

Katarzyna Pawlak <sup>1)</sup>  
Krzysztof Chudy <sup>2)</sup>

## Parametry wytrzymałościowe gruntów spoistych z rejonu Ostrowa Wielkopolskiego zaburzonych glacitektonicznie – nowe możliwości i problemy interpretacyjne

*Słowa kluczowe:* wytrzymałość na ścinanie, zaburzenia glacitektoniczne, grunty spoiste, normy, stopień plastyczności, sondowania SLVT i ITB - ZW

### Streszczenie

*W pracy przedstawiono wyniki laboratoryjnych i polowych badań wytrzymałości gruntów spoistych na ścinanie z rejonu Ostrowa Wielkopolskiego, zaburzonych glacitektonicznie. Rezultaty badań podkreślają, że oprócz stopnia plastyczności, grupy konsolidacji, genezy gruntu spoistego równie ważna jest geomorfologia i tektonika, czyli przeszłość geologiczna. Sugeruje to, że takie odgórne przyjmowanie parametrów wytrzymałościowych, odczytanych na podstawie nomogramów, nie powinno w ogóle mieć miejsca na tego typu „skomplikowanych” terenach. Obserwacje oraz analizy potwierdziły, że mineralne grunty spoiste z rejonu Ostrowa Wielkopolskiego są wyjątkowo złożonym materiałem gruntowym. Grunty te charakteryzuje stosunkowo mała wytrzymałość na ścinanie przy dużym stopniu diagenety i niewielka wilgotność naturalna, a rzeczywiste parametry wytrzymałościowe są niższe w stosunku do tych, co podaje norma.*

### Wstęp

Zdarza się, że tereny szczególnie atrakcyjne pod względem lokalizacji wymagają specjalnych rozwiązań technicznych ze względu na występowanie gruntów słabonśnych. Uwzględniając fakt, że grunty charakteryzują się złożoną, trójfazową budową, tworząc układ porowaty o zmiennych proporcjach, który w prosty sposób ulega zmianom [22], staje się niezbędne, a nawet konieczne wykonanie dokładnych badań, zarówno laboratoryjnych, jak „*in situ*” w terenie.

Dobór metod dla wyznaczania parametrów geotechnicznych reguluje polska norma PN-B-02479 „Dokumentowanie geotechniczne”, wsparta Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawienia obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012, poz. 463). Oba dokumenty dzielą obiekty budowlane na trzy kategorie, a następnie przyporządkowują tym kategoriom odpowiednie kognitywne badania geotechniczne, które należy przeprowadzić bezpośrednio w terenie [9].

Takim parametrem niewątpliwie jest wytrzymałość na ścinanie, w szczególności gruntów spoistych, które są bardzo „wrażliwe” na zmiany wilgotności, łatwo ulegają upłynnieniu, co w stanie plastycznym czy miękkoplastycznym czyni je już gruntami

<sup>1)</sup> e-mail: katarzyna.pawlak871@wp.pl

<sup>2)</sup> KGHM CUPRUM sp. z o.o. – CBR, ul. gen. Wł. Sikorskiego 2-8, 53-659 Wrocław

słabonośnymi. Ma to zasadnicze znaczenie na terenach, gdzie wychodnie tych gruntów znajdują się tuż przy powierzchni terenu. Całą sytuację dodatkowo komplikuje obecność zaburzeń glacitektonicznych, które stanowią istotny problem dla budownictwa. Jest to także problem rejonu Ostrowa Wielkopolskiego, położonego w strefie wpływu zlodowacenia środkowopolskiego, stąd też będzie wymagana duża dokładność ustaleń parametrów wytrzymałościowych podłoża budowlanego. Tablice i nomogramy podawane w literaturze oraz normach, należy tutaj traktować tylko jako wskaźniki orientacyjne, które należy dostosowywać do warunków regionalnych czy lokalnych.

## 1. Cel i zakres pracy

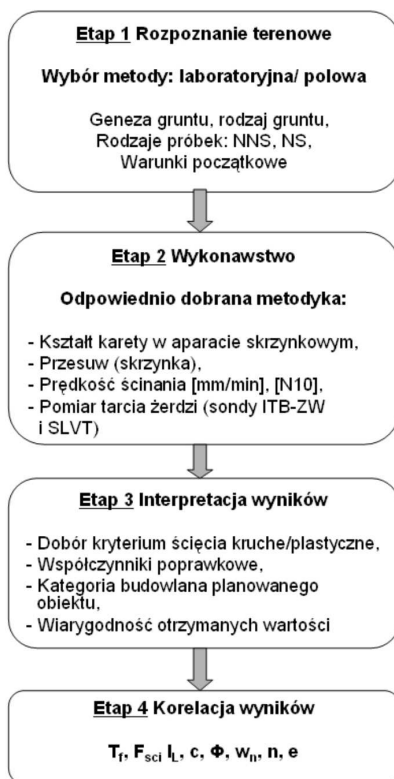
Kluczowym zagadnieniem w niniejszej pracy była m.in. ocena i porównanie wytrzymałości na ścinanie, zarówno mineralnych jak i organicznych gruntów spoistych (w rozumieniu PN-B-02480) z rejonu Ostrowa Wlkp., na podstawie różnych metod badawczych.

