

Jan JAREMSKI  
Politechnika Rzeszowska

## PARAMETRY GEOTECHNICZNE NIEKTÓRYCH GRUNTÓW WYSTĘPUJĄCYCH NA OBSZARZE WOJEWÓDZTWA PODKARPACKIEGO

**Streszczenie.** W referacie omówiono proponowane metody badań właściwości geotechnicznych gruntów lessowych i lessopodobnych. Podano przykład analizy płaszczyzny ścięcia próbki gruntu za pomocą profilografu laserowego. Wskazano na wyjątkową zdolność do mineralizacji występujących w dolinach rzek Podkarpacia torfów, wywoływaną ich odwodnieniem. W analizowanej problematyce osuwisk zauważono możliwość porównania parametrów geotechnicznych fliszu z gruntami pochodzenia morskiego, występującymi w innych regionach świata, ze względu na ich wspólną diagenezę.

## GEOTECHNICAL PARAMETERS OF SOME SOILS OCCURRING IN PODKARPACIE PROVINCE AREA

**Summary.** The proposed research methods for loess soils' geotechnical properties have been described in the paper. An example of analysis of the sample shearing plane made by a laser profilograph has been given. Unusual mineralisation ability of peat occurring in Podkarpacie rivers' valleys caused by peat dehydration has been shown. A possibility to compare the flysch geotechnical parameters with soils of sea origin occurring in other parts of the world because of their common diagenesis has been noticed in the analysed landslides problem.

### 1. Wprowadzenie

Obszar województwa podkarpackiego ma wyjątkowo zróżnicowaną budowę geologiczną i na jego przeważającej części występują takie grunty jak lessy, lessopodobne, piaskowce, zwietrzeliny piaskowców, łupki, łupki menilitowe, margle, wapienie, namuły organiczne, itp. Grunty te są marginalnie traktowane w obowiązujących normach a także w literaturze.

W rejonie Podkarpacia znajdują się na znacznym obszarze pradoliny i doliny, które stanowią obniżenia powstałe przez erozję wód, wypełnione osadami pleistoceniowymi i holoceniowymi. Grunty te są podłożem budowlanym rozległych terenów stanowiących terasy rzek i cieków. Rozwiązaniem z wyboru dla wielu budowli jest ich posadowienie na gruntach wymienionych lub fundamentach pośrednich. Większość utworów terasowych dolin rzecznych jest nawodniona. Poszukuje się nowych metod badań tych gruntów. Celem ustalenia maksymalnych wartości liczbowych parametrów geotechnicznych, bada się zdolności zeskalania na próbach formowanych, które poddawane są niszczącym badaniom wytrzymałościowym na ściskanie. Przystąpiono do analizowania płaszczyzny ścięcia preparowanych próbek za pomocą profilografu laserowego.

W dolinach erozyjno-akumulacyjnych zlokalizowanych w sąsiedztwie pleistoceniowej wysoczyzny lessowej, w dawnych korytach rzek, występują torfy o wyjątkowej zdolności do mineralizacji.

Bardzo ważna jest także problematyka osuwisk występujących na obszarze województwa podkarpackiego. Stwierdzono, że zasadnicza część osuwisk powstaje w zwietrzelinach skalnych fliszu karpackiego. Występują tu skały pochodzenia morskiego, które potraktowano jako mieszaniny kalcytowo-ilaste.

## 2. Lessy i lessopodobne

W środkowej części województwa podkarpackiego od Ropczyc przez Rzeszów, Przeworsk, Radymno, Przemyśl występują czwartorzędowe lessy. Na przeważającym obszarze grunty te zatraciły cechującą lessy makroporowatość. Miąższość warstwy lessowej wynosi od kilku do ponad 20 m. W spągu lessów występują utwory wodonośne, tj. grunty żwirowo-piaskowe.

