



prof. dr hab. inż. Zygmunt MEYER, meyer@ps.pl
Politechnika Szczecińska
dr inż. Mariusz KOWALOW
LGA Bautechnik GmbH Oddział w Polsce
dr inż. Roman BEDNAREK, bednarek@ps.pl
Politechnika Szczecińska

ZMIANY SPOSOBU WZMANIANIA GRUNTÓW SŁABYCH NA OSTROWIE GRABOWSKIM W OPARCIU O BADANIA KONSOLIDACJI TORFÓW

THE CHANGE OF REINFORCEMENT OF SOFT SOILS METHOD ON THE OSTROW GRABOWSKI ON BASE TO CONSOLIDATION TEST OF PEAT

Streszczenie: W pracy zwrócono uwagę na problem bezpośredniego posadawiania obiektów wrażliwych na nierównomierne osiadanie na Ostrowie Grabowskim. Na podstawie badań laboratoryjnych i znajomości miąższości warstw w poszczególnych profilach oceniono jak będzie osiadał nasyp wykonany z refulatu dla różnych wielkości obciążenia. W czasie badań laboratoryjnych zaobserwowano w kolejnych stopniach obciążenia eliminowanie osiadań plastycznych, dobrano w ten sposób stosowne przeciążenie.

Abstract: The paper describes the problem of direct foundation of building on peat soil at Ostrow Grabowski. Based on the laboratory tests and knowledge of thickness in respective profile it was possible to estimate how embankment made of dredged material is settling upon of load. It has been observed in laboratory test that plastic settlement can be eliminated taking certain load. It was the basis of filling overload.

1. Wstęp

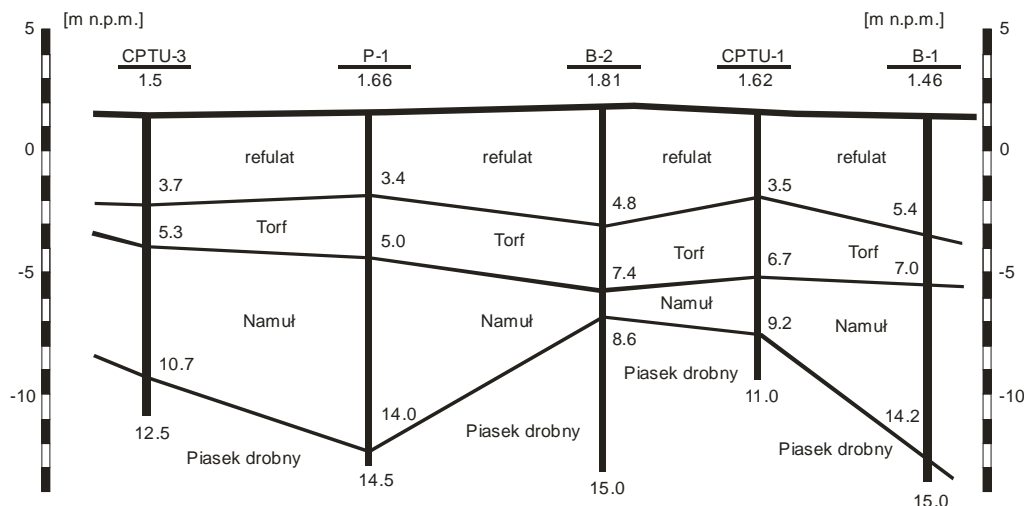
Ostrów Grabowski należy do nielicznych miejsc, gdzie obecnie trwają bardzo intensywne prace inwestycyjne. Pole nazywane Ostrów Grabowski o powierzchni około 65 ha jest eksploatowane już ponad 30 lat. Gromadzone są tam pokłady refulacyjne pochodzące z czasów pogłębiania oraz zagospodarowywania terenów Międzyodrza. Od końca XIX, gdy rozpoczęto w 1894 budowę portu miejskiego na Ostrowie Mieleńskim - Ostrów Grabowski był jedną z trzech dużych wysp międzyodrza. Jeszcze 150 lat temu były to tereny bagienne, które w ówczesnych czasach były całkowicie nieprzydatne z punktu widzenia prowadzenia działań inżynierskich takich jak na przykład budowa portów. Masy ziemne pozyskiwane w wyniku bagrowania kanałów i budowy przekopów pozwoliły na częściowe zagospodarowanie terenów bagiennych. Sukcesywnie podnoszono teren przez dosypywanie kolejnych warstw refulatu. Obecnie na terenie Ostrowia Grabowskiego można powiedzieć, że średnia miąższość nadsypanego refulatu wynosi około 5 m. Okres składowania refulatu na Ostrowiu Grabowskim wynosi około 30 lat. W efekcie przeciążenia warstwy gruntów organicznych warstwą refulatu parametry torfów i namulów zostały znacznie poprawione. Obserwuje się

