

Andrzej PORSZKE

Laboratorium Inżynierii Łądowej LABOTEST, Katowice

## WPLYW ZMIENNOŚCI PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH ODPADÓW POWĘGLOWYCH ZE SKŁADOWISKA KWK „SIEMIANOWICE” NA MOŻLIWOŚĆ ICH WYKORZYSTANIA W BUDOWNICTWIE DROGOWYM

**Streszczenie.** Zbadano trzy próbki brzdowe odpadów powęglowych ze składowiska KWK „Siemianowice” różniące się stopniem przeobrażenia termicznego. Wykazano wpływ przemian termicznych na zróżnicowanie parametrów geotechnicznych badanych próbek, wyrażonych między innymi takimi parametrami, jak: straty masy przy prażeniu  $I_2$ , mrozoodporność, wskaźnik piaskowy  $WP$ , współczynnik filtracji  $k_{10}$ , wskaźnik różnoziarnistości  $U$ , zawartość drobnych frakcji. Przeprowadzone badania pozwoliły wykazać korzystny wpływ przemian termicznych na wartość użytkową odpadów powęglowych jako materiału do budowy nasypów drogowych.

## THE INFLUENCE OF GEOTECHNICAL PARAMETERS VARIABILITY IN CASE OF THE COAL MINING WASTE FROM THE COAL MINING WASTE DUMP OF “SIEMIANOWICE” COALMINE ON THE POSSIBILITY OF ITS UTILIZATION IN ROAD BUILDING

**Summary.** Three channel samples of the coal mining waste from the coal mining waste dump of “Siemianowice” coalmine were examined. They had a different level of thermal alteration. It was shown that there is an influence of thermal changes on the diversification of geotechnical parameters of the examined samples described among others by the following parameters: losses mass at ignition  $I_2$ , freeze resistance, sand equivalent  $SE$ , water permeability coefficient  $k_{10}$ , variety indicator  $U$ . The research showed an advantageous influence of thermal changes on the utilization value of the coal mining waste as a material for building road banks.

## 1. Wstęp

Wykorzystywanie odpadów powęglowych w budownictwie inżynieryjnym jako materiału do formowania nasypów, szczególnie drogowych, staje się coraz powszechniejsze w rejonie Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. Proste metody eksploatacji, duża liczba składowisk odpadów powęglowych zapewniająca krótki transport do prowadzonych inwestycji, niska cena materiału, odzyskiwanie terenów zdegradowanych w ciasnej aglomeracji GOP to niektóre cechy przemawiające za wykorzystywaniem tych odpadów w budownictwie inżynieryjnym, a także za szukaniem dla nich nowych zastosowań. Wspólne składowanie odpadów powęglowych pochodzących z robót górniczych oraz zakładu przerobczego, a także procesy naturalne zachodzące w bryle składowiska – wietrzenie fizyczne, chemiczne i biochemiczne oraz przede wszystkim proces samozapłonu, który w konsekwencji prowadzi do częściowego lub całkowitego przepalenia materiału odpadowego, znacząco różnicuje ten materiał pod względem geotechnicznym.

W literaturze można znaleźć wiele prac przedstawiających wyniki badań geotechnicznych odpadów powęglowych GOP wykazujące zmienność ich parametrów (Wileński 1986 – 1995, Skarżyńska i Zawisza 1987, Skarżyńska i in. 1987, Skarżyńska i in. 1988, Michalski i in. 1988, Skarżyńska i in. 1991, Szczepańska 1993, Burda i Skarżyńska 1995, Skarżyńska 1997, Kawalec B. 1998, Kawalec J. 1998). Nie dotyczą one jednak zmienności w obrębie jednego zwałowiska, lecz wskazują na różnice odpadów pochodzących z różnych składowisk.

W pracy przedstawiono wyniki badań parametrów geotechnicznych próbek odpadów powęglowych pobranych bruzdowo ze zwałowiska KWK „Siemianowice” z różnych głębokości, z części składowiska odznaczających się odmiennym zabarwieniem świadczącym o różnym stopniu ich przepalenia.

