

*Piotr Michalski\**, *Ewa Kozielska-Sroka\**

## WPŁYW WIETRZENIA I DEFORMACJI GÓRNICZYCH NA ZMIANY PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW GEOTECHNICZNYCH ODPADÓW POWĘGLOWYCH WBUDOWANYCH W OBWAŁOWANIE RZEKI KŁODNICY

---

### 1. Wstęp

Eksploatacja węgla kamiennego prowadzona na terenie GOP-u głównie metodą z tzw. zawałem stropu powoduje dwojakiego rodzaju skutki ekologiczne. Z jednej strony powstają zwałowiska skały płonej, zajmujące znaczne powierzchnie na gęsto zindustrializowanym i zurbanizowanym obszarze, a z drugiej strony podziemne wyrobiska powodują tworzenie się na powierzchni terenu rozległych lub lokalnych deformacji powodujących szkody górnicze. Deformacje te w postaci niecek osiadań o głębokościach dochodzących do 10 m, a czasem i więcej, stanowią poważne zagrożenie dla infrastruktury naziemnej oraz powodują zmiany warunków hydrologicznych cieków wodnych. Lokalne obniżenia terenu w dolinach rzek powodują powstawanie obszarów bezodpływowych, czego efektem, przy braku odpowiednich działań zabezpieczających, może być tworzenie się rozległych zalewisk, zagrażających obiektom infrastruktury naziemnej i drzewostanom. Aby temu zapobiec, konieczne jest wznoszenie wysokich obwałowań, chroniących tereny przyległe do rzeki przed zalaniem. Wymaga to znacznych ilości materiału ziemnego, a ponieważ istniejące na miejscu rezerwy naturalnych gruntów mineralnych są niewystarczające, zastosowanie odpadów górnictwa węglowego, zwałowanych na hałdach, jest koniecznością techniczną i ekonomiczną, a ponadto posiada aspekt ekologiczny.

Zastosowanie odpadów powęglowych do budowy obwałowań wymaga określenia ich podstawowych parametrów geotechnicznych oraz określenia możliwości zmian tych parametrów na skutek działania naturalnych czynników atmosferycznych, powodujących wietrzenie naturalne materiału w czasie eksploatacji wybudowanego z niego obiektu.

Ze względu na fakt, że tego typu obwałowania posadowione są często na obszarze występowania deformacji górniczych, dodatkowym czynnikiem wpływającym na zmiany

---

\* Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Akademia Rolnicza, Kraków

parametrów geotechnicznych materiału nasypu jest rozpełzanie powierzchni terenu, wynikające z przemieszczania się garbu niecki osiadań. Problem ten jest jeszcze stosunkowo mało zbadany, ale można przewidywać, że rozpełzanie spowoduje rozluźnienie korpusu nasypu i tym samym spadek jego parametrów wytrzymałościowych, a wzrost współczynnika filtracji [2].

## 2. Charakterystyka obiektu badawczego

Przedmiotem prezentowanych w artykule prac badawczych było lewobrzeżne obwałowanie rzeki Kłonicy, wykonane w całości ze świeżo zwałowanych, nieprzepalonych odpadów powęglowych KWK „Sośnica”. Korpus obwałowania posiada szerokość w koronie 8 m, nachylenie skarpy odwodnej 1:3 i odpowietrznej 1:3,5 przy średniej wysokości około 8 m. Obwałowanie zaliczone jest do II klasy obiektów hydrotechnicznych, a tak duże gabaryty korpusu nasypu wynikają z konieczności zabezpieczenia przed skutkami deformacji górniczych [4]. Badany odcinek znajduje się w rejonie objętym deformacjami górnictwem zaklasyfikowanymi do kategorii II do IV, co oznacza, że wielkości rozpełzania powierzchni terenu w podłożu nasypu wynoszą 3÷9 mm/m [2]. Obwałowanie wznoszone było z materiału dowożonego transportem samochodowym i następnie rozprowadzanego warstwami o grubości 0,5÷0,7 m przy pomocy spychaczy. Wstępne zagęszczenie dokonywane było gąsienicami spychacza, a zagęszczenie właściwe osiągnięto poprzez wielokrotne przejazdy sprzętu transportującego po koronie wznoszonego nasypu. Powierzchnia skarpy nie była ubezpieczana ani zadarniana, ale po pewnym czasie nastąpił wzrost roślinności trawiastej (samosiejki).

Skład petrograficzny wbudowanego materiału odpadowego przedstawiał się następująco:

— ilowce zwięzłe i kruche	70%,
— łupki węglowe	10%,
— mułowce	10%,
— piaskowce	4%,
— węgiel	6%.

