



Deformacja wyrobiska przyścianowego w jednostronnym otoczeniu zrobów przed frontem drugiej ściany eksploatacyjnej

Deformation of longwall passages in one side gobs surroundings in front of another longwall

Dr inż. Łukasz Herezy*

Treść: W części teoretycznej pracy przedstawiono problematykę deformacji wyrobisk przyścianowych przed frontem eksploatawanej ściany i zwrócono uwagę na konieczność monitoringu górotworu w czasie rzeczywistym. W części praktycznej przedstawiono warunki geologiczno-górnictwa w rejonie prowadzonych badań *in-situ*, metodologię badań, ich wyniki oraz analizę. Dla poszczególnych parametrów wyznaczono równania opisujące charakterystyki ich zmian w stosunku do odległości od czoła ściany i rodzaju wzmocnienia wyrobiska od strony zrobów.

Abstract: The theoretical part presents deformation of roadway maintenance in front of the longwall and indicates the need for monitoring the rock mass in real time. The practical part presents mining and geological conditions in the area of in situ research, the survey methodology and the analysis of their results. Equations that describe the characteristics of their changes in relation to the distance from the front longwall and kind of strengthening of the roadway from the gobs were determined for individual parameters.

Słowa kluczowe:

konwergencja, utrzymanie wyrobisk, jednostronne otoczenie zrobów

Key words:

convergence, roadway maintenance, one side gobs surrounding

1. Wprowadzenie

W wyniku przesuwającego się frontu eksploatacyjnego, przed jego czołem powstaje ciśnienie eksploatacyjne. Wpływ na jego wartość ma prędkość postępu ściany, głębokość eksploatacji oraz wytrzymałość na ściskanie skał stropowych. Wartość ciśnienia eksploatacyjnego jest zmienna i zależy od odległości od czoła ściany. Przyjmuje się, iż zmienność wartości ciśnienia ma charakter falowy [1] i może nawet sześciokrotnie być większą od ciśnienia statycznego. Pod wpływem działania ciśnienia eksploatacyjnego i górotworu [3, 5] w wyrobisku ujawniają się deformacje. W zależności od lokalnie występujących warunków geologiczno-górnictwa są one mniej lub bardziej intensywne [3, 4, 5, 7].

Najczęściej mierzonymi parametrami opisującymi zachowanie się wyrobiska chodnikowego poddanego działaniom górotworu i ciśnienia eksploatacyjnego są konwergencja, wypiętrzenie spągu, zsuw elementów obudowy, jej obciążenie i zasięg górotworu odprężonego [3]. Wymienione parametry

mają bezpośredni wpływ na zastosowaną technologię eksploatacji i niejednokrotnie wymuszają wprowadzanie do niej dodatkowych elementów technologicznych, tj. np. pobierka spągu. Dodatkowe składowe procesu technologicznego przyczyniają się do spowolnienia frontu eksploatacyjnego oraz podniesienia kosztów wydobywania. W obecnej sytuacji na rynku węgla kamiennego, gdzie konieczne jest ograniczanie kosztów eksploatacji, niezwykle ważnym staje się monitoring górotworu [4, 6]. Na jego podstawie należy wypracować mechanizmy oceny deformacji wyrobisk w czasie rzeczywistym [4, 6], co pozwoli na dobór wzmocnień adekwatnych do lokalnych warunków panujących w danym wyrobisku.

2. Warunki górniczo-geologiczne w rejonie badań

Prace badawcze prowadzone były w kopalni „Bogdanka” w rejonie Nadrybie w polu VI w chodniku podścianowym 1/VI pełniącym funkcję chodnika nadścianowego ściany 2/VI/385. Wyrobisko zalegało na głębokości około 950 m pod powierzchnią ziemi w pokładzie 385/2 równoległe do rozciąg-

* AGH w Krakowie, Wydział Górnicztwa i Geoinżynierii, Katedra Górnicztwa Podziemnego

głości. Pole ścianowe charakteryzowało się wybiegiem około 2300 m i długością ściany około 250 m. Miąższość pokładu wzdłuż wyrobiska była zmienna i wahała się w granicach $1,33 \div 1,80$ m. Rejon pola ścianowego 2/VI/385 zaliczono do następujących zagrożeń naturalnych:

- I kategoria zagrożenia metanowego,
- I stopień zagrożenia wodnego,
- IV grupa zagrożenia pożarowego (samozapalności),
- klasa B zagrożenia wybuchem pyłu węglowego.