Miasto Rzeszów znajduje się na obszarze Pradoliny Podkarpackiej, która stanowi obniżenie powstałe przez erozję wód polodowcowych. Warstwy rzeczne w tym rejonie powstałe w wyniku wietrzenia i erozji starszych lessów, stanowią aluwia teras rzecznych i wypełniają obniżenia terenu jako deluwia. W obrębie pierwszej i drugiej nadzalewowej terasy rzeki Wisłok występują grunty lessopodobne, które dalej przechodzą w lessową wierzchowinę polodowcową.

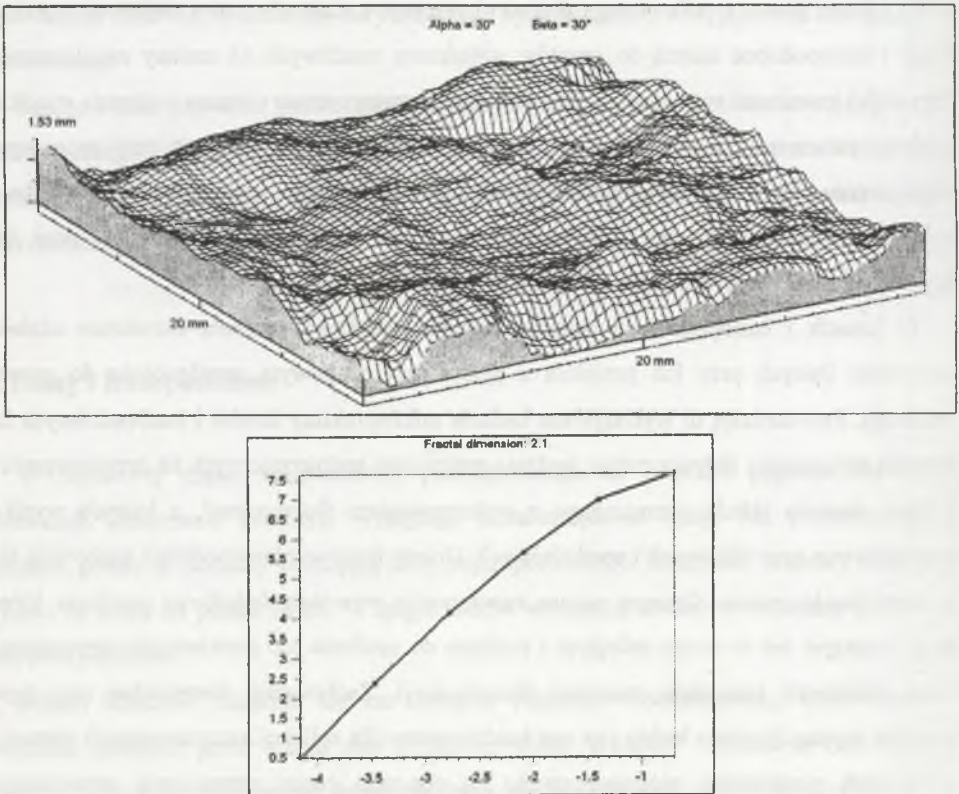
Właściwości geotechniczne lessów i lessopodobnych są zbliżone. Podstawową trudnością jest pobieranie próbek o nienaruszonej strukturze. We wcześniejszej pracy [5] podano rezultaty niektórych badań właściwości geotechnicznych gruntów lessowych i lessopodobnych na założonych poligonach badawczych. Wykonano oznaczenia parametrów fizycznych oraz parametrów wytrzymałościowych. Otrzymywane wyniki badań są porównywane z badaniami lessów występujących w innych regionach, m.in. na południowym Limburgu w Holandii [9].

