GEOLOGIA • 2008 • Tom 34 • Zeszyt 4 • 709–719

CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA PARAMETRY WYTRZYMAŁOŚCI NA ŚCINANIE W STREFACH ZAGROŻEŃ OSUWISKOWYCH NA PRZYKŁADZIE ODKRYWEK WĘGLA BRUNATNEGO

Factors influencing shear strength parameters in the zones of landslide threats exemplified by brown coal open pits

Aleksandra BORECKA & Robert KACZMARCZYK

Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska,
Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej;
al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków;
e-mail: oborecka@geol.agh.edu.pl, rkaczmar@op.pl

Treść: Obserwowany w ostatnich latach rozwój możliwości obliczeniowych programów do oceny stateczności oraz liczne wyniki badań laboratoryjnych pozwalają na coraz doskonalsze symulowanie zachowania się górotworu. Niemniej problem osuwisk wciąż nie jest w pełni rozwiązany, nadal bowiem dochodzi do ich powstawania. Analiza stateczności zboczy wymaga uwzględnienia szeregu czynników związanych ze stopniem skomplikowania budowy geologicznej i parametrami gruntów. Nadal jednym z najistotniejszych zagadnień pozostaje dobór miarodajnych parametrów obliczeniowych, szczególnie w strefach o złożonej budowie geologicznej. W artykule omówiono czynniki wpływające na parametry wytrzymałości na ścinanie w strefach zagrożeń osuwiskowych, na podstawie wyników badań i obserwacji prowadzonych w kopalniach węgla brunatnego „Turów" i „Bełchatów". Ruchy masowe gruntów zarejestrowane w kopalniach odkrywkowych z uwagi na charakter eksploatacji, odsłonięcie skarp, bieżące monitorowanie i możliwości techniczne kopalni umożliwiają obserwację zjawisk towarzyszących procesom zachodzących na powierzchniach poślizgu. Istnieje możliwość wykorzystania części wyników do oceny stateczności skarp również w miejscach, gdzie obserwacje tych zjawisk są znacznie utrudnione, dotyczy to np. osuwisk karpackich.

Słowa kluczowe: osuwiska, stateczność skarp, wytrzymałość na ścinanie, powierzchnie strukturalne

Abstract: The recently observed development into possibilities of calculation programs for calculations of stability and numerous results of laboratory investigations help to obtain a more and more perfect simulation of rockmass behaviour. Nevertheless, a problem of landslides has not been fully solved as they still originate. The analysis of slope stability requires consideration of a number of factors connected with a degree of complexity of geological structure and parameters of soils. One of the most essential problems is still a choice of reliable calculating parameters, especially in the zones of complicated geological structure. In the paper factors influencing shear strength parameters in the zones of landslide threats have been discussed while basing on the results of investigations and observations in the brown coal mines "Turów" and "Bełchatów". Mass movements of soils in open pit mines due to their exploitation, outcrop of slops, current monitoring and technical possibilities of mines help to observe in a relatively easy way certain phenomena accompanying the processes occurring on the surfaces of a landslides. There exists a possibility of applying some results for the evolution of slope stability also in the places where observations of phenomena occurring on the slide surfaces are considerably more complicated, e.g. in the Carpathian landslides.

