

Jerzy FICEK, Stanisław KONSEK, Mirosław SOBIK
Kopalnia Węgla Kamiennego „JANKOWICE”, Rybnik

OBUDOWA KOTWIOWA JAKO SKUTECZNY SPOSÓB ZABEZPIECZENIA WYROBISK GÓRNICZYCH W KOPALNI „JANKOWICE”

Streszczenie. Obudowa kotwiowa stanowi poważną alternatywę dla stosowanej obudowy łukowej zarówno ze względów ekonomicznych, jak i technologicznych. Zastosowanie kotwi w warunkach polskich kopalń węgla kamiennego zrodziło potrzebę stosowania odpowiedniej metodyki projektowania jej parametrów, przyjmując do obliczeń dane określone poprzez badania laboratoryjne i kopalniane (in situ) oraz uwzględniając warunki górniczo-geologiczne i techniczne występujące w analizowanym rejonie.

Uwzględniając powyższe, w niniejszym referacie przedstawione zostały możliwości stosowania samodzielnej obudowy kotwiowej w warunkach kopalni „Jankowice”.

ROOF BOLTING AS AN EFFECTIVE WAY OF WORKING PROTECTION IN „JANKOWICE” COAL MINE

Summary. The possibilities of using the individual bolt lining for conditions of „Jankowice” Coal Mine. have been discussed in this paper. The examples of bolt lining use together with analysis of its observations and surveys taken from real work conditions have been presented.

Wstęp

Dla każdej kopalni obok wyrobisk ścianowych istotne znaczenie przedstawiają wyrobiska korytarzowe. Efektywne technicznie i ekonomicznie rozwiązanie obudowy wyrobisk korytarzowych jest wezwaniem stawianym zarówno praktykom górniczym, jak i naukowcom. Uzyskiwana w ostatnich latach wysoka koncentracja produkcji z przodków ścianowych pozwoliła obniżyć koszty produkcji, a tym samym zwiększyć wydajność pracy, nie znalazła swego odbicia w uzyskaniu wysokich postępów w drążeniu wyrobisk korytarzowych i

zmniejszeniu kosztów ich wykonania. Przeprowadzane analizy ekonomiczne w kopalni „Jankowice” wykazują, że w ciągu ostatnich kilkunastu lat systematycznie wzrasta koszt jednostkowy w zakresie wykonawstwa wyrobisk chodnikowych. Wzrost ten powodowany jest głównie wzrostem kosztów materiałów na jednostkę wykonywanych wyrobisk oraz wzrostem kosztów robocizny.

Udział kosztów wykonywania wyrobisk korytarzowych w kosztach wydobywania tony węgla w polskim górnictwie węglowym jest znacznie wyższy niż w przodującym górnictwie światowym. Zatem poszukiwanie dróg obniżenia kosztów wydobywania węgla powinno być ukierunkowane na obniżenie kosztów wykonywania tych wyrobisk. Źródeł obniżenia kosztów drażenia chodników można upatrywać w stosowaniu samodzielnej obudowy kotwiowej.

Podziemna eksploatacja węgla kamiennego wymaga wykonania wielu wyrobisk korytarzowych udostępniających i przygotowawczych. W okresie istnienia tych wyrobisk muszą one spełniać zadane im funkcje, tzn. zapewniać wymagane gabaryty wyrobiska w całym okresie jego użytkowania z uwagi na jego wyposażenie i przeznaczenie. Spełnienie tych wymagań możliwe jest m.in. przez właściwy dobór obudowy wyrobiska. Dobór obudowy dla wyrobisk górniczych dokonywany jest na podstawie rozpoznania warunków naturalnych i górniczych panujących w rejonie projektowanego wyrobiska.

Schodząc z eksploatacją na coraz niższe poziomy (1000 m oraz głębiej), górnictwo napotyka na duże trudności w utrzymywaniu gabarytów wyrobisk chodnikowych. Stosowane powszechnie obudowy z podatnych łuków stalowych nie zawsze są w stanie skutecznie przeciwstawić się występującym ciśnieniom. Ponadto obudowy te są otwarte i nie stanowią zabezpieczenia na ciśnienie spągowe.

W przeciągu ostatnich kilku lat w polskich kopalniach węgla kamiennego wzrosło zainteresowanie możliwościami stosowania obudowy kotwiowej. Stanowi ona poważną alternatywę dla stosowanej obudowy łukowej zarówno ze względów ekonomicznych, jak i technologicznych. Zastosowanie kotwi w warunkach polskich kopalń zrodziło potrzebę stosowania odpowiedniej metodyki projektowania jej parametrów, przyjmując do obliczeń dane określone poprzez badania laboratoryjne i kopalniane (in situ) oraz uwzględniając warunki górniczo-geologiczne i techniczne występujące w analizowanym rejonie.

Zapewnienie stateczności i funkcjonalności wyrobisk górniczych wykonanych w samodzielnej obudowie kotwiowej w kopalniach wymaga stosowania pewnych systemów kontroli dotyczących stanu górotworu, szczególnie stropu w całym okresie użytkowania danego wyrobiska. Systematyczny monitoring daje możliwość właściwego i skutecznego oszacowania zachowania się wyrobiska, a tym samym obudowy kotwiowej w danych

warunkach geologicznych. Na bazie zdobytych doświadczeń technika ta pozwala zapewnić bezpieczne warunki w wyrobisku, które określa się na podstawie oceny obciążenia kotew i deformacji stropu – jego rozwarstwienia.

Uwzględniając powyższe, w niniejszym referacie przedstawiono możliwości stosowania samodzielnej obudowy kotwiowej.

