

Seria: GÓRNIC'TWO z.71

Kazimierz Rułka

Norbert Wypchol

ANALIZA STATYCZNA PODSTAWOWYCH ROZWIĄZAŃ OBUDOWY DLA WYROBISK
KORYTARZOWYCH I KOMOROWYCH O PRZEKROJU PROSTOKĄTNYM

Streszczenie. Podjęto próbę usystematyzowania obudów prostych, bazując na kryterium pracy statycznej poszczególnych konstrukcji. Dokonano podziału obudów prostych ze względu na ich rozwiązania konstrukcyjne. Przedstawiono charakterystykę pracy statycznej obudów prostych.

1. Wprowadzenie

W światowym budownictwie górniczym obserwuje się tendencję do coraz szerszego stosowania prostokątnego lub trapezowego przekroju poprzecznego wyrobisk korytarzowych. Tendencja ta, dotycząca zarówno wyrobisk kapitalnych jak i głównych oraz przyścianowych, wynika głównie z zalet technologicznych, a mianowicie:

- lepszego wykorzystania przekroju poprzecznego wyrobiska,
- większych możliwości mechanizacji drążenia,
- uproszczenia konstrukcji obudowy,
- ułatwienia w utrzymaniu skrzyżowania chodników przyścianowych ze ścianą oraz
- możliwości nienaruszania warstw stropowych w chodnikach kamiennie-węglowych i węglowych.

Z punktu widzenia pracy statycznej obudowy i mechaniki górotworu przekrój prostokątny wyrobiska jest w ogólności mniej korzystny od łukowego. Występujące bowiem naprężenia w narożach wyrobiska oraz tendencje do wyboczenia cienko uławiczonego stropu pod wpływem sił poziomych [2] często przekraczają wartości krytyczne i poważnie zawężają zakres stosowania w stosunku do wyrobisk w obudowie łukowej.

Z uwagi na fakt, że wielkość ciśnień poziomych wzrasta z głębokością, należy oczekiwać, że wraz ze wzrostem głębokości zalegania wyrobisk zakres stosowania obudowy prostej będzie ulegał ograniczeniu. Potwierdza to obserwowany w ostatnich latach pewien regres stosowania obudów prostych w przyścianowych wyrobiskach Zagłębia Ruhry, gdzie procent tych wyrobisk spadł w 1972 roku poniżej 18% wykonywanych chodników przyścianowych. Gotze [4] ocenia jednak zakres uzasadnionego stosowania obudów prostych w tym zagłębiu na około 25%.

We francuskim górnictwie węglowym obserwuje się natomiast wzrost ilości wyrobisk w obudowie prostej. Szczególnie wysoki procent stosowania obu-

dowy prostej zanotowano w Zagłębiu Lotaryńskim, gdzie sięga do 50% [7] przy średniej 10% w całym francuskim górnictwie węglowym. Analogiczne tendencje rozszerzenia zakresu stosowania obudowy prostej występują w górnictwie angielskim.

W krajowym górnictwie węglowym obudowa prosta stosowana jest sporadycznie. Między innymi prowadzone były próby wdrożenia obudowy kotwiono-stropnicowej w kopalniach "1 Maja" i "Rymer" [5] oraz obudowy podporowej KHSP w kopalni doświadczalnej "Jan". W niektórych przypadkach znalazły zastosowanie obudowy podporowe typu "CHOP" [3] oraz rozwiązania podporowe indywidualne. Prowadzone były również próby wykonywania obudowy kotwiovej [8], [9].

Zagadnienie rozwoju konstrukcji obudów prostych w krajowym budownictwie górnictwym nabiera szczególnego znaczenia w związku z projektowaną eksploatacją złóż Lubelskiego Zagłębia Węglowego, dla którego przyjęto generalną zasadę prowadzenia rozciągłości w pokładzie.

W niniejszym artykule podjęto próbę usystematyzowania obudów prostych, bazując na kryterium charakteru pracy statycznej poszczególnych konstrukcji.

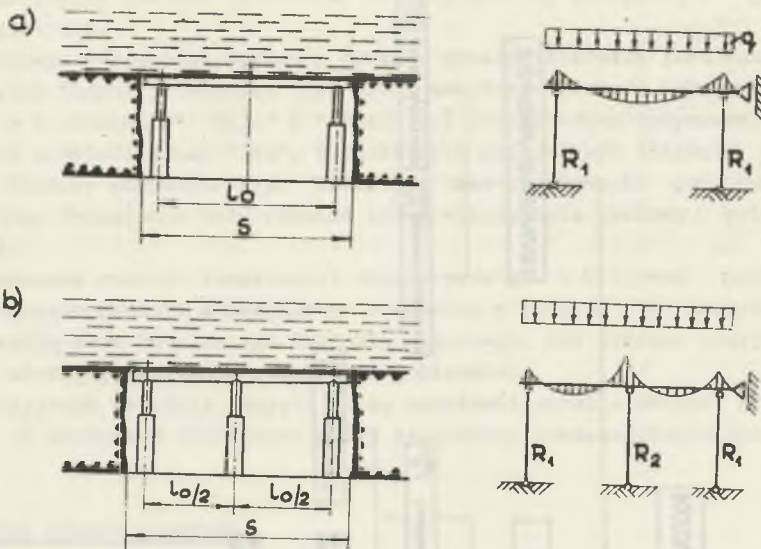
2. Podział obudów prostych

Bazując na aktualnych tendencjach w zakresie rozwiązań konstrukcyjnych obudów prostych, można zaproponować ich podział na trzy grupy;