Key words: landslides, slope stability, shear strength, structural surfaces

WPROWADZENIE

Procesy osuwiskowe zachodzące na zboczach odkrywek węgla brunatnego stanowią bardzo istotny problem geologiczno-górniczy. Powstawanie i rozwój osuwisk często wymagały korygowania dotychczasowych założeń projektowych w geometrii skarp i zboczy odkrywek, co wpływało na wzrost kosztów eksploatacji. Na etapie rozpoznania złoża węgla brunatnego oraz w okresie jego eksploatacji prowadzone są badania pozwalające wyznaczać parametry wytrzymałościowe i fizyczne gruntów w obrębie górotworu. Poznanie tych parametrów pozwala na projektowanie geometrii skarp kopalń odkrywkowych na podstawie oceny ich stateczności. Jednakże mimo znacznej ilości badań laboratoryjnych oraz zastosowania różnych metod obliczania stateczności skarp, problem osuwisk w odkrywkowych kopalniach węgla brunatnego wciąż istnieje. Jedną z przyczyn takiego stanu jest złożoność czynników determinujących wytrzymałość gruntów nadkładu. W warunkach eksploatacji odkrywkowej na parametry wytrzymałościowe gruntów, a w konsekwencji na stateczność skarp wpływają bowiem nie tylko pierwotne właściwości gruntów górotworu, lecz także wtórne czynniki antropogeniczne i technologiczne oraz wzajemne relacje między nimi. Stwarza to w rezultacie istotne problemy z doborem miarodajnych parametrów obliczeniowych stosowanych w ocenie stateczności zboczy. Wyniki badań wytrzymałości na ścinanie zamieszczone w dokumentacjach geologicznych złóż (1991) wskazują na to, że prowadzone były na ogół w obrębie poszczególnych warstw górotworu i reprezentują one głównie parametry gruntów jednorodnych. Z punktu widzenia geologii inżynierskiej istotnym jest określenie nie tylko parametrów geotechnicznych utworów budujących poszczególne kompleksy i serie gruntowe, lecz także ważne jest wydzielanie i zbadanie najsłabszych elementów budowy geologicznej górotworu, które odgrywają istotną rolę w generowaniu procesów osuwiskowych. Artykuł jest próbą oceny czynników wpływających na parametry geotechniczne gruntów, opartą na wynikach badań wytrzymałości na ścinanie około 400 próbek oraz obserwacji terenowych prowadzonych w kopalniach węgla brunatnego „Turów" i „Bełchatów".

Analiza materiałów i dokumentacji archiwalnych złóż węgla brunatnego (Herzig *et al*. 1980, *Dokumentacje złóż...* 1991, 1994, Patrzyk 1995,1996, Rybicki *et al*. 2000), a także wyniki badań i obserwacji prowadzonych przez autorów na terenie kopalń odkrywkowych węgla brunatnego „Turów" i „Bełchatów" (Borecka *et al*. 2006), wskazują na istnienie silnych związków pomiędzy budową geologiczną nadkładu a procesami osuwiskowymi. W badanych odkrywkach przeanalizowano ponad 330 osuwisk powstałych na skarpach stałych i roboczych, w zdecydowanej większości przypadków miały one związek z powierzchniami strukturalnymi w górotworze. Niemal w 90% ogółu i prawie w 100% dużych osuwisk powstało na powierzchniach kontaktów warstw, przewarstwień, powierzchniach zlustrowań tektonicznych lub glacitektonicznych itp. (Kaczmarczyk 2003).

Parametry wytrzymałości na ścinanie na powierzchniach poślizgu zaistniałych osuwisk miały znacznie niższą wartość, niż wskazują na to wyniki badań próbek podane w dokumentacjach archiwalnych. Można więc uznać, że archiwalne badania wytrzymałości na ścinanie reprezentują na ogół cechy materiału bardziej monolitycznego, mniej osłabionego powierzchniami nieciągłości i z tego powodu wydają się mniej przydatne do obliczeń stateczności skarp i zboczy. Wyraźnym wskazaniem, że powierzchnie strukturalne stanowią osłabiony element budowy geologicznej górotworu, są znaczące różnice pomiędzy parame-

trami wytrzymałości na ścinanie oznaczone dla próbek jednorodnych, pobranych poza strefami występowania powierzchni strukturalnych oraz próbek pobranych na powierzchniach strukturalnych (Tab. 1). Pomimo że wyniki zamieszczone w tabeli przedstawiają średnie wartości parametrów i nie obrazują ich lokalnej zmienności, niemniej: znacząco mniejsza wytrzymałość próbek z powierzchni strukturalnych, znacząco zwiększa prawdopodobieństwo powstania powierzchni poślizgu w ich obrębie.

Tabela (Table) 1

Średnie wartości parametrów wytrzymałości na ścinanie w odkrywkach „Bełchatów" i „Turów", oznaczone dla próbek jednorodnych poza strefami występowania powierzchni strukturalnych oraz na powierzchniach strukturalnych

Mean values of the shear strength parameters in the open pit mines "Bełchatów" and "Turów" marked for homogeneous samples beyond the zones of occurrence of structural surfaces and on the structural surfaces

