

ANDRZEJ FRYBES*

INTERPRETACJA BADAŃ POLOWYCH ZAGĘSZCZENIA OBWAŁOWAŃ WYKONANYCH Z OSADÓW POCHODZENIA HUTNICZEGO

INTERPRETATION OF FIELD INVESTIGATIONS OF METALLURGIC SEDIMENT EMBANKMENTS CONSOLIDATION

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawiono badania polowe wskaźnika zagęszczenia obwałowań wykonanych z osadów pochodzenia hutniczego. Do badań zastosowano sondę lekką SL-5,0 o końcówce stożkowej. Ustalono korelację między ilością uderzeń młota sondy na 0,1 m zagłębienia N_{10} a wskaźnikiem zagęszczenia nasypu I_s wykonanego z osadu składowiska. Przedstawiono interpretację uzyskanych wyników badań.

Słowa kluczowe: osady hutnicze, wskaźnik zagęszczenia, sondowanie dynamiczne

Abstract

The present paper demonstrates field investigations of consolidation index in the embankments made of metallurgical sediments. Light driving rod SL-5,0 with a conic tip was used in the investigations. Correlation was established between the number of the driving rod hammerings into 0,1 m hollow N_{10} and consolidation index of the embankment I_s made of storage yard sediments. Interpretation of the obtained research result is presented.

Keywords: metallurgic sediments, consolidation index, dynamic sounding

* Dr inż. Andrzej Frybes, Instytut Geotechniki, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Miarą zagęszczenia gruntu w nasypie jest wskaźnik zagęszczenia. Kompleksowe badania geotechniczne osadów zgromadzonych w osadnikach Kombinatu Metalurgicznego w Krakowie oraz oceny wskaźnika zagęszczenia obwałowań wykonanych z osadów przeprowadzał przez kilkanaście lat Instytut Geotechniki Politechniki Krakowskiej. Badania prowadzono pod kątem możliwości ich zastosowania do podniesienia niwelety istniejących obwałowań załadowanych już osadników. Zapewniało to możliwość dalszej eksploatacji bez zwiększania powierzchni składowiska. Przeprowadzone badania wskaźnika zagęszczenia wykazały możliwość rozbudowy składowiska z wykorzystaniem osadów zgromadzonych w osadnikach do budowy nasypów. Niniejszy artykuł zawiera podsumowanie badań wykonanych na obiekcie

2. Ocena wskaźnika zagęszczenia nasypów w obwałowaniach na podstawie sondowań

Dla praktycznej oceny wskaźnika zagęszczenia obwałowań wykonanych z osadów szczególnie korzystne okazało się zastosowanie sondowań dynamicznych. Do badań wykorzystano sondę lekką o specjalnej konstrukcji opracowanej dla szczegółowego sprawdzenia nasypów SL-5,0 z końcówką stożkową (ryc. 1). Ustalono korelację między ilością uderzeń młota sondy lekkiej SL-5,0 na 0,1 m zagłębienia N_{10} a wskaźnikiem zagęszczenia nasypu I_s wykonanego z osadu składowiska (ryc. 2) metodą I wg PN-88/B-04481 [1, 2, 7, 9].

Ogółem wykonano sondą lekką SL-5,0 62 sondowania do głębokości 4,0 m (tabl. 1). Biorąc pod uwagę sumaryczną głębokość sondowania, uzyskane wyniki przedstawiają się następująco: wartość średnia $I_s^{(n)} = 0,90$, odchylenie standardowe $\delta_n = 0,047$, współczynnik materiałowy $\gamma_m = 1 \pm 0,06$, wartość obliczeniowa $I_s^{(r)} = 0,85$ przy liczebności zbioru $N = 62$.