Celem niniejszej pracy były badania zmienności parametrów geotechnicznych odpadów powęglowych ze składowiska KWK „Siemianowice”, odznaczających się różnym stopniem przeobrażeń termicznych. Wyniki badań wykorzystano do oceny możliwości zastosowania tych odpadów w budownictwie drogowym.

## 2. Metodyka i zakres badań

Do badań wytypowano część składowiska odpadów powęglowych KWK „Siemianowice”, która została udostępniona robotami eksploatacyjnymi na potrzeby budownictwa inżynierskiego. Próbkę do badań, każda o masie ok. 200kg, pobrano z dwóch części składowiska wyróżniających się takimi cechami, jak zmienne zabarwienie oraz makroskopowo widoczne zróżnicowane uziarnienie odpadów. Pobrano trzy próbki bruzdowe, a mianowicie:

- próbka nr I – z soczewki położonej w górnej części składowiska, 4 m poniżej jego powierzchni, o maksymalnej miąższości ok. 2,5 m, o zróżnicowanym uziarnieniu – od bardzo drobnociarnistego do grubociarnistego i barwie ciemnoszarej, miejscami prawie czarnej, bez makroskopowo widocznych stref nadtopienia materiału;
- próbka nr II – z warstwy położonej w górnej części składowiska, 2 m poniżej jego powierzchni, o miąższości ok. 4 m, o uziarnieniu podobnym jak w próbce nr I, lecz o barwie rdzawopomarańczowej z brunatnymi odcieniami i niewielkimi, miejscowymi strefami nadtopienia materiału;
- próbka nr III – z warstwy dolnej przyspagowej, zawierającej materiał grubociarnisty, zespolony w duże, nieforemne bryły, o miąższości około 10 m o barwie ciemnobrunatnej, miejscami rdzawopomarańczowej lub jasnokremowej.

Należy podkreślić, że do badań nie pobrano zewnętrznej części warstwy przypowierzchniowej składowiska, która zwykle nie jest wykorzystywana do robót inżynierskich, z uwagi na zawarte w niej znaczne ilości części organicznych.

Wszystkie próbki odpadów powęglowych opisano makroskopowo ze szczególnym zwróceniem uwagi na zaznaczające się przejawy przemian termicznych. Z próbek bruzdowych przez pomniejszenie metodą kwartowania wydzielono próbki analityczne, które przeznaczono do badań wybranych parametrów geotechnicznych. Oznaczono następujące parametry:

- straty masy przy prażeniu  $I_z$  wg PN-88/B-04481,
- ścieralność w bębnie Los Angeles wg PN-79/B-06714,
- mrozoodporność wg PN-78/B-06714/20,
- kalifornijski wskaźnik nośności  $CBR$  przy zagęszczeniu do wartości wskaźnika zagęszczenia  $I_s = 1,00$  oraz pęcznienie wg PN-S-02205: 1998 Zał. A,
- zawartość części organicznych  $I_{om}$  wg PN-88/B-04481,

- maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntowego  $\rho_{ds}$  i wilgotność optymalną  $w_{opt}$  wg PN-88/B-04481,
- wskaźnik piaskowy  $WP$  po 5-krotnym zagęszczeniu w aparacie Proctora przy energii  $0,59J/cm^3$  wg PN-EN 933-8: 2000,
- współczynnik filtracji  $k_{10}$  materiału w stanie luźnym i zagęszczonym przy wartości wskaźnika zagęszczenia  $I_s = 1,00$  wg PN-55/B-04492 oraz
- wykonano analizę granulometryczną wg PN-EN 933-1: 2000.

Skład granulometryczny określono dla próbek w stanie naturalnym, po ich zagęszczeniu w aparacie Proctora do wskaźnika zagęszczenia  $I_s = 1,00$  i po 25 cyklach zamrażania i odmrażania. Na podstawie wyników analizy granulometrycznej obliczono wskaźnik różnoziarnistości według wzoru:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

gdzie:

$U$  - wskaźnik różnoziarnistości,

$d_{60}$ ,  $d_{10}$  - średnice zastępcze ziaren, poniżej których w badanej próbce zawarte jest odpowiednio 60% i 10% wag. materiału, odczytane z krzywych granulometrycznych (rys. 1, 2 i 3).

