ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Górnictwo z. 68 Nr kol. 461

Mirosław Chudek, Andrzej Pach,
Ryszard Garncarz, Grzegorz Skudlik

BADANIA NAD OKREŚLENIEM KRYTERIÓW DOBORU STOSÓW DREWNIANYCH WYKONYWANYCH Z DREWNA TARTEGO

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań nad określeniem zasad doboru stosów drewnianych stosowanych jako element obudowy lub zabezpieczenie wyrobisk górniczych. W oparciu o uzyskane wyniki badań przeprowadzono analizę pracy stosów drewnianych wykonanych z drewna tartego - przedstawione wykresy charakterystyk podpornościowych stanowić mogą wstępne wytyczne w pracach związanych z doborem tej formy stosów drewnianych.

1. Wstęp

Stosy drewniane stanowiące jedną z odmian elementów podporowych obudowy wyrobisk górniczych stosowane są w budownictwie podziemnym od dawna, ze względu jednak na wysoką pracochłonność wykonania ich zakres stosowania jest w pewnej mierze ograniczony. Korzystne walory jakimi legitymują się stosy, a mianowicie: wysoka podporność możliwa do uzyskania w szerokich granicach wartości zmiennych, duża stateczność zapewniająca właściwe zabezpieczenie nawet w warunkach występowania obciążeń dynamicznych, zadecydowały, że stosy zabudowuje się w głównej mierze w wyrobiskach prowadzonych lub utrzymanych w trudnych warunkach. Stosowane są także jako dodatkowa forma zabezpieczenia wyrobisk górniczych zlokalizowanych w zasięgu wpływów wzmożonych ciśnień górotworu.

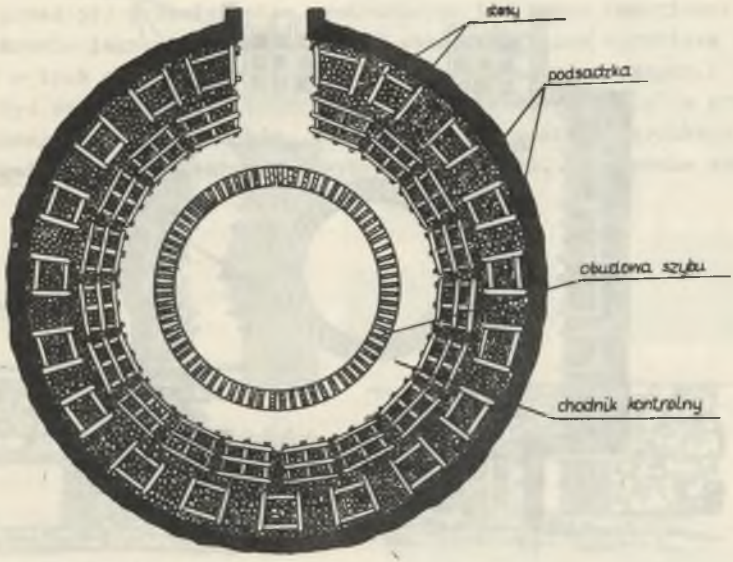
W zależności od wymaganej podatności i podporności obudowy lub zabezpieczenia, stosy wykonywane są w różnym układzie elementów, spośród najczęściej spotykanych form wyróżnić można:
stosy puste, całodrzewne i pełne. Zaznaczyć należy przy tym, że układ i zagęszczenie elementów drewnianych w stosach całodrzewnych jak i stosunek zużytego do wypełnienia stosu kamienia do zużytego drewna na budowę stosu pełnego wpływają na kształtowanie się charakterystyk pracy, decydując o skuteczności wykonanego zabezpieczenia wyrobiska.
W dotychczasowej praktyce dołowej dobór stosów dla konkretnych warunków polegał na optycznej ocenie jak i doświadczeniu górniczym związanym z oceną pracy w lokalnych warunkach.

Stąd też zastosowanie odpowiedniego sortymentu i gatunku drewna, ilości i jakości użytego kamienia oraz dobór stosunku drewna do kamienia jest całkowicie przypadkowy. Fakt ten na ogół wpływa niekorzystnie na możli-

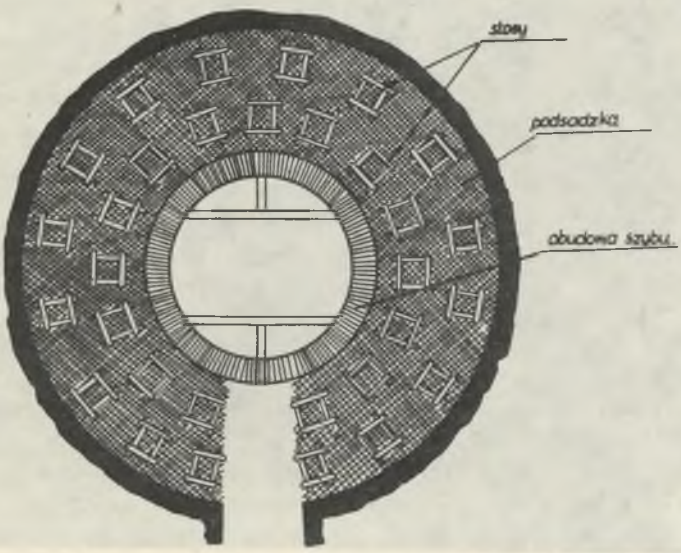
ści uzyskania, optymalnych warunków współpracy wykonanego zabezpieczenia (stosu) z otaczającym górotworem. Zdarzające się dosyć często przypadki budowy stosów o nadmiernej nośności wynikające z chęci zabezpieczenia się przed ewentualną jego nadmierną deformacją, stanowią równie niekorzystną formę zabezpieczenia wyrobiska, jak w przypadku wykonania stosów o dużej podatności i małej nośności. Korzystna forma zabezpieczenia wyrobiska uzyskana być może jedynie drogą właściwej oceny warunków górniczych i poprzez jednoznaczne określenie kryteriów pracy stosów drewnianych.
W oparciu o wykonane wyniki badań przeprowadzono analizy pracy stosów drewnianych, wykonanych z drewna tartego - przedstawione wykresy charakterystyk podpornościowych stanowić mogą wstępne wytyczne w pracach związanych z doborem tej formy stosów drewnianych.

