Mączka wapienna	-	-	-	-	-	-	-
9	Łączna masa g	2000	4000	4500	5000	5400	6400	6900
10	Objętość miesz. (d m ³)	1,652	3,252	3,629	4,065	4,355	5,039	5,267
11	Gęstość nasypowa w stanie zagęszcz. kg/m ³	1,21	1,23	1,24	1,23	1,24	1,27	1,31

cd. tabeli 1

P R Z Y B L I Z E N I A

LP.	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	0	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
1	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
3	2000	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
4	-	-	1000	1500	2000	2500	2750	3000	2750	2750	2750	2750
5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1000	2250	2500
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	7400	6900	7900	8400	8900	3400	9650	9900	9650	10650	11900	12150
10	5,736	5,267	5,852	5,957	6,268	6,573	6,701	6,972	6,701	7,148	7,484	7,594
11	1,29	1,31	1,35	1,41	1,42	1,43	1,44	1,42	1,44	1,49	1,59	1,60

cd. tabeli 1

P R Z Y B L I Z E N I A

l.p.	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g
1	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400	2400
2	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
3	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
4	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750	2750
5	2750	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
6	-	-	1000	2000	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100	2100
7	-	-	-	-	-	2000	3000	3250	3500	3750	4000	3750
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	12400	12150	13150	14150	14250	16250	17250	17500	17750	18000	18250	18000
10	7,799	7,594	7,922	8,227	8,261	8,928	9,375	9,485	9,610	9,683	9,886	9,683
11	1,89	1,60	1,66	1,72	1,725	1,820	1,830	1,835	1,840	1,859	1,846	1,859

Tabela 2

Dobór składu mieszanek mineralnych metodę iteracji

Lp.	Składniki wyjściowe i dane (sm)	P R Z Y B L I Ż E N I A																	
		31			32			33			34			35			36		
		g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
1	Łupek 12-16	2400	13,3	2400	13,2	2400	13,1	2400	13,0	2400	12,9	2400	12,8	2400	12,9	2400	12,8	2400	12,8
2	Łupek 8-12	3000	16,7	3000	16,4	3000	16,3	3000	16,2	3000	16,2	3000	16,0	3000	16,2	3000	16,0	3000	16,0
3	Łupek 4-8	1500	8,4	1500	8,2	1500	8,2	1500	8,2	1500	8,1	1500	8,0	1500	8,1	1500	8,0	1500	8,0
4	Łupek 2-4	2750	15,3	2750	15,0	2750	15,0	2750	14,9	2750	14,8	2750	14,7	2750	14,8	2750	14,7	2750	14,7
5	Piasek 0,85-2	2500	13,9	2500	13,7	2500	13,6	2500	13,5	2500	13,5	2500	13,3	2500	13,5	2500	13,3	2500	13,3
6	Piasek 0,42-0,85	2100	11,6	2100	11,5	2100	11,4	2100	11,4	2100	11,3	2100	11,2	2100	11,3	2100	11,2	2100	11,2
7	Piasek 0-0,42	3750	20,8	3750	20,5	3750	20,4	3750	20,3	3750	20,2	3750	20,0	3750	20,2	3750	20,0	3750	20,0
8	Mączka wapienna	-	0,0	270	1,5	370	2,0	460	2,5	560	3,0	750	4,0	18750	100	18750	100	18750	100
9	Łączna masa	18000	100	18270	100	18370	100	18460	100	1855	100	18750	100	18750	100	18750	100	18750	100
10	Gęstość nasypowa w stanie zagęszczonym kg/dcm ³	1,859		1,901		1,914		1,928		1,942		1,952		1,952		1,952		1,952	
11	Gęstość nasypowa zagęszczona. Zmieszanie mączki wapiennej popiołu kg/dcm ³	1,859		1,863		-		1,872		-		1,892		1,892		1,892		1,892	
12	Gęstość nasypowa zagęszczona. Zmieszanie mączki wapiennej mączka łupkowa kg/dcm ³	1,859		1,861		-		1,863		-		1,880		1,880		1,880		1,880	
13	Gęstość nasypowa zagęszcz. Łupek 2-4 zast. Żwirzem 2-4	1,965		1,965		-		1,978		-		2,004		2,004		2,004		2,004	