PGE KWB „Bełchatów" SA *Open Pit Mine "Bełchatów"*			PGE KWB „Turów" SA *Open Pit Mine "Turów"*		
Kompleks, rodzaj gruntu *Structural complex, type of soil*	Parametry gruntów jednorodnych *Parameters of homogeneous soils*	Parametry na powierzchniach strukturalnych *Parameters on the structural surfaces*	Kompleks, rodzaj gruntu *Structural complex, type of soil*	Parametry gruntów jednorodnych *Parameters of homogeneous soils*	Parametry na powierzchniach strukturalnych *Parameters on the structural surfaces*
Ilasto-węglowy, iły szarozielone *Clay-coal, Grey-green clays*	$\phi = 12°$ $c = 191$ kPa	$\phi = 15.0°$ $c = 45.0$ kPa	Międzywęglowy, iły zawęglone kontakty ił – węgiel *Intercoal, Coal clays, Contact: clay-coal*	$\phi = 17.7°$ $c = 202$ kPa	$\phi = 15.5°$ c = 89 kPa
Ilasto-węglowy, gliny zwięzłe (mułowce) *Clay-coal, sandy & slilty clay (mudstones)*	$\phi = 15.8°$ $c = 170$ kPa	$\phi = 13.8°$ $c = 49$ kPa	Ił – pokład węgla iły w pokładzie węgla *Clay-coal bed Clay in the coal bed*	$\phi = 20.8°$ $c = 198$ kPa	$\phi = 13°$ $c = 50$ kPa
Węglowy, iły zawęglone *Coal, Coal clays*	$\phi = 5.2°$ $c = 120$ kPa	$\phi = 14°$ $c = 30$ kPa	Podwęglowy, iły zawęglone *Subcoal, Coal clays*	$\phi = 20.6°$ $c = 276$ kPa	$\phi = 13.0°$ $c = 34$ kPa
Podwęglowy, iły podwęglowe *Subcoal, Subcoal clays*	$\phi = 6.3°$ $c = 374$ kPa	$\phi = 15.5°$ $c = 47$ kPa			

CHARAKTERYSTYKA CZYNNIKÓW WPŁYWAJĄCYCH NA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE W STREFACH ZAGROŻEŃ OSUWISKOWYCH

Punktem wyjścia do analiz wytrzymałości i stateczności masywu jest rozpoznanie genezy, geometrii i charakterystyki powierzchni osłabień strukturalnych. W ocenie parametrów wytrzymałości na ścinanie próbek pobranych ze stref zagrożeń osuwiskowych najbardziej uzasadnione jest zastosowanie takich metod badań, które zapewniają maksymalne podobieństwo badań modelowych do stanów i procesów zachodzących obecnie oraz w przeszłości w naturalnym masywie gruntowym. Odtworzenie drogi obciążeń przy uwzględnieniu stanu naprężeń dla przewidywanej przyszłej pracy gruntu warunkuje wybór metody badania. Oznaczenie parametrów wytrzymałości na powierzchniach strukturalnych (powierzchniach poślizgu osuwisk) zdecydowano się przeprowadzić w aparacie bezpośredniego ścinania, oznaczając parametry gruntu w zakresie wytrzymałości pierwotnej, resztkowej i po zawodnieniu powierzchni ścięcia. Zastosowany schemat badań wytrzymałości na ścinanie pozwala na możliwie najlepsze odwzorowanie procesów zachodzących w masywie gruntowym w warunkach naturalnych i po naruszeniu jego struktury.