2. Zadania stosów drewnianych stanowiących obudowę lub zabezpieczenie wyrobisk górniczych

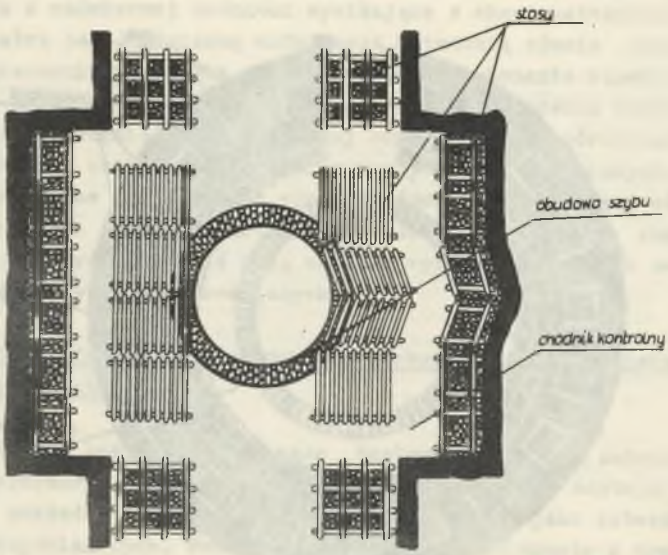
Stosy drewniane znalazły najszersze zastosowanie jako zabezpieczenie przestrzeni wybranej, kostki przyszybowej oraz obudowy szybu w trakcie eksploatacji pokładów węgla w filarach szybowych oraz jako zabezpieczenie chodników przyścianowych. Ponadto stosowane są dość często w trudnych warunkach górniczo-geologicznych jako zabezpieczenie linii zawałowej, samodzielna lub pomocnicza obudowa wyrobisk korytarzowych, lub też jako dodatkowe zabezpieczenie połączeń wyrobisk korytarzowych oraz wynikłych obwałów wyrobisk korytarzowych i eksploatacyjnych. Mogą być zastosowane również jako zabezpieczenie powstałych wyrw i pustek w otoczeniu wyrobisk w trakcie przejść przez rejony silnie zaburzone tektonicznie. Stosy drewniane zabudowane w trakcie wybierania kostki przyszybowej, mające stanowić zabezpieczenie obudowy szybu i przestrzeni wybranej a szczególnie jej upodatnienia, wykonywane są z drewna tartego, jak i okrąglaków w różnym układzie. Ich rozmieszczenie może być także różne jak wynika z załączonych rysunków 1,2,3,4 stanowiących przykłady obudowy przestrzeni po wybranej kostce przyszybowej. Na rysunkach 1,2 stosy rozmieszczone są obwodowo względem rury szybowej, natomiast na rys. 3 przedstawiono zabezpieczenie gdzie stosy umieszczono w układzie równoległym. Stosując niniejsze zabezpieczenia niezmiernie ważnym jest aby przyjęty układ stosów w przestrzeni wybranej gwarantował równomierne przejmowanie obciążeń. Ponadto zastosowane konstrukcje stosów winny posiadać ściśliwość zbliżoną do ściśliwości podsadzki z nimi współpracującej, jedynie taki dobór elementów zabezpieczenia (podsadzka-stosy) gwarantować może równomierne deformacje obudowy szybu, eliminując możliwość tworzenia się stref zwiększonych naprężeń nierównomiernego obciążenia obudowy szybu przez otaczający górotwór, które doprowadzić mogą do jego zniszczenia.



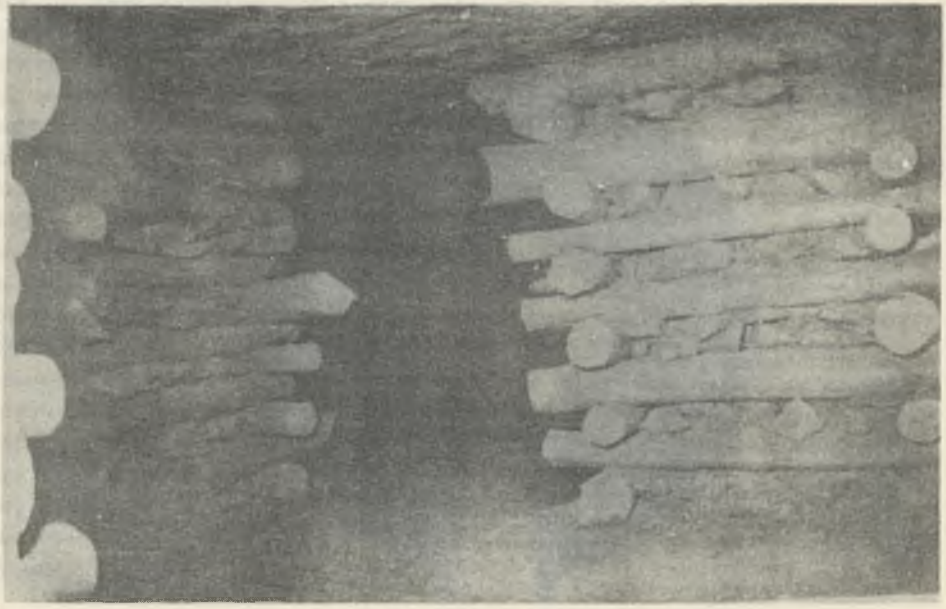
Rys. 1. Zabezpieczenie obudowy szybu w układzie obwodowym stosów i podsadzki z pozostawieniem chodnika kontrolnego [1]