Dużą część pracy stanowiło samo poznanie zjawiska oraz aspekt badawczy, który powstał wokół aparatu bezpośredniego ścinania, a mianowicie „rewolucji”, jaką w ostatnich latach przeszedł. Niestety „rewolucje” te nie towarzyszą publikacjom opisującym te zmiany. Na próżno np. szukać informacji na temat porównań wyników standardowego aparatu bezpośredniego ścinania o skrzynce kwadratowej oraz nowej okrągłej, zalecanej przez normę europejską PN-EN ISO 14688. Jest to o tyle zaskakujące, że jest to aparat będący niezmiennie w czołówce najczęściej wykorzystywanej aparatury, w różnych ośrodkach badawczych i komercyjnych, służący szybkiemu określeniu kąta tarcia wewnętrznego, spójności, bez wyodrębnienia ciśnienia porowego i znacznie tańszy w eksploatacji od trójosiowego. Na dobrą sprawę można stwierdzić, że w przypadku tego zagadnienia, bazujemy nadal na dokonaniach sprzed lat, kiedy głównym źródłem metodycznym była norma budowlana PN-88/B-04481.

W pracy przedstawiono metodykę wyznaczania wytrzymałości na ścinanie, w zależności od użytej metody oraz korelację otrzymanych wyników ze stopniem plastyczności  $I_L$ . Przyjęto do oceny wartości parametrów określonych w warunkach laboratoryjnych, jak i kameralnych w terenie, przy użyciu zaawansowanej aparatury badawczej (metoda bezpośrednia, tzw. A- przy braku zależności korelacyjnych).

Należy pamiętać, że wybór metody powinien wynikać nie tyle z wygody, czy łatwości przeprowadzenia testu, ale wiarygodności i dokładności. W pracy przedstawiono kilka metod, przy różnych założeniach i dających odmienne wyniki. Program badań oraz jego ostateczny efekt w postaci korelacji przedstawiony jest na rys. 1.

Parametry te w późniejszym czasie będą mogły zostać wykorzystane do projektowania prostych obiektów budowlanych I i II kategorii geotechnicznej, w sąsiedztwie poligonów badawczych, mając jednak na uwadze indywidualne podejście do każdej inwestycji z osobna i uwzględniając przy tym stratygrafię, warunki wodne i warunki drenażu podłoża.



Rys. 1. Kryteria doboru techniki i programu badań  
(zmodyfikowano na podst. Anggraini, 2006)

## 2. Poligony badawcze

Obszar badań wyznaczono w granicach miasta Ostrów Wielkopolski (rys. 2), wzdłuż linii A – B, o kierunku zbliżonym do W-E, łączącym jego przeciwne krańce, i całkowitej długości blisko 4,0 km. Granice obszaru badań opisują współrzędne geograficzne: 17°45'00" – 17°45'22" długości geograficznej wschodniej oraz 51°30'20" – 51°40'00" szerokości północnej. Przemierzając się od zachodu ku wschodowi są to odpowiednio dzielnice: Parcele Zacharzewskie (4), Śródmieście (1), Wenecja (3) i Krępa (2).



Rys. 2. Szkic sytuacyjny – umiejscowienie poligonów badawczych (zmodyfikowano na podst. <http://maps.geoportal.gov.pl>)

Poligony badawcze (1) i (4) znajdują się w centralnej części miasta, w obrębie pasa wysoczyznowego moreny dennej. Tereny charakteryzują znaczne spadki w kierunku północnym, a wysokości oscylują w granicach 131,0 – 136,0 m n.p.m. W najbliższym sąsiedztwie nie zanotowano występowania cieków wodnych. Strefę przypowierzchniową tworzą zdeponowane osady glin zwałowych pochodzenia lodowcowego (plejstocen). Wykonane wiercenia na terenie poligonów wykazało znaczną różnorodność podłoża ze względu na litologię. Są to gliny zwięzłe z przejściami do iltów i glin pylastych zwięzłych (1) oraz gliny piaszczyste/piaski gliniaste (4). Występowania wody w otworach stwierdzono tylko w obrębie poligonu badawczego (4). Poligony badawcze (2) i (3) znajdują się we wschodniej części miasta w obrębie terasu zalewowego rzeki Ołobok. Rozpatrywany teren jest w zasadzie płaski, a przeciętna wysokość wynosi około 127,4 – 130,0 m n.p.m. Strefę przypowierzchniową tworzą holocenijskie piaski aluwialne, niżej ległe torfy (2) oraz piaski gliniaste (3). W obrębie piasków, poniżej torfu stwierdzono występowanie wody gruntowej o charakterze swobodnym na głębokości około 1,5 m ppt. Wody odpływają w kierunku północnym, w stronę doliny Ołoboku, która stanowi lokalną bazę drenażu.

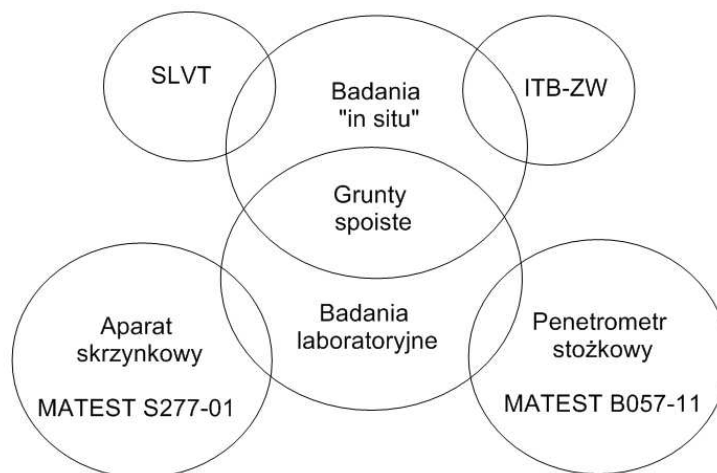
### 3. Metodyka badań wytrzymałościowych

