

Piotr GŁUCH
Politechnika Śląska, Gliwice

PROJEKTOWANIE OBUDOWY PODPOROWEJ PRZYKOTWIONEJ DLA WZMOCNIENIA SKRZYŻOWANIA ŚCIANA - CHODNIK

Streszczenie. Obudowa podporowo-kotwiowa stosowana dla wzmocnienia skrzyżowania ściana - chodnik stanowi coraz częściej stosowany sposób utrzymania skrzyżowania w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego. Dla projektowania parametrów obudowy i wielkości wyrobisk w rejonie skrzyżowania zastosowano model granicznego zniszczenia skał, jaki może się wytworzyć wokół wyrobiska. Rozwiązanie obudowy musi być rozpatrywane całościowo przy uwzględnieniu projektowania zarówno obudowy chodnika, jak i obudowy indywidualnej na końcu ściany oraz określenia technologicznych aspektów zastosowanego wzmocnienia.

DESIGN OF CHOCK SUPPORT BEING ANCHORED TO REINFORCE THE FACE AND SUPPORT

Summary. The anchored chock support used as the reinforcement of face ends is more and more often applied to maintain face ends under conditions of Polish coal mine. A model of the limit destruction of rock that is likely to occur around the working has been utilized for the purpose of designing the parameters of support and of size of working in the face end area. The design of the support must be considered in all aspects taking into account bolt road supports and single prop supports at face ends as well as technological questions involved in the application of reinforcement.

1. Wstęp

Obudowa podporowa stalowa odrzwiowa o kształcie łukowym należy do podstawowych rodzajów obudów stosowanych do zabezpieczania wyrobisk korytarzowych przed utratą ich stateczności. Stawiane wysokie wymagania dla zapewnienia bezpieczeństwa prowadzą często

do znacznego zagęszczenia odrzwi obudowy lub jej dodatkowego wzmocnienia za pomocą układu podporowego wykonywanego ze stojaków podporowych czy podciągów.

Doświadczenia praktyczne ze stosowaniem obudowy kotwiowej w polskich kopalniach wskazują, że efektywnymi sposobami zwiększenia stateczności wyrobiska i poprawy warunków bezpieczeństwa jest zastosowanie połączenia obudowy podporowej z obudową kotwiową. Jednym z rozwiązań, które znalazło szerokie zastosowanie w kopalniach węgla kamiennego, jest przykotwienie odrzwi obudowy podporowej dla jej wzmocnienia na skrzyżowaniu ściana-chodnik.

Zastosowanie przykotwienia odrzwi obudowy pozwala w rejonie skrzyżowania ściana-chodnik znacznie uprościć konstrukcję obudowy zabezpieczającej skrzyżowanie eliminując stosowanie pracochłonnych podciągów i stojaków podporowych.

2. Rozwiązania konstrukcji obudowy podporowej przykotwianej

Konstrukcje obudów podporowych przykotwianych można podzielić na kilka rodzajów uzależnionych od ilości i rozmieszczenia kotwi mocujących obudowę do górotworu.

- Rozwiązanie obudowy podporowej przykotwianej parą kotwi w osi wyrobiska

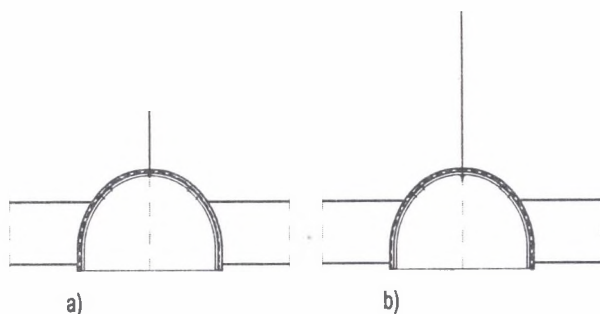
Obudowę przykotwia się na ogół jedną parą kotwi lub za pomocą jednej kotwi budowanej poprzez podciąg przechodzący pod stropnicą (rys.1).

- Rozwiązanie obudowy podporowej przykotwionej dwoma parami kotwi

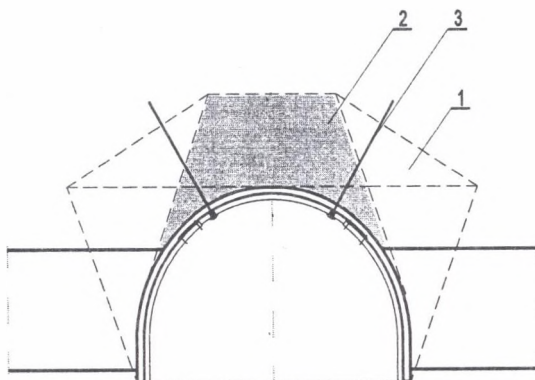
Rozwiązanie przykotwienia odrzwi dwoma parami kotwi należy do często stosowanych rozwiązań wzmocnienia obudowy. Szczególnie korzystne są rozwiązania przykotwienia, w których kotwie stropowe są zakotwione za strefą spękań, a co najmniej za strefą obrywu skał stropowych, które w pierwszej kolejności przemieszczają się do wyrobiska (rys.2).

