ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1972

Seria: BUDOWNICTWO z. 29 Nr kol. 346

Marian Bela, Tadeusz Cisek, Bogdan Kawalec,
Zenobia Kopka, Józef Śliwa

CECHY FIZYCZNE I MECHANICZNE POPIOŁÓW ENERGETYCZNYCH I OCENY ICH PRZYDATNOŚCI DO ROBÓT INŻYNIERYJNYCH

Streszczenie. W artykule omówiono problem wykorzystania odpadów energetycznych do robót inżynieryjnych. Przedstawiono wyniki badań cech fizycznych i mechanicznych odpadów o różnym uziarnieniu. Zwrócono uwagę na podobieństwa i różnice między nimi a gruntami mineralnymi rodzimymi. Scharakteryzowano badane odpady energetyczne pod kątem przydatności do wykonywania nasypów budowli ziemnych oraz jako podłoże.

1. Wstęp

Kraj nasz w latach powojennych, a szczególnie w ostatnim dziesięcioleciu, charakteryzuje się dynamicznym rozwojem przemysłu. Rozwój różnych gałęzi przemysłu jest w dużej mierze uzależniony od poziomu energetyki. W naszych warunkach podstawowym surowcem energetycznym jest węgiel. W nowszych elektrowniach wykorzystywane są (jako materiał energetyczny) gorsze gatunki węgla i miały węglowe, co powoduje powstawanie zwiększonej ilości odpadów energetycznych.

Przykładowo w elektrowni "Halemba" gromadzi się w osadnikach około 800 ton popiołów energetycznych na dobę, natomiast w skali GOP dobowy przyrost odpadów energetycznych wynosi 4200 ton na dobę [1]. Istnieje więc problem składowania stosunkowo dużych mas popiołów. Aby prawidłowo ukształtować zbocza zwałowisk i skarpy obwałowań osadników, konieczne jest określenie pewnych cech fizycznych i mechanicznych tego rodzaju odpadów. Znajomość tych cech pozwoli również na określenie innych możliwości zastosowania.

W niniejszej pracy podamy metodykę i wyniki badań popiołów pochodzących z elektrowni "Halemba", [2], dokonana zostanie również ocena przydatności popiołów do robót inżynieryjnych.

2. Badania własności fizyko-mechanicznych popiołów

Ocena makroskopowa popiołów energetycznych wskazuje na ich podobieństwo do drobnoziarnistych gruntów mineralnych. To spostrzeżenie było podstawą przyjęcia metodyki badań stosowanej przy badaniach gruntów budowlanych. Uzyskujemy w ten sposób możliwość dokonania porównań cech przedmiotowych odpadów z cechami gruntów powszechnie stosowanych do robót inżynieryjnych. Płaszczyzną porównań są również normy gruntowe opracowane dla gruntów budowlanych.

Badaniami objęto określenie podstawowych cech fizyko-mechanicznych, tj.: ciężaru właściwego, ciężaru objętościowego, wilgotności naturalnej, wilgotności optymalnej, maksymalnej wartości ciężaru objętościowego szkieletu, kątów tarcia wewnętrznego i spójności, modułów ściśliwości i wskaźników wodoprzepuszczalności [2].