### 3. Omówienie wyników badań

#### 3.1. Charakterystyka odsłoniętego przekroju składowiska odpadów powęglowych KWK „Siemianowice”

Na odsłoniętej powierzchni pionowej składowiska odpadów powęglowych KWK „Siemianowice” wyróżniono dwie charakterystyczne części: górną przypowierzchniową i dolną przyspagową.

Część przypowierzchniowa składowiska o miąższości ok. 10 m zawiera głównie materiał luźny grubo- i drobnoziarnisty, w którym występują niewielkie strefy zespojenia tych okruszków w bryły o średnicach nie przekraczających kilkadziesiąt centymetrów. W strefach tych obserwuje się obecność ziaren z termicznymi nadtopieniami powierzchni. Część przypowierzchniowa wykazuje nierównomierne zabarwienie od barwy ciemnoszarej do rdzawopomarańczowej z brunatnymi odcieniami. Często obserwuje się występowanie naprzemianległych nieregularnych warstw o miąższości od kilkunastu do kilkudziesięciu

centymetrów, sporadycznie powyżej jednego metra, zawierających odpady o zmiennym uziarnieniu od gruboziarnistego do bardzo drobnoziarnistego.

Część przysypagowa wykazująca także około 10 m miąższości zawiera silnie zespojony, często przetopiony materiał grubookruchowy, tworzący duże nieforemne bryły o średnicy dochodzącej nawet do kilkunastu metrów. Wykazuje ona barwy w odcieniach ciemnobrunatnych, miejscami rdzawopomarańczowych lub jasnobezowych. Charakterystyczną cechą tej części odpadów jest ich wysoka zwięzłość, a także duży udział wolnych przestrzeni pomiędzy poszczególnymi scementowanymi okruchami skalnymi.

### 3.2. Charakterystyka petrograficzna próbek odpadów powęglowych

Próbkę nr I stanowi mieszanina odpadów od drobno- do gruboziarnistych. Makroskopowo rozpoznawalne okruchy stanowią przede wszystkim fragmenty iłowców i mułowców oraz nieznacznej ilości skoksowanego węgla. Większość okruchów wykazuje barwę ciemnoszarą, silnie zwięzłą teksturę z często zaznaczającą się podzielnością łupkową. Niektóre fragmenty skał pokryte są drobnokrystalicznymi minerałami wtórnymi, świadczącymi o zachodzących procesach hipergenicznych w obrębie tej części składowiska. Poza obecnością nielicznych okruchów skoksowanego węgla, nie obserwowano widocznych makroskopowo przejawów oddziaływania termicznego. Znaczną część próbki (około 25% wag.) stanowi luźny materiał drobnoziarnisty pochodzący bądź z dezintegracji grubszych okruchów powstałych w czasie składowania, bądź też rozkruszonych w zakładzie wzbogacania węgla.

Próbkę nr II tworzy, podobnie jak próbkę nr I, mieszanina frakcji drobno- i gruboziarnistej o barwie rdzawopomarańczowej z pojedynczymi okruchami skalnymi o barwach brunatnych i jasnokremowych. W składzie petrograficznym wyróżniono termicznie zmienione iłowce i mułowce oraz nieznaczną ilość okruchów piaskowców, a także spopielonych łupków węglowych. W znikomych ilościach obecne są produkty przeobrażeń termicznych tych skał w postaci żużli. Zdecydowana większość okruchów skalnych poza zmianą zabarwienia wykazuje cechy typowe dla tych skał, jedynie we fragmentach skalnych przejawiających wyższy stopień przeobrażeń termicznych stwierdzono spękania i podwyższoną porowatość związaną z ich odgazowaniem. Okruchy te charakteryzują się także ciemniejszymi barwami w odcieniach brunatnych, a ich powierzchnie wykazują często szklisty połysk. Występujące w tej próbce żużle odznaczają się barwą ciemnoszarą, prawie czarną, szklistym połyskiem i bardzo wysoką porowatością,

przypominającą strukturę pumeksu. Na powierzchniach okruchów skalnych obserwuje się też krystalizację minerałów wtórnych. W próbce obecne są dość liczne, luźne ziarna (około 20% wag.) trudne do identyfikacji makroskopowej z uwagi na małe wymiary.

