



Roland BOBEK*, Tomasz ŚLEDŹ*, Adam RATAJCZAK*, Piotr GŁUCH**

Problemy utrzymania chodników przyścianowych w warunkach zagrożeń naturalnych w KWK „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów

Streszczenie: Artykuł przedstawia doświadczenia kopalni „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów w zakresie utrzymywania chodników przyścianowych w warunkach zagrożenia metanowego oraz zagrożenia tapaniami. Wzrost zagrożenia metanowego wymusił na kopalni, oprócz stosowanego powszechnie odmetanowania, zmianę systemu przewietrzania wyrobisk ścianowych w celu niedopuszczenia do niebezpiecznych koncentracji metanu, co wiązało się niejednokrotnie z koniecznością utrzymywania chodników za frontem ściany. Dużym utrudnieniem było również utrzymywanie chodnika w skojarzonych zagrożeniach naturalnych – metanowym oraz tapaniami – co wiązało się z doбором odpowiedniego układu podporowo-kotwiowego za frontem ściany dla przejścia obciążenia górotworu, ograniczeniem liczby zatrudnionych pracowników do jego zabudowy oraz z dbałością o właściwą organizację robót.

Prowadzone pomiary konwergencji utrzymywanych chodników za frontem ściany w jednostronnym otoczeniu zrobami zawalowymi pozwoliły na ich bezpośrednie porównanie oraz ich odniesienie do warunków geologiczno-górnictwowych w jakich zaprojektowano i utrzymywano poszczególne chodniki. Analiza wykonanych pomiarów konwergencji utrzymywanych chodników w warunkach wpływu zaszłości eksploatacyjnych kopalni „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów pozwala przyjąć założenie, że utrzymywanie chodnika pod obszarem nieodprężonym w zasięgu wpływu równoległych krawędzi pokładów jest niezwykle trudne do realizacji z uwagi na pojawiające się duże obciążenia obudowy utrzymywanego chodnika oraz na pojawiające się znaczne wypiętrzanie warstw spągowych. Również ważnym aspektem podczas utrzymywania chodników za frontem ściany jest odpowiednia metodyka i wybór odpowiednich elementów układu podporowo-kotwiowego, mającego przenieść obciążenie za frontem biegu ściany, w nawiązaniu do warunków geologiczno-górnictwowych. Stosowanie niewłaściwie dobranych podpór bądź kotwi w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnictwowych, objawia się znacznym zaciskaniem wyrobiska za frontem ściany, utratą jego funkcjonalności, a w następstwie koniecznością ograniczenia biegu ściany w warunkach zagrożenia metanowego, bądź jego późniejszą przebudową w warunkach utrzymywania chodnika dla kolejnej ściany.

Utrzymywanie chodników za frontem ściany powinno być również polem dla szukania nowych rozwiązań podpór o wysokiej nośności, spełniających jednocześnie kryteria ekonomiczne oraz kryteria bezpiecznej i prostej ich zabudowy w coraz trudniejszych warunkach pracy.

* KW S.A. KWK „Knurów-Szczygłowice”, Knurów

** Politechnika Śląska, Gliwice

Słowa kluczowe: górnictwo, obudowa, wzmacnianie obudowy, utrzymywanie chodników przyścianowych

Problems with roadway maintenance related to hazardous natural conditions in the Knurów-Szczygłowice coal mine at Knurów

Abstract: This paper presents the difficulties with maintaining roadways near the Knurów-Szczygłowice coal mine at Knurów due to methane and rockburst hazards. Increasing methane hazards forced the mine to change its system of ventilation and to undertake methane draining efforts to avoid the buildup of dangerous methane concentrations. This was often meant to maintain the stability of roadways behind the longwall face. A major difficulty was also roadway maintenance related to similar natural hazards with methane and rockburst. Actions taken entailed choosing an appropriate stand and roof bolting support system behind the longwall face, limiting the number of workers employed in its application, and managing proper work organization. Convergence measurements taken of the maintained roadways featuring one adjacent longwall goaf allowed for comparisons and can serve as references for geological and mining considerations impacting future roadway design and maintenance. Analysis of convergence measurements from the former mining impact area in the Knurów-Szczygłowice coal mine indicates that roadway maintenance in the area that was not decompressed with parallel bed edges suffered severely, due to substantial support loads and floor heave. Proper methodology and choice of support system parts (able to bear loads behind the longwall face) commensurate with the local geology and mining conditions are also significant factors in roadways maintenance. Applying inappropriate props or bolts under diversified geological and mining conditions results in significant roadway convergence behind the longwall, the loss of a longwall's functionality which limits the longwall's lifespan due to methane hazards, or the later rebuilding of a longwall when maintaining the roadway for the next longwall. Roadway maintenance behind the longwall face should also be a field where new solutions are considered for high load capacity props considering the important criteria of cost, safety, and easy set up under increasingly difficult working conditions.

Key words: mining, support, support reinforcement, roadway maintenance

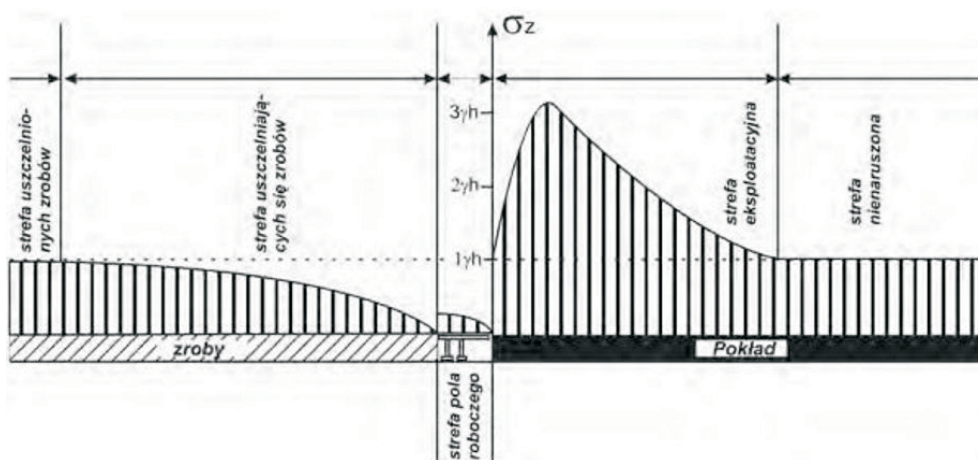
Wprowadzenie

Sposoby utrzymywania chodników przyścianowych za frontem ściany w jednostronnym otoczeniu zrobów w polskich kopalniach węgla kamiennego są ciągle tematem prowadzonych prac badawczych i inżynierskich przez jednostki naukowo-badawcze, a także są od lat tematem publikacji wielu polskich autorów (Barton i in. 2000; Prusek 2008; Korzeniowski i Niełacny 2010; Rak 2011; Majcherczyk i in. 2013). Prowadzenie eksploatacji pokładów węgla kamiennego w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnicznych – prowadzenie eksploatacji na głębokości większej niż 800 m, wpływ zaszłości eksploatacyjnych, wysoka sejsmiczność górotworu, zwiększenie ilości wydzielanego metanu – jest przyczyną poszukiwania ciągle nowych rozwiązań w zakresie zapewnienia stateczności utrzymywanych chodników za frontem ściany z uwzględnieniem stale rosnących kosztów wydobycia.

Wykonanie wyrobiska, a następnie prowadzona eksploatacja narusza pierwotny stan równowagi w górotworze, dlatego też utrzymywane chodniki przyścianowe znajdują się w rejonie zwiększonego ciśnienia górotworu już przed frontem ściany, zaś za frontem ściany w strefie wzmożonych ruchów górotworu. W rejonie wyrobiska ścianowego można wydzielić następujące charakterystyczne strefy (rys. 1) (Piechota 2003):

- strefa uszczelnionych zrobów, w której warstwy skał nadległych podparte są rumowiskiem zawałowym lub podsadzką, wskutek czego stan naprężeń jest zbliżony do stanu pierwotnego,

- strefa uszczelniających się zrobów, w której warstwy skał nadległych osiadają stopniowo na rumowisku zawałowym lub podsadze – szerokość tej strefy licząc od przestrzeni roboczej ściany wynosi około 100–200 m,
- strefa pola roboczego, w której odsłonięty strop zabezpieczony jest obudową ścianową,
- strefa eksploatacyjna, w której występują największe naprężenia pionowe, osiągając najwyższe wartości w bezpośrednim sąsiedztwie czoła ściany – szerokość tej strefy wynosi od kilkudziesięciu (stropy mało sztywne np. łupki) do stu kilkudziesięciu metrów (stropy sztywne np. piaskowce),
- strefa pokładu nienaruszonego, która występuje przed strefą eksploatacyjną i charakteryzuje się stanem naprężenia zbliżonym do pierwotnego.



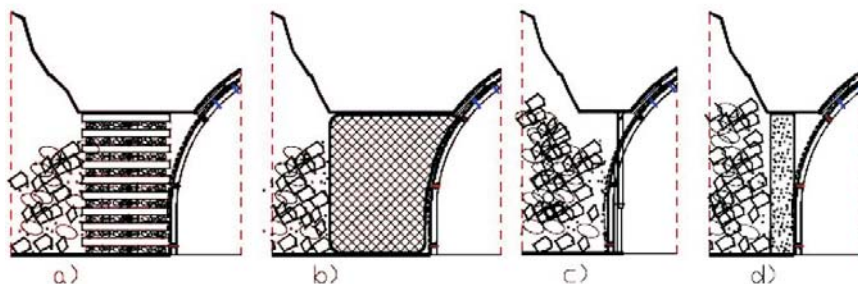
Rys. 1. Rozmieszczenie stref charakterystycznych w rejonie wyrobiska ścianowego (Piechota 2003)

Fig. 1. Location of characteristic zones in the area of a longwall (Piechota 2003)

Analizując rysunek 1 – istotnym elementem w aspekcie utrzymania chodnika za frontem ściany jest wzmocnienie jego obudowy w strefie eksploatacyjnej. Wzmocnienie to realizuje się najczęściej przez przykotwienie odrzwi obudowy z zastosowaniem niskiego, bądź wysokiego kotwienia górotworu. W efekcie działania kotwi uzyskuje się ściskanie deformujących się warstw skalnych górotworu, ograniczając jednocześnie ich odkształcenie w trakcie zbliżania się frontu eksploatacyjnego. Najkorzystniejszym rozwiązaniem jest wykonanie obudowy podporowo-kotwiowej na etapie samego drażenia chodnika, wywołanie naprężeń ściskających w rozwarstwiających się warstwach skalnych i wytworzenie trójosiowego stanu naprężenia oraz sił tarcia na płaszczyznach poślizgu poszczególnych warstw górotworu (Głuch 2000). Natomiast w strefie uszczelniających się zrobów, bezpośrednio za frontem ściany istotne jest utworzenie po stronie wybranego ociosu węglowego podpory, która pozwoli wytworzyć jednolity zawał wzdłuż chodnika, a tym samym krótki wspornik skalny. W kopalniach polskich zastosowano do tej pory kilka systemów zabezpieczenia krawędzi wzdłuż chodnika na linii zrobów (rys. 2) (Barton i in. 2000):

- systemy z prowadzeniem kasztu drewnianego,
- systemy z wykonaniem pasa podporowego z materiałów budowlanych,

- systemy z wykonaniem łamaczy stalowych z stojaków podporowych typu SV lub innych,
- systemy z wykorzystaniem betonowych słupów podporowych.



