

ANALIZA WPŁYWU JAKOŚCI ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO NA OCENĘ STANU GRANICZNEGO NOŚNOŚCI I UŻYTKOWALNOŚCI NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO OBIEKTU

Piotr Osiński[✉], Edyta Nowakowska, Katarzyna Jeleniewicz, Marek Dohojda, Eugeniusz Koda

Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Warszawa

STRESZCZENIE

Celem artykułu jest ocena wpływu rozpoznania podłoża gruntowego na posadowienie konstrukcji. Podstawą do opracowania były dokumentacje archiwalne (pierwotna i wtórna), między którymi stwierdzono znaczne rozbieżności. Projekt posadowienia analizowanego obiektu wykonano według pierwotnej dokumentacji, w której nie uwzględniono występowania w podłożu gruntów organicznych. W celu określenia znaczenia rozpoznania podłoża gruntowego przy wyborze posadowienia dokonano weryfikacji stanów granicznych posadowienia w obu dokumentacjach. Największe różnice stwierdzono przy obliczonym osiadaniu, które wynikały z uwzględnienia wpływu ściśliwości gruntów organicznych.

Słowa kluczowe: posadowienie bezpośrednie, rozpoznanie warunków geotechnicznych, grunty organiczne, osiadanie

WSTĘP

W przypadku działania obciążenia o danej wielkości oraz kierunku w gruncie zachodzą zmiany stanu naprężenia i odkształcenia. Posadowiony fundament obiektu stopniowo obciążany konstrukcją obiektu powoduje z czasem przyrost naprężeń w podłożu oraz jego osiadanie (Dąbska i Gołębiowska, 2012). Zadaniem fundamentu jest bezpieczne przekazanie obciążeń od konstrukcji wraz z ciężarem własnym na podłoże gruntowe. Jednym z podstawowych warunków poprawnej współpracy fundamentu z podłożem jest spełnienie kryteriów stanów granicznych (Puła, 2011).

Projektowanie fundamentów bezpośrednich polega przede wszystkim na sprawdzeniu warunków stanów granicznych nośności i użytkowości. Jeśli osiągnięta zostanie graniczna wartość naprężenia

w poziomie posadowienia, wtedy nie będzie już możliwy dalszy wzrost obciążenia, a w konsekwencji powstanie w nim poślizg (Rybak, 2009). Takie zjawisko określa się jako stan graniczny nośności. Osiągnięcie granicznej wartości nadmiernego bądź nierównomiernego przemieszczenia konstrukcji spowodowanego osiadaniem podłoża jest nazywane stanem granicznym użytkowości. Dokładne oraz właściwe wykonanie rozpoznania podłoża gruntowego jest podstawą do podjęcia decyzji o wykorzystaniu właściwego (poprawnego i ekonomicznego) w danych warunkach rozwiązania dotyczącego sposobu posadowienia budowli oraz jego konstrukcji (Godlewski i Łukasik, 2016; Dohojda, Wągrowa i Witkowska-Dobrev, 2017; Koda i Godlewski, 2018). Często dodatkowym czynnikiem powodującym pogorszenie warunków posadowienia jest niesprawne odwodnienie

[✉]piotr_osinski@interia.pl

lub jego brak (Koda, Matusiewicz i Osiński, 2017). W niniejszym artykule przedstawiona została analiza potencjalnego wpływu błędnego rozpoznania podłoża gruntowego na pracę fundamentu. W tym celu wykonano obliczenia sprawdzające spełnienie warunków stanu granicznego nośności i użyteczności, według wytycznych Eurokodu 7, posadowienia obiektu w przypadku, którego projekt fundamentu bezpośredniego został wykonany w przypadku błędnie rozpoznanego podłoża oraz podłoża powtórnie zweryfikowanego.