Próbka nr III składa się z silnie spieczonego i w znacznym stopniu przetopionego materiału grubookruchowego. Wykazuje barwy od ciemnobrunatnej, miejscami ciemnoszrej, poprzez odcienie barw czerwonych do jasnokremowych. W składzie petrograficznym odspojonych z warstwy przyspągowej okruchów wyróżniono silnie przeobrażone termicznie fragmenty o pierwotnych cechach iłowców i mułowców oraz piaskowców. Występują także znaczne ilości porowatych żużli i zbitych spieków, tworzących się na odsłoniętych powierzchniach okruchów. Produkty przeobrażeń skał drobnoziarnistych – iłowców, mułowców charakteryzują się występowaniem podłużnych otwartych spękań, na powierzchni których utworzyły się warstewki spieku o charakterystycznym połysku tłusto-szklistym, lub półmetalicznym. Żużle mają zmienne zabarwienie, wysoką porowatość i szklisty połysk. W produktach przeobrażeń piaskowców obserwuje się stopniowe przetopienie poszczególnych składników aż do przejścia w fazę szklistą o barwie od ciemnobrunatnej do czarnej.

### 3.3. Wyniki badań parametrów geotechnicznych odpadów powęglowych

Wyniki badań parametrów geotechnicznych odpadów powęglowych KWK „Siemianowice” zawiera tablica 1.

Zmienny stopień przeobrażeń termicznych badanych próbek wyrażają straty masy przy prażeniu  $I_2$ , których wartości są najwyższe w próbce nr I i znacznie niższe w próbkach nr II i III.

Wyraźną tendencją malejącą cechują się wartości ścieralności, co świadczy o wzroście odporności na ścieranie odpadów powęglowych wskutek oddziaływania temperatury.

Podobną tendencją cechuje się także mrozoodporność. Próbka nr III, o największym stopniu przepalenia, uzyskała najniższą wartość tego parametru. Charakterystyczne jest jednak to, że próbka nr II cechuje się wyższą wartością mrozoodporności od próbki nr I, mimo iż makroskopowo wykazuje wyższy stopień przeobrażeń termicznych od próbki nr I. Spowodowane jest to najprawdopodobniej występowaniem w tej próbce większej ilości okruchów skalnych o charakterystycznej podzielności łupkowej, które podczas zamrażania uległy rozwarstwieniu na drobniejsze fragmenty, co można było zaobserwować makroskopowo. Należy jednak podkreślić, że próbka nr I, która makroskopowo nie wykazuje

znaczących przemian termicznych, uzyskała wartość zaledwie 14,5% mrozoodporności, w przypadku gdy nieprzepalone odpady powęglowe wykazują zazwyczaj całkowity brak odporności na procesy zamrażania i odmrażania (Kawalec B. 1998, Kawalec J. 1998, Wileński 1986 – 1995, bieżące badania Laboratorium Inżynierii Lądowej „Labotest” Sp. z o.o.).

Tablica 1

## Wyniki badań parametrów geotechnicznych badanych próbek

Rodzaj badania	Jednostka	Wynik		
		Próbka nr I	Próbka nr II	Próbka nr III
Straty masy przy prażeniu $I_2$	%	29,45	5,60	1,50
Ścieralność	%	35,36	33,96	26,93
Mrozoodporność	%	14,5	20,8	4,5
Kalifornijski wskaźnik nośności CBR	%	11,2	15,6	22,0
Pęcznienie liniowe	%	0,08	0,31	0,53
Zawartość części organicznych $I_{om}$	%	1,46	1,75	0,20
Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego $\rho_{ts}$	kg/m <sup>3</sup>	1708	1694	1430
Wilgotność optymalna $w_{opt}$	%	14,5	9,1	10,7
Wskaźnik piaskowy $WP$	-	43	48	73
Współczynnik filtracji $k_{10}$				
- w stanie luźnym	m/dobę	20,9	65,3	137,9
- w stanie zagęszczonym		0,0	1,1	97,1
Wskaźnik różnoziarnistości $U$				
- w stanie naturalnym	-	405	219	4
- po zagęszczeniu		81	98	12
- po zagęszczeniu i 25 cyklach z.-o.		78	83	12

Tendencję wzrostową w kierunku odpadów o silniejszym stopniu przepalenia wykazuje kalifornijski wskaźnik nośności  $CBR$  (od ok. 11% do 22%), choć dla przepalonych odpadów powęglowych wartość ta powinna się mieścić w przedziale od 40 do 80% (Wileński 1986 – 1995). Może to być spowodowane znaczną obecnością silnie porowatych, kruchych żużli oraz spopielonych łupków węglowych.