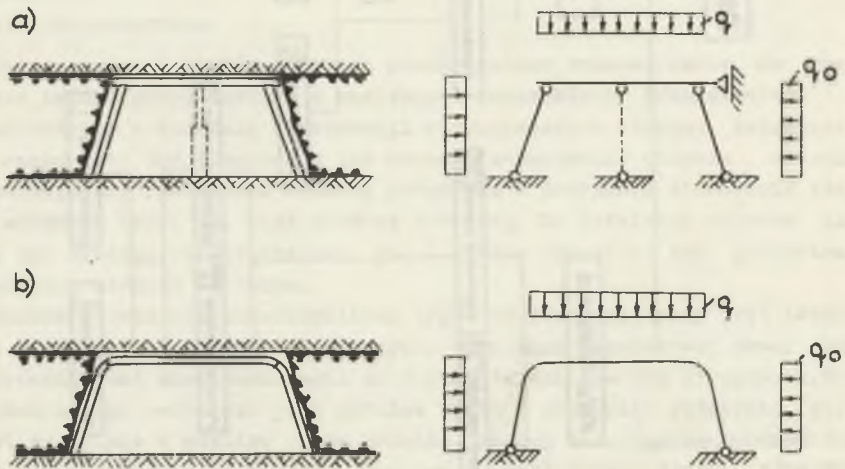
- podporowe,
- kotwiove,
- kotwiono-podporowe.

Dalszy podział obudów prostych przedstawiono schematycznie na rys. 1, a opis każdej grupy zawarto w następujących rozdziałach. Przedstawiony podział dotyczy w zasadzie konstrukcji zabezpieczenia stropu. Zabezpieczenie spągu może być identyczne jak stropu, zabudowanie ociosów natomiast przewiduje się realizować obudową podporową w przypadku stosowania stojaków skośnych (rys. 3), bądź obudową kotwiową. Do kotwienia ociosów użyte mogą być zarówno kotwie stalowe, jak i kotwie drewniane czy poliestrowe, wzmacniane włóknem szklanym.

Zakres stosowania poszczególnych typów obudów limitowany jest istniejącymi warunkami górnictwo-geologicznymi. Warunkiem prawidłowej pracy obudowy prostej jest niedopuszczenie do rozwarstwienia warstw stropowych. Zrealizowanie tego postulatu jest możliwe tylko w przypadku podparcia stropu w osi wyrobiska w pobliżu czoła przodka. Względy technologiczne, umożliwiające wczesne zabudowanie stojaka środkowego, wykluczają często stosowanie prostej obudowy podporowej. Dotyczy to przypadków, gdy podporność stropnicy jednoprzęsłowej jest niewystarczająca. Stąd obudowa kotwiova bądź kotwiono-podporowa jest znacznie korzystniejsza. W chodnikach przyściano-



Rys. 2. Obudowa podporowa prosta i jej schemat pracy
a - jednonawowa, b - dwunawowa



Rys. 3. Obudowa podporowa prosta o skośnie zabudowanych stojakach
a - połączenie przegubowe, b - połączenie sztywne

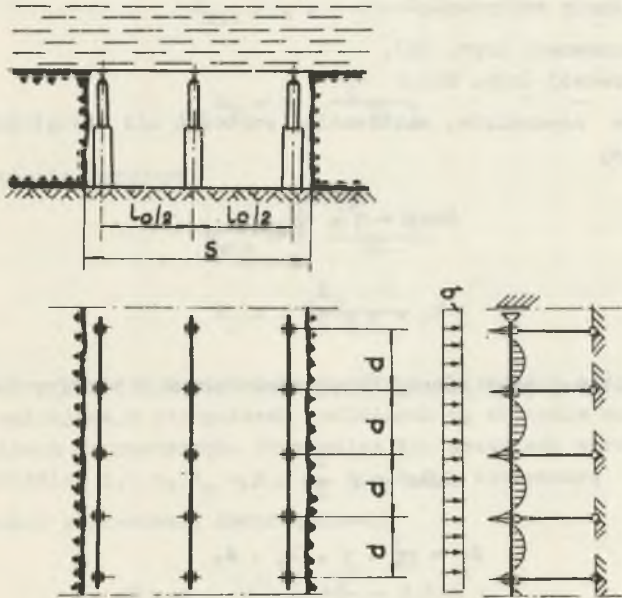
wych występuje dodatkowo utrudniający punkt, a mianowicie skrzyżowanie chodnika ze ścianą, gdzie zasadnicza trudność polega na doborze takiego rozwiązania konstrukcyjnego, które pomimo konieczności wypięcia stojaka skrajnego zapewniłoby dostateczną podporność obudowy.