MATERIAŁ I METODY

Obszarem badań niniejszej pracy jest centrum handlowe mieszczące się w dużej aglomeracji miejskiej, na północy Polski. Kubatura dwupoziomowego budynku wynosi powyżej 400 000 m³. Na potrzeby rozbudowy galerii handlowej przeprowadzono rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich. Na podstawie informacji uzyskanej z 35 otworów badawczych o łącznym metrażu prawie 300 m, do maksymalnej głębokości 12 m oraz 3 sondowań CPTU o łącznym metrażu 34 m, do głębokości maksymalnej 14 m, wyróżniono następujące warstwy geotechniczne:

- warstwa I – zagęszczone nasypy budowlane z zawartością piasku drobnego oraz kamieni,

- warstwa IIa – piaski drobne średnio zagęszczone $I_D = 0,50$,
- warstwa IIb – piaski drobne zagęszczone $I_D = 0,70$,
- warstwa IIc – pospółka w stanie zagęszczonym $I_D = 0,70$,
- warstwa IIIa – gliny i gliny piaszczyste w stanie plastycznym $I_L = 0,40$,
- warstwa IIIb – gliny i gliny piaszczyste w stanie plastycznym $I_L = 0,30$,
- warstwa IIIc – gliny i gliny piaszczyste w stanie twaroplastycznym $I_L = 0,20$.

Autorzy pierwotnej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej określili budowę geologiczną jako prostą, a warunki geotechniczne jako przeciętne. Grunty z warstw IIIa i IIIb zakwalifikowano jednak jako grunty słabonośne. Ponadto w dokumentacji zasugerowano, uwzględniając planowane obciążenia oraz dopuszczalne odkształcenie podłoża, potrzebę wzmocnienia warstwy IIIc, mimo iż stan gruntu zakwalifikowany był jako twaroplastyczny. Resztę warstw geotechnicznych uznano za nośne. Przykładowy profil geotechniczny zaczerpnięty z dokumentacji pierwotnej przedstawiony został na rysunku 1. Poziom posadowienia zgodnie z projektem zaproponowany został na rzędnych –5,25 m p.p.t.

Podczas trwania prac związanych z rozbudową, na etapie wykonywania wykopu fundamentowego, na

Otwór nr 26 rzędna wysokościowa Z = 29,10 m n.p.m. Borehole No 26 elevation Z = 29.10 m a.s.l.							
–	–	–	–	As.f, ChB	0,5	Konstrukcja jezdni Road construction	
I	w	zg	–	NB (Pd + K)	1	Nasyp budowlany Anthropogenic material	
IIIa $I_L = 0,40$	w	pl	3/4	G	2,2	Gлина szara Clay	
IIa $I_D = 0,50$	w	szg	–	Pd	3	Piasek drobny Fine sand	
	m				4,4		
IIIc $I_L = 0,20$	w	tpl	1/2	Gp	5	Gлина piaszczysta Sandy clay	
					6,9		
					8		

Rys. 1. Profil geotechniczny sporządzony według dokumentacji pierwotnej

Fig. 1. Geotechnical profile based on primary documentation

zlecenie głównego wykonawcy przeprowadzone zostały dodatkowe badania z poziomu posadowienia fundamentów, które zestawiono w sprawozdaniu z badań geotechnicznych. Związane to było z niezgodnością odkrytego materiału gruntowego podczas prac ziemnych w stosunku do informacji zawartych w pierwotnej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Pomimo zaobserwowanych rozbieżności nie został stworzony projekt geotechniczny, który w zaistniałej sytuacji powinien zostać bezwzględnie wykonany. Na podstawie dodatkowo wykonanych badań przeprowadzonych już z poziomu dna wykopu fundamentowego, w podłożu wyodrębniono grunty rodzime i antropogeniczne, które znacznie różniły się litologią oraz parametrami geotechnicznymi w stosunku do tych określonych w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, na podstawie której opracowano projekt posadowienia obiektu.

