ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: GÓRNICTWO z.254 Nr kol. 1563

Stanisław DUŻY
Politechnika Śląska, Gliwice

ANALIZA PODPORNOŚCI OBUDOWY CHODNIKÓW PRZYŚCIANOWYCH W STREFIE WPŁYWU CZYNNEGO FRONTU EKSPLOATACYJNEGO

Streszczenie. W referacie przedstawiono analizę podporności obudowy wyrobisk przyścianowych w strefie wpływu czynnego frontu eksploatacyjnego. Obliczenia statyczne obudowy chodników przyścianowych przeprowadzono opierając się na modelowaniu numerycznym przy wykorzystaniu metody elementów skończonych. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że obudowa skrzyżowania chodnika przyścianowego ze ścianą, mimo stosowanych konstrukcji wzmacniających lokalnie, w wyniku demontażu łuku ociosowego, może mieć podporność mniejszą niż samodzielna obudowa ŁP wykonana w warunkach pojedynczego wyrobiska.

ANALYSIS OF ASSESSMENT OF THE YIELD LOAD OF A LONGWALL GATE SUPPORT IN AREAS INFLUENCED BY AN ACTIVE EXTRACTION FRONT

Summary. The paper presents analysis of assessment of the yield load of a longwall gate support in areas influenced by an active extraction front. The finite element method was used to construct a numerical modelling solution for the structural analysis of the longwall gate support. As the calculations show, notwithstanding the use of locally reinforcing elements, the yield load of a face end support may be decreased, due to removal of the side arch, to such extent that it is lower than the yield load of a "normal" ŁP support installed in a single mine working.

1. Wprowadzenie

Chodniki przyścianowe są bardzo ważnym ogniwem procesu wydobywania kopalin użytecznych. W nich bowiem realizowane są podstawowe czynności technologiczne, takie jak transport urobku, transport materiałów niezbędnych do prowadzenia eksploatacji, ruch załogi,

dostarczanie świeżego powietrza do przodka, odprowadzanie zużytego powietrza do poziomu wentylacyjnego, dostarczanie do przodka energii itp.

Z punktu widzenia procesów geomechanicznych zachodzących w otoczeniu tych wyrobisk stwierdza się, że utrzymanie ich stateczności wymaga prowadzenia szczególnych działań zmierzających do wzrostu podporności obudowy, szczególnie w rejonach występowania największych obciążeń obudowy ze strony deformującego się górotworu.

2. Obliczenia statyczne obudowy chodników przyścianowych w rejonie skrzyżowania ze ścianą

Obliczenia statyczne obudowy chodników przyścianowych przeprowadzono opierając się na modelowaniu numerycznym przy wykorzystaniu metody elementów skończonych.

Modele obliczeniowe obejmowały odrzwiową obudowę stalową podatną wykonywaną w wyrobisku na etapie jego drążenia, jak również jej wzmocnienie na odcinku w sąsiedztwie skrzyżowania chodnika ze ścianą. W celu porównania podporności obudowy na poszczególnych odcinkach wyrobiska przyścianowego zastosowano wskaźnik wzmocnienia obudowy wyrażony zależnością:

$$w_{wzm} = \frac{P_C}{P_o} \tag{1}$$

gdzie:

P_C - całkowita podporność obudowy (podporność obudowy ŁP wraz z jej wzmocnieniem) na danym odcinku wyrobiska,

Po - podporność obudowy ŁP przed jej wzmocnieniem.

