

Marcin Borecki, Mirosław Chudek  
Włodzimierz Olaszowski

ZAKRES PROBLEMATYKI NAUKOWO-BADAWCZEJ  
REPREZENTOWANEJ W INSTYTUCIE PROJEKTOWANIA BUDOWY KOPALNI  
I OCHRONY POWIERZCHNI

Instytut Projektowania Budowy Kopalni i Ochrony Powierzchni Wydziału Górniczego Politechniki Śląskiej powstał na mocy Uchwały Senatu Uczelni rozpoczynając swą działalność w dniu 1.10.1971 r.

Bazę dla nowoutworzonego Instytutu stanowiła dawna Katedra Budownictwa Podziemnego Kopalni oraz inne jednostki Organizacyjne Wydziału Górniczego tj. część Katedr: Geologii i Hydrogeologii Złóż, Geodezji i Ochrony Powierzchni oraz Zespół Projektowania Kopalni. W chwili obecnej w skład Instytutu wchodzi dwa Zakłady: Inżynierii Górniczej w Filii Politechniki w Dąbrowie Górniczej oraz Geologii i Hydrogeologii Złóż łącznie z Laboratorium Petrografii Technicznej i Geologii Stosowanej oraz Muzeum Geologiczne. Ponadto w Instytucie powołane zostały trzy Zespoły naukowo-dydaktyczne, a mianowicie: Zespół Mechaniki Górnotworu, Budownictwa Podziemnego i Ochrony Powierzchni z Laboratoriami: Mechaniki Górnotworu i Ochrony Powierzchni oraz Projektowania i Budowy Kopalni; Zespół Projektowania Kopalni oraz Zespół Materiałoznawstwa Górniczego.

Dokonane zmiany organizacyjne pociągnęły za sobą rozszerzenie problematyki prac naukowo-badawczych do kompleksowego ujęcia zagadnień ściśle związanych z projektowaniem i budową zakładów górniczych wraz z ochroną środowiska w obszarach objętych działalnością górniczą. Bowiem w okresie intensywnego unowocześniania polskiego górnictwa, dynamicznego wzrostu wydobycia kopalin i wydajności, tylko taki organizm ma szansę podjęcia badań naukowych o wężkowej dla kraju problematyce i tylko taka jednostka naukowa daje gwarancję pełnego wykorzystania bazy materiałowo-badawczej.

Do podstawowych zagadnień rozwiązywanych w Instytucie należy zaliczyć prace wchodzące w zakres problemów pt.: "Zwalczanie zawałów oraz zagrożeń wodnych i gazowych w kopalniach głębinowych". Pracownicy Instytutu PBKiOP opracowują w problemie tym takie tematy jak:

- Określenie wpływu czynników geologiczno-górnicznych na zagrożenie obwałami wyrobisk chodnikowych,
- Opracowanie zasad optymalnego doboru obudowy dla wyrobisk kapitalnych,
- Zwalczanie zagrożeń wodnych złóż soli,

które warunkują dalszy rozwój górnictwa polskiego, a nawet niektórych jego gałęzi w świecie.

Niemniej istotnymi i ważnymi są tematy naukowo rozwiązywane w ramach problemów resortowych pod niżej wymienionymi tytułami:

- Rozwiązywanie technologii wybierania filarów szybowych w warunkach różnego nachylenia pokładów z uwzględnieniem zabezpieczenia rury szybowej,
- Kompleksowa analiza deformacji powierzchni górotworu wywołanych eksploatacją górniczą i ich wpływ na obiekty powierzchniowe,
- Opracowanie wariantów perspektywicznych modeli techniczno-organizacyjnych górnictwa węglowego "Polska 2000".

Powyższe zestawienie problematyki badawczej świadczy najwyraźniej o roli Instytutu jako jednostki naukowej, jak również rzutuje na systematyczną specjalizację jego kadry przez aktywne i kompleksowe podejmowanie ważnych dla narodowej gospodarki problemów w obecnej pięcioletce. Oczywiście rozpoczęcie badań naukowych na szeroką skalę byłoby niemożliwe bez nowoczesnej bazy materiałowo-badawczej w postaci laboratoriów i pracowni naukowych wyposażonych w stacje i stanowiska badawcze oraz aparaturę pomiarową. Krótka charakterystyka najważniejszych stoisk naukowych i urządzeń pomiarowych umożliwi w sposób syntetyczny omówić zakres problematyki badawczej reprezentowanej przez Instytut. Realizacja prac badawczych w Instytucie następuje jednocześnie w drodze badań:

- kopalnianych,
- laboratoryjnych,
- oraz badań eksperymentalnych polegających na modelowaniu, łączonych z teoretyczną analizą zjawisk.

Podstawowe znaczenie w tych badaniach posiadają prace dotyczące rozpoznania własności skał górotworu oraz jego cech jako kompleksu skał stanowiących środowisko górnicze. Prowadzone badania wraz z opracowywanymi metodami pomiarowymi dotyczą następujących kierunków:

- a) badań fizykomechanicznych własności skał w połączeniu z ich własnościami petrograficznymi,
- b) badań własności masywu górotworu otaczającego wyrobiska jako kompleksu skał,
- c) badań zachowania się górotworu w otoczeniu wyrobisk górniczych w celu śledzenia przebiegu zjawisk: ruchów skał do wyrobisk, wewnętrznego rozkładu ciśnień, wpływów wyrobisk górniczych na powierzchnię i górotwór,
- d) badań w zakresie oddziaływań skał na obudowę wyrobisk górniczych, pomiarów sił i obciążeń obudowy,
- e) badań w zakresie zwalczania zagrożeń od górotworu, np. od tupań, nagłych obwałów itp.

## 1. Urządzenia do badania parametrów wytrzymałościowych skał

Wśród urządzeń służących do badań własności wytrzymałościowych skał na wyróżnienie i szczególniejsze omówienie zasługują dwa niżej przedstawione przyrządy, są nimi:

- młotek odbojny służący do pomiarów w dnie otworu wiertniczego,
- urządzenie do badań wytrzymałościowych kompleksu skał górotworu przez ścinanie wzdłuż powierzchni otworów wiertniczych.

Młotek odbojowy rys. 1 służy do określania wielkości wytrzymałości na ścisnięcie oraz modułu sprężystości skał w górotworze w złożonym stanie naprężeń oraz w stanie odprężonym. Zadaniem urządzenia jest bezpośredni pomiar energii sprężystego odbicia i miażdżenia skał w dnie otworu wiertniczego wykonanego w badanym górotworze. Sam pomiar badanych wielkości różni się od obecnie znanych, np. podczas badań przy pomocy młotka odbojnego w powierzchniach wyrobisk i polega na pomiarze energii sprężystego odbicia małego bijaka 1 i energii miażdżenia pod wpływem uderzenia bijaka dużego 2. Z przygotowanych tablic cechowania urządzenia określa się mierzone wielkości wytrzymałościowe.

Pomiar można wykonywać bądź w płaszczyźnie dna otworu, bądź na powierzchni wyciętego na dnie otworu odprężonego rdzenia skalnego, uzyskując tym sposobem informację na temat panującego w górotworze stanu naprężeń.

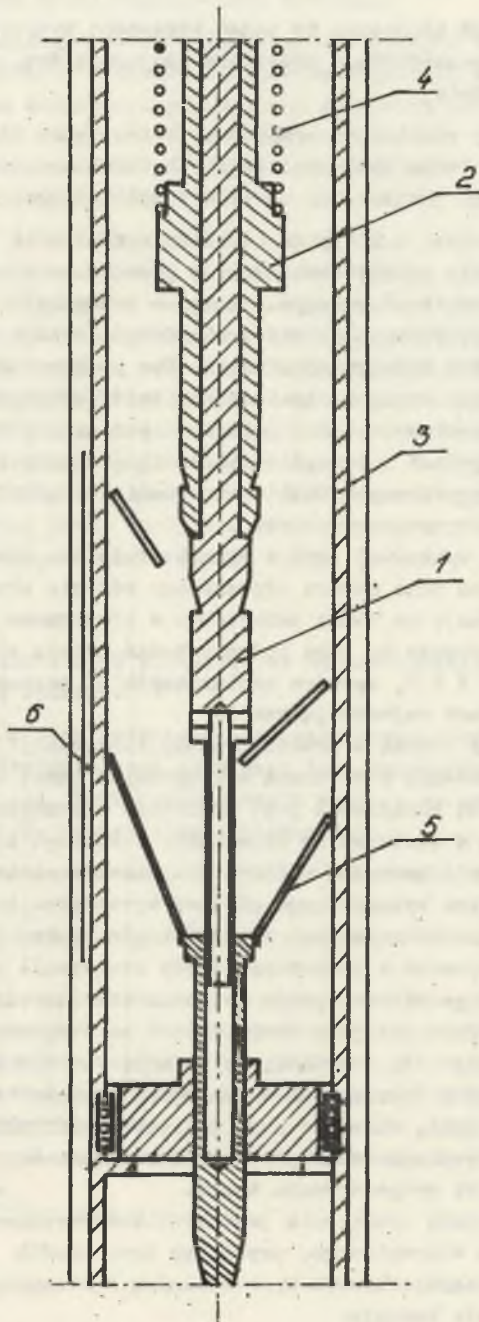
Urządzenie służące do tego rodzaju badań składa się z obudowy 3 wspomnianych bijaków 1 i 2, sprężyn napinających 4, mechanizmów wyzwalających 5 oraz mechanizmów rejestrujących 6.

Małe gabaryty młotka o przedstawionej konstrukcji pozwalają na jego powszechne stosowanie w otworach wykonywanych nawet wiertarką ręczną. Ponadto dużą zaletą urządzenia jest możliwość prowadzenia badań górotworu z wyprzedzeniem w stosunku do wyrobiska, z którego prowadzi się pomiary. Pozwala to na wyjątkowo szczegółowe rozpoznanie lokalnych warunków w górotworze w miejscu wykonywanego później wyrobiska.