Z zestawienia wynika, że w składzie petrograficznym odpadów kopalni „Sośnica” dominowały skały ilaste, których łączna zawartość wynosiła 80%, łatwo podatne na procesy wietrzenia, co wynikało głównie z tekstury łupkowej tych skał [1, 4].

## 3. Cel, zakres i metodyka prac badawczych

Celem badań było określenie wpływu czasu wietrzenia naturalnego na stopień dezintegracji materiału wbudowanego w obwałowanie z uwzględnieniem głębokości jego zalegania, wielkości i zasięgu wpływu rozluźnienia spowodowanego rozpełzaniem podłoża

i nasypu oraz ocena związanych z tymi czynnikami zmian podstawowych parametrów geotechnicznych. Badania wykonano na nasypie posiadającym wyjściowy wskaźnik zagęszczenia  $I_s = 0,95$  w zakresie głębokości  $0 \div 1,10$  m. Najgłębszy poziom badawczy znajdował się poniżej normowej głębokości przemarzania<sup>1)</sup> (0,8 m), a powyżej poziomu krzywej filtracji wody w korpusie nasypu. Badania prowadzono poprzez wykonanie odkrywek w koronie nasypu bezpośrednio po wbudowaniu i zagęszczeniu materiału oraz po 4 i 16 latach eksploatacji i poborze prób z 4 zakresów głębokości, na których oznaczano skład uziarnienia. Na tych poziomach wykonywano ponadto oznaczenia gęstości objętościowej i wilgotności materiału, co umożliwiło obliczenie wskaźników zagęszczenia  $I_s$ . Ze względu na to, że nowe odkrywki, po kolejnym interwale czasowym, nie mogły być wykonane dokładnie w tym samym miejscu co poprzednie, gdyż materiał był tam już naruszony, wykonywano je w najbliższym sąsiedztwie. Z tego względu mogły zaistnieć pewne niewielkie różnice w składzie uziarnienia materiału wyjściowego w kolejnej odkrywce w stosunku do odkrywki, w której oznaczano poprzedni skład uziarnienia. Wynika to także z niejednorodności materiału użytego do budowy nasypu.

Na próbach, na których oznaczano skład uziarnienia, przeprowadzano oznaczenia maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu  $\rho_{ds}$  i wilgotności optymalnej  $w_{opt}$  metodą Proctora, badania współczynnika filtracji w permeametrze oraz wytrzymałości na ścinanie w aparacie skrzynkowym (bezpośredniego ścinania). Wszystkie badania wykonywano na aparaturze średniowymiarowej na materiale pozbawionym frakcji grubszych od 60 mm, a zatem o uziarnieniu bardzo zbliżonym do naturalnego. Oznaczenia  $\rho_{ds}$  i  $w_{opt}$  wykonywano w aparacie Proctora o objętości cylindra  $V = 9,82 \text{ dm}^3$  przy standardowej energii zagęszczenia  $E = 0,59 \text{ J/cm}^3$ . Badania współczynnika filtracji przeprowadzono w permeametrze o średnicy cylindra  $\phi = 36 \text{ cm}$  i wysokości próby  $h = 36 \text{ cm}$ . Oznaczenia parametrów wytrzymałości na ścinanie przeprowadzono w aparacie o boku skrzynek  $30 \times 30 \text{ cm}$  z zastosowaniem ramek pośrednich, tworzących strefę ścinania o grubości 30 mm równą połowie średnicy najgrubszego ziarna dla zredukowania wpływu tzw. kohezji pozornej wynikającej z blokowania się i zazębienia ziaren o siebie. Badania współczynnika filtracji i wytrzymałości na ścinanie prowadzono na próbach zagęszczonych do wskaźników zagęszczenia  $I_s$  określonych dla warstwy materiału zalegającego na danej głębokości poniżej powierzchni nasypu.

