

HALINA MAJZNER-RUŻKA

BADANIA MODELowe NAD OKREŚLENIEm EFEKTU HYDROIZOLACYJNEGO
ASFALTOWO-KAUCZUKOWYCH POWŁOK EMULSYJNYCH

Streszczenie. Wytypowane drogą badań laboratoryjnych w części I hydroizolacyjne powłoki asfaltowo-kauczukowe należało poddać badaniom modelowym celem określenia ich przydatności przy różnym usytuowaniu w stosunku do naporu wody. Badania takie wykonano, a ich wyniki zamieszczono w ramach niniejszej publikacji.

I. Wprowadzenie

Wytypowane na podstawie badań laboratoryjnych powłoki asfaltowo-kauczukowe poddano odpowiednim badaniom modelowym, na podstawie których można było określić ich przydatność w różnych warunkach geologiczno-górnicych.

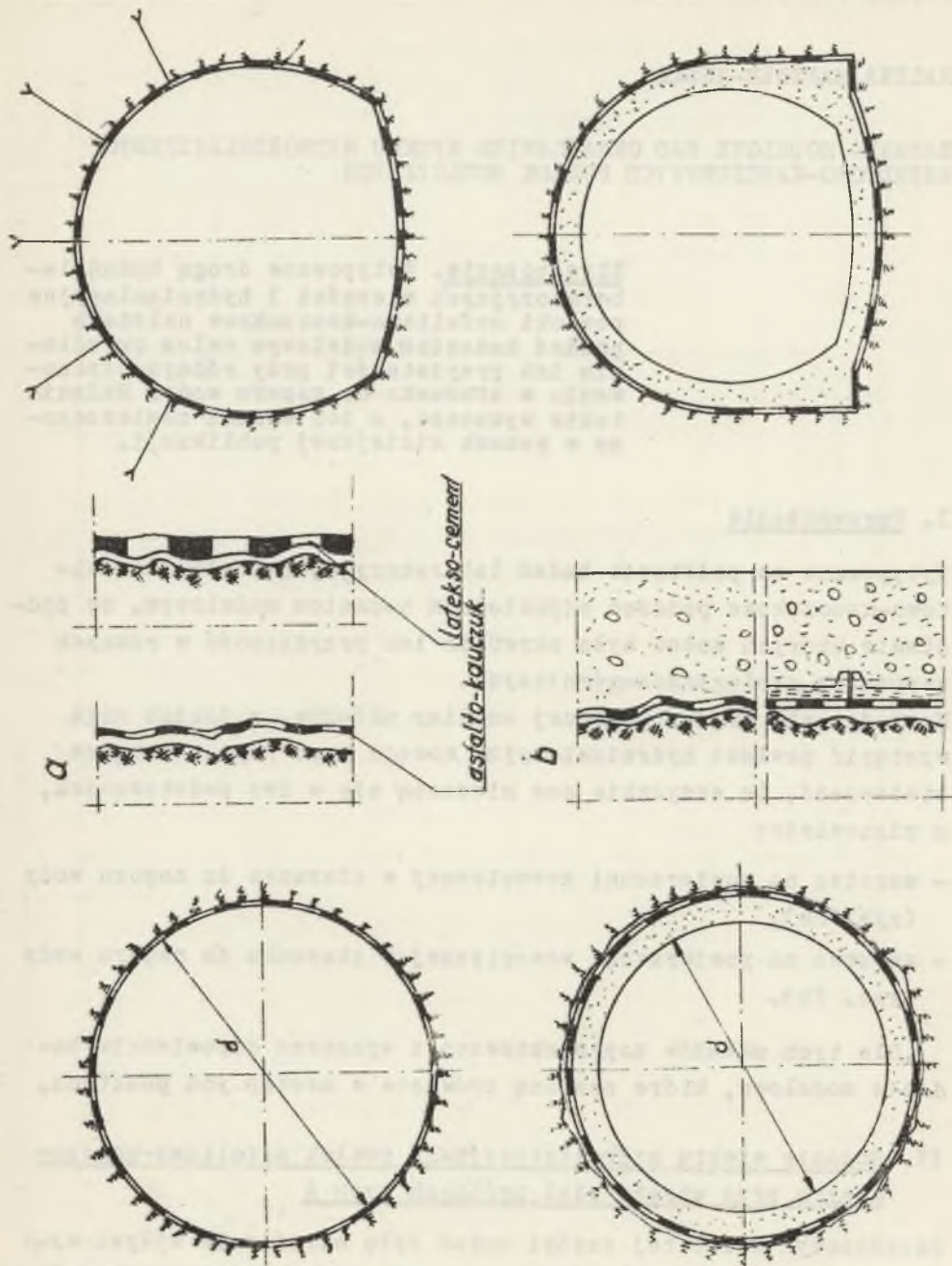
Na podstawie przeprowadzonej analizy układów, w jakich mogą wystąpić powłoki hydroizolacyjne nowego typu (rys. 1) można stwierdzić, że wszystkie one mieszczą się w dwu podstawowych, a mianowicie:

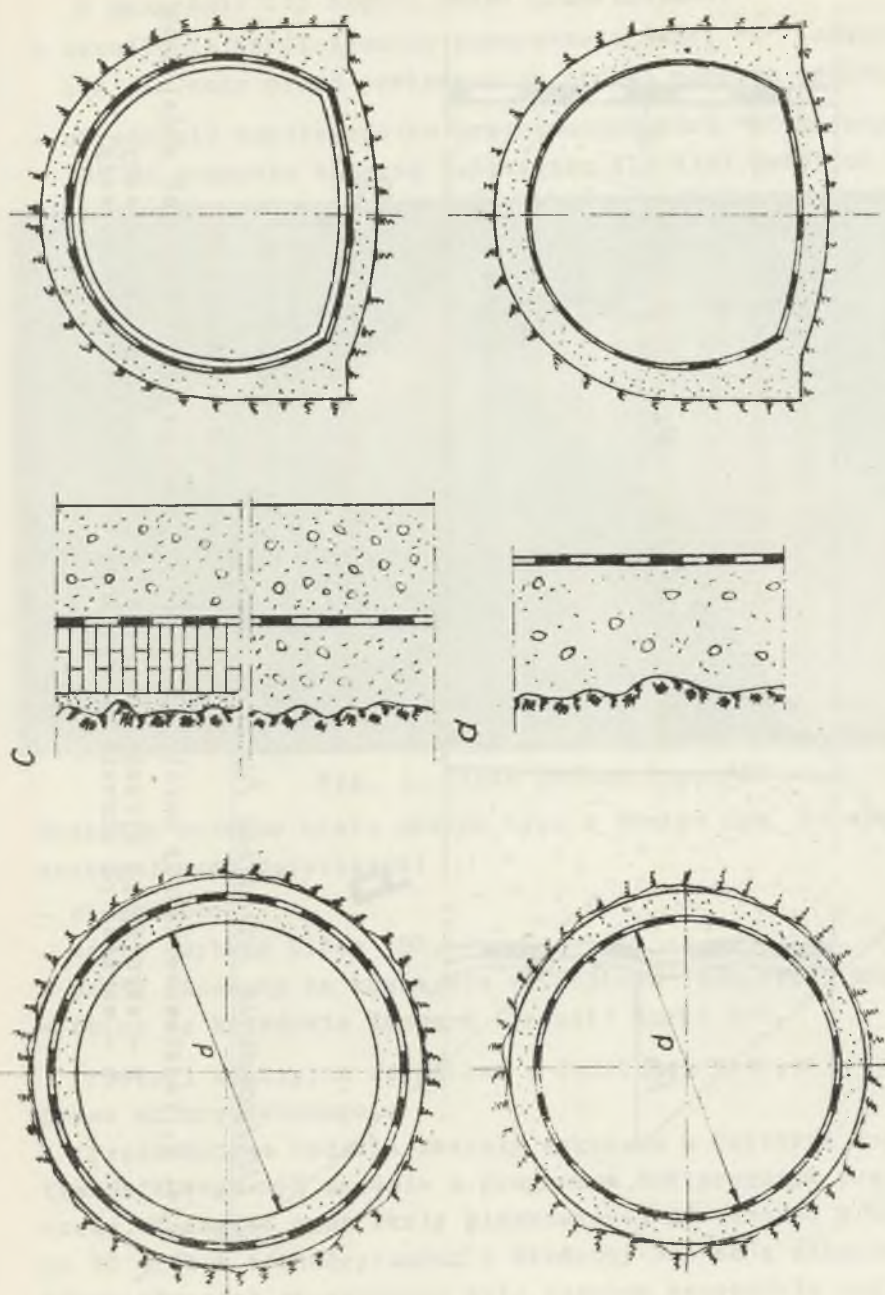
- warstwa na powierzchni zewnętrznej w stosunku do naporu wody (rys. 2a),
- warstwa na powierzchni wewnętrznej w stosunku do naporu wody (rys. 2b).

Dla tych układów zaprojektowano i wykonano odpowiednie badania modelowe, które zostaną omówione w następujących punktach.

II. Badanie efektu hydroizolacyjnego powłok asfaltowo-kauczukowych przy użyciu ciał próbnycH typu A

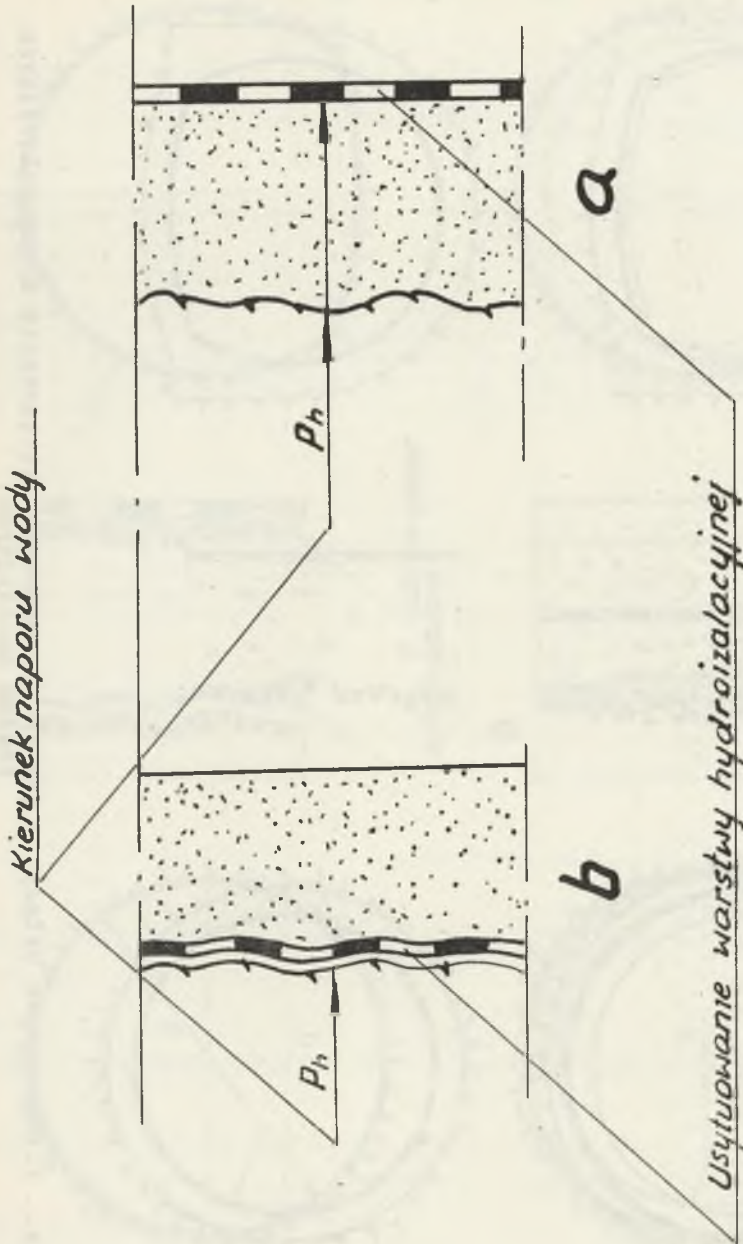
Zasadniczym celem tej części badań było określenie wpływu wytypowanych powłok emulsyjnych na bazie asfaltowo-kauczukowej na wodoprzepuszczalność górotworu i obudowy przy ich ułożeniu zewnętrznym w stosunku do naporu wody (rys. 2a).





