

**Marek BAJDA, Eugeniusz KODA**

Katedra Geoinżynierii SGGW w Warszawie  
Department of Geotechnical Engineering WULS – SGGW

## **Badania geotechniczne do oceny warunków posadowienia w strefach przykrawędziowych Skarpy Warszawskiej Geotechnical tests for estimation of engineering conditions at the edge zone of “Skarpa Warszawska” toe**

**Słowa kluczowe:** badanie geotechniczne, parametry mechaniczne, osady zboczowe

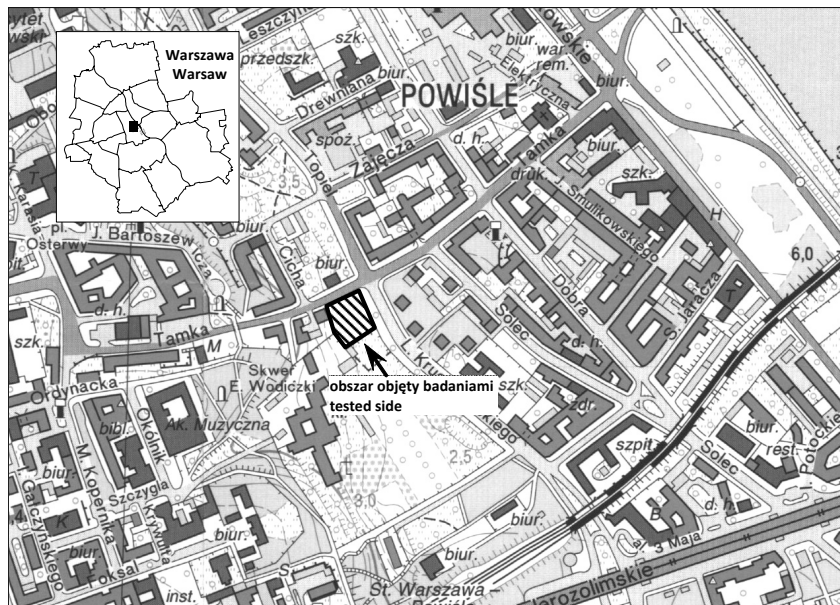
**Key words:** geotechnical tests, mechanical parameters, slope deposits

### **Wprowadzenie**

W Eurokodzie 7 przewiduje się trzy etapy rozpoznania podłoża: badania wstępne, badania do celów projektowania oraz kontrola i monitoring; dopuszcza się łączenie dwóch pierwszych etapów w czasie. Badania podłoża powinny obejmować badania polowe, badania laboratoryjne, dodatkowe prace kameralne oraz kontrolę i monitoring tam, gdzie jest to potrzebne (PN-EN 1997-2 2009). Program badań geotechnicznych należy zaplanować na podstawie wstępnego oszacowania stopnia złożoności warunków geotechnicznych oraz rodzaju projektowanego obiektu (PN-B-02479 1998).

Przedstawiony w artykule zakres oraz wyniki badań geotechnicznych podano na przykładzie rozpoznania zróżnicowanej budowy strefy przykrawędziowej Skarpy Warszawskiej. Teren objęty badaniami zlokalizowany jest w Warszawie, na terenie dzielnicy Śródmieście, przy ulicy Tamka róg Kruczkowskiego (rys. 1).

Wysoka zachodnia skarpa wiślana na terenie Warszawy, potocznie zwana Skarpą Warszawską, stanowi krawędź erozyjną wysoczyznowej Równiny Warszawskiej i jednocześnie zachodnią granicę Doliny Środkowej Wisły. Zbudowana jest głównie z czwartorzędowych utworów morenowych (glin zwałowych, piasków wodnolodowcowych, żwirów, miejscami z wkładkami ilów), których podłoże stanowią bardzo silnie zaburzone osady plioceńskie reprezentowane przez ily pstre. Skarpa ma różnicowane wysokości i kąty nachylenia, a w



RYSUNEK 1. Mapa lokalizacyjna terenu objętego badaniami  
 FIGURE 1. Location map of investigated site

wielu miejscach jej naturalny charakter został przekształcony w wyniku działań człowieka (Wysokiński i in. 1999). Ze względu na złożoną budowę na Skarpie ujawniają się procesy geodynamiczne w postaci zsuwów konsekwentnych i osuwisk. Procesy te wynikają głównie z układu stropu gruntów plioceniowych w Skarpie, z niekontrolowanego spływu wód ze Skarpy przy dużych opadach lub awariach sieci, a także z podcinania Skarpy wykopami budowlanymi.

