SŁAWOMIR ŁODZIŃSKI
Instytut Geologiczny

WODOCHŁONNOŚĆ I MOŻLIWOŚCI USZCZELNIENIA SKAŁ FLISZOWYCH W DOLINIE SANU NA S OD DYNOWA

UKD 556.332.2:627.823.471:551.263.23(438.24 San k. Dynowa)

Zachętą do podjęcia tego tematu był interesujący artykuł H. Niedzielskiego pt.: „Wodochłonność skał fliszowych w wybranych rejonach Karpat" *. Podobne badania w Dynowie, choć wykonane w 1953 r., mogą być wartościowym przyczynkiem, uzupełniającym i potwierdzającym w ogólnych zarysach wnioski wypływające z analizy wyników badań wodochłonności wykonanej przez tego autora dla ośmiu karpackich miejscowości. Metody badań były podobne i dlatego wyniki są porównywalne.

Oś projektowanej zapory została wytyczona w 1949 r. w miejscu zwężenia doliny Sanu, na S od Dynowa (ryc. 1). Jednak po stwierdzeniu osuwiska na prawym brzegu, projekt zmieniono przesuwając oś o 250 m w górę rzeki i oznaczając to miejsce jako alternatywę II. W 1951 r. przystąpiono do szczegółowych badań geologicznych, wyznaczając w dolinie dwa ciągi otworów wiertniczych mechaniczno-obrotowych na osi alternatywy II oraz prostopadle do niej w odległości 20—110 m od brzegu Sanu. Badania trwały do 1953 r.

CHARAKTERYSTYKA GEOLOGICZNA REJONU PROJEKTOWANEJ ZAPORY

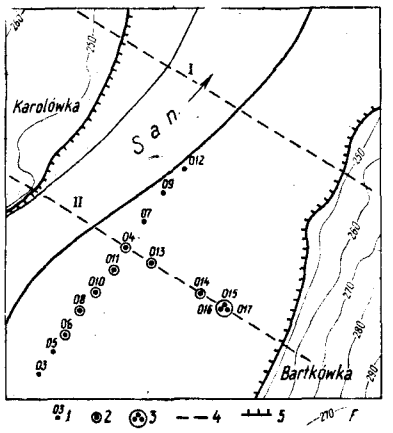
W dnie doliny występują piaszczysto-żwirowe utwory tarasowe podścielone fliszem, który tworzą warstwy górnokredowe-inoceramowe naprzemianległych piaskowców i łupków. Występują tu głównie piaskowce drobnoziarniste, podrzędnie średnioziarniste, poprzecinane uskokami i spękaniami przeważnie prostopadłymi. Większość spękań wypełnia kalcyt. Łupki są ilaste, miejscami pylaste. Na S od osi, w odległości około 300 m, występuje kontakt utworów górnokredowych z ilastymi utworami eoceńskimi. Na powierzchni terenu utwory przedczwartorzędowe tworzą nieliczne wychodnie, a odkryte są przeważnie w korycie Sanu.

W rejonie projektowanej zapory przebiega antyklina o kierunku NW-SE, której jądro wypełnione jest warstwami inoceramowymi wtórnie sfałdowanymi. Serie utworów inoceramowych kontaktują z pstrymi łupkami, te zaś z leżącymi powyżej warstwami hieroglifowymi. W obrębie antykliny stwierdzono małe zaburzenia w formie drobnych przesunięć oraz spękań. Skrzydło antykliny przechodzi ku SW łagodnie w synklinę wypełnioną warstwami krośnieńskimi.

BADANIA WODOCHŁONNOŚCI PODŁOŻA

Próby przeprowadzono strefami wstępującymi od dołu, po uprzednim odwierceniu otworów. Sposób ten, choć nie najlepszy, był jedynym możliwym do zastosowania. Najniższy nie zarurowany odcinek otworu poddawano próbie wodochłonności, następnie cementowano, rury podciągano odsłaniając ściany otworu, a gumową uszczelkę podciągano i zaciskano w wyższych partiach, w miejscu dogodnym dla jej założenia. Jeżeli w strefie osadzenia uszczelki

* Roczn. Pol. Tow. Geol. 1974, t. 44, z. 1.



Ryc. 1. Szkic sytuacyjny okolic Dynowa.
1 — otwór wiertniczy i jego numer, 2 — otwory z badaniami wodochłonności, 3 — otwory z badaniami cementochłonności, 4 — oś projektowanej zapory, 5 — krawędź doliny, 6 — izohipsa (wartość m nmp).