Zmiany zawilgocenia w gruntach lessowych i lessopodobnych rejonu Rzeszowa, stanowiących podłoże budowlane, są wywoływane zmianami warunków atmosferycznych, zmiennym poziomem wód gruntowych, wód śródglinowych – przesączeniowych pochodzących z roztopów i długotrwałych intensywnych opadów. Prowadzi to niekiedy do zmiany stanu gruntu z półzwartego w stan plastyczny, a niekiedy nawet miękkoplastyczny. Lessy i lessopodobne należą do gruntów wyjątkowo wrażliwych na zmiany zawilgocenia. Przy małej zawartości wody lessy i lessopodobne rozpatrywanego obszaru wykazują wysokie wartości parametrów geotechnicznych. Z wykonanych badań wynika, że przy progowym zawilgoceniu rzędu 24% lessy tracą nośność, a ich parametry - kąt tarcia wewnętrznego i spójność zbliżają się do zera. Potwierdzają to też rezultaty sondowań osuwiska przy Al. Wyzwolenia w Rzeszowie, gdzie sonda nie wykazywała oporu [2].

W lessach i lessopodobnych istnieje jeszcze dodatkowy problem określenia udziału minerałów ilastych przy ich przejściu z pyłów przy progowym zawilgoceniu do gruntu spoistego. Potwierdzają to wykonywane badania mikrostruktury lessów i lessopodobnych za pomocą mikroskopu skaningowego, badania maksimów endotermicznych na derywatografie, a także badania składu chemicznego z wykorzystaniem fluorescencji, z których wynika występowanie grup illitowych i smektytowych. Grunty lessowe i lessopodobne zachowują się w czasie bardzo różnie. Opisane zmiany zawilgocenia wywołują dodatkowe osiadania, które mogą wystąpić też w czasie odległym i trudnym do ustalenia (co potwierdzają zarysowania ścian niektórych budynków starówki rzeszowskiej). Zachowania ekstremalne tego typu gruntów wymagają wielu badań i są one bardzo ważne dla aplikacji otrzymywanych wartości liczbowych parametrów geotechnicznych. Na obecnym etapie rozpoznania omawianego podłoża uznano za bardzo ważne poznanie jego maksymalnych wartości parametrów wytrzymałościowych. Przeanalizowano obciążenia występujące pod fundamentami starej zabudowy, gdzie wyjątkowo rejestruje się obciążenie do 600 kPa.



Wykorzystując doświadczenie z wcześniejszych badań z preparowaniem próbek i badań zdolności do zeskalania przystąpiono do badań na próbkach odpowiednio formowanych o zmiennym zawilgoceniu w przeciętym cylindrze do pobierania prób NNS. Próby były przygotowywane w aparacie Proctora, a następnie suszone do wilgotności powietrzno-suchej. Tak przygotowane próby poddano badaniom na ścisnienie w maszynie wytrzymałościowej (typ MEGA 3-3000-100 firmy FORM+TEST) i określono ich wytrzymałość na ścisnienie od 500 kPa do 1670 kPa. W poszukiwaniu metod badania tego rodzaju gruntów analizowane są płaszczyzny ścicia tych próbek za pomocą profilografu laserowego TALYSKAN 150 firmy TALOR-HOPSON i dla wydzielonych elementów powierzchni ścicia ustalane są wymiary fraktalne za pomocą francuskiego programu MAUNTAİN-MAP.



Rys. 1. Wydruk odwzorowania płaszczyzny ścicia oraz uzyskany wymiar fraktalny fragmentu tej płaszczyzny otrzymany za pomocą profilografu laserowego próbki o wytrzymałości na ścisnienie 1670 kPa

Fig. 1. The printout of shearing plane mapping and received fractal dimension of that plane part made with laser profilograph for the sample of 1670 kPa crushing strength

Ustalenie maksymalnych wartości liczbowych parametrów wytrzymałościowych lessów jest bardzo ważne nie tylko dla posadowienia obiektów inżynierskich. Grunt lessowy jest klasyfikowany jako materiał nieprzydatny do wbudowywania np. w konstrukcje ziemne, takie jak nasypy wiaduktów, nasypy drogowe itp. Niemniej ważne jest poznanie zachowania się lessów pod dużym obszarem zabudowanym, kiedy to nie występuje ich zawilgacanie przez infiltrację pionową. Ważną grupą zastosowań tego rodzaju badań mogą okazać się metody uzdatniania podłoża lessowego przez potraktowanie ich jako materiału poddawanego odpowiedniemu zawilgacaniu z równoczesnym zagęszczaniem, bądź zastosowanie metod dynamicznych, wybuchów w otworach wiertniczych itp. Badania tego typu mogą być wykorzystane przy opracowaniu optymalnych metod poprawy nośności podłoża lessowego pod nasypami kolejowymi.