Wykonane dotychczas rozpoznanie wskazuje na zróżnicowanie budowy geologicznej, szczególnie w zakresie głębokości zalegania stropu silnie zaburzonych osadów plioceniowych. Bezpośrednio na stropie tych osadów zalegają utwory holoceniowe, na które składają się trzy grupy, a mianowicie osady rzeczne, zboczowe i antropogeniczne.

Od powierzchni terenu do głębokości kilku metrów występują antropogeniczne grunty nasypowe z elementami starej zabudowy. Osady rzeczne, najczęściej przykryte nasypami, reprezentowane są przede wszystkim przez aluwia tarasów Wisły. Osady zboczowe, głównie koluwalne, ale również deluwialne oraz osady stożków napływowych z cieków i rzek spływających z wysoczyzny uzupełniają warstwy utworów przypowierzchniowych.

### Budowa geologiczna

Obszar objęty badaniami, według regionalizacji fizyczno-geograficznej Polski (Kondracki 2001), leży w obrębie Równiny Warszawskiej. Projektowany obiekt zlokalizowany będzie

w strefie zbocza doliny Wisły (Skarpy Warszawskiej).

W podłożu osadów czwartorzędowych występują utwory jeziorne najmłodszego piętra trzeciorzędu – pliocenu. Serię tę, nazywaną iłami pstrych lub poznańskimi, budują głównie ily, ily pylaste, pyły, a także sporadycznie piaski drobne i piaski pylaste.

Ponad osadami plioceńskimi w obrębie krawędziowej strefy wysoczyzny, głównie w strefach obniżenia jego stropu, a także lokalnie w dnie doliny Wisły (Różycki 1972) występują utwory rzeczne protoplejstocenu (preglacjału), wykształcone w postaci piasków i żwirów kwarcowych z litydami, sporadycznie mułków z domieszką kaolinitu. Ponad nimi, a także ponad zaburzoną powierzchnią stropu iłów plioceńskich występuje seria różnorodnych osadów glacialnych. Są wśród nich pozostałości warstw gliny zwałowej zlodowaceń środkowopolskich, występujące w postaci izolowanych płatów, utwory wodnolodowcowe (zastoiskowe i rzeczne – piaski, ily i pyły) zlodowaceń południowo- i środkowopolskich, a także osady interglacialne (rzeczne i jeziorne – piaski i żwiry oraz gytie, łupki bitumiczne, kreda jeziorna i torfy).

Jak wynika z profilów wykonanych na podstawie wierceń, dominującym rodzajem depozycji w okresie schyłku plejstocenu w tej strefie była depozycja osadów ilastych i pylastych, pochodzących z niszczenia fałdu zbudowanego z pstrych iłów trzeciorzędowych (pliocen). Procesowi rozmywania kulminacji zbudowanej z gruntów spoistych sprzyjały prawdopodobnie procesy wietrzenia (głównie mrozowego), powodujące zmniejszanie spoistości tych gruntów. Spływy błotne