Po przeprowadzonej ponownie analizie na podstawie 10 otworów do głębokości 8–15 m, uzupełnionych o sondowania CPTU do głębokości maksymalnej 10 m, oraz sondowań DPL, wykonanych z poziomu pierwotnego poziomu posadowienia, warstwy geotechniczne podzielono ze względu na zbliżone wartości parametrów geotechnicznych:

- warstwa I – w jej skład wchodzi torfy i namuły,
- warstwa II – gliny zastoiskowe w stanie plastycznym $I_L = 0,45$,
- warstwa IIIa – gliny piaszczyste morenowe w stanie plastycznym $I_L = 0,40$,
- warstwa IIIb – gliny piaszczyste morenowe w stanie plastycznym $I_L = 0,30$,
- warstwa IIIc – gliny piaszczyste morenowe w stanie twardoplastycznym $I_L = 0,20$,
- warstwa IVa – piaski drobne będące w stanie średnio zagęszczonym $I_D = 0,50$,
- warstwa IVb – piaski drobne i średnie będące w stanie zagęszczonym $I_D = 0,70$.

W dokumentacji powykonawczej istnieje zapis, że ustalono warunki geologiczne w stopniu znacznie bardziej skomplikowanym niż wynika to z dokumentacji pierwotnej. Odnotowano występowanie gruntów organicznych (torfy, namuły oraz gytie) w północno-zachodniej części badanego obszaru (rys. 2), sięgających do głębokości maksymalnie 5 m poniżej poziomu posadowienia, czego nie wykazano w dokumentacji z 2011 roku. Na pozostałym obszarze inwestycji

na znacznej jego części ustalono, że występują tam osady holocenijskie zastoiskowe (pyły oraz gliny pylaste) w postaci plastycznej i miękkoplastycznej o miąższości 0,30–2,50 m. Na podstawie danych uzyskanych podczas przeprowadzonych badań grunty z warstw geotechnicznych I, II i IIIa zakwalifikowano jako słabonośne. Na podstawie zebranych informacji zdecydowano o wymianie gruntów nienośnych na grunty niespoiste w stanie zagęszczonym ($I_D > 0,65$). Rzeczywiste warunki hydrogeologiczne były także znacznie bardziej złożone, a zwierciadło wód gruntowych lokalnie stabilizowało się w poziomie posadowienia.

W projekcie posadowienia, przygotowanego na podstawie pierwotnej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, która m.in. nie uwzględniała obecności gruntów organicznych, zaplanowano zastosowanie fundamentów bezpośrednich. W analizowanym przypadku były to stopy i ławy fundamentowe. Strefy ich występowania pokazano na rysunku 2.

W pierwotnym projekcie posadowienia analizowanego obiektu budowlanego korzystano z metod obliczeniowych zawartych w normie PN-B-03020:1981, która w czasie wykonywania projektu była już nieaktualna. Polskie normy branżowe zastąpił Eurokod 7, który stawia określone wymagania wobec obiektów budowlanych na terenie państw członkowskich Unii Europejskiej. Eurokod 7 (PN-EN-1997-1) jest tylko zbiorem zaleceń, więc nie posługiwano się zawartymi w nim wytycznymi nie musi oznaczać popełnienia błędów projektowych (Wysokiński, Kotlicki i Godlewski, 2011). Podstawowe informacje o przemieszczeniach pionowych zachodzących na analizowanym obiekcie zweryfikowanych warunków posadowienia zawierała dokumentacja pomiarów geodezyjnych. Istotną obserwacją jest to, że część słupów umieszczono na stopach fundamentowych, które zostały posadowione w obszarze gruntów organicznych, wybranych już na etapie prac fundamentowych. Wykorzystując analizę dostępnej dokumentacji pierwotnej oraz wtórnej (sporządzonej po wykonaniu wykopu fundamentowego), dokonano doboru profili analitycznych otworów, które stanowiły podstawę do zweryfikowania poprawności projektu posadowienia. Obliczenia wykonano, wykorzystując pakiet programu GEO5 (Fine Ltd. 2016). Parametry gruntowe wykorzystane do obliczeń zestawiono w tabelach 1 i 2.