poprawę modułów ścisłości z 220 kPa do 1000 kPa [1, 3]. Proces odkładania urobku na terenach bagiennych dostarcza obecnie nowych terenów dla nowych inwestycji, a poprawa warunków inżynierskich pozwalała na coraz częstsze wykorzystywanie tych terenów do rozbudowy infrastruktury portowej. Planowany rozwój przemysłowy części Ostrowia Grabowskiego przyczynił się do podjęcia prac przygotowawczych pod przyszłe inwestycje. W miejscach, gdzie przewiduje się przekazanie dużych obciążeń na warstwy gruntu w celu jeszcze większej poprawy parametrów podłoża gruntowego przeciężono warstwy gruntu dodatkowym nadkładem refulatu. W celu opisu zachowania się gruntu organicznego zalegającego pod pokładami refulatu w laboratorium Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej podjęto ocenę jak przeciążenie podłoża organicznego wpłynęło na parametry tego gruntu. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że po przekroczeniu pewnego obciążenia przypadającego na strop warstw torfów można wyeliminować praktycznie w całości osiadania trwałe.

Projekt rozbudowy Portu na Ostrowie Grabowskim przewidywał bezpośrednie posadowienie dróg i torów kolejowych na skonsolidowanych torfach.

2. Cel i zakres prowadzonych badań próbek gruntu na Ostrowie Grabowskim

Celem prowadzenia badań na Ostrowie Grabowskim było wyznaczenie niezbędnych parametrów dla gruntów budujących warstwy słabe (torfy i namuły widoczne na przekroju geotechnicznym rys. 1), które umożliwią prognozę osiadania wykonanego nasypu pod linię kolejową, która wywołuje obciążenie 80 kPa, oraz drogi, która wywołuje obciążenie 100 kPa jak również placu manewrowo-przeładunkowego (obciążenie 50 kPa) [4]. Wykonanie analiz, wymagało przeprowadzenia badań ścisłości próbek NNS pobranych z warstwy gruntu organicznego. W laboratorium Katedry Geotechniki Politechniki Szczecińskiej wykonano badania 12 próbek gruntu oraz określono osiadanie nasypu w poszczególnych punktach, z których zostały pobrane próbki gruntu.



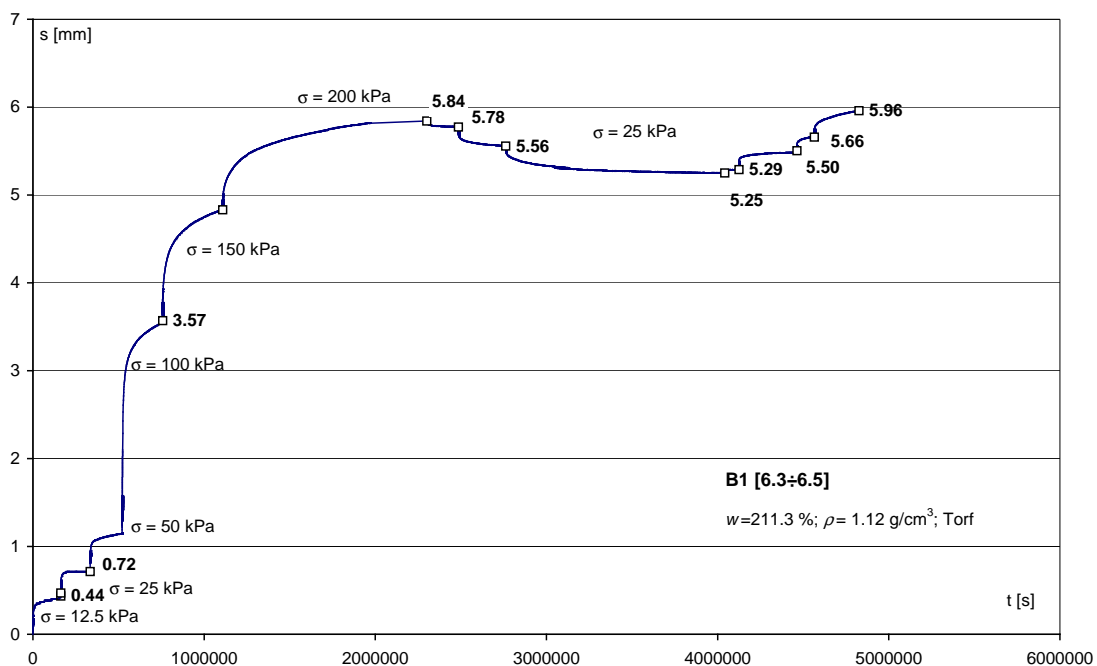
Rys. 1.: Przekrój geotechniczny w rejonie wykonywanych badań