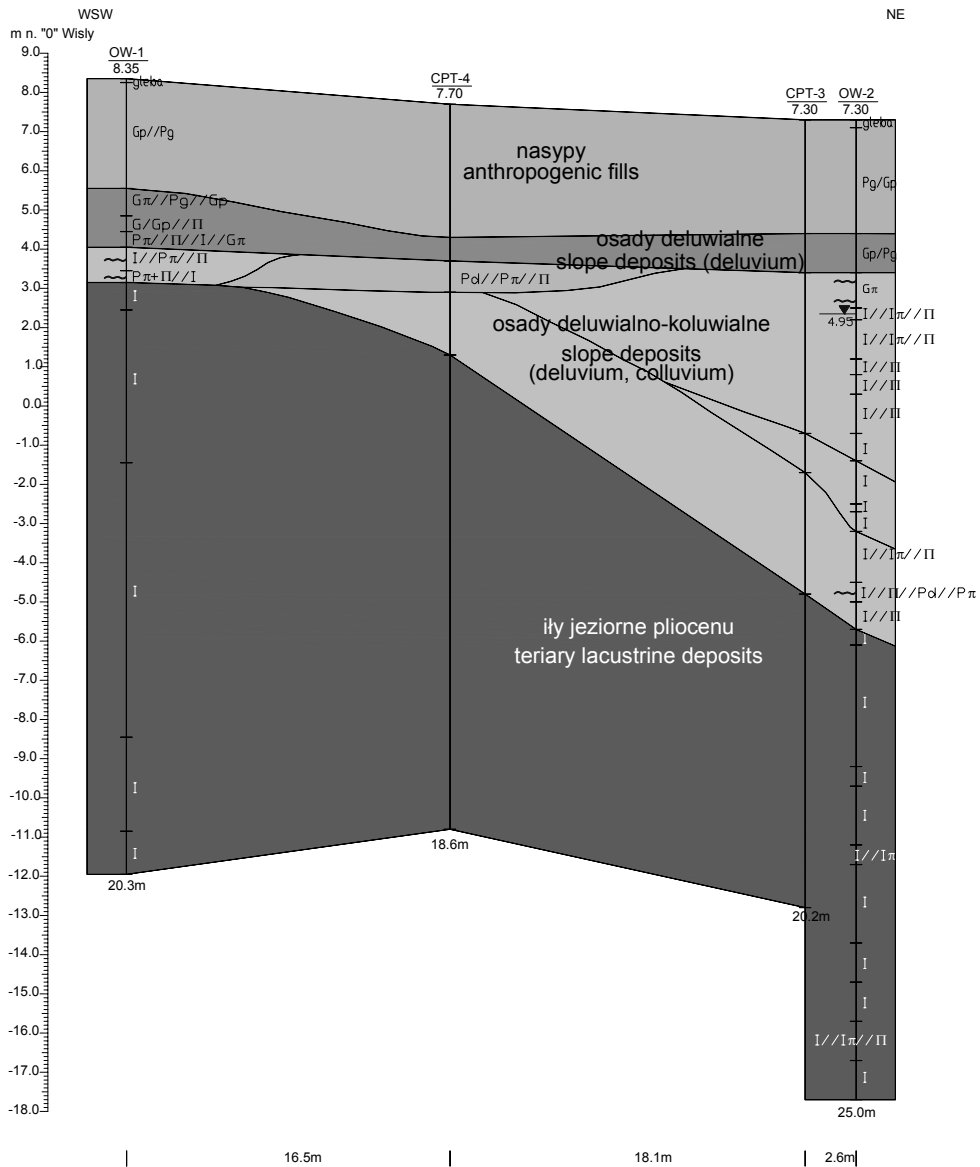
zwietrzliny iłów pstrych były w okresach większej wilgotności wzbogacane depozycją osadów gruboziarnistych (piasków i żwirów) przez okresowe ciekły. Utwory te zawierają przeławiczenia pyłów i piasków pylastych, świadczące o ich genetycznym związku ze środowiskiem przemieszczeń zboczowych. W holocenie wraz z ociepleniem klimatu zmniejszyła się dynamika procesów zboczowych. W osadach leżących na serii deluwialno-koluwalnej zlodowacenia Wisły znajduje się seria glin piaszczystych i glin pylastych z przeławiczeniami iłów i piasków gliniastych oraz domieszką substancji humusowej. Warstwa ta powstała głównie w efekcie procesu ablacji deszczowej. Ostatnim elementem profilu osadów analizowanej strefy są gliniaste nasypy antropogeniczne. Budowę analizowanego podłoża przedstawiono na przykładowym przekroju (rys. 2).

## Zakres i metodyka badań

Ze względu na skomplikowaną budowę geologiczną oraz różnorodność procesów wpływających na ukształtowanie profilu gruntowego w rejonie strefy przykrawędziowej Skarpy Warszawskiej analizowanego terenu zaprojektowano i wykonano serię badań w celu oznaczenia parametrów fizyczno-mechanicznych gruntów podłoża.

Prace polowe obejmowały: wiercenia do głębokości 20–25 m p.p.t., sondowania statyczne CPT i CPTU do głębokości 18 m p.p.t. oraz sondowania dylatometrem Marchettiiego (DMT) do głębokości 25 m p.p.t. (Koda i in. 2012).

Podczas wierceń pobierano próbki gruntu o naturalnej wilgotności (NW)



RYSUNEK 2. Przekrój geologiczny podłoża w rejonie badań  
 FIGURE 2. Geological cross-section of tested site

i uziarnieniu (NU). Z warstw spoistych gruntów trzeciorzędowych (iły) pobrano próbki gruntu o strukturze nienaruszonej (NNS) do laboratoryjnych badań parametrów mechanicznych. Badania labo-

ratoryjne obejmowały oznaczenie składu granulometryczny, podstawowych właściwości fizycznych oraz parametrów wytrzymałościowych i odkształceniowych gruntów.