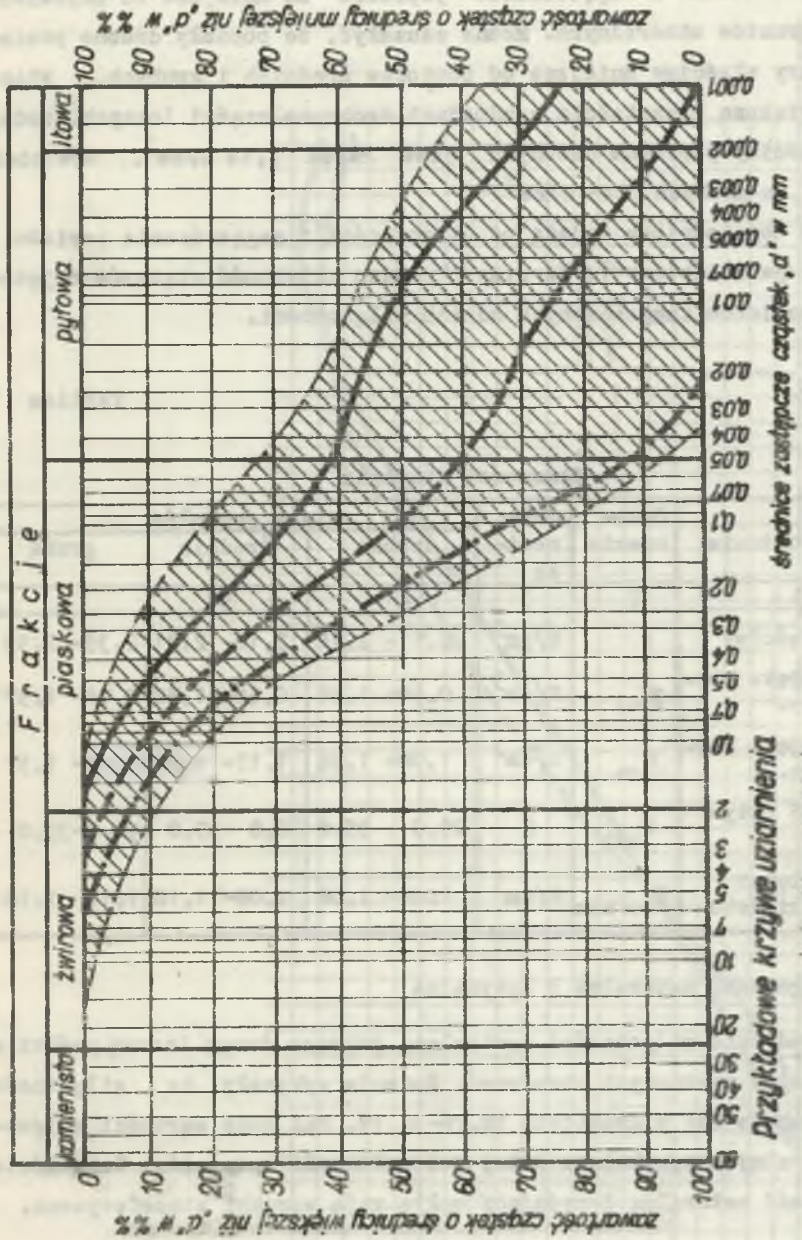
2.1. Wyniki badań

2.1.1. Uziarnienie

Popioły w postaci zawiesiny kierowane są na składowisko rurociągami zakończonymi stałymi punktami wypływu. Powoduje to nierównomierne uziarnienie składowiska. W pobliżu punktów wypływu opadają najszybciej największe ziarna popiołu. Im dalej od miejsca wypływu, tym osadzaniu ulegają coraz to drobniejsze ziarna i cząstki.

Biorąc to pod uwagę, do badań pobrano próbki z rejonu wypływu zawiesiny (odpady klasy grubej), z partii środkowych (klasa średnia) i z miejsc o dużym oddaleniu od punktu wypływu (klasa drobna).

Charakterystyczne wykresy uziarnień przedstawiono na rys. 1. Jak widać, uziarnienie badanego popiołu odpowiada piaskom średnim do pylastych, pyłom i pyłom piaszczystym, iłom i glinom ciężkim.



Rys. 1. Obszar krzywych uziarnienia

2.1.2. Ciężary właściwe i objętościowe

Ciężary właściwe i objętościowe popiołów są mniejsze od odpowiednich dla gruntów mineralnych. Można zauważyć, że popioły drobne posiadają ciężary właściwe mniejsze od popiołów średnich i grubych. Wiąże się to z większą zawartością w odpadach drobnych części lotnych. Średni ciężar właściwy popiołów drobnych jest rzędu 2,14 G/cm^3, średnich 2,20 G/cm^3, a grubych 2,45 G/cm^3.

Ciężary objętościowe zależą od wilgotności i zagęszczenia popiołu, zestawiono je w tablicy 1. Na rys. 2 podano zależność ciężarów objętościowych popiołów zagęszczonych od ich wilgotności.