Rys. 2. Rodzaje podstawowych systemów utrzymywania chodników przyścianowych na linii ściana-chodnik (Barton i in. 2000): a) z prowadzeniem kasztu drewnianego, b) z wykonaniem pasa podporowego z materiałów budowlanych, c) z wykonaniem łamaczy stalowych ze stojaków typu SV lub innych, d) z wykorzystaniem betonowych słupów podporowych

Fig. 2. Basic systems of roadways maintenance on a longwall-roadway line (Barton et al. 2000)
 a) with wooden crib, b) with supporting belt made of building materials, c) with steel breakers made of SV props or others, d) with concrete pillar

1. Doświadczenia kopalni „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów w zakresie utrzymywania chodników przyścianowych

Jedną z głównych przyczyn utrzymywania chodników przyścianowych za frontem ściany jest prowadzenie eksploatacji pokładów węgla w warunkach zagrożenia metanowego. Schodzenie z eksploatacją na coraz większe głębokości pogłębiło problem zapewnienia właściwych warunków przewietrzania ścian wydobywczych określonych stosownymi przepisami górnictwami, pomimo szeroko stosowanego odmetanowania. Uniknięcie niebezpiecznych koncentracji metanu na skrzyżowaniu ściana-chodnik, niejednokrotnie wymusza na kopalniach utrzymywanie chodników przyścianowych dla odprowadzenia powietrza za front ściany, zapewniając jej bezpieczny bieg, a tym samym zapewniając wysoką koncentrację wydobywania bez konieczności zatrzymywania bądź ograniczania biegu ściany dla zmniejszenia ilości wydzielanego metanu.

Kopalnia „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów w celu prowadzenia bezpiecznej eksploatacji pokładów zaliczonych do odpowiedniej kategorii zagrożenia metanowego ciągle zdobywa szereg doświadczeń w zakresie utrzymywania chodników przyścianowych, w jednostronnym otoczeniu zrobów w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnictwami, które to próby nie zawsze spełniały oczekiwania kopalni. Wielopokładowa i wieloletnia eksploatacja pokładów węgla zaowocowała powstawaniem dużej liczby stref oddziaływania krawędzi eksploatacyjnych i resztek pokładów, co bezpośrednio miało swój wpływ na utrzymywane chodniki, a dokładniej na ich zaciskanie pionowe i poziome. Kopalnia – pomimo trudnych warunków geologiczno-górnictwami – podjęła próby utrzymania następujących chodników przyścianowych, a niektóre podjęte próby były publikowane:

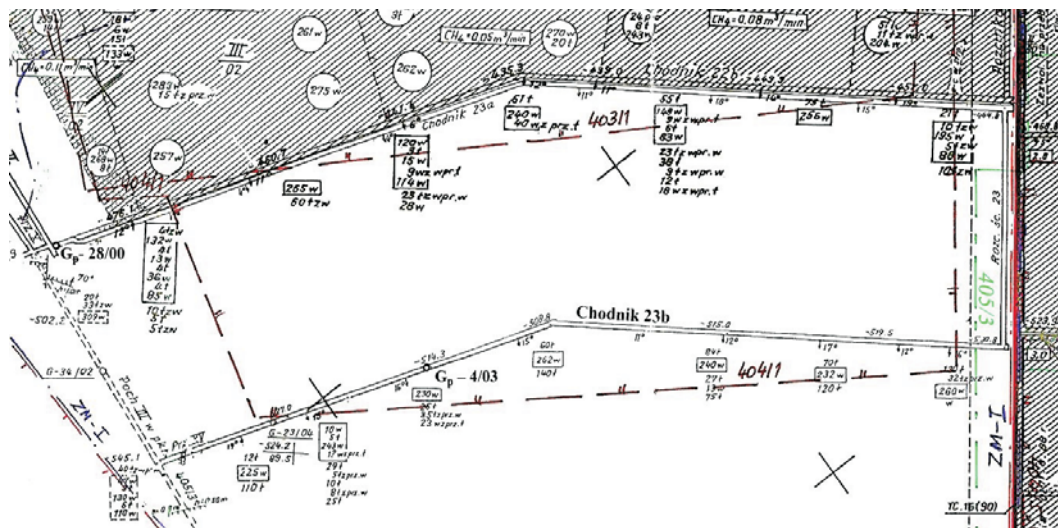
- Chodnik 23b w pokładzie 405/1 (Matuszewski i in. 2006),
- Chodnik 7b w pokładzie 408/2,
- Chodnik 20a w pokładzie 405/3 (Wardas i in. 2013),
- Chodnik 5a w pokładzie 408/1.

2. Warunki geologiczno-górniczne utrzymywanych chodników

2.1. Chodnik 23b w pokładzie 405/1

Chodnik 23b w pokładzie 405/1 został wydrążony na głębokości 760–780 m w warunkach II stopnia zagrożenia tąpnięciami, klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz w warunkach pola II kategorii zagrożenia metanowego, natomiast sam pokład 405/1 zaliczono do I kategorii zagrożenia metanowego. Chodnik 23b pełnił funkcję chodnika podścianowego, którego podstawowym zadaniem było odprowadzanie urobku ze ściany nr 23 w pokładzie 405/1, a w późniejszym etapie jego użytkowania pełnił funkcję chodnika nadścianowego (wentylacyjno-materiałowego) dla ściany nr 24 w pokładzie 405/1. W przedmiotowym rejonie grubość pokładu 405/1 wynosiła od 2,1 m do 3,0 m, a jego nachylenie zawierało się w granicy od 11° do 19°.

Chodnik 23b w pokładzie 405/1 został wykonany w zasięgu wpływu krawędzi pokładu 404/1, którego odległość pionowa do pokładu 405/1 wynosiła około 90 m, a także w zasięgu wpływu pokładu 405/3, który zalegał poniżej pokładu 405/1 w odległości pionowej około 26 m, co przedstawiono na rysunku 3.



Rys. 3. Wycinek mapy pokładu 405/1 z naniesionym chodnikiem 23b

Fig. 3. Part of the 405/1 coal seam map with 23b roadway

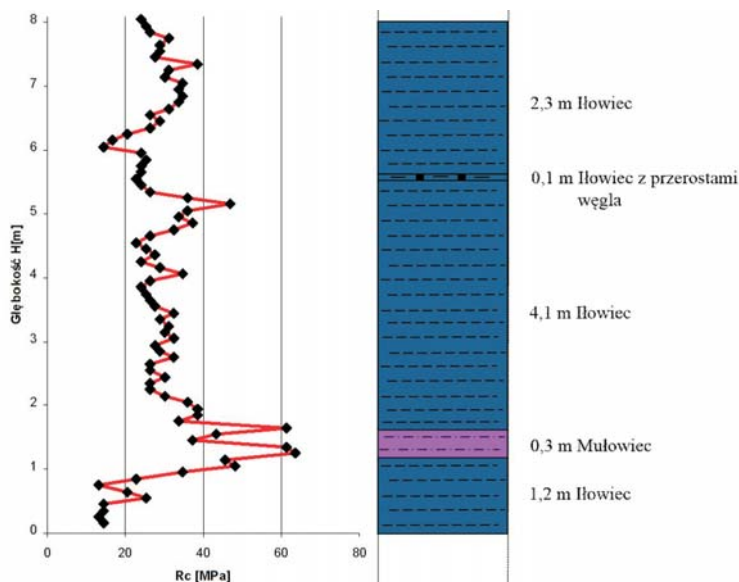
W rejonie chodnika 23b wykonano otwory penetrometryczne dla określenia wytrzymałości na ściskanie skał stropowych, które zaznaczono na rysunku 3, a ich wyniki przedstawiają się następująco:

- $G_p - 4/03$, gdzie $R_c = 29,39$ MPa,
- $G_p - 28/00$, gdzie $R_c = 36,77$ MPa.

Wytrzymałość na ściskanie pokładu 405/1 określono na poziomie $R_{cw} = 14,8$ MPa.

Przykładowy profil wytrzymałościowy skał stropowych z rejonu chodnika 23b z otworu penetrometrycznego $G_p - 4/03$ przedstawia rysunek 4.

Chodnik 23b zaprojektowano w obudowie podporowej otwartej ŁP9/V29/3 w rozstawie odrzwi obudowy co 1,0 m, natomiast w rejonie wpływu krawędzi pokładu 405/3 rozstaw odrzwi obudowy wynosił 0,75 m.



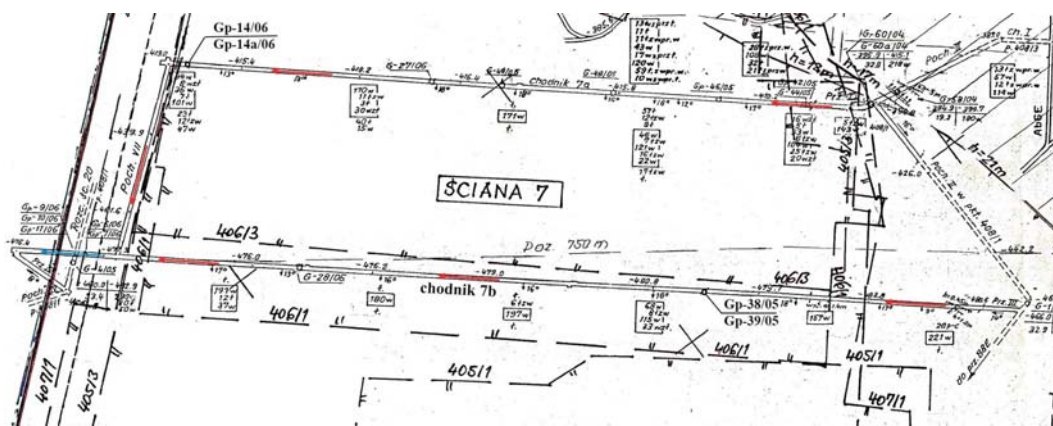
Rys. 4. Profil wytrzymałościowy skał stropowych otworu penetrometrycznego $G_p - 4/03$

Fig. 4. Strength profile of roof rocks from the penetrometer borehole $G_p - 4/03$

2.2. Chodnik 7b w pokładzie 408/2

Chodnik 7b w pokładzie 408/2 pełnił funkcję chodnika podścianowego, w którym były zabudowane urządzenia odstawy urobku ze ściany nr 7 w pokładzie 408/2. Przedmiotowy chodnik zlokalizowany był na głębokości około 730 m w warunkach III kategorii zagrożenia metanowego oraz klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Pokład 408/2 w rejonie ściany nr 7 był pokładem nietąpającym. Na etapie projektowania eksploatacji pokładu 408/2 ścianą nr 7, przeprowadzone dynamiczne prognozy metanowości bezwzględnej wskazywały na możliwość wystąpienia dosyć dużego zagrożenia metanowego, co potwierdziło się

w późniejszym okresie prowadzenia biegu ściany – metanowość bezwzględna wahała się w zakresie od 13–34 m³CH₄/min. W celu ograniczenia zagrożenia metanowego – a przede wszystkim dla uniknięcia niebezpiecznych koncentracji metanu na skrzyżowaniu ściana-chodnik nadścianowy 7a, co mogłoby ograniczać bieg ściany – podjęto decyzję o przewietrzaniu ściany nr 7 w pokładzie 408/2 prądem świeżego powietrza płynącym chodnikiem nadścianowym 7a, a następnie ścianą w dół w kierunku chodnika 7b, gdzie chodnikiem 7b zużyte powietrze odprowadzano za front ściany w kierunku szybu wydechowego, co przedstawiono na rysunku 5. Taki sposób przewietrzania wymusił na kopalni konieczność utrzymania chodnika 7b w pokładzie 408/2.