Sondowanie statyczne CPT/CPTU wykonano z wykorzystaniem piezostożka oraz końcówki mechanicznej Begemanna, zgodnie z wymogami normy PN-B-04452 (2002) i PN-EN 1997-2 (2009). Podczas wciskania końcówki sondy określano: wartości oporów wciskania stożka ( $q_c$ ), tarcia na tulei ( $f_s$ ) oraz ciśnienia wody w porach w trakcie penetracji ( $u_2$ ). Wartości te wykorzystano do identyfikacji warstw geotechnicznych i określenia stanu gruntów niespoistych (stopień zagęszczenia,  $I_d$ ) i spoistych (stopień plastyczności,  $I_L$ ) oraz wyznaczenia parametrów wytrzymałościowych gruntów ( $\tau_{fu}$  – dla gruntów spoistych i  $\phi'$  – dla gruntów niespoistych) występujących w podłożu projektowanego obiektu.

Do określenia rodzaju gruntu na podstawie badań sondą statyczną CPT wykorzystano nomogram Robertsona (1990). Parametry geotechniczne obliczono z następujących zależności:

- stopień plastyczności,  $I_L$

$$I_L = A - 0,5 \cdot \log(q_c - \sigma'_{v0})$$

gdzie:

$q_c$  – pomierzony opór stożka przy wciskaniu sondy,  $\sigma'_{v0}$  – pionowe efektywne naprężenie geostatyczne,  $A$  – współczynnik zależny od rodzaju gruntu (przyjęto  $A = 0,32$ ),

- stopień zagęszczenia,  $I_d$  (PN-B-04452 2002)

$$I_d = 0,709 \cdot \log q_c - 0,165$$

- wytrzymałość na ścinanie gruntów spoistych w warunkach bez odplywu,  $\tau_{fu}$  ( $S_u$ )

$$\tau_{fu} = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{N_k}$$

gdzie:  $N_k$  – empiryczny współczynnik stożka (do obliczeń przyjęto  $N_k = 15-20$ ),  $\sigma_{v0}$  – składowa pionowa naprężenia całkowitego od nadkładu,

- kąt tarcia wewnętrznego,  $\phi'$  (Schmertmann 1978)

$$\phi' = 0,125 \cdot I_d + B$$

gdzie:  $B$  – współczynnik zależny od rodzaju gruntu (przyjęto  $B = 28-38$ ).

Na rysunku 3 przedstawiono przykładowe wyniki sondowania CPTU w formie wykresów rozkładu na głębokości oporu stożka ( $q_c$ ), współczynnika tarcia ( $R_f$ ), stopnia plastyczności ( $I_L$ ) oraz obliczoną wytrzymałość na ścinanie ( $S_u$ ).

Badania DMT przeprowadzono, stosując dylatometr Marchettiego według standardowej procedury (Marchetti 1980). Pomierzone wartości ciśnienia  $p_0$  i  $p_1$ , wykorzystane do identyfikacji warstw geotechnicznych i określenia parametrów geotechnicznych gruntów, zwłaszcza odkształceniowych, występujących w podłożu analizowanego obszaru.

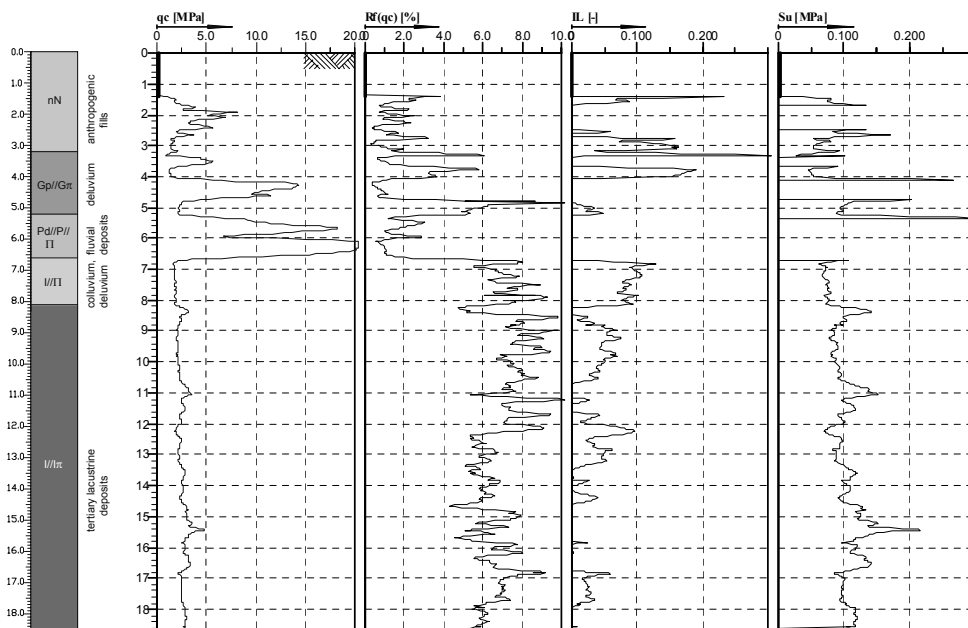
Wartości ciśnienia  $p_0$  i  $p_1$  oraz obliczone wielkości składowej pionowej naprężenia efektywnego ( $\sigma'_{v0}$ ) i hydrostatycznego ciśnienia wody w porach gruntu ( $u_0$ ) wykorzystano do wyznaczenia wskaźników dylatometru (Marchetti i Crapps 1981):

