

Marian BELA, Jerzy SĘKOWSKI,
Andrzej SOCZAWA

PRÓBNE OBCIĄŻENIE PODŁOŻA ZBUDOWANEGO Z PRZEPALONYCH ŁUPKÓW KOPALNIANYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono metodę, sposób i wyniki próbnych obciążeń nasypu budowlanego, zbudowanego z przepalonych łupków kopalnianych. Omówiono ponadto nośność, odkształcalność i stan zagęszczenia tych nasypów. W świetle wyników przeprowadzonych badań i ich analizy określono przydatność nasypu jako podłoża budowlanego.

1. WSTĘP

Dynamiczny rozwój budownictwa oraz konieczność ochrony obszarów rolniczych wywołuje coraz bardziej odczuwalny deficyt wolnych, dogodnych terenów budowlanych. Często decydujemy się więc na lokalizację poszczególnych obiektów budowlanych a nawet całych zakładów lub osiedli na obszarach o bardzo niekorzystnych warunkach posadowienia. Trudności te mogą być związane zarówno ze słabą jakością geotechniczną gruntów podłoża, jak również z niekorzystnym ukształtowaniem powierzchni terenu projektowanej lokalizacji zabudowy.

W jednej z dzielnic Bytomia projektowano budowę Fabryki Domów, zlokalizowaną w terenie o bardzo niekorzystnym ukształtowaniu. Powierzchnia terenu była bardzo zróżnicowana wysokościowo i dlatego należało ją zniwelować, wyrównując wyższe partie podłoża oraz wykonując nasypy o wysokości dochodzącej do 7,0 m. Na tak przygotowanym terenie należało wybudować obiekty Fabryki Domów.

Zakład Geotechniki Instytutu Budowy Dróg Politechniki Śląskiej podjął się przeprowadzenia badań i analiz w celu określenia optymalnego sposobu posadowienia obiektów fabryki [1]. W wyniku tych prac zdecydowano o bezpośrednim posadowieniu fundamentów wszystkich obiektów. Część fundamentów będzie spoczywać bezpośrednio na gruntach rodzimych, część zaś na specjalnie przygotowanych nasypach budowlanych. Materiałem, który został wykorzystany do budowy nasypów, a więc i podłoża budowli, były samoczynnie przepalone łupki kopalniane ze starej hałdy KWK "Rozbark". W celu ustalenia potrzebnych parametrów posadowienia wykonano niezbędne badania gruntu nasypowego, w tym również próbne obciążenia zbudowanego podłoża.

W Kraju do tej pory nie były publikowane wyniki próbnych obciążeń takiego nasypu.

2. OPIS WYKONANEGO PODŁOŻA

2.1. Warunki geologiczne i geotechniczne

Przedmiotowe nasypy budowlane wykonano na rodzimym podłożu gruntowym, zbudowanym w przeważającej części z utworów czwartorzędowych, dolnej jury - liasu oraz triasu.

Utwory czwartorzędowe reprezentowane są przez:

- pyły i pyły piaszczyste jeziorno-zastoiskowe w stanie od półzwarłego do plastycznego,
- piaski i żwiry rzeczno-lodowcowe w stanie średnio zagęszczonego,
- gliny, gliny piaszczyste i gliny zwięzłe, zwałowe, akumulacji morenowej, głównie w stanie twardo plastycznym.

Pod utworami czwartorzędowymi zalegają płyty osadów dolnej jury - liasu - w postaci ilów oraz ilów pylastych w stanie półzwarłym i twardo plastycznym, często z domieszką otoczaków niżej zalegających wapieni triasowych. Osady triasu stanowią wapienie zaliczane do piętra wapienia muszlowego. W partiach stropowych osady te są mocno zwietrzałe i wykształcone w postaci rumoszu wymieszanego z gliniastymi produktami wietrzenia. W podłożu gruntowym nie stwierdzono stałego poziomu wód gruntowych. Lokalnie występują sączenia bądź wody typu zawieszzonego.

Cały teren fabryki podlega wpływom eksploatacji górniczej i zaliczany jest do II kategorii przydatności do zabudowy.