Prace badawcze na terenie odkrywek wskazują, że elementem mającym bardzo duży wpływ na zmniejszenie się parametrów wytrzymałości, a w konsekwencji na warunki stateczności skarp, są procesy prowadzące do naruszenia struktury górotworu. W kopalniach węgla brunatnego na naturalne czynniki geologiczne, związane głównie z budową strukturalną górotworu, nakładają się czynniki antropogeniczne (techniczne), związane ze sposobem eksploatacji złoża. W analizowanych przypadkach naruszenie górotworu było wynikiem zarówno naturalnych procesów geologicznych, takich jak: ruchy tektoniczne, glacitektoniczne, paleoosuwiskowe, jak i procesów wtórnych (antropogenicznych) będących wynikiem prowadzonych prac górniczych. Odkrywkowy system eksploatacji złóż węgla brunatnego związany jest z koniecznością wydobycia i przemieszczenia bardzo dużych mas gruntów. Zdejmowanie nadkładu złoża wpływa na zmianę istniejącego w górotworze stanu naprężeń, czego rezultatem jest wzrost objętości gruntów i skał na skutek ich odprężenia. Wzrost objętości gruntów powoduje zmniejszenie wytrzymałości na ścinanie w obrębie całego odprężonego górotworu, niemniej spadek ten zaznacza się w sposób szczególny właśnie na powierzchniach strukturalnych. Niejednorodność budowy strukturalnej górotworu wpływa bowiem na zróżnicowanie przyrostów objętości pomiędzy poszczególnymi warstwami i w konsekwencji powoduje powstanie dodatkowych naprężeń stycznych na kontaktach różniących się warstw lub na innych powierzchniach strukturalnych. Zjawisko to jest szczególnie widoczne w przypadku kontaktów utworów o różnej sprężystości, np. węgla i iłu, gruntów przekonsolidowanych i normalnie skonsolidowanych oraz w obrębie pokładów węgla (np. powstawanie szczelin odprężeniowych). Prowadzi to do zmniejszenia lub niekiedy zniszczenia spójności na takich powierzchniach.

Następstwem naruszenia powierzchni strukturalnych są niejednokrotnie zmiany warunków wodnych w obrębie górotworu, będące wynikiem powstania nowych, uprzywilejowa-

nych dróg filtracji wód złożowych i opadowych. Konsekwencją zawodnienia powierzchni strukturalnych są zmiany parametrów geotechnicznych gruntów na tych powierzchniach oraz w ich otoczeniu. Grunty na naruszonych powierzchniach strukturalnych mają z reguły wyższą wartość stopnia plastyczności niż na powierzchniach nienaruszonych. Wzrost zawodnienia jest czynnikiem odgrywającym bardzo istotną rolę w projektowaniu geologiczno-inżynierskim, gdyż wynikające z niego zmiany wilgotności i stanu konsystencji gruntów zawsze prowadzą do dalszego zmniejszania się wytrzymałości na ścinanie.

Obserwacje terenowe wskazują, że powierzchnie osłabień strukturalnych były zawilgocone nie tylko w miejscach, gdzie kontaktowały się utwory o wyraźnie różniących się własnościach filtracyjnych, np. w rejonach gdzie, spękany i zawodniony pokład węgla kontaktował się z iłami. Obecność wypływów wód można było zaobserwować także na kilkumilimetrowej grubości powierzchniach strukturalnych (powierzchniach poślizgu osuwisk) w obrębie iłów.

Niejednokrotnie strefy rozmiękłego gruntu (występującego w plastycznym stanie konsystencji) miały stosunkowo niewielką miąższość, w niespękanych iłach rzadko przekraczała ona kilka centymetrów, nawet w przypadku osuwisk, których kubatura przekraczała milion metrów sześciennych, a miąższość osuniętych mas przekraczała 30 m (np. powierzchnie poślizgu w osuwiskach 20S, 22S, 24S w kopalni „Bełchatów"), odnotowano również przypadki, gdy powierzchnia poślizgu miała zaledwie 3–7 mm grubości. Na odsłoniętych skarpach roboczych, gdzie powierzchnie takie są doskonale widoczne (Fig. 1, 2), oznaczenie parametrów wytrzymałości na powierzchni poślizgu jest względnie łatwe.

Fig. 1. Widok ogólny na powierzchnię poślizgu osuwiska w strefie przejściowej I pokładu węgla z iłami podwęglowymi. KWB „Turów" (*fot. R. Kaczmarczyk*)

Fig. 1. General view on the slide surface of the landslide in the transitory zone I of the coal bed with subcoal clays. The Open Pit Mine "Turów" (*phot. R. Kaczmarczyk*)

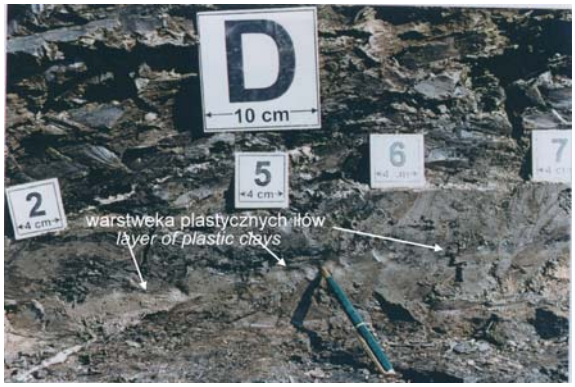

Fig. 2. Powierzchnia poślizgu osuwiska w obrębie ok. 10-milimetrowej warstewki plastycznych iłów (*fot. R. Kaczmarczyk*)