3. Charakterystyka pracy statycznej obudów prostych

Z uwagi na fakt, że przedstawiony podział obudów bazuje na kryterium rodzaju konstrukcji oraz charakterze pracy statycznej, przytoczono podstawowe wzory do określenia sił wewnętrznych i nośności obudów prostych. Na tej podstawie przeprowadzono analizę porównawczą niektórych obudów.

3.1. Obudowy podporowe

Ze względów konstrukcyjnych i charakteru pracy statycznej, obudowy podporowe podzielono na zabudowywane w układzie podłużnym (rys. 4) i poprzecznym (rys. 2 i 3) w stosunku do osi wyrobiska. Dalszy podział dotyczy sposobu zabudowania skrajnych stojaków (pionowe i skośne) oraz pracy stropnicy jako jedno lub dwuprzęsłowej.



Rys. 4. Obudowa podporowa prosta podłużna

Nośność obudowy podporowej

Nośność konstrukcji limitowana jest nośnością jej elementów; stropnicy oraz stojaków. Nośność przekroju poprzecznego stropnicy określić można obliczeniowo według Schaefera [12]:

$$M_{no} = R_e (m + n) \cdot W_x, \quad (1)$$

$$n = \frac{R_m - R_e}{R_e}, \quad (2)$$

gdzie:

R_e - granica plastyczności stali,

R_m - granica wytrzymałości stali,

W_x - wskaźnik zginania profilu,

m - współczynnik zginania według Schaefera [12]

Podporność stojaków określana jest zwykle doświadczalnie i podawana przez producenta w charakterystyce technicznej stojaka.

Ekstremalne wartości sił wewnętrznych

Wartości ekstremalne sił wewnętrznych uzależnione są od zrealizowanego układu konstrukcyjnego obudowy podporowej;

a) przy układzie poprzecznym i pionowych stojakach w praktyce mogą wystąpić dwa schematy statyczne;

- ramy jednonawowej (rys. 2a),
- ramy dwunawowej (rys. 2b).

Pomiijając wpływ wsporników, ekstremalne wartości sił wewnętrznych wynoszą odpowiednio;

$$M_{max} = q \cdot \frac{l_0^2}{8} \cdot d, \quad (3)$$

$$R_1 = q \cdot \frac{l_0}{2} \cdot d, \quad (4)$$

- w ramie dwunawowej przy równej odległości stojaków skrajnych od środkowego:

$$M_{max} = q \cdot \frac{l_0^2}{32} \cdot d, \quad (5)$$

$$R_1 = \frac{3}{16} \cdot q \cdot l_0 \cdot d, \quad (6)$$

$$R_2 = 0,625 \cdot q \cdot l_0 \cdot d, \quad (7)$$

W powyższych wzorach oznaczają:

q - obciążenie na 1 m^2 stropu

l_0 - rozstaw stojaków skrajnych

d - rozstaw odrzwi

- b) przy układzie poprzecznym i skośnych stojakach (rys. 3) zarówno stojaki jak i stropnice są mimośrodowo ściskane. W zależności od zrealizowanych połączeń (przegubowych bądź sztywnych) i ewentualności stosowania stojaków pośrednich posiadają różny stopień statycznej niewyznaczalności,
- c) przy układzie podłużnym, pomijając elementy drugorzędne obudowy (okładziny, siatki opinające itp.), można wykazać, że obudowa podporowa jest korzystniejsza w układzie podłużnym aniżeli w poprzecznym (rys. 4). Wynika to z możliwości zmniejszenia rozpiętości stropnicy podłużnej do nawet 1 m, podczas gdy możliwość podparcia stropnicy poprzecznej ograniczona jest użytkowością wyrobiska. Ponadto stropnicę podłużną można stosunkowo łatwo skonstruować jako belkę ciągłą, wieloprzęsłową, stropnica poprzeczna natomiast jest z reguły belką jedno lub dwuprzęsłową. Ekstremalne wartości sił wewnętrznych w obudowie podporowej o układzie podłużnym i przy przyjęciu stropnicy wieloprzęsłowej wynoszą;

