

SZCZELINOWATOŚĆ I WŁAŚCIWOŚCI FILTRACYJNE MASYWU SKALNEGO

UKD 551.252+556.332.43/.46:061.31.053.52(048)(438.311)''1984.06.29''

Przedmiotem zainteresowania geologii stosowanej i geologii inżynierskiej jest masyw skalny rozumiany jako dowolna, wydzielona na podstawie kryteriów praktycznych, ograniczona powierzchniowo i głębokościowo część litosfery ze wszystkimi szczegółami budowy geologicznej (różnego rodzaju typami skał, deformacjami ciągłymi i nieciągłymi), z wodami podziemnymi wypełniającymi jej wolne przestrzenie oraz z polami fizycznymi kształtującymi się w tym środowisku.

Z definicji tej wynika, że dla prawidłowej oceny podłoża obiektu inżynierskiego i środowiska geologicznego, w którym ma być prowadzona działalność ludzka należy udokumentować, z dokładnością odpowiadającą etapowi rozpoznania geologicznego, poszczególne elementy budowy: wykształcenie petrograficzne i tektonikę skał tworzących masyw, właściwości odkształcalności (nośność) i stateczności, właściwości filtracyjne, wpływ zmian wody podziemnej na właściwości fizyczne i mechaniczne masywu zarówno w strefie oddziaływania wietrzenia fizycznego, jak i w głębszych partiach masywu, a także pola fizyczne występujące w danym środowisku geologicznym.

W niniejszym artykule pragnę omówić wybrane za-

gadnienia związane z tektoniką i właściwościami filtracyjnymi masywu skalnego.

Masyw skalny składający się z szeregu ciał geologicznych, najczęściej złożonych, charakteryzujących się różnym stopniem skomplikowania (składu mineralnego, struktury, tekstury, właściwości fizyczno-mechanicznych) podlegał w czasie formowania i przekształcania deformacjom – bez przzerwania ciągłości, które zostały utrwalone w postaci fałdów czy fleksur, lub – deformacjom z utratą spójności ciała odkształcanego, jako: spękania, szczeliny, uskoki, zbrekcjowania.

Zniszczenie ciał geologicznych i masywu skalnego odbywa się wzdłuż pewnych powierzchni zwanych powierzchniami nieciągłości i zależnie od ich wielkości wydziela się powierzchnie mikro-, mezo- i megaskopowe.

Prace badawcze, których celem jest udokumentowanie warunków geologiczno-inżynierskich spękanego masywu obejmują w zasadzie tylko mezoskopowe powierzchnie nieciągłości, a więc takie, które mogą być pomierzone bezpośrednio w odsłonięciach. Metodami pośrednimi w tych pracach bada się również pozostałe powierzchnie. Powierzchniami mikroskopowymi o wielkościach mniej-

szych od 1 mm interesuje się mineralogia i petrografia posługując się metodami mikroskopowymi, natomiast nieciągłości megaskopowe są wyznaczane na podstawie fotointerpretacji zdjęć lotniczych i satelitarnych, regionalnych zdjęć kartograficznych, przede wszystkim w badaniach struktur geologicznych.

Każda powierzchnia przerwania ciągłości skały niezależnie od pochodzenia, przestrzennej orientacji i miejsca występowania nazywa się spękaniem. Określenie to stosuje się w nazewnictwie polskim, gdy części ciała geologicznego przeciętego powierzchnią nieciągłości ściśle do siebie przylegają. Gdy między poszczególnymi częściami utworzyła się wolna przestrzeń – to stosuje się określenie szczelina. Z geometrycznego punktu widzenia szczelina jest trójwymiarową przestrzenią ograniczoną ścianami. Właściwością szczelin, wyróżniającą je spośród innych pustek, które można spotkać w masywie skalnym, jest bardzo duża wartość stosunku długości do szerokości.

Szczeliny występujące w masywie skalnym składają się na jego szczelinowatość. Określenie to można rozumieć dwójako: jako właściwość skał wynikająca z istnienia w nich szczelin lub jako stosunek objętości szczelin do objętości opisywanego masywu skalnego. W tym drugim przypadku jest to synonim porowatości szczelinowej.