Rys. 2. Strefy występowania gruntów organicznych na terenie obiektu

Fig. 2. Organic soil deposition zones within the area of case study

Tabela 1. Parametry geotechniczne z pierwotnej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej

Table 1. Geotechnical parameters from the primary geological documentation

Warstwa geotechniczna Geotechnical layer	Grunt Soil	Stan gruntu Soil state			Parametry gruntu Soil parametres			
		I_D [-]	I_L [-]	w_n [%]	ρ [t·m ⁻³]	c' [kPa]	φ' [°]	M_0 [MPa]
I	NN(Pd + K)	zg	–	w	–	–	–	–
II a	Pd, Ps	0,5	–	w 16	1,75	–	30	32
				m 24	1,90			
II b	Pd	0,7	–	w 14	1,85	–	32	60
				m 22	2,00			
II c	Pd	0,7	–	m 14	2,1	–	40	150
III a	G, Gp	–	0,4	18	2,08	11	14	9
III b	G, Gp	–	0,3	16	2,12	17	15	15
III c	G, Gp	–	0,2	14	2,16	27	17	20

Kryterium doboru profili gruntowych było ich zlokalizowanie na obszarze, gdzie według dokumentacji wtórnej w poziomie posadowienia występowały grunty organiczne. Porównując obie dokumentacje, dopasowano trzy profile stóp fundamentowych nr 26, 33 oraz 34. Ze względu na niemalże jednakowe warunki gruntowe stóp nr 33 i 34 (różniące się miąższościami poszczególnych warstw) profil przedstawiony został jedynie dla stopy nr 33. Obliczenia pierwszego przypadku dotyczyły występujących (błędnie rozpoznanych) gruntów nośnych, a w drugim przypadku przeprowadzono obliczenia na podstawie profilów, w których poziomie posadowienia występowały m.in. grunty organiczne, jeszcze przed ich wymianą na grunty niespoiste spełniające warunki nośności. Tak wykonane obliczenia miały na celu ukazania potencjalnych różnic pracy konstrukcji w przypadku, gdy grunty słabe nie zostałyby wybrane z poziomu posadowienia, tak więc jest to sytuacja hipotetyczna. W rzeczywistości na potrzeby realizacji posadowie-

nia grunty nienośne (organiczne i w stanie plastycznym) zostały wymienione do głębokości nawet 5 m, a ich łączna kubatura wynosiła około 26 000 m³.

Dopiero na tak przygotowanym podłożu wykonane zostały ławy i stopy fundamentowe. Do obliczeń warunków stanów granicznych błędnie rozpoznanego podłoża wykorzystano efektywne wartości parametrów geotechnicznych gruntu z pierwotnej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (do analizy w warunkach gruntowych prostych – tab. 1), do analizy stanów granicznych w zweryfikowanych warunkach gruntowych przyjęto zaś efektywne i całkowite wartości parametrów gruntowych w zależności od warunków panujących w poziomie posadowienia. Parametry zaczerpnięto ze sprawozdania wtórnego i pochodziły one z interpretacji wyników wykonanych sondowań CPTU (tab. 2). W przypadku parametrów gruntów organicznych zostały one dobrane według przeglądu literatury (Lechowicz i Szymański, 2002; Wiłun, 2005).

Tabela 2. Zestawienie parametrów geotechnicznych z dokumentacji wtórnej oraz przeglądu literatury (Lechowicz i Szymański, 2002; Wiłun, 2005)