Rys. 5. Wycinek mapy pokładu 408/2 z naniesionym chodnikiem 7b

Fig. 5. Part of the 408/2 coal seam map with 7b roadway

W rejonie chodnika 7b grubość pokładu 408/2 wynosiła od 1,6 m do 2,4 m, natomiast jego nachylenie wahało się w granicach od 12° do 18°.

Chodnik 7b w pokładzie 408/2 został wykonany w zasięgu wpływów następujących krawędzi pokładów wyżej leżących, przedstawionych na rysunku nr 5:

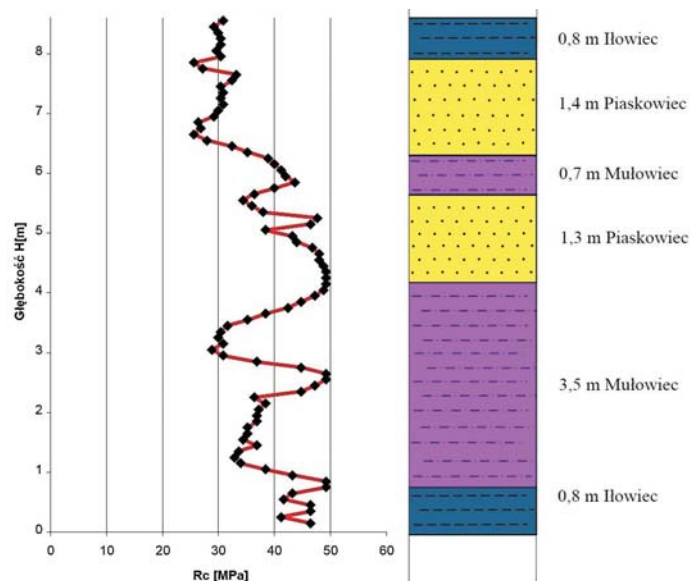
- pokład 405/1 w odległości pionowej około 150 m,
- pokład 405/3 w odległości pionowej około 130 m,
- pokład 406/1 w odległości pionowej około 110 m,
- pokład 406/3 w odległości pionowej około 80 m,
- pokład 407/1 w odległości około 60 m.

W rejonie chodnika 7b wykonano otwory penetrometryczne dla określenia wytrzymałości na ściskanie skał stropowych, które zaznaczono na rysunku 5, a ich wyniki przedstawiono poniżej:

- G_p – 38/05, gdzie R_c = 37,86 MPa,
- G_p – 14/06, gdzie R_c = 26,77 MPa.

W chodniku 7b przeprowadzono również badanie wytrzymałości na ściskanie skał spągowych, które określono na bazie wyników uzyskanych z penetrometru z otworu G_p – 39/05, gdzie R_c = 37,20 MPa.

Wytrzymałość na ściskanie pokładu 408/2 wynosiła R_{cw} = 11,08 MPa.



Rys. 6. Profil wytrzymałościowy skał stropowych otworu penetrometrycznego $G_p - 38/05$

Fig. 6. Strength profile of roof rocks from the penetrometer borehole $G_p - 38/05$

Przykładowy profil wytrzymałościowy skał stropowych z rejonu chodnika 7b obrazuje otwór penetrometryczny $G_p - 38/05$, (rys. 6).

Chodnik 7b pokładzie 408/2 zaprojektowano w obudowie podporowej podatnej ŁP9/V29/3/A przy rozstawie odrzwi co 1,0 m, natomiast w rejonie wpływu zasłóci eksploatacyjnych (rejon przecinki zbrojeniowej ściany nr 7 i rejon końca biegu projektowanej ściany) odrzwia budowano co 0,75 m.

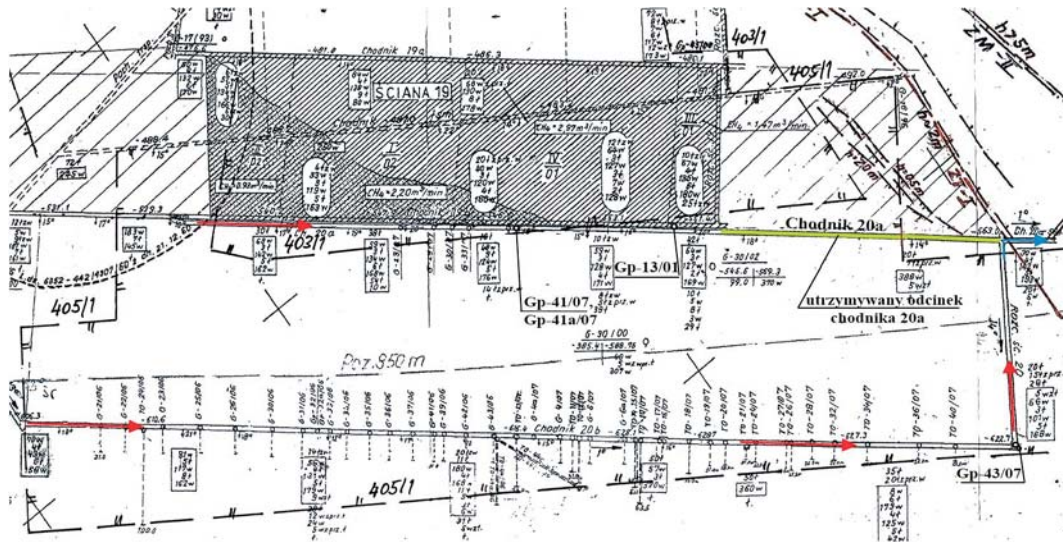
2.3. Chodnik 20a w pokładzie 405/3

Chodnik 20a w pokładzie 405/3 utrzymywany był w jednostronnym otoczeniu zrobów dla odprowadzania zużytego powietrza za front ściany nr 20 w pokładzie 405/3, prowadzonej w warunkach II kategorii zagrożenia metanowego, klasie B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego oraz w warunkach I stopnia zagrożenia tapaniami. Największe wartości prognozowanego wydzielania metanu, zgodnie z opracowaną dynamiczną prognozą metanowości bezwzględnej, przewidywano w początkowym okresie biegu przedmiotowej ściany, co było bezpośrednią przyczyną podjęcia decyzji o utrzymywaniu chodnika 20a za frontem ściany na długości około 400 m, co przedstawiono na rysunku 7.

Podczas eksploatacji pokładu 405/3 ścianą nr 20 metanowość bezwzględna wyniosła od 4–14 m^3CH_4/min . Na etapie utrzymywania chodnika 20a za frontem ściany, zarejestrowano 13 wstrząsów górotworu o energiach od $8,6 \cdot 10^2$ J do $3,0 \cdot 10^5$ J, które nie spowodowały żadnych skutków w utrzymywanym chodniku.

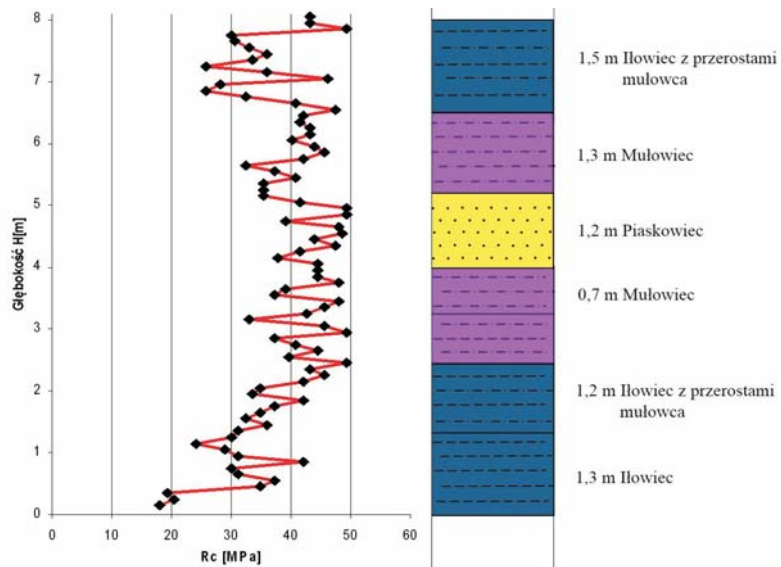
Grubość pokładu 405/3 w chodniku 20a wahała się w granicach od 3,6 m do 4,0 m, natomiast jego nachylenie wynosiło od 14° do 18° .

Chodnik 20a zlokalizowany był na głębokości około 800 m w zasięgu wpływu krawędzi pokładów 403/1 i 405/1 (rys. 7), których odległość pionowa do pokładu 405/3 wynosiła odpowiednio 137 m i 30 m.



Rys. 7. Wycinek mapy pokładu 405/3 z zaznaczonym fragmentem utrzymywanego chodnika 20a

Fig. 7. Part of the 405/3 coal bed map with 20a roadway



Rys. 8. Profil wytrzymałościowy skał stropowych otworu penetrometrycznego $G_p - 43/07$

Fig. 8. Strength profile of roof rocks from the penetroborehole $G_p - 43/07$

Wytrzymałość na ściskanie skał stropowych w rejonie utrzymywanego chodnika 20a w pokładzie 405/3 określono na podstawie następujących otworów penetrometrycznych:

- $G_p - 13/01$, gdzie $R_c = 41,72$ MPa,
- $G_p - 41/07$, gdzie $R_c = 39,40$ MPa,
- $G_p - 43/07$, gdzie $R_c = 40,10$ MPa, (rys. 8).

Wytrzymałość na ściskanie skał spągowych chodnika 20a określono na podstawie badań penetrometrycznych wykonanych w otworze $G_p - 41a/07$, gdzie $R_c = 24,62$ MPa.

Wytrzymałość na ściskanie pokładu 405/3 wynosiła $R_{cw} = 13,5$ MPa.

Uwzględniając warunki geologiczno-górniczne chodnik 20a w pokładzie 405/3 zaprojektowano w obudowie podporowej podatnej ŁP10/V32/3/A ze stali 25G2 w rozstawie drzwi obudowy co 0,75 m.