- wskaźnika materiałowego,  $I_D$

$$I_D = (p_1 - p_0)/(p_0 - u_0)$$

- wskaźnika składowej poziomej naprężenia,  $K_D$

$$K_D = (p_0 - u_0)/\sigma'_{v0}$$



RYSunEK 3. Wyniki sondowań CPTU w strefie przykrawędziowej skarpy  
 FIGURE 3. CPTU tests results in the edge zone of scarp toe

– modułu dylatometrycznego,  $E_D$

$$E_D = 34,7(p_1 - p_0)$$

Uzyskane z badań wskaźniki dylatometru pozwoliły na wstępne określenie rodzaju gruntu oraz wyznaczenie parametrów mechanicznych. W czasie badania poszczególne rodzaje gruntów można wstępnie rozróżnić na podstawie wskaźnika materiałowego ( $I_D$ ) wykorzystując zależności:

- $I_D < 0,6$  – il/gлина,
- $0,6 < I_D < 1,8$  – pył/gлина,
- $I_D > 1,8$  – piasek.

Na podstawie wskaźnika  $K_D$ , określono wytrzymałość na ścinanie w warunkach bez odpływu dla gruntów spoiстых, według zależności dla gruntów o  $I_D \leq 1,2$ :

$$\tau_{fu} = S \cdot \sigma'_{v0} (0,5K_D)^{1,25}$$

gdzie:  $S = 0,22$  – dla gruntów spoiстых.

Na podstawie znajomości modułu dylatometrycznego ( $E_D$ ), określono moduł ścisłości wtórnej ( $M$ ), którego wartość wyznaczono z zależności:

$$M = R_M \cdot E_D$$

$$R_M = 0,14 + 2,36 \cdot \log K_D$$

$$\text{dla } I_D \leq 0,6,$$

$$R_M = 0,5 + 2 \cdot \log K_D$$

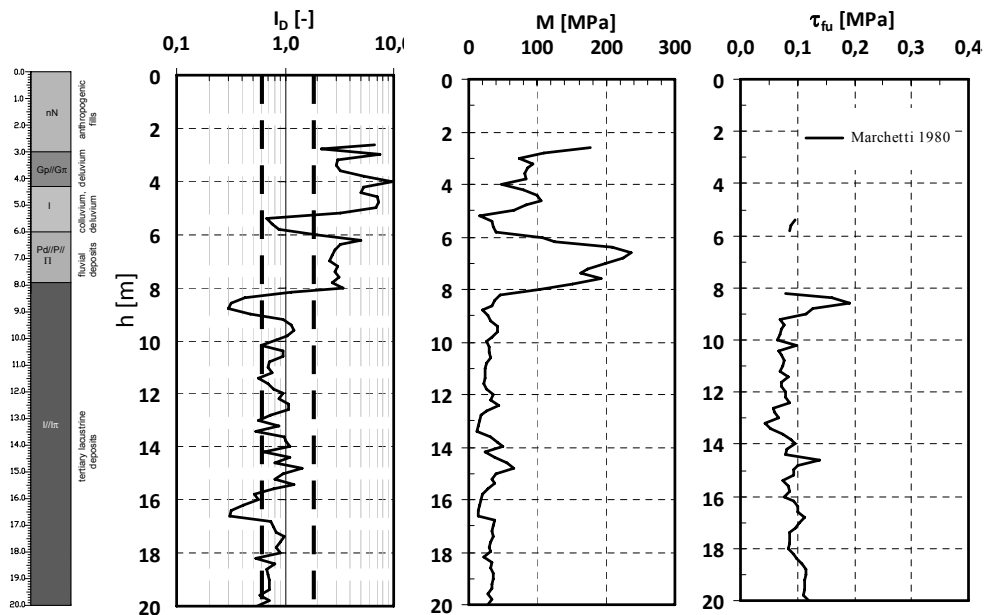
$$\text{dla } I_D \geq 3,$$

$$R_M = R_{M0} + (2,5 - R_{M0}) \cdot \log K_D$$

$$\text{dla } 0,6 < I_D < 3$$

gdzie:  $R_{M0} = 0,14 + 0,14(I_D - 0,6)$ , jeżeli  $R_{M0} < 0,85$ , wówczas przyjmowano:  $R_M = 0,85$ .