cd. tabeli 2

PRZYBLIŻENIA

Lp.	37		38		39		40		41		42		43		44	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
1	2400	12,7	2400	12,5	2400	12,4	2400	12,4	2400	12,3	2400	12,3	2400	12,2	2400	12,1
2	3000	15,8	3000	15,7	3000	15,6	3000	15,5	3000	15,4	3000	15,3	3000	15,2	3000	15,2
3	1500	7,9	1500	7,8	1500	7,8	1500	7,8	1500	7,7	1500	7,7	1500	7,6	1500	7,6
4	2750	14,5	2750	14,4	2750	14,3	2750	14,2	2750	14,2	2750	14,0	2750	14,0	2750	13,9
5	2500	13,2	2500	13,0	2500	13,0	2500	12,9	2500	12,8	2500	12,8	2500	12,7	2500	12,6
6	2100	11,1	2100	11,0	2100	10,9	2100	10,8	2100	10,8	2100	10,7	2100	10,7	2100	10,6
7	3750	19,8	3750	19,6	3750	19,5	3750	19,4	3750	19,3	3750	19,2	3750	19,1	3750	19,0
8	950	5,0	1150	6,0	1250	6,5	1350	7,0	1450	7,5	1560	8,0	1670	8,5	1780	9,0
9	18950	100	19150	100	19250	100	19350	100	19460	100	19560	100	19670	100	19780	100
10	1,966		1,980		1,982		1,992		2,008		2,018		2,020		2,023	
11	1,905		1,918		-		1,926		-		1,936		-		1,940	
12	1,892		1,900		-		1,907		-		1,915		-		1,927	
13	2,016		2,034		-		2,055		-		2,062		-		2,070	

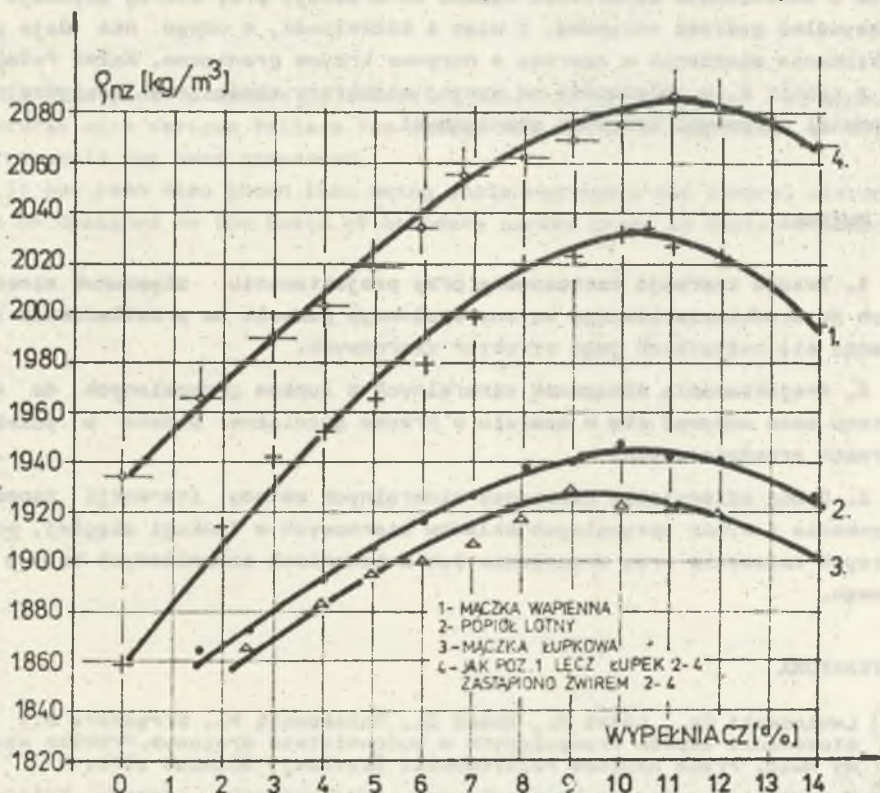
cd. tabeli 2

PRZYBLIŻENIA

Lp.	45		46		47		48		49		50		51	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
1	2400	12,1	2400	12,0	2400	11,9	2400	11,9	2400	11,7	2400	11,6	2400	11,5
2	3000	15,1	3000	15,0	3000	14,9	3000	14,8	3000	14,6	3000	14,5	3000	14,3
3	1500	7,5	1500	7,5	1500	7,5	1500	7,4	1500	7,3	1500	7,3	1500	7,2
4	2750	13,8	2750	13,7	2750	13,7	2750	13,6	2750	13,4	2750	13,3	2750	13,2
5	2500	12,6	2500	12,5	2500	12,4	2500	12,4	2500	12,3	2500	12,1	2500	11,9
6	2100	10,6	2100	10,5	2100	10,4	2100	10,4	2100	10,3	2100	10,1	2100	10,0
7	3750	18,8	3750	18,8	3750	18,7	3750	18,5	3750	18,4	3750	18,1	3750	17,9
8	1890	9,5	2000	10,0	2110	10,5	2220	11,0	2450	12,0	2630	13,0	2930	14,0
9	1900	100	20000	100	20110	100	20220	100	20450	100	20690	100	20930	100
10	2,028		2,031		2,035		2,027		2,024		2,009		1,995	
11	-		1,947		-		1,942		1,939		-		1,925	
12	-		1,924		-		1,922		1,920		-		1,928	
13	-		2,076		-		2,087		2,082		-		2,068	