Założenia (rys. 3), jakie przyjęto w trakcie przygotowywania i prowadzenia laboratoryjnych pomiarów wytrzymałościowych to:

- Zapewnienie podobnych warunków pracy i odpowiedniego przechowywania materiału badawczego.
- Badanie wykonywano na paście gruntowej (w różnych stanach), w celu uzyskania izotropowego uziarnienia w obrębie każdej próbki, wskaźnika porowatości, ciśnienia wody w porach gruntu oraz naprężeń efektywnych, co w przypadku gruntu o naturalnej strukturze, jest niemożliwe do zrealizowania (wymuszona pozioma powierzchnia ścinania, uszkodzenia mechaniczne).

- Określenie wytrzymałości na ścinanie gruntu bez odpływu za pomocą aparatu skrzynkowego i penetrometru stożkowego.
- Stworzenie bardzo podobnych warunków konsolidacji dla obu typów skrzynek, poprzez odpowiednio dobrane obciążenia.
- Ścinanie próbek o wymiarach 60×60 mm (kwadratowa) i  $\Phi$  60 mm (okrągła), przy trzech obciążeniach, stałej prędkości 0,8(3) mm·min<sup>-1</sup> i przesuwie skrzynki L= 6 cm, do uzyskania maksymalnego lub 10% odkształcenia poziomego próbki.
- Obciążenia normalne dla obu form dobrano bardzo skrupulatnie, w celu stworzenia identycznych warunków podczas konsolidacji i samego ścinania
- Jako kryterium ścicia przyjęto naprężenia styczne  $\tau_{max}$  „ścicia kruche” lub uzyskane przy 10% przesuwie skrzynki  $\tau_{10\%}$  „ścicia plastyczne”.
- Wartości wytrzymałości na ścinanie wyznaczono zgodnie z kryterium Coulomba, wykorzystując własne badania i uzyskane wyniki tarcia wewnętrznego i kohezji.
- W przypadku penetrometru stożkowego, dzięki badaniu uzyskiwano wartość penetracji, na podstawie której można było oszacować minimalną wytrzymałość na ścinanie, w wyższych stanach plastyczności.
- Przy ustalaniu programu badań opierano się na następujących normach i publikacjach: PN-88/B-04481, PN-B-04452, ASTM D 3080-04, Instrukcja stosowania penetrometru stożkowego...” (1990), PKN-CEN ISO/TS 17892-6, Z. Wiłun (2010).

Badania wytrzymałościowe gruntów spoistych wykonano w warunkach „in situ” i laboratoryjnych. Ogólny program badań wytrzymałościowych przedstawia poniższy schemat ideowy (rys. 3).



Wytrzymałość na ścinanie: MATEST S277-01 – aparat bezpośredniego ścinania,  
MATEST B057-11 – penetrometr stożkowy, SLVT – sonda lekka obrotowa,  
ITB – ZW – sonda obrotowo-udarowa

Rys. 3. Program badań wytrzymałościowych. Zmodyfikowano na podst. [20]

Wytrzymałość na ścinanie gruntu spoistego należy przyjąć jako opór łączny, składający się z oporu właściwego tarcia wewnętrznego i oporu spójności właściwej (kohezji), co określa wzór Terzaghiego-Hvorsleva:

$$\tau_f = \sigma' \cdot \operatorname{tg} \bar{\Phi} + \bar{c} \quad (1)$$

gdzie:

- $\tau_f$  – wytrzymałość na ścinanie [kPa],
- $\sigma'$  – efektywne naprężenie normalne [kPa],
- $\bar{\Phi}$  – właściwy kąt tarcia wewnętrznego [°],
- $\bar{c}$  – opór spójności właściwej [kPa].

Ze względu jednak na trudność oznaczenia wartości naprężeń efektywnych  $\sigma'$  i wartości właściwych  $\bar{\Phi}$  i  $\bar{c}$ , stosuje się w praktyce wzór ogólny Coulomba:

$$\tau_f = \sigma \cdot \operatorname{tg} \Phi + c \quad (2)$$

w którym:

- $\tau_f$  – wytrzymałość na ścinanie [kPa],
- $\sigma$  – całkowite naprężenie normalne  $\sigma = \sigma' + u$  [kPa],
- $c$  – spójność [kPa].

