



Wstęp

1.1. Cel rozprawy

Celem niniejszej rozprawy habilitacyjnej jest analiza właściwości fizycznych i mechanicznych oraz określenie zmienności przestrzennej parametrów ilów warwowych „zastoiska warszawskiego” na podstawie badań w warunkach *in situ*. Głównym elementem pracy jest analiza wyników badań polowych i ich przestrzennej zmienności na tle stref sedymentacji wyróżnionych w dotychczasowych publikacjach (Myślińska, 1965; Merta, 1978). Autor powiązał właściwości ilów zastoiskowych, zwłaszcza mechaniczne, z typami litologicznymi oraz lokalizacją w obrębie zbiornika sedymentacyjnego.

Narzędzia i metody analiz zastosowane w badaniach w większości są powszechnie wykorzystywane do oceny charakterystyki mechanicznej podłoża gruntowego projektowanych inwestycji. Sondowania pozwalają na niemal ciągły pomiar reakcji środowiska geologicznego na ich wciskanie lub ekspansję w profilu pionowym. Niektóre z zastosowanych narzędzi pozwalają na pomiar prędkości przepływu wody, rejestrację oporności elektrycznej lub prędkości fal sejsmicznych. Dlatego autor rozprawy przyjął, że są odpowiednim sposobem oceny niejednorodności i jednocześnie zmienności właściwości fizycznych i mechanicznych przestrzeni gruntowej, którą stanowią ily warwowe.

Iły warwowe są ośrodkiem gruntowym o widocznej horyzontalnej laminacji. Wynika ona z obecności warw o uziarnieniu frakcjonalnym, które reprezentują porcję osadu dostarczonego jednorazowo (najczęściej w okresie cieplejszego lata) do zbiornika zastoiskowego. W obrębie takiego zapisu sedymentacyjnego licznie występują podrzędne warwy i laminy, które odzwierciedlają fluktuacje w dynamice środowiska sedymentacji. Ich efektem jest duża rozpiętość rozmiarów frakcji uziarnienia (od frakcji piaskowej do ilowej) i jej zróżnicowany udział w pionie w obrębie warw. Wykorzystane narzędzia nie pozwalają na uchwycenie takiego zróżnicowania, które występuje w skali milimetrów i mniejszej. Zatem autor nie zamierzał odnosić wyników badań oddzielnie do cienkich warstw lub

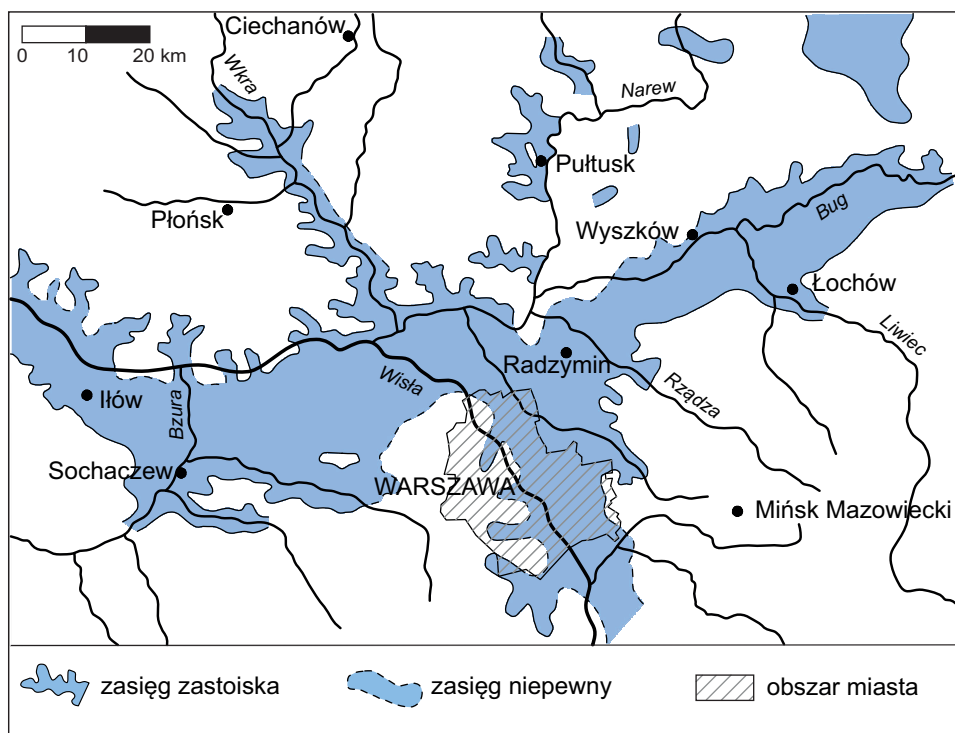
lamin w obrębie warwy. Stosowane metody umożliwiają ocenę właściwości ilów warwowych w skali kilku i kilkunastu centymetrów. Badany ośrodek gruntowy jest złożoną strukturalnie skałą osadową, której cechy fizyczne i mechaniczne są przede wszystkim wypadkową zachowania się zespołów warw i w takim ujęciu należy analizować zawarte w niniejszym opracowaniu wyniki.