Tablica 1

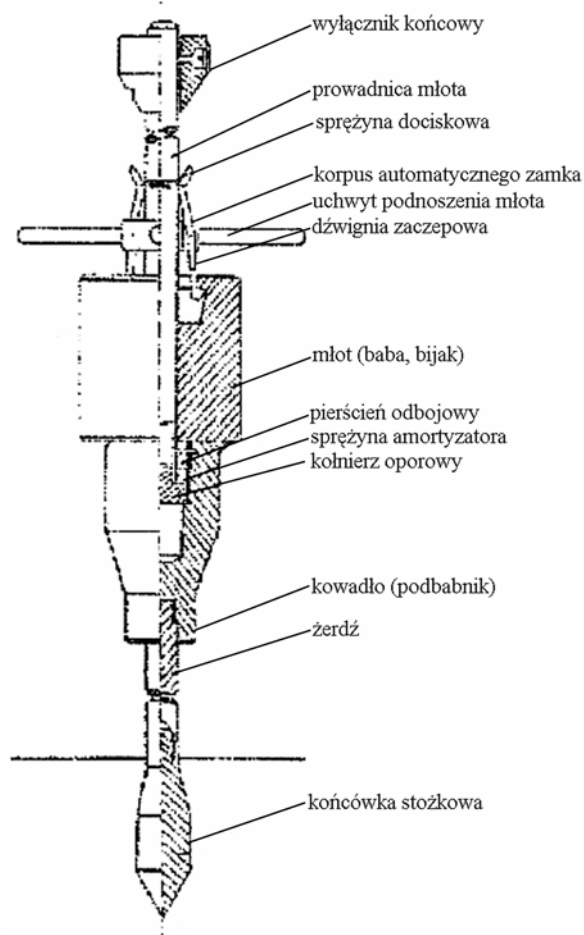
Wartości średnie wskaźnika zagęszczenia I_s dla poszczególnych głębokości sondowań

Wyniki badania	Głębokość sondowania [m]			
	0–1,0	1,0–2,0	2,0–3,0	3,0–4,0
Ilość sondowań = 62	10	16	16	20
Przedział wartości $I_s = 0,81–0,95$	0,81–0,95	0,83–0,95	0,86–0,95	0,82–0,95
Wartość średnia $I_s = 0,90$	0,88	0,89	0,90	0,89
Udział w procentach = 100%	16,1	25,8	25,8	32,3

Przedstawione wyniki obliczeń określają dla każdego przelotu sondowania wartość wskaźnika zagęszczenia nasypu I_s osadów wbudowanych w obwałowania. W tablicy 2 zestawiono ilość uzyskanych wartości wskaźnika zagęszczenia I_s w zależności od określonego przedziału zagęszczenia i głębokości sondowania. Obliczono również ilość wyników badań w każdym przedziale wskaźnika zagęszczenia I_s oraz udział w procentach, który przedstawia się następująco:

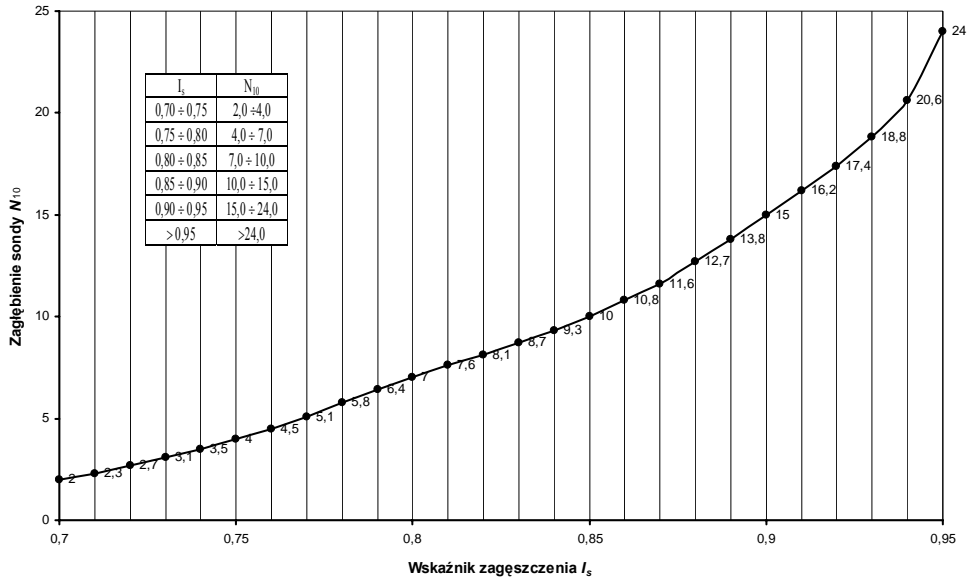
- dla I_s – 0,70–0,75 – 8,2%
 – 0,75–0,80 – 7,1%
 – 0,80–0,85 – 13,0%
 – 0,85–0,90 – 20,6%
 – 0,90–0,95 – 28,2%
 – > 0,95 – 22,9%