Na rysunku 4 przedstawiono przykładowe wyniki sondowania DMT w formie wykresów rozkładu na głąbo-



RYSunEK 4. Wyniki sondowań DMT w strefie przykrawędziowej skarpy  
 FIGURE 4. DMT tests results in the edge zone of scarp toe

kości wielkości: wskaźnika materiałowego ( $I_D$ ), modułu ściśliwości ( $M$ ) oraz obliczonej wytrzymałości na ścinanie ( $\tau_{fi}$ ).

Interpretację wyników pomiarów CPT/CPTU i DMT przeprowadzono, wykorzystując zależności empiryczne prezentowane w literaturze (Jamiołkowski i in. 1988, Lunne i in. 1997) oraz własne doświadczenia uzyskane w podobnych warunkach gruntowo-wodnych.

Badania laboratoryjne wykonane w celu udokumentowania warunków geotechnicznych w strefie przykrawędziowej skarpy obejmowały badania właściwości fizycznych i mechanicznych pobranych w trakcie wierceń próbek gruntów. W ramach badań laboratoryjnych na próbkach NNS pobranych z ilów wykonano badania charakterystyk odkształceniowych w edometrze oraz

badania wytrzymałości na ścianie w aparacie trójosiowego ściskania (TXCIU).

### Analiza wyników

Wyniki sondowań CPT/CPTU oraz DMT wykorzystano do określenia litologii podłoża w profilach badawczych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na występowanie w podłożu stref rozluźnień, gruntów uplastycznionych i stanu ilów trzeciorzędowych. Rozkład wielkości  $q_c$  i  $R_f$  w profilach sondowań statycznych oraz wyniki badań DMT wyraźnie wskazuje na występowanie w analizowanym podłożu bardzo zróżnicowanego rodzaju i stanu gruntów, szczególnie w strefie zalegania podskarpowych koluwiów/deluwiów.

Na podstawie przeprowadzonych badań terenowych stwierdzono, że występujące od powierzchni terenu do głębokości około 3,5 m gliniaste grunty antropogeniczne są w stanie plastycznym. Podścielająca je warstwa osadów deluwialnych holocenu (zbudowana z glin pylastych, glin piaszczystych i piasków gliniastych z domieszką substancji humusowej) jest w stanie twaroplastycznym, na pograniczu plastycznego. Występujące lokalnie niespoiste osady rzeczne z przeławieniami piasków gliniastych i pyłów są w stanie średnio zagęszczonym. Zalegające bezpośrednio nad stropem iłów osady koluwalno-deluwialne (głównie laminowane iły, pyły i iły pylaste, sporadycznie z przeławieniami piasków drobnych i pylastych) są w stanie plastycznym. Najniżej występująca w profilu gruntowym warstwa iłów jeziornych pliocenu, wykształconych jako iły i iły pylaste, bezwęglanowe, jest w stanie twaroplastycznym i półzwardym.

W profilu gruntowym zbudowanym w przewodzie z gruntów spoistych, o pochodzeniu deluwialno-koluwalnym, występują liczne sączenia wody, mogące mieć wpływ na zamianę stanu uplastycznienia.

Sondowania statyczne i dylatometryczne wykazały znaczne zróżnicowanie parametrów wytrzymałościowo-odkształceniowych, wynikające z występowania licznych przewarstwień w osadach koluwalno-deluwialnych zalegających w strefie przyskarpowej. Wielkości wytrzymałości na ścinanie w warunkach bez odpływu z badań CPTU wahają się w granicach od 20 do 100 kPa, a wielkości modułu ścisłości  $M$  z badań DMT – od 10 do 40 MPa.

Wielkości parametrów uzyskane z badań terenowych przedstawiono w tabeli 1.