- Rozwiązanie obudowy podporowej przykotwionej większą liczbą par kotwi

Rozwiązania takie stosowane są sporadycznie głównie w trudnych warunkach geologiczno – górniczych. Szczególnie przydatne są rozwiązania, w których przykotwiane są do obrysu wyłomu wyrobiska łuki obudowy jedną parą kotwi, np. dla obudowy złożonej z czterech łuków każdy łuk jest przykotwiony w środku rozpiętości. Przy właściwym rozwiązaniu konstrukcji kotwi oraz sposobu jej mocowania do odrzwi rozwiązania takie są korzystne przy prowadzeniu i utrzymywaniu wyrobisk w warunkach zagrożenia wstrząsami i tąpnięciami.



Rys. 1. Schemat przykotwienia odrzwi obudowy podporowej w przekroju kluczowym:
 a – para kotwi, b – kotew linowa zabudowana w podciągu podłużnym
 Fig. 1. Scheme of anchoring of the chock support frame in key section:
 a – bolt pair, b – rope bolt set in longitudinal horsehead



Rys.2. Schemat przykotwienia odrzwi za pomocą pary kotwi:
 1 - teoretyczna strefa spękań wokół wyrobiska, 2 - teoretyczna strefa obrywu - zawału skał wokół wyrobiska, 3 - para kotwi
 Fig.2. Scheme of anchoring of the frame by means of a pair of bolts;
 1 - theoretical zone of cracks around the working, 2 - theoretical zone of rock fall - caving around the working, 3 - bolt pair

3. Przykotwianie odrzwi obudowy na skrzyżowaniu ściana – chodnik

Przykotwianie odrzwi obudowy podporowej typu ŁP powszechnie stosowanej w kopalniach jest głównie wykonywane dla wzmocnienia obudowy na skrzyżowaniu ściana – chodnik. Celem przykotwienia odrzwi obudowy podporowej w chodniku przyscianowym na skrzyżowaniu ściana-chodnik jest umożliwienie odpięcia łuku ociosowego obudowy dla

przemieszczenia przenośnika ścianowego i jego zwrotni z wykonaniem zabioru ściany oraz bezpiecznym urobieniem calizny węglowej na ociosie wyrobiska.

Praktyczne wypięcie łuku ociosowego odrzwi obudowy podporowej jest wykonywane:

- na odcinku do 4 m długości wyrobiska,
- od 1m przed frontem ściany,
- na krótki okres czasu do 8 godzin (przeciętnie 2–4 godz.),
- powrotem do pierwotnej konstrukcji odrzwi obudowy lub ich demontażem za obudową zmechanizowaną (na linii zawału).

Wraz z wypięciem łuku ociosowego zasadniczej zmianie ulega schemat statyczny pracy obudowy. Uwzględniając znaczną koncentrację naprężeń na skrzyżowaniu ściana-chodnik i zniszczenie struktury skalnej wokół wyrobisk w tym rejonie w opracowaniu założono, że analizę zachowania się obudowy na skrzyżowaniu ściana-chodnik należy prowadzić w oparciu o graniczny model zawału możliwy do powstania w wyrobisku przy danym systemie jego zabezpieczenia. Wybór określonego systemu zabezpieczenia skrzyżowania ściana-chodnik jest uzależniony między innymi od:

- *zasięgu i kształtu strefy odprężonej wokół wyrobiska,*
- *grubości i nachylenia pokładu węgla,*
- *układu podporowego obudowy wykonywanej w wybranym pokładzie na krawędzi z chodnikiem.*

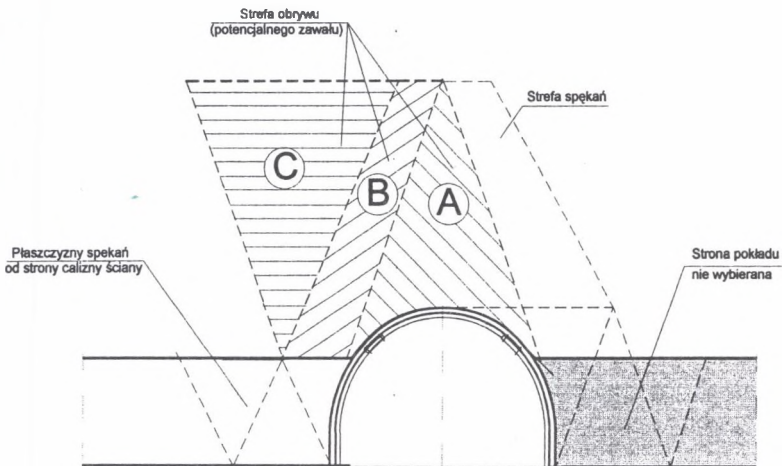
Praktycznie ze znanych sposobów konstrukcji przykotwienia można wyróżnić rozwiązania:

- system I - odrzvia są przykotwione w osi obudowy,
- system II - odrzvi obudowy są przykotwiane do górotworu jednostronnie pod kątem w kierunku ściany wybieranego pokładu,
- system III - odrzvia są przykotwiane jednostronnie z kotwiami założonymi pod kątem w kierunku calizny, tj. przeciwnym do strony wybieranej ściany,
- system IV - odrzvia są przykotwiane za pomocą dwóch par kotwi usytuowanych symetrycznie względem osi wyrobiska,
- system V - odrzvia są przykotwiane za pomocą dwóch par kotwi, z jedną parą pod kątem w kierunku ściany wybieranego pokładu, a z drugą w osi wyrobiska.

Dla zaprojektowania parametrów przykotwienia obudowy należy określić graniczny stan zniszczenia układu górotwór-obudowa na skrzyżowaniu ściana-chodnik.

W granicznym modelu zniszczenia skał wokół wyrobiska na skrzyżowania ściana-chodnik należy wyróżnić (rys.3):

- 1) strefę odprężoną wokół wyrobiska z pojawiającymi się w ociosach węglowych klinami odlamu (występuje charakterystyczne zjawisko trójkątów zniszczeń widoczne często na całym węgłowej ścianie). Zasięg strefy odprężonej wokół wyrobiska ma znaczną wielkość związaną z występowaniem ciśnienia eksploatacyjnego;
- 2) strefę obrywu nad wyrobiskiem chodnikowym, którą stanowią linie obrywu (ścięcia) skały prowadzone stycznie do konturu wyłomu wyrobiska. Dla przeciętnych warunków geologiczno-górnich linie te są położone pod kątem ok. 70° do 80° do poziomu. Przy szerokości wyrobiska 5 m - 5,5 m sięgają one do wysokości 5 do 6 m nad wyrobiskiem;
- 3) strefę obrywu na długości ściany w miejscu wybieranego pokładu związaną z powstawaniem płaszczyzny ścięcia skał stropowych wzdłuż dwóch możliwych linii strefy obrywu nad chodnikiem lub wybieranym pokładem.



Rys. 3. Strefy możliwych granicznych zniszczeń skał stropowych od strony calizny wybieranej ściany
Fig. 3. Zones of possible limit destructions of roof rock from the side of face body being mined

Teoretycznie przy rozpatrywaniu granicznego zniszczenia skał wokół wyrobiska na skrzyżowaniu ściana-chodnik można wyróżnić trzy podstawowe modele zniszczenia (a tym samym obciążenia):

Model A. Model zniszczenia polegający na zawale strefy obrywu nad chodnikiem (strefa A rys.3). Przypadek taki nastąpi, gdy obudowa w chodniku będzie źle zabezpieczona, a w ścianie obudowa będzie pracowała w sposób prawidłowy.

Model B. Model zniszczenia polegający na zawale strefy zawartej między linią strefy obrywu od ściany, a strefą obrywu powstałą nad chodnikiem (strefa B rys. 3).

Model C. Model zniszczenia polegający na zawale strefy zawartej między linią strefy obrywu od ściany a linią obrywu (ścięcia skał stropowych) na przedłużeniu linii trójkąta odłamu ociosu (strefa C rys. 3).

Do najczęstszych przypadków występujących bezpośrednio na skrzyżowaniu ściana-chodnik będzie należał model zniszczenia polegający na połączeniu się trzech stref zniszczenia. Zniszczenie graniczne skał z jego zawalem dla modelu B i C będzie praktycznie miało miejsce w przypadku źle wykonanej lub braku wykonania obudowy na początkowym odcinku ściany. W rzeczywistych warunkach in situ strefy zniszczenia skał górotworu nad skrzyżowaniem ściana-chodnik mogą ulegać wzajemnemu łączeniu i mieć znaczne rozmiary. Zmienny często będzie zasięg pionowy ze względu na samonośność skał wokół wyrobiska.