W związku z powyższym obliczona wartość średnia wskaźnika zagęszczenia I_s osadów wynosi: $I_s^{(n)} = 0,88$, odchylenie standardowe $\delta_n = 0,073$, współczynnik materiałowy $\gamma_m = 1 \pm 0,083$, wartość obliczeniowa $I_s^{(r)} = 0,81$. Uzyskane wyniki wskaźnika zagęszczenia przedstawiono w sposób graficzny na histogramie szeregu rozdzielczego (ryc. 3) przy liczności prób $N = 354$.



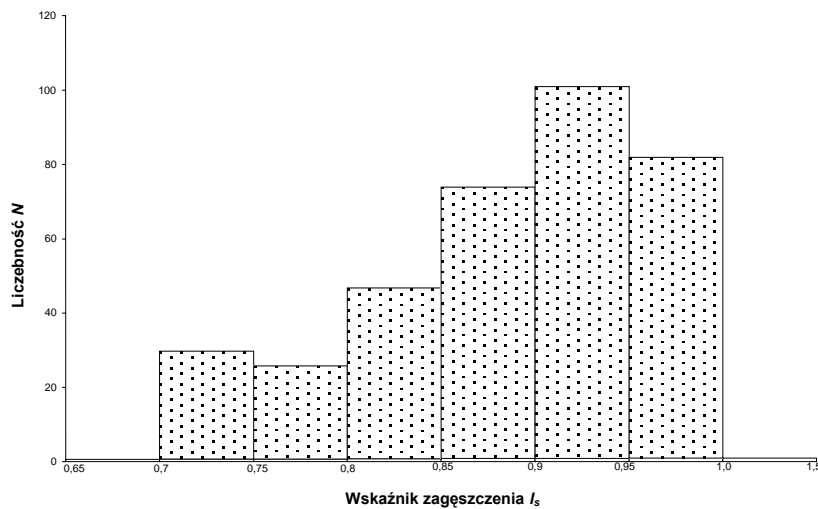
Ryc. 1. Schemat sondy lekkiej wbijanej SL-5,0

Fig. 1. Scheme of light driving rod SL-5,0



Ryc. 2. Wykres zależności między ilością uderzeń młota sondy SL-5,0 na 0,1 m zagłębienia N_{10} a wskaźnikiem zagęszczenia I_s nasypu wykonanego z osadów

Fig. 2. Diagram of dependencies between the number of SL-5,0 driving rod hammerings into 0,1 hollow N_{10} and consolidation index I_s of the embankment made of sediments

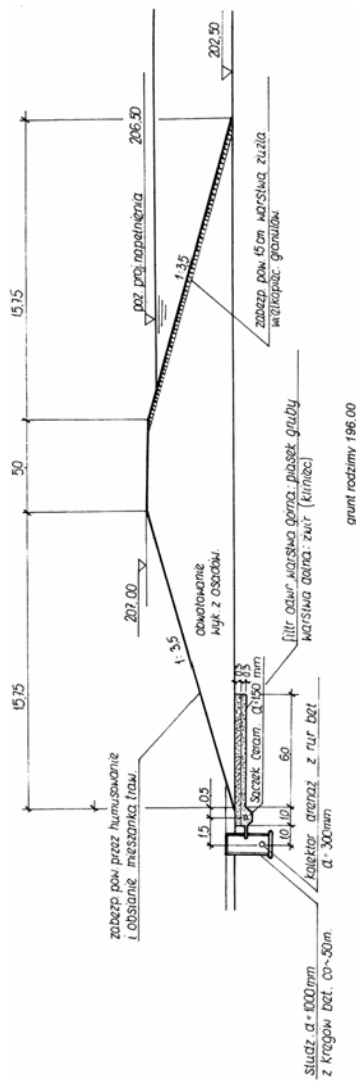


Ryc. 3. Histogram szeregu rozdzielczego sporządzony dla uzyskanych wartości wskaźnika zagęszczenia I_s sondowania sondą SL-5,0 obwałowań zbudowanych z osadów