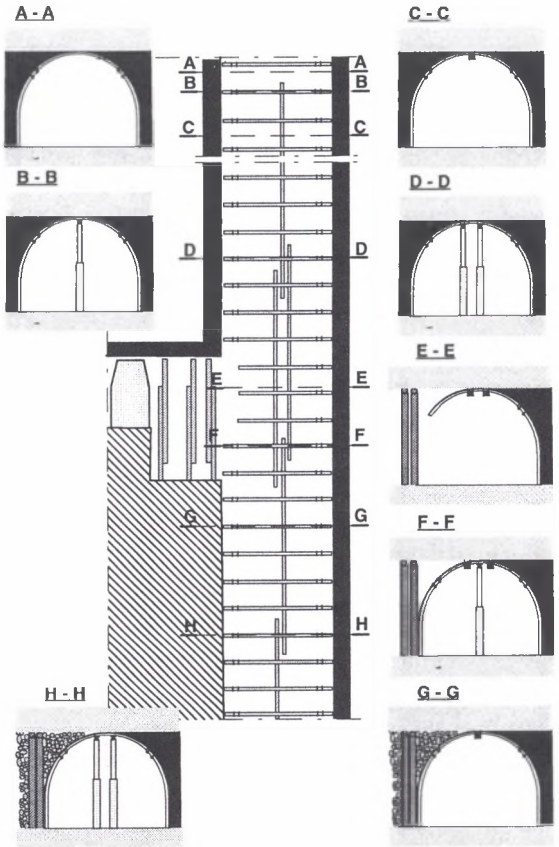
Wskaźnik wzmocnienia obudowy dla samodzielnej obudowy ŁP przyjmuje wartość 1,0. W przypadku wzmocnienia obudowy poprzez zabudowę dodatkowych elementów, takich jak np. stojaki pośrednie, przykotwienie odrzwi do górotworu itp., wskaźnik w_{wzm} przyjmuje wartość większą od jedności, natomiast w przypadku osłabienia konstrukcji obudowy poprzez np. wypięcie łuku ociosowego, wskaźnik wzmocnienia obudowy przyjmuje wartość mniejszą od 1,0.

Obliczenia przeprowadzono dla dwóch wariantów konstrukcji obudowy:

- przypadek I – obejmujący konstrukcję obudowy chodnika przyścianowego ściany zawałowej z koniecznością wypięcia na skrzyżowaniu chodnika ze ścianą łuku

ociosowego, obudowa ŁP w rejonie skrzyżowania ze ścianą wzmocniona podciągami stalowymi oraz stojakami (rys. 1),

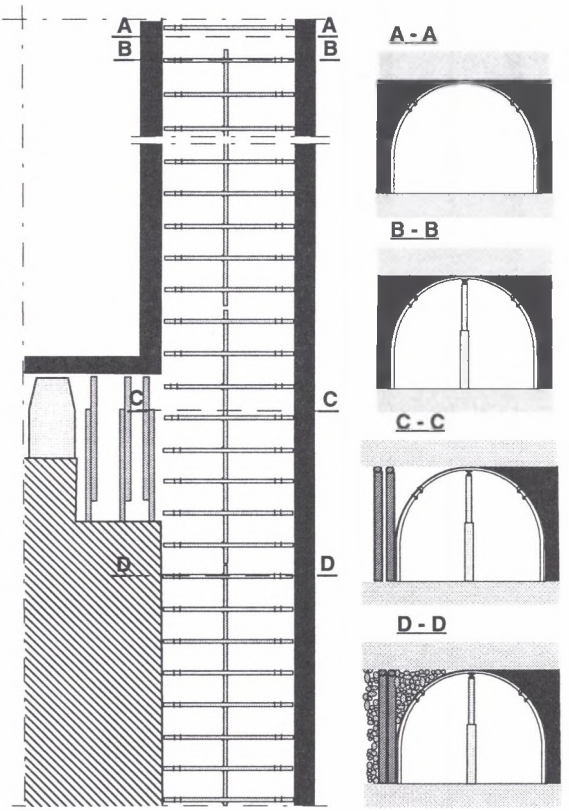
- przypadek II – obejmujący konstrukcję obudowy chodnika przyścianowego ściany zawałowej bez konieczności wypięcia na skrzyżowaniu chodnika ze ścianą łuku ociosowego, obudowa ŁP w rejonie skrzyżowania ze ścianą wzmocniona podciągami stalowymi oraz stojakami (rys. 2),
- przypadek III – obejmujący konstrukcję obudowy chodnika przyścianowego ściany zawałowej z koniecznością wypięcia na skrzyżowaniu chodnika ze ścianą łuku ociosowego, obudowa ŁP w rejonie skrzyżowania ze ścianą wzmocniona przez przykotwienie łuku stropnicowego do górotworu (rys. 3).