Rys. 2. Zabezpieczenie obudowy szybu w układzie obwodowym stosów i podsadzki bez pozostawienie chodnika kontrolnego [1]



Rys. 3. Zabezpieczenie obudowy szybu w układzie równoległym stosów i podsadzki z pozostawieniem chodnika kontrolnego [1]



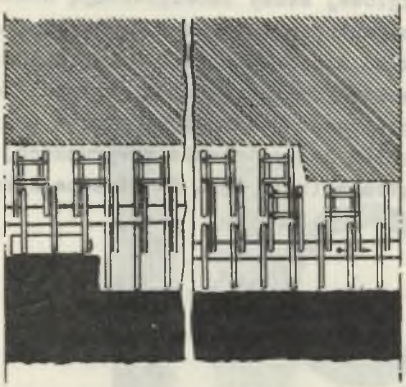
Rys. 4. Widok przestrzeni wybranej kostki przyszybowej zabezpieczonej stosami pełnymi [3]

Zastosowane w chodnikach przyścianowych stosy drewniane mają za zadanie przejęcie głównych obciążeń ze strony warstw stropowych i spągowych, tzn. zabudowane w miejsce wybranej calizny węglowej stosy zabezpieczają obudowę wyrobiska przed jej przeciążeniem, gwarantując tym samym funkcjonalność wyrobiska w okresie jego użytkowania. Układ stosów względem wyrobiska uzależniony jest w tych przypadkach od warunków górniczo-geologicznych. I tak chodnik może być zabezpieczony obustronnie pasem stosów (rys. 5a) w przypadku dwustronnego otoczenia zrobów, lub też jednostronnie w warunkach jednostronnego sąsiedztwa z przestrzenią wybraną (rys. 5b). Obustronne zabez-

Rys. 5a. Zabezpieczenie chodnika przyścianowego stosami pędzonego w dwustronnym otoczeniu zrobów [2]

Rys. 5b. Zabezpieczenie chodnika przyścianowego stosami pędzonego w jednostronnym otoczeniu zrobów [2]

pieczenie stosami obudowy chodników stosowane jest również w wyrobiskach zlokalizowanych na dużych głębokościach gdzie deformacje otaczania skalnego zachodzą z znacznym nasileniem objawiając się w postaci silnego spękania i wyciskania skał ociosowych powodujących boczne obciążenia obudowy. W warunkach tych zadaniem stosów jest przejęcie głównych obciążeń oraz upodatnienie otoczenia skalnego wyrobiska. Ponadto stosy te stanowią przegrodę uniemożliwiającą ruch skał ociosowych do wyrobiska korytarzowego. Zabudowane w wymienionych przypadkach stosy legitymować się winny określonymi parametrami - właściwą podpornością i podatnością. Zbyt mała podatność stosu powodować będzie, że rejon chodnika będzie stanowił strefę wzmożonych koncentracji naprężeń w warstwach stropowych i spągowych, a więc może być powodem zainicjowania procesu silnego wyciskania skał spągowych, którego przebieg może być wyjątkowo intensywny. W przypadku zbytniej podatności stosów główne obciążenia przyjmować będzie obudowa wyrobiska, której nośność jest z reguły stosunkowo niska (w porównaniu z podpornością stosu) ulegając trwałym niekorzystnym deformacjom. Zastosowane natomiast na linii zawałowej ścian stosy drewniane (rys. 6a) pełnić mogą rolę łamaczy, w przypadku gdy zachodzi konieczność stwarzania znacznej różnicy naprężeń w warstwach stropowych doprowadzających do ich załamania, lub też



Rys. 6a. Przykład zabezpieczenia linii zawałowej ściany stosami - łamacze stropu [4]

Rys. 6b. Widok przedziału roboczego ściany zabezpieczonej na linii zawałowej stosami o zbyt małej podporności [3]

stanowić mogą dodatkowy element podporowy obudowy w warunkach gdy konieczne jest zapewnienie łagodnego osiadania zwięzłych warstw stropowych.

W wymienionych przypadkach wybór odpowiedniej konstrukcji stosów nie jest obojętny. I tak zastosowanie stosów o zbyt małej nośności i dużej podatności, jako łamaczy prowadzić może do nadmiernego zaciskania przestrzeni roboczych ścian (rys. 6b) jak i powstawania groźnych obwałów stropu. Podobnie wprowadzenie stosów w pasach (rys.7), (system kierowania stropem z częściowym zawałem) których podatność będzie zbyt duża, może prowadzić do gwałtownego i niekontrolowanego załamywania się ławy stropowej, które może być przyczyną dynamicznych obciążeń obudowy oraz calizny węglowej ścian.

Budowa stosów mających za zadanie wypełnianie pustek jak i wyrw pozawałowych charakteryzować się musi również wyjątkowo dokładnym, przemyślanym wykonawstwem zabezpieczenia, gwarantując tym samym prawidłową pracę obudowy wyrobiska jak i uniemożliwiającym dalsze rozszerzenie się stref spękań i obrywania się odłamków skalnych.

Rys. 7. Przykład zastosowania stosów w pasach podsadzkowych w systemie kierowania stropem z częściowym zawałem [4]

3. Program i metodyka badań nad określeniem parametrów pracy stosów drewnianych

3.1. Cel i zakres badań

Pomimo stosunkowo szerokiego zakresu stosowania stosów konstrukcja stosu drewnianego dobierana jest z reguły na zasadzie losowej, bez właściwego uwzględnienia parametrów konstrukcyjnych takich jak: wysokość początkowa, układ i kształt elementów użytych do budowy stosu oraz parametrów pracy jak: podporność i podatność.

Istniejący stan rzeczy wynika z faktu braku informacji i odpowiednio usystematyzowanych doświadczeń w tym zakresie w literaturze polskiej, jak i zagranicznej.