Równocześnie zauważa się, że przy najwyższej wartości kalifornijskiego wskaźnika nośności  $CBR$  próbka charakteryzuje się największym pęcznieniem (0,53%). Uzyskane wartości pęcznienia liniowego świadczą jednak o niewielkiej skłonności odpadów powęglowych do zwiększania swej objętości pod wpływem wody.

Zawartość części organicznych  $I_{om}$  w badanych próbkach jest zróżnicowana. Próbki I i II wykazują wartości charakterystyczne dla odpadów powęglowych nieprzepalonych (od 0,8 do 8,6% wg Skarżyńskiej, 1997), i tylko w próbce nr III wartość ta wskazuje na jej stopień przeobrażenia termicznego. Mając na uwadze charakter makroskopowy próbek, szczególnie

próbki nr II, w której zawartość części organicznych spośród badanych próbek jest najwyższa, należy sądzić, że części organiczne zawarte w tych próbkach są obcego pochodzenia i wartości te nie mogą stanowić oceny stopnia przeobrażeń termicznych odpadów powęglowych.

Wraz ze wzrostem stopnia przepalenia obserwuje się spadek maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego  $\rho_{ds}$ . Najniższą wartość tego parametru uzyskała próbka nr III, co wiąże się przede wszystkim z jej grubookruchowym uziarnieniem.

Wartości wilgotności optymalnej  $w_{opt}$  nie korelują w pełni z wartościami maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego. Zauważa się jednak spadek ich wartości w próbkach wykazujących wyższy stopień przemian termicznych.

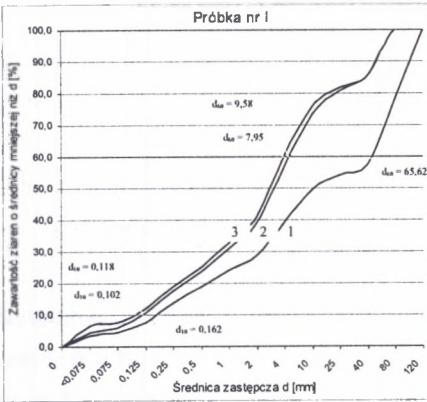
Wyraźną tendencję wzrostową w kierunku odpadów o wyższym zaangażowaniu termicznym wykazuje wskaźnik piaskowy  $WP$ . Świadczy to o spadku zawartości frakcji ilasto – pylastej w tych próbkach.

Podobną tendencję wzrostową wykazuje także współczynnik filtracji  $k_{10}$ . Jednak po zagęszczeniu w próbce nr I wartość tego współczynnika spadła do zera, a próbka nr II wykazała nieznaczną wodoprzepuszczalność. Natomiast próbka nr III osiągnęła zdecydowanie wyższą wartość tego parametru, odpowiadającą nawet wymaganiom stawianym materiałom przeznaczonym do warstw filtrujących ( $k_{10} > 8\text{m/dobę wg PN-B-11113: 1996}$ ).

Wskaźnik różnoziarnistości  $U$  wykazuje znaczny spadek swych wartości w próbce nr III, co spowodowane jest jej w miarę jednorodnym, grubookruchowym uziarnieniem. Jednak w tej próbce, jak i w próbkach I i II wartość wskaźnika różnoziarnistości wynosi powyżej 3, co świadczy o dobrej zagęszczalności materiału reprezentowanego przez te próbki.