Kontynuowane są też badania [5] gruntu preparowanego i zagęszczanego za pomocą aparatu Proctora dla poszerzanego ciągle zakresu wilgotności sięgającego powyżej i poniżej wilgotności optymalnej, mieszczącej się w granicach od 13,12% do 13,18%. Obecnie realizowane są badania dla wilgotności mniejszych od optymalnej już od 9% i wilgotności większych sięgających aż powyżej 25%. Parametry wytrzymałościowe preparowanego gruntu dla poszczególnych zakresów wilgotności przedstawia tablica 1. Wyniki tych badań mogą być wykorzystane w analizie pracy podłoża lessowego poddawanego deformacjom w czasie i wpływowi zmian zawilgocenia, a także obciążenia.

Tablica 1

Wyniki badań próbek preparowanych

$w$ [%]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	$c$ [kPa]	$M_0$ [kPa]
13,12÷13,18	1,95÷2,05	36÷37	20÷30	24789÷28657
18,41	1,98	27÷30	2÷14	27826
19,3÷19,74	1,96÷2,03	21÷30	0	7607÷1062
20,75	1,95	17÷19	4÷7	4089÷9333
21,9÷22,17	1,94÷1,98	2÷6	0÷2	4374÷6753
22,72÷22,75	1,94÷1,97	4÷16	0÷8	3740÷8296
24,53	1,96	0÷12	0	5392÷6132
25,51	1,93	0	0	5190÷8875

### 3. Grunty organiczne

W występujących na obszarze Podkarpacia dolinach rzecznych bardzo często zalegają grunty wodno-zastoiskowe reprezentowane przez torfy i torfy z przewarstwieniami namulów

organicznych. Część dolin jest położona w sąsiedztwie pleistocenijskiej wysoczyzny lessowej, w spągu której występują liczne doliny erozyjno-akumulacyjne, które powstały w dawnych korytach rzek. Ponadto zalegające w obrębie wierzchowiny na piaskach i żwirach rzecznych utwory eoliczne mają dobrze wykształcone drogi infiltracji dla wód przesiąkowych, pochodzących z opadów atmosferycznych.

Infiltrująca pionowo i filtrująca woda przeniosła zespajające kwarcowe cząstki kalcytu do gruntów zalegających niżej. Ma to istotne znaczenie dla występujących w dolinach rzek torfów. Przeanalizowane zawartości węgla wapnia w pionie i w poziomie tych torfów w rozpatrywanych przypadkach były jedną z przyczyn powstania zróżnicowanych osiadań posadowionych obiektów. Przyczyniła się do tego zmienna zdolność do pęcznienia i skurczu torfów w warunkach wywołanych ich przecięciem i połączeniem dwóch poziomów wodonośnych.

Analizowane na obszarze dolin rzek torfy występują bezpośrednio pod warstwą gleby. Na reprezentatywnym poligonie badawczym ich miąższość waha się w granicach od 1,5 m do 2 m. Pod torfami zalega warstwa namulów organicznych o miąższości 0,5 ÷ 1 m. Poniżej, niekiedy już od 2 m, występują utwory piaszczysto-żwirowe. Na rozpatrywanym obszarze występują dwa poziomy wód. Poziom pierwszy o charakterze sączeniowym występuje w torfach na głębokości od 0,5 do 0,7 m; poziom drugi o charakterze napiętym, nawiercony na głębokości 2,5 m stabilizował się na głębokości 0,5 ÷ 0,7 m.p.p.t.

