

## WŁAŚCIWOŚCI GEOTECHNICZNE ŁUPKÓW PSTRYCH Z OKOLIC SZYMBARKU KOŁO GORLIC

Tymoteusz Zydrón, Maria Gryboś, Marcin Kubiś,  
Elżbieta Hobot, Anna Janus  
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań parametrów geotechnicznych łupków pstrych pochodzących z okolic Szymbarku k. Gorlic. Badania obejmowały oznaczenie składu uziarnienia, granic konsystencji, parametrów zagęszczalności, współczynnika filtracji, wskaźnika pęcznienia oraz wytrzymałości na ścinanie. Wykazano, że badane grunty charakteryzują się dobrą zagęszczalnością i niską wodoprzepuszczalnością. Ze względu na skład uziarnienia oraz granice konsystencji badane łupki zostały określone jako utwory o aktywności koloidalnej typowej dla ilów. Wartości wskaźników pęcznienia wyniosły 8–15%, co pozwala sklasyfikować badane grunty jako utwory o średniej ekspansywności. Badania wytrzymałości na ścinanie wykazały, że przy wilgotności zbliżonej do optymalnej łupki pstre posiadają wysokie wartości zarówno kąta tarcia wewnętrznego, jak i spójności, a przy bardzo niskiej wilgotności charakteryzują się wytrzymałością typową dla gruntów skalistych. Z kolei przy wilgotności większej od optymalnej, odpowiadającej konsystencji plastycznej, ich wytrzymałość na ścinanie zmniejsza się znacznie, a wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności ją opisujące są zbliżone do wartości podawanych w literaturze dla gruntów ilastych.

**Słowa kluczowe:** łupki pstre, parametry geotechniczne, wytrzymałość na ścinanie, pęcznienie

### WSTĘP

Jednym z stosunkowo często spotykanych formacji litostratygraficznych na obszarze Karpat Zewnętrznych (tzw. fliszowych) są łupki pstre eoceńskie. Formacja ta cechuje się charakterystyczną barwą wiśniowo-czerwoną lub zieloną i występuje w większych jednostkach tektonicznych tego regionu. Obecność tej formacji zaznacza się wyraźnie

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Tymoteusz Zydrón, Katedra Inżynierii Wodnej i Geotechniki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, e-mail: [t.zydron@ur.krakow.pl](mailto:t.zydron@ur.krakow.pl); mgr inż. Maria Gryboś, mgr inż. Marcin Kubiś, mgr inż. Elżbieta Hobot, mgr inż. Anna Janus – absolwentki UR w Krakowie.

również w okolicach Szymbarku k. Gorlic, gdzie jej bieg jest w dużej części równoległy do przebiegu koryta potoku Bystrzanki [Zabuski i in. 2003], a poprowadzona w jego pobliżu droga gminna odsłania często ową formację geologiczną. Utwory te pod względem geotechnicznym odpowiadają gruntom zwięzłe bądź bardzo spoistym, stąd też często stwarzają problemy natury geologiczno-inżynierskiej i geotechnicznej, będąc przyczyną powstawania ruchów masowych. Przedmiotem niniejszej pracy były badania właściwości geotechnicznych łupków pstrych pochodzących z doliny potoku Bystrzanka w Szymbarku.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Do badań pobrano próbki łupków pochodzących z odsłoneń warstwy zlokalizowanych na zboczu Wiatrówki w Szymbarku oraz koryta potoku Bystrzanki w miejscowości Bystra. Wschodnie tej formacji występują licznie w okolicach Gorlic (ryc. 1), a ich obecność zaznacza się miejscowo m.in. w zlewni rzeki Ropy w miejscowości Szymbark, ujściowym odcinku potoku Bielanka [Chrzanowska 1980] czy też w okolicach Siar w miejscowości Owczary [Zydrón i Demczuk 2013]. Łupki te zarówno występują licznie w brzeżnej części jednostki śląskiej, jak i reprezentują najstarsze ogniwo serii magurskiej [Żytko 1973]. Analizowane w niniejszej pracy łupki pstre charakteryzowały się barwą jasnoczerwoną, a sporadycznie zieloną. Badania tych utworów przeprowadzone przez Stocha i Bahranowskiego [1976] wykazały, że pod względem mineralogicznym charakteryzują się one dużą zawartością miki o strukturze typu muskowit, chlorytu oraz pakietów illitowo-montmorylonitowych będących prawdopodobnie efektem wietrzenia illitu, a także niewielką zawartością kaolinitu.