Rys. 1. Podstawowe układy, w jakich przewidziano zastosowanie hydroizolacyjnych powłok emulsyjnych

a - hydroizolacja powłokowa górotworu, b - hydroizolacja obudowy układana wprost na górotwór lub na obudowę wstępną, c - hydroizolacja konstrukcji zespolonych obudowy, d - hydroizolacja w postaci powłoki ochronnej powierzchniowej

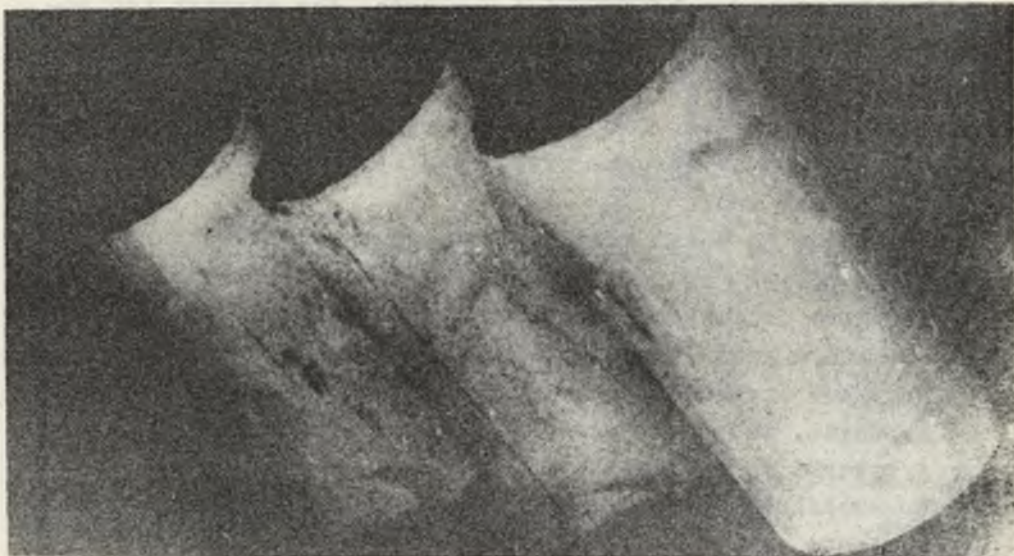


Rys. 2. Podstawowe układy warstw hydroizolacyjnych przyjęte do badań modelowych

- a – warstwa po stronie zewnętrznej w stosunku do naporu wody
- b – warstwa po stronie wewnętrznej w stosunku do naporu wody

W programie tej części badań przewidziano:

- określenie współczynnika przepuszczalności "k" badanych próbek dla wody przed powleczeniem próbki warstwą izolacyjną,
- określenie współczynnika przepuszczalności "k" badanych próbek po pokryciu warstwą izolacyjną dla ciał próbnych typu A.



Rys. 3. Ciała próbne typu "A"

Badaniom poddano ciała próbne typu A (walce rys. 3) wykonane z następujących materiałów:

- piaskowiec,
- cegła szybowa klasy 180,
- beton piaskowy na kruszywie naturalnym (pospółka) marki 200,
- beton na kruszywie łamanym (granit) marki 400.

Powłoki emulsyjne asfaltowe z dodatkiem 5,10,15 i 20% lateksu chloroprenowego.

Przedmiotowe badania zostały wykonane w Katedrze Kopalnictwa Naftowego AGH zgodnie z programem dostarczonym przez autorkę. Z cegieł oraz skały piaskowcowej odwiercono w Katedrze po 10 próbek cylindrycznych o średnicy 3,5 cm i długości 4-6 cm. Różne długości spowodowane były znaczną kruchością cegły i piaskowca, powodującą kruszenie się próbek w czasie odwiercania. Natomiast wszystkie próbki z betonów posiadały średnicę 3,6 cm i długość 5,1 cm.

Pomiar przepuszczalności wody dla każdej z próbek wykonywano dwa razy, a mianowicie przed i po powleczeniu próbki warstwą izolacyjną.

Jak wiadomo warunkiem prawidłowego wykonania pomiaru wodoprzepuszczalności skały porowatej (naturalnej bądź sztucznej), jest całkowite wypełnienie jej por wodą. Aby warunek ten został spełniony, każdorazowo przed pomiarem usuwano powietrze z por ciał próbnych, a następnie nasycano je wodą pod ciśnieniem atmosferycznym. Tak nasycone próbki, przeznaczone do badań umieszczone w komorze rdzeniowej aparatu do badania przepuszczalności skał.

Stosowaną do badań komorę rdzeniową z uszczelnieniem membranowym pomysłu dr inż. Wł. Dulińskiego, wykonaną w Katedrze Kopalnictwa Naftowego, pokazano na rys. 4.

Przed każdym pomiarem komorę rdzeniową oraz przewody dopływowe i odpływowe starannie odpowietrzono. Wydatki przepływu mierzono menzurką. Ciśnienie przed i za próbką P_1 i P_2 mierzono precyzyjnymi manometrami.