Podstawowym założeniem rozprawy jest wykorzystanie szerokiego programu badawczego, który dostarczył odpowiedniego i na tyle dużego zbioru danych, aby można go było poddać ocenie statystycznej. Autor starał się przedstawić zmienność ośrodka warwowego za pomocą parametrów bezpośrednich, charakterystycznych dla poszczególnych sondowań, które nie budzą istotnych wątpliwości w zakresie interpretacji. Zgromadzone dane uzyskane w wyniku badań nie podlegały znaczącej transformacji czy przetwarzaniu. Jako wartości źródłowe mogą być wykorzystane do oceny przestrzennego zróżnicowania cech mechanicznych i fizycznych ilów warwowych.

Uwaga autora była skierowana także na aplikacyjny wymiar badań, związany z oceną środowiska geologicznego na potrzeby posadowienia obiektów budowlanych. Z uwagi na stosowanie opisywanych w rozprawie narzędzi w praktyce możliwe jest szersze wykorzystanie zaprezentowanych wyników, jako zbioru parametrów charakterystycznych dla ilów warwowych zlodowacenia północnopolskiego występujących w rejonie Kotliny Warszawskiej.

Kolejnym ważnym aspektem rozprawy jest poszukiwanie wzajemnych zależności między wynikami uzyskanymi za pomocą stosowanych narzędzi, a także weryfikacja i określenie rozbieżności zarejestrowanych trendów. Prowadzenie wielu równoległych badań w węzłach badawczych za pomocą różnorodnych narzędzi umożliwia komplementarną ocenę właściwości ośrodka gruntowego. Dzięki temu można w większym stopniu potwierdzić wiarygodność parametrów uzyskanych ze stosowanych badań. Podczas analizy wyników badań w niektórych przypadkach wykazano, że dotychczas stosowane formuły obliczeniowe są niepoprawne w odniesieniu do oceny parametrycznej badanych osadów. Stanowiło to powód do poszukiwania prawidłowych wartości. W następnym etapie przeprowadzono pogłębioną analizę metodyki badawczej i próbę wyjaśnienia budzących wątpliwości wyników.

Analiza właściwości geologiczno-inżynierskich ilów warwowych była celem naukowo-poznawczym, którego realizacja poszerzyła aktualną wiedzę o tych osadach, ich właściwościach i roli procesów diagenetycznych w aspekcie cech mechanicznych. Wymiar liczbowy właściwości fizycznych i mechanicznych może być elementem charakterystycznym, tzn. wskaźnikowym, przy identyfikacji ogniw (serii) litogenetycznych. Oprócz bezpośrednich obserwacji litologicznych i sedymentologicznych geologia inżynierska dostarcza nowych cech identyfikacyjnych osadów. Należą do nich obserwacje parametrów mechanicznych (np. odkształcalności, spójności, wytrzymałości na ścinanie), fizycznych (oporności elektrycznej, prędkości propagacji fali mechanicznej, wodoprzepuszczalności) czy parametrów własnych rozmaitych sond badawczych do badań w warunkach *in situ*.