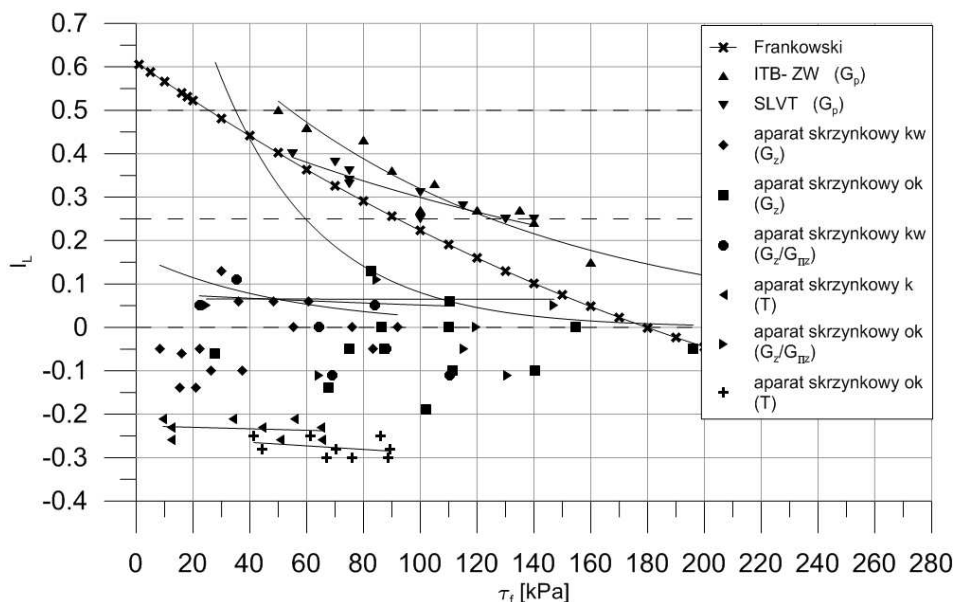
Badania wytrzymałościowe sondami ITB – ZW i SLVT (rys. 3) przeprowadzono przy następujących założeniach:

- Grunt w otoczeniu krzyżaka jest izotropowy.
- Ścięcie następuje na powierzchni walca zatoczonego przez krzyżak (powierzchnia boczna + powierzchnie górna i dolna).
- W czasie obrotu krzyżaka, na powierzchni ścięcia występuje jednorodny rozkład naprężeń na całej powierzchni ścięcia oraz wzbudzana jest całkowita wytrzymałość na ścinanie  $\tau_{\max}$ , która odpowiada spójności gruntu bez wpływu  $c_u$ , przy założeniu  $\Phi_u = 0$ .
- W czasie ścinania nie występuje konsolidacja gruntu.
- Grunt jest całkowicie nasycony wodą (ma dwufazową strukturę: szkielet gruntowy + woda).
- Krzyżak wciskany w grunt nie narusza jego struktury.

#### 4. Dyskusja

Otrzymane wskaźnikowe proste wytrzymałościowe zestawiono z normową prostą Frankowskiego (1993). Ze względu na niewielką liczebność oraz małe zróżnicowanie wyników parametrów wytrzymałościowych łąt, nie uwzględniono ich przy zestawieniu zbiorczego wykresu zależności wytrzymałości na ścinanie od stopnia plastyczności w aparacie skrzynkowym (rys. 4). W przypadku gruntów mineralnych największe różnice widoczne są dla glin zwięzłych, ścinanych w obu typach skrzynek, gdzie nie bez znaczenia jest występowanie większej zawartości frakcji piaszczystej, która ma tendencję do klinowania się w mechanizmie skrzynki i zwiększania tarcia posuwistego ziaren kwarcu [22]. W gruntach o odmiennej genezie, w postaci torfów, przesunięcie prostych wytrzymałościowych jest symetryczne, przy prawie stałym stopniu plastyczności.

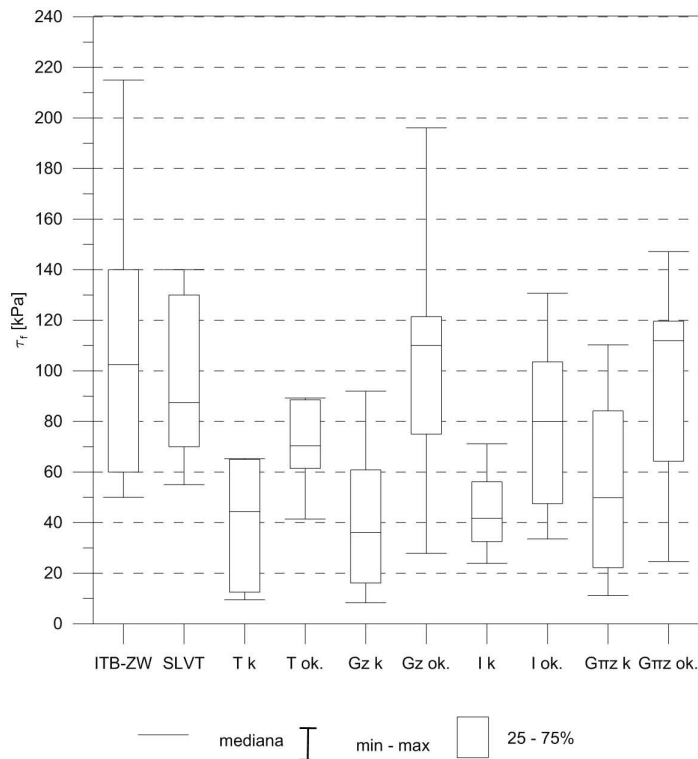
W żadnym wypadku wyniki ścinania w obu typach skrzynek nie pokrywają się. Na podstawie wiedzy z mechaniki na temat wytrzymałości materiałów, twierdzi się, że bardziej oddającymi rzeczywistość są ścięcia w formach okrągłych, przy równym nacisku siły normalnej w każdym punkcie pola.