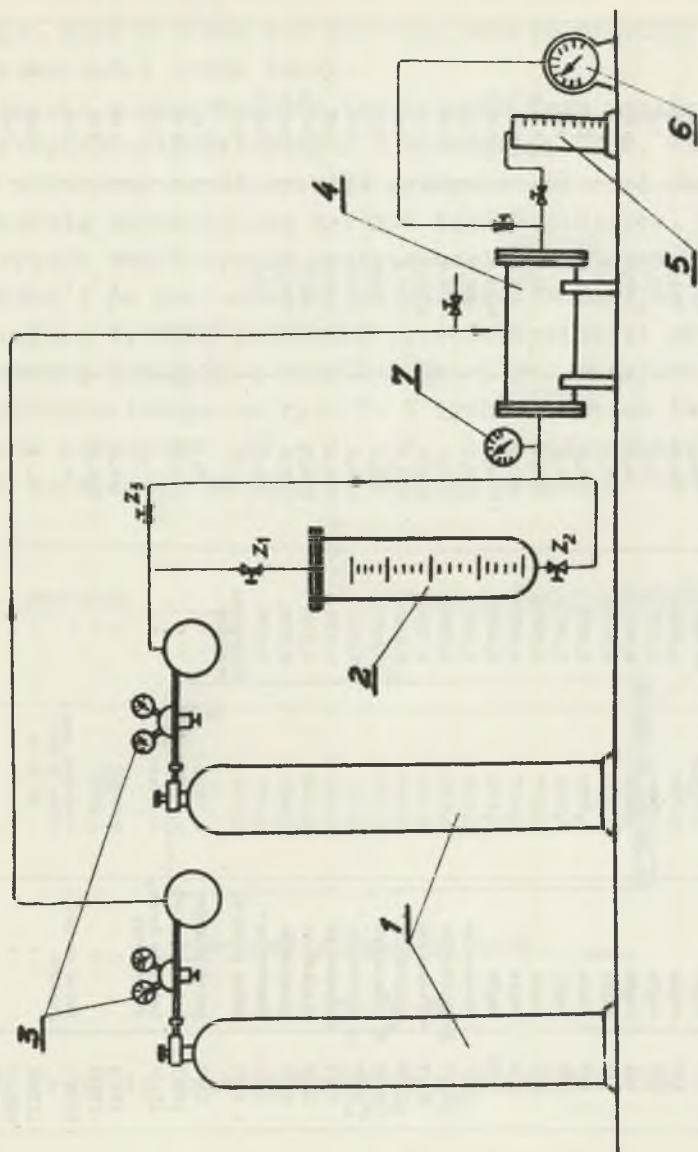
Przepuszczalność badanej próbki dla wody obliczano wg znanego wzoru:

$$k = \eta \frac{L \cdot Q}{F (P_1 - P_2)} \quad (d)$$

gdzie:

- k - współczynnik przepuszczalności (d)
- η - współczynnik lepkości dynamicznej wody (oP)
- F - powierzchnia przekroju próbki, przez którą odbywał się przepływ (cm²)
- P_1 - ciśnienie przed próbką (ata)
- P_2 - ciśnienie za próbką (ata)
- L - długość próbki
- Q - wydatek przepływu (cm³/sec.)

Maksymalna wartość ciśnienia P_1 stosowanego w czasie pomiarów wynosiła 9 ata, co zapewniało gradienty ciśnienia róż-



Rys. 4. Schemat do badania przepuszczalności powłok asfaltowo-kauczukowych pomyszu
dr inż. W. Dulińskiego (11) z uszeregowaniem pneumatycznym

1 - butla ze sprężonym powietrzem, 2 - butla z cieczą, 3 - reduktor, 4 - aparat
na rdzeń, 5 - menzurka, 6 - gazomierz, 7 - manometr precyzyjny

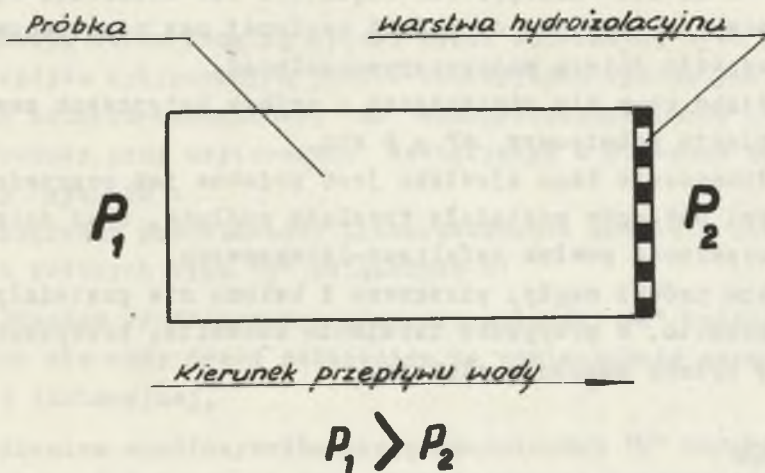
Tabela 1

Wyniki pomiarów współczynnika przepuszczalności badanych powłok asfaltowo-kamukowych dla ośmiu próbnych typów u_0