Fig. 1. Location sketch of the Dynów area.
1 — borehole and its number, 2 — boreholes in which absorptiveness was tested, 3 — boreholes in which cement absorptiveness was tested, 4 — axis of projected dam, 4 — valley margin, 5 — isohypse (in m a. s. l.).

przeważały łupki, nie można było jej zamocować, gdyż po zamocowaniu i wywołaniu ciśnienia „nie trzymała" i podchodziła ku górze. Dlatego badane odcinki były różnej długości, od 2 do 38 m. Wyniki prób wodochłonności, wykonane w poszczególnych otworach ilustruje ryc. 2.

Po próbie, każdorazowo po odkręceniu zaworów następował wypływ wody, dochodzący w niektórych przypadkach do 1/3 ilości uprzednio wpompowanej do strefy badanej. Woda początkowo wypływała gwałtownie, w miarę zaś upływu czasu odpływ stopniowo malał i zanikał. Reakcję tę można tłumaczyć samozaciskaniem łupków ilastych, które rozławicają się pod wpływem ciśnienia, po spadku zaś ciśnienia odprężają się wypychając wodę do góry. Następuje tu również zjawisko wyrównywania ciśnienia.

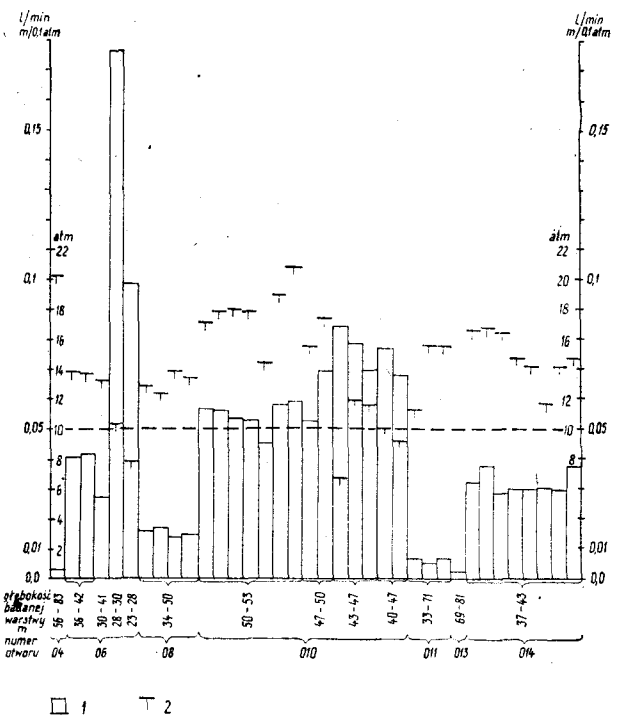
Podczas badań stwierdzono, że próby przeprowadzone na dłuższych odcinkach dają w efekcie bardzo niską chłonność jednostkową, gdy przy krótkich strefach chłonność jest duża. Prawdopodobnie spowodowane to jest przenikaniem wody w otaczające skały poniżej i powyżej badanego odcinka. Przepływ ten jest jednakowy przy strefach krótkich i długich.

W przypadku przeprowadzenia przed próbą długotrwałego pompowania przy niskim ciśnieniu (do 6 h przy ciśnieniu od 2 do 3 atm) i małej chłonności, w czasie próby stwierdzano małą ilość wchłoniętej wody. Zatem moment nasycenia podłoża wodą nastąpiłby prędko. Po tego rodzaju doświadczeniach następował zawsze bardzo obfity wypływ wody po odkręceniu zaworów.

Jako dopuszczalną chłonność wody na 1 m otworu przyjęto wg M. Lugeona 0,05 l/min/m/m**. W niektórych przypadkach ilość ta została przekroczona, co zarejestrowano na otworze nr 06, gdzie w czasie jednej z prób wyniosła ona 0,178 l/min/m/m. Przeprowadzone badania kontrolne na tym samym odcinku wykazały mniejszą chłonność, jednakże wyższą od ustalonej w kryterium Lugeona. Prawdopodobnie woda wciskana w badaną strefę uzyskała kontakt z tarasem żwirowym. Na podstawie badania wodochłonności stwierdzono, że skały poniżej 40—50 m od powierzchni terenu są szczelne, tzn. chłonność jednostkowa jest tak niska, że nie trzeba przeprowadzać żadnych uszczelnień. Twierdzenie to uzasadniają próby, które w niższych partiach wykazały chłonność 0,006, a czasem 0,0026 l/min/m/m, przy wysokim ciśnieniu od 17 do 26 atm (ryc. 2).

Wykonane badania (ryc. 3, 4) wskazują, że strefa wymaganej szczelności podłoża występuje nieregularnie. W przypadku korzystnego umocowania uszczelki, strefę szczelną stwierdzano już na głęb. 35 m. Wodochłonność jednostkowa powyżej tej strefy kształtuje się w granicach od 0,05 do 0,09 l/min/m/m. W strefie przypowierzchniowej nie można było zamocować uszczelki z powodu zawałów ścian; niekiedy po jej zamocowaniu następowała intensywna ucieczka wody, świadcząca o kontaktowaniu z wodami tarasu zalewowego.