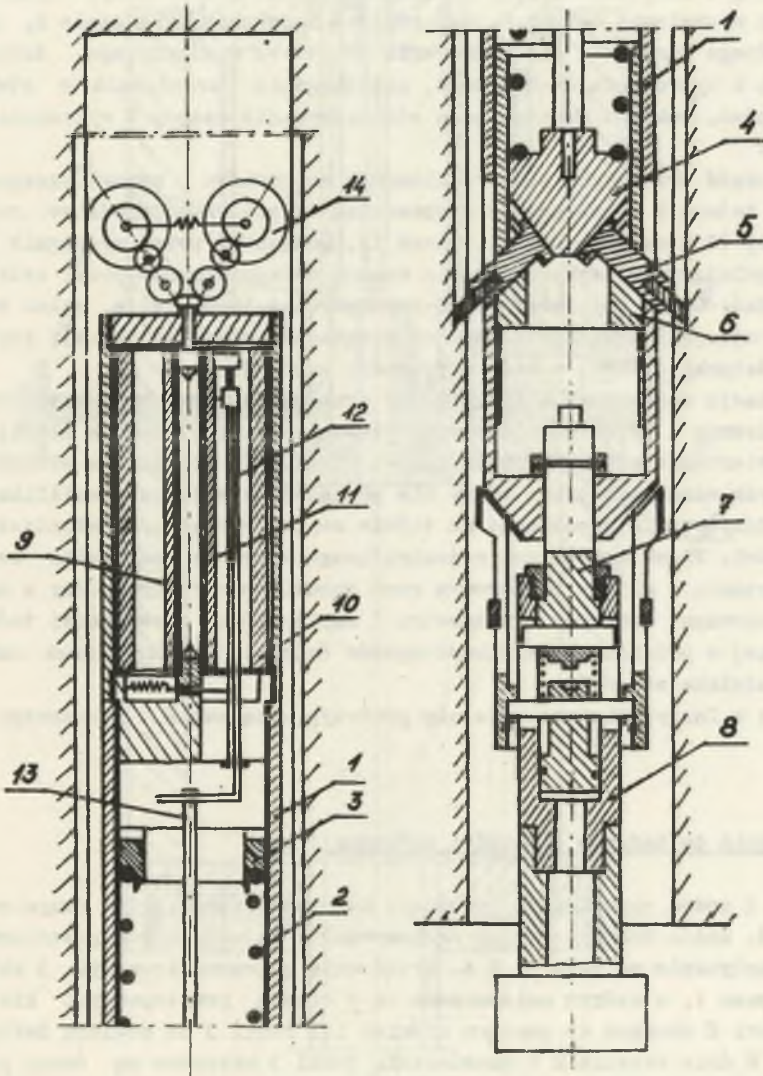
Do określania mechanicznych własności górotworu jako kompleksu skał oraz analizy naprężeń w górotworze służy urządzenie pokazane na rys. 2. Przyrząd ten na podstawie oporów ścinania skał umożliwia szczegółowo określać takie własności jak: wytrzymałość na ścinanie, kąt wewnętrznego tarcia skał, spójność, twardość, zwięzłość, urabialność itp. oraz przy prowadzeniu ostrzy ścinających w tym samym otworze w dwóch płaszczyznach pionowej i poziomej, określić stan naprężeń w górotworze. W dalszych zastosowaniach urządzenie takie może być przydatne w prognozowaniu zagrożeń obwałami, czy też prognozowaniu tąpnięć.

Olbrzymią zaletą urządzenia jest możliwość wykonania pomiarów na całej długości otworu wiertniczego, uzyskując tzw. profil wytrzymałościowy z kilku lub kilkunastometrowym wyprzedzeniem w stosunku do wyrobiska, z którego prowadzi się badania.





Rys. 1. Młotek odbojny do badania skał w otworach wiertniczych



Rys. 2. Urządzenie do wytrzymałościowych badań masywu górotworu metodą ścinania

Omawiane urządzenie składa się z obudowy 1 wykonanej w postaci rury mieszczącej sprężynę 2 siłownika dynamometrycznego, opartej o pierścień napinający 3 oraz od czoła o klin regulujący 4, rozpierający ostrza 5 ścinające skałę w powierzchniach otworu a prowadzone w oprawie 6, połączonej teleskopowo z obudową. Ostrza ścinające 5 wyprowadzone są poza obudowę 1 przez podłużne otwory wykonane w jednej, dwóch lub więcej płaszczyznach. Rura obudowy 1 zaopatrzona jest w ścianie przedniej w uchwyt śrubowy 7 służący do wyzwiania ostrzy 5, jak również mocowania urządzenia 8, przy pomocy którego wprowadza się urządzenie do otworu wiertniczego, dokonuje sterowania i wyzwiania mechanizmów, przeciągania urządzenia w otworze podczas badań, jak też ewentualnego odblokowywania ostrzy i wyjmowania urządzenia.

Tylna część urządzenia zawiera elementy mechanizmu samopiszącego, w którym na taśmie 9 przeciąganej z obracających się współśrodkowo rolek zewnętrznej 10 i wewnętrznej 11, pisak 12, połączony przez wysięgnik 13 z klinem regulującym 4, wykonuje zapis oporów ścinania skały przez ostrza w czasie badań. Obrót napędowej rolki wewnętrznej 11 zapewnia układ krążków 14, znajdujących się poza obudową urządzenia w części tylnej, rozpiernych o ścianki otworu, w którym prowadzi się badania.

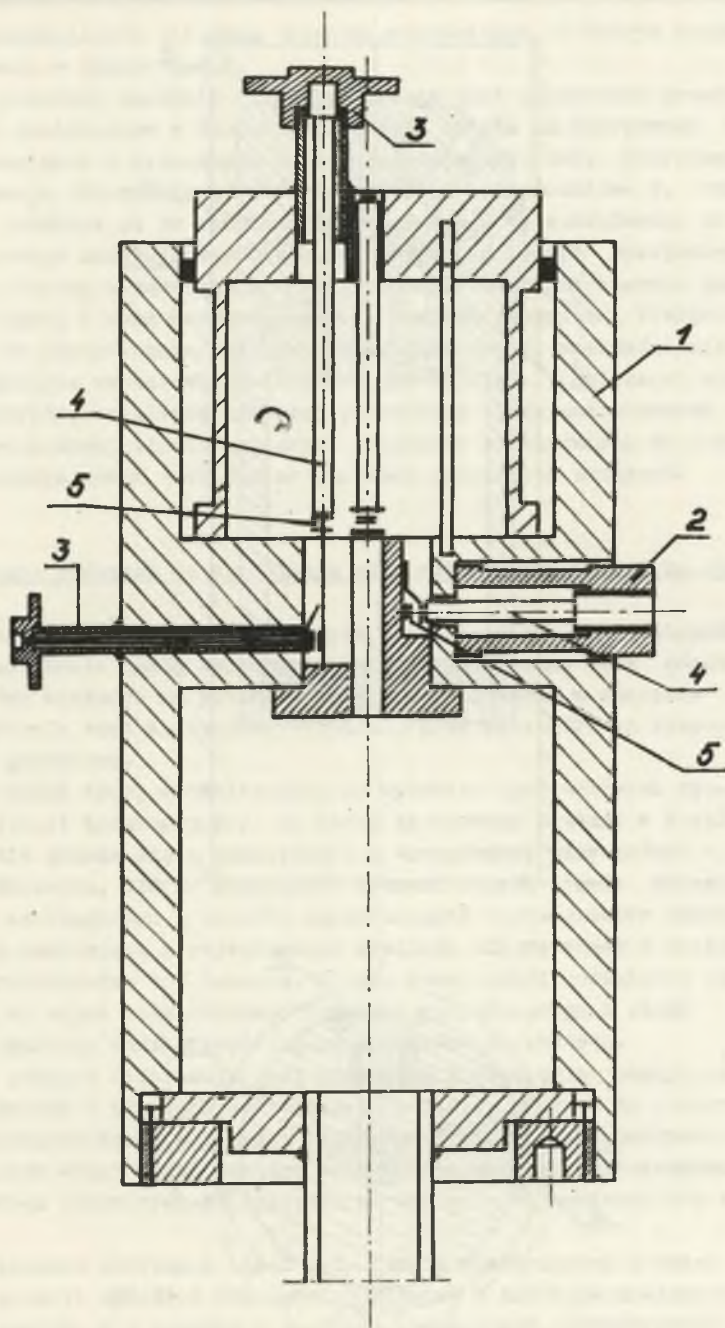
Modyfikacją mechanizmu sterującego w urządzeniu może być zastosowanie do wprowadzenia i przeciągania żerdzi wiertniczej, przy pomocy której dokonano odwiercenia otworu. Prosta budowa urządzenia pozwala na stosowanie go w każdych warunkach przez osoby nie posiadające wyższych kwalifikacji. Jedynie odczytywanie uzyskanego na taśmie zapisu wymaga specjalistycznych umiejętności. Pisak mechanizmu rejestrującego wykonuje na skutek sztywnego połączenia z klinem rozporowym ruch posuwisto-zwrotny, zgodny z ugięciem wycechowanej sprężyny dynamometru i zapisuje na przewijanej taśmie, zaopatrzonej w podziałkę, wielkość oporów ścinania skały wzdłuż całego badanego odcinka otworu.

Obecnie w Instytucie wykonuje się prototyp urządzenia pokazanego na rys. 2.

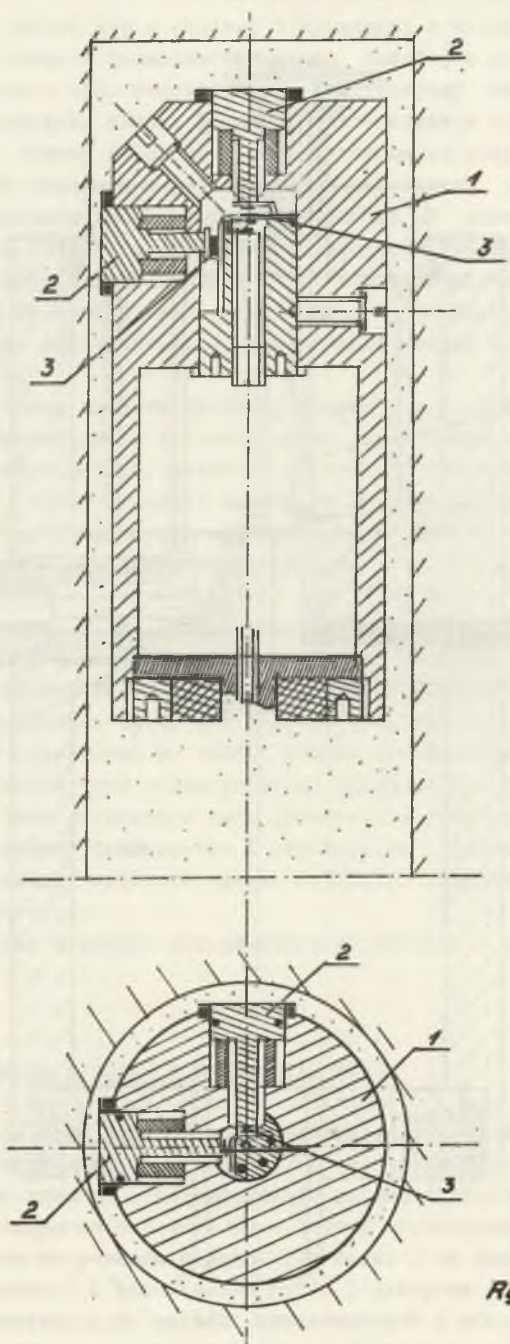
## 2. Urządzenia do badania ciśnień i deformacji skał

Szybka i pewna rejestrację przebiegu deformacji skał, a tym samym zmiany ciśnień, można dokonywać przy zastosowaniu rejestratorów przedstawionych schematycznie na rys. 3 i 4. Urządzenie pojemnościowe rys. 3 składa się z korpusu 1, w którym umieszczone są w trzech prostopadłych kierunkach tłoczki 2 służące do pomiaru ciśnień lub rurki 3 do pomiaru deformacji skał. W dnie tłoczka 2 i zakończeniu rurki 3 wkręcone są śruby przekazujące 4, które przekazują na okładki kondensatorów 5 odkształcenia tłoczka 2 lub rurki 3 powstające pod wpływem obciążeń zewnętrznych. Wskazania kondensatorów przekazywane są poprzez generator 6 do urządzeń rejestrują-





Rys. 3. Urządzenie pojemnościowe do badania ciśnień i deformacji górotworu



Rys. 4. Czujnik mierzący ciśnienie górotworu metodą zmiany pojemności elektrycznej



cych znajdujących się poza otworem wiertniczym, w którym znajduje się urządzenie w czasie badań.