Wyniki badań laboratoryjnych osadów jeziornych (iłów pstrych) pozwoliły określić parametry odkształceniowe i wytrzymałościowe tych gruntów. Badania odkształceniowe iłów w edometrze wykazały, że: moduł ścisłości odpowiadający powtórnemu obciążeniu ( $M$ ) oscyluje w granicach 20–36 MPa, moduł ścisłości odpowiadający pierwszemu obciążeniu przy naprężeniu mniejszym od ciśnienia pęcznienia ( $M_0$ ) wynosi 7–13 MPa, a moduł ścisłości odpowiadający pierwszemu obciążeniu przy naprężeniu większym od ciśnienia pęcznienia ( $M_0$ ) zawiera się w przedziale 9–25 MPa przy ciśnieniu pęcznienia  $PC = 200–300$  kPa.

Wielkości modułów odkształcenia ( $E$ ) oszacowane na podstawie badań w aparacie trójosiowego ściskania dla odkształcenia 0,1% mieszczą się w zakresie 40–110 MPa, a przy wzroście odkształcenia do 1% wielkości modułów odkształcenia ( $E$ ) zmniejszają się i mieszczą w zakresie 10–25 MPa.

Parametry wytrzymałościowe badanych gruntów (iły) odniesione do warunków bez odpływu (badania TXCIU) wyniosły: kąt tarcia wewnętrznego  $\phi' = 19–20^\circ$ , a spójność  $c' = 10–12$  kPa.

## Podsumowanie

Osady deluwialno-koluwalne w badanym podłożu zostały osadzone w warunkach spływów z pobliskiej Skarpy, efektem tego jest wyraźna obecność w profilu tych osadów utworów facji glin spływowych oraz soczewek gruntów pylastych i niespoistych. Grunty takie



TABELA 1. Proponowane parametry geotechniczne podłoża w strefie przykrawędziowej skarpy określone na podstawie badań CPTU i DMT

TABLE 1. Proposed of geotechnical parameters of subsoil in the edge zone of skarpa toe with the use of CPTU and DMT tests

Opis Description	Rodzaj gruntu Soil type	Stopień pla- styczności $I_L$ [-] Liquidity index	Stopień za- gęszczenia $I_d$ [-] Density index	Moduł ściśli- wości $M$ [MPa] Oedometric modulus	Wytrzy- małość na ściananie $\tau_{fi}$ [kPa] Shear strength
Antropogeniczne utwory nasypowe Anthropogenic fills	Gp, Pg+gruz	–	0,25–0,35	20–80	50–100
Osady deluwialne Slope deposits (deluvium)	G $\pi$ , Gp, Pg,	–	0,20–0,25	10–20	20–60
Utwory rzeczne Fluvial deposits	Pd, P $\pi$ , Pr, Ps	0,35–0,45	–	100–150	50–70
Osady deluwialno- -koluwalne Slope deposits (deluvium, colluvium)	I, II, I $\pi$	–	0,05–0,20	15–40	40–80
Trzeciorzędowe osady jeziorne Tertiary lacustrine deposits	I, I $\pi$	–	0,00–0,05	20–50	60–130

charakteryzują się występowaniem licznych przewarstwień i laminacji. Przewarstwienia, najczęściej utwory pylaste, charakteryzują się dużą wodochłonnością i mogą stanowić potencjalne powierzchnie poślizgu, wyraźnie osłabiające całe masyw podłoża. Cechy teksturalne tych utworów są przyczyną powszechnie obserwowanych sęceń w badanym podłożu. Zróżnicowanie przepuszczalności hydraulicznej tworzących profil osadów, warstewek i lamin, jest także przyczyną dużej zmienności właściwości plastycznych gruntów.

Wykonanie zalecanych w Eurokodzie 7 sondowań statycznych CPTU z wykorzystaniem piezostopka pozwoliły na dokładne rozpoznanie zróżnicowanej budowy osadów koluwalno-deluwial-

nych zalegających w strefie przyskarpowej. Dzięki ciągłemu zapisowi wyników sondowań możliwe było wychwycenie przewarstwień nawet o niewielkiej miąższości oraz głębokości zalegania stropu niezaburzonych ilów trzeciorzędowych – warstwy istotnej dla bezpiecznego posadowienia obiektów budowlanych w strefie przykrawędziowej Skarpy Warszawskiej. Wykorzystanie kompleksowych badań terenowych, obejmujących zarówno wiercenia, jak i sondowania statyczne oraz dylatometryczne, umożliwiło precyzyjne ustalenie budowy oraz parametrów mechanicznych podłoża.