Sposób zabezpieczenia wyrobiska przed i za frontem pierwszej ściany (1/VI/385) opisano między innymi w [3, 2, 6]. Przed rozpoczęciem eksploatacji ściany 2/VI/385 wykonano na całej długości wyrobiska bierkę spągu, wymieniono uszkodzone elementy obudowy oraz dokonano częściowej przebudowy.

Pierwszy odcinek wybiegu ściany 2/VI/385 długości 550 znajdował się w dwustronnym otoczeniu calizny węglowej i nie był on przedmiotem badań. Ta część wyrobiska nadścianowego nosiła nazwę chodnika nadścianowego 2/VI. Drugi odcinek, będący przedłużeniem chodnika nadścianowego 2/VI o długości około 350 m, znajduje się w wyrobisku o nazwie chodnik podścianowy 1/VI, pełniący funkcję chodnika nadścianowego dla ściany 2/VI, został wzmocniony kasztem o wymiarach $1,2 \times 1,2$ i można uznać stan utrzymywany tego odcinka za bardzo dobry. W trzecim odcinku o długości 400 m podjęto próbę utrzymania chodnika z zastosowaniem kasztów o zmniejszonych wymiarach zewnętrznych. Dotychczasowy kaszt o wymiarach $1,2 \times 1,2$ m (wymiary wewnętrzne $0,9 \times 0,9$ m) zastąpiono kasztem o wymiarach $0,9 \times 0,9$ m (wymiary wewnętrzne $0,6 \times 0,6$ m). Przekrój poprzeczny kolumny spoiwa wypełniającej kaszt uległ zmniejszeniu z $0,81$ m² do $0,36$ m², czyli o ponad 50%. W trakcie tego doświadczenia pojawiły się pierwsze niepokojące oznaki w postaci prostowania stropnic obudowy łukowej. Deformacja obudowy chodnika postępowała stosunkowo szybko i objęła całą długość wyrobiska utrzymywanego z zastosowaniem kasztów o zmniejszonym przekroju poprzecznym. Pomimo zabudowy podciągu podpieranego w osi chodnika nie udało się zatrzymać postępującego procesu deformacji obudowy, lokalnie także pękania stropnic.

Kolejny odcinek o długości około 150 m wzmocniono kasztem o wymiarach $1,2 \times 1,2$ m, następny 100 m odcinek kasztem o wymiarach $0,9 \times 0,9$ m, ostatni 700 m odcinek był zabezpieczony kasztem $1,2 \times 1,2$ m. Na całej długości tych odcinków stan wyrobiska można uznać było za bardzo dobry. Odrzwia zachowywały kształt łukowy bez jakichkolwiek deformacji świadczących o ich asymetrycznym obciążeniu. Stopień zaciśnięcia obudowy zarówno w pionie, jak i poziomie był nieznaczny. Obserwowano wypiętrzenie spągu, które lokalnie osiągało nawet powyżej 1,5 m. Przy wysokości początkowej wyrobiska 4,6 m nie generowało to jednak

problemów ruchowych, a transport materiałów spalinową kolejką podwieszaną odbywał się bez zakłóceń. Podczas próby utrzymania chodnika przy zastosowaniu kasztu o mniejszych wymiarach (odcinek wyrobiska o długości około 100 m) nie zaobserwowano niepokojących objawów w postaci przeciążenia obudowy chodnika.

3. Stanowiska badawcze do określenia parametrów deformacyjnych wyrobiska przyścianowego w jednostronnym otoczeniu zrobów

W celu zebrania danych do kompleksowej oceny zachowania się chodnika podścianowego 1/VI/385, pełniącego funkcję chodnika podścianowego dla ściany 2/VI/385, wykonano pięć stanowisk badawczych. Posłużyły one do pomiarów skutków ruchów górotworu, tj. zmiany wysokości i szerokości chodnika w świetle obudowy, zmiany wysokości chodnika w wyłomie, przemieszczenia elementów obudowy, rozwoju nieciągłości skał stropowych w strefie skotwionej [3].