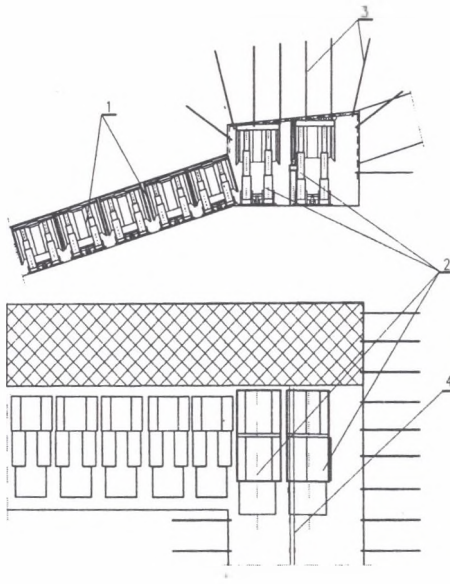
Dla zabezpieczenia skrzyżowania ściana-chodnik przyścianowy podstawowym zatem celem musi być zapewnienie stateczności trzech możliwych stref obrywu według modelu zniszczenia A, B, C oraz ich kombinacji. Właściwą podporność obudowy powinno się zapewnić zarówno na końcu ściany, jak i w chodniku przyścianowym. Idealna sytuacja występuje przy stosowaniu obudowy kotwiowej i prostokątnego kształtu chodnika, w której sekcje obudowy zmechanizowanej są zabudowane na całej długości ściany i szerokości chodnika (patrz rys. 4 [1]).

Dla wyrobisk o kształcie łukowym z obudową podporową przykotwioną na skrzyżowaniu ściana chodnik należy dążyć do:

- maksymalnego skrócenia odcinka obudowy indywidualnej na końcu ściany,
- stosować obudowę indywidualną w ścianie o podporności zapewniającej stateczność strefy B i C,
- kotwie powinny być tak usytuowane, aby co najmniej jedna para wychodziła poza strefę obrywu skał stropowych.

Zapewnienie stateczności obudowy skrzyżowania ściana-chodnik przez przykotwienie obudowy podporowej łukowej wymaga spełnienia:

- warunku koniecznego - stateczności stropu w ścianie uzyskanego stosowaniem właściwej obudowy indywidualnej na końcu ściany,
- warunku wystarczającego - polegającego na zachowaniu stateczności obudowy podporowej łukowej w chodniku.



Rys. 4. Skrzyżowanie ściany z chodnikiem, w przypadku gdy odległość pomiędzy ostatnią sekcją ścianową a pierwszą w chodniku jest mniejsza od 0,8m [1]:

1 - sekcja obudowy zmechanizowanej w ścianie, 2 - sekcje obudowy Pioma - Jankowice 19/320z w chodniku, 3 - obudowa kotwiowa w chodniku, 4 - podciąg wyprzedzający

Fig. 4. Face end where a distance between the last face support unit and the first road support unit is less than 0,8 m [1]:

1 - powered roof support unit on face, 2 - powered roof support units of the Pioma - Jankowice 19/320z type in a roadway, 3 - bolted roof support in a roadway, 4 - advancing baulk

4. Obciążenie obudowy skrzyżowania ściana-chodnik

Zapewnienie równowagi stref obrywu wymaga zastosowania obudowy podporowej, która przeniesie ciężar skał zawartych w strefie obrywu.

Na szerokość obudowy chodnikowej w stropie ma wpływ ciężar skał zawartych w strefie A. Obciążenie na długości 1 m wyrobiska, wynosi:

$$Q_0 = 0,5 \cdot S_0 \cdot h_0 \cdot \gamma$$

a obciążenie równomierne:

$$q_0 = 0,25 \cdot S_0 \cdot \text{tg} \psi \cdot \gamma \cdot s_p$$

gdzie:

$S_0 = 0,75 \cdot S_w$ - pomniejszona szerokość na wysokości stropu,

S_w - szerokość wyrobiska w wyłomie,

$h_0 = 0,5 S_0 \cdot \operatorname{tg} \psi$ - wysokość teoretyczna strefy obrywu nad chodnikiem,

$\psi = 45^\circ + \varphi_{si}/2$ - kąt nachylenia strefy obrywu do poziomu,

$\varphi_{si} = \arctg(R_{cst} \cdot 0,1)$ - kąt tarcia wewnętrznego dla skał stropowych,

s_p - współczynnik przeciążenia, $s_p = 1 - 2$ (związany z oddziaływaniem wyższych warstw skalnych na strefę wokół wyrobiska),

γ - ciężar objętościowy skał stropowych.

Podporność obudowy na końcu ściany powinna przyjąć ciężar bloku skalnego stanowiącego strefę obrywu B. Stateczność bloku B zapewnia stan równowagi bloku C, którego ciężar przenosi się na obudowę zmechanizowaną w ścianie.

Przy założeniu równowagi strefy obrywu nad chodnikiem oraz przy pominięciu możliwej do powstania lokalnej trójkątnej strefy zniszczenia oraz tarcia płaszczyzn obrywu o siebie obciążenie obudowy indywidualnej na końcu ściany na długości 1 m będzie wynosić:

$$Q_s = 0,5 \cdot \Delta S^2 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot s_p$$

gdzie:

ΔS - szerokość odcinka obudowy indywidualnej.