Ryc. 1. Przykłady odsłoneń łupka pstręgo w okolicach Szymbarku k. Gorlic (Beskid Niski)

Fig. 1. Examples of mottled clay shales outcrops at the vicinity of Szymbark near Gorlice (Beskid Niski Mts.)

W ramach badań terenowych określono wilgotność naturalną i gęstość objętościową gruntu we wkopach badawczych, wykonano oznaczenie wodoprzepuszczalności oraz pobrano próbki do badań laboratoryjnych. Zakres badań laboratoryjnych obejmował oznaczenie składu uziarnienia i gęstości właściwej, zagęszczalności, wodoprzepuszczal-

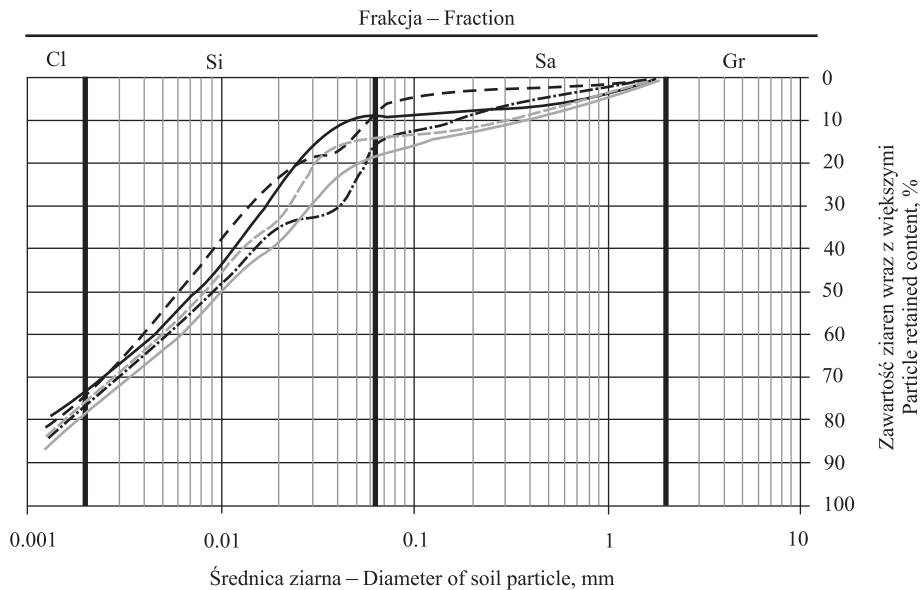
ności, pęcznienia oraz wytrzymałości na ścinanie. Skład uziarnienia oznaczono metodą łączonej analizy sitowej i areometrycznej. Parametry charakteryzujące zagęszczalność (maksymalna gęstość objętościowa szkieletu i wilgotność optymalna) oznaczono w aparacie Proctora w cylindrze o objętości  $1,0 \text{ dm}^3$ , stosując jednostkową energię zagęszczania  $0,59 \text{ J} \cdot \text{cm}^{-3}$ . Wodoprzepuszczalność oznaczono w edometrze dla próbek o parametrach – gęstość objętościowa i wilgotność naturalna – analogicznych do otrzymanych z badań terenowych. Pęcznienie oznaczono w aparacie Wasiliewa na próbkach o parametrach fizycznych określonych z badań terenowych oraz na próbkach o wilgotności optymalnej i wartościach wskaźnika zagęszczenia  $I_s = 0,90$  i  $1,0$ .

Duży zakres badań dotyczył oznaczenia wytrzymałości na ścinanie. W znacznej części badania te przeprowadzono w aparacie bezpośredniego ścinania. W pierwszej serii wykonano badania dla gruntu pochodzącego ze zbocza Wiatrówki na próbkach o parametrach (gęstość objętościowa i wilgotność) odpowiadających naturalnym oraz na próbkach o wilgotności o około 7% mniejszej oraz o 5 i 10% większej od naturalnej (18,3%). Czas konsolidacji próbek wynosił 1 minutę przy naprężeniach z zakresu od 12,5 do 62,5 kPa, a prędkość ścinania była równa  $1,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ . Celem tej serii było określenie wytrzymałości na ścinanie gruntu w warunkach szybkiego przyrostu obciążeń i ograniczonej możliwości odpływu wody. W drugiej serii badania wytrzymałości wykonano na próbkach pobranych z brzegów koryta potoku Bystrzanka, które ścinano przy wartościach wskaźnika zagęszczenia  $I_s = 0,90$  i  $1,00$  oraz wilgotności odpowiadającej optymalnej. Czas konsolidacji próbek wynosił 30 minut, zakres obciążeń 25–100 kPa, a prędkość ścinania  $0,1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , co miało na celu określenie wytrzymałości na ścinanie w warunkach umożliwiających drenaż próbki. Dla próbek o wskaźniku zagęszczenia  $I_s = 0,90$  wykonano dodatkowo badania przy wilgotności mniejszej i większej o 5% od optymalnej. W każdej serii próbki gruntu o założonej wilgotności były formowane bezpośrednio w skrzynce aparatu, a kryterium zniszczenia próbki odpowiadało maksymalnej wartości oporu na ścinanie w zakresie odkształceń względnych próbki 0–10%.