Zgodnie z wysuniętymi uprzednio uwagami odnośnie rangi stosowania stosów oraz wpływu ich pracy na jakość zabezpieczenia, stwierdzono potrzebę przeprowadzenia systematycznych badań, umożliwiających zebranie wyczerpujących informacji (maksymalnej ilości danych) wiążących konstrukcję stosu z właściwymi mu parametrami pracy.

Badania wykonano w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni Politechniki Śląskiej, ich celem jest ustalenie zależności funkcyjnej pomiędzy podpornością lub podatnością stosu, a współczynnikami charakteryzującymi rodzaj konstrukcji, umożliwiającej dokonania doboru stosu dla dowolnych warunków górniczych.

3.2. Założenia przyjętej metody badań

Stosowane w budownictwie podziemnym stosy, w zależności od potrzeb, jak i warunków wykonywane są w różnych układach elementów jak i różnego sortymentu drewna, dlatego też konstrukcje te dość często różnią się między sobą. Przeprowadzenie badań wszystkich możliwych rozwiązań konstrukcyjnych byłoby zbyt kosztowne, jak i częściowo niecelowe ze względu na ograniczo-

ny zakres stosowania większości rozwiązań. W związku z tym badania ograniczono do rozwiązań najczęściej stosowanych, tj. stosów wykonanych z podkładów lub drewna tartego sosnowego, a więc konstrukcji stosu drewnianego charakteryzującego się największą statecznością oraz najniższym kosztem wykonawstwa.

Poddanie badaniom stosów drewnianych wykonywanych w wielkości naturalnej, stanowi poważne utrudnienie, tak ze względu na konieczność ograniczania do minimum zużycia materiału, jak i możliwości techniczne prowadzenia tego typu badań. Umieszczenie bowiem stosu naturalnej wielkości w prasach powszechnie stosowanych jest niemożliwe, ponadto osiągane wartości obciążeń wahałyby się w przedziałach wartości małych w stosunku do pożądanych.

Stąd też badania w zakresie niniejszego tematu przeprowadzono na modelach.

W przyjętej metodzie badań, koniecznym było wprowadzenie pewnych założeń upraszczających w stosunku do podstawowych założeń badań modelowych, ponieważ dobranie materiałów ekwiwalentnych, których charakterystyki wytrzymałościowe stanowiłyby pełne odzwierciedlenie cech drewna jest niemożliwe, zdecydowano się do badań użyć drewna sosnowego (pozbawionego spękań i sęków) tak więc zagadnienie podobieństwa modelowego ograniczone zostaje jedynie do zachowania zasady podobieństwa geometrycznego. Określenia skali modelowania dokonano mając na uwadze prześwit użyteczny prasy hydraulicznej w której prowadzono badania (prasa ZD 100 Pu), jak i gabaryty stosów drewnianych najczęściej wykonywanych. Jako podstawę określenia gabarytów stosu modelowego przyjęto stos rzeczywisty ułożony z podkładów lub drewna tartego o rzeczywistych wymiarach elementów 1600 x 140 x 140mm

W wyniku badań wstępnych - rozpoznawczych ustalono skalę modelowania: 1 : 4, dla której wymiary pojedynczego elementu wynosiły 400 x 35 x 35 mm. Dla założonego stosunku modelowania istnieje możliwość prowadzenia ciągłej rejestracji obciążeń i deformacji stosów, aż do ich całkowitego zniszczenia przy możliwym do uzyskania w warunkach niniejszych badań obciążeniu 100 ton.

3.3. Program badań

Przebieg charakterystyk podpornościowych stosów zależny jest od wielu czynników, spośród których decydujący wpływ wywierają:

- wytrzymałość drewna,
- wysokość początkowa stosu,
- sposób ułożenia elementów,
- zagęszczenie elementów,
- gabaryty elementów użytych do budowy stosu.

Operowanie w praktyce projektowej, jak i bezpośrednim wykonawstwie wszystkimi wymienionymi parametrami jest uciążliwe, biorąc ponadto pod uwagę fakt, że niektóre z nich jak: wytrzymałość drewna stanowi również wielkość zmienną, zależną od wilgotności, stanu drewna (spękań, występowania sęków itp.) jak i kształtu elementu.

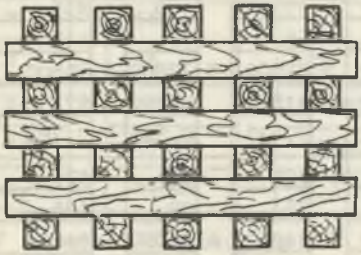
Zasadniczymi elementami jakimi winien operować tak projektant, jak i wykonawca w trakcie doboru konstrukcji stosu to: podatność przy narzuconej wysokości początkowej i przewidywanym obciążeniu lub też odwracając problem - podporność stosu przy narzuconej wysokości i wymaganej podatności.

Dąży się więc do ustalenia zależności funkcyjnej w ramach której operować się będzie czterema podstawowymi parametrami:

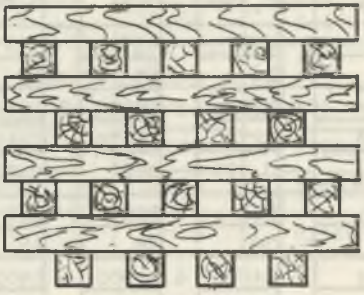
- podpornością,
- podatnością,
- wysokością początkową,
- współczynnikiem wypełnienia "k".