Rys. 1. Konstrukcja obudowy chodnikowej dla przypadku I
Fig. 1. Construction of road support for version I

W analizie podporności obudowy chodników przyścianowych uwzględniono podporność poszczególnych odrzwi, jak również podporność obudowy uwzględniającej jej wzmocnienie przez zabudowę dodatkowych elementów stabilizujących obudowę.

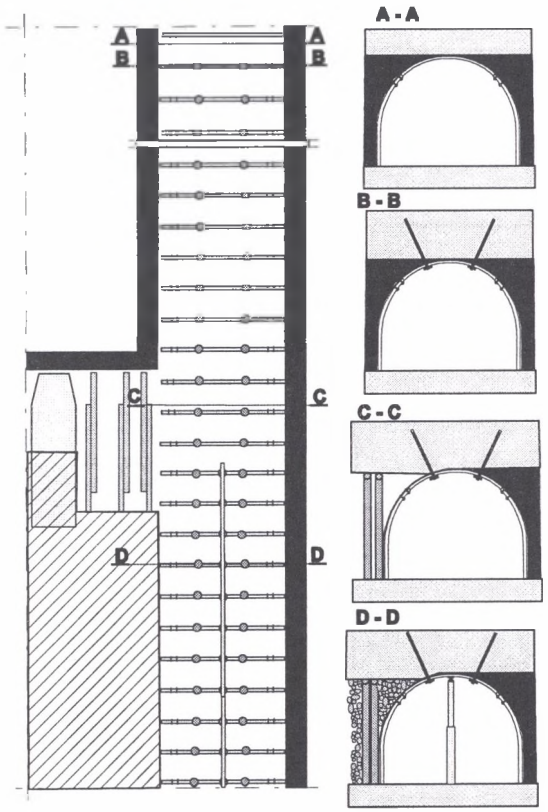
W rejonie skrzyżowania ściany z chodnikiem przyścianowym, w przypadku konieczności wypięcia łuków ociosowych stosować można podciągi stalowe (tzw. "podciągi kroczące"), z których każdy podparty jest minimum trzema stojakami stalowymi typu SV lub Valent. W strefie bezpośrednio przylegającej do skrzyżowania, obejmującej minimum 10-metrowy odcinek przed i za czołem ściany, odrzwia obudowy wzmacniane mogą być dodatkowo ciągiem podciągów podpartych stojakami stalowymi lub drewnianymi. Konstrukcję obudowy skrzyżowania chodnika ze ścianą zawałową z koniecznością wypięcia łuku ociosowego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 2. Konstrukcja obudowy chodnikowej dla przypadku II
Fig. 2. Construction of road support for version II

W przypadku niewypinania łuków ociosowych, na skrzyżowaniach w środku wyrobiska najczęściej zabudowywany jest jeden podciąg, podparty stojakami pod każdymi odrzwiami obudowy chodnikowej. W strefie bezpośrednio przylegającej do skrzyżowania, obejmującej minimum 10 - metrowy odcinek przed i za czołem ściany, odrzwia obudowy wzmacniane są dodatkowo ciągiem podciągów podpartych stojakami stalowymi lub drewnianymi. Konstrukcję obudowy skrzyżowania chodnika ze ścianą zawałową bez konieczności wypięcia łuku ociosowego przedstawiono na rys. 2.