- dla stropnicy środkowej

$$M_{\min} = q \cdot \frac{d^2 \cdot l_0}{24}, \quad (8)$$

$$R_2 = q \cdot \frac{l_0 \cdot d}{2}, \quad (9)$$

- dla stropnic skrajnych

$$M_{\min} = q \cdot \frac{d^2 \cdot l_0}{48}, \quad (10)$$

$$R_1 = q \cdot \frac{l_0 \cdot d}{4}, \quad (11)$$

O ile stojaki przenoszą w obydwu przypadkach obciążenia podobnego rzędu, to momenty zginające w stropnicach podłużnych są znacznie mniejsze aniżeli w stropnicach poprzecznych. Przyjmując dla przykładu wyrobisko o szerokości w świetle 5,0 m, $l_0 = 4,5$ m, $d = 1,0$ m otrzymamy;

- dla stropnicy poprzecznej dwuprzęsłowej:

$$M = q \cdot \frac{1,0 \cdot 4,5^2}{32} = 0,634 q,$$

- dla stropnicy podłużnej środkowej:

$$M = q \cdot \frac{1,0^2 \cdot 4,5}{24} = 0,187 q,$$

- dla stropnicy podłużnej skrajnej:

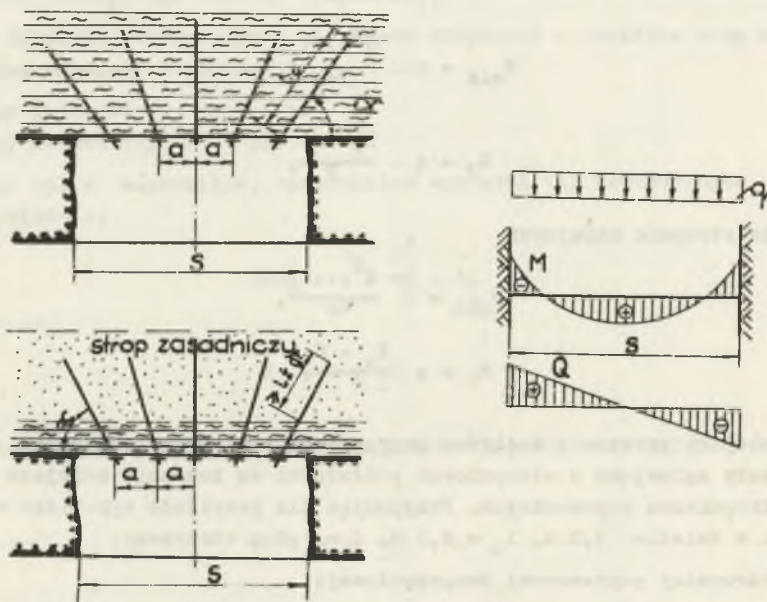
$$M = q \cdot \frac{1,0^2 \cdot 4,5}{48} = 0,094 \cdot q.$$

Możliwość zastosowania obudowy podporowej w układzie podłużnym jest jednak ograniczona jakością stropu i jest celowa jedynie w przypadku, gdy wystarcza opięcie stropu siatką bez dodatkowych elementów nośnych drugiego kierunku.

3.2. Obudowy kotwiowe

W obudowach kotwiowych wyrobisk o przekroju prostokątnym rozróżnić można obudowy (rys. 1):

- samodzielne, w których elementami nośnymi są wyłącznie kotwie, oraz
- zespolone, w których konstrukcję nośną stanowią kotwie wraz z ciągnami lub belkami.

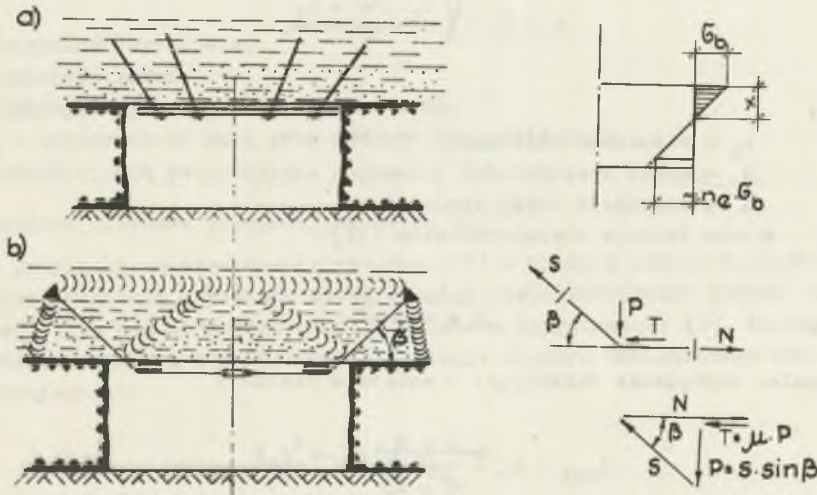


Rys. 5. Obudowa kotwiowa samodzielna
a - spinająca, b - przypinająca

Ze względu na warunki zławionego górotworu karbońskiego i możliwość wyodrębnienia metodyki obliczenia obudowy samodzielne podzielono na:

- spinające, gdzie kotew spina kilka lub kilkanaście warstw stropowych górotworu tworząc z nich jedną belkę (rys. 5a) oraz

- przypinające, gdzie kotew przypina słabe warstwy stropu bezpośredniego do mocnej ławy stropu zasadniczego (rys. 5b).