Rys. 4. Zależność wytrzymałości na ścinanie  $\tau_f$  od stopnia plastyczności  $I_L$  dla gruntów spoistych z rejonu Ostrowa Wielkopolskiego

Badaniami wytrzymałości na ścinanie metodami polowymi, uzyskano wyniki wyższe od laboratoryjnych, co wiąże się z założeniami samych metod – jak najmniejszą ingerencją w ośrodek gruntowy, brakiem konsolidacji oraz „pracą” na gruncie o naturalnej wilgotności. Należy zaznaczyć, że przy stosowaniu różnych schematów obliczeniowych, wyniki różnią się od siebie o około 30%, a przy wyznaczaniu cech mechanicznych wartości mogą się różnić nawet o 100% [22]. Zaletą metod polowych jest fakt, że za pomocą sond obrotowo - udarowych można określić już w terenie przybliżony stan takiego gruntu bez naruszania jego struktury i wykonywaniu szeregu badań w laboratorium [5].

Najmniej dokładną metodą wydaje się być metoda badania penetrometrem stożkowym, dająca tylko szacunkowe, tzw. wskaźnikowe, wartości wytrzymałości na ścinanie, przy kontroli wilgotności granicy płynności. Największą zmienność w obrębie całej populacji wykazują grunty mineralne, wykształcone w postaci glin pylastych zwięzłych, ścinanych w aparacie skrzynekowym w formie kwadratowej (rys. 5). Najmniejsza zmienność widoczna jest w obrębie iltów w skrzynce kwadratowej, które charakteryzują się największą stałością parametrów wytrzymałościowych.



*ITB-ZW – glina piaszczysta, SLVT – glina piaszczysta, T<sub>k</sub> – torf w skrzynce kwadratowej, T<sub>ok</sub> – torf w skrzynce okrągłej, G<sub>zk</sub> – glina zwięzła w skrzynce kwadratowej, G<sub>zok</sub> – glina zwięzła w skrzynce okrągłej, I<sub>k</sub> – il w skrzynce kwadratowej, I<sub>ok</sub> – il w skrzynce okrągłej, G<sub>πzk</sub> – glina zwięzła w skrzynce kwadratowej, G<sub>πzok</sub> – glina zwięzła w skrzynce okrągłej*

Rys. 5. Wytrzymałość na ścinanie gruntów z rejonu Ostrowa Wlkp. badanych różnymi metodami

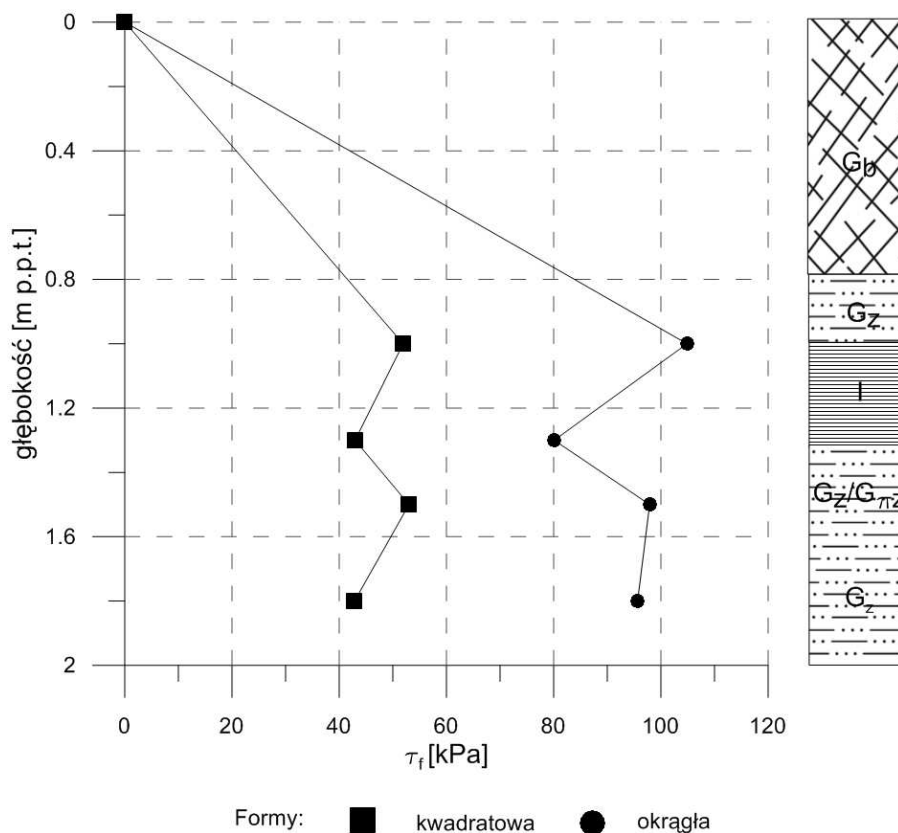
Wyznaczono również uśrednione wartości wytrzymałości na ścinanie w obrębie profilu litologicznego z podziałem na metodykę badawczą (rys. 6). Niewątpliwie na ostateczny wynik wytrzymałości na ścinanie ma wpływ metoda badawcza, w zależności od stosowanej formy. Wyniki uzyskane w formie okrągłej są o 100% wyższe od wyników uzyskanych w formie kwadratowej i bardziej korzystne w sensie geotechnicznym. Dodatkowym plusem jest fakt, że w świetle badań mechaniki technicznej, formy okrągłe bardziej odzwierciedlają rzeczywisty układ naprężeń działający na ośrodek gruntowy [19].