Na podobnej zasadzie działania oparte jest urządzenie przedstawione na rys. 4 posiadające w korpusie 1 tłoczki oparte na wzorcowych tulejkach 2 umieszczonych w kierunkach trzech prostopadłych osi. Wzorcowane tulejki przekazują obciążenie górotworu na płytki pojemnościowe 3, których wskazania podawane są po wzmocnieniu i modulacji częstotliwości do urządzenia pomiarowego znajdującego się poza otworem, w którym przeprowadza się badania. Obydwa urządzenia stanowią element - czujnik zestawu aparatury rejestrującej i mogą współpracować ze znanymi miernikami wielkości elektrycznych. Do odczytywania rzeczywistych mierzonych wielkości niezbędne jest wcześniejsze wycechowanie tłoczków lub tulejek. Niski koszt urządzeń, małe gabaryty, możliwość odległej penetracji przy zastosowaniu w zasadzie nieograniczonej ilości opisanych czujników podłączanych do jednego zestawu rejestrującego - są dużymi zaletami pokazanych urządzeń.

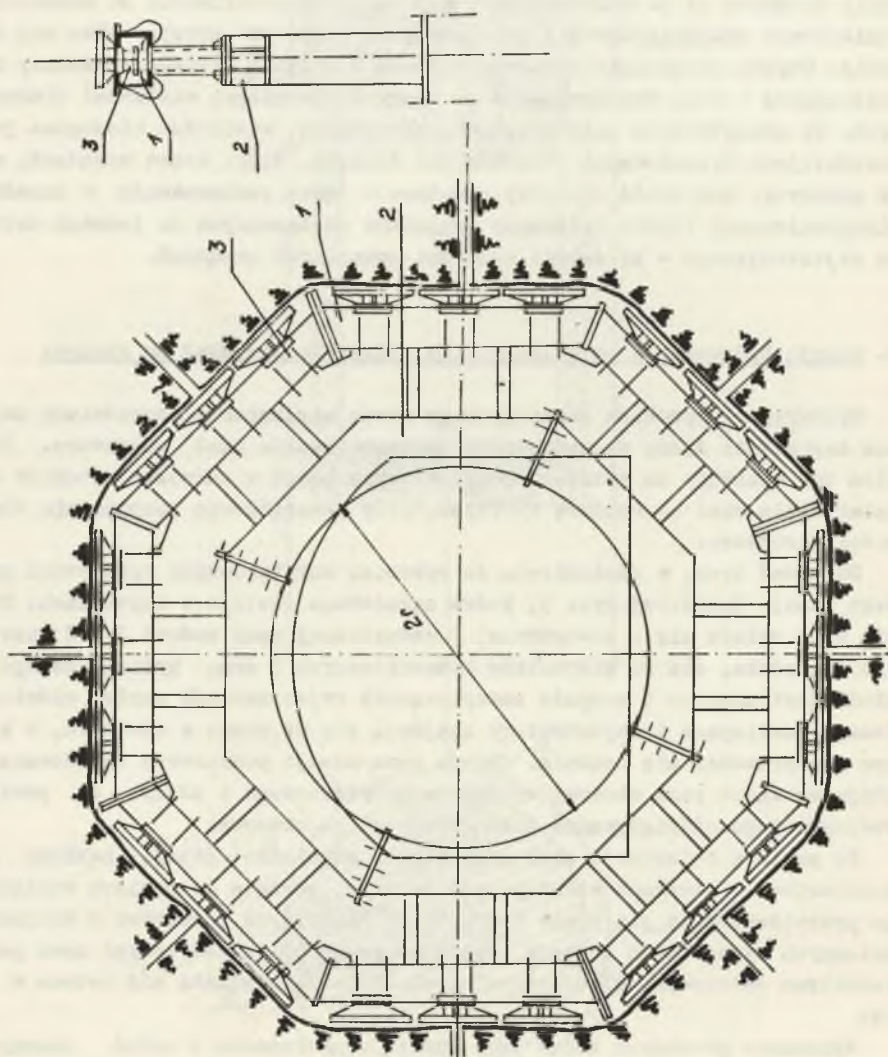
### 3. Stacja badawcza do określania siły oddziaływania skał na obudowę

Wykonywanie wyrobisk górniczych na coraz większych głębokościach zwiększa zagrożenie załóg występowaniem nagłych obwałowań skał górotworu. Problem ten wskazuje na potrzebę kompleksowych badań w zakresie studiów oddziaływania skał na obudowę wyrobisk, przy szczegółowym rozpoznaniu własności górotworu.

Do badań tych, w odniesieniu do wyrobisk korytarzowych opracowano projekt stacji badawczej rys. 5, która zabudowana zostaje w kopalniach. Stacja taka składa się z zewnętrznej i wewnętrznej ramy nośnej 1 i 2 w kształcie ośmioboku, dla 24 siłowników hydraulicznych 3 oraz hydraulicznego układu zasilającego i zespołu samopiszących rejestratorów zapisu ciśnienia. Stacja zasilająca i rejestratory znajdują się we wnętrzu w chodniku, w którym przeprowadza się badania. Główna rama stacji pomiarowej zabudowana zostaje we wnętrzu poza obudową wyrobiska korytarzowego i służy do pomiaru rzeczywistego oddziaływania skał górotworu na obudowę.

Do pomiaru deformacji skał górotworu w otoczeniu stacji zakłada się promieniowo w otworach wiertniczych żerdzie, służące do pomiaru względnego przemieszczania się skał. Własności i cechy skał górotworu w miejscach opisanych wyżej badań zostają określone pomiarami akustycznymi oraz penetrometrem ostrzowym, działającym na zasadzie zagłębiania się ostrza w skałę.

Wykonanie podobnych badań przy użyciu penetrometru i badań akustycznych pozwoli określać własności górotworu w dowolnym miejscu wyrobisk korytarzowych, a w oparciu o analogię prognozować oddziaływanie skał na obudowę, w stosunku do miejsc, w których stwierdzono bezpośrednimi pomiarami wielkość siły oddziaływania skał.



Rys. 5. Stacja pomiarowa do badań oddziaływania górotworu na obudowę

Aktualnie przygotowuje się szczegółowe badania laboratoryjne i kopalniane w celu określenia dynamicznego oddziaływania skał na obudowę w czasie tępań naprężeniowych. Zastosowane zostaną metody bezpośredniego pomiaru udaru brył skalnych w czasie tępań. Wyniki tak prowadzonych badań umożliwią opracowanie szczegółowych wytycznych skutecznego zwalczania tych zjawisk.

#### 4. Zestaw aparatury do petrograficzno-mineralogicznych badań skał

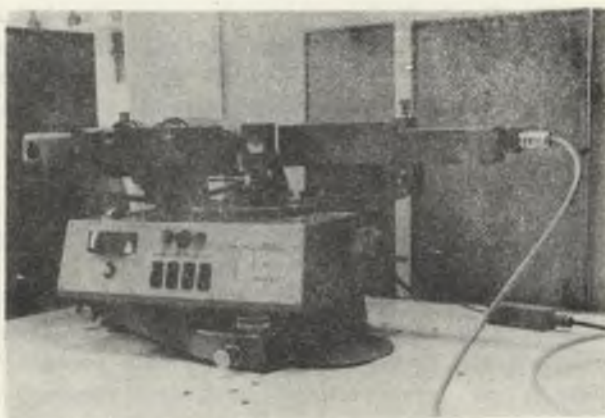
Do identyfikacji minerałów w skałach, zwłaszcza drobnoziarnistych, określania ilościowego składu mineralnego oraz do pomiaru stałych sieciowych równoległościanu elementarnego służyć może rentgen TUR-M61 rys. 6, z goniometrem, dyfraktometrem oraz standardowymi kamerami typu DSH, rys.7. Przy wykorzystaniu aparatury rentgenowskiej można wykrywać zniekształcenia i napięcia w sieciach przestrzennych kryształów, jak również dokonywać oznaczeń strukturalnych i teksturalnych substancji krystalicznych.

Innym urządzeniem o podobnym przeznaczeniu jest derywatograf produkcji węgierskiej, typ TAR, pokazany na rysunkach 8 i 9. Aparat ten służy do termicznej analizy różnicowej polegającej na mierzeniu efektów cieplnych badanych substancji w szczególności skał i wnioskowaniu na tej podstawie o jej jakości. W skałach pod wpływem zmian temperatury zachodzą zjawiska odwodnienia, rozkładu, zmiany stanu skupienia oraz przemiany polimorficzne. Zjawiskom tym towarzyszą różne efekty cieplne rejestrowane w postaci krzywych: DTG, DTA, TG i T, które z kolei są charakterystyczne dla poszczególnych minerałów. Interpretację analizy derywatograficznej przeprowadza się na podstawie uzyskanych z badań wykresów DTA, DTG, TG i T. Z charakteru przebiegu otrzymanych krzywych określa się skład mineralny badanej skały.

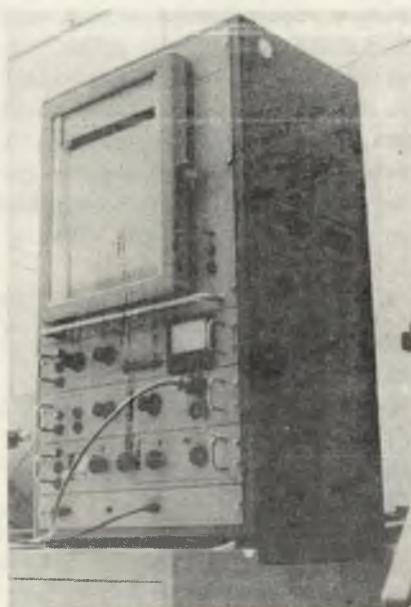
Dane techniczne urządzenia przedstawiają się następująco:

- czas pomiaru: 6; 25; 50; 100; 200; 400 min,
- max temperatura: 1500°C,
- czułość rejestratora DTG: 1/1; 1/1,5; 1/2; 1/3; 1/5; 1/10; 1/15; 1/20; 1/30; 1/50; 1/100; 1/200;
- czułość rejestratora DTA: 1/1; 1/1,5; 1/2; 1/3; 1/5; 1/10; 1/15; 1/20; 1/30; 1/50; 1/100; 1/200,
- czułość rejestratora TG: 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000,
- czułość rejestratora T: 125°; 250°; 500°; 1000°; 1500°C.