Parametry wymagane do projektowania obudowy

Do oceny stateczności wyrobisk górniczych konieczne jest dokładne rozpoznanie parametrów geotechnicznych górotworu. Wstępna analiza polega na zebraniu map, przekrojów i profili litologicznych, pozwalających określić wpływ zrobów, krawędzi, nieciągłości tektonicznych itp. na stan naprężenia górotworu w rejonie projektowanego wyrobiska. Następnie konieczne jest przeprowadzenie wierceń rdzeniowych. Na podstawie rdzeni z odwierconych otworów oraz wizji lokalnych w wyrobiskach górniczych sąsiadujących z projektowanym wyrobiskiem można dokonać oceny wskaźnika jakości górotworu RMR_b w oparciu o:

- wytrzymałość próbek skalnych R_c i R_r pobranych z rdzenia z uwzględnieniem ich zmienności na skutek wpływu wody (badania rozmałności i pęcznienia) i czasu (badania reologiczne),
- podzielność rdzenia RQD,
- odstęp spękań,
- charakter spękań,
- zawodnienie,
- orientację szczelin w stosunku do kierunku obciążeń,
- sposób drażenia wyrobiska, położenie analizowanego wyrobiska w stosunku do innych wyrobisk,
- czas istnienia wyrobiska,
- strefy zwiększonych naprężeń wokół wyrobiska.

Każdemu parametrowi uwzględnionemu w ocenie przydziela się notę punktową w zależności od wartości danego parametru. W ten sposób dobiera się klasę górotworu oraz ocenia możliwość stosowania obudowy kotwiowej.

Ponadto do oceny parametrów warstw skalnych przeprowadza się badanie penetrometryczne – „in situ”. Szczegółową ocenę możliwości stosowania obudowy kotwiowej

przeprowadza się indywidualnie dla każdego przypadku po rozpoznaniu warunków górnictwo-geologicznych.

Ponieważ istnieją znaczne różnice między właściwościami parametrów próbek skalnych określonych w warunkach laboratoryjnych a parametrami górotworu określonymi metodą „in situ”, wszelkie powyższe informacje wykorzystywane są do przygotowania obliczeniowych parametrów górotworu w oparciu o kryterium wytrzymałościowe Hoecka-Browna. Określa ono parametry górotworu nie wzmocnionego oraz górotworu wzmocnionego kotwami na podstawie własności próbek skalnych, tj. wskaźnika jakości górotworu RMR_b .

Parametry górotworu określone wg kryterium Hoecka-Browna to:

- moduł Younga - E [GPa],
- wytrzymałość na ściskanie - R_{cg} [MPa],
- wytrzymałość na rozciąganie,
- kąt tarcia wewnętrzznego.

Z punktu widzenia geomechaniki taka ocena górotworu spośród stosowanych teorii wytrzymałościowych i odkształceniowych jest prawidłowa i w sposób najbardziej zbliżony do rzeczywistości oddaje charakter górotworu karbońskiego.

Przykład zastosowania samodzielnej obudowy kotwiowej w warunkach złoża kopalni „Jankowice”

Chodnik nadścianowy Z-1 pokł.413/1 w samodzielnej obudowie kotwiowej

1. Analiza warunków geologiczno-górnictwowych

Chodnik nadścianowy Z-1 w pokł.413/1 jest zlokalizowany na głębokości 350 m z przeznaczeniem jako chodnik przyścianowy, likwidowany wraz z postępem ściany. Omawiany chodnik obecnie znajduje się w fazie drażenia i według stanu na koniec sierpnia wykonanych zostało 1250 m chodnika w samodzielnej obudowie kotwiowej. Do wykonania pozostało około 285 m.

Chodnik nadścianowy Z-1 w obudowie kotwiowej wykonywany jest jako wyrobisko o kształcie trapezowym z uwagi na nachylenie pokładu wynoszące ok.12°. Podstawowe wymiary wyrobiska wynoszą (rysunek 1):

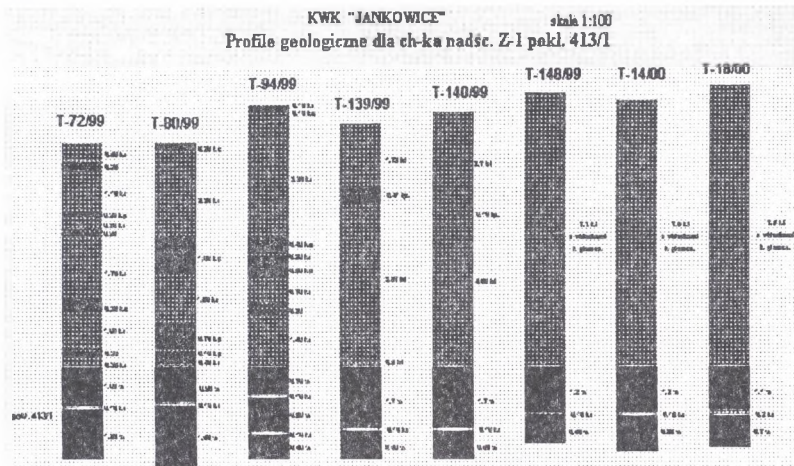
szerokość $s \leq 4.5$ m,

wysokość $2.6 \leq w \leq 3.5$ m.

Pokład 413/1 w omawianym rejonie posiada miąższość od 1.2÷2.5 m, średnio 1.85 m. Nachylenie pokładu jest zmienne, średnio w granicach 8÷12°. Aktualnie miąższość pokładu wraz z przerostem wynosi 2.5 m.

W stropie pokładu występują iłowce, iłowce zapiaszczone z występującymi wkładkami piaskowca. W spagu pokładu zalega łupek elasty twardy z wkładkami łupku piaszczystego.

Na potrzeby projektu wykonano otwory badawcze T-72/99, T-80/99, T-94/99 i G-93/99 w stropie chodnika nadścianowego Z-1. Badania „in situ” prowadzone były metodą penetrometryczną za pomocą hydraulicznego penetrometru otworowego. Do badań laboratoryjnych wykorzystano rdzeń z otworu G-93/99 oraz pobrane z rejonu tego otworu bryły węgla pokł.413/1.



Rys. 1. Profile geologiczne dla chodnika nadścianowego Z-1 pokł.413/1

Fig. 1. Geologic column for top road Z-1 seam 413/1

Badania penetrometryczne obejmowały pomiary krytycznych oporów penetracji, na podstawie których zostały wyznaczone następujące parametry:

- ciągły opór penetracji skał,
- wytrzymałość skał na ściskanie R_c ,
- wytrzymałość skał na rozciąganie R_t ,
- współczynnik zwięzłości skał f .