Szczeliny tworzą w masywie skalnym skomplikowane sieci i wśród nich można wydzielić trzy grupy:

1) uporządkowane, występujące w n-systemach, wykazujące pewne prawidłowości w ułożeniu przestrzennym, o podobnej genezie;

2) chaotyczne, w których liczba systemów jest większa od 10 i trudno wydzielić jakieś określone systemy;

3) poligonalne, w których szczeliny są równoległe do jakiejś płaszczyzny, a w płaszczyźnie prostopadłej do niej tworzą zamknięte, zbliżone do regularnych wieloboki.

Poszczególne grupy szczelin można scharakteryzować za pomocą:

- orientacji przestrzennej poszczególnych szczelin,
- liniowych wymiarów szczelin,
- stopnia spękania masywu skalnego,
- stopnia rozdzielności masywu skalnego,
- porowatości szczelinowej,
- cech fizycznych szczelin.

Ilościową charakterystykę szczelinowatości określa się jako parametry szczelinowatości (7). Parametrami orientacji przestrzennej szczelin są: azymut rozciągłości (biegu) płaszczyzny szczeliny, kierunek zapadania tej płaszczyzny i kąt upadu.

Parametry liniowe szczelin, to: rozwarcie rzeczywiste (odległość między dwoma powierzchniami ograniczającymi szczelinę, mierzona w płaszczyźnie prostopadłej do nich), rozwarcie pozorne (mierzone wzdłuż normalnej do śladu szczeliny na płaszczyźnie pomiarowej) i długość (mierzona na płaszczyźnie pomiarowej).

Od długości, szerokości (rozwarcia) i materiału wypełniającego szczeliny zależą właściwości masywu skalnego. Szczeliny drobne i średnie decydują głównie o właściwościach mechanicznych masywu, natomiast duże i szeroko rozwarte o właściwościach filtracyjnych i możliwości ścicia masywu wzdłuż ich powierzchni, a tym samym stanowią głównie niebezpieczeństwo dla obiektów inżynierskich. Powierzchnie szczelin mogą być gładkie lub posiadają relief zależny od cech litologicznych i strukturalnych skał oraz od mechanizmu powstania szczelin. Dla charakterystyki powierzchni ograniczających szczeliny J. Liszkowski i J. Stochlak (7) zalecają wykorzystanie trzech parametrów: wysokości występow, odległości między dwie-

ma sąsiednimi nierównościami i kąta między upadem szczeliny a nierównością powierzchni szczeliny.

Szczeliny mogą być wypełnione gazami, wodami podziemnymi, materiałem okruszonym pyłkim, materiałem spójnym lub różnymi, nowo powstałymi minerałami.

Badania szczelinowatości masywu skalnego dla potrzeb geologii inżynierskiej są trudne i wymagają dużego nakładu pracy, dobrych odsłoneń, zdolności i rzetelności prowadzenia obserwacji i pomiarów oraz odpowiedniego „warsztatu” obliczeniowo-zestawczego.

W materiałach obecnej sesji jedynie dwa referaty omawiają zagadnienia szczelinowatości masywu.

W referacie J. Liszkowskiego nt. „System klasyfikacji szczelin, sieci szczelin i szczelinowatości dla potrzeb inżyniersko-geologicznego opisu struktury masywów skalnych” stwierdzono „...że w chwili obecnej istnieje wśród geologów, geotechników i mechaników skał pełna jednomyślność, co do tego, że realna struktura masywów skalnych określona jest przez charakterystyczne dla nich zjawisko szczelinowatości oraz że zjawisko to współokreśla geomechaniczne cechy tych masywów – ich wytrzymałość, odkształcalność i przepuszczalność. Ilościowe badania szczelinowatości stanowią istotną składową kompleksowych inżyniersko-geologicznych badań masywów skalnych dla potrzeb planowania, projektowania, wykonawstwa i eksploatacji obiektów budowlanych, w szczególności specjalnego. Podstawowym celem ilościowych badań szczelinowatości jest stworzenie modelu strukturalnego masywu skalnego lub jego fragmentu...”.

L. Wójcik w swoim referacie nt. „Uwagi do klasyfikacji geologiczno-inżynierskiej masywów skalnych” stwierdza, iż podstawą klasyfikacji różnych masywów skalnych są następujące cechy:

– rodzaj skał i wynikające z tego właściwości mechaniczne,

– nieciągłości masywu związane ze strukturami tektonicznymi, sedymentacyjnymi oraz odprężeniem.