Przedstawiony współczynnik wypełnienia "k" jest parametrem umownym wprowadzonym w niniejszych rozważaniach, charakteryzującym pojęcie "konstrukcji stosu" tj. układ i ilość elementów w stosie. Jego wielkość określana jest stosunkiem objętości drewna (Vd) użytego do budowy stosu (sumaryczna objętość wszystkich elementów) do objętości całkowitej stosu (Vc), a więc wyrażony jest zależnością:

$$k = \frac{Vd}{Vc} < 1.$$



Rys. 8. Stos o krzyżowym układzie elementów [3]



Rys. 9. Stos o naprzemianległym układzie elementów [3]

Badania w ramach tematu przeprowadzono w dwóch cyklach, na modelach stosów najczęściej wykonywanych. Cykl pierwszy obejmował badania stosów o układzie elementów krzyżowym (rys. 8), cykl drugi obejmował natomiast konstrukcje stosów o układzie elementów naprzemianległym (rys. 9). Przy czym

Tablica 1

Tablica programowa dla stosów o krzyżowym układzie elementów

Oznaczenie parametrów														
W		175		175		175		175		175		175		175
J		10		13		15		20		25		30		45
Vc	1	28000	1	28000	1	28000	1	28000	1	28000	1	28000	1	28000
Vd		4900		6270		7350		9800		12250		14700		22050
K_k		0,175		0,22		0,262		0,135		0,437		0,525		0,787
W		245		245		245		245		245		245		245
J		14		18		21		28		35		42		83
Vc	2	39200	2	39200	2	39200	2	39200	2	39200	2	39200	2	39200
Vd		6860		8820		10290		13720		17150		20580		30870
K_k		0,175		0,22		0,262		0,35		0,437		0,525		0,787
W		315		315		315		315		315		315		315
J		18		23		27		36		45		54		81
Vc	3	50400	3	50400	3	50400	3	50400	3	50400	3	50400	3	50400
Vd		8820		11270		13230		17640		22050		26460		39690
K_k		0,175		0,22		0,262		0,35		0,437		0,525		0,787
W		385		385		385		385		385		385		385
J		22		28		33		44		55		66		99
Vc	4	61600	4	61600	4	61600	4	61600	4	61600	4	61600	4	61600
Vd		10780		13720		16170		21560		26950		32340		48510
K_k		0,175		0,22		0,262		0,35		0,437		0,525		0,787
W		455		455		455		455		455		455		455
J		26		33		39		52		65		78		117
Vc	5	72800	5	72800	5	72800	5	72800	5	72800	5	72800	5	72800
Vd		12730		16170		19119		25480		31850		38200		57330
K_k		0,175		0,22		0,262		0,35		0,437		0,525		0,787
W		525		525		525		525		525		525		525
J		30		38		45		60		75		90		135
Vc	6	84000	6	84000	6	84000	6	84000	6	84000	6	84000	6	84000
Vd		14700		18620		22050		29400		36750		44100		66150
K_k		0,175		0,22		0,262		0,35		0,437		0,525		0,787
W		595		595		595		595		595		595		595
J		34		43		51		68		85		102		153
Vc	7	95200	7	95200	7	95200	7	95200	7	95200	7	95200	7	95200
Vd		16660		21070		24990		33320		41650		49980		74970
K_k		0,175		0,22		0,262		0,35		0,437		0,525		0,787

W - wysokość stosu mm
J - ilość elementów w stosie
Vc- objętość całkowita stosu cm^3
Vd - objętość drewna w stosie cm^3
K_k - współczynnik wypełnienia stosu

Tablica 2

Tablica programowa dla stosów o naprzemianległym układzie elementów

Oznaczenie parametrów										
W		210		210		210		210		210
J		27		27		33		39		45
Vc	1'	33600	1'	33600	1'	33600	1'	33600	1'	33600
Vd		10290		13230		16170		19110		22050
K_N		0,306		0,393		0,481		0,568		0,656
W		350		350		350		350		350
J		35		45		55		65		75
Vc	2'	56000	2'	56000	2'	56000	2'	56000	2'	56000
Vd		17150		22050		26950		31850		36750
K_N		0,306		0,393		0,481		0,568		0,656
W		490		490		490		490		490
J		49		63		77		91		105
Vc	3'	78400	3'	78400	3'	78400	3'	78400	3'	78400
Vd		24010		30870		37730		44590		51450
K_N		0,306		0,393		0,481		0,560		0,656
W		560		560		560		560		560
J		56		72		88		104		120
Vc	4'	89600	4'	89600	4'	89600	4'	89600	4'	89600
Vd		27440		35280		43120		50690		58800
K_N		0,306		0,393		0,481		0,568		0,656

W - wysokość stosu mm

J - ilość elementów w stosie

Vc - objętość całkowita stosu cm^3

Vd - objętość drewna w stosie cm^3

K_N - współczynnik wypełnienia stosu

tak w jednym jak i drugim cyklu badań, stosy wykonano o różnym zagęszczeniu elementów, praktycznie rzecz biorąc od stosów pustych poprzez formy pośrednie do stosów całodrzewnych. Dane charakterystyczne badanych stosów przedstawiono w tablicach programowych (tablica 1 - dane charakterystyczne stosów o krzyżowym układzie elementów) i (tablica 2 - dane charakterystyczne stosów o naprzemianległym układzie elementów). Jak wynika z załączonych tablic poddane badaniom stosy wykonane były dla:naprzemianległego układu elementów w pięciu wielkościach współczynnika wypełnienia "k" od "k_n" równego 0,306 do 0,656 oraz krzyżowego układu elementów w siedmiu wielkościach współczynnika wypełnienia od "k_r" równego 0,175 do 0,787.

Przyjęcie programu badań w przedstawionym układzie podyktowane było możliwością rejestracji zmian jedynie dwóch podstawowych parametrów podporności i podatności.

Udział zmian pozostałych dwóch parametrów wysokości początkowej stosu i współczynnika zagęszczenia na kształtowanie się charakterystyk podporności obserwowano zakładając w danej fazie badań jeden z nich,jako wartość stałą. Natomiast wpływ zmian parametru przyjętego chwilowo (w danej fazie badań) jako stały, obserwuje się drogą potwórzenia serii badań po zmianie parametru uprzednio przyjętego jako stały.