Rys. 6. Obudowa kotwiowa zespolona

a - belkowa, b - sprężająca

Do obudów kotwiowych zespolonych wliczono te, w których poza konstrukcją kotwi występuje również belka lub cięgło, łączące kotwie. Połączenie kotwi z cięgnami musi być wykonane bez luzów. W tak umocowanej belce lub cięgnie pod wpływem pionowych sił i ugięcia stropu występują naprężenia rozciągające. Obudowę kotwiową, współpracującą z belką nazwano kotwiowo-belkową (rys. 6a), a współpracującą z cięgnem - sprężającą (rys. 6b).

a) Obudowa spinająca (rys. 5a)

W wyniku spięcia warstw skalnych utworzona zostaje belka skalna o wysokości:

$$l_1 = (l_c - 0,5a - 0,1 - l_{zu}) \cdot \sin \alpha, \quad (12)$$

gdzie:

- l_c - długość całkowita kotwi,
- a - rozstaw kotwi w rzędzie,
- l_{zu} - długość użytkowa zamocowania kotwi,
- α - kąt nachylenia kotwi do linii stropu.

Maksymalny moment zginający, określony z uwzględnieniem siły osiowej [6], występuje w przekroju utwierdzenia;

$$M_{\min} = \frac{q \cdot s^2}{12} \cdot \frac{\kappa(u) \cdot U}{\operatorname{tg} u}, \quad (13)$$

$$u = \frac{s}{\sqrt{J}} \sqrt{\frac{p_x \cdot d \cdot l_1}{EJ}}, \quad (14)$$

gdzie:

p_x - ciśnienie poziome,

E - moduł sprężystości opinanych skał,

d - szerokość belki skalnej,

$\kappa(u)$ - funkcja stabelaryzowana [14]

$$J = \frac{d \cdot l_1^3}{12} \quad (15)$$

Maksymalne naprężenia ściskające w warstwie skalnej;

$$\sigma_{\max} = p_x \pm \frac{6 \cdot M_{\min}}{d \cdot l_1^2} \leq \frac{R_{c,s}}{s_1}, \quad (16)$$

Pomijając drugi składnik sumy jako mały otrzymamy warunek stosowania obudowy spinającej

$$R_{c,s} \geq s_1 \cdot p_x \quad (17)$$

Liczbę kotwi konieczną dla zespolenia warstw skalnych określić można z warunku przejścia przez kotwie sił rozwarstwiających:

$$n \geq 2 \cdot \frac{T_{\max} - T_{sc}}{N_{sc}} \cdot s_1, \quad (18)$$

gdzie:

T_{\max} - siła rozwarstwiająca działająca w płaszczyźnie środkowej belki, liczona na połowie jej rozpiętości,

$$T_{\max} = \frac{1.5 \cdot q \cdot s^2 \cdot d}{8 \cdot l_1}, \quad (19)$$

N_{sc} - nośność pojedynczej kotwi na ścinanie,

$$N_{sc} = 0,7 \cdot R_e \cdot A, \quad (20)$$

$T_{\acute{s}c}$ - nośność na ścinanie w płaszczyźnie uwarstwienia:

$$T_{\acute{s}c} = c \cdot d \cdot \frac{s}{2}, \quad (21)$$

s - szerokość wyrobiska,

A - przekrój kotwi,

c - kohezja w płaszczyźnie uwarstwienia,

$R_{c,s}$ - wytrzymałość skał przy jednoosiowym ściskaniu,

s_1 - współczynnik pewności.

b) Obudowa kotwiowa przypinająca (rys. 5b)

W przypadku niezachowania warunku (17) w skałach stropu bezpośrednio oraz istnienia w zasięgu kotwi mocnego nieuwarątwionego stropu zasadniczego może być stosowana obudowa kotwiowa przypinająca [6]. Liczbę kotwi można wyznaczyć z warunku przeniesienia ciężaru zawieszonoego stropu bezpośredniego:

$$n \geq \frac{q \cdot s \cdot d}{N_{\acute{s}c}}, \quad (22)$$

potrzebna długość kotwi;

$$l_c \geq g + 0,1 + l_{zgr} \quad (23)$$

$$l_{zgr} = \frac{W_k}{\pi \cdot b \cdot R_r}, \quad (24)$$

gdzie:

g - grubość stropu bezpośredniego,

b - średnica kotwi,

R_r - wytrzymałość na rozciąganie medium utwierdzającego (żywicy),

$$W_k = \frac{b^2 \cdot \pi}{4} \cdot R_m, \quad (25)$$

R_m - granica wytrzymałości materiału kotwi.