Dla celów porównawczych wykonano również oznaczenie wytrzymałości na ścinanie w aparacie trójosiowego ściskania w warunkach bez konsolidacji i bez drenażu (test UIU). Próbki gruntu ze zbocza Wiatrówki miały parametry odpowiadające naturalnym. Próbki gruntu z brzegu koryta potoku Bystrzanki badano przy wilgotności optymalnej oraz mniejszej i większej od optymalnej przy wskaźnikach zagęszczenia 0,94 i 1,00. W przypadku próbki o wilgotności mniejszej od optymalnej nie było możliwe jej uformowanie ze względu na stan gruntu. W związku z tym próbki formowano przy wilgotności optymalnej, a następnie poddawano przesuszeniu w warunkach powietrznych do uzyskania założonego ubytku masy. W przypadku próbek o wilgotności większej od optymalnej początkowo były one formowane przy wilgotności optymalnej, następnie obkładane mokrą bibułą filtracyjną, a wzrost wilgotności kontrolowano, dokonując pomiarów masy próbki. W każdej z serii badań prędkość ścinania wynosiła  $0,16 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ , zakres odkształcenia 20%, a kryterium zniszczenia odpowiadało maksymalnej wartości dewiatora naprężeń.

## WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Obserwacje terenowe i badania makroskopowe wykazały, że formację łupków pstrych z okolic Szymbarku k. Gorlic pod względem geotechnicznym można określić jako utwory zwięzłe spoiste charakteryzujące się zawartością pojedynczych okruchów skalnych. Analiza granulometryczna wykonana dla frakcji drobnych ( $d < 2$  mm) (ryc. 2, tab. 1) wykazała, że pod względem geotechnicznym [PN-EN ISO 14688-2-2:2006] utwory te można sklasyfikować jako łą pylasty (siCl), a według uprzednio obowiązującego nazewnictwa [PN-86/B-02480] jako glinę pylastą zwięzłą. Ze względu na uzyskane wartości wskaźnika plastyczności utwory te można scharakteryzować jako średnio bądź zwięzłe spoiste, przy czym większe wartości tego parametru uzyskano dla łupków ze zboczy Wiatrówki. Stwierdzono, że otrzymane wartości granic konsystencji są nieznacznie większe od wartości podawanych przez Wiłuna [2000] dla glin pylastych zwięzłych zastoiskowych. Z kolei obliczone wartości aktywności koloidalnej mieszczą się w stosunkowo szerokim przedziale, typowym dla łą o normalnej aktywności.

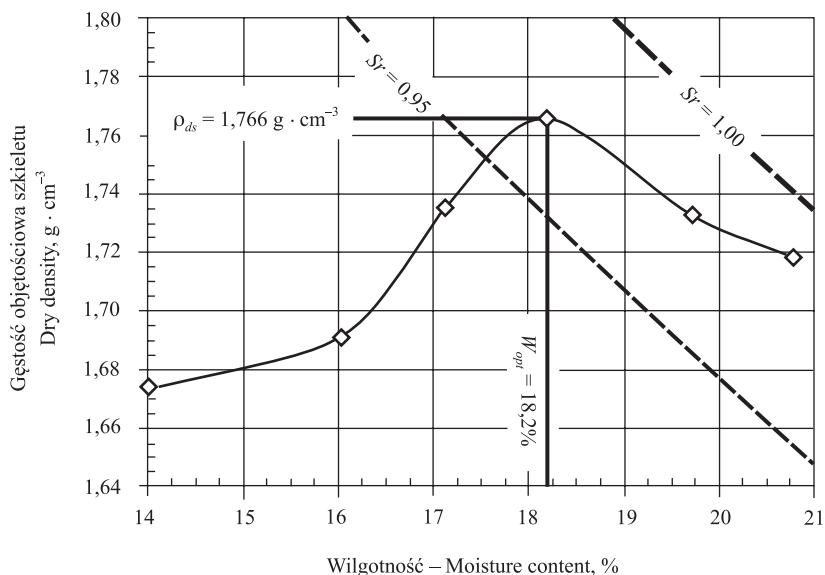


Ryc. 2. Wyniki oznaczeń składu granulometrycznego łupków pstrych  
Fig. 2. Grain-size distribution of mottled clay shales

Wyniki badań zagęszczalności przeprowadzone dla łupków z koryta Bystrzanki (ryc. 3) wykazały, że charakteryzują się one stosunkowo wysoką wartością maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu. Ogólnie można stwierdzić, że otrzymane wartości obu parametrów zagęszczalności łupka pstręgo są bardzo zbliżone do wartości podawanych w pracy Pisarczyka [2009] dla glin pylastych zwięzłych.