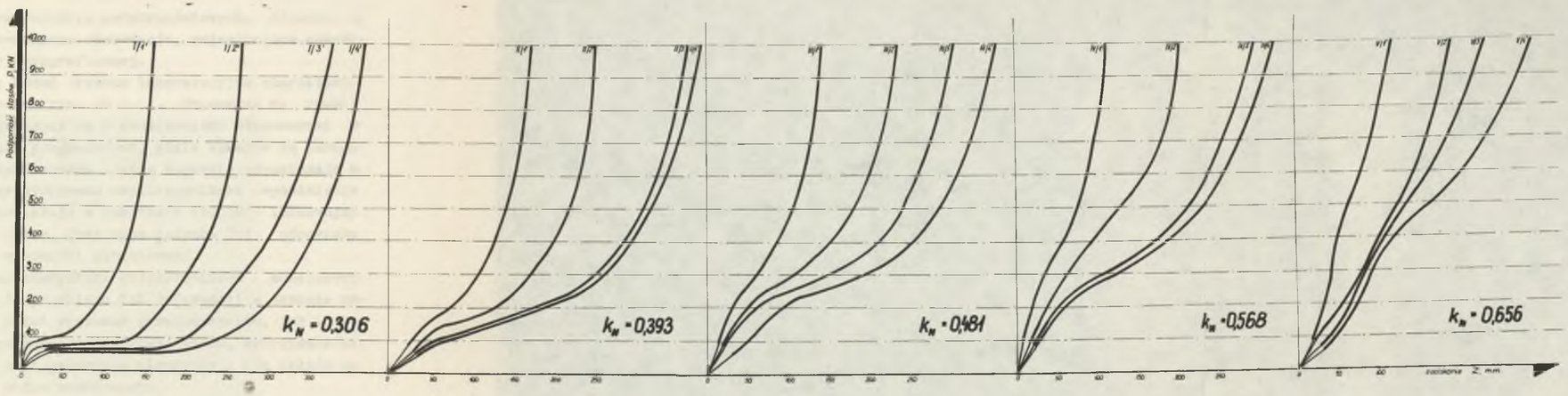
4. Wyniki badań oraz ich analiza

Badania właściwe według założonego programu (tablica 1.2) poprzedzono badaniami wstępnymi, których celem było ustalenie zakresów obciążeń prasy dla poszczególnych grup konstrukcyjnych stosów, a mianowicie dla różnych współczynników wypełnienia "k", poddając maksymalnemu obciążeniu po jednym stosie z każdej grupy, wybierając stosy o największej wysokości początkowej. W wyniku przeprowadzonych badań wstępnych stwierdzono, że do wykonawstwa stosów modelowych, elementy drewniane nie mogą posiadać sęków jak i nie mogą wykazywać spękań. Wady te ze względu na stosunkowo małe wymiary elementów wpływać będą w poważnym stopniu na kształtowanie się charakterystyk podpornościowych, zmieniając w sposób zasadniczy rzeczywisty obraz pracy stosu.

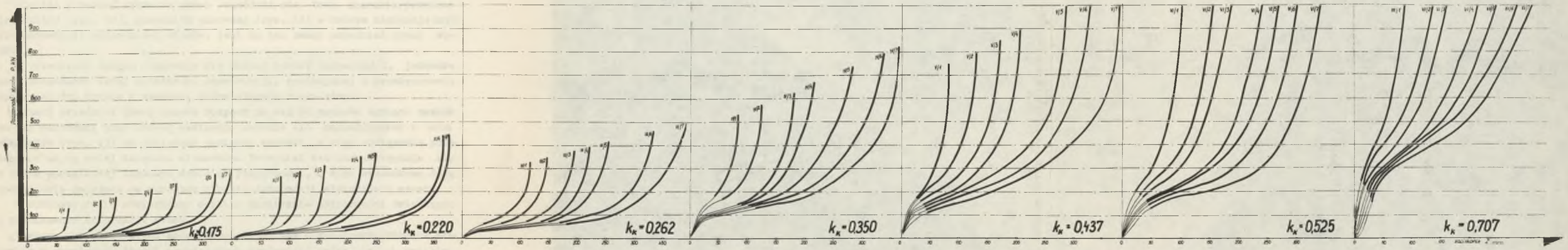
Badania właściwe obejmowały dwie fazy, badania stosów o krzyżowym układzie elementów - faza pierwsza i badania stosów o naprzemianległym układzie elementów - faza druga.

W ramach niniejszych badań zdejmowano charakterystyki podpornościowe stosów modelowych w układzie "obciążenie - zaciskanie", dokonując rejestracji mierzonych wielkości przy użyciu urządzenia samopiszącego na taśmie perforowanej.

Celem uzyskania możliwie najbardziej miarodajnych wyników, każda konstrukcja stosu wykonywana była i badana trzy razy, co w poważnym stopniu pozwalało na wyeliminowanie przypadkowych błędnych wyników oraz wyznacze-



Rys. 11. Średnie laboratoryjne charakterystyki podpornościowe stosów o naprzemianległym układzie elementów



Rys. 10. Średnie laboratoryjne charakterystyki podpornościowe stosów o krzyżowym układzie elementów

nie średnich laboratoryjnych charakterystyk podpornościowych. Ponadto w trakcie całego przebiegu badań prowadzono obserwacje, rejestrujące charakterystyczne etapy badań na kliszy fotograficznej.