Seria nr prób-ki	Materiał próbki	Współczynnik przepuszczalności badanych próbek dla wody u_0 (d)		Wydatek przepływu wody Q_p dla $T=1 \text{ m}^2$ $L = 0,5 \text{ m}$ $P = 50 \text{ atm}$ t , /godz.		Skład powłoki w przeliczeniu na sub. suche kamukak.-asfalt.
		przed pokryciem próbek warstwą izol.	po pokryciu próbek warstwą izol.	przed pokryciem warstwą izolac.	po pokryciu warstwą izolac.	
I/1	cegła	0,0099	0,0061	356,0	220,0	119
I/2	cegła	0,0200	0,0094	720,0	340,0	119
I/3	cegła	0,0031	0,0021	112,0	76,0	119
I/4	cegła	0,0018	0,0016	64,8	57,0	119
I/5	cegła	0,0073	0,0070	263,5	252,0	218
I/6	cegła	0,0093	0,0056	334,0	199,0	218
I/7	cegła	0,0096	0,00855	346,0	307,0	218
I/8	cegła	0,0075	0,00210	270,0	76,0	0,519,5
I/9	cegła	0,0177	0,00560	422,0	202,0	0,519,5
I/10	cegła	0,3100	0,24000	1160,0	8600,0	0,519,5
II/1	piaskowiec	0,0240	0,0181	1220,0	615,0	119
II/1	piaskowiec	0,0850	0,0342	3050,0	1230,0	119
II/3	piaskowiec	0,1400	0,1250	5000,0	4500,0	119
II/4	piaskowiec	0,0960	0,0460	3450,0	1650,0	218
II/5	piaskowiec	0,0096	0,0082	345,0	295,0	218
II/6	piaskowiec	0,1121	0,0440	4030,0	1550,0	218
II/7	piaskowiec	0,0831	0,0324	3000,0	1160,0	218
II/8	piaskowiec	0,0440	0,0120	1580,0	430,0	1,518,5
II/9	piaskowiec	0,0425	0,0280	1525,0	1000,0	1,518,5
II/10	piaskowiec	0,0240	0,0088	860,0	312,0	1,518,5
Ib/1	beton piaskow.	0,00021	nieprzepuszczalny	7,5	-	218
Ib/2	beton piaskowy	0,00016	"	5,75	-	218
Ib/3	beton piaskowy	0,000058	"	2,20	-	218
Ib/4	beton na krusz. otoczakoway	nieprzep.	"	-	-	218
Ib/2	"	0,0029	"	110,0	-	218
Ib/3	"	0,0116	"	400,0	-	218
IIb/4	beton na krusz. żelaznym	nieprzep. przy ciśn. 9 atm	"	-	-	218
IIb/2	"	"	"	-	-	218
IIb/3	"	"	"	-	-	218
IIb/4	"	"	"	-	-	218

niowego, przy których nie zostały jeszcze przekroczone granice stosowalności prawa Darcy.

Dla kontroli przeprowadzono każdorazowo trzy pomiary współczynnika przepuszczalności każdej z badanych próbek. Na ich podstawie obliczono współczynniki przepuszczalności danej próbki jako średnią arytmetyczną wyników trzech pomiarów. Obliczony w ten sposób współczynnik przepuszczalności badanych ciał próbnych przed i po powleczeniu ich warstwą izolacyjną przedstawiono w tabelicy 1. Przy pomiarach przepuszczalności próbek pokrytych warstwą izolacyjną kierunek przepływu przyjmowano wg schematu przedstawionego na rys. 5. W tych warunkach istniejące ciśnienie różnicowe $\Delta P = P_1 - P_2$ było czynnikiem usiłującym oderwać warstwą izolacyjną od calizny próbki.



Rys. 5. Przyjęty schemat badawczy w przypadku ciał próbnych typu "A"

Wyniki badań

Komplet wyników badań po opracowaniu i przeliczeniach przedstawiono w tabelicy 1. Jak widać z powyższej tabelicy, wodoprzepuszczalność próbek z piaskowca nie pokrytych warstwą izolacyjną jest znacznie większa niż u próbek z cegły, a ta z kolei wyższa od próbek betonowych.

Te ostatnie w większości przypadków były nieprzepuszczalne dla wody, mimo stosowania ciśnienia różnicowego $\Delta P = 8 \text{ atn}$, co dawało w efekcie gradient ciśnienia:

$$\nabla P = 1,6 \text{ at/1 cm}$$

Zjawisko dużej szczelności próbek betonowych tłumaczy się dokładnym wykonaniem laboratoryjnym tegoż betonu z odpowiednim zawibrowaniem.

- Stosowane w czasie pomiarów gradienty ciśnienia różnicowego $\nabla P = 1,6 \text{ at/1 cm}$ są stosunkowo duże. Dla uzyskania takiego gradientu ciśnienia działającego np. na obudowie szybu przy złożonej grubości 50 cm konieczne byłoby przyłożenie ciśnienia 80 atn.
- W czasie pomiarów stwierdzono, że przy ciśnieniu różnicowym $\Delta P = 2 \text{ do } 8 \text{ atn}$ następowało częściowe lub całkowite oderwanie warstwy izolacyjnej od próbki ceglanej czy piaskowcowej, co powodowało dalszą wodoprzepuszczalność. Zjawiska tego nie stwierdzono u próbek betonowych nawet przy ciśnieniu różnicowym $\Delta P = 8 \text{ atn}$. Wytłumaczenie tego zjawiska jest podobne jak poprzednie. Próbki betonowe posiadały trwalsze podłoże, stąd dobra przepuszczalność powłok asfaltowo-lateksowych. Badane próbki cegły, piaskowca i betonu nie posiadały spękań i szczelin. W przypadku istnienia szczelin, przepuszczalność wody byłaby znacznie większa.

Wnioski

W oparciu o uzyskane w tej części wyniki badań można wysunąć następujące wnioski:

- zastosowane w trakcie badań (wytypowane) emulsyjne powłoki wykonane z asfaltu-kauuczuku metodą natrysku, ułożone wg schematu (rys. 2a) nie dają gwarancji wodonieprzepuszczalności górotworu czy obudowy,
- uzyskany efekt hydroizolacyjny badanych powłok jest uzależniony nie tylko od składu natryskowanej mieszanki lecz także

i to w szczególności od jakości podłoża, a więc materiału ośrodka izolowanego,

- przepuszczalność wykonanych prawidłowo powłok tego typu do podłoża waha się w granicach 1-6 kg/cm²,
- najlepszy efekt hydroizolacyjny przy badanym układzie uzyskano w przypadku próbek betonowych, jednakże stwierdzenie jego wielkości wymaga zastosowania w przedmiotowych badaniach wyższych gradientów ciśnienia różnicowego dochodzących do $\nabla P = 5 \text{ at/1cm}$ na co nie zezwala zastosowana aparatura.

III. Badania modelowe nad określeniem efektu hydroizolacyjnego wytypowanych powłok asfaltowo-lateksowych przy użyciu ciał próbnych typu B

Podstawowym celem drugiej części badań modelowych było określenie wpływu wytypowanych powłok emulsyjnych wykonanych z mieszaniny asfalto-kauczukowej na wodoprzepuszczalność górotworu i obudowy przy usytuowaniu wewnętrznym w stosunku do naporu wody (rys. 2b).