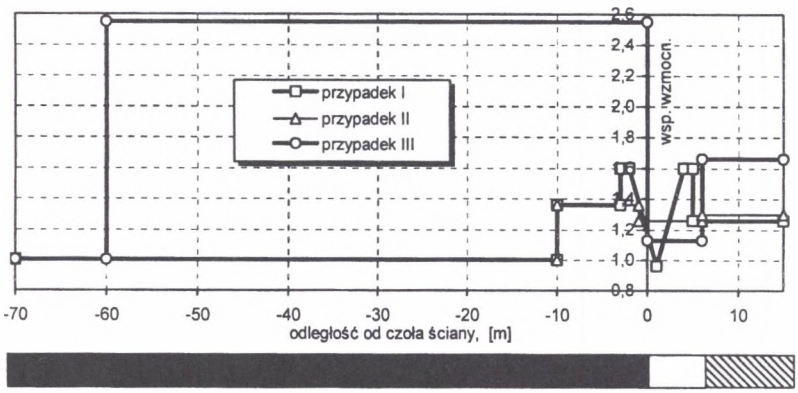
W przypadku III uwzględniającym konieczność wypinania łuków ociosowych, na odcinku chodnika w odległości co najmniej 60 m przed czołem ściany wzmocniony jest poprzez przykotwienie do górotworu łuku stropnicowego każdych odrzwi za pomocą pary kotwi o długości 2,8 m. i średnicy minimum 20 mm. Kotwie umieszczone są symetrycznie względem osi wyrobiska w odległości około 0,6 m, a odchylenie kotwi od pionu wynosi około 15^0. Konstrukcję obudowy skrzyżowania chodnika ze ścianą zawałową z koniecznością wypięcia łuku ociosowego przedstawiono na rys. 3.



Rys. 3. Konstrukcja obudowy chodnikowej dla przypadku III
Fig. 3. Construction of road support for version III

Na rys. 4 przedstawiono kształtowanie się wskaźnika podporności obudowy w rejonie skrzyżowania chodnika ze ścianą dla analizowanych sposobów wzmocnienia obudowy.

Z przedstawionego rysunku wynika, że dla przypadku I w rejonie skrzyżowania chodnika ze ścianą wartość wskaźnika podporności obudowy przy uwzględnieniu jej stabilizacji wynosi od 1,26 do 1,6. Na odcinku od ok. 10 m przed aż do czoła ściany wskaźnik podporności obudowy wynosi 1,36. Tuż przed czołem ściany oraz w rejonie za przedziałem roboczym, w wyniku zabudowy podwójnych stojaków, obserwuje się wzmocnienie konstrukcji. Wskaźnik podporności obudowy wynosi tu 1,6. W rejonie samego skrzyżowania uśredniona wartość wskaźnika podporności obudowy wynosi 1,38, przy czym analizując jego dokładny przebieg należy zauważyć jego zmienność. W rejonie połowy długości niepodpartego podciągu wskaźnik ten spada osiągając wartość nawet poniżej 1,0, co świadczy o tym, że w miejscu tym podporność obudowy jest na poziomie samodzielnej obudowy ŁP. Za czołem ściany wartość wskaźnika podporności obudowy wynosi 1,26.



Rys. 4. Kształtowanie się wskaźnika podporności obudowy
Fig. 4. Behaviour of the yield load factor for a gate support

Dla przypadku II w rejonie skrzyżowania chodnika ze ścianą wartość wskaźnika podporności obudowy przy uwzględnieniu jej stabilizacji wynosi od 1,26 do 1,36. Na odcinku od ok. 10 m przed aż do czoła ściany wskaźnik podporności obudowy wynosi 1,36. W rejonie samego skrzyżowania wartość wskaźnika podporności obudowy wynosi 1,26, natomiast za czołem ściany wartość wskaźnika podporności obudowy wynosi 1,30.

Dla przypadku III w rejonie skrzyżowania chodnika ze ścianą wartość wskaźnika podporności obudowy przy uwzględnieniu jej stabilizacji wynosi od 1,0 do 2,57. Na odcinku od ok. 60 m. przed aż do czoła ściany wskaźnik podporności obudowy wynosi 2,57.

W rejonie samego skrzyżowania wartość wskaźnika podporności obudowy wynosi 1,13, natomiast za czołem ściany wartość wskaźnika podporności obudowy wynosi 1,66.