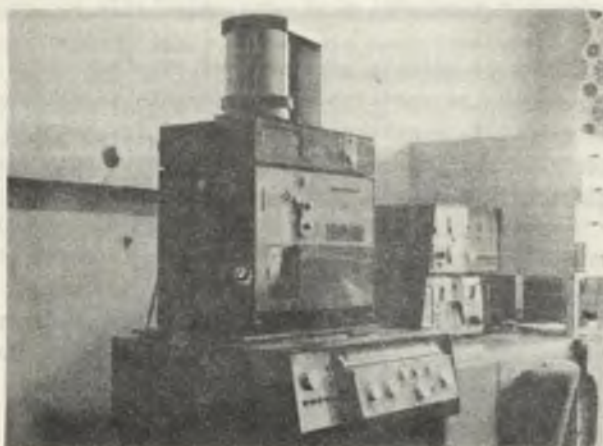




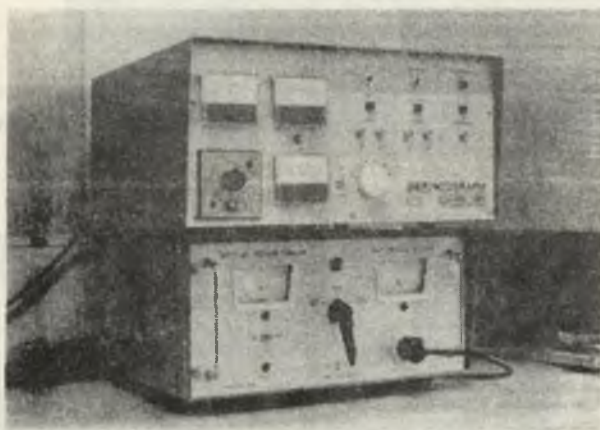
Rys. 6. Aparat rentgenowski TUR-M61



Rys. 7. Standardowa kamera typu DSH współpracująca z aparatem rentgenowskim



Rys. 8. Zestaw derywograficzny, typ TAR



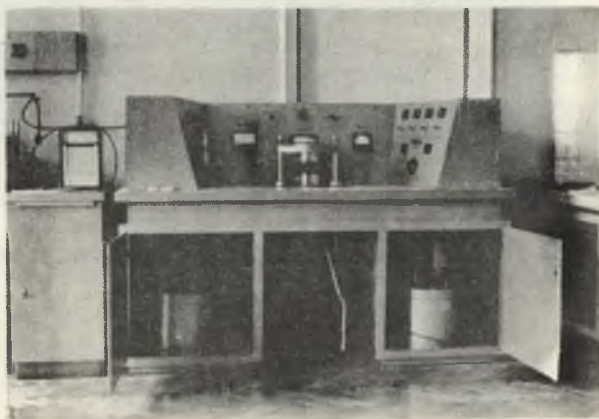
Rys. 9. Aparatura kontrolno-pomiarowa derywografu

5. Aparatura i urządzenia do laboratoryjnych badań fizykomechanicznych własności skał oraz materiałów obudowy

Zestaw aparaturowy do badania przewodności cieplnej skał typu CHR-1, rys. 10 stanowi oryginalne prototypowe rozwiązanie techniczne zaprojektowane w Instytucie PBKiOP, a wykonane w Zakładzie Przeróbczym Nr 2 SA "Hal-dex". Aparat służy do pomiarów współczynnika przewodzenia ciepła " $\lambda$ " w ustalonych warunkach termicznych, przy uwzględnieniu niektórych naturalnych czynników fizycznych jak: naprężenia, wilgotność naturalna, gazowość złoże itp. Konstrukcja aparatu umożliwia dokonywanie zmian obciążenia próby podczas badań, aż do jej ewentualnego zniszczenia. Ponadto zastosowanie w aparacie uszczelnionej głowicy, pozwala prowadzić pomiary w dowolnym środowisku gazowym, np.:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  i innym. Zasadnicze parametry techniczne urządzenia przedstawiają się następująco:

- zakres wyznaczania " $\lambda$ ";  $0,05 \div 12 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{deg}}$ ,
- zakres temperatur  $15 \div 16^\circ\text{C}$ ,
- optymalne różnice temperatury  $10^\circ$ ,
- średnice badanych prób: 50 mm,
- max.nacisk na próbę 0,5 tony,
- moc grzałki 9 W,
- zasilanie 220 V, 50 Hz.

Podstawowymi elementami zestawu aparatury są dwa ultratermostaty, prasa hydrauliczna, głowica oraz zestaw mierników i przyrządów kontrolnych.

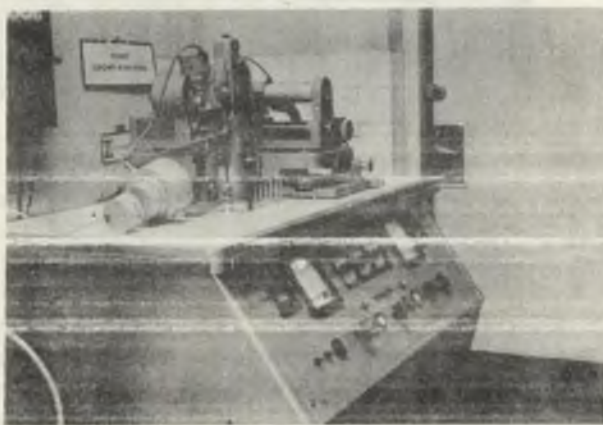


Rys. 10. Zestaw aparatury do badania przewodności cieplnej skał typu CHR-1



Badania ogniotrwałości skał i popiołów

Do badań ogniotrwałości skał i popiołów służy mikroskop wysokotemperaturowy typu "Leitz", rys. 11. Badania ogniotrwałości przeprowadzać można w temperaturach do  $1500^{\circ}\text{C}$  przy zachowaniu równomiernej fotogrametrycznej rejestracji stanu zachowania się badanej substancji. W czasie nagrzewania w temperaturach od  $20\pm 1500^{\circ}\text{C}$  zachodzą w skałach i popiołach węgla przemiany termiczne powodujące rozkład niektórych minerałów. Śledzenie i rozpoznanie tych procesów posiada olbrzymie znaczenie dla energetyki, hutnictwa przemysłu ceramicznego i innych gałęzi gospodarki.

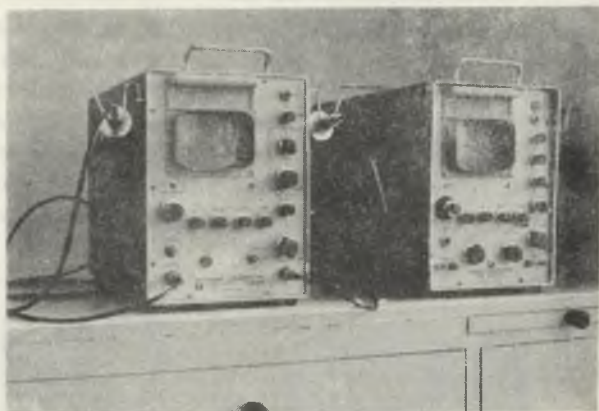


Rys. 11. Mikroskop wysokotemperaturowy

Badania własności mechanicznych skał górotworu i materiałów obudowy

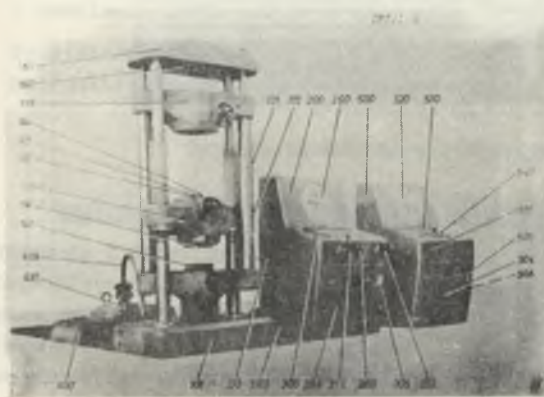
Powodzenie prawidłowego wykorzystania dołowych badań skał i górotworu oraz opracowań teoretycznych z zakresu mechaniki górotworu, projektowania wyrobisk, budownictwa podziemnego, czy też ochrony środowiska górniczego i obszarów górniczych, uzależnione jest głównie od znajomości rzeczywistych parametrów mechaniczno-wytrzymałościowych skał i materiałów obudowy określanych w drodze pomiarów laboratoryjnych.

Badania laboratoryjne ze względu na wiele cech dodatnich i miarodajność wyników, są niezbędne i jedyne w analizach ilościowych i szczegółowych pracach projektowych i nie mogą być zastępowane w pełni dołowymi badaniami w kopalniach. Dlatego też w Instytucie systematycznie rozwija się metody pomiarowe, doskonalą aparaturę i urządzenia pozwalające szybko i dokładnie wyznaczać niezbędne wielkości. Nie niszczące badania skał można przeprowadzać przy wykorzystaniu ultradźwiękowego betonoskopu produkcji krajowej, typ BJ-8R-M-66, pokazanego na rys. 12.



Rys. 12. Betonoskopy typu BJ-8R-M-66

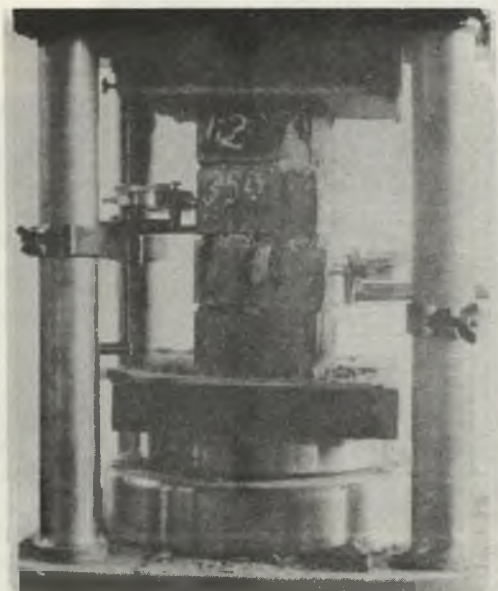
Aparat ten o częstotliwości 500 kHz przeznaczony jest do wyznaczania fizykomechanicznych własności skał metoda pomiaru czasu przejścia fal akustycznych przez badany materiał.



Rys. 13. Prasa hydrauliczna do badań wytrzymałościowych skał i materiałów obudowy

wyznaczanie zależności odkształceń od naprężeń, statycznych modułów odkształcalności oraz innych potrzebnych stałych materiałowych. W laboratorium mechaniki skał górotworu pracują aparaty do bezpośredniego ścinania skał i trójosiowego ściskania rys. 16 znanych konstrukcji, jak również odpowiednie przystawki współpracujące z prasami hydraulicznymi i pozwalające określać kąt wewnętrznego tarcia i spójność skał w różnym stanie naprężeń.