Ryc. 1.1. Zasięg „zastoiska warszawskiego” (wg Różyckiego, 1972, zmienione)

Celem dodatkowym niniejszej publikacji jest jasne i rzetelne przedstawienie metodyki badawczej odnoszącej się do wybranych typów badań terenowych, gdyż w rodzimej literaturze temat ten nie został wyczerpany. Krótko wspomniano o możliwościach i dodatkowym wyposażeniu stosowanej aparatury, niezbędnych procedurach oraz metodyce interpretacji wyników. Aspekty praktyczne zawarte w tej publikacji będą z pewnością służyły pogłębionej analizie zbieranych danych.

Dzięki zebraniu dużej liczby danych w rozprawie było możliwe bardziej obiektywne charakteryzowanie łąk warwowych „zastoiska warszawskiego” i opracowanie lepszych niż dotychczas wzajemnych zależności między parametrami różnych sondowań.

Zasięg występowania łąk warwowych zaprezentowany na rycinie 1.1 wskazuje, że występują one powszechnie na obszarze Mazowsza. Często stanowią jedno z wydzieleń w podłożu obiektów budowlanych. Poznanie właściwości łąk warwowych w nawiązaniu do rejonów akumulacji zastoiskowej pozwoliło na wskazanie odpowiadających im wartości parametrów charakterystycznych. Umożliwiło porównywanie parametrów gruntów pochodzących z różnych stref sedymentacji, a co za tym idzie – poznanie zakresów zmienności poszczególnych cech, które nawiązują do zróżnicowania regionalnego łąk zastoiskowych. Wykorzystanie do tego celu nowoczesnych narzędzi badawczych służących do badania parametrów

w warunkach *in situ* jest innowacyjnym spojrzeniem na zmienność facjalną i strukturalną przez pryzmat cech geologiczno-inżynierskich.

Cele badań, których wyniki przeanalizowano w rozprawie, można przedstawić następująco:

- charakterystyka właściwości fizycznych i mechanicznych iłów warwowych na podstawie sondowań statycznych CPT i CPTu, badań presjometrycznych PBP oraz badań dylatometrycznych DMT;
- ocena zmienności litologicznej iłów warwowych na podstawie pomiarów oporności elektrycznej sondą RCPTu;
- charakterystyka właściwości filtracyjnych na podstawie pomiarów piezometrem BAT;
- powiązanie właściwości fizycznych i mechanicznych iłów warwowych ze strefami akumulacji zastoiskowej;
- określenie sztywności iłów warwowych na podstawie sondowań dylatometrycznych DMT, badań presjometrycznych PBP oraz badań sejsmicznych SCPTu;
- określenie anizotropii parametrów mechanicznych iłów warwowych na podstawie sondowań poziomych DMT i poziomych badań presjometrycznych PBP;
- statystyczna ocena zmienności cech mechanicznych.

1.2. Zakres badań

Rozprawa habilitacyjna w części wstępnej obejmuje przegląd dotychczasowych danych i badań geologicznych, sedimentologicznych, geologiczno-surowcowych oraz geologiczno-inżynierskich odnoszących się do iłów warwowych „zastoiska warszawskiego”. W kolejnych rozdziałach autor zaprezentował położenie wytypowanych punktów badawczych, sytuację geologiczną w ich rejonie oraz wyniki własnych, bezpośrednich obserwacji geologicznych dokonanych w odsłonięciach lub w trakcie wierceń badawczych. Autor wybrał siedem poligonów badawczych rozmieszczonych na obszarze występowania iłów warwowych, które reprezentują osady akumulacji glacialimnicznej ze zlodowacenia północnopolskiego (wisły). Położenie poligonów badawczych nawiązuje do stref akumulacji zastoiskowej oraz regionów „zastoiska warszawskiego” ujętych w dotychczasowych publikacjach (Merta, 1978; Bojakowski, 1982). Zwrócono uwagę na widoczną makroskopowo zmienność litologiczną, zaburzenia tekstury i struktury iłów warwowych. Zarejestrowane fluktuacje udokumentowano na zamieszczonych w pracy fotografiach.