Badania wodoprzepuszczalności przeprowadzone w terenie wykazały, że łupki pstre charakteryzują się współczynnikiem filtracji średnio  $2 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  [Zydroń i Baran 2011], co według klasyfikacji podanej przez Pazdro i Kozerskiego [1990] pozwala je określić

jako utwory półprzepuszczalne, a nawet nieprzepuszczalne. Z kolei wyniki badań laboratoryjnych wykazały, że wartości współczynnika filtracji mieściły się zasadniczo w przedziale od  $2 \cdot 10^{-8}$  do  $2 \cdot 10^{-10} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



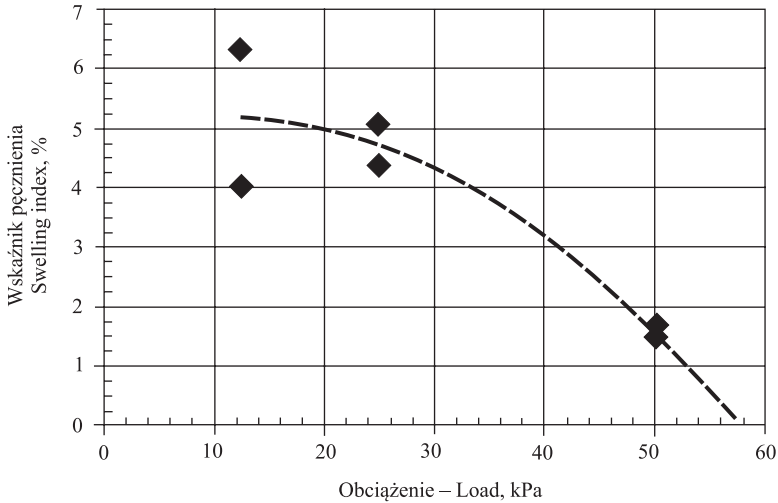
Ryc. 3. Zależność gęstości objętościowej szkieletu od wilgotności badanego gruntu

Fig. 3. Dry density vs. moisture content of tested soil

Tabela 1. Wartości parametrów geotechnicznych badanych łupków pstrych

Table 1. Geotechnical parameters of tested mottled clay shales

Parametry – Parameters	Jednostka Unit	Zakres wartości Range of values	Średnia Mean
Zawartość frakcji – Fraction content:			
Piaskowa – Sand	%	6,6–28,0	15,3
Pyłowa – Silt	%	50,7–68,9	62,5
Iłowa – Clay	%	19,8–25,4	22,2
Gęstość właściwa – Specific gravity	kg · m <sup>-3</sup>	2690–2780	2730
Gęstość objętościowa – Bulk density	kg · m <sup>-3</sup>	2020–2110	2040
Wilgotność naturalna – Natural moisture content	%	17,8–18,8	18,3
Granice konsystencji – Atterberg's limits:			
– plastyczności – plastic limit	%	19,8–23,6	22,1
– płynności – liquid limit	%	38,5–47,2	43,9
Wskaźnik plastyczności – Plasticity index	–	16,3–25,6	21,8
Aktywność koloidalna – Activity index	–	0,76–1,29	1,00
Współczynnik filtracji – Permeability coefficient			
– badania terenowe – site investigations	m · s <sup>-1</sup>	$2,9-1,5 \cdot 10^{-8}$	$2 \cdot 10^{-8}$
– badania laboratoryjne – laboratory tests		$2 \cdot 10^{-8}-2 \cdot 10^{-10}$	$2 \cdot 10^{-9}$