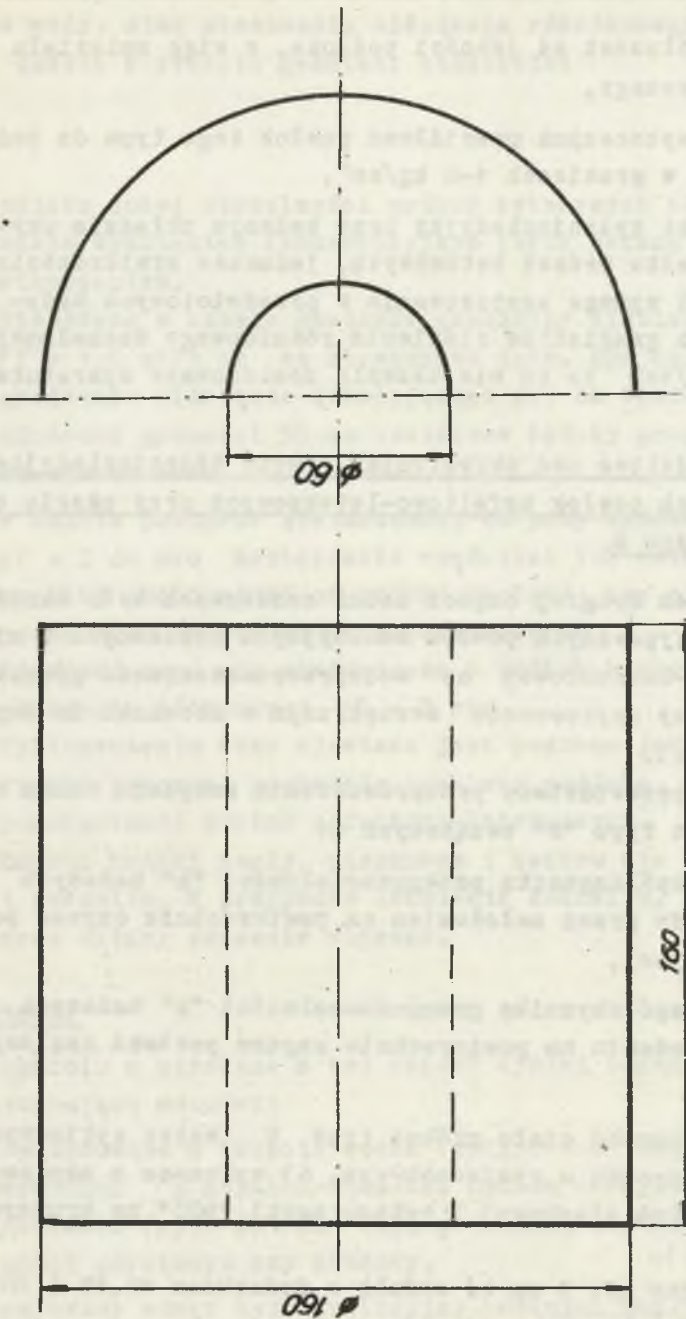
W programie przewidziano przeprowadzenie kompletu badań na ciałach próbnych typu "B" związanych z:

- określeniem współczynnika przepuszczalności "k" badanych próbek dla wody przed nałożeniem na powierzchnie czynne powłoki izolacyjnej,
- określeniem współczynnika przepuszczalności "k" badanych próbek po nałożeniu na powierzchnie czynne powłoki izolacyjnej.

Badaniom poddawano ciała próbne typu B (walce cylindryczne z otworem w środku o wymiarach rys. 6) wykonane z zaprawy marki "200" (beton piaskowy) i betonu marki "400" na kruszywie łanonym (granit).

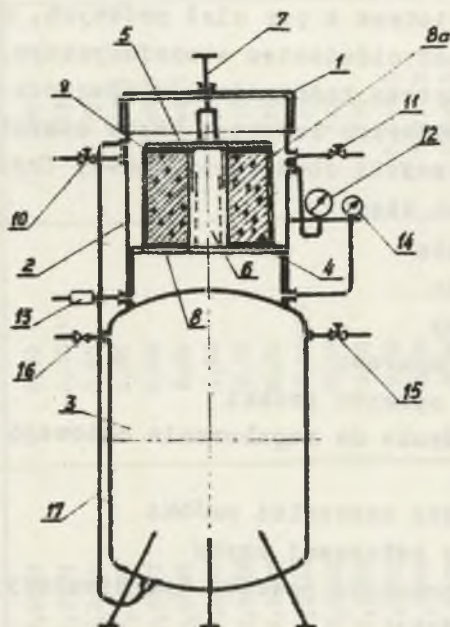
Powłoki emulsyjne gr. 3 mm to asfalt z dodatkiem 10,15 i 20% kauczuku chloroprenowego.

Przedmiotowe badania zostały przeprowadzone w Katedrze Budownictwa Podziemnego Kopalń - Wydziału Górniczego pod nadzo-



Rys. 6. Ciało próbne typu "B"

rem autora. Do badań wykorzystano aparaturę pomysłu i konstrukcji doc. dr inż. M. Chudka (rys. 7) przystosowaną do oznaczania wodoprzepuszczalności skał i modeli obudowy betonowej szybów.



Rys. 7. Przekrój przez aparat do badania przepuszczalności modeli obudowy pokrytych warstwą izolacyjną pomysłu doc. dr inż. M. Chudka

Za wykorzystaniem do badań tej aparatury przemawiały zarówno trudności na jakie napotymano przy oznaczaniu współczynnika przepuszczalności "k" próbek betonowych (część pierwsza badań) jak i przewidywane lepsze walory hydroizolacyjne powłok w badanym układzie. Oznaczenie potrzebnych parametrów dla poszczególnych modeli obudowy betonowej szybu (rys. 6) dokonano przy ciśnieniu wody do 15 atm przy maksymalnych wymiarach ciał próbnych:

- średnicy zewnętrznej 160 mm,
- średnicy wewnętrznej 60 mm,
- wysokości " " 160 mm.