Fig. 2. Slide surface of the landslide within an area of 10-mm of a layer of plastic clays (*phot. R. Kaczmarczyk*)

Niemniej, na terenach osuwiskowych, gdzie rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich wykonuje się za pomocą otworów wiertniczych, np. w Karpatach, istnieją duże problemy ze wskazaniem rzeczywistej powierzchni poślizgu osuwiska, w wielu bowiem przypadkach odnalezienie na rdzeniu wiertniczym bezspornej i niebudzącej wątpliwości powierzchni poślizgu jest bardzo trudne. Ponadto powierzchnie oddzielności w gruntach ilastych są w wielu przypadkach sklejone (zabliźnone), tego typu spójność na powierzchniach zależy od takich czynników, jak: rodzaj gruntu, jego stopień plastyczności, wielkość nacisku górotworu i czas oddziaływania. Istotnym czynnikiem, który różni grunty ilaste (iły czwartorzędowe i trzeciorzędowe) od skał, jest spójność wodno-koloidalna, która jest odwracalna. Sprawia ona, że naruszenie struktury w gruncie ilastym (jego ścięcie, osunięcie, spękanie itp.) nie powoduje całkowitego zniszczenia spójności. Na powierzchni ścięcia takiego gruntu, pozostaje spójność rezydualna. W zwartych iłach zjawisko to praktycznie nie występuje i ścinanie powoduje na ogół niemal całkowite zniszczenie spójności na powierzchni poślizgu, wówczas na powierzchniach poślizgu można zaobserwować charakterystyczne powierzchnie zlustrowań.

Niektóre pozycje, np. norma BN-82/0403-02, *Instrukcja obserwacji i badań osuwisk drogowych* (Nowacki *et al*. 1999), wskazują, że całkowita zmiana wytrzymałości na powierzchniach poślizgu osuwisk jest powiązana z równomiernymi zmianami kąta tarcia wewnętrznego i spójności gruntu. Zalecają one zatem pomnożenie wartości parametrów wytrzymałości przez odpowiedni współczynnik redukcyjny, np. wskaźnik Bishopa, i zastosowanie uzyskanych wartości parametrów do obliczeń. Wyniki badań laboratoryjnych wskazują, że przyjęcie takiego założenia jest zbytnim uproszczeniem problemu. W zdecydowanej większości próbek badanych na długiej drodze ścinania stwierdzono niejednakowe wartości zmian kąta tarcia i spójności. W większości przypadków zmiana wytrzymałości była w zasadniczym stopniu wynikiem zmian spójności, przy niewielkich zmianach kąta tarcia wewnętrznego (Fig. 3). Stan taki odnotowano w niemal wszystkich próbkach pobranych w gruntach w półzwartym i zwartym stanie konsystencji, niezależnie od stopnia naruszenia powierzchni strukturalnej.

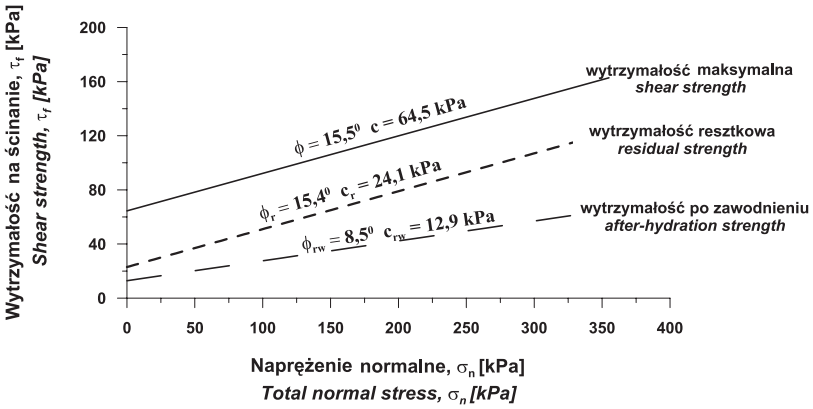

Fig. 3. Wytrzymałość maksymalna, resztkowa i po zawodnieniu powierzchni ścięcia w gruntach o półzwartym i zwartym stanie konsystencji