Badania laboratoryjne sprowadzały się do określenia następujących parametrów:

- wskaźnika szczelinowatości skał RQD,
- wytrzymałość skał na jednoosiowe ściskanie R_c ,
- współczynnika rozmakalności r ,

- wytrzymałości węgla na jednoosiowe ściskanie R_{cw} .

Wyniki badań wytrzymałościowych na jednoosiowe ściskanie „in situ” przedstawiają się następująco:

Otwór badawczy T-72/99 dł. 6,0 m

- wytrzymałość skał stropowych na ściskanie
 $R_c=14,2\div 34,2\text{MPa}$
- dla pakietu 3m skał średnia wytrzymałość wynosi
 $R_{c_{sr}}=24,0\text{MPa}$
- wytrzymałość skał stropowych na rozciąganie
 $R_r=0,87\div 2,10\text{MPa}$
 $R_{r_{sr}}=1,48\text{MPa}$
- współczynnik zwięzłości skał stropowych
 $f=1,4\div 3,4$
 $f_{sr}=2,4$

Otwór badawczy T-80/99 dł. 6,0 m

- wytrzymałość skał stropowych na ściskanie
 $R_c=10,2\div 42,4\text{MPa}$
- dla pakietu 3m skał średnia wytrzymałość wynosi
 $R_{c_{sr}}=21,0\text{MPa}$
- wytrzymałość skał stropowych na rozciąganie
 $R_r=0,67\div 2,72\text{MPa}$
 $R_{r_{sr}}=1,70\text{MPa}$
- współczynnik zwięzłości skał stropowych
 $f=1,0\div 4,2$
 $f_{sr}=2,41$

Otwór badawczy T-94/99 dł. 6,0 m

- wytrzymałość skał stropowych na ściskanie
 $R_c=9,6\div 45,6\text{MPa}$
- dla pakietu 3m skał średnia wytrzymałość wynosi
 $R_{c_{sr}}=27,10\text{MPa}$
- wytrzymałość skał stropowych na rozciąganie
 $R_r=0,62\div 2,93\text{MPa}$
 $R_{r_{sr}}=1,74\text{MPa}$
- współczynnik zwięzłości skał stropowych
 $f=0,9\div 4,5$
 $f_{sr}=2,71$

Wyniki badań laboratoryjnych skał stropowych i węgla pokł.413/1 na podstawie rdzenia z otworu G-93/99 wykonanego w chodniku nadścianowym Z-1 przedstawiają się następująco:

- wskaźnik szczelinowatości skał stropowych
RQD=34%
- dla 3m pakietu skał
RQD=21%

- współczynnik rozmakalności
 $r \geq 0,8$
- wytrzymałość skał stropowych na jednoosiowe ściskanie
 $R_c = 22,2 \div 79,1 \text{ MPa}$

dla 3m pakietu skał średnia ważona wytrzymałość wynosi:

$$R_{c_{\text{sr}}} = 31,0 \text{ MPa}$$

- wytrzymałość węgla na jednoosiowe ściskanie
 $R_{c_{\text{w}_{\text{sr}}}} = 7,9 \text{ MPa}$

W czasie drażenia chodnika nadścianowego Z-1 wykonywane są dodatkowe badania geomechaniczne skał. Ich ilość oraz miejsca lokalizacji są głównie uzależnione od zmienności warunków geologicznych, lecz odległość ta nie przekracza 200 m.

Pokład 413/1 oraz skały otaczające są suche i nie stwierdza się wykropleń wody ze stropu wyrobiska. Poza uskokiem o zrzucie ok. 30 m przy pochylni Z-1 w chodniku nadścianowym występują oraz mogą wystąpić inne zaburzenia o zrzucie nie przekraczającym grubości pokładu. Na wybiegu chodnika w obudowie kotwiowej nie przechodzą krawędzie pokładów wyżej leżących. Wyrobisko przechodziło nad krawędzią pokł.415/1 odległego w pionie $58 \div 66$ m oraz nad krawędzią pokł.417/1+2 odległego w pionie o 70 m. Dotychczas chodnik nadścianowy Z-1 kilkakrotnie przechodził nad ww. krawędziami. Na podstawie prowadzonych obserwacji, jak również doświadczeń kopalni, krawędź pokł.415/1 oraz pokł.417/1+2 nie ma negatywnego wpływu na stateczność wyrobiska.

Pokład 413/1 zaliczony jest do:

- I stopnia zagrożenia wodnego,
- III kategorii zagrożenia metanowego,
- klasy B zagrożenia pyłowego,
- nie zagrożonego tapaniami.

1.1. Schemat obudowy kotwiowej

Obudowę kotwiową stanowią następujące elementy:

w stropie wyrobiska :

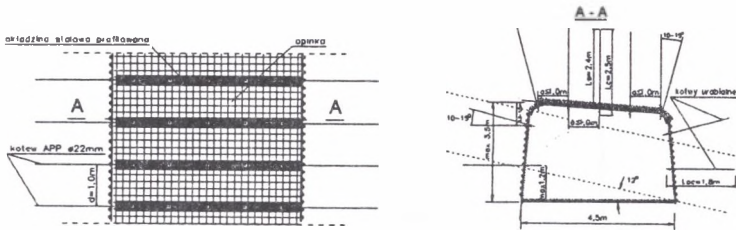
- kotwie stalowe typu APP $\phi 22$ mm wykonane z pręta żebrowanego o długości 2.5 m,
- siatka zgrzewana o boku oczka max 100 mm,
- okładziny stalowe z blachy profilowanej o szerokości min. 0,25 m i grubości min. 2 mm;