Proponuje on wydzielenie dwu typów szczelinowatości. Pierwszy typ to szczeliny związane z dyslokacjami występujące w masywie na różnych głębokościach. Strefy szczelinowatości dyslokacyjnej są przeważnie silnie nawodnione, a na powierzchni masywu wyznaczają je liczne źródła. Szczelinowatość drugiego typu wiąże on z odprężeniem spękań, foliacji i powierzchni stratyfikacyjnych. Szczelinowatość tego typu jest najbardziej charakterystyczna dla przypowierzchniowych części masywu, lecz może również zjawiać się w głębszych strefach, zwłaszcza w miejscach niezgodności erozyjnych.

Trudno byłoby się zgodzić z takim podziałem, chociażby ze względu na fakt, że dyslokacje typu kompresyjnego są najczęściej bardzo szczelne i dopiero odprężenie udrażnia taką strefę dla przesączania i filtracji wody.

W dalszym ciągu Autor proponuje przyjęcie jako kryterium oceny stopnia szczelinowatości – stopień przesączalności wody przez skały masywu. Na tej podstawie można byłoby wydzielić strefę bardzo szczelinowatą, w której wody przesączają się swobodnie lub z łatwością wypływają na powierzchnię. Dużą szczelinowatością charakteryzują się wszystkie strefy aeracji. Strefa średniej szczelinowatości występuje poniżej strefy aeracji, przesączalność w niej jest powolna i dokonuje się pod ciśnieniem. Woda wypływa na powierzchnię z tej strefy w postaci stałych, chociaż o różnej wydajności źródeł. Jako mało szczelinowatą należy uważać tę strefę masywu, w której drobne szczeliny wypełniają wody kapilarne – przesączalność w tej strefie jest ograniczona.

Przyjęcie takiej klasyfikacji wymagałoby dokładniej-

szego sprecyzowania liczbowego określenia „swobodne przesączanie”, „łatwość wypływu na powierzchnię”, „powolne przesączanie” itp.

„...Należy jeszcze z dużym naciskiem podkreślić (stwierdza Autor), że do właściwej oceny warunków geologiczno-inżynierskich konieczna jest informacja o przestrzennej orientacji nieciągłości masywu, a w szczególności w strefach szczelinowatych. Tu bowiem dokonuje się wiele procesów geologicznych, niszczących łącznie z osuwiskami i zjawiskami krasowymi...”. Autor zapomniał chyba w tym fragmencie referatu o swoich poprzednio podanych propozycjach klasyfikacji szczelinowatości masywu, bo trudno sobie wyobrazić możliwość „podania informacji” o przestrzennej orientacji wszystkich stref szczelinowatości, zwłaszcza w strefach przypowierzchniowych.

Konieczność zwrócenia szczególnej uwagi na szczelinowatość masywu skalnego w pracach badawczych dla udokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich nie podlega dyskusji, natomiast ujednoczenie metod poznawczych, zastosowania odpowiedniej klasyfikacji szczelin i opracowanie wyników tych badań jest w dalszym ciągu sprawą otwartą i wymagającą wnikliwych studiów i badań oraz ujednoczenia nazewnictwa. Wydaje się, że sprawa doboru odpowiedniej klasyfikacji będzie zależeć przede wszystkim od celu rozpoznania szczelinowatości masywu skalnego, a następnie od zastosowanej metodyki pomiarów.