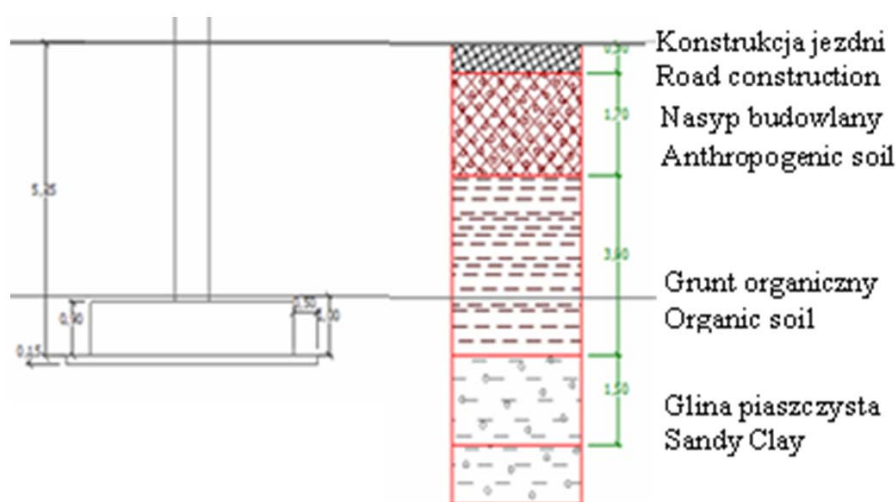
Table 2. List of geotechnical parameters adopted for calculations based on secondary documentation and literature review (Lechowicz & Szymański, 2002; Wiłun, 2005)

Rodzaj gruntu Soil type	Stan gruntu Soil state	Parametry gruntu Soil parameters				
		ρ [t·m ⁻³]	c_u [kPa]	φ_u [°]	M_0 [MPa]	ε [-]
Grunt organiczny Organic soil	–	1,50	10	30,0	2,5	0,35
Gлина piaszczysta Sandy Clay	tpl	2,16	27	17,0	20,0	0,35
	pl/mpl	2,12	17	15,0	15,0	0,35
Piasek drobny Fine sand	ln	1,65	0	28,0	15,0	0,30
	szg	1,75	0	30,0	21,0	0,30
	szg	2,20	0	35,5	43,0	0,28
Gлина Clay	mpl/pl	2,08	10	14,0	9,0	0,40
Torf Peat	–	1,10	5	30,0	0,6	0,35

WYNIKI I DISKUSJA

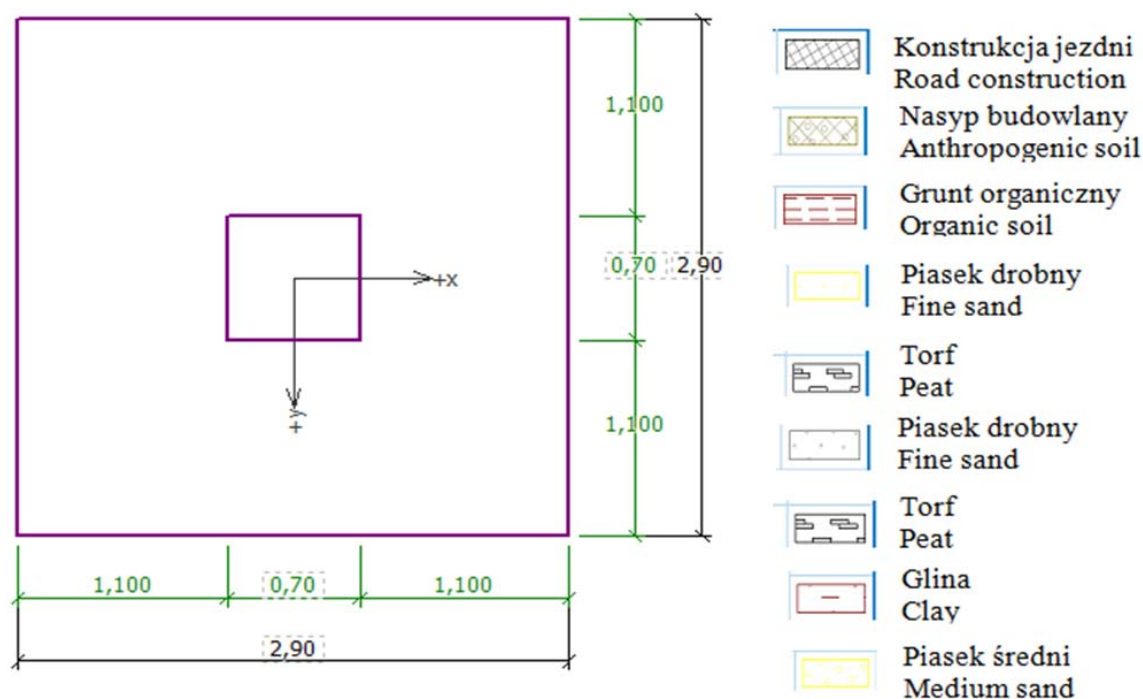
Wyniki sprawdzenia stanu granicznego nośności i użyteczności uzyskano, korzystając z programu Geo5. Obliczenia przeprowadzone zostały przy zastosowaniu wytycznych Eurokod 7 dla wartości parametrów gruntu zestawionych w tabelach 1 i 2 w zależności od scenariusza obliczeń (odpowiednio dla przypadku błędnie rozpoznanego podłoża gruntowego i dla profili zweryfikowanych). W kalkulacjach zastosowane zostały współczynniki częściowe dedykowane do podejścia obliczeniowego DA2. Do obliczeń przyjęto sytuację obliczeniową stałą oraz uznano, że naprężenia od konstrukcji nie spowodują istotnego przyrostu wartości ciśnienia wody w porach. Tak więc dla stóp, w których w poziomie posadowienia występowały grunty niespoiste, obliczenia przeprowadzone zostały dla warunków z odpływem, wykorzystując efektywne wartości parametrów mechanicznych, z kolei dla stóp posadowionych na warstwie gruntu spoistego zastosowano obliczenia w warunkach bez odpływu. Wyniki analiz stóp fundamentowych na tle zweryfikowanych profili geotechnicznych, przyjętych do obliczeń, pokazano na rysunkach 3 i 4. Ponadto po analizie pierwotnego projektu posadowienia, przyjęto zaproponowane tam przez projektanta obciążenia tak, aby można było porównać uzyskane wyniki weryfikujące z wynikami