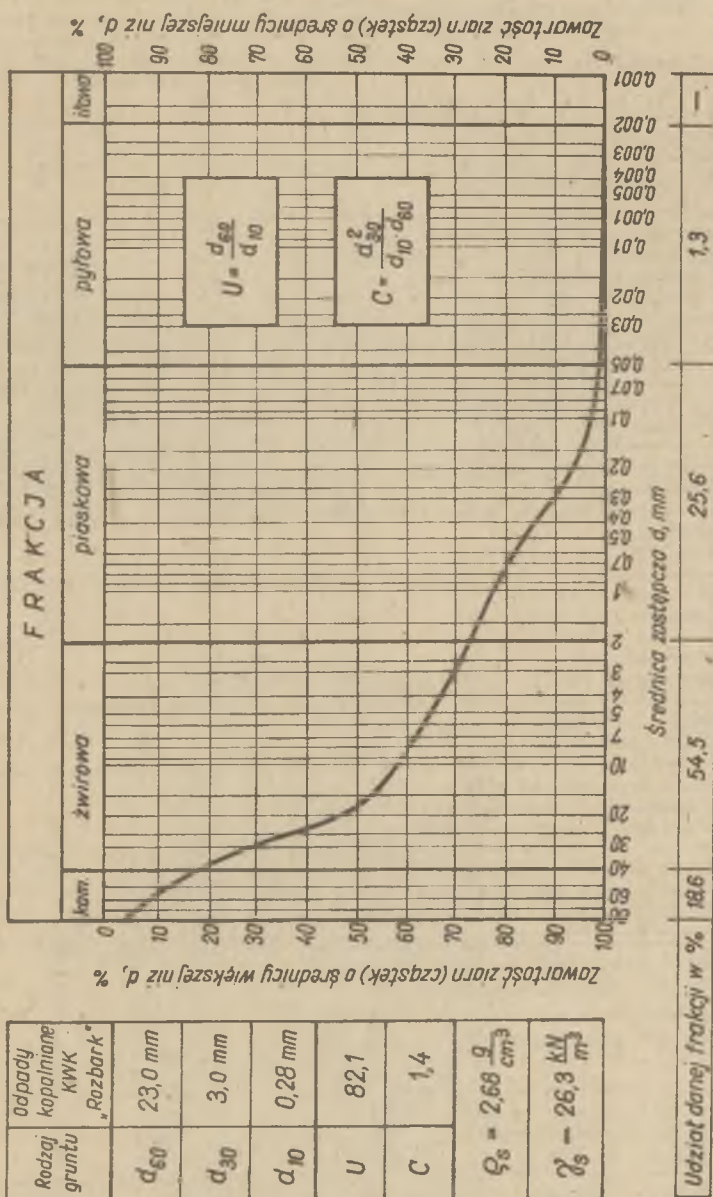
2.2. Opis materiału budującego nasyp

Do budowy nasypu użyto przepalonych łupków kopalnianych, pobranych z hałdy KWK "Rozbark" po usunięciu z nich okruchów kamienistych o średnicy większej od 150 mm. Przed przystąpieniem do formowania nasypu z tego materiału, określono jego cechy fizykomechaniczne odpowiednimi badaniami laboratoryjnymi. Średnie wartości zbadanych parametrów przedstawiono na rysunku 1 i w tabelicy 1.

Jak widać, przedmiotowe odpady kopalniane mają uziarnienie odpowiadające żwirom bardzo różnoziarnistym. Wykazują one dużą wytrzymałość ($\phi_{4r} = 46^\circ$), większą od odpowiadających im uziarnieniem żwirów, lecz stosunkowo dużą ścisłość. Ścisłość w zakresie obciążeń wtórnych jest ponad 3-krotnie mniejsza w stosunku do ścisłości pierwotnej, czym także różnią się one od niespoistych gruntów rodzimych.

2.3. Technologia budowy nasypu

Formowanie nasypu budowlanego przeprowadzono zgodnie z wcześniej ustaloną technologią, uwzględniając możliwości sprzętowe przedsiębiorstwa. Po usunięciu przypowierzchniowej warstwy humusu, nasyp budowano warstwami o grubości 20 ÷ 30 cm. Każdą warstwę zagęszczano sprzętem mechanicznym poprzez kilkakrotny przejazd walców statycznych (8t) i walców wibracyjnych



Rys. 1. Wyniki badań składu uziarnienia

Tablica 1

Zestawienie wartości parametrów fizykomechanicznych przepalonych odpadów z hałdy KWK "Rozbark", przeznaczonych do wykonania nasypu budowlanego