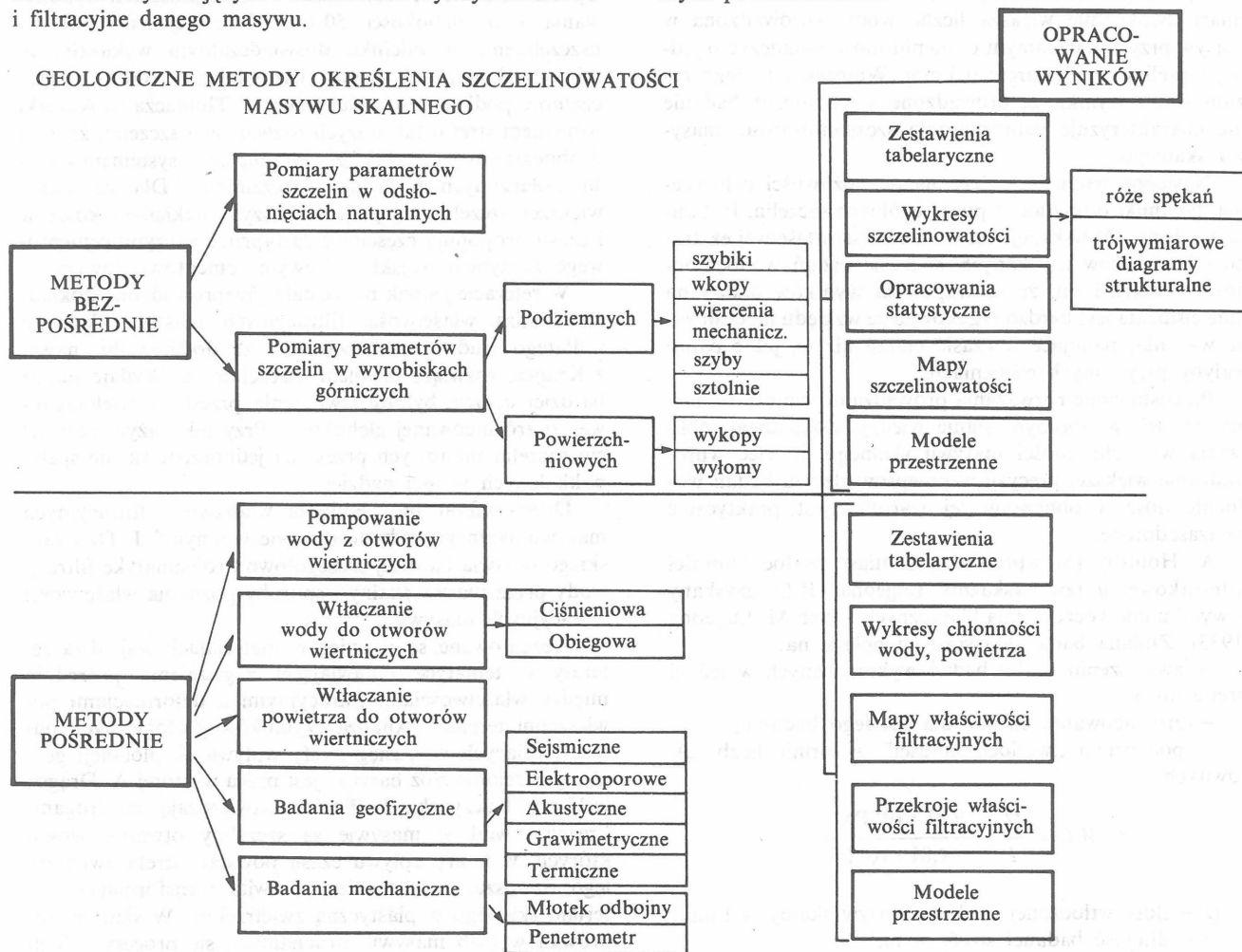
W tabeli podano geologiczne metody określenia szczelinowatości masywu. Wynika z niej, że zastosowanie metod bezpośrednich i pośrednich równocześnie pozwoliłoby na stworzenie bardziej precyzyjnego modelu przestrzennego szczelinowatości masywu, uwzględniającego większość parametrów stymulujących właściwości wytrzymałościowe i filtracyjne danego masywu.

Określenie właściwości filtracyjnych masywu skalnego, stosowane najczęściej w budownictwie wodnym, ze względu na istotne zmiany, jakie zajądą po zbudowaniu przegrody dolinowej i zgromadzeniu wody w zbiorniku, wymaga zastosowania kompleksowych badań geologiczno-inżynierskich prowadzonych w kilku etapach. W etapie pierwszym – ogólnego poznania budowy geologicznej (1, 3) należy stworzyć model budowy geologicznej masywu, w którym projektuje się wykonanie stopnia wodnego, a także rozpoznać ogólne właściwości filtracyjne i ich pośredni wpływ na właściwości fizyczne i mechaniczne, a tym samym na bezpieczne warunki eksploatacji obiektów stopnia wodnego.

Dokładne rozpoznanie właściwości filtracyjnych masywu następuje dopiero w drugim etapie – szczegółowego określenia warunków geologiczno-inżynierskich w rejonach poszczególnych obiektów. Duża koncentracja robót górniczych pozwala na uzyskanie znacznej ilości punktów dokumentacyjnych, a tym samym na możliwość przestrzennej charakterystyki właściwości filtracyjnych.