Sporządzono w oparciu o wyniki badań średnie laboratoryjne charakterystyki podpornościowe przedstawione na rys. 10 i 11. Stosowane na rysunkach oznaczenia charakterystyk, związane są z oznaczeniami stosowanymi w przedstawionych uprzednio tablicach programowych, gdzie zawarte są parametry charakterystyczne poszczególnych stosów. Cyfry rzymskie odpowiadają w tablicy kolumnie, a więc charakterystycznemu współczynnikowi wypełnienia "k", natomiast cyfry arabskie odpowiadają w tablicach rzędom - informując o wysokości początkowej badanego stosu. Przy czym jedynka (1) odpowiada konstrukcji stosu o najmniejszej wysokości początkowej.

Zdejmowane w trakcie badań charakterystyki podpornościowe modelowych stosów, jak i prowadzone obserwacje przebiegu ich deformacji w trakcie narastania obciążeń potwierdzają w pełni wysuwane przypuszczenia, jak i uwagi z badań wstępnych o wpływie wysokości początkowej stosu, wytrzymałości użytego drewna do jego wykonania oraz gabarytów elementów i ich układu na kształtowanie się charakterystyk podpornościowych.

I tak stosy o zbliżonych współczynnikach wypełnienia lecz różnym układzie elementów wykazują znaczne zróżnicowanie w przebiegach charakterystyk podpornościowych, co spowodowane jest odmiennym procesem deformacji poszczególnych elementów, a zatem i całego stosu.

W stosach o krzyżowym układzie wzrost obciążeń powoduje jedynie wzrost naprężeń ściskających w poszczególnych elementach.

Śledząc przebieg wykresów pracy wyróżnia się trzy charakterystyczne przedziały (rys. 10), przedział pierwszy (rys. 12) w którym następuje szybkie narastanie podporności stosów, jest to tak zwany przedział pracy węzłów.

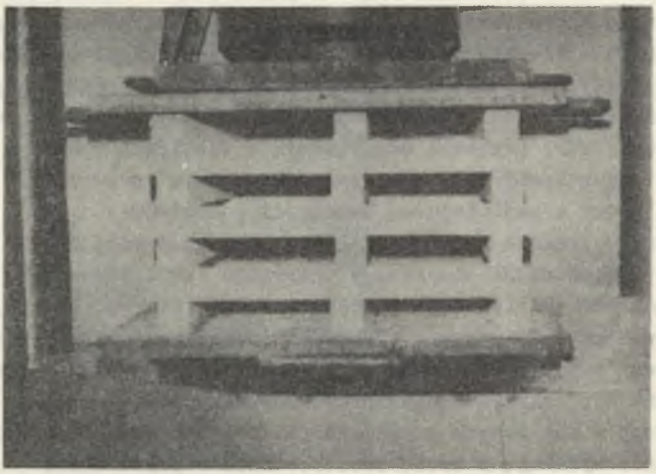
W przedziale drugim obserwuje się dalszy wzrost podporności, jednakże przy stosunkowo dużej podatności konstrukcji, wynikającej z przekroczenia wytrzymałości drewna w węzłach, które ulegają rozgniataniu.

Trzeci przedział pracy stosów rozpoczyna się od momentu zgniotu węzłów do tej wartości, przy której następuje zwarcie się sąsiadujących z sobą elementów (rys. 13) na odcinkach pomiędzy węzłami, a więc obciążenia przenoszone są na całej długości elementów. Przedział ten charakteryzuje się w fazie początkowej łagodnym wzrostem podporności, a więc stosunkowo dużą podatnością malejącą ze wzrostem stopnia deformacji elementów w stosie.

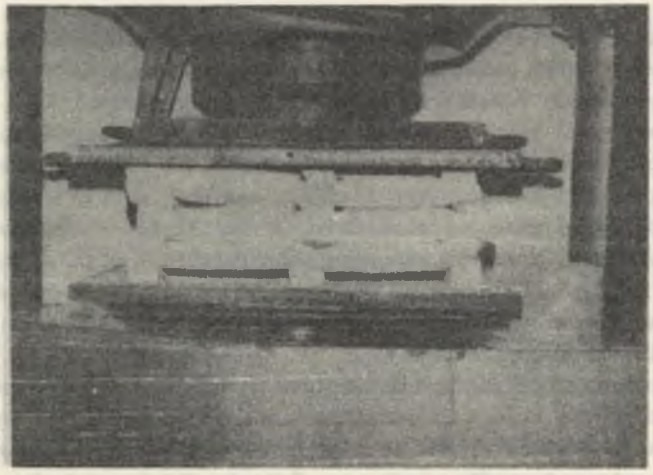
W końcowej fazie stwierdzono szybkie narastanie podporności świadczące o zakończeniu deformacji stosu.

Śledząc charakterystyki podpornościowe stosów o krzyżowym układzie elementów w omawianych trzech przedziałach stwierdzić można, że ich przebiegi zależne są w głównej mierze od zagęszczenia elementów w poszczególnych warstwach, a więc od współczynnika wypełnienia "k" i wysokości początkowej stosu, przy czym wielkość współczynnika wypełnienia wywiera decydujący

wpływ na uzyskane wartości podporności w pierwszej fazie, natomiast wysokość początkowa decyduje o długości fazy drugiej, a więc o podatności stosów.



Rys. 12. Widok modelowego stosu o krzyżowym układzie elementów w pierwszej fazie pracy (praca węzłów) [3]



Rys. 13. Widok modelowego stosu o krzyżowym układzie elementów w trzeciej fazie pracy (zwarcia się elementów całymi powierzchniami) [3]

Rys. 14. Modelowy stos o naprzemianległym układzie elementów na stanowisku badawczym - widoczne gięcie i łamanie elementów [3]

Rys. 15. Widok modelowego stosu o naprzemianległym układzie elementów w trzeciej fazie pracy - silnie przebiegający proces deformacji polegający na gięciu i łamaniu elementów [3]

Zwiększenie wielkości współczynnika wypełnienia wpływa na wzrost podporności przy tych samych wartościach podatności, natomiast zwiększenie wysokości początkowej stosu jest zawsze powodem wzrostu podatności.