Ryc. 4. Wyniki oznaczeń wskaźnika pęcznienia w zależności od obciążenia próbek

Fig. 4. Swelling index vs. load for tested soil

Na podstawie odczytu z nomogramu Van der Žerwego, zmodyfikowanego przez Grabowską-Olszewską [1998], określającego relację wartości granic konsystencji, wskaźnika plastyczności, zawartość frakcji ilowej oraz aktywności koloidalnej stwierdzono, że badane łupki pstre charakteryzują się potencjalnie średnią, a w skrajnym przypadku wysoką ekspansywnością. Dla weryfikacji tych danych przeprowadzono badania pęcznienia w aparacie Wasiliewa. Badania te wykazały, że wartości wskaźników pęcznienia mieściły się w zakresie od 8,0 do 15,2%, a więc stanowią potwierdzenie wcześniejszych analiz. Podobne wartości wskaźników pęcznienia otrzymała również Chrzanowska [1980], która prowadziła badania dla ilów pochodzących z osuwiska Zapadle zlokalizowanego w dolinie potoku Bielanki, położonego stosunkowo blisko miejsc, z których pobrano próbki gruntów będące przedmiotem analiz w niniejszej pracy. Interesujących wyników odnośnie do ekspansywności łupków pstrych dostarczyły badania filtracji, które wykazały wyraźne pęcznienie, pomimo stosowania obciążenia próbek (ryc. 4). Ekstrapolacja wyników badań wskazuje, że wartość ciśnienia pęcznienia łupka wynosi około 60 kPa, a więc jest ona nieco większa niż wartości tego parametru podawane przez Kaczyńskiego [2011] dla ilów oligoceńskich.

Badania wytrzymałości na ścinanie łupków pstrych przeprowadzone metodą bezpośredniego ścinania dla łupków pochodzących ze zboczy Wiatrówki oraz pobliza koryta potoku Bystrzanki, wykazały dużą zmienność wytrzymałości na ścinanie i parametrów ją charakteryzujących (tab. 2–3, ryc. 5).

W przypadku badań wykonanych przy prędkości ścinania  $1,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  (próbki ze zboczy Wiatrówki) wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności uzyskane dla próbki o wilgotności 17,8%, bardzo zbliżonej do wilgotności optymalnej, wyniosły odpowiednio  $37,4^\circ$  oraz 46,7 kPa. Zauważalne jest, że wraz ze wzrostem wilgotności w zakresie od 17,8 do 28,5% występuje znaczące zmniejszenie wytrzymałości na ścinanie oraz wartości parametrów ją charakteryzujących, przy czym uzyskane wartości kąta tarcia



wewnętrzny są z reguły wyraźnie większe, a wartości spójności mniejsze od podawanych w literaturze [Wiłun 2000] dla gruntów o podobnym uziarnieniu. Należy jednak zwrócić uwagę, że wartości obu parametrów wytrzymałości na ścinanie uzyskane dla próbki o wilgotności 28,5%, odpowiadającej konsystencji plastycznej, są wyraźnie mniejsze niż podaje Wiłun [2000], natomiast są one podobne do wartości parametrów, jakie otrzymali Zabuski i in. [2003] dla plastycznych ilów pochodzących z osuwiska Kawiory w Szymbarku zawierających ślady łupków czerwonych i zielonych. Zauważalna jest również stosunkowo niska wytrzymałość na ścinanie próbki o wilgotności 10%, odpowiadającej konsystencji zwartej. Stosunkowo niska wytrzymałości na ścinanie tej próbki może wynikać ze sposobu jej przygotowania. Przygotowany do badań grunt o tak niskiej wilgotności miał cechy utworu sypkiego, co przy ręcznym zagęszczaniu gruntu w skrzynce aparatu uniemożliwiało uformowanie próbki.

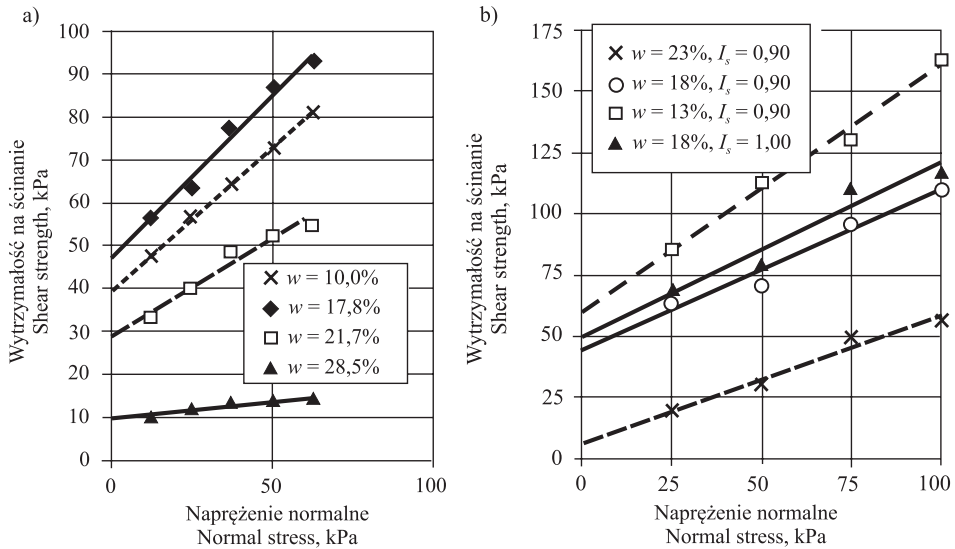
Tabela 2. Zestawienie wyników badań wytrzymałości na ścinanie z aparatu bezpośredniego ścinania  
Table 2. Shear strength parameters obtained from direct shear tests