2.4. Chodnik 5a w pokładzie 4081

Chodnik 5a w pokładzie 408/1 został zaprojektowany jako chodnik nadścianowy dla ściany nr 5 w pokładzie 408/1, spełniając funkcję chodnika wentylacyjno-transportowego. Utrzymanie chodnika 5a w jednostronnym otoczeniu zrobami zawałowymi pozwoliło na odprowadzenie zużytego powietrza za front ściany, co wiązało się bezpośrednio z niedopuszczeniem do niebezpiecznych koncentracji metanu na skrzyżowaniu ściana-chodnik nadścianowy. Chodnik 5a w pokładzie 408/1 został zaprojektowany w warunkach II kategorii zagrożenia metanowego oraz klasy B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego. Pokład 408/1 w rejonie ściany nr 5 był pokładem nietapiającym. Metanowość bezwzględna w trakcie biegu ściany nr 5 w pokładzie 408/1 zawierała się w przedziale od 12–28 m³CH₄/min, co tym samym potwierdziło słuszność podjęcia decyzji o utrzymaniu przedmiotowego chodnika za frontem ściany. Ponadto w chodniku 5a na bieżąco prowadzone było odmetanowanie górotworu.

Chodnik 5a w pokładzie 408/1 został wykonany na głębokości około 730 m. Grubość pokładu 408/1 wynosiła od 1,4 m do 1,9 m, a jego nachylenie od 15° do 20°.

Chodnik 5a został zaprojektowany w bardzo niekorzystnych warunkach geologiczno-górnicznych w zasięgu wpływu krawędzi pokładów wyżej leżących, których odległości pionowe do pokładu 408/1 przedstawiały się następująco:

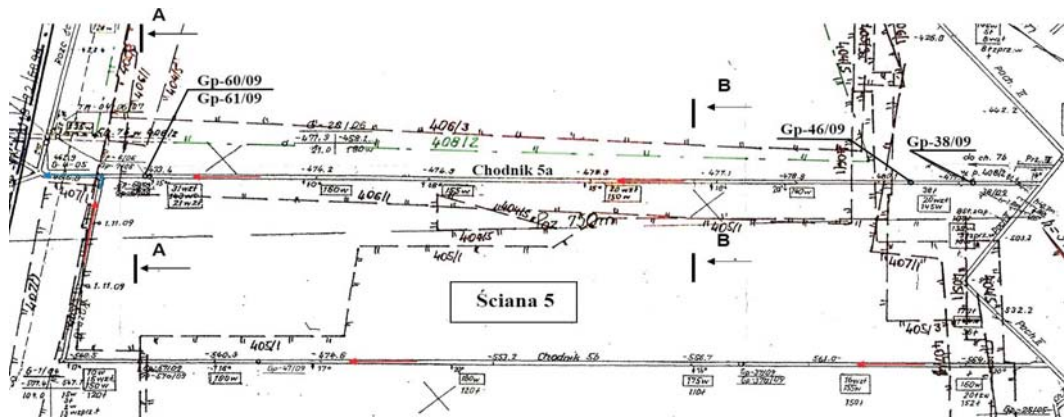
- pokład 405/3 w odległości pionowej około 100 m,
- pokład 406/1 w odległości pionowej około 80 m,
- pokład 406/3 w odległości pionowej około 50 m,
- pokład 407/1 w odległości pionowej około 25 m.

Dodatkowo poniżej chodnika 5a został wyeksploatowany pokład 408/2 w odległości pionowej około 15 m.

Przebieg krawędzi pokładów wyżej i niżej leżących względem chodnika 5a w pokładzie 408/1 przedstawiono na rysunkach 9, 10 i 11.

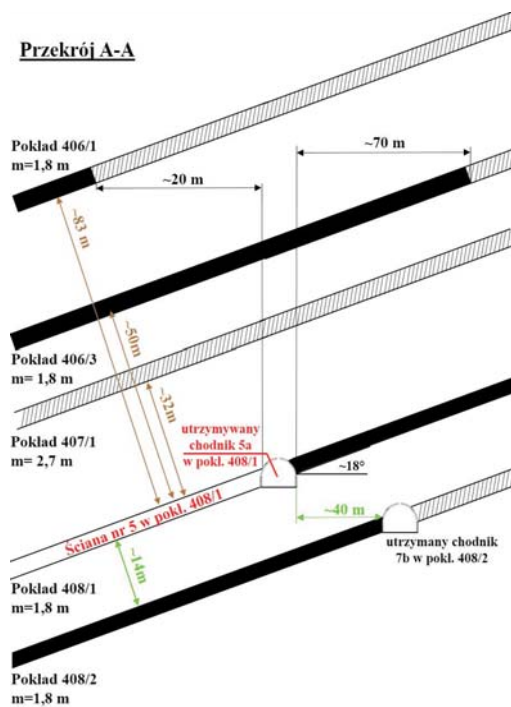
Podczas drążenia chodnika 5a w pokładzie 408/1 wykonano badanie wytrzymałości na ściskanie skał stropowych i spągowych przy użyciu hydraulicznego penetrometru otworowego. W stropie przedmiotowego chodnika wykonano następujące otwory penetrometryczne:

- $G_p - 38/09$ w którym R_c wynosiło 25,02 MPa,
- $G_p - 46/09$ w którym R_c wynosiło 32,61 MPa,
- $G_p - 60/09$ w którym R_c wynosiło 35,39 MPa.



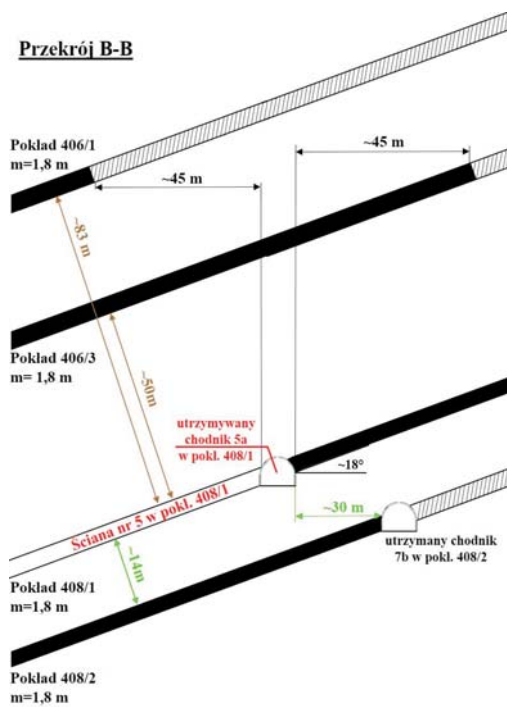
Rys. 9. Wycinek mapy pokładu 408/1 z naniesionym chodnikiem 5a

Fig. 9. Part of the 408/1 coal seam map with 5a roadway



Rys. 10. Przekrój A-A rejonu chodnika 5a w pokładzie 408/1 wraz z zaszcłociami eksploatacyjnymi

Fig. 10. A-A section of 5a roadway in 408/1 coal seam area including former mining area



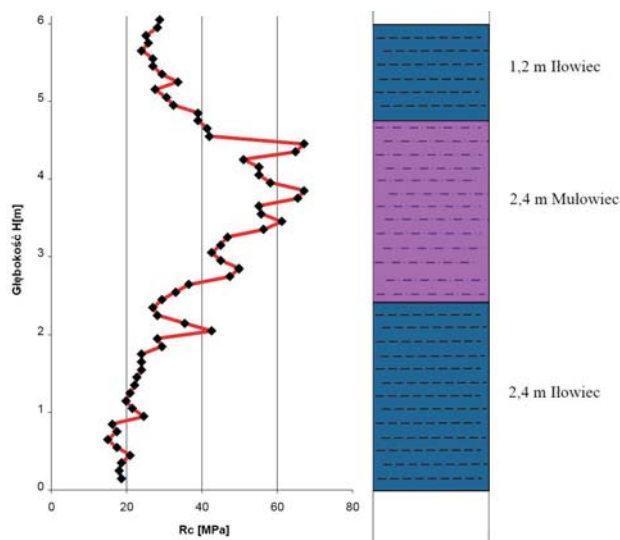
Rys. 11. Przekrój B-B rejonu chodnika 5a w pokładzie 408/1 wraz z zaszcłociami eksploatacyjnymi

Fig. 11. B-B section of 5a roadway in 408/1 coal seam area including former mining area

W chodniku 5a wykonano również badanie wytrzymałości na ściskanie skał spagowych w otworze $G_p - 61/09$, gdzie R_c wynosiło 40,88 MPa.

Wytrzymałość na ściskanie pokładu 408/1 wynosiła $R_{cW} = 11,5$ MPa.

Rozmieszczenie powyższych otworów penetrometrycznych w chodniku 5a w pokładzie 408/1 przedstawiono na rysunku 9, natomiast profil wytrzymałościowy przykładowego otworu $G_p - 60/09$ na rysunku 12.



Rys. 12. Profil wytrzymałościowy skał stropowych otworu penetrometrycznego $G_p - 60/09$

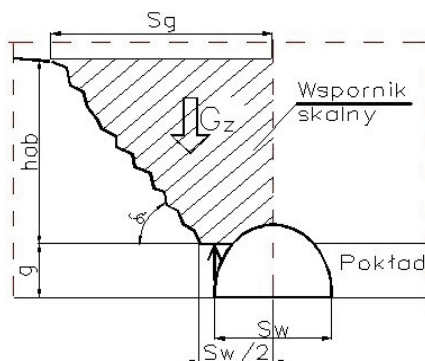
Fig. 12. Strength profile of roof rocks from the penetrometer borehole $G_p - 60/09$

Analiza warunków geologiczno-górnictwowych w rejonie chodnika 5a w pokładzie 408/1, zwłaszcza z uwzględnieniem krawędzi pokładów 406/3 i 408/2, a także prowadzenie badań wytrzymałościowych górotworu w otoczeniu chodnika 5a, jak również w otoczeniu chodnika 5b w pokładzie 408/1 (otwory $G_p - 37/09$, $G_p - 37a/09$, $G_p - 47/09$, $G_p - 57/09$ i $G_p - 57a/09$ – rys. 9), pozwoliło zaprojektować chodnik 5a w obudowie podporowej ŁP/10/V32/3/A ze stali 25G2 w rozstawie odrzwi obudowy co 0,75 m.

3. Projekt układu podporowo-kotwiowego dla utrzymania chodników za frontem ściany

Projekt układu podporowo-kotwiowego, mający za zadanie utrzymanie poszczególnych chodników za frontem ściany w jednostronnym otoczeniu zrobów – zapewnienie stateczności ich obudowy, a tym samym zapewnienie odpowiedniego przekroju poprzecznego wymaganego stosownymi przepisami – opierał się na określeniu całkowitego ciężaru skał działających na obudowę chodnika za frontem ściany oraz na założeniu ograniczenia (skrócenia) długości wspornika skalnego działającego na obudowę chodnika (Korzeniowski i Niełacny 2010; Rak 2011).