W Laboratorium MGIF wykonano fizyczne badania gruntu, próbki dostarczone były w próbnikach stalowych o średnicy 10 cm w celu określenia rodzaju gruntu. Wykonano badania gęstości objętościowej i wilgotności. Na podstawie otrzymanych wyników oraz analizy makroskopowej określono rodzaj gruntu. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki badań fizycznych pobranych próbek gruntu

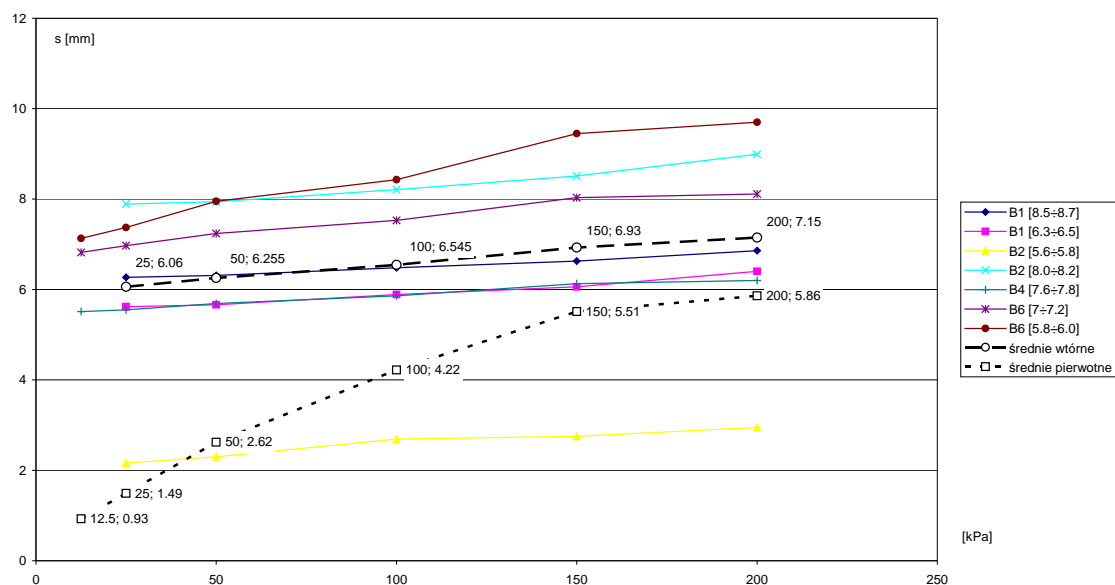
miejsce pobrania	poziom pobrania	wilgotność w [%]	gęstość objętościowa ρ [g/cm ³]	rodzaj gruntu
B1	6.3÷6.5	211.3	1.12	Torf
B1	8.5÷8.7	161.7	1.23	Namuł
B2	5.6÷5.8	295.1	1.02	Torf
B2	8.0÷8.2	350.7	0.98	Torf
B3	6.0÷6.2	156.6	1.11	Torf/Namuł
B3	9.0÷9.2	135.8	1.28	Namuł
B4	6.8÷7.0	124.3	1.26	Namuł
B4	7.6÷7.8	145.2	1.35	Namuł
B5	5.7÷5.9	266.4	1.19	Torf
B5	6.5÷6.7	359.2	0.88	Torf
B6	5.8÷6.0	384.9	0.99	Torf
B6	7.0÷7.2	390	1.08	Torf