W oparciu o zarejestrowany na ekranie obraz przejścia fali określa się takie parametry jak: gęstość ośrodka, dynamiczny moduł sprężystości Jounga i Kirchoffa, współczynnik Poissona i inne potrzebne wielkości. Szczególnie szeroko prowadzone są badania metodami standardowymi przy wykorzystaniu sprzętu ogólnie w tym zakresie stosowanego. Będą to więc prasy hydrauliczne różnych typów rys. 13, 14 i 15 służące do określania wytrzymałości skał i materiałów obudowy wyrobisk na ściskanie,

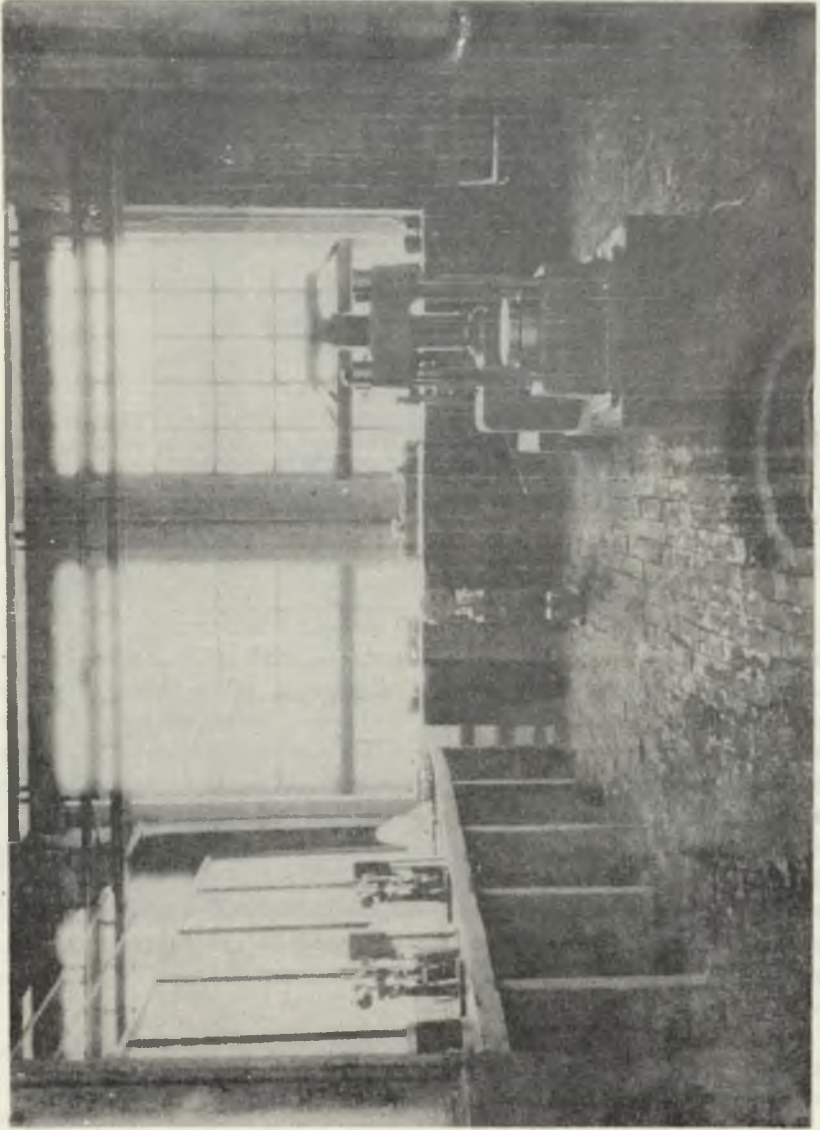


Rys. 14. Próby murów w czasie badań wytrzymałościowych

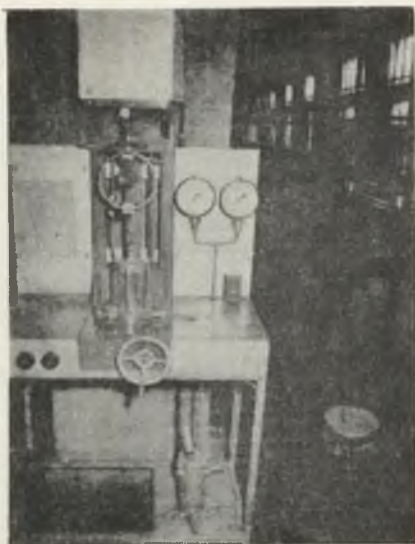
Ponadto w laboratorium wykonuje się badania ścisłości skał przy wykorzystaniu baterii edometrów rys. 17 oraz badania pełzania skał przy ścisłowaniu i zginaniu. Obecnie rozpoczęto na szeroką skalę badania wytrzymałościowe zamrożonych skał, wykonując do tego celu odpowiedni agregat chłodniczy z pogrążoną w medium oziębiającym prasą hydrauliczną. Wyniki tych badań służyć będą za podstawę w technologicznych opracowaniach zagłębiania szybów przy zastosowaniu zamrażania skał.

Dla zamknięcia całości cyklu badań w tym zakresie niezbędnym staje się określanie wodoprzepuszczalności materiałów obudowy wyrobisk, i skał. Do tego celu służy skonstruowany przez pracowników Instytutu aparat rys. 18, pozwalający prowadzić pomiary dla znacznych spadków hydraulicznych z jednoczesnym obciążeniem badanych prób.

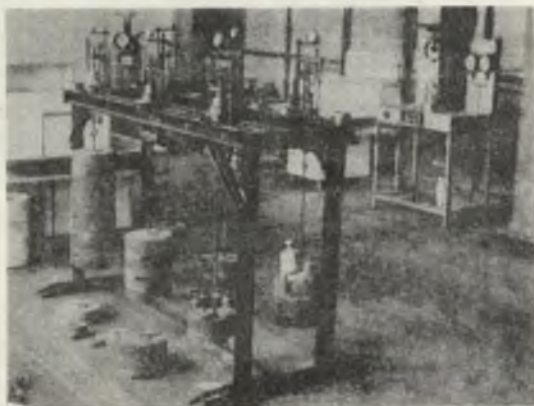




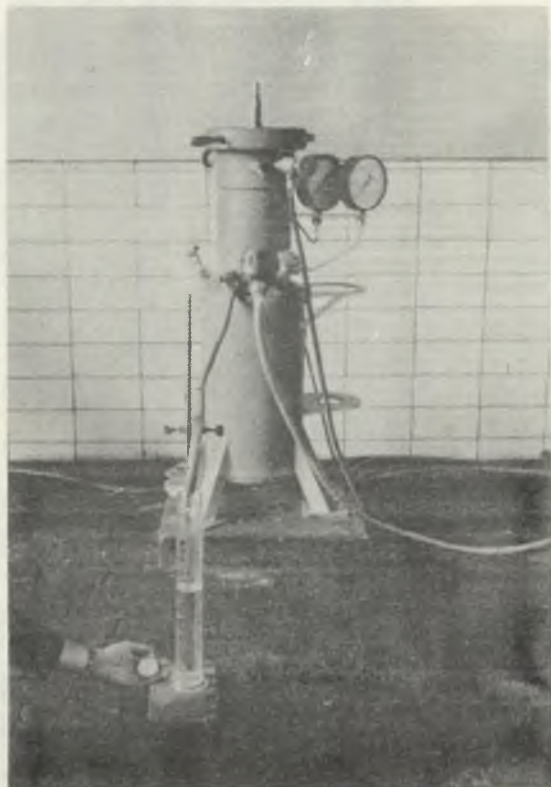
Rys. 15. Laboratorium wytrzymałościowe



Rys. 16. Aparat do trójosiowego ściskania próbek skał



Rys. 17. Bateria edometrów



Rys. 18. Aparat do badań wodoprzepuszczalności skał i materiałów obudowy

#### 6. Badania laboratoryjne obudów wyrobisk górniczych

Jednym z podstawowych warunków bezpiecznego utrzymania wyrobisk górniczych jest poznanie współpracy obudowy z otaczającymi ją skałami górotworu. Poznanie procesów zaciskania wyrobisk, jak również pracy obudowy w tym procesie stanowi podstawę optymalnego projektowania obudów, doboru jej parametrów techniczno-wytrzymałościowych, doboru rodzaju materiałów ich własności i cech. Ponadto kompleksowo prowadzone badania laboratoryjne dla poszczególnych rodzajów i typów obudów prowadzą do systematycznych ulepszeń konstrukcyjnych, poszerzenia zakresu stosowania opracowań najlepszych pod względem pracy oraz ekonomicznie uzasadnionych. Należy zaznaczyć, że ta dziedzina górnictwa jest w Instytucie najszerszej reprezentowana, jak również w dziedzinie tej Instytut posiada wyjątkowo duże osiągnięcia.



Główne kierunki badawcze w tym zakresie to:

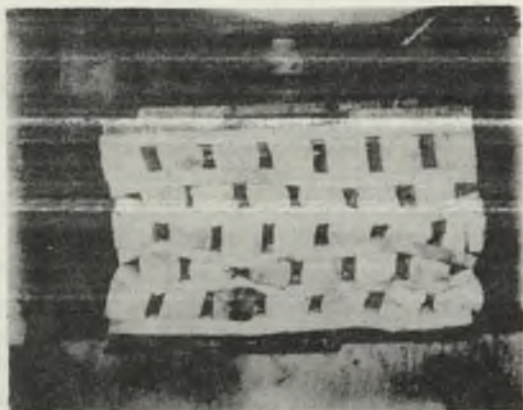
- prace nad dotychczas stosowanymi rodzajami i konstrukcjami obudów prowadzące do ich modernizacji,
- badania nad upodatkowaniem i przystosowaniem obudów do ruchów skał górotworu w otoczeniu wyrobisk chodnikowych, szybowych i eksploatacyjnych,
- badania pracy obudów podczas dynamicznego oddziaływania skał, np. w czasie tępań, wstrząsów i gwałtownych zawałów,
- prace nad nowymi rozwiązaniami konstrukcyjnymi obudów tzw. ekspansywnych głównie dla wyrobisk korytarzowych, narażonych na dynamiczne oddziaływanie skał, jak również poddanych działaniu ciśnień większych od obecnie powszechnie występujących,
- oraz prace nad obudowami stosowanymi w wyrobiskach w warunkach szczególnie trudnych.

Oczywiście przedstawione wiodące kierunki badawcze obejmują również swym zakresem zagadnienia technologiczne związane z wykonawstwem samych obudów jak też drażeniem wyrobisk, w których są stosowane. Kompleksowe badania pełnych obudów wyrobisk górniczych wymagają wcześniejszego określenia własności i cech poszczególnych jej elementów i zespołów. Z uwagi na nietypowy zakres prac w tych przypadkach do badań wykonuje się każdorazowo prototypowe stanowisko pomiarowe, służące do zdejmowania ściśle określonych charakterystyk wytrzymałościowych. Przykładem takiego stanowiska pomiarowego jest pokazane na rys. 19 stoisko do badań metalowych elementów obudów odrzwiowych na skręcanie, w którym aktualnie prowadzono badania momentów skręcających dla różnych profili korytkowych, przy różnym ich zużyciu. Badania tego rodzaju prowadzi się w celu stwierdzenia zmian podporności i nośności obudów w zależności od zniszczenia obudów przez korozyję.