w ociosach wyrobiska

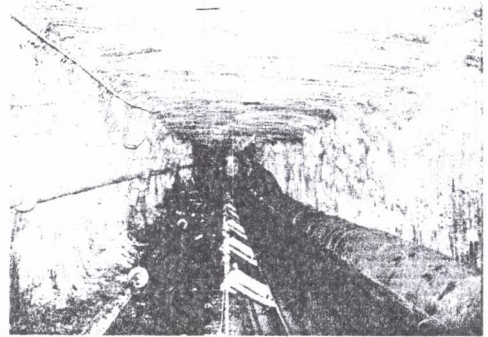
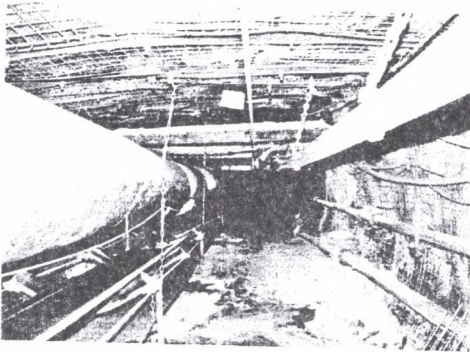
- kotwie stalowe typu APP $\phi 22$ mm wykonane z pręta żebrowanego o długości 1.8 m,
- kotwie urabialne typu KWSz $\phi 18$ mm o długości 1.8 m,

- siatka zgrzewana stalowa o boku oczka max 100 mm;

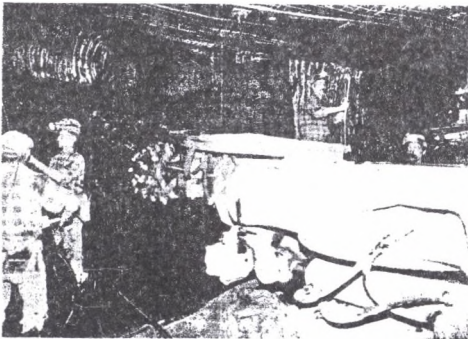
Schemat konstrukcyjny obudowy kotwionej przedstawiono na rysunku 2.



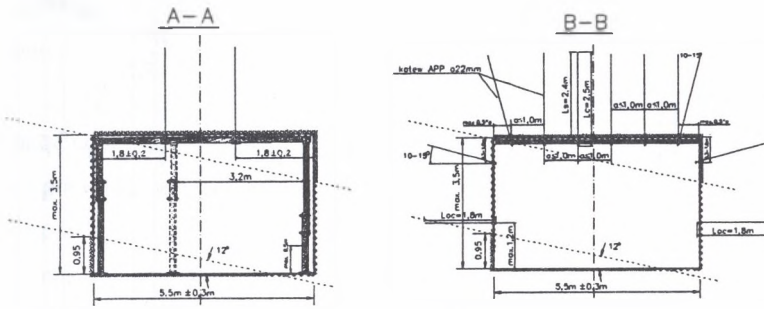
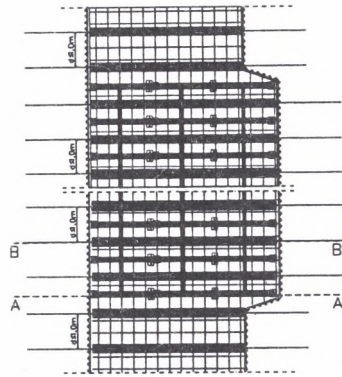
Rys.2. Schemat obudowy kotwionej dla chodnika nadścianowego Z-1 pokł.413/1
Fig.2. Roof bolting scheme for top road Z-1 seam 413/1



Rys.3. Chodnik nadścianowy Z-1 pokł.413/1 – widok ogólny (fot. J. Ficek)
Fig.3. Top road Z-1 seam 413/1 – overall view (photo. J. Ficek)

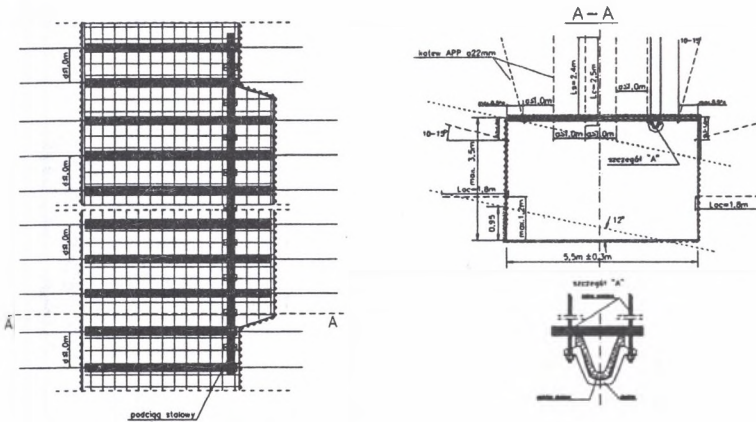


Rys.4. Chodnik nadścianowy Z-1 pokł.413/1 – widok czoła przodka (fot. J. Ficek)
Fig. Top road Z-1 seam 413/1 – view of the face (photo. J. Ficek)



Rys.5. Schemat obudowy kotwieniowej dla chodnika nadścianowego Z-1 pokł.413/1 w miejscu poszerzenia z dodatkowym wzmocnieniem obudową podporową

Fig.5. Roof bolting scheme for top road Z-1 seam 413/1 in the place of broadening with additionally strengthening by standing support



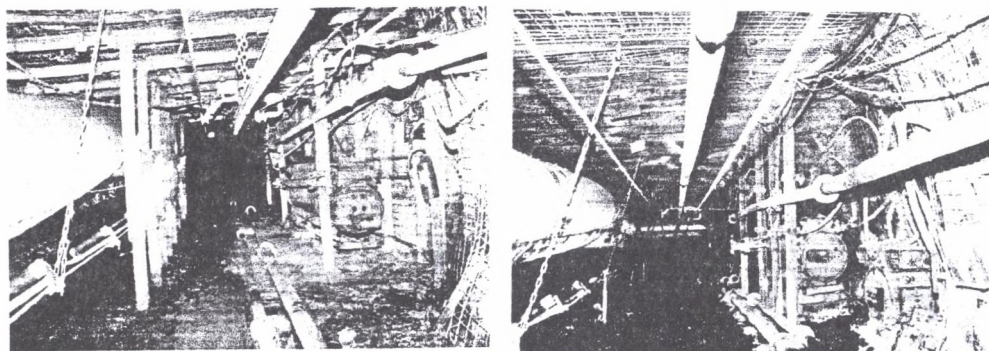
Rys.6. Schemat obudowy kotwieniowej dla chodnika nadścianowego Z-1 pokł.413/1 w miejscu poszerzenia z dodatkowym wzmocnieniem podciąganiem stalowym

Fig.6. Roof bolting scheme for top road Z-1 seam 413/1 in the place of broadening with additionally strengthening by steel stringer

Podczas drażenia chodnika nadścianowego Z-1 pokł.413/1 wykonywane są poszerzenia wyrobiska w celu zabudowy napędów przenośników lub stacji transformatorowych.