Lp.		Symbol oznacza- nia	Jednostki	Wartość
1	Gęstość właściwa szkieletu	ρ_s	g.cm^{-3}	2,68
	Ciężar właściwy szkieletu	γ_s	kN.m^{-3}	26,3
2	Wilgotność naturalna	w_n	%	10,2
3	Gęstość objętościowa w stanie luźno usypanym przy w_n	ρ	g.cm^{-3}	1,25
	Ciężar objętościowy w stanie luźno usypanym przy w_n	γ	kN.m^{-3}	12,3
4	Gęstość objętościowa szkieletu dla warunków jak w lp. 3	ρ_d	g.cm^{-3}	1,14
	Ciężar objętościowy szkieletu dla warunków jak w lp. 3	γ_d	kN.m^{-3}	11,2
5	Porowatość dla warunków jak w lp. 3	n	1	0,574
	Wskaźnik porowatości dla warunków jak w lp. 3	e	1	1,347
6	Straty prażenia w temperaturze 700°C	I_{om}	%	2,3
7	Wilgotność optymalna dla wydzielonej frakcji 0 ÷ 20 mm	w_{opt}	%	19,0
8	Maksymalna gęstość objętościowa szkieletu dla wydzielonej frakcji 0 ÷ 20 mm	ρ_{ds}	g.cm^{-3}	1,71
	Maksymalny ciężar objętościowy szkieletu dla wydzielonej frakcji 0 ÷ 20 mm	γ_{ds}	kN.m^{-3}	16,8
9	Kąt tarcia wewnętrzznego dla wydzielonej frakcji 0 ÷ 20 mm	ϕ_u	°	46°30'
10	Spójność dla wydzielonej frakcji 0 ÷ 20 mm	c	kPa	0
11	Moduł odkształcenia pierwotnego dla obciążeń w przedziale 49 ÷ 147 kPa	M_E	MPa	20,8
	Moduł odkształcenia wtórnego dla obciążeń w przedziale 49 ÷ 147 kPa	\bar{M}_E	MPa	75,9

ciągnionych (4t). Dodatkowo w osi słupów projektowanych obiektów użyto zagęszczarek kroczących.

Zastosowana technologia dała w efekcie bardzo dobre zagęszczenie wykonanego nasypu budowlanego. Jego ogólny widok przedstawia rysunek 2, a przekrój pionowy wykopu wykonanego w przedmiotowym nasypie przedstawia rysunek 3.



Rys. 2. Ogólny widok nasypu budowlanego



Rys. 3. Przekrój pionowy wykopu w nasypie

3. PRÓBNE OBCIĄŻENIE NASYPU

3.1. Lokalizacja

Obszar wykonanych nasypów stanowił prostokąt o wymiarach około 200 x 100 m (rys. 2), a ich miąższość wynosiła od 0,3 m do 6,0 m.

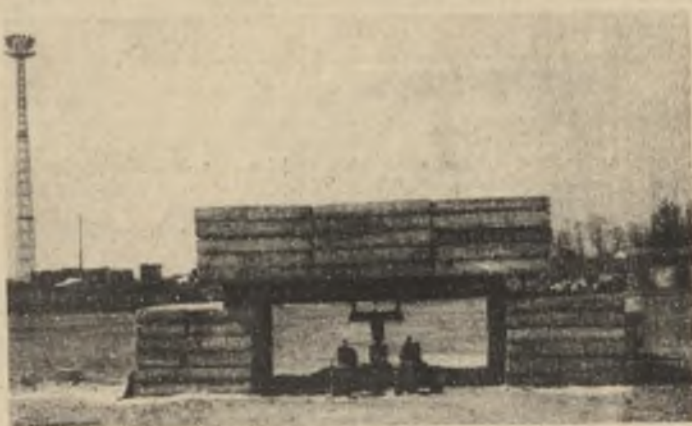
Stanowiska badawcze do próbnego obciążenia rozmieszczono na wykonanym nasypie, lokalizując je w osi słupów konstrukcji projektowanych obiektów. Uwzględniono również miąższość nasypu. Za minimalną uznano grubość równą trzykrotnej szerokości fundamentu, a więc

$$H \geq 3B = 3 \cdot 0,71 = 2,13 \text{ m.}$$

Celem badań było określenie parametrów samego podłoża nasypowego, chodziło więc o wyeliminowanie wpływu zalegających poniżej gruntów rodzimych. Badania wykonano na 5 stanowiskach badawczych.

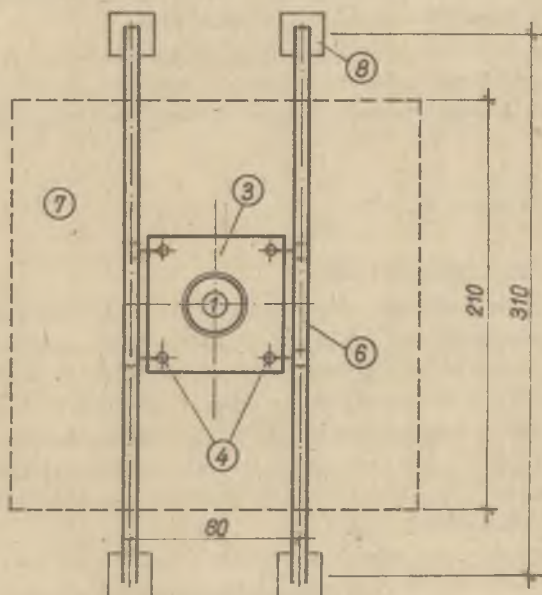
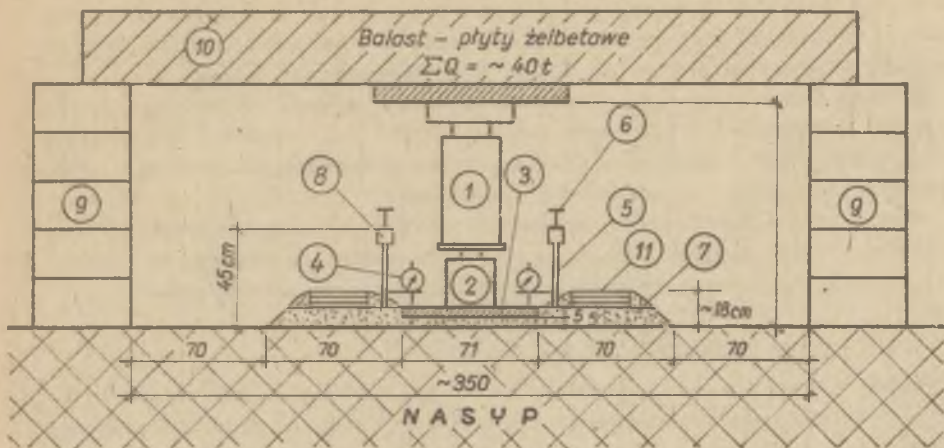
3.2. Opis stanowiska badawczego