Wilgotność Moisture content, %	Stopień plastyczności Liquidity index	Wskaźnik zagęszczenia Compaction index	Kąt tarcia wewnętrzznego Angle of internal friction, °	Spójność Cohesion, kPa
Prędkość ścinania – Shear velocity, $v_s = 1,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$				
10,0	-0,56	≈ 0,98	33,8	39,5
17,8	-0,20	≈ 0,98	37,4	46,7
21,7	-0,02	≈ 0,98	24,1	29,1
28,5	0,29	–	4,9	9,4
Prędkość ścinania – Shear velocity, $v_s = 0,1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$				
13	-0,42	0,90	45,3	59,8
18	-0,19	0,90	33,3	44,2
18	-0,19	1,00	35,7	49,9
23	0,04	0,90	27,5	6,4

Tabela 3. Zestawienie wyników badań wytrzymałości na ścinanie z aparatu trójosiowego ściskania  
Table 3. Shear strength parameters obtained from triaxial apparatus

Wilgotność Moisture content, %	Stopień plastyczności Liquidity index	Wskaźnik zagęszczenia Compaction index	Kąt tarcia wewnętrzznego Angle of internal friction, °	Spójność Cohesion, kPa
Prędkość ścinania – Shear velocity, $v_s = 1,0 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$				
17,8*	-0,20	≈ 0,98	25,8	53,4
11,5**	-0,49	0,94	30,3	172,9
18,2**	-0,18	0,94	24,1	27,0
18,2**	-0,18	1,00	22,6	56,3
20,5**	-0,07	0,94	16,1	23,7

\* próbki ze zbocza Wiatrówki – samples from slope od Wiatrówka  
\*\* próbki ze potoku Bystrzanki – samples from bank of Bystrzanka stream



Ryc. 5. Zależność wytrzymałości na ścinanie od wilgotności dla gruntu ścinanego przy prędkości ścinania  $v_s = 1,0$  – próbki ze zbocza Wiatrówki (a) i  $0,1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  – próbki z koryta potoku Bystrzycy (b)

Fig. 5. Shear strength of tested soil obtained at the shearing velocity  $v_s = 1,0$  – samples from Wiatrówki slope (a) and  $0,1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  – samples from banks of Bystrzyca stream (b)

Dla porównania zupełnie inne wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie próbek o niskiej wilgotności uzyskano z badań w aparacie trójosiowym (tab. 3). Należy jednak zaznaczyć, że w badaniu tym sposób przygotowania próbki był nieco inny niż zastosowano w aparacie bezpośredniego ścinania. Z powodu małej wilgotności gruntu próbki formowano przy wilgotności zbliżonej do optymalnej, a następnie poddawano przesuszeniu w warunkach powietrznych. Z badań tych uzyskano bardzo wysoką wytrzymałość gruntu, a charakter zniszczenia próbki odpowiadał ścięciu kruchemu. Otrzymana wartość spójności wyniosła aż 173 kPa, a kąt tarcia wewnętrznego  $30,3^\circ$ , co znacznie wykracza poza zakres wartości podawany przez Wiłuna [2000] i PN-81/B-03020 dla typowych gruntów spoistych. Niemniej podobne wartości parametrów wytrzymałościowych podawane są w pracy Thiela [1995] dla kompleksów łupkowych i łupkowo-piaskowcowych obszaru karpackiego. Podany w tej samej pracy zakres wartości parametrów wytrzymałościowych dla łupków ilastych wynosi w przypadku kąta tarcia wewnętrznego od 10 do  $50^\circ$ , a w przypadku spójności jest jeszcze większy i wynosi od 15 do 140 kPa.