Amplituda wahań zwierciadła wody wywołana zmianami pogodowymi i hydrogeologicznymi jest w poziomie wodonośnym zalegających torfów niewielka. Na poligonie badawczym na skutek przerwania warstwy torfów przez wykop pod nasyp posadowiony na warstwie zalegających poniżej żwirów fluwioglacjalnych i jego wypełnienia gruntem sypkim o dobrej przepuszczalności powstał „ciek podziemny”, który odwadnia badany obszar i przyległe torfowiska. Przepływająca w nowych warunkach hydrogeologicznych woda ma o wiele korzystniejsze warunki natleniania. Wody występujące w torfach stanowią teraz z wodami podziemnymi jeden poziom (przecinający wykop spowodował połączenie dwóch poziomów wód gruntowych występujących na tym terenie), co w znacznym stopniu wpływa na mineralizację torfu. Potwierdzają to odkrywki wykonane na terenie założonego poligonu i kontrolny odwiert, jaki wykonano dla potwierdzenia zasadności wniosków wyprowadzonych z wcześniejszych badań. W wykonanych odkrywkach poziom wody odcina intensywnie mineralizowaną warstwę torfów. Wyniki badań laboratoryjnych



próbek torfów, w tym także torfu zmineralizowanego, pobranych na założonym poligonie przedstawia tablica 2.

Tablica 2

Wyniki badań gruntów organicznych

	$I_{om}$ [%]	$w_n$ [%]	$w_p$ [%]	$w_l$ [%]	$\phi$ [°]	$c$ [kPa]	$M_o$ [kPa]
<b>Torf I</b>	53,6÷72,2	120,8÷215,7	135,7	323,5	1÷2	25÷7	208
<b>Torf II</b>	30,3÷39,5	99,2÷118,1	76,3	140,7	4	20÷8	258
<b>Torf III</b>	24,3÷25	84,5÷179,9	63,1	116,6	3÷4	29÷31	510
<b>Torf zmineralizowany</b>	7,9÷8,3	29,5÷35,9	25,3	39,2	7÷8	23÷26	1666

Powtórzone badania porównawcze podstawowych parametrów wykonane dla torfów pozwalają je zakwalifikować do namulów organicznych po okresie dwuletniej mineralizacji w powstałych warunkach.

#### 4. Właściwości fliszu karpackiego wpływające na powstawanie osuwisk

Przeanalizowano także problematykę osuwisk występujących na obszarze województwa podkarpackiego, opierając się głównie na wieloletnich pracach K. Thiela, L. Bobera i L. Zabuskiego [1, 11] oraz wykorzystując materiały archiwalne DODP w Rzeszowie, w tym również prace wykonane przez GEODROM s.c. w Krakowie [10]. W południowej części województwa podkarpackiego na znacznym obszarze występują Karpaty Fliszowe. Stwierdzono, że zasadniczą część osuwisk powstaje w zwietrzelinach skalnych fliszu karpackiego [7]. Utwory te są pochodzenia morskiego. W czasie ich powstawania osadziły się poziomo tworząc układ warstwowy. Należy podkreślić złożoność warunków osadzania się gruntów pochodzenia morskiego, tworzących tu skały miękkie. Utwory te reprezentowane są przez łupki menilitowe, iłołupki, piaskowce, margle, wapienie i ich zwietrzeliny, które potraktowano jako mieszaniny kalcytowo-ilaste. Mieszaniny te, a szczególnie ich zwietrzeliny, cechuje wyjątkowa wrażliwość na zmiany zawilgocenia, która zdecydowanie wpływa na ich parametry wytrzymałościowe.