W zależności od stanu stropu może być konieczne stosowanie siatek opinających lub stropnic, spełniających rolę elementów drugorzędnych, przekazujących obciążenia z odspojonych warstw skalnych na kotwie.

c) Obudowa kotwiowo-belkowa (rys. 6)

Obudowa kotwiowo-belkowa różni się od obudowy kotwiowo-stropnicowej ścisłym (bez luzów) powiązaniem kotwi ze stropnicą [6], [11]. W wyniku zastosowania obudowy kotwiowo-belkowej utworzona zostaje zespolona belka skal-

na, w której siły ściskające przenoszą warstwy skalne, rozciągające-wkładki stalowe, kotwie zaś przenoszą część sił rozwarstwiających. Maksymalna wartość momentu, zginającego belkę zespoloną:

$$M_{\max} = \frac{q \cdot s^2}{8} \cdot \lambda(u), \quad (26)$$

gdzie:

$\lambda(u)$ - funkcja stabelaryzowana [14].

Rozpatrując pracę belki zespolonej w fazie sprężystej, można wyznaczyć wysokość strefy ściskanej z zależności:

$$x = \frac{-n_e \cdot F_z + \sqrt{n_e^2 \cdot F_z^2 + 2 \cdot F_z \cdot d \cdot h_1 \cdot n_e}}{d}, \quad (27)$$

$$n_e = \frac{E_z}{E}, \quad (28)$$

gdzie:

F_z - przekrój wkładki stalowej,

E_z - moduł sprężystości wkładki stalowej,

h_1 - wysokość użyteczna belki zespolonej,

$$h_1 = (l_c - 0,1 - l_{zu}) \cdot \sin \alpha \quad (29)$$

Liczba kotwi konieczna dla bezpiecznego przejęcia momentu (25):

$$n \geq 2 \cdot \frac{M_{\max}}{(h_1 - \frac{x}{3}) \cdot N_{sc}} \cdot s_1 \quad (30)$$

d) Obudowa kotwiono-sprężająca (rys. 6b)

Obudowa ta polega na wprowadzeniu do górotworu cięgna sprężającego, w wyniku czego utworzona zostaje kratownica skalno-stalowa, w której siły ściskające przenoszone są przez górotwór, zaś siły rozciągające przez kotew [15].

Rozpatrując równowagę węzła "B" można zapisać;

$$N - \sin \beta \cdot S \cdot \mu = S \cdot \cos \beta,$$

skąd:

$$S = \frac{N}{\mu \sin \beta + \cos \beta} \quad (31)$$

Rozróżnia się dwa przypadki zastosowania obudowy sprężającej:

- istnienie słabego stropu bezpośredniego o grubości "g" przy równoczesnym występowaniu w zasięgu kotwi mocnego stropu zasadniczego oraz
- istnienie średniej jakości stropu bezpośredniego o dużej miąższości.

W pierwszym przypadku obudowa sprężająca musi przenieść ciężar stropu bezpośredniego, zatem siła w ciągnię osiąga wartość:

$$N = \frac{\sigma_g \beta + \mu}{2} \cdot s_1 \cdot s \cdot g \cdot d \cdot \gamma, \quad (32)$$

W drugim przypadku obudowa musi przenieść ciężar odspojonych warstw skalnych ocenionych np. według Cymbariewicza:

$$N = \frac{\sigma_g \beta + \mu}{2} \cdot s_1 \cdot s \cdot q_0 \cdot d, \quad (33)$$

gdzie:

q_0 - obciążenie jednostkowe.

Peczątkowy naciąg ciągnia może być mniejszy od wartości określonej wzorami (32) i (33).

3.3. Obudowa kotwiowo-podporowa

Na podstawie analizy pracy statycznej obudów prostych można przypuszczać, że obudowa kotwiowo-podporowa znajdzie w górnictwie węglowym najszersze zastosowanie. Wynika to z jej walorów, a mianowicie:

- możliwość etapowego wznoszenia obudowy (bezpośrednio w przodku wykonywana jest obudowa kotwiowa, za przodkiem zaś bądź też przed przejściem ściany wzmacniana obudowa podporowa),
- możliwość aktywnego podparcia stropu bezpośrednio po jego odsłonięciu (zabudowa kotwi na całej szerokości wyrobiska),
- szerokie możliwości rozwiązań konstrukcyjnych.