#### 4. Wyniki badań wraz ze wstępną analizą

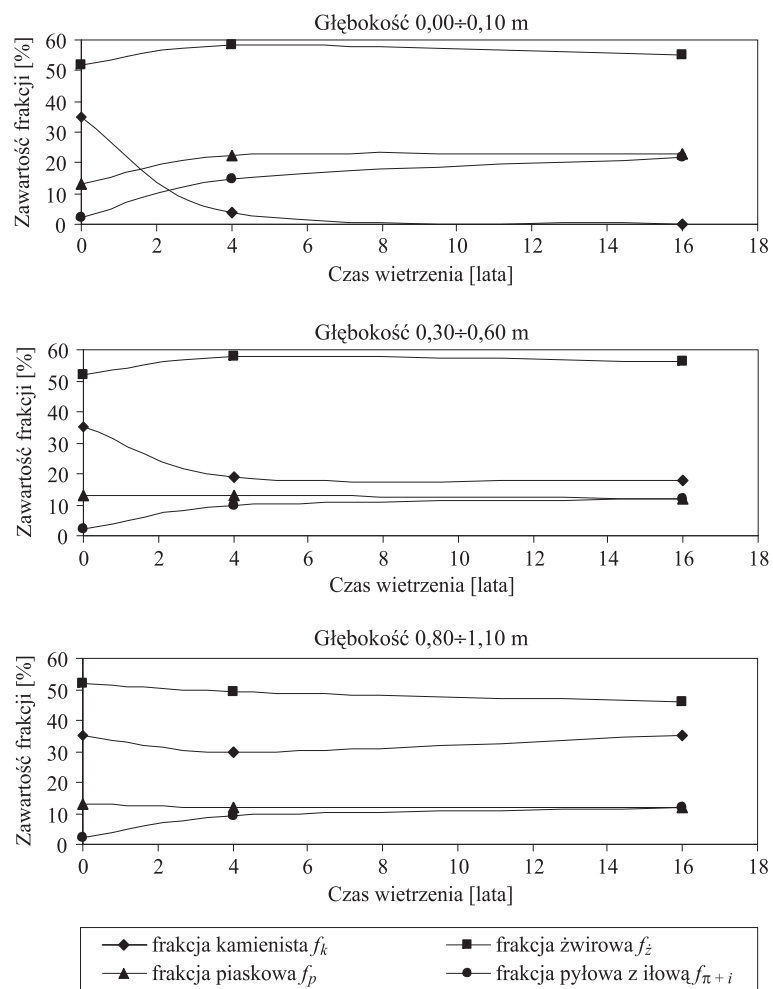
Zbiorcze zestawienie wyników badań zawiera tabela 1, a ponadto zmiany składu uziarnienia w czasie na trzech poziomach głębokości zilustrowane są na rysunku 1. Jak widać z przedstawionych wyników badań składu uziarnienia, największe zmiany zaszły w zawartościach frakcji kamienistej i frakcji najdrobniejszych, tj. pyłowej z iłową. Zawartość frakcji kamienistej w warstwie przypowierzchniowej ( $0,0 \div 0,15 \text{ m}$ ) po 16 latach wietrzenia spadła z 35% do 0, natomiast na głębokości rzędu 1 m praktycznie nie uległa zmianie.

---

<sup>1)</sup> PN-81/B-03020 [3]

TABELA 1  
Zestawienie zbiorcze wyników badań na obwałowaniu rzeki Kłodnicy

Rodzaj materiału	Zakres głębokości [m]	Uziarnienie – zawartość frakcji [%]				Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu i wilg. opt.		Wskaźnik zagęszczenia	Wytrzymałość na ścinanie		Współczynnik filtracji
		$f_k$	$f_z$	$f_p$	$f_{\pi+i}$	$\rho_{ds}$ [t/m <sup>3</sup> ]	$w_{opt}$ [%]		$\phi$ [°]	$c$ [kPa]	
Wyjściowy	–	35	52	13	2	1,89	10,5	0,95	40	25	$1,6 \cdot 10^{-4}$
Po 4 latach wietrzenia	0,00÷0,10	4	52,5	22,5	1,5	–	–	–	–	–	–
	0,10÷0,30	11	54	17,5	17,5	–	–	–	–	–	$2,6 \cdot 10^{-6}$
	0,30÷0,60	19	58	13	10	1,88	11,0	1,00	41	36	$3,2 \cdot 10^{-5}$
	0,80÷1,10	30	49	12	9	–	–	–	42	40	$4,5 \cdot 10^{-5}$
Po 16 latach wietrzenia	0,00÷0,15	0	55	22	22	–	–	–	–	–	–
	0,15÷0,30	10	55	15	15	1,87	11,80	1,04	–	–	$10^{-8}$
	0,50÷0,65	18	56	12	12	1,88	10,60	0,89	34	50	$4,6 \cdot 10^{-5}$
	0,85÷1,05	35	46	12	12	1,82	10,80	0,87	36	40	$1,8 \cdot 10^{-3}$



Rys. 1. Zmiany składu uziarnienia w czasie na różnych głębokościach

Zawartość frakcji zwirowej przez cały okres badań, niezależnie od głębokości, nie ulegała większym zmianom, natomiast zawartość frakcji piaskowej w warstwach przypowierzchniowych (do 0,15 m) wzrastała niemal dwukrotnie, przy czym w warstwach głębszych też nie ulegała zmianom. Największym zmianom ulegała zawartość frakcji najdrobniejszych (pyłowej i ilowej), gdyż wzrost jej zaznaczył się nie tylko w warstwie przypowierzchniowej, gdzie był największy, lecz także w najgłębszym badanym poziomie, gdzie po 16 latach wietrzenia zawartość ta wzrosła z 2 do 12% [1]. Zmiany składu uziarnienia w czasie zależnie od głębokości najlepiej widoczne są na wykresach zamieszczonych na rysunku 1.