Po wykonaniu wstępnych badań parametrów geotechnicznych dla osuwisk (Korczoła, Łubno, Zaborów) i na wybranych odsłonięciach fliszu oraz po przeanalizowaniu wyników badań składu chemicznego i mineralogicznego, a także parametrów geotechnicznych skał osadowych występujących w innych regionach świata [9], można stwierdzić, że parametry te

dla zbliżonych wilgotności są porównywalne [3]. Są to skały pochodzenia morskiego o wspólnej diagenecie. Ich skład mineralogiczny i chemiczny jest zbliżony, a zarejestrowane zmiany są udziałem zróżnicowanego jakościowo i ilościowo materiału detrycznego. Analiza procesów fizykochemicznych zachodzących w czasie formowania się osadów w basenie sedymentacyjnym prowadzi do stwierdzenia, że ukształtowały one właściwości wytrzymałościowe tak, że na skutek procesów wietrzenia ulegają one ciągłym zmianom. Procesy zachodzące w czasie formowania gruntów osadowych w basenie sedymentacyjnym są porównywalne z procesami występującymi w czasie wietrzenia i ulegają ciągłym zmianom przez warunki atmosferyczne, a także zmianę poziomu wody gruntowej. Autor we wcześniejszych pracach podjął próbę opisanie procesów fizykochemicznych zachodzących w zwietrzelinach marglowych pod wpływem zmian zawilgocenia [8, 4, 6]. Celem analizy parametrów geotechnicznych jest prognozowanie maksymalnego zmniejszenia wartości parametrów zwietrzliny w warunkach złoża przy maksymalnym jej zawilgoceniu.

Rezultaty wielorodzajowych badań, w tym także mikrostrukturalnych wykonywanych przy pomocy mikroskopu skaningowego, dyfraktometrii i fluorescencji rentgenowskiej, badań in situ, badań laboratoryjnych na próbkach preparowanych, mogą stanowić propozycje metodyki badań dla tego rodzaju skał. Badania te dają możliwości uchwycenia wpływu osobliwości genetycznych czy też klimatycznych występujących w innych regionach na parametry wytrzymałościowe. Pozwolą one ustalić najniekorzystniejsze wartości liczbowe parametrów geotechnicznych. Wartości te można uznać za podstawowe w określaniu stateczności i w projektowaniu zabezpieczeń osuwisk, a także przy wykorzystywaniu koluwiów jako materiału do wbudowania gruntu zbrojonego.

Osuwiskowy charakter rozpatrywanego obszaru wynika głównie z geologicznej budowy, tj. sfałdowanego wielokrotnie i głęboko spękanego podłoża warstwowego, petrograficznego wykształcenia podłoża z naprzeciwległych piaskowców i łupków, które są szczególnie wrażliwe na zmiany zawilgocenia przy jego wzroście, np. osuwiska w rejonie Strzyżowa. Kąt tarcia wewnętrznego przybiera wówczas bardzo małe wartości. Rodzaj osuwisk jest uzależniony od stosunku formy morfologicznej do tektoniki podłoża oraz jego litologicznego wykształcenia.

Ważne znaczenie ma przewidywanie dynamiki osuwisk, znajomość potencjalnych powierzchni poślizgu, wzdłuż których może nastąpić ruch mas ziemnych.

Na obszarach osuwiskowych występują też strefy dyslokacyjne i uskokowe. Płytko występujące pod powierzchnią lub na powierzchni terenu serie ilasto-łupkowe utworów



fliszowych, zwłaszcza na bardziej stromych wzniesieniach, tworzą potencjalnie niebezpieczne tereny osuwiskowe. Nierozpoznane strefy zasilania wód artezyjskich i okresowy wzrost ciśnienia w czasie po okresach suszy hydrologicznej zwiększa tendencje do powstawania nowych źródeł towarzyszących powstawaniu nowych osuwisk, np. osuwisko w Małej k. Ropczyk i w Łubnie k. Dynowa.