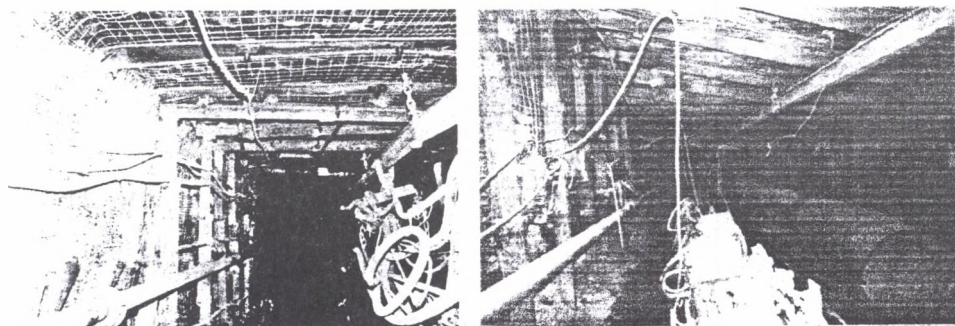
Konstrukcja obudowy w poszerzeniu oparta jest na samodzielnej obudowie kotwiowej dodatkowo wzmocnionej obudową podporową 3-stojakową niesymetryczną lub podciągami stalowymi przykotwionym do stropu, co przedstawiono na rysunkach 5 i 6.

Poszerzenia wykonywane są na odcinku maksymalnie 10 m, a ich szerokość wynosi $5,5 \text{ m} \pm 0,3 \text{ m}$.



Rys.7. Chodnik nadścianowy Z-1 pokł.413/1 – widok poszerzeń wyrobiska (fot. J. Ficek)
Fig.7. The top road Z-1 seam 413/1 – broadening excavation view (photo. J. Ficek)

W miejscach pogorszenia się warunków górniczo-geologicznych (uskoki) obudowa kotwiowa dodatkowo wzmocniana jest obudową podporową opartą na samodzielnej obudowie kotwiowej. Obudowę podporową zaprojektowano na bazie odrzwi obudowy prostej, wykonanej ze stropnicy stalowej z kształtownika V-25, podpartej na ociosach dwoma stojakami stalowymi typu SV lub Valent, w rozstawie jak przy obudowie kotwiowej tylko z przesunięciem o połowę rozstawu.



Rys.8. Chodnik nadścianowy Z-1 pokł.413/1 – wzmocnienie strefy z zaburzeniem geologicznym – uskok (fot. J.Ficek)
Fig.8. The top road Z-1 seam 413/1 – strengthening of zone with geologic fault (photo. J. Ficek)

Projekt obudowy kotwiowej dla chodnika nadścianowego Z-1 został opracowany zgodnie z obowiązującymi normami i aktami prawnymi w tym z Rozporządzeniem MPiH z dnia 14.04.1995 r., znowelizowanym Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 1.12.1997 r. przy wykorzystaniu aktualnej wiedzy naukowej i technicznych rozwiązań. Powyższe przepisy wymagają prowadzenia obudowy kotwiowej w zakresie kontroli:

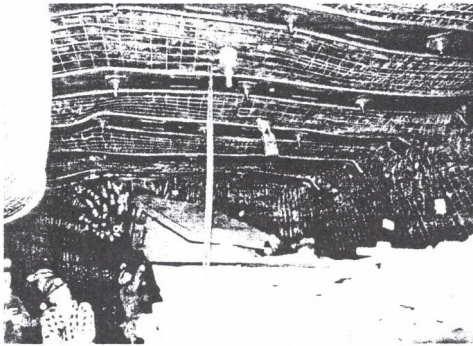
- elementów obudowy,
- sprzętu do kotwienia,
- prawidłowości zabudowy kotew,
- stateczności wyrobisk.

Kontrola elementów obudowy i sprzętu do kotwienia wchodzi w zakres czynności i obowiązków, które spoczywają na osobach odpowiedzialnych za wykonywanie obudowy kotwiowej.

Przez pojęcie kontroli prawidłowości zabudowy kotew rozumie się sprawdzanie następujących elementów:

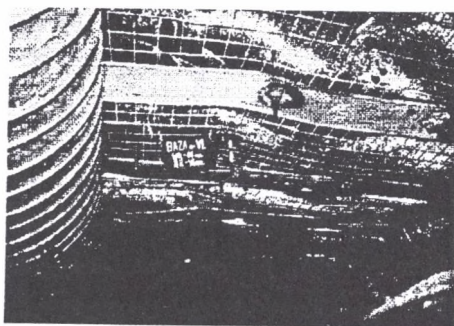
- prawidłowość wklejania i rozmieszczenia kotew,
- przyleganie podkładek,
- nośność kotew.

Kontrola prawidłowości zabudowy sprowadza się do pomiaru nośności kotew. Minimalna nośność kotew stalowych wynosi 120 kN. W celu prowadzenia prób pomiaru nośności kotew budowane są w stropie dodatkowe w ilości 0,5÷1% ogółu zabudowanych kotew stropowych, tj. na 10 mb wyrobiska jedna kotwa. Pomiaru prowadzone są sukcesywnie co 50 mb wydrążonego wyrobiska za pomocą wyrzarki typu WK-1 (rysunek 9).