Tłoczenie wody w masyw skalny przez otwory wiertnicze jest stosowane częściej niż inne metody, w badaniach geologiczno-inżynierskich dla potrzeb budownictwa wodnego, ze względu na to, że:

- metody tłoczenia wody odpowiadają mechanizmowi wywołującemu zmiany w reżimie wód podziemnych po spiętrzeniu wody w zbiorniku,
- technologia badań jest stosunkowo prosta,
- metody te mogą być stosowane zarówno w masywie nawodnionym, jak i nienawodnionym, a więc istnieje możliwość uzyskania porównywalnych danych na większych powierzchniach.



Ujemnymi zjawiskami przy tłoczeniu wody są:

- możliwość kolmatacji szczelin i pustek przez materiał powstający przy zwiercaniu skał,
- możliwość poszerzania szczelin w czasie tłoczenia wody, zwłaszcza przy wyższych ciśnieniach tłoczenia,
- wykorzystywanie w czasie tłoczenia wód powierzchniowych, różniących się składem chemicznym i temperaturą od wód podziemnych, co również może być przyczyną powstawania błędów przy interpretacji wyników.

Z powyższego wynika, że dla uzyskania najbardziej wiarygodnych danych o właściwościach filtracyjnych badanego masywu skalnego musi być przestrzegana odpowiednia technologia wiercenia otworów; właściwa, dostosowana do danego masywu skalnego technologia tłoczenia wody; prawidłowy sprzęt i aparatura pomiarowo-kontrolna; rzetelny nadzór prowadzący badania i rejestrujący dane potrzebne do obliczenia reprezentatywnych wyników.

Odrębnym problemem jest interpretacja wyników i podanie porównywalnego wyniku dla poszczególnego badania lub też odcinka otworu badawczego.

W literaturze anglosaskiej zwraca się uwagę na błędy, jakimi obciążone są badania wodochłonności masywu i matematyczny sposób ich przedstawienia. Trudność w podaniu przyczyny powstawania błędów polega przede wszystkim na niemożności określenia oporów powstających przy tłoczeniu wody na drodze od manometru do poszczególnych szczelin odsłoniętych przez pobocznicę otworu, a także na ocenie stopnia spełnienia masywu skalnego oraz charakteru poszczególnych szczelin. F. Sabarły (8) podaje, że przy chłonności 1 l/min/m pod ciśnieniem 10 at określona ilość wody może być wprowadzona w masyw przez jedną szczelinę o rozwarości 0,1 mm; natomiast dwukrotnie większa liczba wody wprowadzona w masyw przy takim samym ciśnieniu może świadczyć o jednej szczelinie o rozwarciu 0,5 mm. Wniosek z takiego rozumowania wynika, że prowadzone w ten sposób badanie nie charakteryzuje jednoznacznie szczelinowości masywu skalnego.

Następna trudność polega na niemożności uchwycenia dynamiki odkształceń poszczególnych szczelin. P. Lancaster-Jones (6) wskazuje też na trudności właściwej ekstrapolacji wyników uzyskanych w czasie badań wodochłonności. Twierdzi on, że ekstrapolacja wyników badań na inne ciśnienia jest bardzo ryzykowna ze względu na odmienne warunki, panujące w czasie badań niż te, jakie panowałyby przy innych ciśnieniach.

Przedstawione rozważania prowadzą do wniosku o niemożności, w obecnym stanie wiedzy, dokładnego obliczenia wodochłonności masywu skalnego, a więc wprowadzanie większej precyzji w przeprowadzeniu badań wodochłonności i obliczeniu jej wartości jest praktycznie nieuzasadnione.

A. Houlsby (5) wprowadził zamiast wodochłonności jednostkowej q tzw. wskaźnik Lugeona (WL) uzyskany w wyniku unowocześnień klasycznych badań M. Lugeona (1933). Zmiana badań klasycznych polega na:

- zwiększeniu liczby badań wykonywanych w jednej strefie do 5,
- zróżnicowaniu ciśnień dla każdego badania,
- podawania „wodochłonności” w formie liczb całkowitych.

$$WL = \frac{Q}{l} \cdot \frac{9,81 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{c \cdot 9,81 \cdot 10^4 \text{ Pa}}$$

Q – ilość wtłoczonej wody w masyw skalny w l/min,
 l – długość badanej strefy w m,
 c – ciśnienie tłoczenia wody.