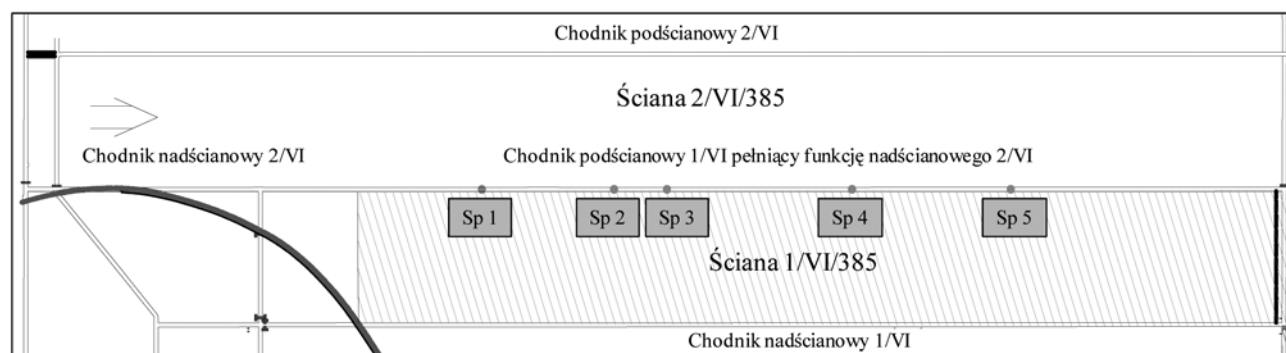
Na stanowisku badawczym na obudowie wykonano znaczniki w celu realizacji pomiarów przemieszczeń oraz konwergencji chodnika.

Stanowiskom badawczym przypisano numery porządkowe od 1 do 5. Lokalizacja stanowisk względem wybiegu ściany 2/VI/385 pokazano na (rys. 1):

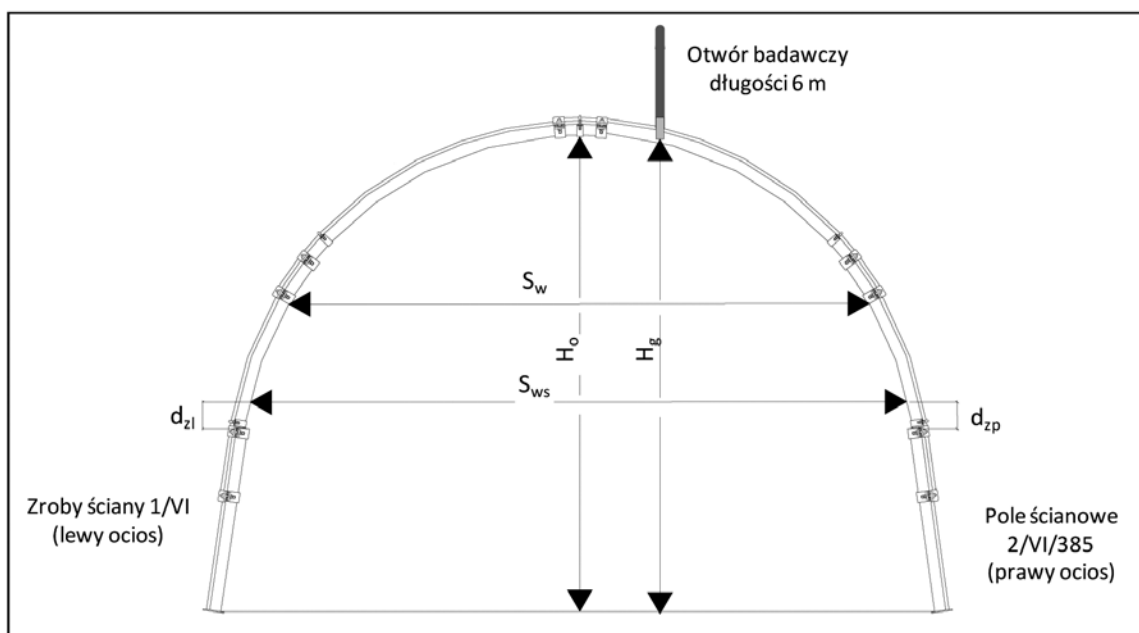
- Stanowisko pomiarowe nr 1 – 800 m (1500 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- Stanowisko pomiarowe nr 2 – 1050 m (1250 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- stanowisko pomiarowe nr 3 – 1150 m (1150 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- stanowisko pomiarowe nr 4 – 1500 m (800 m wybiegu ściany 1/VI/385);
- stanowisko pomiarowe nr 5 – 1800 m (500 m wybiegu ściany 1/VI/385).