Ciężar skał obciążający obudowę indywidualną na końcu ściany określany z granicznego stanu zniszczenia rośnie z kwadratem szerokości. Jednostkową wartość obciążenia działającą na szerokości ΔS można określić ze wzoru:

$$q_s = 0,5 \cdot \Delta S \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot s_p$$

Należy zauważyć, że wzór jest poprawny na odcinku podparcia stropu w ścianie sekcją obudowy zmechanizowanej. Na linii zawału ściany za sekcjami obudowy zmechanizowanej zmianie ulega schemat obciążenia oraz jego wielkość. Bezpośrednio za obudową zmechanizowaną (za jej długością), a jeszcze przed linią zawału odrzwia obudowy muszą mieć zabudowany ponownie łuk ociosowy lub dodatkową podporę.

Przykładowe wartości obciążeń działające na końcu ściany w zależności od szerokości odsłonięcia wynoszą dla danych: $\psi = 70^\circ$, $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$, $s_p = 2$

	Q_s na 1m	q_s
$\Delta S = 2\text{m}$	275 kN	137,5 kN/m ²
$\Delta S = 3\text{m}$	618,7 kN	206,2 kN/m ²
$\Delta S = 4\text{m}$	1100 kN	275 kN/m ²

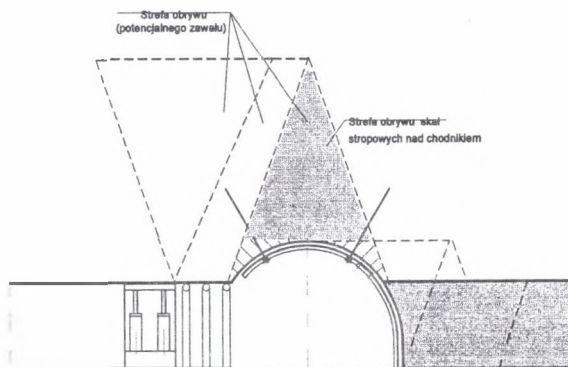
Szybkie przyrosty tych obciążeń wraz z szerokością prowadzą do wniosku, że szerokość odcinka ściany zabudowanego obudową indywidualną nie powinna być większa od 2 m.

5. Projektowanie parametrów przykotwienia obudowy na skrzyżowaniu ściana – chodnik

W fazie pracy obudowy na skrzyżowaniu ściana – chodnik z przykotwieniem obudowy odrzwiowej łukowej istnieje konieczność określenia i sprawdzenia następujących parametrów:

- określenie strefy odprężonej wokół wyrobiska,
- położenia linii obrywu skał stropowych na krawędzi stropu pokładu i chodnika,
- granicznej linii obrywu skał i odległości ΔS ,
- długości, nachylenia, nośności kotwi wklejanych,
- sprawdzenie podporności obudowy ściany na odcinku do linii krawędzi pokładu do pierwszej obudowy zmechanizowanej,
- sprawdzenie wytrzymałości układu obudowy podporowej z wybudowanym łukiem ociosowym na przyjmowanie działającego obciążenia,
- sprawdzenie nośności kotwi z warunku na rozciąganie i ścinanie w fazie pracy obudowy z wypiętym jednym łukiem ociosowym.

Przykład układu sił działających na obudowę przykotwianą z wypiętym łukiem ociosowym oraz na obudowę indywidualną na końcu ściany przedstawiono na rys. 5.



Rys. 5. Schemat zabezpieczenia ściany chodnik w fazie wypięcia łuku ociosowego

Fig. 5. Schema of protection of face ends in the phase of dismounting the side section of a roadway arch

W tablicy 1 przykładowo rozpatrzono trzy podstawowe modele obliczeniowe zabezpieczenia skrzyżowania ściany z chodnikiem dla odrzwi obudowy ŁP8/V25. Wielkość obciążenia skał od strefy obrywu działająca na obudowę chodnika wynosi:

$$q_0 = 0,25 \cdot 0,75 \cdot S_w \cdot \operatorname{tg} \psi \cdot \gamma \cdot s_p = 0,1875 \cdot 2 \cdot \operatorname{tg} 70^\circ \cdot 25 \cdot 1 = 66,96 \text{ kN/m}^2$$

Obliczoną wielkość w stanie granicznego zniszczenia skały musi przenieść obudowa chodnika z wypiętym łukiem ociosowym.

Obudowa indywidualna na końcowym odcinku ściany o szerokości $\Delta s = 2,0\text{m}$ musi przenieść obciążenie o wartości co najmniej $q_s = 0,5 \cdot 2 \cdot 25 \cdot \operatorname{tg} 70^\circ \cdot 2 = 137,35 \text{ kN/m}^2$

Dla chodnika założono wartość współczynnika przeciążenia $s_p = 1$, a dla odcinka końca ściany wartość współczynnika przeciążenia $s_p = 2$.