Fig. 3. Maximum, residual and after-hydration shear surface strength in the soils of semi-solid and solid state

W gruntach twardoplastycznych spadek oporów ścinania był generalnie wynikiem zmian zarówno kąta tarcia wewnętrznego, jak i spójności, a to, który z ww. parametrów odgrywał bardziej istotną rolę, zależało głównie od konsystencji gruntu, morfologii powierzchni strukturalnej i zmian zachodzących na powierzchni strukturalnej po jej naruszeniu. Lambe (1978) wychodzi z założenia, że zasadniczy wpływ na spadek kąta tarcia wewnętrznego na długiej drodze ścinania ma zmiana orientacji cząstek iłu w równoległe szeregi, co potwierdzają wyniki badań gruntów w twardoplastycznym stanie konsystencji. Znaczące spadki wartości kąta tarcia daje się zaobserwować w próbkach pobranych w twardoplastycznych iłach z powierzchni, na których nie zaobserwowano przemieszczeń wzdłuż płaszczyzny oddzielności (Fig. 4).

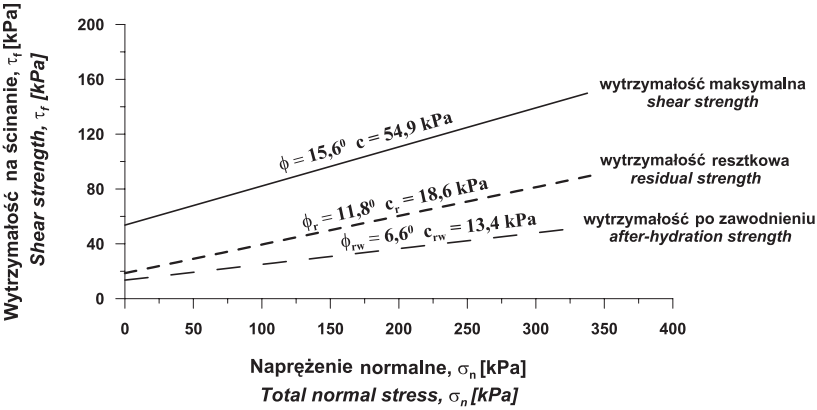

Fig. 4. Wytrzymałość maksymalna, resztkowa i po zawodnieniu powierzchni ścięcia w gruntach w twardoplastycznym stanie konsystencji

Fig. 4. Maximum, residual and after-hydration shear surface strength in the low plasticity state

Na wartość kąta tarcia wewnętrznego na powierzchniach strukturalnych, np. w strefach spękań, mają wpływ także fragmenty gruntu słabo związane z powierzchnią nieciągłości, takie jak zazębiające się wzajemnie i klinujące się nienaruszone fragmenty gruntu (lub skały, np. węgla). Opór ścinania w strefach naruszenia górotworu określony jest więc zarówno wytrzymałością samej powierzchni nieciągłości (ruch translacyjny), jak i swobodą przemieszczania się elementów niezwiązanych z powierzchnią (okruchów i kawałków) o różnym kształcie i wielkości (ruch translacyjny i rotacyjny), w takich warunkach, przy niewielkich przemieszczeniach, możliwy jest wzrost wartości kąta tarcia wewnętrznego przy wytrzymałości resztkowej. Zjawisko takie obserwowano wówczas, gdy wskutek ścinania próbki dochodziło kruszenia gruntu i w konsekwencji powstawania w strefie poślizgu okruchów zwartego iłu, rozproszonego węgla, wapieni lub margli odpowiadających wielkością frakcji piaskowej i żwirowej (Fig. 5).