zawartymi w projekcie pierwotnym. W przypadku, w którym stany graniczne sprawdzone zostały dla błędnie rozpoznanego podłoża, wyniki te pokrywały się (rozbieżności wynikały z różnic przyjętych współczynników częściowych zalecanych przez normę polską i Eurokod 7). Analizowane stopy, ich wymiary oraz obciążenia pozostały niezmiennie względem projektu pierwotnego. Zdefiniowane stałe niekorzystne obciążenia pionowe wynosiły odpowiednio: dla stóp nr 26 i 34 $V_G = 6088$ kN, a momenty zginające $M_{x,y} = 150$ kNm, zaś dla stopy nr 33 $V_G = 4017$ kN, a moment zginający $M_{x,y} = 100$ kNm. Poziome obciążenia nie występowały, nie było też informacji na temat szybkości przyrostu naprężeń w trakcie wznoszenia obiektu. Wymiary stóp zostały zaprezentowane w tabeli 3. Z profili stóp nr 26 i 33 jednoznacznie wynika, iż grunty organiczne występują w początkowo zaprojektowanym poziomie posadowienia. Na podstawie przeprowadzonych obliczeń posadowienia wybrano najistotniejsze informacje, które zamieszczono w tabeli 3. Analizując dane z tabeli 3, można zauważyć, że w przypadku dokumentacji wtórnej (poprawne rozpoznanie podłoża) warunek stanu granicznego nośności pionowej analizowanych stóp nie jest spełniony. W przypadku stopy nr 26 przekroczenia nie są znaczne, można tu jednak mówić o granicznym wykorzystaniu nośności. Z kolei dla stóp nr 33 i 34 przekroczenia przewyższają wartości 20%.