** l/min/m otworu/0,1 atm.



Ryc. 2. Wykres chłonności podłoża.
1 — wodochłonność, 2 — ciśnienie wody uzyskane w czasie próby.

Fig. 2. Water absorptiveness of the substratum.
1 — water absorptiveness, 2 — water pressure in time of the test.

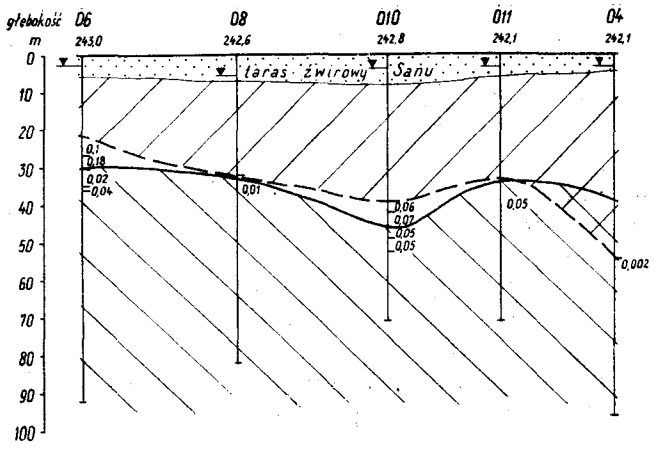
Wnioski z przeprowadzonych badań są następujące: przypowierzchniowa strefa, nie nadająca się do badań z powodu dużej ucieczki wody, obejmuje utwory tarasowe oraz około 2 m skalnego podłoża. Poniżej strefa do głębokości 18 m wykazuje chłonność q=0,18—0,16 l/min/ml/m. Warstwy występujące niżej są chłonne w małym stopniu, a na głębokości od 35 do 45 m chłonność jednostkowa kształtuje się poniżej kryterium Lugeona. Szczelność ta spełnia warunki wymagane przy posadowieniu zapór wodnych.

BADANIA NAD USZCZELNIENIEM PODŁOŻA

Po próbach wodochłonności wykonano badania cementacyjne w specjalnie do tego celu skośnie odwierconych (70 °) otworach wiertniczych nr 015, 016 i 017, zlokalizowanych w południowo-wschodnim rejonie osi zapory (ryc. 1, 4). Otwory rozmieszczono na wierzchołkach trójkąta o bokach 5 m. Warunki geologiczne były w tym miejscu bardzo skomplikowane, ze względu na strome ułożenie warstw oraz znaczną zmienność litologiczną. Cementację wykonywano od góry, po odwierceniu 5 m. Po zacementowaniu tego odcinka pod ciśnieniem około 2 atm i związaniu cementu, następowało przewiercenie strefy uszczelnionej i badanie wodochłonności. Próby cementacji i wodochłonności były każdorazowo powtarzane.

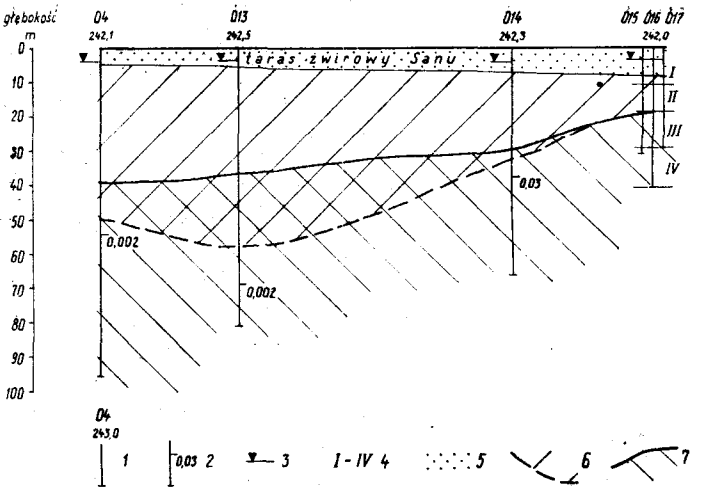
Na podstawie prób wodochłonności w otworach cementacyjnych (ryc. 4) można wysnuć następujące stwierdzenia:

I. Strefa przypowierzchniowa obejmuje taras żwirowy oraz około 2 m skał podścielających. Ma ona



Ryc. 3. Wodochłonność na osi wierceń.

Fig. 3. Water absorptiveness along the axis of boreholes.



Ryc. 4. Wodochłonność na osi zapory (alternatywa II).

Fig. 4. Water absorptiveness along the axis of projected dam (second alternative).