Przy projektowaniu utrzymania opisanych w punkcie 3 chodników przyścianowych za frontem ściany przyjęto założenie, że układ podporowo-kotwiowy ma za zadanie podparcie wspornika (półki skalnej) z równoczesnym zapewnieniem równej linii odłamu warstw stropowych, a tym samym wytworzenie stanu równowagi zbliżonego do stanu poprzedniego, tj. przed wybraniem pokładu węgla (Matuszewski i in. 2006), co obrazuje rysunek 13 oraz przedstawione niżej zależności.



Rys. 13. Schemat do obliczenia wymaganej podporności łamacza górniczego (Wardas i in. 2013)

Fig. 13. Scheme for calculating the required load capacity of breaker (Wardas et al. 2013)

Wysokość zawału można określić następującą zależnością (Chudek 2002):

$$h_{ob} = \frac{g}{k_r - 1} \quad (1)$$

gdzie:

- g – grubość pokładu,
- k_r – współczynnik rozluźnienia skał.

W uproszczeniu podpora powinna przejąć ciężar zastępczy wspornika, którego wielkość określa się zależnością:

$$G_z = \frac{S_g + S_d}{2} \cdot h_{ob} \cdot d_p \cdot s_b \cdot \gamma_{sr} - N_w \quad (2)$$

gdzie:

- S_g – szerokość górna wspornika,
- S_d – szerokość dolna wspornika,
- h_{ob} – wysokość obwałowania (zawału),
- s_b – współczynnik bezpieczeństwa,
- γ_{sr} – ciężar objętościowy skał stropowych,
- d_p – rozstaw podpór,
- N_w – nośność wspornika.

Zgodnie z rysunkiem 13 szerokość górnego i dolnego wspornika wynosi:

$$S_d = \frac{S_w}{2} + h_{ob} \cdot \text{ctg } \alpha \quad (3)$$

$$S_d = \frac{S_w}{2} \quad (4)$$

gdzie:

- S_w – szerokość wyrobiska w wyłomie,
- h_{ob} – wysokość obwału (zawału),
- α – kąt linii zawału warstw stopowych uwzględniający nachylenie warstw skalnych.

Wówczas, aby przyjęty układ podporowo-kotwiowy za frontem ściany zapewnił stateczność obudowy utrzymywanego chodnika, musi zostać spełniony następujący warunek:

$$G_p > G_z \quad (5)$$

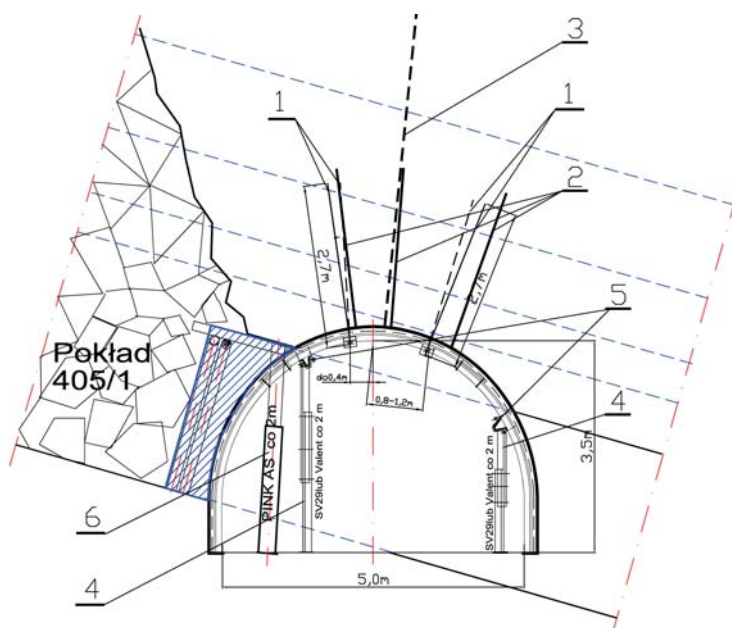
gdzie:

- G_p – podporność zaprojektowanego układu podporowo-kotwiowego za frontem ściany,
- G_z – zastępczy ciężar wspornika skalnego.

3.1. Chodnik 23b w pokładzie 405/1

Wzmocnienie obudowy chodnika 23b w pokładzie 405/1 dla jego utrzymania za frontem ściany realizowane było dwuetapowo, tzn. kotwie prętowe i strunowe instalowane były w górotworze z wyprzedzeniem minimum 160 m przed frontem ściany, natomiast układ podporowy w postaci stojaków stalowych oraz stojaków typu PINK-AS budowany był bezpośrednio za frontem ściany – rysunek 14 i 15 (Matuszewski i in. 2006).

Kotwienie chodnika 23b obejmowało zabudowę dwóch par kotwi prętowych o długości 2,7 m dla przykotwienia odrzwi obudowy podporowej chodnika, zabudowę trzech kotwi prętowych o długości 2,7 m instalowanych co drugie pole obudowy oraz zabudowę jednej kotwi strunowej o długości 5 m instalowanej w górotworze co drugie pole obudowy.



Rys. 14. Schemat podporowo-kotwiowy dla utrzymania chodnika 23b w pokładzie 405/1 za frontem ściany (Matuszewski i in. 2006)

1 – dwie pary kotwi, 2 – trzy kotwy budowane co drugie pole, 3 – kotew strunowa,
4 – stojaki podporowe co 2 m, 5 – podciągi stalowe, 6 – stojaki typu PINK-AS

Fig. 14. Scheme of stand and roof bolting system for maintenance of 23b roadway in 405/1 coal seam behind the longwall face (Matuszewski et al. 2006)

1 – two pairs of bolts, 2 – three bolts installed every second field, 3 – cable bolt,
4 – props every 2 meters, 5 – steel bining joist, 6 – PINK-AS props



Rys. 15. Widok chodnika 23b w pokładzie 405/1 za frontem ściany

Fig. 15. View of 23b roadway in 405/1 coal seam behind the longwall face

3.2. Chodnik 7b w pokładzie 408/2

Dla utrzymania chodnika podścianowego 7b w pokładzie 408/2 za frontem ściany zaprojektowano układ podporowo-kotwiowy, który zakładał prowadzenie wzmocnienia górotworu przez jego wysokie i niskie kotwienie z wyprzedzeniem minimum 100 m przed frontem ściany, natomiast zabudowę podpór realizowano bezpośrednio za frontem ściany.

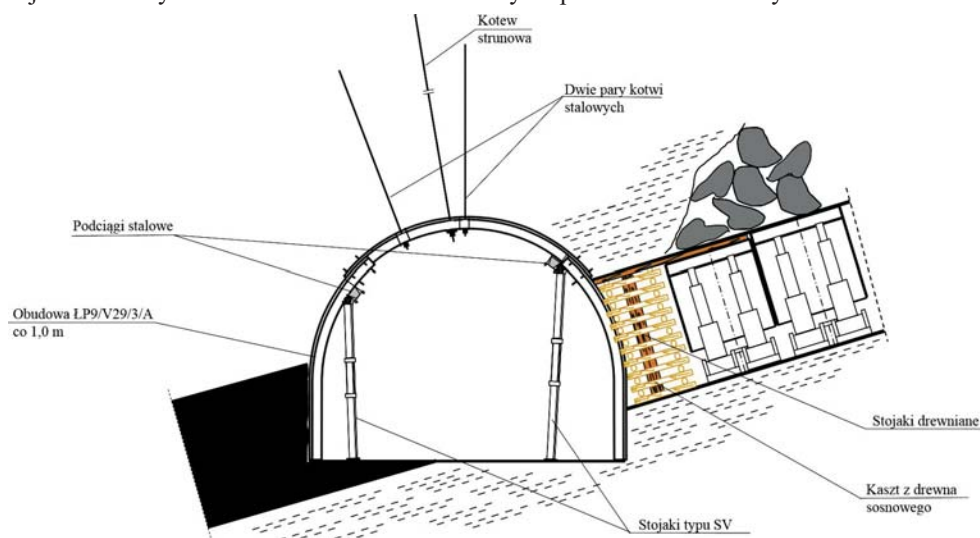
Niskie kotwienie warstw stropowych chodnika 7b obejmowało instalację dwóch par kotwi prętowych na każde odrzwia obudowy podporowej o długości nie mniejszej niż 2,7 m i średnicy \varnothing 20–22 mm, których nośność wynosiła 120 kN. Przykotwienie obudowy chodnika 7b w pokładzie 408/2 na skrzyżowaniu ze ścianą pozwalało na wybudowę łuków ociosowych obudowy podporowej chodnika dla zapewnienia cyklu technologicznego z wyłączeniem zabudowy dodatkowych podpór na przedmiotowym skrzyżowaniu.

Wysokie kotwienie górotworu realizowano przez zabudowę kotwi strunowych między odrzwiami obudowy podporowej chodnika 7b, których długość wynosiła 5 m, średnica \varnothing 20 mm, a ich nośność 280 kN.

Zabudowę podpór prowadzono bezpośrednio za frontem ściany pod uprzednio zabudowane podciągi stalowe z kształtowników typu V29 mocowanych do każdego odrzwia obudowy przy użyciu łączników kątowych, które to podciągi wyprzedzały front ściany około 40–60 m. Podpory stanowiły stojaki stalowe cierne typu SV29 budowane od strony ściany w rozstawie co 1,0 m, natomiast po przeciwnym ociosie co 2,0 m.

Podbudowę wspornika skalnego w dolnej wnęce ściany nr 7 w pokładzie 408/2 prowadzono przez zabudowę dwóch rzędów stojaków drewnianych ustawianych co 0,75 m oraz przez zabudowę kasztów drewnianych z okrągłaków sosnowych – kaszty te budowano co 1,0 m.

Schemat układu podporowo-kotwiowego dla utrzymania chodnika 7b w pokładzie 408/2 w jednostronnym otoczeniu zrobami zawałowymi przedstawiono na rysunku 16.



Rys. 16. Schemat podporowo-kotwiowy dla utrzymania chodnika 7b w pokładzie 408/2 za frontem ściany

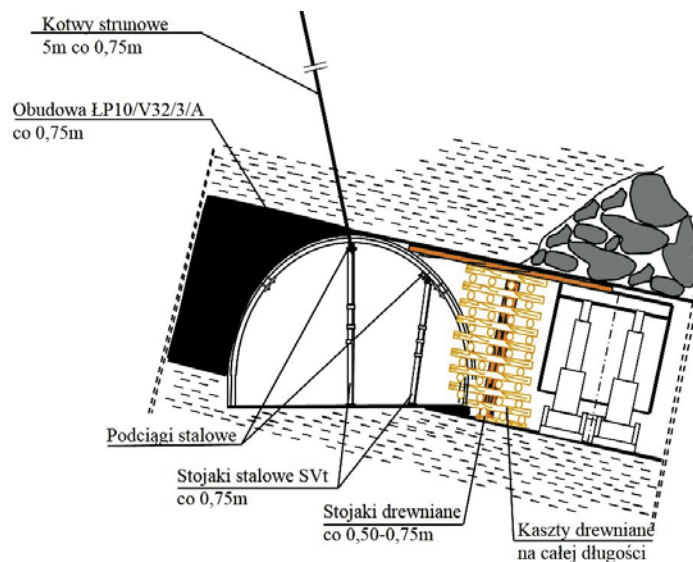
Fig. 16. Scheme of stand and roof bolting system for maintenance of 7b roadway in 408/2 coal seam behind the longwall face

3.3. Chodnik 20a w pokładzie 405/3

Wzmocnienie obudowy chodnika 20a w pokładzie 405/3 zaprojektowano dwuetapowo – w zasięgu wpływu krawędzi pokładu 405/1 i poza jej wpływem.