Badania w celu określenia ścisłości pobranych próbek gruntu przeprowadzone były w aparatach edometrycznych. Próbki gruntu po umieszczeniu w standardowych pierścieniach o wymiarach: wysokość pierścienia 20 mm i średnica pierścienia 65 mm zostały poddane kolejnym etapom obciążenia. Próbki obciążane były obciążeniami 12,5; 25; 50; 100; 150; 200 kPa następnie zostały odciążone do wartości 25 kPa i ponownie obciążone stopniowo do wartości 150 i 200 kPa. Taki przebieg obciążania próbek gruntu pozwolił na wyznaczenie krzywej ścisłości i określenie, w jaki sposób obecny nasyp i projektowane obciążenie dodatkowe spowoduje osiadania powierzchni terenu. Odciążenie do wartości 25 kPa odpowiada nałożeniu na warstwie torfu 1,5 metrowej warstwy refulatu [4]. Z uwagi na bardzo, krótki czas na realizację badań zdecydowano, że zmiana kolejnych stopni obciążenia będzie następowała wcześniej niż zaleca polska norma ale w czasie nie krótszym niż dwa dni. W trakcie prowadzenia badania rejestrowano wyniki osiadania czujnikami z dokładnością do 0,01 mm. Wyniki osiadań wybranej próbki gruntu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2.: Przebieg osiadania próbki gruntu

Na podstawie otrzymanych wyników osiadań próbek gruntu przeprowadzono prognozę osiadania próbek gruntu, co umożliwiło to wyznaczenie osiadania docelowego osiągniętego przez obciążoną próbkę gruntu w kolejnym etapie obciążenia, w tym celu wykorzystano empiryczny model konsolidacji gruntu organicznego opracowany w Katedrze Geotechniki Politechniki Szczecińskiej [2, 5]. Po przeprowadzeniu analiz osiadania określono krzywą ściśliwości (rys. 3), która pozwoliła ocenić ile będzie osiadał jeszcze nasyp, ile będzie osiadać warstwa słaba (torf i namuł) pod dodatkowym obciążeniem 50 kPa, 80 kPa i 100 kPa. Wyniki osiadań przedstawiono w tabeli nr 2.



Rys. 3.: Krzywa ściśliwości $s(\sigma)$ uśredniona dla wszystkich próbek torfu

Tabela 2. Prognoza osiadania warstwy torfów i na namułach

profil	próbka	miąższ ość torfu [m]	Prognoza osiadania			
			średnie osiadanie [m] dla 50 kPa	średnie osiadanie [m] dla 80 kPa	średnie osiadanie [m] dla 100 kPa	średnie osiadanie [m] dla nasypu
B1	8.5÷8.7	8.1	0.75	1.16	1.38	0.25
B1	6.3÷6.5	8.1	0.75	1.16	1.38	0.25
B3	9.0÷9.2	9.8	0.91	1.41	1.67	0.3
B3	6.0÷6.2	9.8	0.91	1.41	1.67	0.3
B2	5.6÷5.8	3.8	0.35	0.55	0.65	0.11
B2	8.0÷8.2	3.8	0.35	0.55	0.65	0.11
B5	5.7÷5.9	3.7	0.34	0.53	0.63	0.11
B5	6.5÷6.7	3.7	0.34	0.53	0.63	0.11
B4	6.8÷7.0	2.1	0.19	0.3	0.36	0.06
B4	7.6÷7.8	2.1	0.19	0.3	0.36	0.06
B6	5.8÷6.0	3.6	0.33	0.52	0.61	0.1
B6	7.0÷7.2	3.6	0.33	0.52	0.61	0.1