Pomiar przepuszczalności wody dla każdej z próbek wykonano dwa razy, a mianowicie przed i po powleczeniu próbki warstwą izolacyjną.

Podobnie jak w przypadku części I doświadczeń, przed pomiarem usuwano powietrze z por ośi próbnych, a następnie nasycono je wodą pod ciśnieniem atmosferycznym. Tak przygotowane próbki umieszczono każdorazowo w aparacie do badań przepuszczalności i poddawano badaniu. Użyty aparat do badania przepuszczalności modeli obudowy betonowej (rys. 7) składał się z następujących części:

- 1 - pokrywa aparatu
- 2 - korpus aparatu
- 3 - zbiornik wodny
- 4 - dolna płytką oporową
- 5 - górna płytką oporową próbki
- 6 - perforowana śruba do regulowania osiowego nacisku na próbkę
- 7 - śruba dociskowa uszczelki próbki
- 8 - model obudowy betonowej szybu
- 8a - asfaltowo-kauczukowa powłoka hydroizolacyjna
- 9 - uszczelki próbki
- 10 - zawór dopływu wody do pompy
- 11 - zawór do regulacji ciśnienia wody w korpusie aparatu
- 12 - manometr pomiaru ciśnienia wody działającej na próbkę
- 13 - licznik wodny
- 14 - manometr pomiaru ciśnienia wody, która przepłynęła przez badaną próbkę
- 15 - zawór powietrzny
- 16 - zawór wodny
- 17 - rurki wodne.

Dla uzyskania odpowiedniej dokładności pomiaru ilości wody przepływającej przez badane modele, pomiary wykonano za pomocą wyskalowanej menzurki.

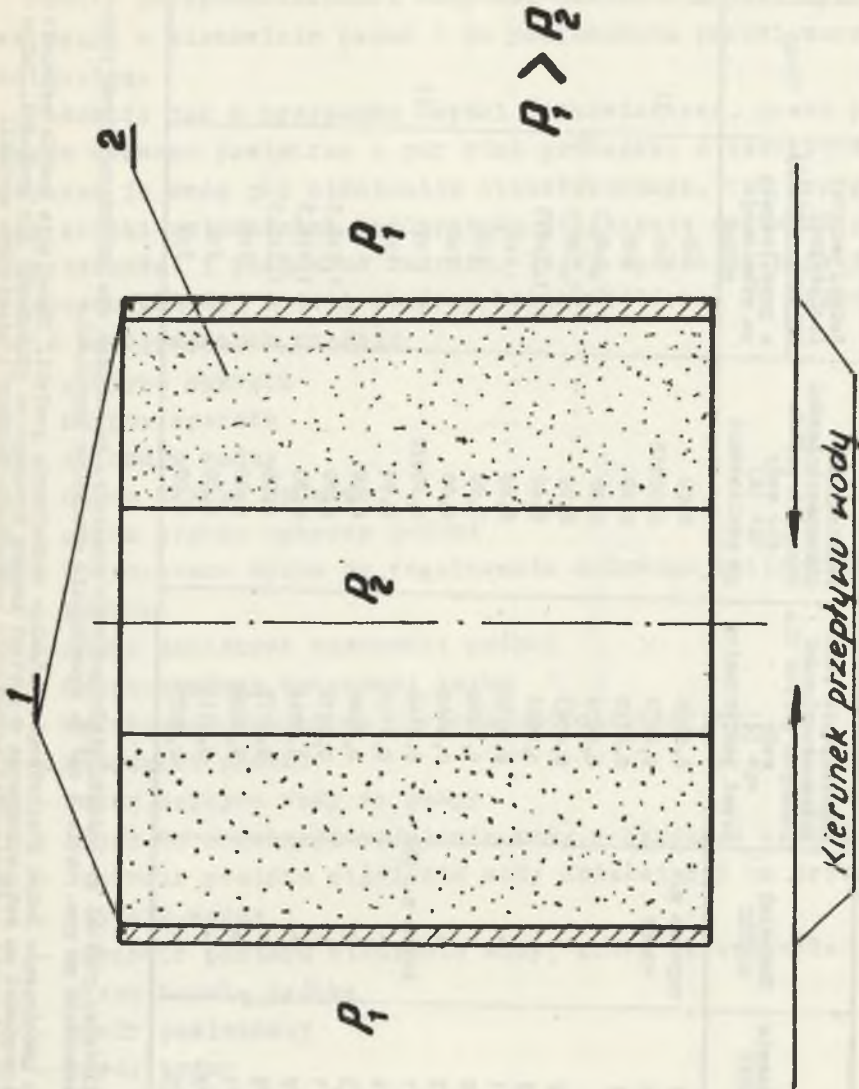
Ciśnienie na zewnątrz P_1 i wewnątrz P_2 próbki mierzono precyzyjnymi manometrami.

Tablica 2
Wyniki pomiarów współczynnika przepuszczalności badanych powłok asfaltowo-kamrusukowych dla ciał próbnych typu "B"

Lp.	Oznaczenie próbki	Materiał próbki	Współczynnik wodoprzepuszczalności badanych próbek dla wody "k" (d) przed powleczeniem	Współczynnik przepuszczalności badanych próbek dla wody "k" (d) po powleczeniu	Rodzaj warstwy izolacyjnej kruszywa--asfalt.		Uwagi
					w przeliczeniu na substancję suchą		
1	P-10/1	zaprawa m.	0,0095	0,00	1:9		1)
2	P-10/2	"200"	0,0074	0,00015	1:9		
3	P-10/3	"	0,0110	0,00	1:9		
4	P-15/1	"	0,0034	0,00	1,5:8,5		
5	P-15/2	"	0,0093	0,00	1,5:8,5		
6	P-15/3	"	0,0046	0,00	1,5:8,5		
7	P-20/1	"	0,0052	0,00	2:8		
8	P-20/2	"	0,0068	0,00	2:8		
9	P-20/3	"	0,0049	0,00	2:8		
10	B-10/1	beton m. 400	0,0144	0,00022	1:9		2)
11	B-10/2	"	0,0108	0,00	1:9		
12	B-10/3	"	0,0084	0,00	1:9		
13	B-15/1	"	0,0072	0,00	1,5:8,5		
14	B-15/2	"	0,0044	0,00	1,5:8,5		
15	B-15/3	"	0,0079	0,00	1,5:8,5		
16	B-20/1	"	0,0089	0,00	2:8		
17	B-20/2	"	0,0111	0,00	2:8		
18	B-20/3	"	0,0037	0,00	2:8		