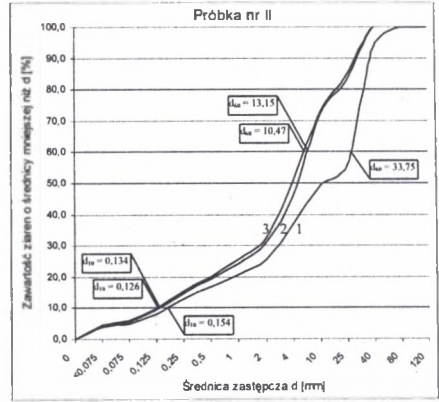
Krzywe granulometryczne (rys. 1, 2 i 3) badanych próbek w stanie naturalnym wskazują na brak drobnych frakcji (do 2 mm) w próbce nr III, przy ich zawartości ok. 30% w próbce nr I i ok. 25% w próbce nr II. Wskazuje to jednoznacznie na spadek zawartości drobnych frakcji w kierunku odpadów o silniejszym stopniu przeobrażenia termicznego, co potwierdzają także uzyskane wartości wskaźnika piaskowego  $WP$  badanych próbek. W próbkach zagęszczonych wyraźnie jednak rośnie zawartość drobnych frakcji, co świadczy o intensywnej degradacji materiału w trakcie tego procesu. Proces zamrażania i odmrażania zagęszczonych wcześniej próbek nie powoduje już dalszego, tak znaczącego rozdrobnienia materiału, a w przypadku próbki nr III proces ten praktycznie w ogóle się nie zaznaczył. Można zatem wnioskować, że proces zamrażania materiału po wcześniejszym jego zagęszczeniu nie wpływa znacząco na zmianę jego uziarnienia.





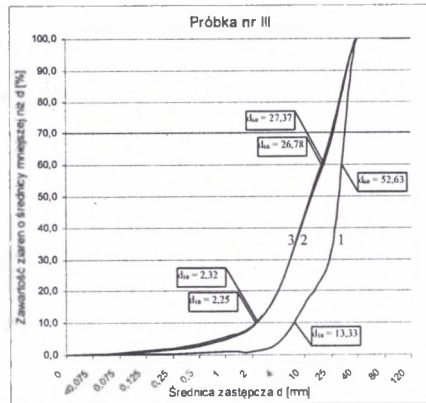
Rys. 1. Krzywe granulometryczne próbki nr I: 1 – w stanie naturalnym, 2 – po zagęszczeniu, 3 – po zagęszczeniu i 25-krotnym zamrażaniu

Fig. 1. Gradation curves for sample I: 1 – in natural state, 2 – after compaction, 3 – after compaction and freezing 25 - times



Rys. 2. Krzywe granulometryczne próbki nr II: opis jak w rys. 1

Fig. 2. Gradation curves for sample II: description as for fig. 1



Rys. 3. Krzywe granulometryczne próbki nr III: opis jak w rys. 1

Fig. 3. Gradation curves for sample II: description as for fig. 1

#### 4. Ocena możliwości wykorzystania odpadów do budowy nasypów drogowych

Polska Norma PN-S-02205: 1998 stawia konkretne wymagania, jakie powinny spełniać materiały stosowane do budowy nasypów drogowych. Parametry geotechniczne, takie jak: maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego (wymagane  $\rho_{ds} > 1600 \text{ kg/m}^3$ ),

wskaźnik różnoziarnistości (wymagane  $U > 3$ ) i zawartość części organicznych (wymagane  $I_{om} < 2\%$ ) są podstawowymi parametrami klasyfikującymi materiały niespoiste (z pominięciem żużli i popiołów) jako przydatne do wbudowywania w dolne warstwy nasypów drogowych, poniżej strefy przemarzania oraz w warstwy nasypów w strefie przemarzania do wysokości co najmniej 0,5 m od niwelety robót ziemnych. Natomiast takie parametry, jak: zawartość drobnych cząstek ( $< 0,075$  mm i  $< 0,02$  mm), wskaźnik piaskowy  $WP$ , kapilarność bierna  $H_{kb}$ , wykonywana wg PN-60/B-04493 (parametry charakteryzujące grunty pod względem ich wysadzinowości), współczynnik filtracji (wymagane  $k_{f0} > 5,2$  m/dobę) oraz wskaźnik różnoziarnistości (wymagane  $U > 5$ ) klasyfikują dodatkowo te materiały jako możliwe do wbudowywania w górną warstwę nasypu o grubości 0,5 m od niwelety robót ziemnych.