1 — otwór wiertniczy, jego numer i rzędna, 2 — wartość q l/min/m otworu/0,1 atm, uzyskana w czasie prób, 3 — zwierciadło wody, 4 — strefy badania cementochłonności, 5 — taras żwirowy Sanu, 6 — strefa, w której nie udało się wykonać badań wodochłonności, 7 — podłoże o q poniżej wymaganej szczelności 0,05 l/min/m/0,1 atm.

1 — borehole, its number and ordinate, 2 — value q l/min/m of borehole per 0.1 atm, established from tests, 3 — water table, 4 — zone studied for cement absorptiveness, 5 — gravel terrace of the San river, 6 — zone in which tests for water adsorptiveness have failed, 7 — substratum with value q lower than imperviousness required, i.e. lower than 0.05 l/min/m/0.1 atm.

dużą chłonność jednostkową i praktycznie nie nadaje się do badań wodochłonności. Cementację w tej strefie można rozpocząć po dokładnym poznaniu stosunków panujących w wodach gruntowych, a głównie po rozpoznaniu szybkości przepływu i ich kierunków. Strefa ta kwalifikuje się do usunięcia, w przypadku posadawiania zapory.

II. Strefa głębokości od ok. 10 do 18 m. Wykazuje ona chłonność jednostkową $q=0{,}18$ i 0,16. Po uszczelnieniu mieszaniną cementu z wodą w stosunku 1 : 2 i 1 : 1 (zużywając od 100 do 140 kg cementu na 1 m otworu) uzyskano poprawę warunków szczelności i q wyniosło: 0,07, 0,09, 0,07. Powtórna cementacja wykonana w tej strefie, przy tych samych warunkach, dała chłonność $q=0{,}04$ i 0,06 l/min/m/m. Dla uszczelnienia należy przewidywać znaczne (ok. 500 kg/m) ilości cementu.

III. Strefa głębokości od 18 do 28 m. Badania wykonano tylko w otworach nr 015 i 016, uzyskując wyniki $q=0{,}05$. Po cementacji (wtłoczono ok. 200 kg cementu na 1 m) chłonność jednostkowa poprawiła się do 0,04 l/min/m/m. Powtórna cementacja w tej strefie, tą samą ilością cementu, wykazała już bardzo małą chłonność 0,02 l/min/m/m. W ten sposób przy użyciu ok. 400 kg cementu na 1 m otworu można założyć, że chłonność jednostkowa będzie bliska granicy wymaganej szczelności.

IV. Strefa od głębokości 28 m badana była tylko w otworze nr 016 i tu chłonność jednostkowa wynosiła 0,02 l/min/m/m, natomiast po cementacjach, w których zużyto ok. 490 kg cementu na 1 m otworu (5800 kg cementu na 12 m otworu), uzyskano chłonność jednostkową 0,01 l/min/m/m.

Sumując powyższe można stwierdzić, że badania cementacyjne w strefie II nie doprowadziły do całkowitego uszczelnienia podłoża, jednak poważnie zmniejszyły jego chłonność. Należy przypuszczać, iż wtłoczenie ok. 500 kg cementu na 1 m otworu spowoduje pożądane uszczelnienie skał występujących w tej strefie. W strefie III powyższa ilość cementu w odpowiednim stopniu uszczelniła skały, natomiast w strefie IV obniżyła chłonność z 0,02 do 0,01 l/min/m/m. Po zakończeniu badań cementochłonnościowych nie wykonano wierceń kontrolnych, z powodu braku kredytów, dlatego nie uzyskano gwarancji, że użyte ilości cementu uszczelniły w dostatecznym stopniu podłoże w obszarze zawartym między otworami i nie ustalono zasięgu uszczelnienia.

SUMMARY

The investigations carried out in the San river valley show that the subsurface zone comprising gravel terrace and 2-meter section of Flysch rocks cannot be used for cementation works; and in the case of construction of dam foundation this layer should be removed. In order to seal up the deeper layer, to the depth of 18—20 m, 500 kg of cement is needed per one meter of borehole. At greater depths, according to Lugeon's criterion, impermeability was obtained after injection of 200 kg of cement per 1 meter of borehole. Naturally impermeable zone occurs at the depths 40—50 m.

РЕЗЮМЕ

По данным исследований в долине р. Сан констатировано, что близповерхностная зона, охватывающая гравелитовую террасу и 2 м флишевых пород, не пригодна для производства цементации и при основании плотины должна быть снята. Уплотнение глубже залегающих пород, до 18—20 м, требует около 500 кг цемента на 1 м скважины. Еще глубже плотность по критериям Лужона достигается при накачивании 200 кг цемента на 1 м скважины. Естественно плотная зона распространена на глубине 40—50 м.