Dla obliczonego obciążenia działającego na obudowę chodnikową dla różnych schematów statycznych obliczono wartości sił wewnętrznych traktując pręty kotwi jak ciągną utwierdzone do obudowy. Na bazie normy PN-90/B-03200 określono obciążenie obudowy w stanie nośności granicznej za pomocą wzoru:

$$q_{gr} = \frac{q_1}{\frac{N_{1odp}}{\varphi \cdot F \cdot R_a} + \frac{M_{1max}}{\alpha_p \cdot W_x \cdot R_a}}$$

a rozstaw odrzwi dla danego obciążenia obudowy q_{obc} oblicza się ze wzoru:

$$d \leq \frac{q_{gr}}{q_{obc}} \left[\frac{\text{kN/m}}{\text{kN/m}^2} \right]$$

gdzie:

$q_1 = 1 \text{ kN/m}$ – jednostkowa wartość obciążenia obudowy, dla której określa się

N_{1odp} i M_{1max} ,

φ – współczynnik wybożenia,

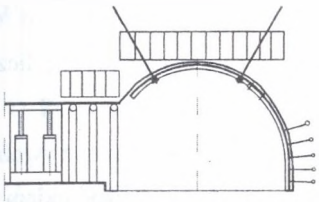
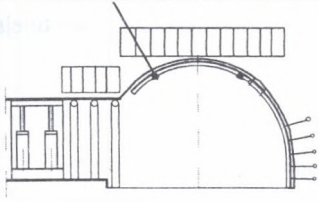
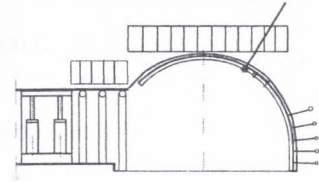
$\alpha_p = 0,5(1 + W_{pl}/W)$ – obliczeniowy współczynnik rezerwy plastycznej przekrojów przy zginaniu,

W – wskaźnik wytrzymałości przy zginaniu sprężystym dla skrajnych przekrojów przy zginaniu,

W_{pl} – wskaźnik oporu plastycznego przy zginaniu w stanie pełnego uplastycznienia.

Ze względu na nośność kotwi $N_k = 2 \times 120 \text{ kN}$ podporność odrzwi obudowy określa się ze wzoru: $q_k = N_k/N_{1k}$; gdzie N_{1k} – wartość siły działającej w kotwi dla obciążenia jednostkowego.

Tablica 1

	<p>Układ zapewnia korzystne przejście obciążenia: w odrzwiach obudowy są wyrównane siły wewnętrzne i naprężenia. Podporność obudowy wynosi:</p> <p>[1] graniczna podporność odrzwi $q_{gr} = 77,7 \text{ kN/m}$</p> <p>[2] podporność ze względu na nośność kotwi $q_k = 126,6 \text{ kN/m}$</p>
	<p>W układzie dochodzi do przecięcia łuku obudowy od strony ociosu niewybranego i przy znacznych obciążeniach bocznych może dojść do przeginięcia obudowy podporowej. Korzystny łukowy kształt obudowy wymaga pokonania znacznego przegięcia, stąd często rozwiązanie to może zapewnić stateczność wyrobiska pod warunkiem dobrej stabilizacji odrzwi obudowy.</p> <p>Podporność obudowy wynosi:</p> <p>- graniczna podporność odrzwi $q_{gr} = 8,8 \text{ kN/m}$</p> <p>- podporność ze względu na nośność kotwi $q_k = 63,5 \text{ kN/m}$</p>
	<p>W układzie dochodzi do przecięcia łuku obudowy w miejscu jego utwierdzenia. Może dojść do złamania łuku obudowy podporowej. Istotne jest zapewnienie dobrego podparcia końca ściany i niedopuszczenie do wysypiania się skały z naroża ściana-chodnik.</p> <p>Podporność obudowy wynosi:</p> <p>[3] graniczna podporność odrzwi $q_{gr} = 7,7 \text{ kN/m}$</p> <p>podporność ze względu na nośność kotwi $q_k = 57,97 \text{ kN/m}$</p>

6. Technologiczne aspekty przykotwienia odrzwi obudowy

Elementy wzmocnienia obudowy na skrzyżowaniu ściana chodnik składają się zasadniczo z następujących części:

- kotwie wklejane na całej długości otworu kotwieniowego,
- jarzmo stalowe dostosowane do kształtownika,
- wkładka upodatniająca z miękkiego drewna zakładana między jarzmo, a łuk obudowy,
- dwie nakrętki służące do dokręcania jarzma do kotwi.