Próbki I i II charakteryzują się maksymalną gęstością objętościową szkieletu gruntowego  $\rho_{ds}$  powyżej wymaganej wartości  $1600 \text{ kg/m}^3$ , ich wskaźniki różnoziarnistości  $U$  wynoszą powyżej 5, a zawartość części organicznych  $I_{om}$  nie przekracza 2%. Pozwala to na wbudowywanie materiału reprezentowanego przez te próbki w dolne partie nasypów drogowych, poniżej strefy przemarzania oraz w strefę przemarzania do wysokości 0,5 m od niwelety robót ziemnych. Oznaczone w próbkach I i II wartości  $CBR > 10\%$  spełniają wymagania stawiane materiałom wbudowywanym w warstwy o podwyższonej nośności nasypów dróg ekspresowych i autostradowych. Wg PN-S-02205: 1998 próbki I i II są gruntami niewysadzinowymi<sup>1</sup>, lecz nie spełniają wymagania wodoprzepuszczalności stawianego górnej półmetrowej warstwie nasypu, co dyskwalifikuje je jako materiał możliwy do wbudowania w tę część nasypu. Należy także podkreślić, że mimo różnicy stopnia termicznego przeobrażenia obu próbek, wartości ich parametrów geotechnicznych są do siebie zbliżone. Ponadto w przypadku mrozoodporności i pęcznienia liniowego próbka nr I wykazuje zdecydowanie lepsze wartości niż próbka nr II.

Próbka nr III, z wyjątkiem maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego  $\rho_{ds}$ , uzyskała wartości parametrów odpowiadające materiałom stosowanym do budowy nasypów drogowych, aż do górnej powierzchni robót ziemnych wraz z warstwami o podwyższonej nośności. Z doświadczenia wiadomo, że ciężki sprzęt budowlany (walce okołkowane) zdecydowanie bardziej rozdrabniają materiały podczas ich zagęszczania, niż są one rozdrabniane w aparacie Proctora. W taki sposób zagęszczony materiał, reprezentowany

<sup>1</sup> Grunty niewysadzinowe wg PN-S-02205: 1998 charakteryzują się zawartością cząstek  $< 0,075$  mm w ilości  $< 15\%$ , zawartością cząstek poniżej  $< 0,02$  mm w ilości  $< 3\%$ , kapilarnością bierną ( $H_{kb}$ )  $< 1,0$  m oraz wskaźnikiem piaskowym ( $WP$ )  $> 35$ .

przez próbkę nr III, utraciłby swój pierwotny grubookruchowy charakter, co spowodowałoby znaczny wzrost maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego tego materiału do wartości powyżej  $1600 \text{ kg/m}^3$ . Ponadto ze względu na bardzo wysoki współczynnik filtracji  $k_{10}$  tej próbki w stanie zagęszczonym  $k_{10} = 97,1 \text{ m/dobę}$  możliwe jest zastosowanie tego materiału do warstw filtrujących.

## 5. Wnioski

Odpady ze składowiska KWK „Siemianowice” wykazały znaczne zróżnicowanie cech makroskopowych, takich jak: barwa, uziarnienie, zwięźłość oraz obecność produktów przeobrażeń. Zróżnicowanie tych cech umożliwiło wyróżnienie dwóch części składowiska o odmiennym stopniu przeobrażenia termicznego:

- słabiej przeobrażoną część górną przypowierzchniową i
- silnie przeobrażoną część dolną przyspagową.

Próbki odpadów pobrane z wydzielonych części składowiska wykazały wyraźne zróżnicowanie parametrów geotechnicznych, co dowodzi dużego wpływu na te wartości intensywności procesów termicznych zachodzących na składowiskach odpadów powęglowych.

W wyniku procesów termicznych jakość odpadów powęglowych jako surowca do budowy nasypów drogowych ulega znacznemu polepszeniu.