W celu przeprowadzenia próbnych obciążeń zaprojektowano i wykonano odpowiednie stanowiska badawcze. Schemat zaprojektowanego stanowiska badawczego przedstawia rysunek 4, a jego widok ogólny w terenie rysunek 5.



Rys. 5. Ogólny widok stanowiska badawczego

Jako fundamentu obciążającego badany nasyp użyto sztywnej stalowej płyty o wymiarach 710 x 710 mm i grubości 50 mm, spełniającej warunek normy [5]. Płytę ułożono na 5 cm warstwie wyrównawczej z piasku średniego, a wymagany normą naziem z gruntu o wysokości 0,5 m zastąpiono, zachowując równowartość nacisków jednostkowych, konstrukcją z płyt ołowianych ułożonych obwodowo dookoła fundamentu płytowego i obsypanych piaskiem. Obciążenie realizowano za pomocą dźwignika hydraulicznego o nośności około 1 MN. Ba-



Rys. 4. Schemat stanowiska badawczego do próbných obciążeń

1 - dźwignik hydrauliczny 100 t, 2 - siłomierz z przegubem połączony z mostkiem tensometrycznym (potrzebne napięcie 220 V), 3 - płyta stalowa 71 x 71 x 5 cm, 4 - czujniki zegarowe (4 szt.) w narożach płyty 3, 5 - uchwyty magnetyczne czujników 4, 6 - stalowy I100 do zamocowania uchwytów 5, 7 - podsypka piaskowa (pod płytą 5 cm), 8 - podpory dźwigarów 6 o wys. ~45 cm, 9 - podpory obciążenia balastowego 10, 10 - stalowa konstrukcja dla oparcia płyt żelbetowych (balast), 11 - płyty dociążające (ϕ 38 cm)

last stanowiący przeciwagę spoczywał na sztywnej konstrukcji stalowej opartej na podporach o rozstawie równym pięciokrotnej szerokości płyty. Elementami stanowiska pomiarowego były ponadto siłomierz oraz mostek tensometryczny, służące do pomiaru wielkości realizowanego obciążenia.

Pomiaru osiadań płyty dokonywano za pomocą 4 mechanicznych czujników zegarowych o dokładności 0,01 mm i zakresie do 10 mm. Czujniki umieszczone na narożach płyty, zamocowane były uchwytami magnetycznymi do belek stalowych niezależnych od konstrukcji zasadniczej.

Konstrukcja stanowiska badawczego umożliwiała realizację nacisków do 0,88 MPa. Wobec obciążeń jednostkowych fundamentów projektowanych obiektów rzędu 0,2 MPa osiągnięto więc ponad czterokrotne przewyższenie.

3.3. Przebieg próbnych obciążeń

Obciążenia realizowano stopniami co 49 kPa i 98 kPa. Przy każdym stopniu obciążenia notowano wskazania czujników w 5 minutowych odstępach czasowych do momentu osiągnięcia umownej stabilizacji osiadań równej 0,1 mm/5 minut [4], po czym realizowano etap następnny.

Odciążenia dokonywano co 98 kPa przy zachowaniu wyżej podanych czasów odczytów i umownych warunków stabilizacji osiadań.

Badania były przeprowadzone w okresie kwiecień-ozierwiec 1979 r.

4. WYNIKI ZREALIZOWANYCH BADAŃ

4.1. Wyniki pomiarów osiadań

Komplet wyników pomiarów na wszystkich stanowiskach badawczych przedstawiono w opracowaniu [1b]. W niniejszym artykule ograniczono się do podania wyników pomiarów dla jednego z pięciu stanowisk badawczych.