Nieco inaczej przedstawiały się wyniki badań uzyskane przy prędkości ścinania  $0,1 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$  dla próbek pobranych z sąsiedztwa koryta potoku Bystrzyki. Stwierdzono, że wraz ze wzrostem wilgotności następuje zmniejszenie wartości obu parametrów ją charakteryzujących. Wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności uzyskane przy wilgotności 13% były bardzo wysokie i wyniosły odpowiednio  $45,3^\circ$  oraz 59,8 kPa. Natomiast już przy wilgotności 23%, odpowiadającej konsystencji twardeplastycznej, wartość kąta tarcia wewnętrznego wyniosła  $27^\circ$ , a spójność 6,4 kPa. Otrzymana wartość spójności jest znacząco mniejsza, a kąt tarcia wewnętrznego większa od wartości odpo-



wiednich parametrów podawanych w literaturze [Wiłun 2000] dla gruntów podobnych do badanych łupków pod względem uziarnienia. Dla porównania Stopkowicz i Cała [2004] jako reprezentatywne wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności do celów analiz stateczności przyjęli odpowiednio  $18^\circ$  i 10 kPa. Inne badania autora niniejszej pracy [Zydroń i Prawica 2014] wykazały, że resztkowa wartość kąta tarcia wewnętrznego łupków pstrych ze zbocza Wiatrówki wynosi  $11,5^\circ$ , a spójności 5,0 kPa.

Porównując wpływ zagęszczenia na wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie, można stwierdzić, że jest widoczny zarówno w przypadku wartości kąta tarcia wewnętrznego, jak i spójności (por. tab. 2), ale w większym stopniu zaznaczył się w przypadku drugiego z tych parametrów.

Analizując wyniki badań bezpośredniego ścinania uzyskane przy obu prędkościach ścinania dla próbek o wilgotności około 18%, można stwierdzić, że otrzymane wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności są bardzo podobne. Natomiast różnice wyników występują przy większym uwilgotnieniu próbek, co może mieć związek przede wszystkim z warunkami odpływu wody z gruntu. Generalnie bardziej niekorzystne wartości parametrów charakteryzujących wytrzymałość na ścinanie uzyskano, stosując większą prędkość ścinania.

Analizując wyniki badań trójosiowych, stwierdzono, podobnie jak w przypadku metody bezpośredniego ścinania, że wzrost wilgotności istotnie wpływa na zmniejszenie wartości parametrów wytrzymałościowych gruntu. Z kolei zagęszczenie (próbki o wilgotności optymalnej – por. tab. 3) miało wpływ przede wszystkim na wartości spójności badanych łupków pstrych. Można również zwrócić uwagę, że w przypadku łupków o wilgotności większej od optymalnej o stopniu plastyczności  $I_L = -0,07$  ściskanych w aparacie trójosiowym wartość kąta tarcia wewnętrznego była nieznacznie większa, a wartość spójności wyraźnie mniejsza, niż podaje Wiłun [2000] dla gruntów podobnych pod względem uziarnienia i stanu konsystencji.

Z kolei porównując wyniki badań bezpośredniego ścinania i trójosiowego ściskania dla próbek o wilgotności zbliżonej do optymalnej i wskaźniku zagęszczenia z zakresu 0,98–1,00 (por. tab. 2 i 3), można stwierdzić, że zasadniczo mniejsze wartości kąta tarcia wewnętrznego uzyskano metodą trójosiowego ściskania, a odwrotną zależność uzyskano w przypadku spójności. Porównując wytrzymałość na ścinanie otrzymaną z obu metod, stwierdzono, że ogólnie większe wartości tego parametru daje metoda bezpośredniego ścinania.

## PODSUMOWANIE

W pracy przedstawiono wyniki badań parametrów geotechnicznych łupków pstrych z okolic Szymbarku koło Gorlic. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że ich uziarnienia odpowiada ilom pylastym, co w dużym stopniu determinuje ich inne właściwości geotechniczne. Łupki te charakteryzują się dobrą zagęszczalnością i małą wodoprzepuszczalnością, jednak zastosowanie dla celów inżynierskich tego gruntu jest mocno ograniczone ze względu na jego ekspansywność.

Badane łupki pstre charakteryzują się zróżnicowaną wytrzymałością na ścinanie oraz wielkością parametrów ją charakteryzujących w zależności zarówno od ich wilgotności,

jak i od metody badań. Wykazano, że przy wilgotności zbliżonej do optymalnej łupki te posiadają wysokie wartości nie tylko kąta tarcia wewnętrznego, lecz także spójności, a w skrajnym przypadku ich przesuszenia nabierają one wytrzymałości charakterystycznej dla gruntów skalistych. Natomiast przy wilgotności większej od optymalnej, odpowiadającej konsystencji plastycznej, ich wytrzymałość zmniejsza się znacznie, zwłaszcza gdy istnieją ograniczone warunki drenażu, a opisujące ją wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności są zbliżone do wartości podawanych w literaturze dla gruntów ilastych. Taka charakterystyka wytrzymałościowa łupków pstrych z okolic Szymbarku oraz jej związek z wodoprzepuszczalnością i ekspansywnością stanowią, jak się wydaje, wyjaśnienie przyczyn zwiększenia częstotliwości występowania ruchów masowych w obszarach ich zalegania.