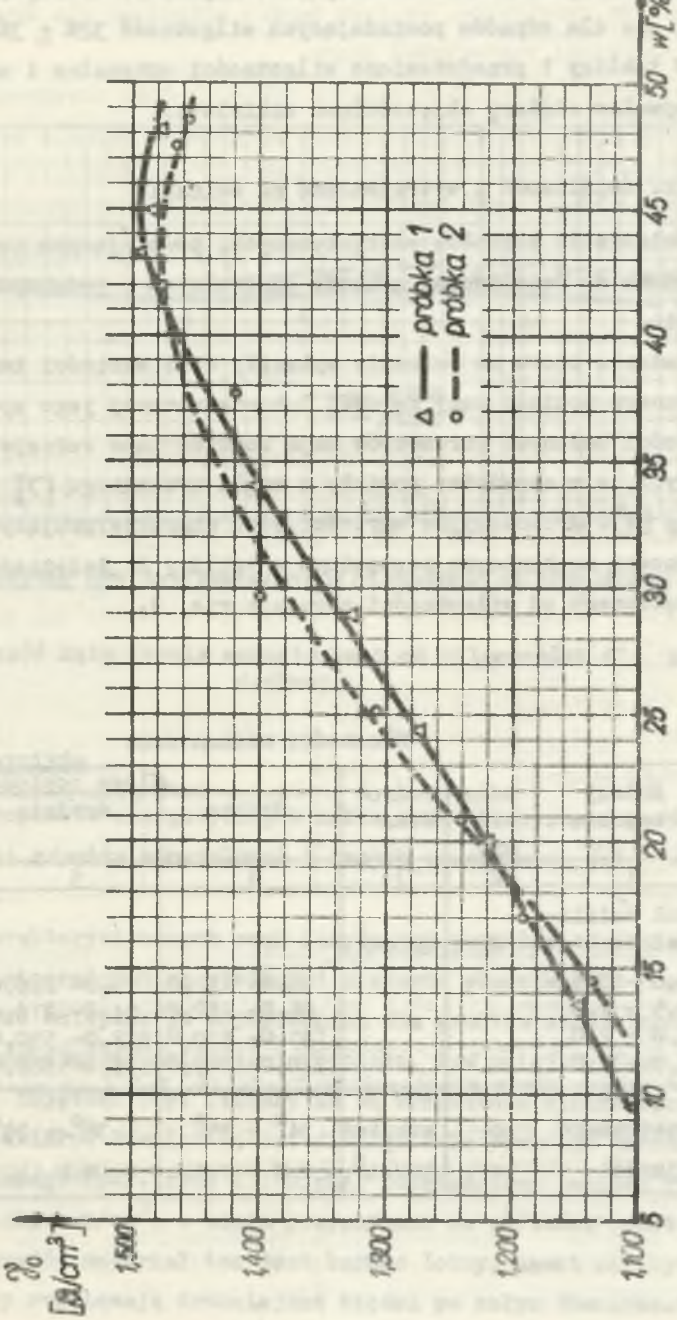
Tablica 1

Własności fizyczne

Rodzaj badania	Oznaczenie	Jednostka	Klasa popiołów		
			drobna	średnia	gruba
1	2	3	4	5	6
Ciężar właściwy	γ	G/cm^3	2,11- 2,16	2,18- 2,21	2,39- 2,53
Ciężar objęt. pop. luźno usyp.	γ_{ol}	G/cm^3	0,60- 1,56	0,69- 1,52	0,74- 1,57
Ciężar objęt. pop. zagęszczon.	γ_{oz}	G/cm^3	1,08- 1,56	1,17- 1,52	1,19- 1,57
Wilgotność optymalna	w_{opt}	%	29,0 - 35,0	30,0 -35,0	30,0-35,0
Maksym. ciężar objęt. szkieletu	$\gamma_{os\ max}$	G/cm^3	1,06- 1,08	1,08- 1,10	1,16- 1,18

2.1.3. Wilgotność naturalna i optymalna

Dla określenia wilgotności nautralnej pobrano drogą losową próbki z różnych miejsc wykonanych obwałowań. Badania wykazały, że wilgotność popiołów wahała się w granicach 18,7%-34,1%. Tak duże wartości wilgotności naturalnych wynikają z dużej wodochłonności popiołów. Oczywiście na wilgotność naturalną decydujący wpływ mają warunki atmosferyczne.