Zależności wytrzymałości na ścinanie od stopnia plastyczności, gruntów spoistych z rejonu Ostrowa Wielkopolskiego, uzyskane metodami: aparatu skrzynkowego i penetrometru stożkowego połączono w jeden wspólny wykres (rys. 7), który przedstawia zachowanie się gruntów w poszczególnych stanach konsystencji – od stanu zwartego do miękkoplastycznego.

Wykształcenie osadów zlodowacenia środkowopolskiego ma wpływ na powstanie skomplikowanej sytuacji geologiczno-inżynierskiej gruntów budowlanych i własności reologicznych analizowanych gruntów spoistych [3]. Problemy związane z ich rozprzestrzenieniem znajdują swoje wierne odzwierciedlenie w licznych badaniach



specjalistycznych jednostek naukowo-badawczych, kontrolowanych przez kadry praktyków. Rozważania na temat wpływu tektoniki gruntów zaburzonych glacictektonicznie prowadził pręcznie w latach 80. ubiegłego wieku, m.in. zespół ówczesnej Politechniki Zielonogórskiej.



Rys. 6. Średnie wartości wytrzymałości na ścinanie  $\tau_f$  [kPa] w obrębie profilu Spichrzowa (□ skrzynka kwadratowa, ○ skrzynka okrągła)

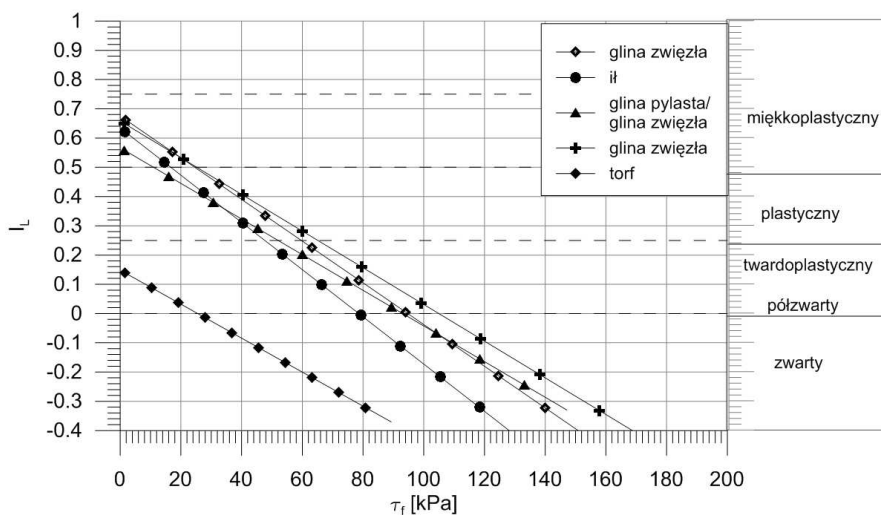
Powstało szereg prac: Kotowski, Kraiński (1985), Kotowski (1986), Kotowski, Leszczyński, (1986), Kraiński (1986), Szafran (1986) w [8]. Wspólnym wnioskiem wymienionych badaczy było stwierdzenie, że parametry wytrzymałościowe gruntów zaburzonych glacictektonicznie, poddanych w swojej historii kilkakrotnym obciążeniu przez transgredujący lodowiec są zmienne oraz niższe od normowych ustaleń PN-81/B-03020, bazujących na stopniach: zagęszczenia i plastyczności.

W pracy przedstawiono wyniki zależności kąta tarcia wewnętrznego i kohezji od stopnia plastyczności, badań własnych oraz zespołu badawczego Kotowski, Kraiński [7]. Fakt rzucający się w oczy to charakterystyczne rozproszenie, przy małym zróżnicowaniu stopnia plastyczności (rys. 8).

Na podstawie badań własnych określono, iż średnia wartość stopnia plastyczności dla wszystkich gruntów wynosi -0,08 i taką samą uzyskano także przy osobnym

podziale na gliny oraz iły. Średnia wartość kąta tarcia wewnętrznego dla glin i iłów ścinanych w formie kwadratowej wynosi  $12,53^\circ$ , a spójność  $14,95$  kPa. W przypadku form okrągłych są to wartości odpowiednio  $25,08^\circ$  oraz  $30$  kPa. Jest to różnica bardzo istotna, rzędu 100%.

Aby lepiej porównać wyniki własne z pracą Kotowskiego i Kraińskiego [7], dodatkowo na wykresy naniesiono linie odpowiadające równaniom prostych poszczególnych współczynników materiałowych, zgodnie z punktem 3.2 normy PN-81/B-3020 ( $y_m$ : 1,25, 1,1, 0,9, 0,8). Analizowane grunty zaklasyfikowano do kategorii geotechnicznej B i D. Ze względu jednak na niewielkie różnice procentowe frakcji ilastej, całość analizowano jako kategorię B (grunty morenowe skonsolidowane i inne grunty skonsolidowane). Z zamieszczonych wykresów (rys. 8) wynika, że odwzorowanie graficzne kątów tarcia wewnętrznego i kohezji, jako funkcje stopnia plastyczności ( $I_L$ ), nie układają się wzdłuż normowych prostych.