W rejonie wpływu krawędzi pokładu 405/1 układ podporowo-kotwiowy, mający za zadanie przyjęcie obciążenia za frontem ściany nr 20 w pokładzie 405/3, składał się z podpór stalowych w postaci stojaków SVt budowanych pod uprzednio zabudowane podciągi stalowe z kształtownika V29 lub V32 mocowane łącznikami kątowymi do każdej odzwi obudowy. Stojaki SVt od strony ściany budowano w rozstawie co 0,75 m i z wyprzedzeniem 60 m przed frontem ściany, natomiast stojaki SVt budowano od strony calizny co 0,75 m w osi chodnika z wyprzedzeniem 10 m przed frontem ściany. Podporę wspornika skalnego w górnej wnęce ściany nr 20 w pokładzie 405/3 stanowiły dwa rzędy stojaków drewnianych budowanych od 0,5–0,75 m oraz kaszty z okrągłaków sosnowych budowanych obok siebie na styk. Warstwy stropowe chodnika 20a wzmocniano poprzez zabudowę kotwi strunowych o długości 5,0 m, średnicy \varnothing 20 mm i nośności 280 kN – kotwie strunowe instalowano w górotworze minimum 60 m przed frontem ściany między odzwiami obudowy chodnika w rozstawie co 0,75 m. Schemat układu podporowo-kotwiowego dla utrzymania chodnika 20a w pokładzie 405/3 za frontem ściany w rejonie wpływu krawędzi pokładu przedstawia rysunek 17.

Poza rejonem wpływu krawędzi pokładu 405/1 w miejsce kotwi strunowych zastosowano parę kotwi stalowych o długości 2,7 m, średnicy \varnothing 20 mm i nośności 120 kN budowanych co 0,75 m, a w miejsce stojaków stalowych typu SVt budowanych w osi chodnika stojaki drewniane (rys. 18).



Rys. 17. Schemat układu podporowo-kotwiowego w chodniku 20a w pokładzie 405/3 w zasięgu wpływu krawędzi pokładu 405/1 (Wardas i in. 2013)

Fig. 17. Scheme of stand and roof bolting system in 20a roadway in 405/3 coal seam in range of 405/1 coal seam's edge impact (Wardas et al. 2013)



Rys. 18. Widok chodnika 20a w pokładzie 405/3 za frontem ściany poza rejonem zaszczości eksploatacyjnych

Fig. 18. View of the 20a roadway in 405/3 coal seam behind the longwall face out of range of former mining area

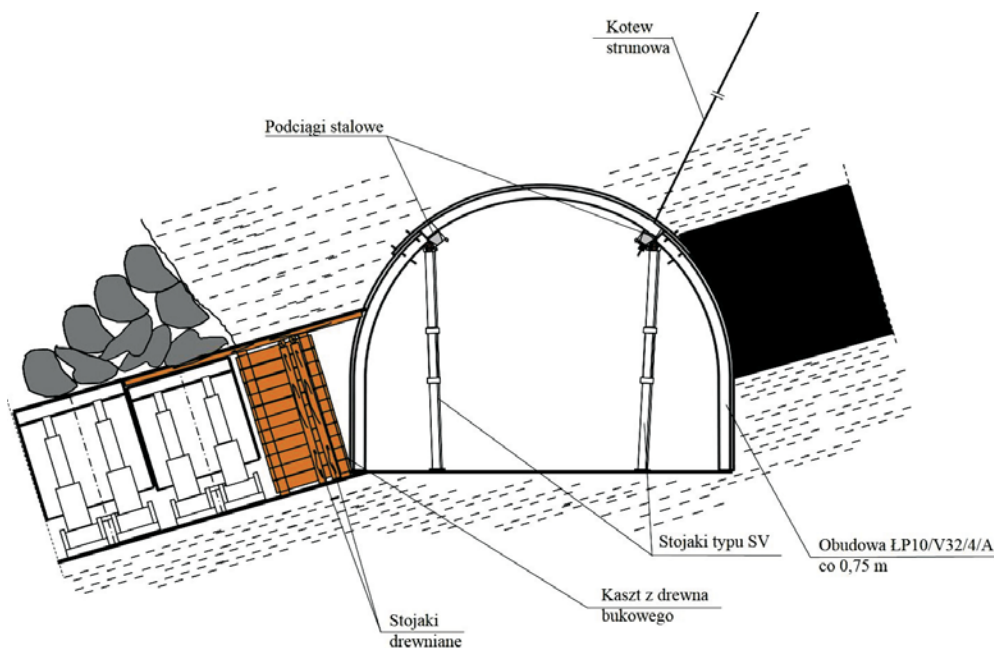
3.4. Chodnik 5a w pokładzie 408/1

Projekt układu podporowo-kotwiowego dla utrzymania chodnika 5a w pokładzie 408/1 za frontem ściany w jednostronnym otoczeniu zrobami zawałowymi zakładał wzmocnienie warstw stropowych kotwami strunowymi budowanymi między odrzwiami obudowy przez podciągi stalowe w rozstawie co 0,75 m, długości 7,0 m, średnicy \varnothing 22 mm i nośności 320 kN. Kotwy te były instalowane w górotworze z wyprzedzeniem 150 m przed frontem ściany.

Wyżej wspomniany projekt zakładał również zabudowę podpór stalowych w postaci stojaków typu SV budowanych co 0,75 m pod podciągi stalowe z kształtownika typu V32, które mocowano do każdego odrzwi obudowy łącznikami kątowymi. Stojaki stalowe od strony ociosu ścianowego budowano z wyprzedzeniem 60 m przed frontem ściany, natomiast po górnym ociosie stojaki budowano równo z frontem ściany.

W górnej wnęce ściany nr 5 w pokładzie 408/1 dla podparcia wspornika skalnego budowano kaszty z drewna bukowego ze specjalnie przystosowanych do tego celu elementów, gdzie odległość między sąsiednimi kasztami wynosiła około 0,75 m. Oprócz przedmiotowych kasztów górną wnękę wzmocniano dodatkowo przez zabudowę stojaków drewnianych co 0,75 m.

Schemat układu podporowo-kotwiowego dla utrzymania chodnika 5a w pokładzie 408/1 przedstawiono na rysunku 19.



Rys. 19. Schemat układu podporowo-kotwiowego w chodniku 5a w pokładzie 408/1

Fig. 19. Scheme of stand and roof bolting system in 5a roadway in 408/1 coal seam

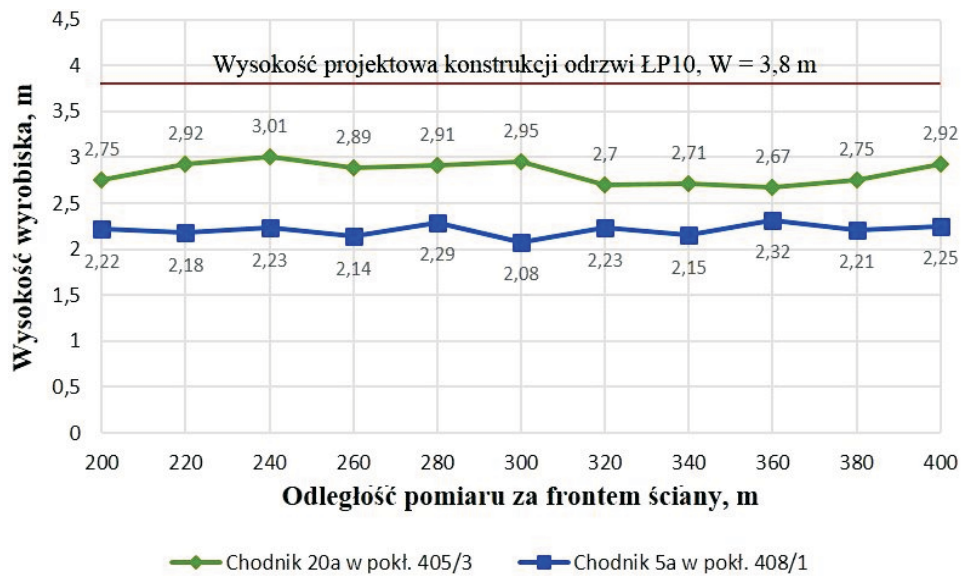
4. Porównanie wyników pomiaru konwergencji chodników

W trakcie biegu ściany nr 20 w pokładzie 405/3 oraz ściany nr 5 w pokładzie 408/1 prowadzono pomiary zaciskania pionowego i poziomego chodników nadścianowych 20a i 5a za frontem ściany, celem zdobycia doświadczeń w zakresie utrzymywania chodników w jednostronnym otoczeniu zrobami zawałowymi w warunkach górnictwo-geologicznych kopalni, jak również celem określenia trafności dobranego układu podporowo-kotwiowego przenoszącego obciążenie za frontem ściany.

Chodnik 20a w pokładzie 405/3 oraz chodnik 5a w pokładzie 408/1 wykonano odpowiednio w obudowie podporowej ŁP10/V32/3/A i w obudowie ŁP10/V32/4/A ze stali 25G2. Przedmiotowe chodniki wykonano w rozstawie odrzwi co 0,75 m.

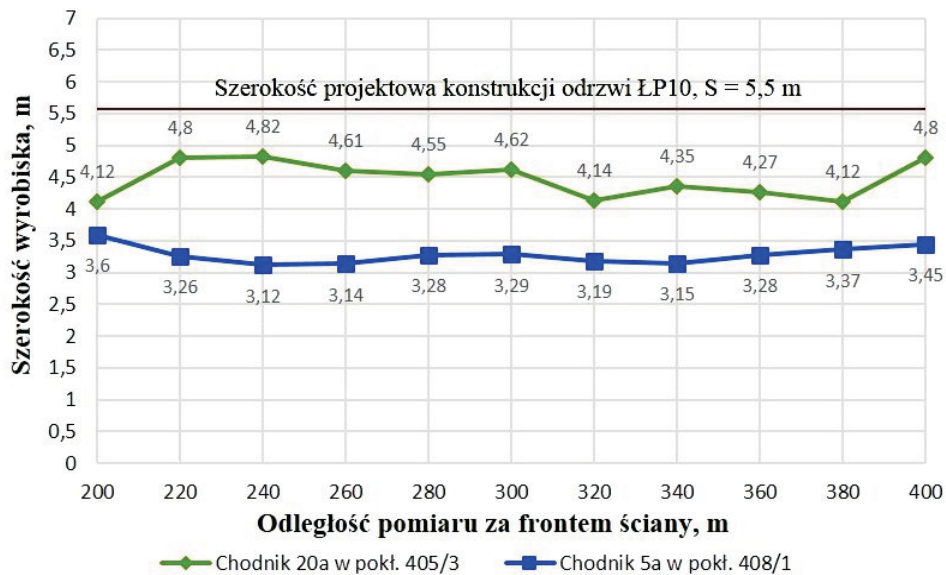
Z uwagi na zbliżone warunki techniczne oraz geologiczno-górnictwo chodników 20a i 5a (porównywalne parametry wytrzymałościowe górotworu, odpowiednio $G_p - 13/01 - R_c = 41,72$ MPa i $G_p - 60/09 - R_c = 35,39$ MPa oraz zbliżone głębokości zalegania chodników, odpowiednio 800 m i 730 m) przeprowadzono porównanie wysokości oraz szerokości (rys. 20 i 21).