Szerokość chodnika w świetle obudowy S_w mierzona była od łuku ociosowego do łuku ociosowego tuż pod strzemiem łączącym te dwa elementy obudowy (rys. 2). Miejsce to znajdowało się około 2,92 m od pierwotnego spągu chodnika. Dokonywano również pomiarów szerokości wyrobiska w odległości około 2,0 m od pierwotnego spągu chodnika. Pomiar ten nazywany będzie w dalszej części szerokością chodnika w świetle obudowy przy spągu S_{ws} .

Wysokość chodnika w świetle obudowy H_o mierzona była w osi chodnika od jego spągu do łuku stropnicowego (rys. 2). Wysokość w wyłomie H_g mierzona była od spągu chodnika do bazy pomiarowej w postaci rurki osadzonej w otworze badawczym.



Rys. 1. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych w chodniku podścianowym 1/VI pełniącym funkcję nadścianowego 2/VI
Fig. 1. Arrangement of research positions in relation to the panel length in the 1/VI main gate functioning as a tail gate



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia baz pomiarowych na stanowisku pomiarowym
Fig. 2. Scheme of the location of measuring base on measuring position

Szerokość, wysokość chodnika w świetle obudowy mierzona była w miejscu lokalizacji głównych stanowisk pomiarowych (Sp 1÷5), gdzie dokonywano wszystkich przewidzianych w badaniach pomiarów oraz na stanowiskach pomocniczych. Stanowiska dodatkowe oddalone były od głównych stanowisk pomiarowych o 10 m, 20 m i 30 m w kierunku przemieszczającego się frontu eksploatacyjnego.

Przemieszczenie się prostki ociosowej względem łuku ociosowego odzwierciedlone było zmianą odległości $d_{z(l;p)}$ znaczników wykonanych na łuku względem końca prostki (rys. 2). Mierzona odległość baz pomiarowych oznaczono symbolem d_{zp} (odległość pomiędzy znacznikami pomiarowymi prawy ocios) i d_{z1} (odległość pomiędzy znacznikami pomiarowymi lewy ocios). Lewy ocios oznacza ocios od strony zrobów ściany 1/VI/385, natomiast prawy od strony ściany 2/VI/385.

4. Wyniki pomiarów zsuwu obudowy

Zsuw elementów łukowych obudowy ŁP od strony pola ścianowego 1/VI/385 i pola ścianowego 2/VI/385 był diametralnie różny. Od strony ociosu wzmocnionego kasztem praktycznie zsuw z nie występował (rys. 3b, c) lub jego wartości były bardzo niewielkie i wynosiły od 10 mm do 15 mm (rys. 3a, d). Od strony calizny węglowej (ściana 2/VI/385) zsuw ten rozpoczynał się w odległości od 300 m do 100 m przed czołem ściany i osiągał tuż przed nią maksymalne wartości od około 10 mm do 180 mm. Od strony calizny węglowej zsuw występował z uwagi na niszczenie struktury węgla pod wpływem ciśnienia eksploatacyjnego. Zniszczony ocios węglowy ulegał przemieszczaniu w kierunku osi podłużnej wyrobiska, co powodowało prostowanie elementów łukowych obudowy. Odzwierciedleniem odkształcenia łuków było zmniejszenie wielkości mierzonych zsuwów (rys. 3a, c, d) [4].