Uwagi: 1) Oględziny powłoki po badaniu ciała próbnego wykazały, że została ona zniszczona (brak przyczepności) na pow. około 2 cm² co spowodowało minimalne przecieki.

2) Po zakończeniu badań stwierdzono minimalne uszkodzenia powłoki. Przecięcie modelu wykazało iż posiadał on wadę wykonaną w postaci kanału drożnego na głębokości 2/3 grubości. Załamania skorupki nadlepijącej spowodowało uszkodzenie powłoki i niewielkie wycieki.



Rys. 8. Przyjęty schemat badawczy w przypadku ciał próbných typu "B"

Przepuszczalność badanej próbki dla wody obliczono wg wzoru podanego w części II.

Maksymalna wartość ciśnienia P stosowanego w czasie pomiarów wynosiła 15 atn, co zapewniło przy założonych wymiarach ciał próbnych gradienty ciśnienia różnicowego, przy których nie zostały jeszcze przekrozone granice stosowalności prawa Darcy. Taka wysokość założonego ciśnienia, przy której badane ciała próbne podyktowana została szczególnie trudnymi warunkami pracy budowy w szybie, gdzie ciśnienie wody dochodzi w niektórych przypadkach do 40 atn.

Dla kontroli przeprowadzono każdorazowo trzy pomiary współczynnika przepuszczalności badanych próbek. Na ich podstawie obliczono współczynniki przepuszczalności danej próbki jako średnią arytmetyczną wyników trzech pomiarów. Obliczone w ten sposób współczynniki przepuszczalności badanych ciał próbnych przed i po powleczeniu ich warstwą izolacyjną zamieszczono w tablicy 2.

Przy pomiarach przepuszczalności ciał próbnych pokrytych warstwą izolacyjną kierunek przepływu przyjmowano wg schematu przedstawionego na rys. 8. W tych warunkach istniejące ciśnienie różnicowe było czynnikiem usiłującym docisnąć do podłoża warstwę izolacyjną próbki, poprawiając tym samym efekt hydroizolacyjny.

Wyniki badań

Komplet uzyskanych wyników dotyczących drugiej części badań modelowych zamieszczono w tablicy 2.

Na podstawie uzyskanych danych można stwierdzić, że mimo znacznej rozbieżności marek badanych betonów, współczynnik ich wodoprzepuszczalności jest zbliżony. Zauważono natomiast znaczne wahania współczynnika "k" dla tej samej marki spowodowane zapewne warunkami wykonawczymi.

Całość badań wykazała, że współczynnik wodoprzepuszczalności badanych betonów jest niewielki, mimo stosowania ciśnienia różnicowego $\Delta P = 15$ atn, co dawało w efekcie gradient ciśnienia

$$\nabla P = \frac{15 - 0}{5,0} = 3,0 \text{ at/1 cm}$$

Zjawisko to występujące już w pierwszej części badań modelowych zostało wytłumaczone dokładnym laboratoryjnym wykonaniem ciał próbnych.

Stosowane w czasie badań gradienty ciśnienia różnicowego $\nabla P = 3,0 \text{ at/1 cm}$ są stosunkowo bardzo duże. Dla uzyskania tegoż gradientu ciśnienia działającego na obudowę szybu przy założeniu grubości 40 cm konieczne byłoby przyłożenie ciśnienia w wysokości ok. 92 atm.

Po założeniu powłoki hydroizolacyjnej współczynnik wodoprzepuszczalności "k" badanych ciał próbnych zmalał w większości przypadków do zera. Stwierdzone dwa przypadki pewnych niewielkich nieszczelności były spowodowane niedokładnością wykonania pokrycia bądź samego modelu.

Wnioski

Uzyskane wyniki przeprowadzonych w części II badań modelowych z ciałami próbnymi typu B pozwalają na wysunięcie następujących wniosków:

- Powłoki emulsyjne z mieszanin asfalto-lateksowych, wykonane metodą natrysku dają znacznie wyższy efekt hydroizolacyjny przy ułożeniu wg schematu rys. 2b.
- Właściwie wykonane na monolitycznym podłożu, dają gwarancję pełnej wodonieprzepuszczalności (w istniejących warunkach dołowych).
- Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na podniesienie efektu hydroizolacyjnego jest jakość wykonania tzw. przygotowanie podłoża oraz nałożenie samej powłoki.
- Z wytypowanych mieszanek emulsji na podstawie przeprowadzonych badań modelowych nie można wyróżnić żadnej. Każda z nich nałożona prawidłowo zdała egzamin. O ostatecznym wyborze zadecyduje zespół czynników technicznych oraz względy ekonomiczne.
- Wyniki badań modelowych pozwoliły na wytypowanie najodpowiedniejszych obiektów dla przeprowadzenia prób półprzemysłowych i przemysłowych.

Резюме

Намеченные в I части на пути лабораторных исследований гидроизоляционные обмазки асфальто-каучуковые подвергались модельным испытаниям, чтобы определить их пригодность в разных местоположениях по отношению к воде.

Эти исследования сделано, а результаты помещено ниже.

Summary

After laboratory investigations the chosen in part I hydroisolated asphalt-caoutchouc coats should have been put to modeling tests, to state their usefulness in different positions in relation to pressure water. The results of these tests are described in this publication.