8. Wnioski i zalecenia

- 8.1 Projekt rozbudowy Portu na Ostrowie Grabowskim przewidywał bezpośrednie posadowienie dróg i torów kolejowych na skonsolidowanych torfach. Przeprowadzone badania wskazują, że pomimo poprawy własności wytrzymałościowych gruntów słabych w podłożu, nie ma możliwości bezpośredniego posadowienia obiektów drogowych i kolejowych. Podyktowane to jest dużymi i nierównomiernymi osiadaniami jakie wynikają z obliczeń. Posadowienie bezpośrednie mogłoby wywołać awarie budowlane.
- 8.2 Próbkę gruntu, dla których prowadzono analizy i badania osiadania należą do gruntów organicznych i są to torfy i namuły. W badaniach można było wyodrębnić torfy średniorozłożone i słaborozłożone. Przykładem słaborozłożonych torfów są próbki B5 [6.5÷6.7], B6 [5.8÷6.0] i B6 [7.0÷7.2] o gęstości objętościowej mniejszej niż gęstość wody i bliskiej wielkości 1 g/cm³. Próbkę te były zbudowane z prawie nierozłożonych części roślin. Torfy o takiej strukturze należą do gruntów, które będą znacznie osiadały pod obciążeniem.
- 8.3 W wyniku przeprowadzonej analizy osiadania można stwierdzić, że mamy do czynienia z próbkami różniącymi się znacznie parametrami wytrzymałościowymi i fizycznymi, co będzie wpływać na różne osiadania w różnych punktach. Próbkę torfu B5 [6.5÷6.7], B6 [5.8÷6.0] i B6 [7.0÷7.2] należą do najbardziej podatnych na osiadania. Najmniej podatne na osiadanie są próbki namułów B3 [6.0÷6.2] i B4 [6.8÷7.0]. Z uwagi na tak zróżnicowane parametry wytrzymałościowe parametry uśredniono i podano osiadanie nasypów dla wielkości średnich parametrów i znanych miąższości warstw słabych (tabela nr 3). Z uwagi na dużą miąższość warstwy słabej w okolicach B1 i B3 można będzie tam obserwować największe osiadania. W części B5 i B6 z uwagi na 2÷3 krotnie mniejszą miąższość osiadanie w tych punktach będzie mniejsze. Różnice w miąższościach warstwy nasypowej i warstwy słabej również przyczynią się do nierównomiernego osiadania.
- 8.4 Po przeprowadzonej analizie obciążenia wtórnego w zakresie 12,5÷200 kPa i 25÷200 kPa można stwierdzić podobnie jak to miało miejsce przy obciążeniu pierwotnym, że mamy do czynienia z próbkami różniącymi się znacznie parametrami wytrzymałościowymi i fizycznymi, co będzie wpływać na różne osiadania w różnych punktach. Próbkę torfu B6 [5.8÷6.0] i B6 [7.0÷7.2] należą do najbardziej podatnych na osiadania. Średni moduł ściśliwości wzrósł trzykrotnie z wartości 600 kPa do 1700 kPa. Należy zwrócić jedna uwagę na fakt, że próbka gruntu w edometrze nie ma możliwości rozszerzania się na boki. Z tego względu wyniki częściowo mogą odbiegać od tych w warunkach naturalnych i z tego powodu osiadanie w warunkach naturalnych będzie większe.
- 8.5 W kolejnych badaniach nad zachowaniem się gruntu organicznego pod obciążeniem przewiduje się wyznaczenie jak wielkość kolejnego obciążenia wpływa na eliminowanie osiadania plastycznego. Przy jakim obciążeniu obserwujemy największe wyeliminowania fazy plastycznej. Określenie takich obciążeń pozwoli na optymalne dobieranie miąższości nasypów przeciążających, których zadanie polega na maksymalnym zmniejszeniu porowatości, przyspieszaniu procesu konsolidacji i eliminowaniu osiadań plastycznych.

Literatura

1. Bednarek R., Borkowski M., Mrozińska G., Szutowicz J., Nowe tereny rekreacyjne dla Szczecina, X Seminarium Naukowe z cyklu Regionalne Problemy Ochrony Środowiska w Ujściu Odry, Geotechnika w warunkach oddziaływania morza, Międzyzdroje 2002
2. Bednarek R., Empiryczny model konsolidacji gruntu organicznego w funkcji osiadania. Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, XIV Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Inżynierii Geotechnicznej Polskiego Komitetu Geotechniki, Wydawnictwo Politechniki Białostockiej, Białystok 2006
3. Borkowski M., Mrozińska G., Szutowicz J., Nowe tereny pod budownictwo dla Szczecina, Inżynieria Morska i Geotechnika, 5/2001
4. Kowalow M., Wrobel M., Rozbudowa infrastruktury portowej na terenie międzyodrza – zagrożenia związane z bezpośrednim posadowieniem obiektów na gruntach organicznych i nasypowych, XXII Konferencja naukowo-techniczna Awaryjne Budowlane, Międzyzdroje 2007
5. Meyer Z., Bednarek R., Laboratoryjne metody określania parametrów krzywej elementarnej, Konferencja Naukowa 45 lat Geotechniki w Łodzi „Geotechnika w polskim budownictwie”- Łódź 2003