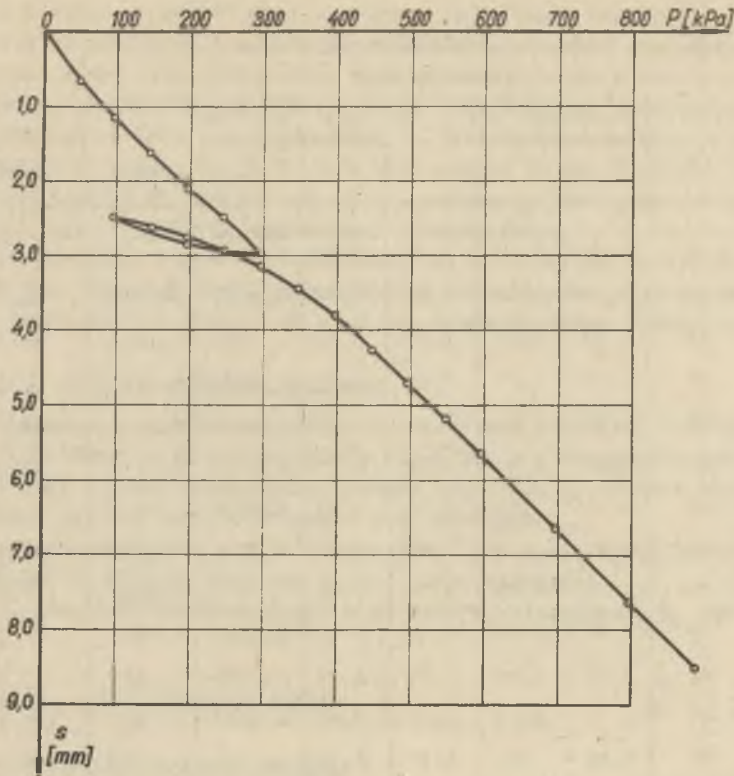
Tablica 2 zawiera wielkości pomierzonych osiadań naroży płyty (kolumna 3÷6) w odpowiednich odstępach czasowych, dla zrealizowanych poziomów obciążenia i odciążenia. Zawiera ona ponadto średnie wartości pomierzonych osiadań płyty (kol. 7) oraz obliczone średnie wartości osiadań płyty przy danym poziomie obciążenia (kol. 8).

Rysunek 6 przedstawia wykres osiadania nasypu w przedziale zrealizowanych obciążeń. Krzywą $s = f(p)$ wykreślono metodą regresji odrępczej dla punktów, których współrzędne stanowią wartości podane w kolumnach 1 i 7 tablicy 2. Wielkości pomierzonych osiadań oraz charakter przebiegu krzywych $s = f(p)$ dla pięciu zrealizowanych badań są podobne.

Tablica 2

Pomiar obciążenia płytą sztywną
Stanowisko nr 2

Obciążenie [kPa]	Czas [godz., min]	Wskazania czujników [mm]				Wartość średnia [mm]	Δs [mm]	E_0 [MPa]
		1	2	3	4			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	do 9,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0000		
49,0	10,05	0,77	0,68	0,62	0,48	0,6375	0,6375	39,2
98,1	16	1,30	1,24	1,07	0,89	1,1250	0,4875	51,3
147,1	28	1,78	1,74	1,49	1,30	1,5775	0,4525	55,3
196,1	43	2,36	2,35	1,95	1,73	2,0975	0,5200	48,1
245,2	54	2,82	2,81	2,32	2,10	2,5125	0,4150	60,3
294,2	11,10	3,36	3,35	2,72	2,49	2,9800	0,4675	53,5
196,1	21	3,19	3,17	2,58	2,37	2,8275	0,1525	328,3
98,1	32	2,86	2,82	2,33	2,14	2,5375	0,2900	172,7
147,1	39	2,98	2,96	2,41	2,22	2,6425	0,1050	238,2
196,1	52	3,14	3,12	2,52	2,32	2,7750	0,1325	188,8
245,2	12,03	3,31	3,30	2,65	2,44	2,9250	0,1500	166,7
294,2	14	3,55	3,55	2,84	2,61	3,1375	0,2125	117,7
343,2	30	3,90	3,92	3,16	2,93	3,4775	0,3400	73,6
392,3	41	4,29	4,33	3,48	3,25	3,8325	0,3550	70,5
441,3	52	4,86	4,90	3,76	3,50	4,2550	0,4225	59,2
490,3	13,08	5,35	5,40	4,14	3,86	4,6875	0,4325	57,8
539,4	24	5,86	5,95	4,58	4,33	5,1800	0,4925	50,8
588,4	40	6,33	6,41	5,01	4,73	5,6200	0,4400	56,8
686,5	14,01	7,38	7,49	6,00	5,70	6,6425	1,0225	49,0
784,5	17	8,37	8,50	7,10	6,78	7,6875	1,0450	47,9
863,0	37	8,91	9,90	7,74	8,09	8,6100	0,9225	43,4