Przeprowadzenie starannych badań laboratoryjnych na dobrym materiale gruntowym pozwoliło na uzyskanie wiarygodnych wielkości parametrów zarów-

no wytrzymałościowych, jak i odkształceniowych, pozwalających na wskazanie w podłożu warstw nadających się pod poszczególne rodzaje posadowienia oraz do przeprowadzenia poprawnych obliczeń projektowych.

## Literatura

- JAMIOLKOWSKI M., GHIONNA V.N., LANCELLOTTAR., PASQUALINIE. 1988: New correlations of penetration tests for design practice. Proc. 1st Intern. Symp. Penetration Testing, Orlando, 1: 263–296.
- KODA E. i in. 2012: Dokumentacja geologiczno-inżynierska określająca warunki geologiczno-inżynierskie na potrzeby posadowienia budynku mieszkalnego wielorodzinnego z częścią usługową na parterze i garażami podziemnymi przy ulicy Tamka w Warszawie. Katedra Geoinżynierii SGGW, Warszawa.
- KONDRACKI J. 2001: Geografia regionalna Polski. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- LUNNE T., ROBERTSON P.K., POWELL J.J. 1997: Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice. Academic and Professional, London.
- MARCHETTI S. 1980: In situ tests by flat dilatometer. *Journal of the Geotechnical Engineering Division ASCE* 106, GT3: 15290: 299–321.
- MARCHETTI S., CRAPPS D. 1981: Flat Dilatometer Manual. Internal Report of G.P.E. Inc.
- ROBERTSON P.K. 1990: Soil classification using the cone penetration tests. *Canadian Geotechnical Journal* 27 (1): 151–158.
- PN-B-02479 1998: Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.
- PN-B-04452 2002: Geotechnika. Badania polowe.
- PN-EN 1997-1 2008: Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne.
- PN-EN 1997-2 2009: Eurokod 7. Projektowanie geotechniczne. Część 2: Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego.
- RÓŻYCKI S.Z. 1972: Nizina Mazowiecka. Geomorfologia Polski. T. 2. Niż Polski. PWN, Warszawa.

- SCHMERTMANN J.H. 1978: Guidelines for cone penetration tests performance and design. Report FHWA-TS-78-209. Federal Highways Administration, Washington D.C.
- WYSOKIŃSKI L. i in. 1999: Warszawska Skarpa Śródmiejska od Al. Jerozolimskich do ul. Sanguszkii. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa.

## Streszczenie

**Badania geotechniczne do oceny warunków posadowienia w strefach przykrawędziowych Skarpy Warszawskiej.** W artykule przedstawiono badania do oceny warunków geotechnicznych posadowienia w rejonie ul. Tamka w Warszawie. Przypowierzchniową strefę podłoża budują spoiste osady koluwalno-deluwialne oraz aluwia okresowych cieków, leżące na erozyjno-glacitektonicznej powierzchni iłów pstrych pliocenu. Na podstawie analizy materiałów archiwalnych, badań terenowych (wiercenia, sondowania CPTU i DMT) oraz badań laboratoryjnych właściwości gruntów (próbki NNS, NW i NU) określono budowę geologiczną i warunki hydrogeologiczne oraz dokonano ilościowej i jakościowej oceny parametrów geotechnicznych gruntów występujących w badanym podłożu. W artykule skoncentrowano się na analizie wyników badań geotechnicznych oraz właściwościach fizyczno-mechanicznych gruntów w celu wydzielenia w budowie podłoża osadów antropogenicznych, zboczowych i rzecznych oraz stropu silnie zaburzonych osadów plioceńskich i podania ich przydatności na cele posadawiania budowli. Wskazano na znaczenie utworów zboczowych i zaburzeń w stropie iłów trzeciorzędowych w ocenie geotechnicznych warunków posadowienia.

## Summary

**Geotechnical tests for estimation of engineering conditions at the edge zone of “Skarpa Warszawska” toe.** In this study a

geotechnical tests were undertaken to characterize the site geotechnical conditions located on Tamka St. in Warsaw. A description of geology was based on the field investigation, laboratory tests and the archive documents analysis. *In situ* (boreholes, CPTU, DMT) and standard laboratory tests were used to determine physical properties and mechanical parameters of soils. The paper is mainly focused on anthropogenic fills, slope, fluvial deposits and Pliocene clay analysis, so its foundation purpose capability and mechanical properties, at the toe edge zone of the Warsaw Slope, could be determined.

**Authors' address:**

Marek Bajda, Eugeniusz Koda  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego  
Katedra Geoinżynierii  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa  
Poland  
e-mail: marek\_bajda@sggw.pl