Rys. 2. Zależność ciężaru objętościowego od wilgotności dla klasy drobnej

Badania wilgotności optymalnej przeprowadzono metodą znormalizowaną Proctora. Wyniki badań wskazują, że najlepsze efekty zagęszczenia otrzymuje się dla odpadów posiadających wilgotność 32% ± 3%.

W tablicy 1 przedstawiono wilgotności optymalne i odpowiadające im maksymalne ciężary objętościowe szkieletu.

2.1.4. Ściśliwość i wytrzymałość na ścinanie

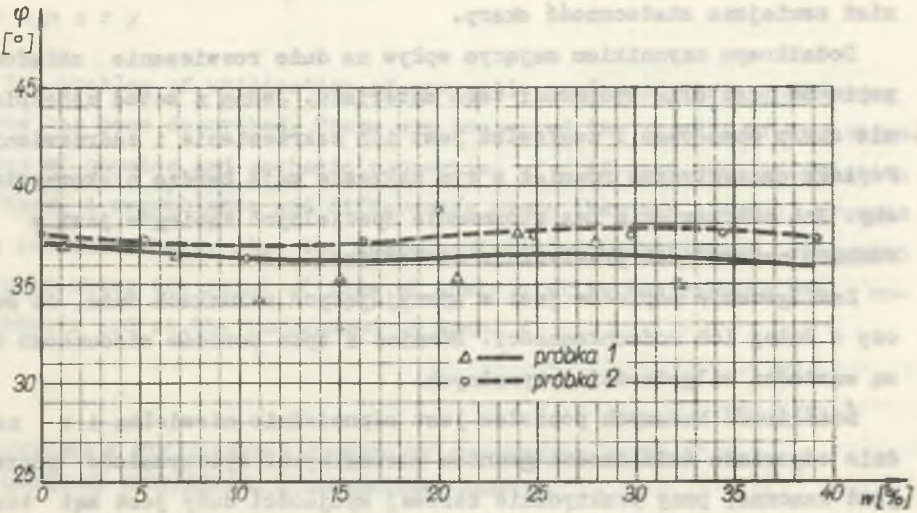
Ściśliwość popiołów energetycznych, powstających na bazie węgla, jest zbliżona do ściśliwości gruntów mineralnych o podobnym składzie uziarnienia.

Badania oporu na ścinanie wykazały duże wartości kątów tarcia wewnętrznego popiołu przy zerowej lub nieznacznej jego spójności. Podobne wartości badanych parametrów mają również inne rodzaje odpadów przemysłowych, a mianowicie; popioły z węgla brunatnego [3] i odpady kopalniane [4]. Orientacyjne wartości cech charakteryzujących poszczególne własności mechaniczne zestawiono w tablicy 2. Zależności kątów tarcia wewnętrznego od wilgotności obrazuje rys. 3.

Tablica 2

Własności mechaniczne

Rodzaj badania	oznaczenie	Jednostka	Klasa popiołów		
			drobna	średnia	gruba
1	2	3	4	5	6
Moduł ściśliwości	E	kG/cm^2			
0,0 - 0,5			56,0- 142,0	79,0- 220,0	52,0- 195,0
0,5 - 1,0			86,0- 252,0	94,0- 270,0	93,0- 336,0
1,0 - 2,0			131,0- 570,0	222,0- 590,0	165,0-1960,0
2,0 - 4,0			320,0-1269,0	535,0-1860,0	280,0-2520,0
Kąt tarcia wewnętrznego	φ	stopień	34° - 39°	36° - 39°	35° - 43°
Spójność	c	kG/cm^2	0,0 - 0,1	0,0	0,0



Rys. 3. Zależność kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności dla klasy drobnej

Rys. 3. Zależność kąta tarcia wewnętrznego od wilgotności dla klasy drobnej

2.2. Analiza wyników

Własności popiołów energetycznych można scharakteryzować porównując je do własności gruntów mineralnych i innych rozeznanych już odpadów przemysłowych.