Rys.9. Badanie nośności kotew w chodniku nadścianowym Z-1 pokł.413/1 (fot.J.Ficek)
Fig.9. Test of load capacity in top road Z-1seam 413/1 (photo. J. Ficek)

Stateczność wyrobiska wykonanego w obudowie kotwiowej obejmuje wykonywanie pomiarów rozwarstwień skał stropowych na punktach pomiarowych zabudowywanych w stropie wyrobiska. W chodniku nadścianowym Z-1 pokł.413/1 pomiary rozwarstwień są prowadzone za pomocą rozwarstwieniomierzy dwupoziomowych zabudowywanych w stropie wyrobiska w odstępach co 20 mb (rysunek 10). Dopuszczalne rozwarstwienie skał stropowych ustalone w projekcie przez rzeczoznawcę wynosi: dla rozwarstwień niskich 48 mm, dla rozwarstwień wysokich 68 mm. Obecnie maksymalne rozwarstwienie skał stropowych osiągnęło wartość 17 mm. Dodatkowo rozwarstwieniomierze budowane są w rejonach zaburzeń geologicznych i w miejscach prowadzonych poszerzeń wyrobiska na napędy przenośników i stacje transformatorowe.



Rys.10. Rozwarstwieniomierz dwupoziomowy zabudowany w stropie chodnika nadścianowego Z-1 pokł.413/1
(fot. J.Ficek)

Fig.10. Two level separation meter in the roof top road Z-1 seam 413/1

Kontrolę rozwarstwień skał stropowych w punktach pomiarowych i sposób ich dokumentowania prowadzone są następująco:

- przodowi na każdej zmianie zobowiązani są podczas dojścia do przodka do przeprowadzenia wizualnej kontroli rozwarstwień skał stropowych na wszystkich punktach pomiarowych, oraz dokonania pomiarów rozwarstwień na 5 kolejnych punktach pomiarowych, licząc od czoła przodka. Wyniki pomiarów odnotowują na tablicy pomiarowej, która znajduje się w pobliżu czoła przodka. Wzór tablicy pomiarowej opracował inżynier ds. kotwienia,
- dozór oddziałowy na każdej zmianie podczas dojścia do przodka wizualnie kontroluje rozwarstwienia skał stropowych na wszystkich punktach pomiarowych, oraz dokonuje dokładnych pomiarów rozwarstwień na 10 kolejnych punktach pomiarowych, licząc od czoła przodka. Wyniki pomiarów dokumentuje po wyjeździe w „Książce kontroli bieżącej”,

- raz w tygodniu (w środę) sztygar oddziałowy lub jego zastępca dokonuje pomiarów rozwarstwień na wszystkich punktach pomiarowych. Wyniki uzyskane z pomiarów po wyjeździe odnotowuje w „Książce kontroli bieżącej”.

Kontrole okresowe prowadzone są na stanowiskach pomiarowych (stacje monitoringu), które zainstalowane są w chodniku nadścianowym Z-1 pokł.413/1. Z uwagi na dłuższy okres użytkowania wyrobiska i znaczny jego wybieg wyznaczono i zabudowano pięć stanowisk pomiarowych. Na stanowiskach tych dokonuje się pomiaru:

- rozwarstwień stropu,
- obciążeń kotew,
- konwergencji wyrobiska.

Stanowiska pomiarowe (stacje monitoringu) zabudowane są co 300 mb wyrobiska prowadzonego w obudowie kotwiowej. Pierwsza stacja pełnego monitoringu zlokalizowana jest na 100 m wyrobiska, kolejne zaś na 400 m, 700 m, 1000 m i 1300 m.

W celu dokładniejszego rozeznania parametrów współpracy obudowy z górotworem na stanowiskach pomiarowych dodatkowo wprowadzono nowoczesne metody monitoringu obudowy kotwiowej, oferowane przez firmę ARNALL POLAND. W związku z tym wyposażenie stacji pomiarowych w wyrobisku jest następujące:

stacje pomiarowe nr 1 i 4 posiadają:

- rozwarstwieniomierz dwupoziomowy,
- krążek dynamometryczny do pomiaru obciążenia kotew,
- repery do pomiaru konwergencji,
- dodatkową kotew na wrywanie,
- pięć kotew oprzyrządowanych,
- ekstensometr zabudowany w stropie.

stacje pomiarowa nr 2, 3, i 5 wyposażone są w:

- rozwarstwieniomierz dwupoziomowy,
- krążek dynamometryczny do pomiaru obciążenia kotew,
- repery do pomiaru konwergencji,
- dodatkową kotew na wrywanie,
- jedną kotew oprzyrządowaną zabudowaną w osi wyrobisk,
- ekstensometr zabudowany w stropie.

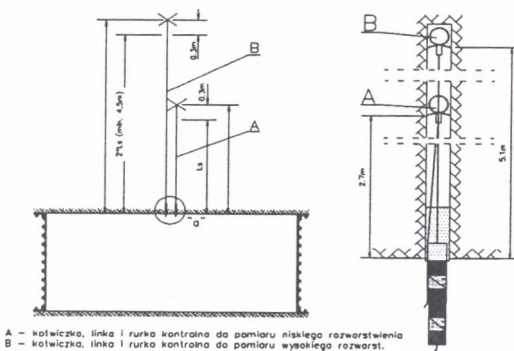
Tak wyposażona stacja pozwala na porównanie wyników uzyskanych na bazie tradycyjnych sposobów kontroli pracy samodzielnej obudowy kotwicznej, z wynikami jakie daje nam monitoring elektroniczny, który posiada znacznie większą dokładność.