Rys. 3. Stopa fundamentowa nr 26, na tle zweryfikowanego profilu geotechnicznego

Fig. 3. Pad foundation no 26, located within a verified geotechnical profile



Rys. 4. Wymiary stopy fundamentowej nr 33, na tle zweryfikowanego profilu geotechnicznego, poziom posadowienia na głębokości 4,85 m (w gruntach organicznych)

Fig. 4. Dimensions of pad foundation no 33, located within a verified geotechnical profile, foundation base at 4.85 m (within organic soil layer)

Tabela 3. Zestawienie najistotniejszych danych uzyskanych z obliczeń

Table 3. List of the most important data obtained from calculations

Stopa Pad	Parametr Parameter	Dokumentacja pierwotna Primary documentation	Dokumentacja wtórna Secondary documentation
	Wymiary fundamentów [m × m] Dimensions	4,0 × 3,9	4,0 × 3,9
Stopa 26 Pad 26	Nośność pionowa Bearing capacity	spełniona (99,4%) met	przekroczona (102,8%) exceeded
	Osiadania [mm] Settlements	38,6	42,7
	Wymiary fundamentów [m × m] Dimensions	2,9 × 2,9	2,9 × 2,9
Stopa 33 Pad 33	Nośność pionowa Bearing capacity	spełniona (96,9%) met	przekroczona (120,0%) exceeded
	Osiadania [mm] Settlements	20,1	269,4
	Wymiary fundamentów [m × m] Dimensions	3,5 × 3,4	3,5 × 3,4
Stopa 34 Pad 34	Nośność pionowa Bearing capacity	spełniona (99,6%) met	przekroczona (120,8%) exceeded
	Osiadania [mm] Settlements	27,5	368,8

Powodem tych rozbieżności są odmienne od pierwotnie udokumentowanych warunki gruntowe oraz zweryfikowane parametry geotechniczne przyjęte do obliczeń. Metody obliczeniowe zastosowane do analizy obu przypadków pozostały ujednolicone. Wykonano je metodą stanów granicznych połączoną z zastosowaniem współczynników częściowych zalecanych przez Eurokod 7 zgodnie z załącznikiem krajowym. Obliczenia stanu granicznego użyteczności wskazują, że wartości spodziewanych osiadań znacznie odbiegają od tych wyznaczonych według pierwotnej dokumentacji. Przekroczenia są bardzo duże (nawet 17-krotne), co jest wynikiem występowania nienośnych gruntów organicznych w poziomie posadowienia, o bardzo małych wartościach parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych (tab. 2). Z uwagi na to, że stopy nr 33 i 34 posadowione są w bardzo zbliżonym profilu gruntowym, zaprezentowany został jedynie profil stopy nr 33 (rys. 4).

Obserwacje rys posadzkowych w budynku, w rejonie stóp fundamentowych nr 33 i 34, niejako potwierdzają te wyniki i mogą świadczyć o nierównomiernym osiadaniu budowli. Mimo iż po weryfikacji warunków gruntowo-wodnych wymieniono grunt, to zjawisko występowania rys na posadzkach może świadczyć o niedostatecznej głębokości ich wymiany podczas wykonywania prac fundamentowych lub niedostatecznym zagęszczeniu wbudowanego gruntu. W lokalizacjach najtrudniejszych warunków geotechnicznych głębokość wymiany gruntów sięgała 5 m, a łączna kubatura wymienionego gruntu wynosiła około 26 000 m³. Obliczenia mają charakter czysto teoretyczny i mają za zadanie uzmysłowić, jakie konsekwencje może mieć błędne rozpoznanie podłoża gruntowego na pracę fundamentów.

PODSUMOWANIE

W artykule wykazano, w jaki sposób nieuwzględnienie w dokumentacji pierwotnej gruntów organicznych mogło mieć poważne konsekwencje na pracę analizowanego obiektu. Wynika to z tego, iż grunty rozpoznane w omawianej inwestycji charakteryzują się dużym zróżnicowaniem w odniesieniu do zachowania się pod działaniem obciążenia. Posadowienie na gruntach organicznych powoduje znaczne problemy związane