3. Podsumowanie

Utrzymanie stateczności chodników przyścianowych jest bardzo ważnym zagadnieniem ze względów praktycznych, jednak z uwagi na złożoność zagadnienia dotychczas brak jest jednolitej metodyki projektowania i doboru obudowy dla tych wyrobisk. Obudowa i jej wzmocnienia dobierane są na podstawie doświadczeń nabytych w określonych warunkach geologiczno-górniczych, a w razie niepowodzenia czynione są doraźne działania zmierzające do poprawy sytuacji.

Przeprowadzona analiza numeryczna wybranych rozwiązań obudowy skrzyżowań chodników przyścianowych ze ścianą wykazała, że w rejonie oddziaływania czynnego frontu eksploatacyjnego podporność obudowy charakteryzuje się znaczną zmiennością. Zmienność ta wynika z konstrukcji obudowy w poszczególnych przekrojach wyrobiska. Występujące wzmocnienie obudowy powodowane jest stosowaniem dodatkowych podciągów i stojaków, które wyraźnie lokalnie zwiększają podporność obudowy, natomiast obserwowane wyraźne obniżenie podporności obudowy występuje na odcinkach, gdzie demontowany jest łuk ociosowy (rejon wlotu do ściany) oraz na odcinkach, gdzie z jednej strony na obudowę wyrobiska nie oddziałuje odpór górotworu (np. na odcinku wnęki - pustka za obudową, rejon zrobów).

Przeprowadzone obliczenia wykazały, że obudowa skrzyżowania chodnika przyścianowego ze ścianą, mimo stosowanych konstrukcji wzmacniających lokalnie, w wyniku demontażu łuku ociosowego, może mieć podporność mniejszą niż samodzielna obudowa ŁP wykonana w warunkach pojedynczego wyrobiska. Dlatego też ważnym elementem jest jej dodatkowa stabilizacja poprzez połączenie ze sobą kolejnych odrzwi za pomocą podciągów.

Zastosowanie podciągów jako elementów podporowych niekompletnych odrzwi *obudowy nie w pełni zapewnia stateczność obudowy, gdyż podciąg jako element długi* i podparty jedynie na pewnym odcinku, podlega znacznym ugięciom, co nie sprzyja stateczności odrzwi. Dlatego też dążyć należy do tego, aby odrzwia, w przypadku konieczności demontażu łuku ociosowego, podparte były stojakiem lub podciąg był

dodatkowo wzmocniony (np. przez przykotwienie do górotworu), co ograniczałoby jego uginanie się.

Na zapewnienie stateczności wyrobiska górniczego istotny wpływ ma również wielkość i rozkład oddziaływania górotworu na obudowę wyrobiska. Wzrost oddziaływania górotworu na obudowę wyrobiska występuje w rejonie czoła ściany, gdzie wyrobisko z jednej strony otoczone jest calizną, a z drugiej zrobami. Porównując wielkość oddziaływania górotworu na obudowę wyrobiska przyścianowego w poszczególnych jego przekrojach poprzecznych z podpornością obudowy należy stwierdzić, że w rejonach o znacząco powiększonych wielkościach oddziaływania górotworu na obudowę wyrobisk przyścianowych podporność obudowy często znacząco spada.

Bardzo ważną rolę w utrzymaniu chodników przyścianowych odgrywa długość odcinka wyrobiska przed wlotem do ściany z wzmocnioną obudową. Im odcinek ten jest dłuższy, tym skuteczność działań zmierzających do utrzymania wyrobiska jest większa. Wynika to z faktu, że ciśnienie eksploatacyjne osiąga największe wartości przed czołem ściany, zwykle w odległości większej niż przyjmowana powszechnie długość odcinka z wyprzedzająco wzmacnianą obudową. Należy zatem dążyć, aby obudowę chodnika wzmocnić przed ujawnianiem się maksymalnych oddziaływań górotworu wynikających z ciśnienia eksploatacyjnego.