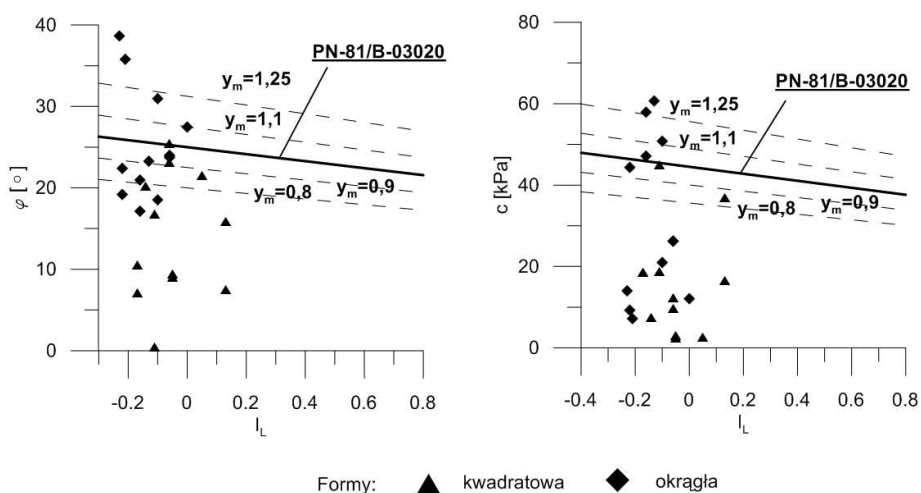
Rys. 7. Zależności stopnia plastyczności od wytrzymałości na ścinanie, uzyskane w aparacie skrzynekowym i penetrometrze stożkowym

Punkty odwzorowujące proces niszczenia w skrzynce kwadratowej znajdują się w 91,7% dla kąta tarcia wewnętrznego i 100% dla spójności, poniżej normowej prostej (tab. 1). Podobnie układają się punkty przypisane ścinaniu w skrzynce okrągłej, w tym przypadku kąt tarcia wewnętrznego w 66,6% oraz spójność w 75% również leżą poniżej normowej prostej.

Wyniki otrzymane na drodze doświadczalnej są znacznie niższe w stosunku do wyników publikowanych w normach PN-81/B-03020 i ogólnodostępnej literaturze [22]. Tak duże rozbieżności wskazują na nieprawidłowość któregoś z ustaleń i wymagają dalszego rozpoznania w ujęciu przestrzennym. Dopiero takie rozpoznanie pozwoliłoby w pełni ocenić czy uzyskane doświadczalnie wyniki wytrzymałości na ścinanie, na tego typu problematycznych terenach, ze skomplikowaną historią geologiczną, powinno się odwzorowywać na drodze uogólnień, w postaci prostych normowych.

Niestety takie zestawienia nie pojawiają się często i tylko niektórzy badacze próbują nagłaśniać istniejący problem. Bardzo ciekawe okazały się badania Parylaka (2006),

który na drodze doświadczalnej próbował dopasować proste normowe piasków drobnych i pylistych do któregoś z istniejących materiałów. Wyniki okazały się zaskakujące: wartości  $\Phi$  z normy w przybliżeniu pokrywają się, ale z kątami, otrzymanymi dla kulek szklanych o niemal idealnie gładkich i kulistych ziarnach, nie występujących naturalnie w przyrodzie. Należy dodać, że w międzynarodowych publikacjach i opracowanych Eurokodach, trudno doszukiwać się podobnych zestawień lub w mniemaniu większości praktyków uproszczeń, co jest mocno zastanawiające. Taki sposób myślenia niejednokrotnie obarczony jest dalszymi błędami wynikającymi na ogół z mało dokładnych badań terenowych, bazującym na rozpoznaniu makroskopowym [11].



Rys. 8. Zależności kątów tarcia wewnętrznego (A), kohezji (B) od stopnia plastyczności dla gruntów zaburzonych glacictonicznie z uwzględnieniem współczynnika materiałowego dla grupy konsolidacji B (zmodyfikowano na podst. [7])

Tabela 1

Zestawienie wyników badań kątów tarcia wewnętrznego i kohezji na ul. Spichrzowej w odniesieniu dla grupy konsolidacji „B”

Współczynnik materiałowy $y_m$	Kąt tarcia wewnętrznego [°]				Kohezja [kPa]			
	kwadratowe n	[%]	okrągłe n	[%]	kwadratowe n	[%]	okrągłe n	[%]
> 1,25	-	0	2	16,7	-	0	1	8,3
1,25 - 1,11	-	0	2	16,7	-	0	1	8,3
1,10 - 1,00	1	8,3	-	0	-	0	2	16,7
0,99 - 0,90	1	8,3	3	25,0	1	8,3	1	8,3
0,89 - 0,80	2	16,7	2	16,7	1	8,3	-	-
< 0,79	8	66,7	3	25,0	10	83,4	7	58,4

\* n liczba wyników otrzymana doświadczalnie dla danego współczynnika materiałowego  $y_m$

## Podsumowanie

Wyniki niniejszej pracy należy traktować po części jako polemikę ze stosowanymi normami oraz próbę wskazania dużych rozbieżności i problemów interpretacyjnych, w zależności od przyjętej metody. Otrzymane w aparacie skrzynkowym parametry porównano z wartościami podanymi przez obowiązującą normę polską PN-81/B-03020 w celu oceny, na ile i czy w ogóle, pokrywają się z prostymi charakteryzującymi poszczególne kategorie geotechniczne gruntów. Parametry wytrzymałościowe gruntów spoistych wykazały bardzo dużą niejednorodność, pomimo zbliżonego stopnia plastyczności.