Jedną z charakterystycznych cech fizycznych popiołów odróżniających je od gruntów mineralnych są wielkości ciężarów właściwych i objętościowych. Są one mniejsze od odpowiednich dla gruntów mineralnych (tablica 1). Im drobniejsze uziarnienie popiołu, tym mniejszy jest ich ciężar właściwy i objętościowy. Ciężary te są oczywiście większe przy zagęszczeniu materiału. Również wzrost zawilgocenia powoduje wzrost ciężaru objętościowego (por. rys. 2). Ciężar objętościowy popiołu (tablica 1) jest bliski 1 G/cm^3, w wielu przypadkach ma wartości nawet mniejsze. Z tych powodów materiał ten jest bardzo lotny, nawet niezbyt intensywne wiatry rozwiewają drobniejsze części po całym obszarze. A więc

badane popioły raczej nie nadają się do budowy obwałowań zbiorników i nie nadają się do składowania w otwartym terenie. Składowiska i obwałowania są rozwiewane, co jest bardzo uciążliwe dla środowiska, jak również zmniejsza stateczność skarp.

Dodatkowym czynnikiem mającym wpływ na duże rozwiewanie składowisk popiołów jest brak spójności tego materiału. Jedną z metod zabezpieczenia skarp obwałowań i zwałowisk jest ich zakrzewienie i zadrzewienie. Popioły energetyczne również w tym zakresie mają bardzo niekorzystne cechy. Ich zakrzewienie bez stosowania specjalnych zabiegów jest w warunkach naturalnych praktycznie niemożliwe.

Zawilgocenie popiołów jest w sprzyjających warunkach duże, co świadczy o dużej ich wodochłonności. Również z tych powodów stosunkowo duże są wartości wilgotności optymalnych.

Ściśliwość badanych popiołów jest odpowiednio niewielka i w zasadzie odpowiada ściśliwości gruntów mineralnych. Wytrzymałość popiołów jest znaczna, przy praktycznie zerowej spójności duży jest kąt tarcia wewnętrznego (por. tabl. 2).

Ponadto stwierdzono, że wartości te niewiele się zmieniają przy zmianie zawilgocenia (rys. 3). Wynika więc stąd, że omawiane popioły stanowią dobre podłoże budowlane. Wykazują wystarczająco dużą wytrzymałość i wystarczająco małą ściśliwość. Nadają się do posadowienia na nich fundamentów.

LITERATURA

1. W. Antonowicz, E. Kiersztyn, Z. Bachleda, R. Bisztyga - "Produkcja cegły palonej przy zastosowaniu pyłów lotnych" Biuletyn Nr 20, PAN Warszawa, 1959.

2. J. Śliwa, M. Bela, B. Kawalec, Z. Kopka, T. Cisek - "Badania stateczności istniejących obwałowań składowiska popiołu nr 2a w elektrowni "Halemba" w Rudzie Śląskiej" Gliwice, styczeń - lipiec, 1971r - Materiały niepublikowane.

3. J. Waluk, S. Dmitruk - "Właściwości popiołu jako materiału zwałowisk". Zeszyty Naukowe Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1962.

4. B. Kawalec - "Własności fizyczno-mechaniczne drobno skruszonych odpadów kopalnianych z punktu widzenia ich przydatności do robót inżynieryjnych". Przegląd Górniczy Nr 1, 1971.

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ENERGETIC ASH AND DETERMINATION OF THEIR UTILITY FOR ENGINEERING WORKS

S u m m a r y

The problem of utilization of energetic refuses for engineering works has been described. There are presented the results of investigations of physico and mechanic properties of different soil granulation refuses. A resemblance and differences among them and natural grounds are indicated here. Also the characteristic of investigated energetic refuses under the point of riew of their utility for raising the embankments and as the background is done.

ФИЗИЧЕСКИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ ПРИМЕТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПЕПЕЛОВ И ОЦЕНКА ИХ ПРИГОДНОСТИ К ИНЖЕНЕРНЫМ РАБОТАМ

Р е з ю м е

В статье обсуждена проблема использования энергетических отбросов к инженерным работам. Представлено результаты исследований физических и механических свойств отбросов различного гранулометрического состава. Обращено внимание на сходства и разницу между ними и минеральными отечественными грунтами.

Охарактеризовано исследованные энергетические отбросы с точки врения их пригодности для возведения насыпов земляных построек, а также как основания.