Pomiary wysokości oraz szerokości chodników przeprowadzono w odległości od 200 m do 400 m za frontem ściany – w chodniku 20a na jego odcinku od 1160 m do 1360 m, w chodniku 5a na odcinku od 760 m do 960 m. Chodnik 20a w przedstawionym wyżej odcinku znalazł się w zasięgu wpływu krawędzi pokładu 405/1 (rys. 7), natomiast chodnik 5a



Rys. 20. Porównanie wysokości chodnika 20a w pokładzie 405/3 i chodnika 5a w pokładzie 408/1 za frontem ściany

Fig. 20. Comparison of the height of 20a roadway in 405/3 coal seam and 5a roadway in 408/1 coal seam behind the longwall face



Rys. 21. Porównanie szerokości chodnika 20a w pokładzie 405/3 i chodnika 5a w pokładzie 408/1 za frontem ściany

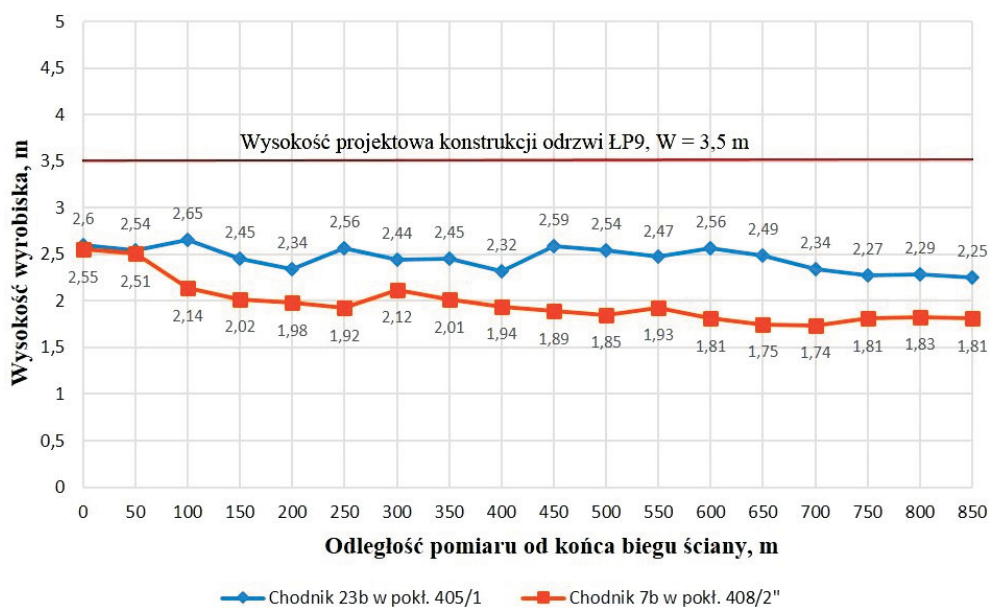
Fig. 21. Comparison of the width of 20a roadway in 405/3 coal seam and 5a roadway in 408/1 coal seam behind the longwall face

znalazł się w rejonie wpływów krawędzi pokładów wyżej leżących 406/3 i 406/1 oraz pokładu niżej leżącego 408/2 – rysunki 9 oraz 11.

Podobne porównanie wykonanych pomiarów konwergencji (wysokości oraz szerokości) można przeprowadzić dla chodników przyścianowych 23b w pokładzie 405/1 i 7b w pokładzie 408/2, których obudowę stanowiła obudowa podporowa otwarta ŁP9/V29/3/A ze stali 25G2 w rozstawie odrzwi co 1,0 m. Powyższe chodniki zostały wykonane w porównywalnych parametrach wytrzymałościowych skał otaczających – chodnik 23b w otoczeniu skał o wytrzymałości na ściskanie od 29,39–36,77 MPa, natomiast chodnik 7b od 26,77–37,86 MPa. Chodniki te również zostały wydrążone na zbliżonych głębokościach lokalizacji, tj. chodnik 23b na głębokości od 760 m do 780 m, a chodnik 7b na głębokości około 730 m.

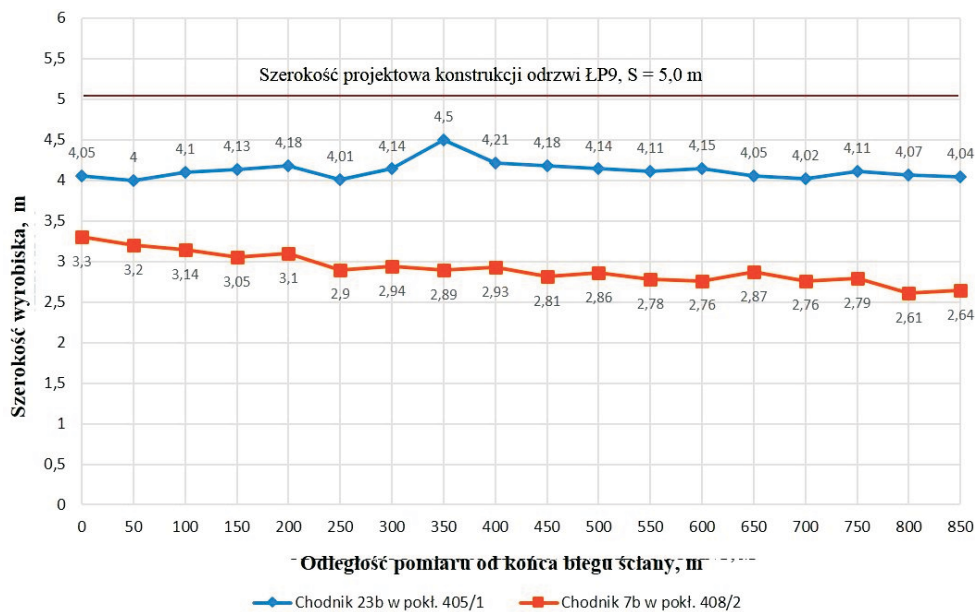
Pomiary wysokości oraz szerokości chodnika 23b prowadzono na bieżąco za frontem ściany na odcinku nie przekraczającym 50 m, gdyż chodnik na tym odcinku był przewietrzany za pomocą wentylacji odrębnej, a następnie izolowany przez zabudowę korków izolacyjnych. Końcową ocenę chodnika 23b przeprowadzono w trakcie podjęcia robót związanych z jego przygotowaniem jako chodnika nadścianowego (wentylacyjno-transportowego) dla ściany nr 24 w pokładzie 405/1 (Matuszewski i in. 2006).

Pomiary konwergencji w chodniku 7b w pokładzie 408/2 prowadzono na bieżąco za frontem ściany, aż do ostatecznego czasu jego użytkowania za frontem ściany dla odprówdzenia zużytego prądu powietrza – ostatnie 50 m biegu ściany nr 7 w pokładzie 408/2 prowadzono z likwidacją chodnika 7b za frontem ściany.



Rys. 22. Porównanie wysokości chodnika 23b w pokładzie 405/1 i chodnika 7b w pokładzie 408/2 za frontem ściany

Fig. 22. Comparison of the height of 23b roadway in 405/1 coal seam and 7b roadway in 408/2 coal seam behind the longwall face



Rys. 23. Porównanie szerokości chodnika 23b w pokładzie 405/1 i chodnika 7b w pokładzie 408/2 za frontem ściany

Fig. 23. Comparison of the width of 23b roadway in 405/1 coal seam and 7b roadway in 408/2 coal seam behind the longwall face

Na rysunkach 22 i 23 przedstawiono porównanie pomiarów konwergencji chodnika 23b w pokładzie 405/1 i chodnika 7b w pokładzie 408/2 na odcinku 850 m. Porównanie obejmuje odcinek chodnika 23b od 75 m do 925 m (rys. 3) oraz odcinek chodnika 7b od 250 m do 1100 m (rys. 5). Poniższe pomiary przeprowadzono w chodniku 23b przed rozpoczęciem pobierki spągu dla uruchomienia zbrojenia ściany nr 24, a w chodniku 7b bezpośrednio przed przystąpieniem do likwidacji przedmiotowego chodnika za frontem ściany.

5. Analiza wyników pomiarów konwergencji chodników

Przedstawione porównanie pomiarów wysokości oraz szerokości poszczególnych chodników przyścianowych utrzymywanych w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnicznych kopalni „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów pozwala stwierdzić, że utrzymywanie chodników przyścianowych za frontem ściany w rejonie wpływów podłużnych krawędzi pokładów – utrzymywanie chodnika pod obszarem nieodprężonym – obejmujących swym zasięgiem znaczny odcinek wyrobiska, może być przyczyną znacznego zaciskania pionowego i poziomego przedmiotowego chodnika, a także niejednokrotnie może prowadzić do ograniczenia, bądź spowolnienia biegu ściany.

Przykładem takich wyrobisk spełniających powyższe stwierdzenia są chodniki 7b w pokładzie 408/2 i 5a w pokładzie 408/1, w których znaczna koncentracja naprężeń za frontem ściany wynikająca z wpływu zaszłości eksploatacyjnych, była przyczyną ogromnych

trudności w zapewnieniu stateczności obudowy tychże chodników za frontem ściany, a tym samym zapewnienia prowadzenia bezpiecznej eksploatacji pokładów węgla w warunkach zagrożenia metanowego. Dla przykładu zmiana wysokości oraz szerokości chodnika 7b w pokładzie 408/2 wykonanego w obudowie ŁP9/V29/3/A w rozstawie odrzwi co 1,0 m wyniosło odpowiednio od 27% do nawet 50% wysokości początkowej obudowy i od 34% do nawet 48% szerokości początkowej obudowy. W chodniku 23b w pokładzie 405/1 wykonanego również w obudowie ŁP9/V29/3/A co 1,0 m i utrzymywanego jednakże pod obszarem odprężonym, zmiana wysokości wyniosła od 24 do 36% wysokości początkowej, a zmiana szerokości od 10 do 20% szerokości początkowej obudowy. Chodnik ten został ponownie wykorzystany jako chodnik wentylacyjno-transportowy dla kolejnej ściany w tym pokładzie – rysunek 24 (Matuszewski i in. 2006).