5. INTERACYJNY DOBÓR STRUKTUR MIESZANEK MINERALNYCH

Struktura betonu smołowego zależy od procentowego składu ziarnowego mieszanki mineralnej oraz procentowej zawartości lepiszcza, przy czym zasadniczy wpływ ma tutaj zawartość wypełniacza, która warunkuje ilościowy udział pozostałych składników. Im szczelniejszy stos okruskowy mieszanki piaskowo-grysowej oraz wyższy procentowy udział wypełniacza tym bardziej szczelna struktura betonu. Aby więc uzyskać taki stos okruskowy w mieszance mineralnej zastosowano przy mieszaniu kruszywa metodę iteracji [2] która polega na dodawaniu do kruszywa grubszego kruszywa drobniejszego aż do uzyskania maksymalnej gęstości nasypowej w stanie zagęszczonym. Badania prowadzono w dwóch etapach. W etapie pierwszym uzyskano maksymalnie szczelny stos mieszanki grysowo-piaskowej, tabela 1. W etapie drugim tak uzyskany stos grysowo-piaskowy z przybliżenia 31 tabeli 1, uszczelniano różnymi wypełniaczami aż do uzyskania jego maksymalnej gęstości nasypowej. W ostatnim przypadku łupek 2-4 zastąpiono żwirem 2-4, tabela 2. Ilustrację graficzną drugiego etapu przedstawiono na rys. 1. W ten sposób uzyskano, w



Rys. 1. Zależność gęstości nasypowej zagęszczonej mieszanki grysowo-piaskowej ρ_{nz} od rodzaju i % zawartości wypełniaczy

przybliżeniach 31-51 tab. 2, całą gamę struktur mieszanek mineralnych. Są to według podziału literaturowego i technologicznego struktury otwarte: o zawartości mączki mineralnej do 2,5%, częściowo zamknięte: 5-8% i zamknięte: 9-13%. Zagęszczanie mieszanek mineralnych prowadzone zgodnie z polskimi normami drogowymi.

6. OMÓWIENIE WYNIKÓW

W technologii betonu bitumicznego normy podają dla poszczególnych jego rodzajów i struktur odpowiednie krzywe graniczne uziarnienia. Dotyczy one kruszyw tradycyjnych. Przy nowych kruszywach i wypełniaczach należy jednak sprawdzić metodę iteracji lub inną skład ziarnowy, przy którym uzyskuje się maksymalne zagęszczenie mieszanki. Zastosowanie tutaj metody iteracji, mimo swojej pracochłonności pozwala na prześledzenie tworzenia się wszystkich struktur mieszanek mineralnych. Od otwartej do zamkniętej wraz z określeniem zawartości mączki mineralnej, przy której uzyskuje się maksymalną gęstość nasypową, a więc i szczelność, a czego nie daje projektowanie mieszanek w oparciu o normowe krzywe graniczne. Każda receptura z tabeli 2, w zależności od swojej struktury mieści się pomiędzy odpowiednimi normowymi krzywymi granicznymi.

7. WNIOSKI

1. Metoda iteracji zastosowana przy projektowaniu mieszanek mineralnych do średnioziarnistego betonu smołowego pozwala na prześledzenie tworzenia się wszystkich jego struktur ziarnowych.

2. Projektowanie mieszanek mineralnych z żupków przepalonych do tego betonu może odbywać się w oparciu o krzywe graniczne podane w polskich normach przedmiotowych.

3. Dobór uziarnienia mieszanek mineralnych metodą iteracji zapewnia uzyskanie i wybór optymalnych składów ziarnowych w funkcji ciągłej, przydatnych zwłaszcza przy stosowaniu ich w badaniach czynnikowych betonu smołowego.

LITERATURA

- [1] Lewinowski Cz., Leśko M., Kmieć J., Robakowski M., Strycharz B.: Zastosowanie żupków przepalonych w budownictwie drogowym. Problem węzłowy MG1E. Praca naukowa Politechniki Śląskiej, Gliwice 1976.
- [2] Kuczyński W.: Betony konstrukcyjne. Projektowanie metodą kolejnych przybliżeń. Wyd. Budown. i Arch., Warszawa 1956.
- [3] Robakowski M., Kmieć J.: Betony bitumiczne z kruszywa żupkowego. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej z. 42, Gliwice 1976.

МЕТОД ИТЕРАЦИИ ПРИ ПОДБОРЕ СТРУКТУР МИНЕРАЛЬНЫХ
СМЕСЕЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СРЕДНЕЗЕРНИСТОГО
ДЕГОбЕТОНА ИЗ САМОПРОИЗВОЛЬНО ПРОКАЛИВАЮЩЕГОСЯ
УГЛИСТОГО СЛАНЦА

Резюме

В работе рассматривается итерационный метод подбора зерновой фракции минеральных смесей с различными заполнителями для получения дегобетона из самопроизвольно прокаливающих углистых сланцев.

Установлено, что при применении сланцевой крошки минеральные смеси могут создаваться по предельным кривым, приведенным в польских стандартах.

ITERATION METHOD USED FOR SELECTION OF MINERAL MIXTURE
COMPOSITION APPLIED FOR DESIGN OF MEDIUM-GRAIN TAR CONCRETE
MADE OF SELF-BURNT SHALE

Summary

In this paper a method of iterative selection of graining of mineral mixtures with various fillers for design the tar concrete made of self-burnt shale has been presented.

It has been also shown that using shale-aggregate the mineral mixtures can be designed on the basis of boundary curves given in Polish Standards.