Zależnie od wzajemnego układu wielkości ciśnień tłoczenia i ilości wtłoczonej wody A. Houlsby (5) za Guerra i innymi (4) oraz J. Dziewański (2) wydzielają 6 grup właściwości filtracyjnych masywu skalnego pod względem charakteru przepływu wtłaczanej wody przez spękany masyw oraz zachowania się szczelin przy określonym ciśnieniu tłoczenia. Uzyskuje się więc dodatkowe dane o właściwościach filtracyjnych masywu, szczególnie przydatne dla właściwego zaprojektowania zabiegów inżynierskich ograniczających możliwości filtracji wody przez masyw.

W materiałach prezentowanych na obecnej sesji w zasadzie jedynie dwa referaty dotyczą właściwości filtracyjnych masywu skalnego. W „Wykorzystaniu iłów z Krańca k. Brzegu Dolnego do uszczelnienia podłoża zapory w Bukówce, Sudety Środkowe” D. Gałęza i B. Teisseyre opisują możliwości ucieczki wody ze zbiornika oraz zabiegi przeciwdziałające filtracji. Wydzielają 3 systemy szczelin, którymi woda ze zbiornika będzie mogła „uciekać” na stronę odpowietrzną. Są to przede wszystkim szczeliny pionowe o rozwarciu 2–7 mm, równoległe do osi doliny. Częstotliwość ich występowania wzrasta w rejonie zapory. Drugą drogą filtracji będą „szczeliny pokładowe” równoległe do warstwowania skał karbońskich zapadających monoklinalnie w kierunku strony odpowietrznej.

Wodochłonność skał jest bardzo zróżnicowana, ale można zauważyć tendencję do zmniejszania się wodochłonności jednostkowej wraz z głębokością. Strefa praktycznie nieprzepuszczalna znajduje się w głębokości 27 do 48 m poniżej powierzchni przedczwartorzędowej. Zaprojektowano jednorzędową przesłonę przeciwfiltracyjną wykonaną przez otwory skośne o 4 kolejnościach wykonywania i o głębokości 50 m. Obserwacje skuteczności uszczelnienia w odcinku doświadczalnym wykazały, że mimo wykonania 4 etapów uszczelnienia wodoprzepuszczalność podłoża jest nadal znaczna. Tłumaczą to Autorki istnieniem stref o tak dużych rozwarciach szczelin, że zbyt drobnoziarnisty i „luźny” zaczyn „ucieka” systemem szczelin połączonych poza pas uszczelniany. Dla uzyskania większej szczelności, przy mniejszym nakładzie kosztów i czasu proponują częściowe zastąpienie zaczynu cementowego zaczynem trójskładnikowym cementowo-iłowym.

W referacie jednak nie została przeprowadzona dokładna analiza właściwości filtracyjnych masywu skalnego i dlatego trudno mieć pewność, że dodanie iłu, nawet z Krańca, rozwiąże problem uszczelnienia. Wydaje się, że bardziej celowe byłoby stworzenie przesłony wielorzędowej, o zróżnicowanej głębokości. Przy tak dużym rozwarciu szczelin pionowych przesłona jednorzędowa nie spełni pokładanych w niej nadziei.

Drugi referat pt. „Badania właściwości filtracyjnych masywu skalnego w budownictwie wodnym” J. Dziewańskiego omawia bardziej szczegółowo problematykę filtracji wody przez masyw skalny i sposoby poznania właściwości filtracyjnych masywu.

Prezentowane są również w materiałach sesji dwa referaty o tematyce omawiającej zagadnienia pośrednie między właściwościami filtracyjnymi a deformacjami powierzchni terenu. „Analiza czynników geologicznych oddziaływujących na zasięg strefy wpływu eksploatacji górniczej w rejonie złóż barytu” jest praca w której A. Drągowski, R. Kaczyński, J. Pinińska stwierdzają, że drogami krążenia wód w masywie są szczeliny otwarte, wokół których, w miarę upływu czasu powstaje strefa zwietrzałego rumoszu, a następnie całkowita transformacja materiału skalnego w plastyczną zwietrzelinę. W ślad za wędrówką w głąb masywu, uruchamiają się procesy sufozji na powierzchni i tworzą się zapadliska. Kompleksowa

ocena zjawisk, systemu eksploatacji i właściwości skał i gruntów umożliwia prognozę wpływu eksploatacji na powierzchnię terenu.