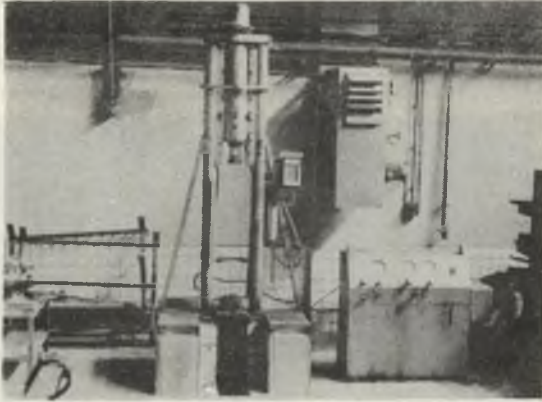
Rys. 19. Urządzenie do badań elementów obudów metalowych na skręcanie

Jednym z aktualnie palących problemów górnictwa jest eksploatacja filarów ochronnych, w szczególności prowadzone w filarach szybowych. Podstawowym zagadnieniem w tym zakresie jest przystosowanie i właściwe updatnienie obudów szybów do ruchów skał występujących podczas deformacji górotworu. Stosowane elementy updatniające muszą spełniać odpowiednie wymagania techniczne, zwłaszcza gdy chodzi o ich żądaną podporność i podatność. Dlatego pracownicy Instytutu podjęli się zagadnienia wyznaczenia charakterystyk podpornościowych stosów drewnianych i wkładek updatniających różnych typów i konstrukcji, które mogą być stosowane zarówno w obudowach wyrobisk szybowych, jak również w podszybiach i pozostałych wyrobiskach korytarzowych. Na rys. 20 pokazano stos w skali 1:1, wykonany z drewna tartego w czasie badań laboratoryjnych. Wyniki tych badań stanowią podstawę projektowania zabezpieczeń updatniających w wyrobiskach górniczych poddanych silnym deformacjom skał.



Rys. 20. Sprasowany stos drewniany podczas badań wytrzymałościowych

Do badań podstawowych w zakresie obudowy należy zaliczyć zdejmowanie charakterystyk stojaków indywidualnych w układzie współrzędnych zsuw-podporność, jak również wszelkich połączeń elastycznych obudów odrzwiowych. Do badań tych służy uniwersalna prasa rys. 21, z samopiszącym rejestratorem mierzonych wielkości, w której można dokonywać badań dla elementów podporowych o długościach do 4,0 m i podporności do 90 ton. O znaczeniu praktycznym takich badań może stanowić fakt, że odpowiednie testy z badań wykonywane w odniesieniu do konkretnych typów i rodzajów obudów stanowią podstawę do zmian konstrukcyjnych i modernizacji ich stosownie do warunków późniejszej pracy. Ponadto mogą służyć do określania warunków współpracy z górotworem w wyrobiskach poddanych dynamicznemu oddziaływaniu skał.



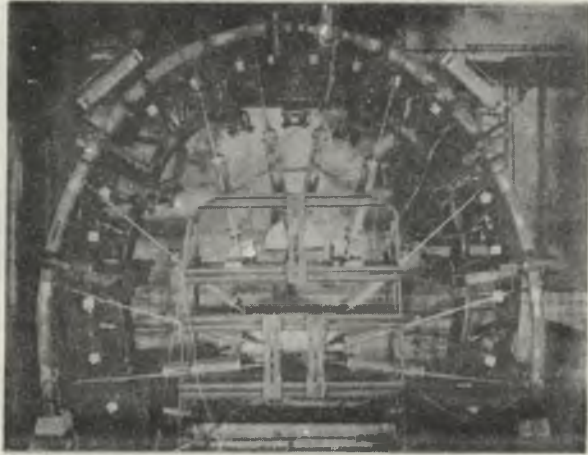
Rys. 21. Prasa hydrauliczna do badań podporności stojaków



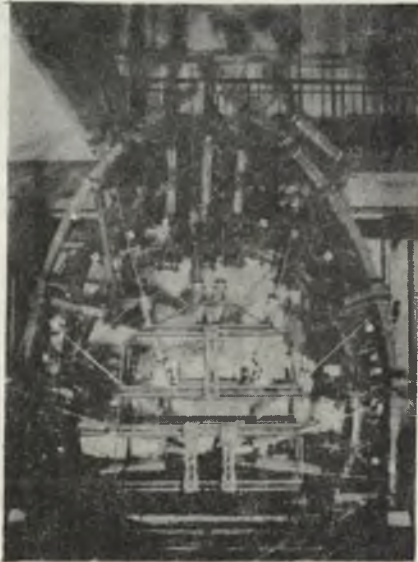
Rys. 22. Badania obudów murowych w stoisku

Szczegółowym badaniom laboratoryjnym poddano w Instytucie obudowy murowe wykonane z cegieł i betonitów. Prace prowadzono na modelach, płasko leżących wycinków obudowy w skalach 1:1 i 1:2, w specjalnie do tego celu skonstruowanej ramie badawczej rys. 22, w kształcie elipsy. Rama pomiarowa wykonana została w postaci układu kratownic z korytek obudowy ŁP wzmocnionych zestrzałami z odcinków kształtowników stalowych. Po obwodzie ramy nośnej umieszczono kilkadziesiąt podnośników hydraulicznych umożliwiających modelowanie obciążenia od strony górotworu, działającego w dowolnym kierunku oraz w dowolnym stosunku ilościowym. Rejestrację sił obciążających umożliwia zespół manometrów, natomiast deformacji obudowy układ pomiarowy złożony z czujników zegarowych, dźwigni pomiarowych i uchwytów. Opisanym badaniom poddano obudowy murowe otwarte i zamknięte o najczęściej wykonywanych kształtach przekrojów poprzecznych, tj. murach prostych





Rys. 23. Odrzwia obudowy ŁP podczas badań wytrzymałościowych



Rys. 24. Odrzwia obudowy ostrożukowej w czasie badań

i kolistych sklepieniach oraz o przekroju półeliptycznym. Szczególnie cenne wyniki tak prowadzonych badań uzyskano w zakresie możliwości rektyfikacji i rekonstrukcji uszkodzonych obudów murowych głównie, gdy chodzi o przywrócenie stateczności spękanych sklepień. Badania wykazały bowiem, że w przypadku nawet silnych spękań sklepienia można utrzymać jego całkowitą stateczność, a nawet zwiększyć nośność, o ile sztucznie dokona się wzrostu obciążenia obudowy w określonym jednak kierunku. Kontrolowanym zatem przyrostem obciążenia obudowy można w efektywny sposób przedłużać żywotność uszkodzonych obudów w wyrobiskach korytarzowych.

Stoisko badawcze do opisanych wyżej badań służyć może również do wyznaczania nośności odrzwi obudowy ŁP(ŁK) rys. 23 oraz obudowy ostrołukowej, rys. 24. Badania takie jednak wymagały zmiany położenia ramy nośnej do pozycji pionowej. Badane odrzwia obudów ustawiano w skrzynkach na płytach ramy jednocześnie po dwa z dwu jego stron. Obciążenie od podnośników przekazywano na odrzwia poprzez zestaw metalowych ciągideł. Zewnętrzne deformacje odrzwi mierzone w sposób elektryczny przy użyciu opornic suwakowych, natomiast odkształcenia materiału łuków rejestrowano tensometrami oporowymi, naklejanymi w ściśle określonych miejscach. Prowadzone przy użyciu takiej aparatury badania miały na celu porównawczo scharakteryzować pracę obudowy ŁP oraz obudowy ostrołukowej, jak również ściśle określić specyfikę pracy obudów dwóch badanych typów, poddawanych działaniu obciążeń niszczących. Rys. nr 25 przedstawia stadium niszczenia obudowy ostrołukowej, z silnie wygiętym tylnym łukiem ociosowym. Ponadto badania tego rodzaju pozwoliły ustalić kryteria stosowalności obudów badanych rodzajów.



Rys. 25. Zdeformowane łuki ociosowe obudowy ostrołukowej

Szerokie zastosowanie w badaniach laboratoryjnych posiada stoisko badawcze pokazane na rys. 26, służące zarówno do laboratoryjnych badań prostokątnych odrzwi naturalnej wielkości, jak też do badań płaskich modeli górotworu z materiałów ekwiwalentnych.



Rys. 26. Stoisko badawcze dla prostokątnych obudów drzwiowych



Rys. 27. Badania obudów szerokich chodników przyściennych



Badane odrzwia obudów mogą posiadać szerokość do 5 m oraz wysokość do 2 m. Całkowite maksymalne obciążenie odrzwi może dochodzić do ok. 250 t. Stoisko badawcze składa się ze stalowej sztywnej ramy nośnej o wewnętrznym prześwicie ok. 5x3 m oraz hydraulicznego układu obciążającego, złożonego z 25 podnośników hydraulicznych zasilanych centralnie ze stacji zasilającej, przewodów zasilających rejestratorów ciśnienia oraz 4 hydroakumulatorów włączonych w obwód zasilania.

Badane odrzwia obudów, jak to pokazano na rys. 26 i 27, ustawia się na dolnej płycie ramy nośnej, po czym obciąża przy użyciu podnośników. Podczas badań dokonuje się rejestracji obciążenia jak również prowadzi się pomiary deformacji odrzwi jako całości oraz osobno stojaków i stropnicy.

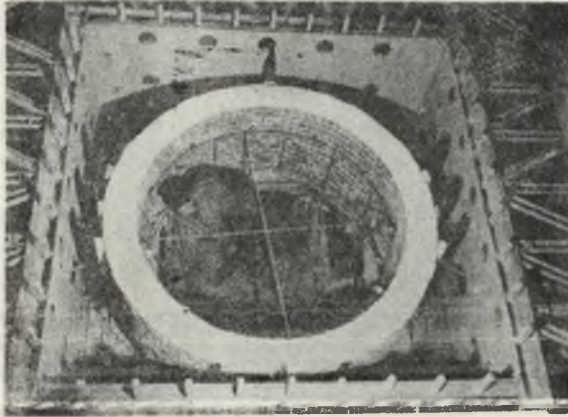
Z ważniejszych badań obudów w opisanym stoisku warto wymienić badania (patrz rys. 26 i 27) odrzwi dla szerokich chodników przyścianowych ścian kombajnowych, w których wyeliminowano wnęki kombajnowe dzięki możliwości wywębienia i zawębienia kombajnu z szerokich chodników przyścianowych.

Ta nowatorska praca miała na celu ustalenie optymalnych warunków pracy obudów szerokich chodników, jak również zakresu bezpiecznego jej stosowania. Badaniom laboratoryjnym poddano obudowy o stropnicy długiej ciągłej oraz o stropnicy przegubowej wykonanej w jednej części ze stropnicy od obudowy ChOP, w drugiej części ze stropnicy stalowo-członowej. Nadmieniamy, że obudowy badanych typów znalazły zastosowanie w przemyśle w odpowiednich do ich pracy warunkach.

Systematyczne badania naukowe prowadzi się nad kamiennymi i prefabrykowanymi obudowami wyrobisk szybowych, w stoisku pokazanym na rys. 28. Stoisko to zbudowane jest w kształcie prostopadłościennej ramy nośnej wykonanej jako kratownica z wewnętrznym kwadratowym otworem. We wnętrzu stoiska wykonuje się wycinki obudowy szybowej o zewnętrznej średnicy do ok.