W dalszej części rozprawy zaprezentowano aparaturę badawczą oraz wybrane aspekty jej rozwoju, wprowadzone modyfikacje, a także stosowaną metodykę wykonywania prac. Badania objęły przede wszystkim testy wykonane w warunkach *in situ*. Na każdym poligonie ustanowiono cztery węzły badawcze, w których

Tabela 1.1. Zestawienie wykonanych badań terenowych

Poligon \ Typ badania			CPT	CPTu	SCPTu	RCPTu	DMT	DMT-H	PBP	PBP-H	BAT
Rejon zachodni	Iłów	liczba testów	4	4	2	2	4	–	13	–	14
		osiągnięta głębokość [m]	11,5	11,5	11	11	12	–	8	–	8,5
		łączny metraż [mb.]	45	46	22,5	22,5	48	–	–	–	–
	Plecewice	liczba testów	4	4	2	1	4	3	12	21	17
		osiągnięta głębokość [m]	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10	8	8	10
		łączny metraż [mb.]	41	42	21	10,5	42	30	–	–	–
	Kampinos	liczba testów	4	–	3	4	4	–	12	–	14
		osiągnięta głębokość [m]	11,5	–	11	11	11,5	–	8	–	8,5
		łączny metraż [mb.]	46,5	–	33	44	46	–	–	–	–
Rejon wschodni	Zielonka	liczba testów	4	–	2	4	4	–	9	–	10
		osiągnięta głębokość [m]	6	–	6	6	6,5	–	6	–	6
		łączny metraż [mb.]	25	–	12	24	25,5	–	–	–	–
	Mokre	liczba testów	4	4	3	1	4	–	16	16	12
		osiągnięta głębokość [m]	8,5	9	9	9	8,5	–	8	8	8,5
Rejon północny	Wierzbita	łączny metraż [mb.]	34	37	26,5	9	33	–	–	–	–
	Wierzbita	liczba testów	4	–	2	4	4	–	7	–	7
		osiągnięta głębokość [m]	4,5	–	5,5	4,5	4,5	–	4	–	4,5
		łączny metraż [mb.]	17,5	–	11	18,5	17,5	–	–	–	–
	Mochty	liczba testów	4	4	2	2	4	–	8	13	8
		osiągnięta głębokość [m]	3	3,5	3,5	3,5	3,5	–	4	7	4
		łączny metraż [mb.]	12	14	7	7	13,5	–	–	–	–

skoncentrowano zasadnicze testy polowe. Ich szczegółowy wykaz zawarto w tabeli 1.1. Lokalizacje wymienionych badań w obrębie poszczególnych poligonów badawczych przedstawiono na rycinach 3.6, 3.8, 3.12, 3.18, 3.20, 3.23 i 3.28.

Wśród sondowań przeprowadzonych na wybranych poligonach badawczych znalazły się testy wykonywane w kierunku poziomym przy użyciu presjometru Menarda i dylatometru Marchettiego. Były one podstawą do wyznaczenia wskaźnika anizotropii parametrów mechanicznych iłów warwowych oraz analizy stanu naprężeń występującego w tym ośrodku gruntowym.

Łącznie wykonano 106 sondowań pionowych statycznych i dylatometrycznych, 77 presjometrycznych testów pionowych PBP, 84 testy piezometrem BAT, 1044 testy sejsmiczne służące obliczeniu 181 modułów sztywności G_0 , 3 poziome

sondowania dylatometryczne DMT-H i 50 presjometrycznych testów poziomych PBP-H. Łącznie dało to 908 mb. sondowań.

Wyniki zaprezentowano w postaci licznych wykresów, pokazujących zmienność parametrów zarówno wraz z głębokością, jak i w odniesieniu do lokalizacji w obrębie stref akumulacji zastoiskowej i poligonów badawczych. Do graficznej prezentacji wyników wykorzystano m.in. standardowy arkusz kalkulacyjny Excel oraz program Statistica.