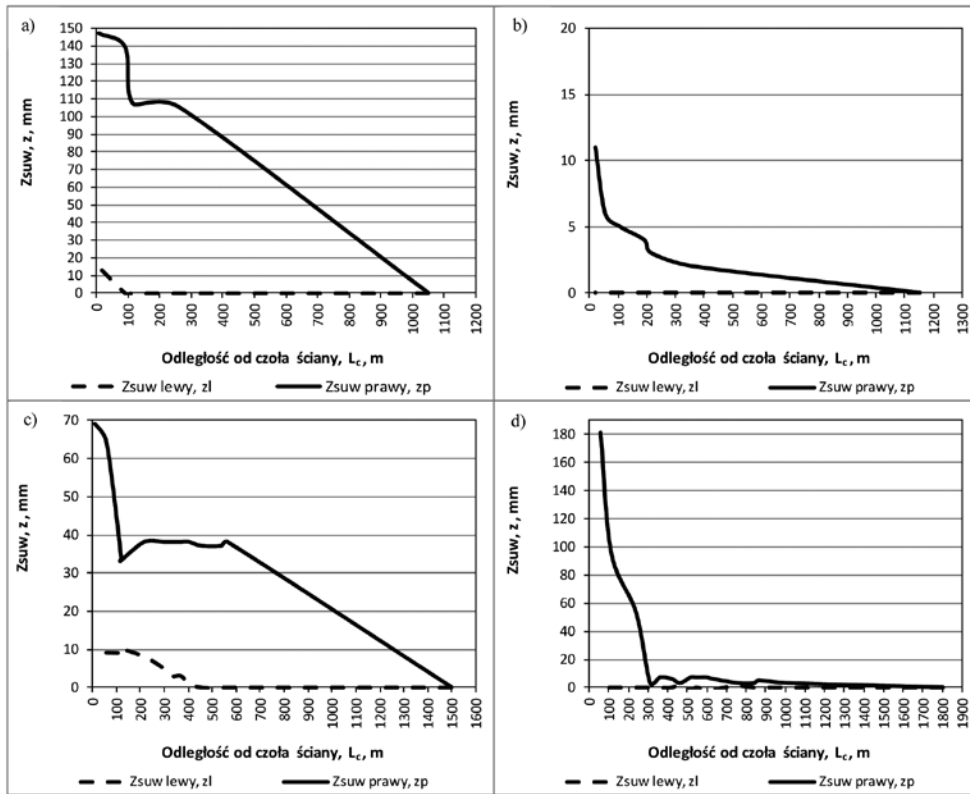
Celem bardziej dokładnego opisu konwergencji pionowej i poziomej w świetle obudowy przy stanowiskach głównych wykonano stanowiska dodatkowe. W szczególności mierzono na nich H_o i S_w , z uwagi na ich wpływ na proces technologiczny

eksploatacji. Jedną ze składowych procesu technologicznego jest pobierka spągu, która w przedmiotowym wyrobisku dokonywana była w odległości około 250 m przed czołem ściany. Jej wielkość wpływała na wyniki pomiarów w poszczególnych stanowiskach, co uwzględniono podczas wyznaczania wielkości konwergencji. Założono, iż pobierka spągu wykonywana była do momentu, aż wyrobisko osiągnie wysokość nominalną w świetle obudowy równą 4,5 m.

Z wartości konwergencji poziomej w świetle obudowy k_{pzws} wyznaczonych dla stanowisk głównych przedstawionych na rysunku 4a wynika, iż proces deformacji wyrobiska rozpoczyna się około 400 m przed czołem ściany. Przyrost k_{pzws} w tej odległości wynosi około 50 mm i wzrasta wraz ze zmniejszaniem się odległości poszczególnych stanowisk pomiarowych względem czoła ściany. Jej wielkość maksymalna tuż przed ścianą wynosi od około 250 mm do 650 mm.