Rys. 28. Stoisko do badań obudów szybowych



Rys. 29. Model obudowy murowej szybów przygotowywany do badań

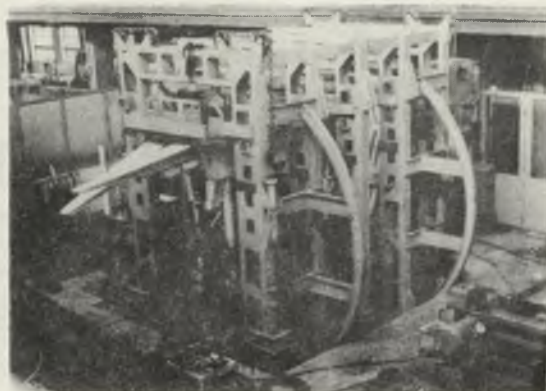


Rys. 30. Zniszczony model obudowy szybowej

3,5 m i wysokości pionowej 1,8 m rys. 29. Od zewnętrznej powierzchni obudowy na badany model wywiera się obciążenie hydraulicznymi podnośnikami, mierząc wewnątrz modelu deformacje, aż do całkowitego jego zniszczenia rys. 30. Seria wykonywanych badań obejmowała obudowy murowe z cegieł, betonitów, betonowe obudowy zespolone, jak też obudowy szybów z prefabrykatów siatkobetonowych oraz drutobetonowych. Badania te miały na celu ustalenie współpracy obudów z górotworem w różnych warunkach obciążenia oraz nośności obudów prefabrykowanych stosowanych w szybach zgłębnionych z zastosowaniem mrożenia, a służących jako obudowa wstępna. Wyniki badań wykorzystane zostały w projektach obudów szybów dla ROW, a w przyszłości mogą zostać rozszerzone na inne rejony o podobnych warunkach hydrogeologicznych.

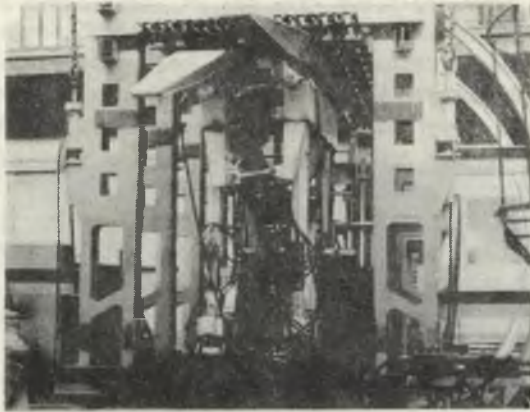
Wychodząc na przeciw potrzebom przemysłu, w zakresie wdrażania obudów zmechanizowanych, w Instytucie zbudowano stoisko rys. 31 i 32 służące do badań kompletnych zestawów obudów zmechanizowanych wszelkich typów. Konstrukcja stoiska umożliwiła prowadzenie badania pracy obudów dla zmiennego kąta wychylenia sekcji od pionu. Badania tego rodzaju służą do teoretycznych analiz zarówno prototypów tych obudów, jak też obudów już stosowanych.

Przedstawiony krótki przegląd prac badawczych, w odniesieniu do obudów wyrobisk górniczych nie wyczerpuje całości problematyki reprezentowanej w Instytucie, informuje jedynie o podstawowym jej zakresie oraz możliwościach podejmowania dalszych nowych badań studialnych.



Rys. 31. Stoisko do badań obudów zmechanizowanych





Rys. 32. Obudowa zmechanizowana w czasie badań w stoisku

#### 7. Modelowe badania zachowania się górotworu w otoczeniu wyrobisk

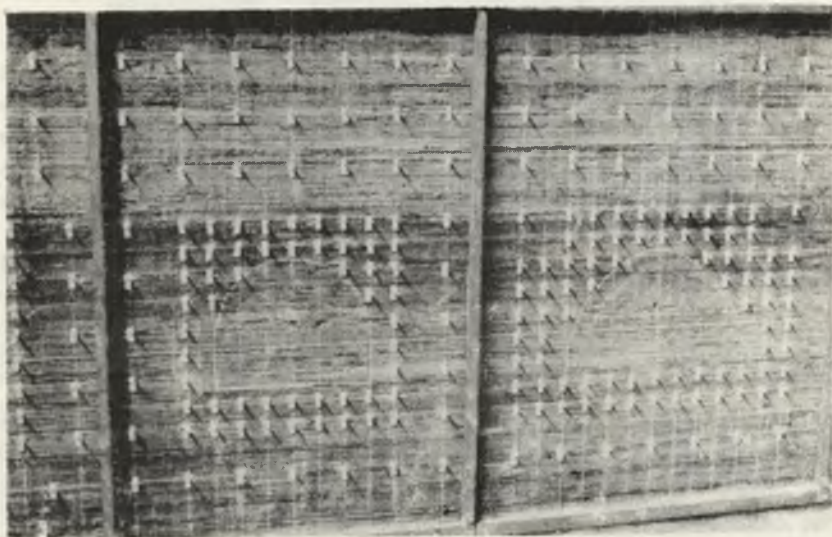
Jednym ze skutecznych sposobów badania zjawisk zachowania się górotworu w otoczeniu wyrobisk górniczych, jak również wpływu istnienia wyrobisk na deformacje górotworu i powierzchni – są badania modelowe, albowiem śledzenie większości zjawisk bezpośrednio w kopalniach jest bardzo utrudnione, a niejednokrotnie wręcz niemożliwe do realizacji.

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych metod modelowania górotworu jest modelowanie przy wykorzystaniu materiałów ekwiwalentnych – skałopodobnych. Z uwagi na dużą miarodajność wyników uzyskiwanych tym sposobem ta forma modelowania górotworu została w Instytucie szczególnie rozwinięta i podlega systematycznemu doskonaleniu. Jakościowe, a niejednokrotnie ilościowe wyniki tak prowadzonych badań służą za podstawę do analiz teoretycznych i prognozowania przebiegu zjawisk w warunkach naturalnych. Oczywiście miarodajność wyników badań modelowych uzależniona jest od samego modelu oraz modelowanego przebiegu badanego procesu, które muszą być utrzymane przy zachowaniu kryteriów podobieństwa geometrycznego, mechanicznego i reologicznego. Ponadto badania modelowe umożliwiają rozszerzenie zakresu pola obserwacji na partie górotworu położone poza wyrobiskami górniczymi. Najczęściej badania modelowe prowadzi się w płaskim stanie naprężeń, rzadziej w trójosiowym, w odpowiednio do tego celu skonstruowanych stoiskach badawczych.

Uniwersalnym stoiskiem pomiarowo-badawczym w tym zakresie jest opisane poprzednio urządzenie pokazane na rys. 26 i 27 przy omawianiu badań o-drzewiowych obudów prostokątnych. Modele górotworu przygotowane do badań w tym stoisku pokazano na rys. 33 i 34.

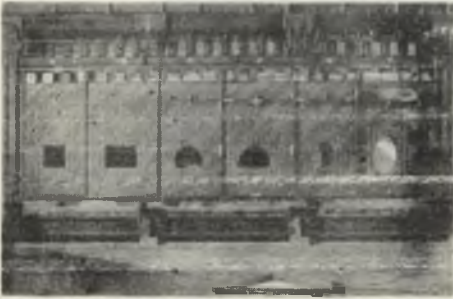


Rys. 33. Płaski model górotworu w stoisku badawczym



Rys. 34. Model górotworu przygotowany do badań

Aktualnie prowadzi się badania wpływu kształtu i wielkości wyrobisk korytarzowych na przebieg deformacji skał i rozkład naprężeń we wnętrzu modelu, zbudowanego z materiału jednorodnego, wykazującego wyraźne uwarstwienie i posiadającego płaszczyzny osłabionej spójności. Dla uchwycenia wpływu nachylenia warstw badania wykonuje się dla poziomego ich zalegania, ukośnego pod kątem ok.  $45^{\circ}$  rys. 35 i 36 oraz pionowego. Badaniami objęto najczęściej stosowane kształty przekrojów wyrobisk, tj.: prostokątny w szczególności kwadratowy, łukowe, kołowy i eliptyczny. Pomiar deformacji modeli, a w zasadzie siatki punktów zestabilizowanych w modelu, prowadzi się metodą fotogrametryczną, rejestrując poszczególne stadia przy określonym obciążeniu.



Rys. 35. Model górotworu z badanymi wyrobiskami korytarzowymi



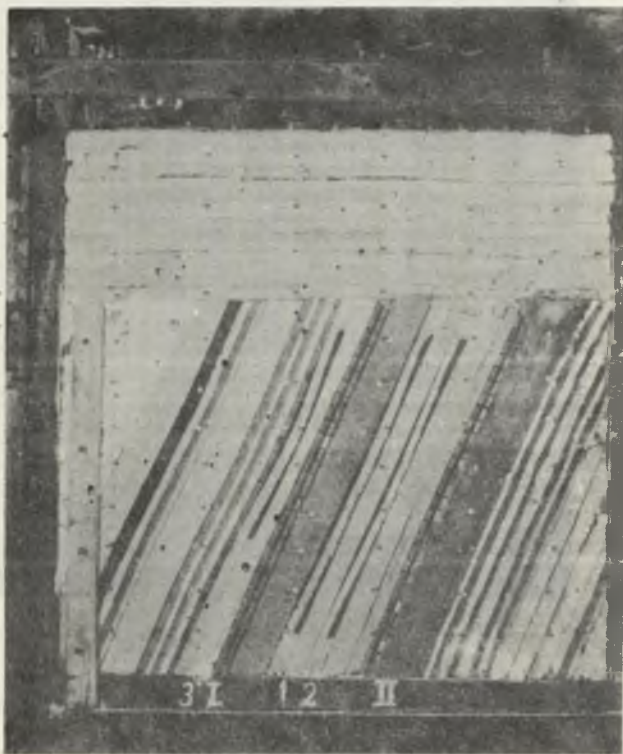
Rys. 36. Zdeformowane wyrobisko eliptyczne

Z dalszych prac w tym zakresie przewiduje się prowadzić badania górotworu jednorodnego - monolistycznego, górotworu uwarstwowanego o zróżnicowanej wytrzymałości poszczególnych warstw oraz górotworu zaburzonego dyslokacjami tektonicznymi. Z przeprowadzonych już badań wynika, że przebieg deformacji górotworu dla różnych modeli jest zgoła inny od obecnie znanego, różne są zatem spodziewane wielkości oddziaływania skał na obudowę badanych wyrobisk. Oczekuje się, że efektem prowadzonych na szeroką skalę badań będzie uściślenie obecnych poglądów w zakresie prognozowania obciążeń obudowy, jak również opracowanie nowych metod obliczeniowych stosownie do budowy górotworu oraz kształtu i wielkości przekroju wyrobisk korytarzowych.