Fig. 3. Histogram of the distributive series made for obtained values of consolidation index I_s sounding by SL-5,0 driving rod of the embankments built of sediments

Rozkład ilościowy średnich wartości wskaźnika zagęszczenia I_s zaliczonych do określonych przedziałów dla kolejnych odcinków sondowań o długości 0,5 m

Przedziały wartości wskaźnika zagęszczenia I_s	Ilość wartości wskaźnika zagęszczenia I_s dla głębokości sondowania mieszczących się w przedziałach											Suma ilości wyników sondowań w przedziale	Udział w procentach [%]
	Głębokość sondowania [m]												
	0,0-0,5	0,5-1,0	1,0-1,5	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0					
0,70-0,75	2	2	6	6	3	4	3	3				29	8,2
0,75-0,80	4	6	3	2	2	2	2	3				25	7,1
0,80-0,85	10	10	8	10	2	1	2	3				46	13,0
0,85-0,90	16	13	8	8	10	7	6	5				73	20,6
0,90-0,95	17	11	20	14	14	13	6	5				100	28,2
> 0,95	13	20	11	10	12	13	2	-				81	22,9
Suma ilości sondowań do głębokości	62	62	56	50	43	40	22	19				354	100



Ryc. 4. Typowy przekrój przez obwałowanie wykonane z osadów osadników
Fig. 4. Typical cross-section through the embankment made of sediment traps

Po dokonanej analizie kształtu wykonanego histogramu stwierdzono, że obliczenie wartości miarodajnych jako kwantyli na podstawie rozkładu normalnego jest w zasadzie możliwe. Wartości miarodajne wskaźnika zagęszczenia I_s osadów obliczono według wzoru, przyjmując poziom ufności $\phi(t) = 95\%$, który wydaje się wystarczający dla potrzeb geotechniki przy założeniu przedziału ograniczonego dwustronnie

$$P\{x^{(n)} - t \cdot \sigma_n < x^{(n)} < x^{(n)} + t \cdot \sigma_n\} = \phi(t)$$

gdzie:

- $x^{(n)}$ – wartość średnia (przeciętna),
- σ_n – odchylenie standardowe,
- t – zmienna standaryzowana (odczytana z tablic dla przyjętego poziomu ufności $\phi(t)$).

Tak więc wartości miarodajne wskaźnika zagęszczenia obliczono wg powyższego wzoru

$$P\{I_s^{(n)} - t \cdot \delta_n < I_s^{(n)} < I_s^{(n)} + t \cdot \delta_n\} = \phi(t)$$

i zawarte są w przedziale

$$P\{0,74 < 0,88 < 1,0\} = 95\%$$

Przedmiotem badań wskaźnika zagęszczenia były nasypy obwałowań podwyższających, których typowy przekrój przedstawiono na ryc. 4. Przy projektowaniu przyjęto wartość wskaźnika zagęszczenia nasypów $I_s \geq 0,95$, co stanowiło wymagania bardzo wysokie, biorąc pod uwagę dużą wilgotność osadów i trudność ich przesuszenia [7, 9]. Ze względu na przyjętą nadzwyczaj ekonomiczną technologię formowania nasypów, polegającą na przemieszczaniu osadów spycharkami z powierzchni osadników w kierunku poprzecznym do osi budowanych obwałowań, wykonawca zaproponował wykonywanie obwałowań o łagodniejszym niż projektowane nachyleniu skarp [8, 9], co w pełni skompensowało niedobory wskaźnika zagęszczenia nasypów. Badania własności fizykomechanicznych osadów [1, 7] przedstawiają zasadniczy wpływ wskaźnika zagęszczenia na cechy osadów istotne z punktu widzenia pracy obwałowań, jak parametry wytrzymałościowe, przepuszczalność, ściśliwość itp. [3, 7, 8]. Z powyższych względów należy wymagać, aby wskaźnik zagęszczenia nasypów obwałowań nie był niższy niż $I_s = 0,85$, co w świetle przeprowadzonych sondowań spełniło tylko ok. 51% badanych nasypów. Pomimo wykazanych niedociągnięć w zakresie wymaganych wartości wskaźnika zagęszczenia obwałowania podwyższające wykonane z osadów zdały doskonale egzamin swojej pracy przy załadunku osadników.