W drugim referacie pt. „Współdziałanie zapory ziemnej „Warowice” z podłożem skalnym w zmiennych warunkach hydrogeologicznych” M. Kowalczyk i J. Szczurek opisują lokalne wypiętrzenia reperów wgłębnych w podłożu zapory wynoszące 6–15 mm. Autorzy przypisują podniesienie to wpływowi podniesionego zwierciadła wód gruntowych i szczelinowych „...na skutek zwiększonych opadów atmosferycznych...”. Osiadanie podłoża i korpusu zapory nie wygasa, jak w zasorach zbiorników wodnych, lecz narasta wraz z postępem piętrzenia osadów. Brak w tym referacie szerszego naświetlenia budowy geologicznej i właściwości odkształcalności i filtracyjnych masywu będącego podłożem tej zapory.

Wnioski wynikające z przedstawionych referatów są następujące:

– przy rozpoznawaniu budowy geologicznej masywów skalnych szczególny nacisk musi być położony na badania terenowe, a w nich na określenie szczelinowości metodami bezpośrednimi i pośrednimi;

– podstawą prawidłowego określenia i udokumentowania właściwości filtracyjnych masywu skalnego jest poznanie przestrzennej budowy geologicznej rozpatrywanego obszaru;

– punktowe badania wodochłonności i przepuszczalności masywu skalnego można prowadzić w otworach wiertniczych unowocześnioną metodą Lugeonowską tłoczenia, w której wyniku stosowania uzyskuje się dodatkowe informacje o charakterze przepływu wody w szczelinach, a pośrednio też i o szczelinach;

– metody dokumentowania szczelinowości masywu skalnego dla celów geologiczno-inżynierskich powinny być nadal doskonalone i przystosowywane do różnego rodzaju budownictwa.

– optymalne informacje o właściwościach filtracyjnych masywu skalnego można uzyskać na podstawie kompleksowej szczegółowej analizy materiałów zebranych w czasie kartowania geologicznego, pomiarów szczelinowości prowadzonych metodami bezpośrednimi i pośrednimi i na podstawie opracowania ich wyników.

LITERATURA

1. Dziewański J. – Badania geologiczno-inżynierskie w poszczególnych fazach projektowania hydrotechnicznego. Prz. Geol. 1967 nr 4.

2. Dziewański J. – Metody geologiczne przy projektowaniu elektrowni pompowych w masywach skalnych (na przykładzie obiektu Młoty). Zesz. Nauk. AGH 1984 Geologia nr 30.
3. Dziewański J. i in. – Badania geologiczne masywów skalnych w budownictwie wodnym. Wyd. Geol. 1983.
4. Guerra J.R. i in. – La caractere de la percolation dune roche depres les observations preamable faites pour de lecran detancheite. Int. Congr. Large Dams, 9-th, Istanbul T-1 1968.
5. Houlby A.C. – Routin interpretation of the Lugeon-water-test. Quart. Journ. Engeen. Geol. 1976 vol. 9 no 4.
6. Lancaster-Jones P.F.F. – The interpretation of the Lugeon-water-test. Ibidem 1975 vol. 8.
7. Liszkowski J., Stochlak J. (red.) – Szczelinowość masywów skalnych. Wyd. Geol. 1976.
8. Sabarly F. – Les injections et les drainage de fondation de barrages. Geotechnique 1968 vol. 18 no. 2.

SUMMARY

The method which involves pressing water through isolated intervals (zones) in boreholes is one of most often used in surveys on percolation properties of rock massifs in hydroengineering studies. The modified Lugeon water method of permeability measurements in rock massifs made it possible to obtain not only some arbitrary values of water absorption but also those characterizing water flow in fissures. The latter give information on fissures, their width, strike and degree of infilling.

РЕЗЮМЕ

В исследованиях фильтрационных свойств скалисто-го массива в водном строительстве чаще всего применяется метод нагнетания воды через изолированные зоны буровых скважин. Модифицированный метод Люжона исследования водопроницаемости массива делает возможным получение — кроме договорной величины — водопоглощаемости, также характеристики течения воды в трещинах, т.е. получение более точных данных касающихся трещин — их раскрытия, заполнения и распространения.