Śledzenie zjawisk przebiegu deformacji górotworu i rozkładu naprężeń podczas eksploatacji pokładów stromo i pionowo zalegających prowadzono w czasie badań modeli pokazanych na rys. 37 i 38. W badanych modelach imitowano eksploatację jednego i kilku pokładów, mierzono wielkości ciśnień w partiach wybranych i przewidzianych do imitowanej eksploatacji oraz wykonywano pomiary deformacji i odkształceń modelu dla różnego stosunku ciśnień pionowych do bocznych. Wyniki badań stanowiły podstawę teoretycznego



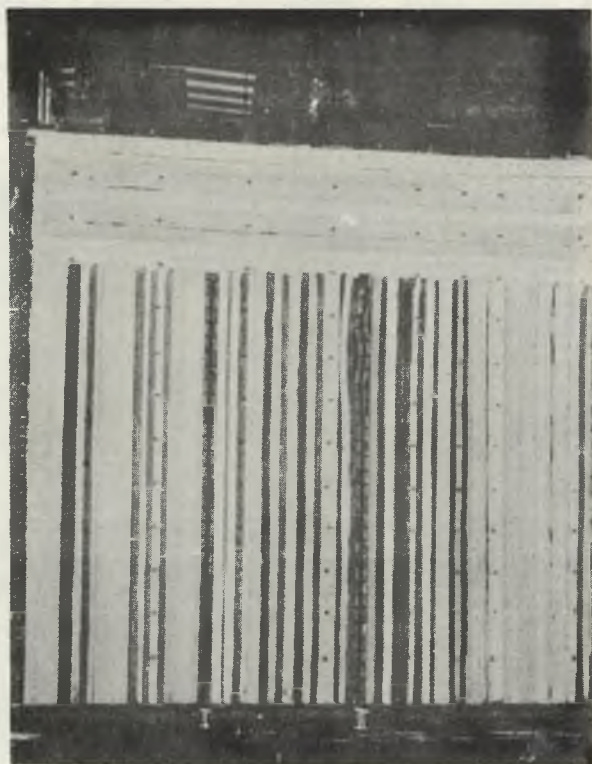
ujęcia procesu zachowania się warstw stropowych i spągowych w świetle teorii ścinania belki na sprężystym podłożu oraz teorii zginania przy ograniczonej pochyłej wysokości piętra, jak również dokonania korekty stosowanych obecnie obliczeń teoretycznych.



Rys. 37. Model górotworu o stromym zaleganiu warstw podczas badań

Inny cel posiadały badania modeli górotworu, których fragment pokazano na rys. 39. Zadaniem ich było prześledzenie stopnia odręczenia górotworu i pokładów w nim zalegających przez eksploatację pobierającą i nabierającą, prowadzoną przy różnym wypełnieniu przestrzeni po wybranym. Uwzględniając wpływ procesu doszczelniania podsadzki w zrobach opracowano teoretycznie podstawy odręczenia pokładów zagrożonych tapaniami.

Unikalny charakter w skali krajowej, jak również światowej posiadają badania modelowe procesu powstawania na powierzchni deformacji nieciągłych w postaci zapadlisk rys. 40. To nowe zagadnienie, dotychczas praktycznie nierozpoznane pod względem naukowym, nabiera w chwili obecnej szczególniego znaczenia z uwagi na braki terenów pod zabudowę w obszarach górniczych



Rys. 38. Model górotworu o pionowym zaleganlu warstw podczas badań

Tereny bowiem zagrożone deformacjami nieciągłymi stanowiły dawniej nieużytki eliminowane z zagospodarowania ich. Dzięki badaniom naukowym już dzisiaj można w stosunkowo miarodajny sposób prognozować rozmiary spodziewanych deformacji, skutecznie likwidować pochodzące od nich zagrożenia i przynajmniej w części zagospodarować tereny zapadliskowe. Do realizacji cyklu badań modelowych warunków tworzenia się zapadlisk na powierzchni służy stoisko, rys. 41, wykonane w postaci prostopadkościennej skrzyni o wymiarach 4x1,3x0,6 m i ścianach bocznych z przezroczystego tworzywa, umożliwiającego prowadzenie obserwacji i pomiarów. Zainstalowane boczne króćce służą do doprowadzenia wody i wykonywania badań również w górotworze zawodnionym.

Badania wpływu deformacji podłoża wywołanych eksploatacją górnictw na zachowanie się kabli ułożonych w wykopach ziemnych pokazano na kolejnych rys. 42 i 43. Stoisko badawcze wykonane w postaci skrzyni umożliwia prowadzenie badań dla prostych odcinków kabli, jak również odcinków łuków, w

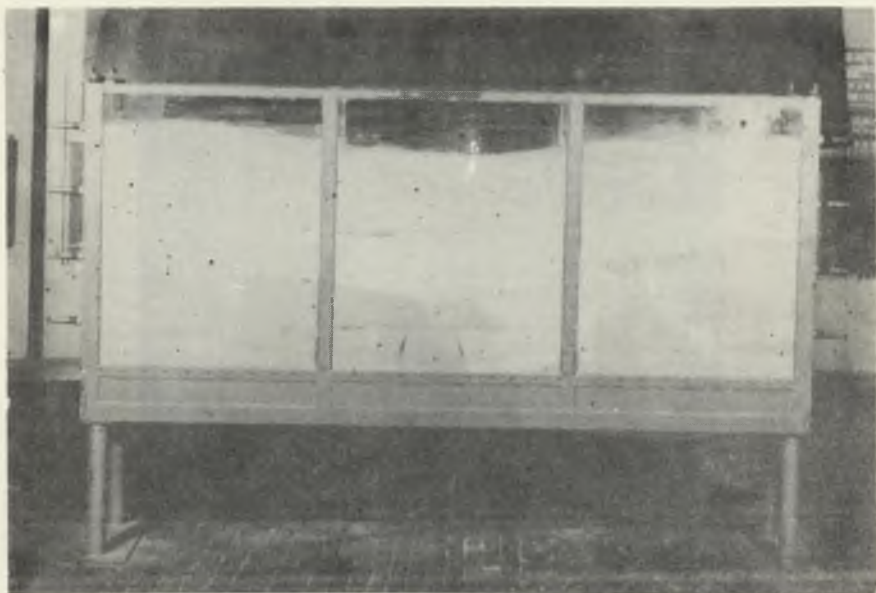


Rys. 39. Modelowe badania odrpeżania pokładów tpiących

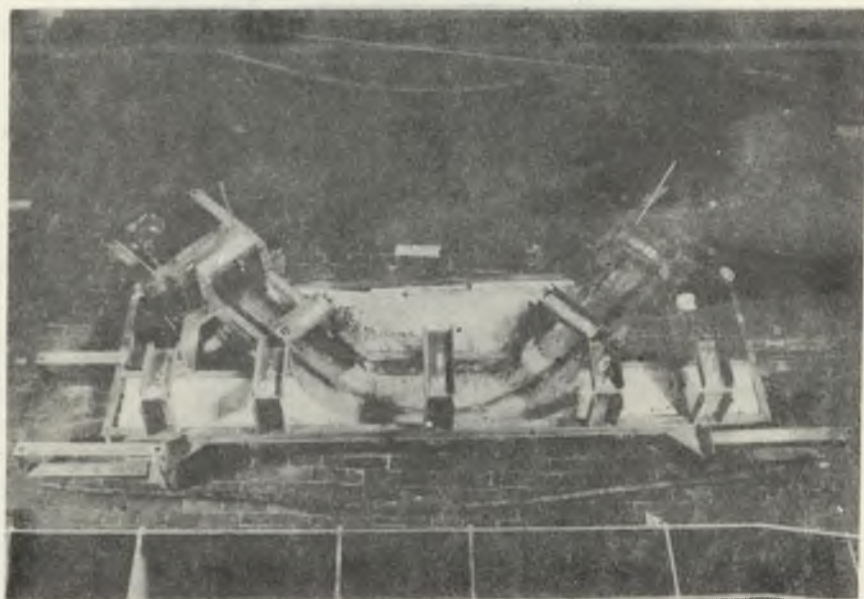


Rys. 40. Zapadliska utworzone w modelu górotworu

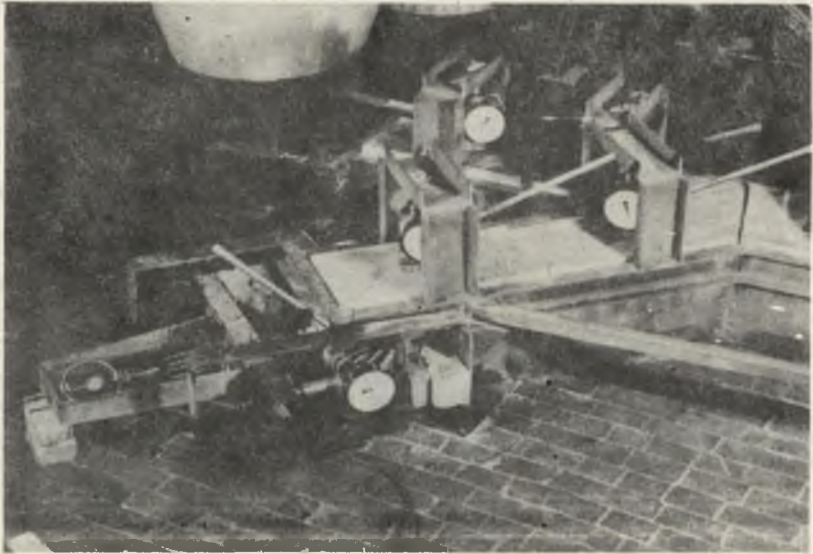




Rys. 41. Stoisko do modelowych badań powstawania deformacji nieciągłych



Rys. 42. Stoisko do badania deformacji kabli



Rys. 43. Urządzenie kontrolno-pomiarowe naciągu włókien kabli w czasie badań

gruncie nasypowym poddanym konsolidacji przez sprasowanie przy użyciu podnośników hydraulicznych. Odpowiednie urządzenia pomiarowe i dynamometry pozwalają modelować określone wielkości deformacji podłoża oraz mierzyć siły naciągu w poszczególnych włóknach kabli zwłaszcza kabli telekomunikacyjnych. Celem badań było opracowanie właściwych konstrukcji kompensatorów zabezpieczających włókna kabli przed zerowaniem.

## 8. Zakończenie

Systematyczny rozwój polskiego górnictwa stwarza obecnie ogromne zapotrzebowanie na prace naukowo-badawcze skierowane na coraz ściślej rozpoznawanie zjawisk zachodzących w górotworze pod wpływem wyrobisk górniczych oraz poznanie wszystkich cech i własności środowiska górniczego. Bo- wiem tylko tą drogą można dojść do szczytnych zamierzeń wyeliminowania bądź ograniczenia do minimum zagrożenia pracy w kopalniach, zwiększenie wydajności, wzrostu produkcji oraz obniżenia jej kosztów. Szeroko podjęte te problemy znajdują się w centrum uwagi wszystkich pracowników Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni, którzy wnoszą w tym zakresie swój realny wkład. Wiele z niewspomnianych w niniejszym opracowaniu badań i prac naukowych przynosi już gospodarce narodowej konkretne efekty, wiele z nich znajdzie zastosowanie i wdrożenie w przyszłości. Albowiem tylko wszechstronne korzyści społeczne osiągnięć naukowych w produkcji - stanowią kryterium oceny wartości naszej pracy.