Rys. 6. Wykres zależności obciążenie-osiadanie. Stanowisko nr 2

4.2. Odkształcalność badanych nasypów

Na podstawie wyników przeprowadzonych próbnych obciążeń wyznaczono moduły podatności, odkształcalności i ścisłości edometrycznej. Obliczenia przeprowadzono wg wzorów:

- moduł podatności:

$$E_s = \omega \frac{B}{\Delta}, \quad (1)$$

- moduł odkształcenia:

$$E_o = (1 - \nu^2) E_s, \quad (2)$$

- edometryczny moduł ścisłości:

$$M_o = \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)} E_o, \quad (3)$$

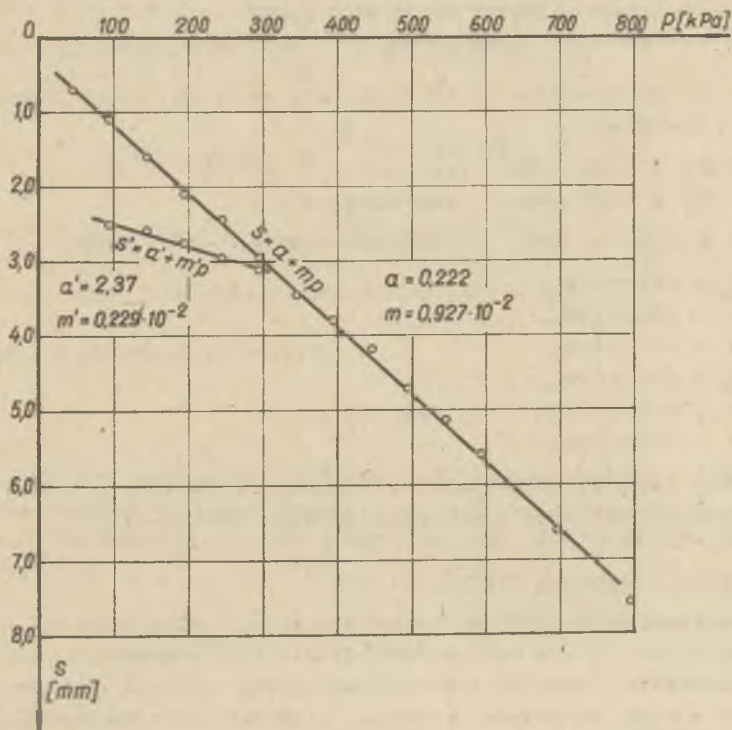
gdzie:

- ω - współczynnik zależny od kształtu fundamentu, przyjęto $\omega = 0,79$,
- B - wymiar boku płyty fundamentowej, $B = 0,71$ m,
- m - współczynnik kierunkowy prostej aproksymującej wyniki pomiarów próbných obciążeń,
- ν - współczynnik Poissona, przyjęto $\nu = 0,3$.

Dla wyznaczenia wartości współczynników m wyniki pomiarów aproksymowano metodą najmniejszych kwadratów funkcją liniową o równaniu

$$s = a + mp. \quad (4)$$

Obliczone wartości współczynników regresji (a, m) oraz przebieg funkcji aproksymującej dla pomiarów zawartych w tabelicy 2 i na rysunku 6 przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Przebieg funkcji aproksymującej zależność obciążenie-osiadanie.
Stanowisko nr 2

Dla obliczonych wartości współczynnika m określono wartości odpowiednich modułów wg wzorów (1), (2), (3), które zestawiono w tabelicy 3.

Tabela 3

Moduły podatności, odkształcenia i ścisłości edometrycznej [MPa]

Stano- wisko	Przedział obciążeń [MPa]	Moduł po- datności	Moduł od- kształce- nia pier- wotnego	Moduł ści- słości edometrycz- nej	Wartości średnie modułów		
					E_s	E_o	M_o
1	0,49 ÷ 5,88	76,98	70,05	94,66	68,5	62,3	84,0
2	0,49 ÷ 8,67	60,46	55,02	74,34			
3	0,49 ÷ 6,86	52,19	47,49	64,18			
4	0,00 ÷ 8,82	94,40	85,91	115,64			
5	0,00 ÷ 8,82	58,22	52,98	71,31			

W podobny sposób określono wartości modułów wtórnych nasypu budowlanego w przedziale obciążeń:

- a) 0,098 ÷ 0,294 MPa (stanowisko 2 i 3),
 b) 0,588 ÷ 0,880 MPa (stanowisko 4 i 5).