Przy przykotwianiu odrzwi obudowy istnieje konieczność przestrzegania określonych zasad. Należy:

- prowadzić przykotwienie odrzwi obudowy bezpośrednio w przodku wyrobiska w fazie jego drażenia, a gdy to nie jest możliwe, należy je prowadzić z dużym wyprzedzeniem w stosunku do ściany, tj. min 60 m w skałach o średniej wytrzymałości i min 100 m w skałach o dużej wytrzymałości,
- kotwienie prowadzić zgodnie z opracowaną technologią sprawdzonym i dopuszczonym sprzętem, materiałami posiadającymi atest,
- należy prowadzić kontrolę i obserwację wyrobiska, jak:
- badanie nośności kotwienia na wyrywanie w liczbie 0,5 do 1% całkowitej liczby kotwi,
- obserwacja obudowy podporowej na skrzyżowaniu ściana chodnik,
- obserwacja naroża skalnego stropu pokładu na skrzyżowaniu ściany z chodnikiem,
- obserwacja zachowania się kotwi, kabłąka i podkładki drewnianej w miejscu połączenia z obudową. co oznacza praktycznie czy:
 - kotew nie została ścięta,
 - czy nie spadła podkładka drewniana,
 - czy nie doszło do uszkodzenia jarzma,
 - czy kotew nie jest zbyt mocno wygięta lub naderwana.

Obserwacje praktyczne wskazują, że działające ciśnienie eksploatacyjne na chodnik przyscianowy powoduje wystąpienie określonych niekorzystnych deformacji, jak:

- przemieszczenie się stropu wyrobiska do odrzwi i obłuzowanie się obejmy kotwi w stosunku do łącznika,
- przemieszczenie się łuku stropowego w kierunku miękkich skał stropowych z poluzowaniem obejmy i podkładki,
- ścięcie kotwi w rejonie połączenia z obejmą.

Należy zaznaczyć, że najkorzystniejszą współpracę przykotwionych kotwi do górotworu otrzymujemy, w przypadku gdy odrzwia obudowy są połączone szczelną wykładką hydrauliczną za obudową. W przypadku wykładki mechanicznej jej znaczna ściśliwość powoduje, że przy deformacji skał dochodzi do przemieszczenia kotwi razem ze skałą i ich wysuwania się do wyrobiska. Poluzowana obejma i podkładka musi być dokręcona i w wielu przypadkach jest ograniczona długością wykonanego gwintu na końcu kotwi. Ścinanie kotwi ma miejsce zwłaszcza przy próbie utrzymywania chodnika za frontem ściany. Jarzmo łączące odrzwia obudowy z kotwiami powinno zostać zdjęte, aby umożliwić wymaganą zwiększoną deformację obudowy. Przemieszczające się łuki po dojściu do obejmy powodują niszczenie kotwi. W przypadku występowania znacznych deformacji mankamenty niekorzystnego

zachowania się kotwi wklejanych z tradycyjnie wykonanym gwintem metrycznym walcowym na końcu kotwi są możliwe do wyeliminowania przy stosowaniu kotwi z typoszeregu KG [3], gdzie pręt kotwi ma wykonane żebra w postaci gwintu na całej długości kotwi, na które zostaje nakręcona nakrętka.

7. Wnioski końcowe

1) Przy projektowaniu przykotwiania drzwi obudowy podporowej dla wzmocnienia obudowy na skrzyżowaniu ściana chodnik należy rozważyć następujące elementy.

- określić strefę odprężoną wokół wyrobiska i wielkość działającego obciążenia na obudowę chodnika i odcinek obudowy indywidualnej w ścianie,
- określić długość, nachylenia, nośność kotwi wklejanych,
- sprawdzić podporności obudowy ściany na odcinku do linii krawędzi pokładu z chodnikiem do pierwszej obudowy zmechanizowanej,
- sprawdzić wytrzymałości układu obudowy podporowej z wybudowanym łukiem ociosowym na przejmowanie działającego obciążenia,
- sprawdzić nośność kotwi z warunku na rozciąganie i ścinanie w fazie pracy obudowy z wypiętym łukiem ociosowym,
- określić długość odcinków wyrobiska na skrzyżowaniu ściana-chodnik, tak aby zminimalizować wielkości działającego obciążenia na obudowę indywidualną zarówno w ścianie, jak i w chodniku.

2) W artykule model pracy skał w rejonie ściana-chodnik rozważono w fazie granicznego jego zniszczenia pomijając jego wytrzymałość własną i działające siły tarcia na powierzchniach spękań. Liczne obserwacje praktyczne zachowania się obudowy i powstałych zawałów na skrzyżowaniach ściana-chodnik wskazują, że rozważania takie są w pełni uzasadnione, a przeprowadzona za ich pomocą analiza pracy górotworu i obudowy pozwala dokonać doboru właściwego systemu wzmocnienia skrzyżowania ściana-chodnik przyścianowy.