Wyraźnie widać, że największa szybkość i zakres zmian zachodziły w warstwie najpłytszej w okresie pierwszych 5 lat, a potem następowała pewna stabilizacja. Na pozosta-

łych poziomach, również po około 5 latach, zmiany składu uziarnienia ulegały wyraźnemu spowolnieniu i można mówić o jego stabilizacji. Efektem zmian uziarnienia był niewielki spadek maksymalnej gęstości objętościowej wraz z głębokością, natomiast wilgotność optymalna nie uległa zmianom (tab. 1). Szczególną uwagę zwracają zmiany zagęszczenia wyrażone wskaźnikiem zagęszczenia  $I_s$ . W warstwie przypowierzchniowej i głębszych (do 0,60 m) następuje początkowo wzrost zagęszczenia wynikający z samdogęszczenia materiału spowodowanego ruchem pieszych i pojazdów po koronie nasypu, a następnie po 16 latach eksploatacji i pogłębiania się niecki osiadań, w warstwie poniżej głębokości 0,5 m widać bardzo wyraźny spadek wskaźnika zagęszczenia, co oznacza, że wpływ rozluźnienia korpusu nasypu sięgnął jego najwyższych warstw. Ma to swoje konsekwencje w spadku wartości kąta tarcia wewnętrznego  $\phi$  (z  $40^\circ$  na  $34\div 36^\circ$ ) oraz z wyraźnego wzrostu współczynnika filtracji (z wartości rzędu  $10^{-5}$  m/s do wartości  $10^{-3}$  m/s). Należy jeszcze zwrócić uwagę, że spadek wartości współczynnika filtracji po 4 latach wietrzenia w stosunku do materiału wyjściowego (z wartości rzędu  $10^{-4}$  m/s do wartości rzędu  $10^{-6}\div 10^{-5}$  m/s) wynika ze znaczenie wyższej zawartości frakcji najdrobniejszych w efekcie wietrzenia naturalnego, decydujących o wodoprzepuszczalności ośrodka gruntowego.

## 5. Wnioski

W oparciu o 16-letni okres obserwacji można wyprowadzić wnioski wiążące, dotyczące wpływu czasu i osiadań górniczych na zmiany podstawowych parametrów geotechnicznych odpadów powęglowych kopalni „Sośnica”, wbudowanych w obwałowanie rzeki Kłodnicy:

- wpływ wietrzenia naturalnego na zmiany uziarnienia sięga do głębokości około 1 m;
- zasadnicze zmiany następują w okresie pierwszych 5 lat, a po tym czasie dalsze zmiany uziarnienia są już nieznaczne;
- efektem zmian jest znaczący spadek zawartości frakcji kamienistej i bardzo duży wzrost zawartości frakcji najdrobniejszych, tj. pyłowej z ilową, przy niewielkich zmianach zawartości frakcji żwirowej i piaskowej;
- wpływ rozluźnienia spowodowany deformacjami górniczymi sięga prawie powierzchni korpusu nasypu;
- efektem tego rozluźnienia jest spadek kąta tarcia wewnętrznego i wzrost współczynnika filtracji; wzrost kohezji w przypowierzchniowej warstwie nasypu w stosunku do wartości wyjściowej wynika ze znacznie wyższej zawartości frakcji najdrobniejszych w tej warstwie w stosunku do materiału wyjściowego.

W zakończeniu należy podkreślić, że przedstawiona praca stanowi wstępne rozpoznanie problemu i ma na celu wyznaczenie kierunku dalszych badań, posiadających duże znaczenia praktyczne.

#### LITERATURA

- [1] *Kozielska-Sroka E.*: Influence of colliery spoil weathering on the degradation of its granulation. II Int. Symp. on Geotechnics and the Environment — Green 2, September 1997, Kraków, Poland, Thomas Telford Ltd., London, 1998, 264–269
- [2] *Michalski P.*: Próba oceny wpływu osiadań górniczych na stateczność i przepuszczalność wału przeciwpowodziowego wykonanego z odpadów powęglowych kopalni „Sośnica”. Kraków, Zesz. Nauk. Akademia Rolnicza, 45, 298, 1995, 357–364
- [3] PN-81/B-03020: Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości. Warszawa, Wyd. Normalizacyjne „Alfa” 1986
- [4] *Skarżyńska K., Burda H., Michalski P., Kozielska E.*: Studium naukowo — badawcze w zakresie określenia przydatności materiałów odpadowych z kopalni węgla „Sośnica” na budowę obwałowań rzeki Kłodnicy w km 56 + 1 do 57 + 5 oraz zbiornika wody przemysłowej w Zabrze — Makoszowy. ZMGiBZ, Kraków, Akademia Rolnicza 1976