Obliczone średnie wartości tych modułów wynoszą odpowiednio:

- a) $E_s = 213,7$ MPa,
 $E = 194,5$ MPa,
 $M = 261,8$ MPa,
 b) $E_s = 307,0$ MPa,
 $E = 279,4$ MPa,
 $M = 376,2$ MPa.

Zwraca uwagę fakt, że zrealizowane obciążenia w zakresie 0 ÷ 0,88 MPa spowodowały liniowy przyrost odkształceń badanego nasypu.

4.3. Nośność badanych nasypów

Z przeprowadzonych badań na wszystkich stanowiskach uzyskano, dla zrealizowanych obciążeń, wykresy zależności $s = f(p)$ zbliżone do liniowych, a więc w zakresie I fazy (pseudosprężystej) pracy podłoża gruntowego. Wynika zatem z nich, że nośność graniczna podłoża zbudowanego z nasypów jest większa od 0,88 MPa

$$q_{gr} > 0,88 \text{ MPa.}$$

Znając wartości parametrów fizykomechanicznych materiału budującego nasyp (tabl. 1), można analitycznie oszacować nośność nasypu budowlanego. Obliczenia przeprowadzono wg wzoru Hansena jak dla stopy kwadratowej i podłoża bezkohezyjnego

$$q_{gr} = \frac{1}{2} \gamma_B N_B (1 - 0,3 \frac{B}{L}) + \gamma_D \gamma_D (1 + 0,2 \frac{B}{L}), \quad (5)$$

przy wartościach współczynników N_B , N_D określonych wg metody Biarez'a oraz wzorów empirycznych Brinch-Hansena i Meyerhofa [2].

Otrzymano

$$N_D = \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \text{tg} \phi},$$

$$N_B = 1,8 (N_D - 1) \text{tg} \phi \quad - \text{metoda Brinch-Hansena,}$$

$$N_B = (N_D - 1) \text{tg} 1,4 \phi \quad - \text{metoda Meyerhofa.}$$

$$\phi = 46^\circ = 0,2555 \dots \pi$$

$$N_D = \text{tg}^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{0,2555 \cdot \pi}{2} \right) \cdot e^{\pi \text{tg} 0,2555 \pi} = 158,5$$

$$N_B = 1,8 (158,5 - 1) \text{tg} 0,2555 \pi = 293,5$$

$$N_B = (158,5 - 1) \text{tg} 1,4 \cdot 0,2555 \pi = 328,5$$

Dla $N_B = 293,5$ otrzymano ostatecznie

$$q_{gr} = 3,3 \text{ MPa.}$$

Wyniki obliczeń potwierdzają więc wniosek, że zrealizowane obciążenia są znacznie mniejsze od nośności granicznej podłoża zbudowanego z nasypu budowlanego. Obciążenia te mieszczą się w zakresie I fazy pracy podłoża gruntowego, gdyż

$$q_{prop} = \frac{q_{gr}}{n} = \begin{cases} 1,65 \text{ MPa} - \text{dla } n = 2 \\ 1,10 \text{ MPa} - \text{dla } n = 3. \end{cases}$$

4.4. Stan zagęszczenia nasypów

Stan zagęszczenia gruntów w nasypach ocenia się na podstawie znajomości liczbowych wartości wskaźnika zagęszczenia (I_g) lub stopnia zagęszczenia (I_D).

Ocena jakości zagęszczenia oparta jest więc na znajomości gęstości objętościowej szkieletu w nasypie (ρ_d) oraz ekstremalnych gęstości objętościowych szkieletu, uzyskanych z badań laboratoryjnych (ρ_{dmax} , ρ_{dmin}).

Gęstość objętościową szkieletu (ρ_d) odpadów wbudowanych w nasyp określono metodą dołka próbnego (jak dla gruntów gruboziarnistych i kamienistych). Wykopy o objętości $V = 8 \div 11 \text{ dm}^3$ wykonano w warstwie przypowierzchniowej oraz na głębokości ok. 1,0 i 1,5 m. Ich objętość określono za pomocą wody, folii i naczynia miarowego. Ponadto określono masę i wilgotność materiału pobranego z wykopów miarowych.

W celu określenia maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego (ρ_{dmax}) zastosowano, zdaniem autorów bardziej adekwatną do warunków rzeczywistych, laboratoryjną metodę wibracyjną stosowaną między innymi w IDM Politechniki Warszawskiej [3]. Odpady budujące nasyp zagęszczano w cylindrze o średnicy równej wysokości próbki zagęszczanego materiału i wynoszącej $\phi = 0,205 \text{ m}$. Próbki zagęszczano po uprzednim odrzuceniu ziarn większych od 40 mm na stole wibracyjnym aparatu Ve-Be. Amplituda drgań wynosiła 0,5 mm, częstotliwość 4500 drgań/minutę, a czas wibracji 8 min. Badaniami objęto po 5 próbek w stanie suchym i nasyconym wodą. W trakcie badań próbki obciążano obciążeniem równym 0,016 MPa.