## 5. Podsumowanie

Opisane w pracy kierunki badań zmiierają do opracowania metodyki badań dla występujących w rejonie Podkarpacia gruntów ze szczególnym uwzględnieniem warunków miejscowych. Podstawowym celem jest określenie maksymalnych i minimalnych parametrów geotechnicznych jakie mogą wystąpić w warunkach rzeczywistych, a także odtworzenie porównywalnego stanu podłoża w warunkach laboratoryjnych. Wyjątkowa złożoność występującego na tym terenie podłoża gruntowego wymusza konieczność poszukiwania nowych metod prowadzenia badań, jak np. badania wytrzymałości na ściskanie odpowiednio preparowanych prób i analizowanie płaszczyzn ścicia za pomocą profilografu laserowego.

## LITERATURA

1. Bober L., Thiel K., Zabuski L.: Zjawiska osuwiskowe w polskich Karpatach fliszowych. IBW PAN, Gdańsk 1997.
2. Jaremski J., Czudec G.: Wpływ osiadania sufozyjnego na stateczność skarpy przy Alejach Wyzwolenia w Rzeszowie. Ogólnopolska Konferencja Naukowo-Techniczna Problemy Osuwisk w Budownictwie Komunikacyjnym, Zakopane, kwiecień 2000.
3. Jaremski J.: Geotechnical properties of calcite-clayey mixtures, especially marls. Proc. Int. Symp. Engineering Geology and the Environment, Athens, A.A.Balkema 1997.
4. Jaremski J.: Influence of physical and chemical processes occurring in eluvium of the Opole marls and their influence on the geotechnical parameters. Proc. 7th Int. Cong. IAEG, Lisboa, A.A.Balkema 1994.
5. Jaremski J.: O konieczności prowadzenia badań gruntów lessowych i lessopodobnych rejonu Rzeszowa. IV Konf. Aktualne Problemy Nauk.-Bad. Bud., Olsztyn, maj 2000.

6. Jaremski J.: Proposal for a method determining value of the maximum swelling of soil by example of the Opole marls eluvium and illite clays. Proc. 8<sup>th</sup> Int. Cong. on Rock Mech., Tokyo, A.A.Balkema 1995.
7. Jaremski J.: Wpływ zmian zawilgocenia zwietrzelin na powstawanie osuwisk drogowych na terenie województwa podkarpackiego. Ogólnopolska Konf. Naukowo-Techniczna Problemy Osuwisk w Budownictwie Komunikacyjnym, Zakopane, kwiecień 2000.
8. Jaremski, J.: Creep property of Opole marls weathering on the base of the model laboratory research on the research in situ. Proc. 7<sup>th</sup> Int. Cong. on Rocks Mech., Aachen, A.A.Balkema 1991.
9. Kronieger R.R.: Geotechnical uniformity of the Weichselien Loess sequence in South Limburg, the Netherlands. 6<sup>th</sup> Int. IAEG Cong., A.A.Balkema 1990.
10. Petrasz J.. Sprawozdanie z prac w ramach etapu nr II b ewidencji osuwisk metodą komputerową na terenie DODP Rzeszów. GEODROM s.c., Kraków 1995.
11. Zabuski L., Thiel K., Bober L.: Osuwiska we fliszu Karpat polskich. IBW, Gdańsk 1999.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. Zygmunt MEYER

## Abstract

The proposed research methods for loess soils geotechnical properties have been described in the paper. The author points at necessity of tests of clay minerals participation influence in these soils. An example of analysis of sample shearing plane made by a laser profilograph has been given. Unusual mineralisation ability of peat occurring in Podkarpacie rivers' valleys caused by peat dehydration has been shown. A possibility to compare of the flysch geotechnical parameters with soils of sea origin occurring in other parts of the world because of their common diagenesis has been noticed in the analysed landslides' problem. The performed research leads to a study of investigation methodology for the soils described in this paper. The methodology aims at determination of maximum and minimum values of geotechnical parameters, which may occur in the real conditions as well as at reconstruction of comparable state in laboratory conditions.