Obudowa kotwiowo-podporowa może być, generalnie rzecz biorąc, wykonywana w układzie podporowym podłużnym lub poprzecznym [13]. W obudowie kotwiowo-podporowej wyższość rozwiązania układu podłużnego jest bardziej oczywista, aniżeli w obudowie czysto podporowej. Istnieje tu bowiem możliwość wykorzystania w określonych warunkach górnictwo-geologicznych ociosów jako podpór skrajnych płyty skalnej,

a) w układzie podłużnym (rys. 7a)

W przypadku, gdy zachodzi relacja:

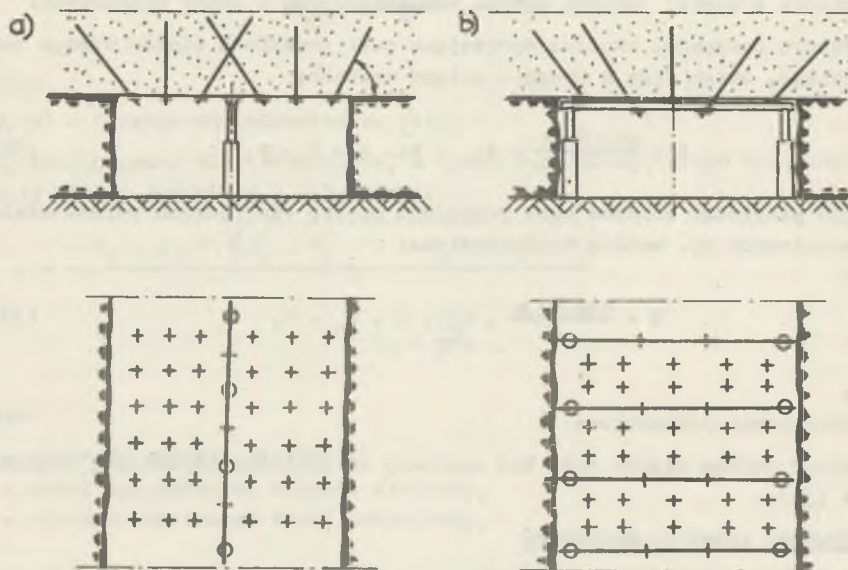
$$\sigma_z = \theta_z \cdot p_z \leq \sigma_1 \cdot R_{0,s}^0, \quad (34)$$

gdzie:

θ_z - współczynnik koncentracji naprężeń według Dinnika (9),

p_z - ciśnienie pionowe (pierwotne bądź zwiększone o ciśnienie eksploatacyjne),

$R_{c,s}^0$ - wytrzymałość skał ociosowych przy jednoosiowym ściskaniu;



Rys. 7. Obudowa kotwiowo-podporowa

a - w układzie podłużnym, b - w układzie poprzecznym

można zrezygnować z wykonywania podciągów skrajnych ograniczając się do wykonania podciągu środkowego [13]. W wyrobiskach przyścianowych podciągi skrajne zabudowywane są w tych warunkach bezpośrednio przed przejściem ściany na określonym odcinku przed frontem ściany;

b) w układzie poprzecznym (rys. 7b)

Różnice pomiędzy obudową kotwiowo-podporową a podporową polegają na zwiększeniu rozstawu odrzwi i dodatkowym kotwieniu płyty skalnej pomiędzy odrzwiami, z ewentualnym równoczesnym przekotwieniem stropnicy [5]. Mankamentem układu poprzecznego jest wykorzystanie w niskim stopniu podporności ociosów. Przyjmowany rozstaw odrzwi $d = 1,0 \div 2,0$ m przy szerokości wyrobiska $s = 3,5 \div 5,5$ m powoduje, że w partii środkowej chodnika skotwiona płyta skalna pracuje jak element jednokierunkowo zginany ($\frac{s}{d} > 2,0$), przekazując obciążenie w przeważającej mierze na odrzwia. Kotwie zatem spełniają tu główną rolę elementu drugorzędowego, przekazującego obciążenia na odrzwia.

4. Kontrola stanu obudów

Wprowadzenie obudów kotwiliowych czy kotwiliowo-podporowych pracujących w pewnej fazie bez elementów podporowych, utrudnia ocenę zachowania się górotworu wokół wyrobiska. O ile w obudowie podporowej ocena bezpieczeństwa w wyrobisku może być dokonana na podstawie makroskopowego określenia stanu deformacji obudowy, o tyle ocena ta w przypadku kotwi jest utrudniona. Wynika to z faktu, że zerwaniu czy ścięciu kotwi towarzyszy nieznaczna deformacja stropu (rzędu kilku centymetrów), niezauważalna przy lustracji obudowy. Stąd w krajach, w których kotwie znalazły szersze zastosowanie (Francja, Anglia), wdrożono system kontroli stanu obudowy kotwiliowych wyrobisk. System ten oparty jest na okresowych (np. codziennych) pomiarach konwergencji, zaciskania poziomego rozwarstwienia czy ugięcia stropu w kolejnych punktach pomiarowych, usytuowanych cyklicznie (np. co 15 m) wzdłuż wszystkich wyrobisk, wykonanych w obudowie kotwiliowej [7].