Krótką charakterystyka poszczególnych elementów wyposażenia stacji monitoringowej

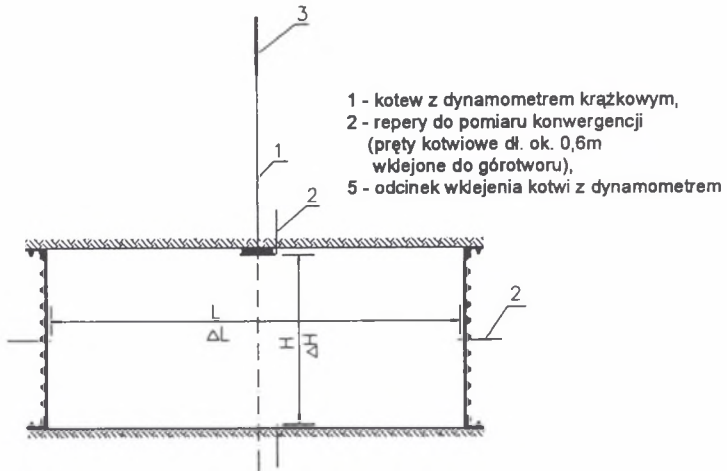
Rozwarstwieniomierze dwupoziomowe są łatwym w montażu, a zarazem tanim urządzeniem dającym ciągle wizualne wskazania warunków stropowych panujących w wyrobisku. Rolą rozwarstwieniomierzy jest wczesne wskazanie wizualne zmian warunków stropowych, co daje możliwość szybkiego podjęcia działań zapobiegawczych. Instalacja odbywa się w czole przodka w osi wyrobiska. Rozwarstwieniomierz posiada dwa wskaźniki, które linkami połączone są z kotwiczkami zabudowanymi na różnych horyzontach (rys. 11).

Odczyt polega na bezpośrednim pomiarze przemieszczenia wskaźników w stosunku do rurki odniesienia. Interpretując wynik odczytu, można powiedzieć, jakiego rzędu jest całkowite rozwarstwienie, na poszczególnych odcinkach (niskie i wysokie).

Stanowisko do pomiaru konwergencji wyrobiska składa się z dodatkowych specjalnie oznaczonych kotew zabudowanych w stropie, spągu i ociosach wyrobisk. Kotwy instaluje się wg schematu przedstawionego na rysunku 12. Kotwy zabudowane w czole przodka mierzą służby mierniczo-geologiczne bezpośrednio po ich instalacji, a następnie pomiary dokonuje się w określonych odstępach czasowych. Na ich podstawie można określić, czy w wyrobisku nie następuje tzw. „płynięcie” ociosów lub wypiętrzanie spągu.



Rys. 11. Rozwarstwieniomierz dwupoziomowy – schemat zabudowy w wyrobisku
 Fig. 11. Two level separation meter – scheme of building in excavation



Rys. 12. Schemat pomiaru konwergencji i obciążeń kotwi
 Fig. 12. Scheme of convergence and loads measurement

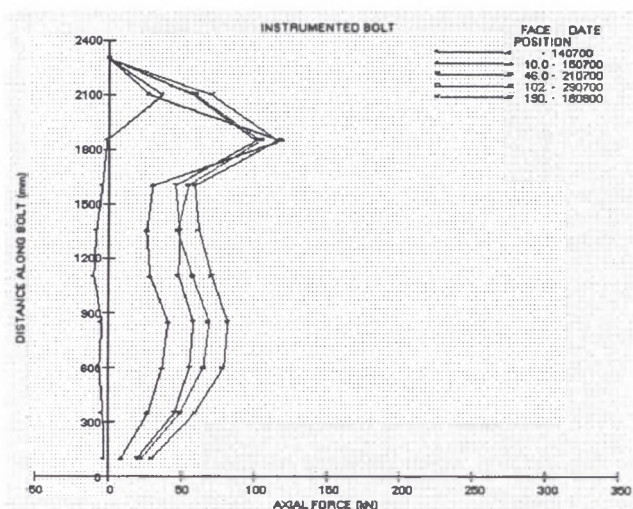
Tradycyjny pomiar obciążeń kotew wiąże się z zabudową gumowego krążka dynamometrycznego. Krążek instaluje się na dodatkowej kotwie, która nie wchodzi w skład elementów obudowy ostatecznej. Długość kotwy jest większa o 0,3 m niż kotew obudowy ostatecznej. Wkleja się ją punktowo na jednym ładunku klejowym. Krążek ogranicza się dwoma metalowymi podkładkami tej samej średnicy, a następnie dociąga kluczem dynamometrycznym. Odczyt polega na pomiarze średnicy krążka i odczytaniu z diagramu obciążenia, jakiemu poddawana jest kotew ze strony skotwionego pakietu skał (rysunek 13).

Kotew oprzyrządowana posiada formę przewodową z zainstalowanymi czujnikami (tensometry) mierzącymi naprężenia wywołane w kotwi na maksymalnie 9 pozycjach wzdłuż jej długości. Czujniki naprężenia zabudowane są parami naprzeciw siebie we wszystkich 9 pozycjach. Odległości pomiędzy parami czujników zostały tak zaprojektowane, aby zapewniony był prawidłowy transfer obciążenia wzdłuż kotwy.

Instalacja kotew odbywa się w przodku drążonego wyrobiska i zastępują one kotwy obudowy ostatecznej (rysunek 6). Do kotew podłączone są przewody pozwalające na podłączenie dopuszczonego mostkowego miernika naprężeń, za pomocą którego dokonuje się odczytów. Uzyskane odczyty obrabiane są komputerowo przy użyciu programu Exbolt, który oprócz obróbki danych kreuje wykresy przedstawiające naprężenia jakim, podlegają kotwie (rysunek 14).

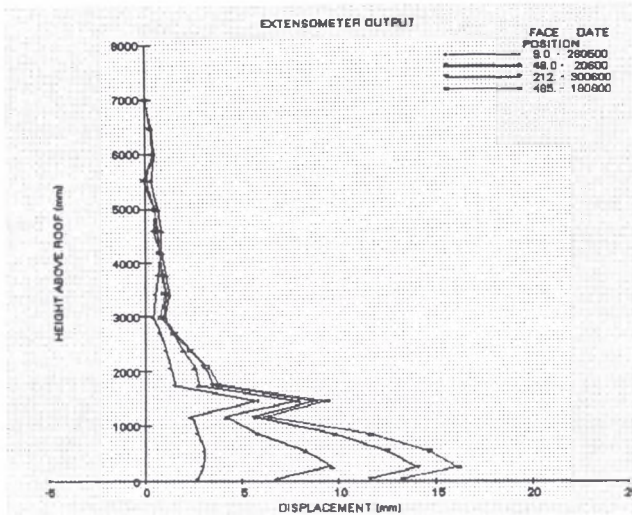


Rys.13. Widok stacji monitoringowej w chodniku nadścianowym Z-1 pokł.413/1 (fot. J. Ficek)
 Fig.13. View of monitoring station in the top road Z-1 seam 413/1 (photo. J. Ficek)