## LITERATURA

1. Burda H., Skarzyńska K.M.: Zestawienie wyników badań wytrzymałości na ścinanie odpadów powęglowych GZW. Kat. Mech. Gruntów i Bud. Ziemn. Akademia Rolnicza w Krakowie 1995.
2. Kawalec B.: O możliwości stosowania odpadów kopalnianych do budowy nasypów dróg i autostrad. IV Międzynarodowa Konferencja: „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce, 5-6 maja 1998.
3. Kawalec J.: Badania polowe odpadów kopalnianych zastosowanych do formowania nasypów drogowych. IV Międzynarodowa Konferencja: „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe”, Kielce, 5-6 maja 1998.
4. Michalski P., Łacheta S., Burda H., Kozielska-Sroka E.: Studium naukowo-badawcze odnośnie możliwości wykorzystania odpadów powęglowych KWK „Makoszowy” do wznoszenia obwałowań potoku Chudowskiego. Akademia Rolnicza, KMGiBZ, Kroków 1988.

5. PN-B-11113: 1996 – Kruszywa mineralne. Kruszywa naturalne do nawierzchni drogowych; piasek.
6. PN-S-02205: 1998 – Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
7. Skarżyńska K.M., Zawisza E.: The study of saturated coal mining waste under the influence of long-term loading. 2<sup>nd</sup> Int. Symp. on Reclam., Treatm. and Utiliz. of Coal Mining Wastes, Nottingham, UK, 1987.
8. Skarżyńska K.M., Kozielska-Sroka E., Burda H., Michalski P.: Laboratory and site investigations on weathering of coal mining waste as a fill material in earth structures. 2<sup>nd</sup> Int. Symp. on Reclam., Treatm. and Utiliz. of Coal Mining Wastes, Nottingham, UK 1987.
9. Skarżyńska K.M., Kozielska-Sroka E., Setmajer J.: Charakterystyka petrograficzna odpadów powęglowych w aspekcie ich wykorzystania w budownictwie hydrotechnicznym. Przegląd Górnicy nr 3, 1988.
10. Skarżyńska K.M., Kozielska-Sroka E., Ratajczyk T.: Próba ustalenia zależności pęcznienia odpadów powęglowych od ich składu petrograficznego. Przegląd Górnicy nr 9, 1991.
11. Skarżyńska K.M.: Odpady powęglowe i ich zastosowanie w inżynierii lądowej i wodnej. Wyd. Akademii Rolniczej w Krakowie 1997.
12. Szczepańska J.: Ocena zmienności parametrów hydrogeologicznych odpadów górnictwa węgla kamiennego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (GZW). Gospodarka Surowcami Mineralnymi. Tom 9, Zeszyt 1, Wyd. CPPGSMiE PAN, Kraków 1993.
13. Wileński P.: Prace Zakładu Geotechniki IBDiM w Warszawie 1986 – 1995.

Recenzent: Prof. dr hab. Lidia Chodyniecka

## Abstract

The coal mining waste from the coal mining dump of "Siemianowice" coalmine are characterized by diversification of such macroscopic features as: colour, graining, firmness and presence of alteration products. The diversification of those features allowed to distinguish two parts of the coal mining waste dump that have a different level of alteration: less altered, upper, near-surface part where samples I and II were taken and strongly altered, lower, near-floor part where sample III was taken.

The research done showed that the waste samples depending on the part of the coal mining waste dump they come from are characterized by diversification of geotechnical parameters values. The greatest diversification was observed for the values of the following parameters: losses mass at ignition  $I_2$  (from 29,45% to 1,50%), freeze resistance (from 20,8% to 4,5%), sand equivalent  $SE$  (from 43 to 73), water permeability coefficient  $k_{10}$  of the

material in a natural state (from 20,9m/24hours to 137,9m/24hours) and after compaction (from 0,0m/24hours to 97,1m/24hours), variety indicator  $U$  in a natural state (from 405 to 4).

The presented diversification of geotechnical parameters of the examined samples shows a changeable usability of the stored coal mining waste as a raw material for building road banks. The waste coming from the upper part of the dump is a material suitable for lower parts of road banks, below the freezing zone, and within the freezing zone to 0,5m from the formation level and also for increase loadbearing layers expressway and motorway banks. The waste from the lower part of the dump have considerably better values of geotechnical parameters corresponding with materials used for building road banks to the formation level together with increase loadbearing layers expressway and motorway banks.