3) Za najkorzystniejsze rozwiązanie sposobu wzmocnienia obudowy na skrzyżowaniu ściana-chodnik należy uznać przykotwianie drzwi za pomocą dwóch par kotwi.

Rozwiązania przykotwiania za pomocą pojedynczej pary kotwi mogą być prowadzone w warunkach, gdy skały budujące górotwór mają znaczną nośność, zapewniają wysoką stateczność wyrobiska i niską wartość strefy rozwarstwień w stropie, a zatem obciążenia

obudowy. Przy niskiej nośności skał w rejonie skrzyżowania ściana-chodnik obudowę chodnikową wzmocnioną jedną parą kotwi należy dodatkowo wzmocniać co najmniej przekładanym podciągami zakładanym po przeciwległej stronie w stosunku do kotwi. Bezpieczne utrzymanie skrzyżowania ściana-chodnik przy stosowaniu jednej pary kotwi do obudowy może być również poprawione przez wprowadzenie do chodnika sekcji obudowy zmechanizowanej podpierającej dodatkowo obudowę podporową.

4) Warunkami poprawy bezpieczeństwa na skrzyżowaniu ściana chodnik są:

- stosowanie do przykotwienia kotwi obejm i podkładek zapewniających stałe i pewne przyleganie do kształtownika obudowy,
- przykotwianie odrzwi ze znacznym wyprzedzeniem w stosunku do frontu ściany,
- zmniejszenie do niezbędnego minimum długości odcinka ściany w obudowie indywidualnej i odcinka chodnika z wypiętym łukiem ociosowym,
- zapewnienie pełnej stateczności naroża skalnego i odcinka ściany z obudową indywidualną.

LITERATURA

1. Barczyk J., Dubiel G., Korus H. Głab L., Głuch P.: Przykład eksploatacji z chodnikiem przyścianowym wykonanym w obudowie kotwiowej w KWK "Chwałowice", Wiadomości Górnicze nr 3/98.
2. Chudek M., Głuch P., Szczepaniak Z.: Projektowanie i wykonywanie wyrobisk komorowych. Skrypt Politechniki Śląskiej - 1986.
3. Głuch P.: Badania typoszeregu kotwi prętowych KG i KGŁ z zębem gwintowym. Konferencja Głębokie Złoże. Łądek Zdrój 2000.
4. Kłeczek Z.: Geomechanika górnicza. ŚWT, Katowice 1994.
5. PN- B - 03200 Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.

Recenzent: prof. dr hab. inż. Andrzej Zorychta

Abstract

When designing the operation of anchoring of a chock support to provide the reinforcement for the face end support the following should be done:

- determinate the stress – relieved zone around working and the value of load acting on the road support and on a segment of single prop support on a face,
- determine lengths, inclinations, load bearing capacity of adhesive bonded bolts,

- check load bearing capacities of the face support on the segment from a seam edge bordering upon a roadway to the first powered roof support unit,
- check the resistance of a system of the chock support with dismantled side section of the roadway arch to taking over the load being exerted,
- check load bearing capacity of bolts in respect of tensile and shear strength in the phase of support operation with the side section of the roadway being dismantled
- determine lengths of segments of the working at a face end so that the load acting on single prop supports both on a face end in a roadway can be reduced to a minimum.

The paper deals with the model of work of rock in the face end area in the phase of its limit destruction leaving out of account its eigenstrength and friction forces being active on surfaces of cracks. Numerous observations of the support behaviour and of roof falls occurred at face ends indicate that such considerations are well founded and the carried out analysis of the work of rock mass and of support allows a proper system of reinforcing the face and area to be selected.

The method consisting in anchoring of a frame by means of two pairs of bolts has proved to be the most advantageous solution.

Solutions consisting in anchoring of a frame by means of one pair bolts can be applied when rock of which the rock mass is composed provide high stability of the working and a low value of stratification in the roof, and thus of load of the support. In case of low load bearing capacity of rock in the face end area the road support reinforced with one pair of bolts should be additionally reinforced at least by means of a baulk being transposed and installed on the side opposite to bolts. The safe maintenance of the face end area, where one pair of bolts is used to anchor the support, can be enhanced through introducing of one powered roof support unit into a roadway so that the chock support is additionally supported.

The fulfillment of the following conditions is determinant of increasing of safety at face ends:

- anchoring of bolts should be effected by means of clamping rings and washers providing permanent and firm contacted with support section,
- anchoring of frames is to be effected in some advance in relation to a face front,
- a length of face furnished with single prop support and that of a roadway with dismantled side section of the roadway arch is to be reduced to an indispensable minimum,
- full stability of rock corner and of a face segment equipped with single prop support should be assured.