Rys.14. Obciążenie kotwy oprzyrządowanej nr 3 na stacji monitoringowej nr 4
 Fig.14. Load of instrumented bolt nr 3 on the monitoring station nr 4

Sonda ekstensometryczna to zespół elementów współdziałających ze sobą, składający się z kotwiczek magnetycznych budowanych w górotworze oraz sondy i miernika. Instrumenty te pozwalają na dokładne monitorowanie ruchu stropu, ociosów lub spagu wyrobiska. Monitoring w tym przypadku opiera się na pomiarze przemieszczeń (rozwarstwień) zachodzących w górotworze. Istotą pomiaru jest odczyt przemieszczeń kotwiczek względem siebie lub względem kotwiczki bazowej. Kotwiczki można instalować na głębokość do 7,5 m na 20 pozycjach wzdłuż otworu. Stosując standardowe odległości kotwiczek na wszystkich ekstensometrach, można łatwo porównać rozwarstwienia na różnych głębokościach w poszczególnych punktach wyrobiska (kolejne stacje monitoringowe).



Rys. 15. Rozwarstwienia zarejestrowane na sondzie ekstensometrycznej stacji monitoringowej nr 3
 Fig. 15. Separation recording on the extensometer probe monitoring station nr 3

Podobnie jak w przypadku kotew instalacja odbywa się w czole przodka, a obróbkę wyników prowadzi się, używając tego samego programu komputerowego jak w przypadku kotew oprzyrządowanych (rysunek 15).

Wnioski

Przedstawione rozważania można ująć w następujące wnioski:

1. Samodzielna obudowa kotwiowa w chodnikach przyscianowych powinna być stosowana w kopalniach węgla kamiennego na podstawie sprawdzonych i pozytywnych doświadczeń.
2. Osiągnięcie odpowiednich rezultatów we wdrażaniu obudowy kotwiowej wymaga kompleksowej analizy w zakresie oceny warunków geologiczno-górnictwowych oraz badań rzeczywistych parametrów współpracy obudowy z górotworem, mechanizacji procesów kotwienia zapewniających uzyskanie właściwych postępów drążonych wyrobisk.
3. Uzyskane wyniki wdrożenia samodzielnej obudowy kotwiowej w chodniku nadścianowym Z-1 w pokł.413/2 wskazują, że istnieje możliwość utrzymania chodnika w całości bez występowania rozwarstwień skał stropowych oraz deformacji ociosów i spągu, a także uzyskania korzyści technologicznych i ekonomicznych.

4. Stateczność wyrobiska w obudowie kotwiowej zależy między innymi od prawidłowej współpracy obudowy z górotworem. Najlepszy nawet projekt obudowy nie zapewni bezpiecznego utrzymywania wyrobiska, jeżeli dojdzie do błędów w technologii jego wykonania.
5. Odchyłki w technologii wykonania mogą spowodować obniżenie parametrów wytrzymałościowych obudowy, a tym samym utraty stateczności wyrobisk.
6. Z dotychczasowych obserwacji i analizy wyników uzyskanych na podstawie prowadzonego monitoringu w chodniku nadścianowym Z-1 w pokł.413/1 można stwierdzić, iż na etapie drążenia wyrobiska dobór parametrów samodzielnej obudowy kotwiowej jest prawidłowy.
7. Monitoring tradycyjny pozwala wizualnie określić ewentualne zmiany zachodzące w wyrobisku i podjąć odpowiednie kroki związane z ich dokładniejszym rozeznaniem i podjęciem działań profilaktycznych.
8. Monitoring elektroniczny oferowany przez firmę ARNALL POLAND pozwala dokładnie rozeznąć warunki i parametry współpracy obudowy kotwiowej z górotworem oraz wychwycić zmiany zachodzące w odstępach czasowych podczas drążenia wyrobiska.
9. Dalsze obserwacje i pomiary na stacjach monitoringowych w czasie eksploatacji ściany Z-1 pokł.413/1 pozwolą prześledzić, jak pracuje obudowa kotwiowa poddawana oddziaływaniu przemieszczającego się ciśnienia eksploatacyjnego.
10. Uzyskane wyniki na przestrzeni całego okresu użytkowania wyrobiska pozwolą określić, czy dobór parametrów obudowy był prawidłowy, a uzyskane spostrzeżenia i doświadczenia będzie można wykorzystać przy projektowaniu kolejnych wyrobisk w samodzielnej obudowie kotwiowej.
11. Wadą stosowanego rozwiązania, w przypadku występowania w stropie skał trudnozwiercalnych, jest uzyskiwanie mniejszych postępów w drążonych przodkach.

LITERATURA

1. Chudek M: Obudowa wyrobisk górniczych cz.1. Obudowa wyrobisk korytarzowych i komorowych wyd.2, Wyd. Śląsk, Katowice 1987.
2. Kłeczek Z: Geomechanika górnicza. Śląskie Wydawnictwo Techniczne, 1994.
3. Zasady projektowania, wykonywania oraz kontroli obudowy kotwiowej w zakładach wydobywających węgiel kamienny. Katowice 1998.
4. Dokumentacje i projekty techniczne drążenia wyrobisk w KWK „Jankowice”.
5. Monitoring obudowy kotwiowej – Materiały konferencyjne. Ustroń 1995.

6. Praca zbiorowa: Badania nad zastosowaniem w kopalniach węgla kamiennego samodzielnej obudowy kotwiowej.
7. Możliwości i efekty stosowania obudowy kotwiowej. Seminarium promocyjne – Katowice, kwiecień 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Zorychta

Abstract

Roof bolting is an important alternative for steel-arching in both economical and technological aspects.

Introducing anchors in the conditions of Polish coal-mines called for proper methodology of designing their parameter, making the calculations on the data obtained from both laboratory and in situ research, and considering mining-geological and technical conditions of the analysed region.

The possibilities of individual roof bolting in the conditions of "Jankowice" coal-mine have been presented in the paper.