Przedstawiony w referacie problem jest niezwykle ważny dla praktyki górniczej. Dlatego też nadal należy prowadzić badania w zakresie oceny warunków współpracy obudowy wyrobisk z górotworem w strefach oddziaływania czynnego frontu eksploatacyjnego.

LITERATURA

1. Chmielewski T., Nowak H.: Mechanika budowli. Metoda przemieszczeń. Metoda Crossa. Metoda elementów skończonych. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 1996.
2. Chudek M.: Obudowa wyrobisk górniczych. Cz. I. Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych. Wyd. "Śląsk", Katowice 1986.
3. Chudek M., Duży S., Kleta H.: Praktyczne aspekty projektowania stalowej obudowy łukowej podatnej. Budownictwo Górnicze i Tunelowe nr 4, 1999.
4. Chudek M., Pach A.: Obudowa wyrobisk wybierkowych. Skrypt Uczelniany Pol.Śl. nr 1600, Gliwice 1992.
5. Duży S.: Geomechaniczne aspekty doboru obudowy wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych w strefach wpływu czynnego frontu eksploatacyjnego. Praca KGBPiOP Pol. Śl. W Gliwicach BW-406/RG-4/2000, Gliwice 2000 (praca niepublikowana).

6. Duży S.: Geomechaniczne aspekty utrzymania stateczności wyrobisk korytarzowych zlokalizowanych w strefach wpływu czynnego frontu eksploatacyjnego. Międzynarodowa Konferencja "V Szkoła Geomechaniki", Gliwice - Ustroń 2001.
7. Duży S.: Stateczność obudowy kotwiowo - podporowej i skał otaczających chodniki przyścianowe poddane oddziaływaniu czynnego frontu eksploatacyjnego w świetle badań w kopalni. Konferencja Naukowo-Techniczna "Nowoczesne Technologie Górnicze 2001. Kotwienie". Gliwice - Ustroń 2001.
8. Duży S.: Zaciskanie chodników przyścianowych w procesie eksploatacji górniczej w świetle pomiarów w kopalniach węgla kamiennego. Międzynarodowa Konferencja "V Szkoła Geomechaniki", Gliwice - Ustroń 2001.
9. Duży S.: Bearing capacity of longwall gates at zones of active extraction front's influence in the light of numerical analysis. International Conference „GEOTECHNICS 2002", Strybske Pleso, Słowacja 2002.
10. Praca zbiorowa: Mechanika budowli. Ujęcie komputerowe. Wyd. "Arkady", Warszawa 1991.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Zorychta

Abstract

Maintaining the stability of longwall gates is an essential issue from the practical point of view, however, due to its complexity there is so far no uniform methodology of designing and matching of a support for such mine workings. The longwall gate support and its reinforcing elements are selected on the basis of experiences gained under specific geological and mining conditions and if a given approach fails, ad hoc measures are adopted to tackle the problem and improve the situation.

The finite element method was used to construct a numerical modelling solution for the structural analysis of the longwall gate support. Computations were made for three versions of the support.

The analysis of the yield load of the longwall gate supports took into consideration both the yield load of individual prop-and bar systems and the yield load of the support itself while reinforced by installation of additional elements to stabilize the same.

From the numerical analysis of the selected solutions related to the longwall face end support it is found that in the area influenced by an active extraction front, the yield load of the support varies considerably. This variability is a consequence of the construction of the gate support within the individual sections of the mine working. The use of reinforcing

elements in the form of additional stringers and props causes that there is a local increase in the support's yield load in contrast to these sections where either the side arch needs to be removed (the area of the face entry) or there is no passive pressure exerted by the rock mass (for example at the section adjacent to the voids behind the support, the goaf area).

As the calculations show, notwithstanding the use of locally reinforcing elements, the yield load of a face end support may be decreased, due to removal of the side arch, to such extent that it is lower than the yield load of a "normal" ŁP support installed in a single mine working.