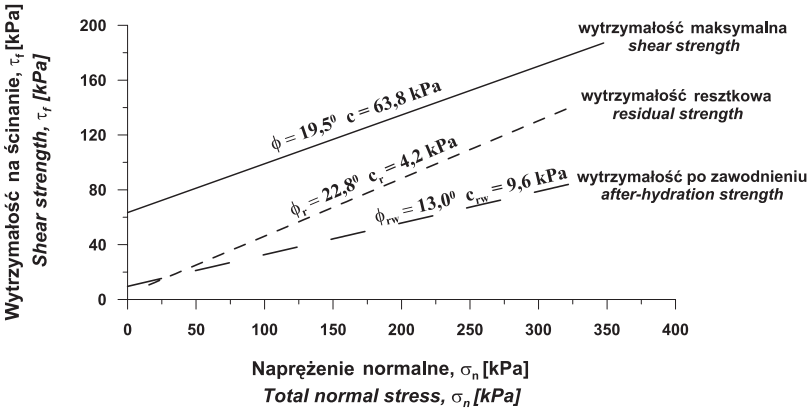

Fig. 5. Wytrzymałość maksymalna, resztkowa i po zawodnieniu powierzchni ścięcia w utworach, w których wskutek ścinania próbki dochodziło kruszenia gruntu w strefie poślizgu

Fig. 5. Maximum, residual and after-hydration shear surface strength in the formations in which crushing of a soil in the slide zone occurred due to shearing of a sample

PODSUMOWANIE

W praktyce, mimo iż właściwości gruntu na powierzchniach strukturalnych mają bardzo istotny wpływ na warunki stateczności zboczy, nie tylko w kopalniach odkrywkowych, lecz także np. w przypadku osuwisk karpackich, w większości projektów badań geologiczno-inżynierskich nie poświęca się im dostatecznej uwagi. Należy także mieć na względzie, że wydzielanie i zbadanie najsłabszych elementów budowy geologicznej górotworu i poznanie parametrów wytrzymałościowych na tych powierzchniach jest niewystarczające do oceny stateczności skarp. Próba oceny parametrów wytrzymałościowych gruntów na powierzchniach strukturalnych napotyka znacznie większe utrudnienia, niż ma to miejsce w gruntach jednorodnych. Wytrzymałość na ścinanie zdeterminowana jest tu bowiem przez szereg czynników oraz wzajemne relacje między nimi (Kaczmarczyk & Rybicki 2003,

Kaczmarczyk 2003, Borecka *et al*. 2006). Są to między innymi: rodzaj kontaktujących się utworów, stan konsystencji gruntu na powierzchni strukturalnej i w jej otoczeniu, podatność gruntów na rozmakanie, wytrzymałość na ścinanie utworów poza powierzchniami strukturalnymi, sposób wykształcenia powierzchni strukturalnej, jej morfologia, historia ruchów masowych wytrzymałość na powierzchniach osuwiskowych lub paleoosuwiskowych, wielkość naruszenia powierzchni strukturalnej, rozległość powierzchni strukturalnej, kierunek zapadania warstw, kąt ich zapadania, częstotliwość występowania, zawodnienie powierzchni oddzielności.

Na podstawie doświadczeń zdobytych podczas prowadzonych prac, dotychczasowych wyników badań laboratoryjnych, obserwacji terenowych oraz wyników opracowań archiwalnych można stwierdzić, iż w długotrwałej ocenie stateczności w rejonach zagrożeń osuwiskowych do obliczeń wskazane jest stosowanie parametrów wytrzymałości resztkowej. Lokalnie, z uwagi na przewidywane lub stwierdzone zawodnienie masywu i związaną z tym plastyczną konsystencję gruntów, zwłaszcza na powierzchniach stref strukturalnych i w ich najbliższym otoczeniu, stateczność należy szacować w oparciu o parametry charakterystyczne dla powierzchni zawodnionych.

Przy wyborze odpowiedniego parametru wskazane jest uwzględnienie makroskopowego wyglądu badanych rejonów, rodzaju gruntu, stopnia naruszenia jego struktury i stopnia zmian jego plastyczności w wyniku zawodnienia powierzchni ścięcia. Parametry te na ogół dobrze korespondują z wartościami parametrów, które uzyskuje się z obliczeń odwrotnych zaistniałych osuwisk.

Praca została zrealizowana w ramach badań statutowych KHiGI AGH nr umowy 11.11.140.661 w roku 2008

LITERATURA

Borecka A., Herzig J., Kaczmarczyk R. & Woźniak H., 2006. Właściwości fizyko-mechaniczne wybranych gruntów spoistych ze zboczy wyrobiska KWB „Bełchatów". *Zeszyty Naukowe Politechniki Białostockiej*, *Budownictwo*, 28, 1, 39–50.

Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego „Turów"w kat. A+B+C1+C2 – część geologiczno-inżynierska, 1991. Przedsiębiorstwo Geologiczne, Wrocław.

Dodatek do Kompleksowej Dokumentacji Geologicznej złoża węgla brunatnego Bełchatów, w kat. C1+B. Pole Bełchatów. Zakład Geologii Stosowanej Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław.

Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego „Turów"w kat. A+B+C1+C2 – część geologiczno-inżynierska, 1991. Przedsiębiorstwo Geologiczne, Wrocław.

Herzig J., Rybicki & Szczepańska J., 1980. Geologiczno-inżynierska charakterystyka stref kontaktowych w nadkładzie złóż węgla brunatnego rejonu Konina. *Górnictwo Odkrywkowe*, 7–8, 11–19.

Kaczmarczyk R. & Rybicki S., 2003. Charakterystyka oraz cech geotechniczne głównych powierzchni strukturalnych w górotworze niektórych kopalń węgla brunatnego. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, Gliwice.

Nowacki J., Naborczyk J., Petrasz J. & Sala A., 1999. *Instrukcja obserwacji i badań osuwisk drogowych*. GDDP, Warszawa, 1–72.

Kaczmarczyk R., 2003. Geotechniczne własności stref kontaktów ilasto-węglowych w górotworze niektórych kopalń węgla brunatnego. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej*, 103, 3. Konferencja Doktorantów „Zagadnienia interdyscyplinarne w górnictwie i geologii", Wrocław, 65–73.

Lambe T.W. & Whitman R.V., 1978. *Mechanika gruntów. Tom 2*. Arkady, Warszawa, 295–666.

Norma Branżowa BN-82/0403-02. *Górnictwo odkrywkowe. Badania laboratoryjne wytrzymałościowych własności gruntów dla potrzeb projektowania kopalń odkrywkowych. Wytyczne wykonywania*. 1–10.

Parzyk J., 1995. Warunki geologiczno-górnicze eksploatacji węgla brunatnego ze złoża „Bełchatów" w zakresie niektórych zagrożeń geotechnicznych. *Węgiel Brunatny*, 3 (12), 19–23.

Parzyk J., 1996. Zagrożenia osuwiskowe w KWB Bełchatów. *Miesięcznik WUG*, 2, 19–23.

Rybicki S., Herzig J., Kaczmarczyk R. & Tylikowski M., 2000. Geologiczno-inżynierska charakterystyka głównych powierzchni strukturalnych w nadkładzie niektórych złóż węgla brunatnego. *Górnictwo Odkrywkowe*, 42, 1, 106–120.

Summary

Landslide processes occurring on the slopes of open pit brown coal mines are an essential geological and mining problem. The results of research show an existence of strong connections between the geological structure of overburden and landslide processes. In the investigated open pit mines more than 330 landslides originated in the stable and working slopes have been analyzed. Most frequently they were connected with structural surfaces in the rockmass. The mean values of shear strength parameters marked on structural processes are much smaller than those for homogeneous samples beyond the zones of occurrence of structural surfaces (Tab. 1). Despite a considerable number of laboratory investigations and application of different methods of calculation of slope stability, the problem of landslides in open pit brown coal mines remains still relatively complicated as the landslides continuously occur. One of the reasons is complexity of factors determining the strength of overburden soils. In the conditions of open pit exploitation many factors and their mutual relations influence strength parameters of soils and in consequence, stability of slopes. They are, among others a type of contacting formations, consistence of a soil on its structural surface and its vicinity, susceptibility of soils to soaking, shear strength of formations beyond structural surfaces, method of forming a structural surface, its morphology, history of mass movements, strength on landslide or paleolandslide surfaces, size of disturbance of the structural surface, extension of the structural surface, direction of subsidence of beds, structural surface, extension of the structural surface, direction of subsidence of beds, angle of their subsidence, frequency of occurrence and hydration of separation surfaces. Often the slide surfaces of big landslides were of negligible thickness (Figs 1, 2). This fact creates problems with showing a real slide surface by means of boreholes.

Basing on the experience obtained during the research, authors are of the opinion that residual parameters ought to be accepted for the calculations of slope stability in the zones of landslide threats. These parameters generally correspond well with the values of parameters which are obtained from reverse calculations of existing landslides. The values of changes of shear strength parameters are given in figures 3–5.