3. Wnioski i uwagi końcowe

Gromadzone odpady przemysłowe na składowiskach mokrych charakteryzują się znacznym zróżnicowaniem właściwości fizycznych i mechanicznych. Zależy to od pochodzenia, składu mineralnego, uziarnienia, wilgotności oraz stanu zagęszczenia osadów. Dlatego też osady są różne w poszczególnych obiektach przemysłowych w kraju i należy każdy osadnik traktować jako odrębny sztuczny materiał będący efektem działalności człowieka, wymagający specyficznego ujęcia w sensie wyboru metod prowadzenia badań.

Osady zgromadzone na składowisku Kombinatu Metalurgicznego w Krakowie wykazują na ogół korzystne właściwości geotechniczne potwierdzone w badaniach, jednak do budowy obwałowań mogą być użyte pod warunkiem dobrego zagęszczenia, a zarazem ograniczenia porowatości. Zastosowane sondowanie dynamiczne sondą SL-5,0 w latach 1978–1980 okazało się praktyczną metodą oceny zagęszczenia nasypów wykonanych z osadów. Sonda ta charakteryzowała się prostą i lekką konstrukcją, co było istotne przy przenoszeniu jej na kolejne punkty badawcze. Składała się z młota o masie 5,0 kg, prowadnicy młota, uchwytu z zaczepami wolnospadu, ogranicznika i kowadła połączonego z żerdziami. Wyposażona była w żerdzie stalowe puste (rurkowe), gwintowane wewnątrz, o średnicy 20 mm i długości 100 cm, łączone – skręcane łącznikami st

alowymi oraz jednej żerdzi o długości 80 cm, do której przymocowany był stożek. Opory sondowania tego rodzaju nasypów są znacznie wyższe niż opory sondowania nasypów z gruntów spoistych w odniesieniu do analogicznego wskaźnika zagęszczenia. Dla nasypów omawianego składowiska opracowano odpowiednie korelacje między N_{10} a I_s , co stanowi podstawę interpretacji wyników sondowań. Poprawność przyjętej metody badania potwierdzono obserwacjami prowadzonymi przez prawie 30 lat.

Literatura

- [1] Frybes A., *Badania nad przydatnością popiołów i szlamów Huty im. Lenina do budowy obwałowań osadników przemysłowych*, praca doktorska, Kraków 1984 (maszynopis).
- [2] Frybes A., *Wybrane zagadnienia dotyczące mikrostruktury i parametrów fizyczno-mechanicznych odpadów Kombinatu Metalurgicznego w Krakowie*, Czasopismo Techniczne z. 3-B/1995, Kraków.
- [3] Frybes A., *Interpretacja badań laboratoryjnych parametrów wytrzymałościowych osadów pochodzenia hutniczego*, z. 8-Ś/2004, Kraków.
- [4] Greń J., *Statystyka matematyczna. Modele i zadania*, PWN, Warszawa 1984.
- [5] Pisarczyk S., *Gruntoznawstwo inżynierskie*, PWN, Warszawa 2001.
- [6] Wiłun Z., *Zarys geotechniki*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa 1976.
- [7] Żmudziński Z., Frybes A., *Badania nad przydatnością popiołów i szlamów do rozbudowy składowiska odpadów poprodukcyjnych Huty im. Lenina*, materiały sesji naukowej nt. „Aktualnych kierunków badań przeprowadzonych na Wydziale ISiW PK”, Kraków 1981.
- [8] Żmudziński Z., Frybes A., *Charakterystyka mikrostruktury i właściwości geotechniczne odpadów hutniczych składowanych hydraulicznie*, materiały IX Krajowej Konferencji Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Kraków 1990.
- [9] Żmudziński Z., Frybes A., *Utilization of wastes from Cracow Steelworks stored hydraulically for vertical development of the storage yard*, IV Międzynarodowe Sympozjum nt. „Utylizacja odpadów powęglowych”, Kraków, 6–10 IX 1993.
- [10] Strona internetowa <http://www.iis.uz.zgora.pl>.