Badania potwierdzają brak zależności liniowych, prezentowanych w normie oraz obalają powszechnie panującą zasadę o doborze parametrów geotechnicznych, gdzie najważniejszą i uniwersalną wartością jest stopień plastyczności i zagęszczenia. Wyniki podkreślają, że oprócz stopnia plastyczności, grupy konsolidacji oraz genezy gruntu spoistego równie ważne są geomorfologia i tektonika, czyli przeszłość geologiczna. Z przeprowadzonych badań wynika, że rzeczywiste parametry wytrzymałościowe są niższe w stosunku do tych, które podaje norma.

**Podziękowania.** Autorzy niniejszego artykułu dziękują Pracowni Geologiczno-Inżynierskiej „TOPAZ” Szymon Mielcarek za udostępnienie materiałów archiwalnych oraz pomoc w pracach terenowych.

## Bibliografia

- [1] Anggraini Vivi, November 2006, Shear strength improvement of peat soil due to consolidation, Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi Malaysia
- [2] ASTM D 3080-04. Standard Test method for Direct shear test of soils under consolidated drained conditions.
- [3] Dyjor S., 1992, Rozwój sedymentacji i przebieg przeobrażeń osadów w basenie serii poznańskiej w Polsce, Prace Geologiczno-Mineralogiczne, t. XXVI, s. 3-18.
- [4] Frankowski Z., 1993, Ocena parametrów wytrzymałościowych gruntów spoistych metodami polowymi, X Krajowa Konferencja Mechaniki Gruntów i Fundamentowania, Warszawa.
- [5] GEOPROJEKT, 1968, „Instrukcja wykonywania badań podłoża gruntowego sondą udarowo – obrotową ITB-ZW”, Przedsiębiorstwo Geologiczno-Fizjograficzne i Geodezyjne Budownictwa GEOPROJEKT, Pracownia Studiów i Postępu Technicznego, Warszawa.
- [6] Instrukcja stosowania penetrometru stożkowego do badań gruntów budowlanych, Ministerstwo Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa – Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa, 1990.
- [7] Kotowski J., Kraiński A., 1992a, Związek stopnia plastyczności z kątem tarcia wewnętrznego w iłach zaburzonych glacitektonicznie, Prace Geologiczno-Mineralogiczne, t. XXVI, s. 161-171.
- [8] Kotowski J., Kraiński A., 1992b, Analiza wskaźnika skonsolidowania gruntu w iłach serii poznańskiej zaburzonych glacitektonicznie na terenie wału zielonogórskiego, Prace Geologiczno-Mineralogiczne, t. XXVI, s. 153-160.
- [9] Młynarek Z., Wierzbicki J., 2005, Nowoczesne metody rozpoznawania podłoża dla potrzeb budowy mostów i tuneli [w] „Geoinżynieria i Tunelowanie”, nr 2 (05), s. 46 – 55.
- [10] Parylak K., 2006, „Normowe wartości kąta tarcia gruntów niespoistych w świetle badań” [w] „Budownictwo”, Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej, Zeszyt 28, tom 1, s. 249-259.
- [11] Parylak K., 2007, Potrzeba uregulowań prawnych w zakresie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia [w] „Inżynier Budownictwa”, Polska Izba Inżynierów Budownictwa, nr 3 (37), s. 27-30.

- 
- [12] PKN-CEN ISO/TS 17892-6. Badania geotechniczne. Badania laboratoryjne gruntów. Część 6: Badanie penetrometrem stożkowym.
- [13] PN-EN ISO 14688. Projektowanie geotechniczne Część 1: Zasady ogólne.
- [14] PN-EN ISO 14688. Projektowanie geotechniczne Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego.
- [15] Polska Norma (PN-88/B-04481). Grunty budowlane. Badanie próbek gruntu.
- [16] Polska Norma (PN-B-04452). Grunty budowlane. Geotechnika. Badania polowe.
- [17] Polska Norma (PN-B-02479). Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne. Sierpień 1998.
- [18] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawienia obiektów budowlanych (Dz.U. z 2012, poz.463).
- [19] Siuta W., 1992, „Mechanika techniczna”, Wyd. 22, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.
- [20] Straż G., 2011, „Parametry wytrzymałościowe rzeszowskich namulów i torfów”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- [21] Suchnicka H., Konderla H., 1992, „Właściwości wytrzymałościowe utworów serii poznańskiej zalegających na północny wschód od Legnicy”, Prace Geologiczno – Mineralogiczne, t. XXVI, s. 109 – 137.
- [22] Wiłun Z., 2010, "Zarys geotechniki", Wyd.9, WKiŁ, Warszawa.

### **Shear parameters of glaciectonically disturbed cohesive soils obtained from Ostrów Wielkopolski region – new approaches and investigation problems**

*Keywords: shear strength, glaciectonically disturbed, cohesive soils, norms, plasticity degree, shear vane with a cone percussion head type SLVT and ITB-ZW*

*The paper describes the results of laboratory and field investigations performed to explore shear strength of glaciectonically disturbed cohesive soils obtained from the Ostrów Wielkopolski region. The results stress importance of the geological past – geomorphology and plate tectonics, besides the plasticity degree, consolidation group and origin of cohesive soils. Therefore, it may be concluded that in case of such ‘complicated’ areas the investigations should not be relied a priori on acknowledgement of received strength parameters interpreted on the basis of nomograms. The observations and the analysis confirmed that mineral cohesive soils of the Ostrów Wielkopolski region are exceptionally complex soil material. It is characterised by relatively low shear strength and at the same time high degree of diagenesis and low natural humidity while the real strength parameters are lower in proportion to those from the received standards.*