Uzyskane średnie wartości maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu wynosiły odpowiednio:

- dla odpadów w stanie suchym $\rho_{dmax} = 1,70 \text{ g/cm}^3$;
- dla odpadów w stanie nasyconym wodą $\rho_{dmax} = 1,85 \text{ g/cm}^3$.

Minimalną gęstość objętościową szkieletu (ρ_{dmin}) badanych materiałów określono za pomocą wyżej wymienionego cylindra, sypiąc do niego odpady suche z wysokości ok. 30 cm. Uzyskana z badań wartość średnia wyniosła:

$$\rho_{dmin} = 1,46 \text{ g/cm}^3.$$

Obliczone wartości wskaźnika zagęszczenia (I_s) i stopnia zagęszczenia (I_D) dla większej z wartości ρ_{dmax} przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4

Wskaźniki i stopnie zagęszczenia nasypu budowlanego

Miejsce pobrania próbki	Głębokość pobrania próbki [m]	Wskaźnik zagęszczenia I_s	Stopień zagęszczenia I_D
I	0,00	0,980	0,96
	0,95	1,025	1,06
	1,55	1,036	1,09
III	0,00	1,008	1,01
	1,35	1,146	1,28

Dla górnej warstwy nasypu budowlanego wartości wskaźnika i stopnia zagęszczenia wahają się w przedziale:

$$I_s = 0,98 \div 1,008$$

$$I_D = 0,96 \div 1,01.$$

Z tablicy wynika ponadto, że wartości liczbowe tych parametrów rosną wraz z głębokością. Dla warstw nasypu zalegających do głębokości 1,5 m obliczone wartości wskaźników I_s i I_D są większe od jedności. Oznacza to, że zagęszczenie nasypu według zrealizowanej technologii jest większe od porównywanego zagęszczenia odpadów w warunkach laboratoryjnych.

Można na podstawie przeprowadzonych badań uznać przyjętą technologię formowania nasypu za prawidłową, a uzyskane zagęszczenie za bardzo dobre.

Określono ponadto skład granulometryczny odpadów kopalnianych wbudowanych w nasyp. Składy uziarnienia odpadów przeznaczonych i wbudowanych są prawie identyczne. Nieznaczne różnice występują tylko w zakresie frakcji zwirowej i kamienistej (max. 6%).

5. WNIOSKI I ZAKOŃCZENIE

Wykonany z przepalonych łupków kopalnianych nasyp budowlany charakteryzuje się bardzo dobrym i równomiernym zagęszczeniem. Nośność zbudowanego w ten sposób podłoża jest bardzo duża, a ścisłość średnia. Wykonany nasyp budowlany stanowi więc dobre podłoże i nadaje się do bezpośredniego posadowienia fundamentów.

LITERATURA

- [1] Bela M., Sękowski J., Soczawa A.: Studia i badania na temat optymalnego sposobu posadowienia obiektów Fabryki Domów w Rytomiu-Łagiewnikach. a. Opracowanie końcowe, Gliwice 1979 r., b. Próbne obciążenia nasypów, Gliwice 1979 r. Maszynopis. Biblioteka Zakładu Geotechniki Politechniki Śląskiej.
- [2] Dembicki E., Tejohman A.: Wybrane zagadnienia fundamentowania budowli hydrotechnicznych. PWN, Warszawa-Poznań 1974.
- [3] Grabowski Z. i inni: Kontrola zagęszczenia nasypów drogowych. Drogownictwo nr 10/1976.
- [4] Wiłun Z.: Zarys geotechniki. Wyd. Kom. i Łączności. Warszawa 1976.
- [5] PN-74/B-03020 - Grunty budowlane. Projektowanie i obliczenia statyczne posadowień bezpośrednich. PN-74/B-04452 - Grunty budowlane. Badania polowe.

ПРОБНЫЕ НАГРУЗКИ ОСНОВАНИЯ ПОСТРОЕННОГО
ИЗ ПРОЖЕЖЕННЫХ ШАХТНЫХ СЛАНЦЕВ

Р е з ю м е

В статье представлены метод, способ и результаты пробных нагрузок строительной насыпи, построенной из прожженных шахтных сланцев. Кроме того обсуждены несущая способность, деформируемость и уплотненное состояние этих насыпей. Исходя из результатов проведенных исследований и их анализа, определена пригодность насыпи, как строительного основания.

THE TESTING LOADING OF A SUBBASE CONSISTING
OF BURNED COAL SLATES

S u m m a r y

The paper presents the method, the technique and results of testing loading of a mound consisting of burned coal slates. Apart from this, the carrying ability, deformability and consolidation of these mounds are discussed. In the light of the results of the tests, and their analysis, the usefulness of mounds as building subsoils has been determined.