z wystąpieniem dużych poziomych oraz pionowych odkształceń podłoża w trakcie i po zakończeniu procesu budowy obiektu. Zaprezentowane wyniki wskazują na znaczne rozbieżności w przypadku obu scenariuszy obliczeniowych do wartości ich osiadań. Takie podejście jest skutkiem błędnego rozpoznania podłoża i może być powodem pojawienia się trudności z utrzymaniem stateczności budowli w sytuacji niedostatecznej głębokości wymiany gruntu. Podkreślić również należy to, iż w takich przypadkach sposób posadowienia powinien skłaniać się ku rozwiązaniom fundamentów głębokich (pośrednich) bądź też właściwej wymiany gruntu w podłożu, co ostatecznie zostało zrealizowane po odkryciu gruntów organicznych w pierwotnie projektowanym poziomie posadowienia. Przeanalizowany przypadek potwierdza fundamentalne znaczenie rozpoznania podłoża gruntowego na potrzeby wykonania bezpiecznego projektu posadowienia. Zwraca on uwagę na istotę podjęcia właściwej decyzji w momencie stwierdzenia tak rażących błędów w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, jakie zostały opisane w niniejszym artykule.

PIŚMIENNICTWO

- Dąbska, A. i Gołębiwska, A. (2012). *Podstawy geotechniki. Zadanie według Eurokodu 7*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Dohojda, M., Wągrowa, M. i Witkowska-Dobrev, J. (2017). Wielostanowiskowe garaże podziemne – przykłady rozwiązań konstrukcyjnych. *Acta Scientiarum Polonorum, Architectura*, 16 (4), 27–35.
- Fine Ltd. (2016). *GEO5. Podręcznik użytkownika*. Praga: Fine Ltd.
- Godlewski, T. i Łukasik, S. (2016). Diagnostyka podłoża budowlanego według Eurokodu 7. Wybrane zagadnienia. W *Rzeczoznawstwo budowlane: Diagnostyka i wzmacnianie obiektów budowlanych* (strony 186–218). Kielce: Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej.
- Koda, E. i Godlewski, T. (2018). Zasady wykonywania ekspertyz geotechnicznych z uwzględnieniem budynków w zabudowie miejskiej. W *XV Konferencja Naukowo-Techniczna „Warsztat Pracy Rzeczoznawcy Budowlanego”*, Kielce-Cedzyna (strony 81–108).
- Koda, E., Matusiewicz, W. i Osiński, P. (2017). Niesprawność systemów odwadniających w obiektach budowlanych. W *XXVIII Konferencja Naukowo-Techniczna „Awary Budowlane”*, Międzyzdroje (strony 411–422).

- Lechowicz, Z. i Szymański, A. (2012). *Odształcenia i stateczność nasypów na gruntach organicznych*. Cz. 1 i 2. Warszawa: Wydawnictwo SGGW.
- PN-EN 1997-1. Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- PN-B-03020:1981. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli.
- Puła, O. (2011). *Projektowanie fundamentów bezpośrednich według Eurokodu 7*. Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne.
- Rybak, Cz. (2001). *Fundamentowanie. Projektowanie posadowień*. Wyd. 6. Wrocław: Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne.
- Wiłun, Z. (2005). *Zarys Geotechniki*. Warszawa: Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.
- Wysokiński, L., Kotlicki, W. i Godlewski, T. (2011). *Projektowanie geotechniczne według Eurokodu 7*. Warszawa: Instytut Techniki Budowlanej.

INFLUENCE OF THE SITE INVESTIGATION QUALITY ON ULTIMATE AND SERVICEABILITY LIMIT STATES ANALYSES BASED ON A CASE STUDY

ABSTRACT

The aim of the study is to assess the impact of the site investigation on the foundation design. The basis for the research was the archive documentation (primary and secondary), between which researchers found significant discrepancies. The foundation design of the analysed structure was based on improperly prepared primary documentation which did not take into account the presence of organic soils within the subsoil. To determine the significance of ground investigation, the verification of limit states for analyzed structure was performed for data obtained from both documentations. The most significant findings are the computed dimensions of footings, subsidence, horizontal and vertical bearing capacity. The most significant differences are visible for computed settlements, which results from taking into account high compressibility of the organic soil.

Key words: spread foundation, site investigation, organic soil, limit states, settlements