## PIŚMIENNICTWO

- Chrzanowska, E. (1980). Osuwisko „Zapadle” w Szymbarku. Analiza wyników badań geofizycznych i geologiczno-inżynierskich. Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków.
- Grabowska-Olszewska B. (1998). Geologia stosowana. Właściwości gruntów nienasyconych. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Kaczyński, R. (2011). Geologiczno-inżynierskie charakterystyki typowych gruntów występujących w Polsce. Biul. Państwowego Instytutu Geologicznego, 446, 329–340.
- Pazdro, Z., Kozerski, B. (1990). Hydrogeologia ogólna. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- Pisarczyk, S. (2009). Grunty nasypowe. Właściwości geotechniczne i metody ich badania. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- PN-81/B-03020. Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie. Polski Komitet Normalizacji, Miar i Jakości.
- PN-86/B-02480. Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów. Wydawnictwa Normalizacyjne.
- PN-EN ISO 14688-2: 2006. Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2. Zasady Klasyfikowania. PKN, Warszawa.
- Stoch, L., Bahranowski, K. (1976). Charakterystyka mineralogiczna i właściwości termiczne pstrych łupków ilastych z Międzybrodzia koło Sanoka. Kwar. Geol., 20(4), 807–822.
- Stopkowicz, A., Cała, M. (2004). Analiza stateczności zboczy zlokalizowanych we fliszu karpaczkim z zastosowaniem metod numerycznych. [W:] Geotechnika i budownictwo specjalne 2004: XXVII Zimowa Szkoła Mechaniki Góratoru: Zakopane, 14–19 marca 2004. T. 1. Red. D. Flisiak. Wydawnictwo KGBiG AGH, Kraków.
- Thiel, K. (red.) (1995). Właściwości fizyko-mechaniczne i modele masywów skalnych polskich Karpat fliszowych. IBW PAN, Gdańsk.
- Wiłun, Z. (2000). Zarys geotechniki. WKiŁ, Warszawa.
- Zabuski, L., Gil, E., Rączkowski, W., Wójcik, A. (2003). Badania reprezentatywnego procesu osuwiskowego w masywie fliszu karpaczkiego – osuwisko eksperymentalne w Beskidzie Niskim. IBW, Gdańsk.
- Zydrón, T., Baran, P. (2011). Analiza uwarunkowań stateczności wybranego zbocza w Beskidzie Niskim. Inżyn. Morska Geotech., 256–264.
- Zydrón, T., Demczuk, P. (2013). Analiza ruchów masowych wywołanych ulewnym opadem na przykładzie osuwisk w Owczarach koło Gorlic. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiecetus, 12(4), 107–118.
- Zydrón, T., Prawica, E. (2014). Shear strength of clayey soils from the vicinity of Gorlice and Ciężkowice. KIWIG, UR Kraków, maszynopis.

Żytko, K. (red). (1973). Przewodnik geologiczny po wschodnich Karpatach fliszowych. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.

## GEOTECHNICAL PARAMETERS OF MOTTLED CLAY SHALES FROM VICINITY OF SZYMBARK NEAR GORLICE

**Abstract.** Geotechnical research of mottled clay shales originated from Szymbark near Gorlice are presented in the paper. Grain-size distribution, Atterberg's limits, compactibility parameters, permeability coefficient, swelling index and shear strength were determined. The test results revealed that mottled clay shales has good compactibility and low permeability. According to grain-size distribution and Atterberg's limits the shales were classified as a normal active clays. Swelling index of tested soil were in range of 8–15%, what means that the soil is semi-expansive stratum. Shear strength tests revealed that at the optimum moisture content mottled clay shales have high values of angle of internal friction and cohesion. At low moisture content shales have very high shear strength parameters, which are very similar to parameters of flysch rock masses published in literature. Therefore, at the moisture content higher than optimum, which corresponds to soft consistency, the shear strength of mottled clay shales decrease significantly and the values of shear strength parameters are similar to clayey soils.

**Key words:** mottled clay shale, geotechnical parameters, shear strength, swelling

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 11.06.2015*

Do cytowań – For citation: Zydróż, T., Gryboś, M., Kubiś, M., Hobot, E., Janus, A. (2015). Właściwości geotechniczne łupków pstrych z okolic Szymbarku k. Gorlic. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 14(2), 231–241.