W trakcie narastania obciążenia poszczególne elementy pracują nie tylko na ściskanie lecz również na zginanie (rys. 14).

W ogólnym przebiegu średnich charakterystyk podpornościowych nie obserwuje się tak dużego zróżnicowania narastania podporności w poszczególnych fazach pracy, jak w stosach o krzyżowym układzie elementów.

Jednakże śledząc indywidualne charakterystyki stosów faza druga - dużej podatności w ramach której następuje przekroczenie wytrzymałości na zginanie elementów stosu i ich łamanie (obserwuje się dość często gwałtowne spadki podporności), zarysowuje się stosunkowo silnie.

Przy czym zaznaczyć należy, że charakterystyczny dla tej fazy proces deformacji ma tym łagodniejszy przebieg im wyższy jest współczynnik wypełnienia stosu. Zwiększenie wysokości początkowej stosu wpływa również na zwiększenie podatności konstrukcji lecz nie w tak wysokim stopniu, jak to miało miejsce w stosach o krzyżowym układzie elementów.

Pod wpływem narastającego obciążenia wszystkie elementy stosów zostają zgięte i złamane, a więc zostają wypełnione pustki wynikające z naprzemianległego układu elementów (rys. 15).

Od tego momentu rozpoczyna się trzecia faza pracy stosów, w której dalszy wzrost obciążenia powoduje silne narastanie podporności (rys. 11). Zdeformowany częściowo stos (o zgiętych - poła-

manych elementach) przyjmuje w pewnej mierze postać konstrukcji zbliżonej wyglądem do stosu całodrzewnego o dużym zagęszczeniu elementów.

5. Uwagi końcowe

Uzyskane drogą badań modelowych średnie laboratoryjne charakterystyki podpornościowe stosów wykonanych z drewna tartego stanowią materiał wyjściowy do dalszych rozważań i obliczeń w wyniku których zamierza się ustalić zależności funkcyjne i nomogramy służące do określenia parametrów konstrukcyjnych stosów,a więc ich doboru dla konkretnych warunków górniczych. Ponadto przedstawiony materiał graficzny służyć może do porównania charakterystyk współpracujących z sobą: stosów, obudowy i podsadzki - tj. w trakcie doboru poszczególnych elementów stanowiących zabezpieczenie wyrobisk. Przeprowadzone badania dostarczyły również cennych informacji dotyczących wykonawstwa stosów, jednocześnie wiążących się z zagadnieniem ich stateczności. Mając na uwadze odmienny charakter pracy poszczególnych konstrukcji (różny układ elementów) stwierdzono, że stosy o krzyżowym układzie elementów wymagają znacznie dokładniejszego wykonawstwa od konstrukcji o naprzemianległym układzie. W stosach o krzyżowym układzie elementów pomimo starannego wykonania obserwowano niejednokrotnie wypadanie skrajnych belek, co w konsekwencji prowadziło do nierównomiernego przejmowania obciążeń, a tym samym do skręcania lub gwałtownego rozpadania się stosu. Zjawisko to najczęściej występować może w stosach o większych wysokościach, natomiast nie występowało w stosach o naprzemianległym układzie elementów gdzie deformacja elementów w początkowym okresie obciążenia wywołująca gięcie i łamanie elementów powoduje ich wzajemne zakleszczanie się uniemożliwiające ich wypadanie ze stosu zwiększając w ten sposób stateczność konstrukcji. W pracujących jedynie na ściskanie węzłach stosów o krzyżowym układzie, elementy skrajne mają tendencje do wypadania, stąd też nasuwa się wniosek, że w warunkach, gdzie wymagana jest wykonanie stosu o znacznej wysokości lub też gdzie spodziewać się można obciążeń dynamicznych korzystne jest stosowanie konstrukcji o naprzemianległym układzie elementów. Wykonując natomiast w tych warunkach stosy o krzyżowym układzie niezbędne jest ich silne oklinowanie (wywołanie rozporu wstępnego) jak i stosowanie dodatkowych zabezpieczeń uniemożliwiających wysuwanie się belek skrajnych lub też wygięcie stosu, które mogły by doprowadzić do utraty stateczności konstrukcji.

6. Literatura

[1] M. Borecki, M. Chudek: "Mechanika górotworu". Gliwice,1973 r.

[2] Praca zbiorowa: "Podstawowe zasady współpracy obudowy z górotworem przy określonych systemach ochrony wyrobisk". Gliwice 1974 r. Praca nieopublikowana.

[3] Praca zbiorowa: "Opracowanie zasad optymalnego doboru stosów drewnianych stanowiących obudowę lub zabezpieczenie chodników przyścianowych". Gliwice 1972 r. Praca nieopublikowana.

[4] Praca zbiorowa. "Katalog systemów eksploatacji". Katowice 1968 r.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КРИТЕРИЕВ ПОДБОРА ДЕРЕВЯННЫХ КОСТРОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ПИЛЕНОГО ЛЕСА

Р е з ю м е

В работе представлены результаты исследований по определению принципов подбора деревянных костров, применяемых в качестве элемента крепи или предохранения горных выработое. На базе полученных результатов исследований проведен анализ работы деревянных костров, изготовленных из пиленого леса - представленные диаграммы подпорных характеристик определят предварительные указания в работах, связанных с подбором этой формы деревянных костров.

INVESTIGATIONS CONCERNING THE DETERMINATION OF CRITERIA FOR THE CHOICE OF WOODEN CRIBS CONSTRUCTED OF SAWN TIMBER

S u m m a r y

The paper represents the results of investigations concerning the determination of the principles of the selection of wooden cribs to be applied as lining elements and for safeguarding mining excavations. Basing on gathered investigation results, an analysis has been carried out concerning the work of wooden cribs constructed of sawn timber. The diagrams of the supporting characteristics, provided in the paper, may serve as preliminary directions in researches dealing with the choice of this form of wooden cribs.