Na podstawie wieloletnich pomiarów i obserwacji zaistniałych zawałów opracowano dla poszczególnych zagłębi czy kopalń kryteria zagrożenia. Porównanie dokonanych odczytów z powyższymi kryteriami, przeprowadzone np. przez komputer, daje podstawę do informacji o stanie bezpieczeństwa wyrobiska. Wprowadzenie na szerszą skalę w krajowym górnictwie węglowym obudowy kotwiliowej i kotwiliowo-podporowej wymaga rozwiązania również i tego problemu.

5. Wnioski

1. Na podstawie obserwowanych tendencji w światowym budownictwie górniczym oraz przeprowadzonej analizie pracy obudów prostych można oczekiwać, że w wyrobiskach o prostokątnym lub trapezowym przekroju poprzecznym dominującą pozycję zajmą obudowy kotwiliowe zespolone oraz kotwiliowo-podporowe.
2. Przeprowadzona analiza porównawcza wykazuje wyższość rozwiązania obudowy kotwiliowo-podporowej w układzie podłużnym nad układem poprzecznym.
3. Dotychczasowe doświadczenia w zakresie stosowania kotwi wskazują na celowość przejścia z kotwi mocowanych punktowo na kotwie o mocowaniu ciągłym z zastosowaniem żywic syntetycznych.
4. Wprowadzenie na szerszą skalę obudów prostych wymaga sprecyzowania granicy celowego stosowania tych obudów oraz opracowania i wprowadzenia skutecznej metody kontroli stanu obudowy.

LITERATURA

- [1] Borecki M., Chudek M.: Mechanika Górotworu. Wydawnictwo "Śląsk". Katowice 1972.
- [2] Buschmann N.: Bruchverformungen und Ausbauwiderstand im rechteckigen Flözstrecken nach Modellversuchen. Glückauf-Forschungshefte 1970 nr 3.
- [3] Chudek M.: Obudowa kamienna, metalowa i mieszana. Wydawnictwo "Śląsk". Katowice 1968.

- [4] Götze W.: Die Grenzen der Rechteckstrecken. Glückauf 1972 nr 22.
- [5] Jagiełłowicz I., Biesiada M., Siewert E.: Doświadczenia w drażeniu szerokich chodników prostokątnych z kotwieniem stropu w kopalni Rymer. Mechanizacja i automatyzacja górnictwa 1972 nr 6.
- [6] Lachman K., Wypchol N., Gałęziok Z., Wójcik H.: Projekt koncepcyjny obudów wyrobisk korytarzowych i komorowych dla LZW. Praca niepublikowana. ZBiD-BG Mysłowice 1974 r.
- [7] Margon A.: Kontrola chodników kotwionych w pokładzie Zagłębia Lotaryngii. Materiały na sympozjum ISRM Katowice 1973.
- [8] Pałucki T., Posyłek E., Hajduk N.: Wytyczne stosowania obudowy kotwionej w wyrobiskach korytarzowych. ZBiD-BG Mysłowice 1971.
- [9] Podgórski W., Podgórski K.: Obudowa kotwiowa wyrobisk górniczych. Wydawnictwo "Śląsk" Katowice 1969.
- [10] Podgórski K., Podgórski W.: Obliczanie obudowy kotwionej szerokich wyrobisk Projekty-Problemy 1972 nr 5.
- [11] Rułka K., Wypchol H.: Wpływ współpracy obudowy z górotworem na jej nośność. Przegląd Górniczy 1974 nr 2.
- [12] Schaefer W.: Die Tragfähigkeit von Stahlprofilen und wirtschaftliche Verwendung für den Streckenausbau. Glückauf 1957 nr 29 - 30.
- [13] Skoma I., Wypchol N., Głażewski St., Wójcik H.: Projekt techniczno-technologiczny obudowy chodnika IX w pokładzie 401 zautomatyzowanej kopalni węgla kamiennego "Jan" w Katowicach. Praca niepublikowana ZBiD-BG Mysłowice 1974.
- [14] Timoshenko S., Gere L.: Teoria statyczności sprężystej. Wydawnictwo "Arkady", Warszawa 1963.
- [15] Werren I. Kmetz: Roof trusses suport problem strata. Cool Age.

СТАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕШЕНИЙ КРЕПИ ДЛЯ
КОРИДОРНЫХ И КАМЕРНЫХ ВЫРАБОТОК ПРЯМОУГОЛЬНОГО
СЕЧЕНИЯ

Р е з ю м е:

Предпринята попытка систематизирования простых креплений, базируя на критериях статической работы отдельных конструкций. Проведена классификация простых креплений по их конструкционным решениям. Представлена характеристика статической работы простых креплений.

A STATIC ANALYSIS OF FUNDAMENTAL LINING SOLUTIONS FOR THE
DOG HEADING AND CHAMBER WORKINGS WITH A RECTANGULAR CROSS-SECTION

S u m m a r y

An attempt of simple linings systematization, based on the criterion of individual structures static work, has been presented in the paper.

A partition of simple linings has been done on account of their structural solutions.

A characteristic of simple linings static work has been presented.

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]