Rys. 24. Widok chodnika 23b w pokładzie 405/1 po wykonanej pobierze spągu przed wybieraniem kolejnej ściany (Matuszewski i in. 2006)

Fig. 24. View of the 23b roadway in 405/1 coal seam after dinting before the next longwall exploitation (Matuszewski et al. 2006)

W chodniku 5a w pokładzie 408/1, którego utrzymywanie za frontem ściany prowadzono w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych (wpływ podłużnych krawędzi pokładów 406/3 i 408/2) podyktowane było koniecznością odprowadzania zużytego powietrza za front ściany w celu ograniczenia zagrożenia metanowego. Zmiana wysokości przedmiotowego chodnika na odcinku 200 m wyniosła (chodnik wykonano w obudowie ŁP10/V32/4/A co 0,75 m) od 39 do 45% wysokości początkowej, natomiast zmiana szerokości kształtowała się w przedziale od 34 do 43% jego szerokości początkowej.

Obciążenia obudowy podporowej chodnika 5a za frontem ściany z kierunku wpływu podłużnej krawędzi pokładu 406/3 objawiały się znacznymi deformacjami obudowy

(rys. 25), deformacjami zabudowanych stojaków typu SV, pękaniem śrub w strzemionach, pękaniem rozpor rurowych, a nawet ścięciem łuku ociosowego – rysunek 26.



Rys. 25. Widok zdeformowanego łuku ociosowego w chodniku 5a w pokładzie 408/1

Fig. 25. View of the deformed side section of steel arch in 5a roadway in 408/1 coal seam



Rys. 26. Widok ściętego łuku ociosowego w chodniku 5a w pokładzie 408/1

Fig. 26. View of the cut side section of steel arch in 5a roadway in 408/1 coal seam

W chodniku 5a w pokładzie 408/1 wystąpiły również dodatkowe trudności w zabudowie kasztów z elementów z drewna bukowego, które stanowiły część układu podporowo-kotwiowego za frontem ściany. Trudności wynikały ze znacznego nachylenia pokładu 408/1, a tym samym górnej wnęki ściany nr 5 w pokładzie 408/1 (ok. 20°), w której zabudowa kasztu pod tak znacznym kątem była dużym problemem, zwłaszcza z uzyskaniem ich właściwej podporności. Korzystniejsze w takich warunkach wydaje się stosowanie podpór w postaci stojaków PINK-AS, bądź stosowanie stojaków podporowych o wysokiej nośności powyżej 1000 kN typu SPV29 (Głuch i Giza 2011). Ponadto zastosowanie takiego rozwiązania może przynieść znaczne oszczędności i ułatwienia w zakresie prowadzonego transportu do miejsca ich zabudowy w porównaniu do wykonania transportu elementów kasztów z drewna bukowego, bądź dębowego.

W przedmiotowym chodniku zaobserwowano również pękanie tulei kotwi strunowych instalowanych w stropie chodnika, co mogło świadczyć o nieprawidłowej ich pracy (Głuch i Ratajczak 2013). W celu ograniczenia tego niepożądanego zjawiska budowano podwójne nakrętki na tulejach kotwi.

Natomiast chodnik 20a w pokładzie 405/3, który spełnił oczekiwania kopalni, wykonano w obudowie LP10/V32/3/A w rozstawie odrzwi również co 0,75 m w warunkach zagrożenia tapaniami (na etapie utrzymywania chodnika zarejestrowano 13 wstrząsów górotworu o energiach od $8,6 \cdot 10^2$ J do $3,0 \cdot 10^5$ J) oraz w zasięgu wpływów krawędzi podłużnych 405/1 oraz 403/1 pod obszarem nieodprężonym. Wpływ krawędzi 405/1 obejmował około 140 m utrzymywanego chodnika, a wpływ krawędzi pokładu 403/1 pominięto ze względu na znaczną odległość (ponad 130 m), czego słuszność potwierdziły pomiary wysokości i szerokości chodnika 20a. Przeprowadzone pomiary konwergencji chodnika 20a za frontem ściany wykazały zmianę jego wysokości w stosunku do wysokości początkowej od 21 do 29%, a jego szerokości w odniesieniu do szerokości początkowej od 12 do 25%, co potwierdziło trafność doboru układu podporowo-kotwiowego za frontem ściany.

Podsumowanie i wnioski

Prowadzenie eksploatacji pokładów węgla w polskich kopalniach na coraz większych głębokościach związane jest bezpośrednio ze wzrostem zagrożeń naturalnych, a zwłaszcza ze wzrostem zagrożenia metanowego oraz zagrożenia tapaniami. Wzrost zagrożenia metanowego wymusza, oprócz stosowanego powszechnie odmetanowania, zmianę systemu przewietrzania wyrobisk ścianowych w celu niedopuszczenia do niebezpiecznych koncentracji metanu, co wiąże się niejednokrotnie z koniecznością utrzymywania chodników za frontem ściany.

Dużym utrudnieniem w zakresie utrzymywania chodników za frontem ściany jest ich utrzymywanie w warunkach zagrożeń skojarzonych – metanowego i tapaniami – gdzie zagrożenie tapaniami wymaga ograniczenia liczby pracowników w rejonach niebezpiecznych (strefach szczególnego zagrożenia tapaniami), które z reguły obejmują odcinki chodników przyścianowych w rejonie ściany, natomiast utrzymanie wyrobiska za frontem ściany wymaga zatrudnienia większej liczby pracowników w odniesieniu do tradycyjnego prowadzenia ściany z likwidacją chodników przyścianowych. Przykładem takich utrudnień, w przypadku kopalni „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów, był chodnik 20a w pokładzie

405/3, prowadzony w warunkach zagrożenia metanowego i zagrożenia tąpnięciami. Zapewnienie odpowiednich gabarytów za frontem ściany dla odprowadzenia zużytego prądu powietrza wymagało zabudowy dodatkowych podpór dla przeniesienia obciążenia (stojaki stalowe, kaszty drewniane) oraz prowadzenia pobierki spągu. Pojawiające się wysokoenergetyczne wstrząsy górotworu na etapie utrzymywania chodnika 20a za frontem ściany, spowodowały ograniczenie liczby zatrudnionej załogi przy utrzymaniu przedmiotowego chodnika do niezbędnego minimum na zmianach wydobywczych, a zintensyfikowanie prac związanych z jego utrzymaniem na zmianie konserwacyjnej.

Ważnym aspektem na etapie projektowania (wyboru) chodnika przyścianowego do jego utrzymania jest bardzo dokładne określenie wpływu zaszułości eksploatacyjnych w rejonie utrzymywanego chodnika, właściwy dobór obudowy na etapie drażenia chodnika przewidzianego do utrzymania oraz dobór odpowiednich elementów układu podporowo-kotwiowego za frontem ściany adekwatnych do warunków geologiczno-górnictwowych. Przedstawione pomiary zaciskania poziomego oraz pionowego chodników 7b w pokładzie 408/2 oraz 5a w pokładzie 408/1 pozwalają przyjąć tezę, iż utrzymywanie chodników pod obszarem nieodprężonym w zasięgu wpływu równoległych krawędzi pokładów jest niezwykle trudne z uwagi na pojawiające się duże obciążenia obudowy utrzymywanego chodnika oraz na znaczne wypiętrzanie warstw spągowych.

Ponadto stosowane elementy układu podporowo-kotwiowego powinny uwzględniać możliwość ich zabudowy zgodną z ich dokumentacją w warunkach znacznego nachylenia wybieranego pokładu, co powinno być tematem przemyśleń oraz szukania nowych rozwiązań w zakresie zabudowy podpór wczesnopodporowych o wysokiej nośności w zróżnicowanych warunkach geologiczno-górnictwowych.

Literatura

- [1] Barton, R., Bywalec, E. i Głuch, P. 2000. Pierwsze doświadczenia ze stosowania stojaków podporowych PINK-AS do utrzymania chodników przyścianowych w jednostronnym otoczeniu zrobów w kopalni „Sośnica”. *Wiadomości Górnicze* 9, 406–413.
- [2] Chudek, M. 2002. *Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górnictwa i powierzchni terenu*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice.
- [3] Głuch, P. 2000. Sposób poprawy utrzymania chodników przyścianowych. *Wiadomości Górnicze* 10, 456–462.
- [4] Głuch, P. i Giza, D. 2011. Stojaki podporowe o wysokiej nośności. *Materiały konferencyjne: X Szkoła Geomechaniki*. Gliwice-Ustroń, 209–218.
- [5] Głuch, P. i Ratajczak, A. 2013. *Doświadczenia ze stosowania kotwi strunowych do wysokiego kotwienia górotworu*. Monografia CBiDGP Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego, Łędziny, 163–178.
- [6] Korzeniowski, W. i Nielacny, P. 2010. Metody i skuteczność wzmocnienia chodników przyścianowych w KWK „Ziemowit”. *Przegląd Górniczy* 5, 1–9.
- [7] Majcherczyk, T., Małkowski, P. i Niedbalski, Z. 2013. *Analiza utrzymania stateczności wyrobisk korytarzowych w długim okresie. Prewencja zagrożeń naturalnych*. Główny Instytut Górnictwa. Katowice, 282–294.
- [8] Matuszewski, J., Mąka, B., Głuch, P. 2006. Utrzymanie chodnika przyścianowego 23b w jednostronnym otoczeniu zrobów dla wybierania ściany 23 i 24 w pokładzie 405/1 w warunkach kopalni „Knurów”. *Materiały konferencyjne: Nowoczesne Technologie Górnicze*. Gliwice-Ustroń, 174–191.
- [9] Piechota, S. 2003. *Podstawowe zasady i technologie wybierania kopalni stałych*. Wydawnictwo PAN IGSMiE, Kraków.

- [10] Prusek, S. 2008. Metody prognozowania deformacji chodników przyścianowych w strefach wpływu eksploatacji z zawałem stropu. *Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnictwa* 874. Katowice.
- [11] Rak, Z. 2011. Utrzymanie wyrobisk przyścianowych za frontem eksploatacji w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych na przykładzie Kopalni LW „Bogdanka” S.A. – część I – przegląd technologii. *Przeгляд Górnictwa* 1–2, 33–42.
- [12] Rak, Z. 2011. Utrzymanie chodnika za ścianą w trudnych warunkach geologiczno-górnictwowych na przykładzie Kopalni LW „Bogdanka” S.A. – część II – doświadczenia ruchowe. *Przeгляд Górnictwa* 1–2, 43–50.
- [13] Wardas, A., Bobek, R., Śledź, T., Mąka, B., Ratajczak, A. i Głuch, P. 2013. Utrzymanie chodnika przyścianowego 20a w pokładzie 405/3 w warunkach zagrożeń naturalnych kopalni „Knurów-Szczygłowice” Ruch Knurów. *Górnictwo i Geologia* t. 8, z. 1. Gliwice, 125–139.