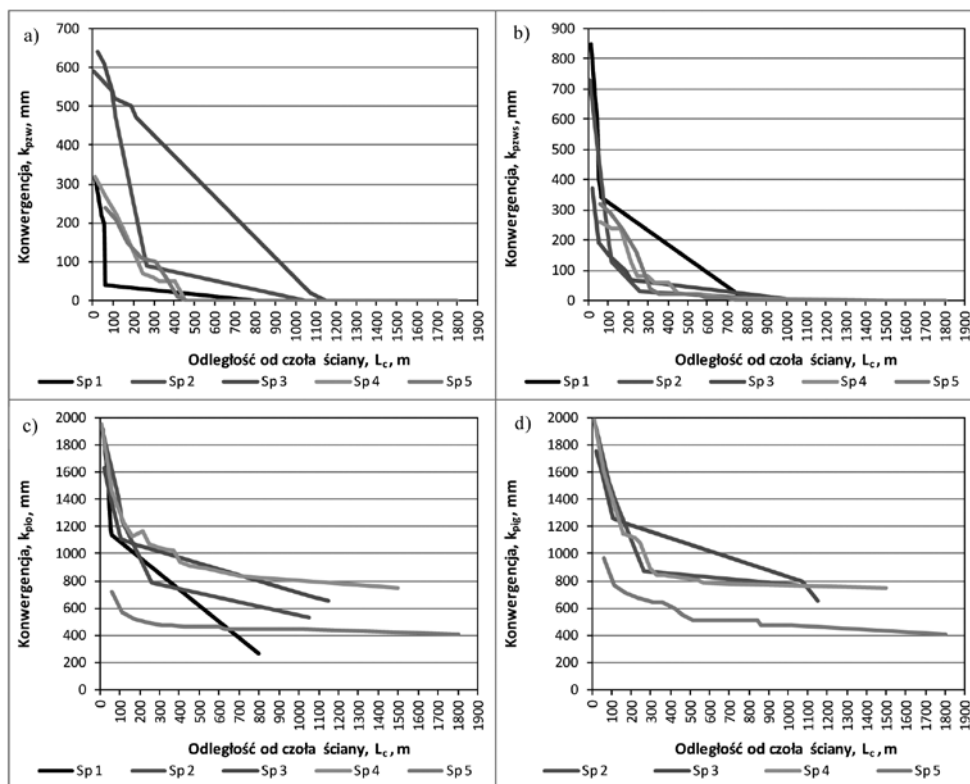
Wartość konwergencji poziomej w świetle obudowy przy spągu k_{pzws} zaczyna wzrastać w odległości około 250 m przed czołem ściany (rys. 4b), co powiązać można z dokonywaną pobierką spągu. Wyciśnięty spąg ograniczał przesuwanie się ociosów do środka wyrobiska, a po wybraniu skał spągowych ociosy nie mając wsparcia zaczynały się przemieszczać. Wartości konwergencji k_{pzws} są zbliżone do wartości konwergencji k_{pzw} i wynoszą od około 250 mm do około 850 mm tuż przed czołem ściany.

W przypadku konwergencji pionowych w świetle obudowy k_{pio} i w wyłomie k_{pig} zmiana ich wartości zaczyna się około 300 m przed czołem ściany (rys. 4c, d). Dla konwergencji k_{pio} maksymalna wartość wynosiła 1950 mm, a dla k_{pig} 2010 mm natomiast minimalna odpowiednio 720 mm i 980 mm. Przy wyznaczaniu konwergencji pionowej uwzględniano dokonaną pobierkę spągu. W porównaniu z wynikami rejestrowanymi w chodniku podścianowym 1/VI ściany 1/VI/385 konwergencja pionowa w świetle obudowy wynikająca z obciążenia statycznego wyrobiska jest dwa razy większa. W chodniku podścianowym 1/VI pełniącym funkcję nadścianowego 2/VI wartość ta wynosi od 400 mm do 800 mm, gdzie dla chodnika podścianowego 1/VI ściany 1/VI/385 wartość ta wynosiła około 400 mm [4].



Rys. 3. Zsuw elementów obudowy ŁP, a) stanowisko pomiarowe 2; b) stanowisko pomiarowe 3; c) stanowisko pomiarowe 4; d) stanowisko pomiarowe 5

Fig. 3. Yield elements of arch support: a) measuring position 2; b) measuring position 3; c) measuring position 4; d) measuring position 5



Rys. 4. Konwergencja, a) pozioma w świetle obudowy k_{pzw} ; b) pozioma w świetle obudowy przy spągu k_{pzw} ; c) pionowa w świetle obudowy k_{pio} ; d) pionowa górotworu k_{pig}

Fig. 4. Convergence: a) horizontal in cross-sectional area of a working k_{pzw} ; b) horizontal in cross-sectional area of a working at floor k_{pzw} ; c) vertical in cross-sectional area of a working k_{pio} ; d) vertical in rough cross-section of a working k_{pig}

5. Analiza wyników

Przy analizie konwergencji pionowej oraz wyznaczenia jej charakterystycznego przebiegu posłużono się równaniem (1), natomiast dla zsuwu elementów obudowy i konwergencji poziomej równaniem (2)

$$y = a \cdot x^b \tag{1}$$

y – konwergencja pionowa, mm; x – rzędna wybiegu ściany, m; a, b – współczynniki.

$$y = a \cdot \ln(x) + b \tag{2}$$

y – konwergencja pozioma, zsuw elementów obudowy, mm; x – rzędna wybiegu ściany, m; a, b – współczynniki.

Spostrzeżenia z analizy wyników konwergencji pionowej:

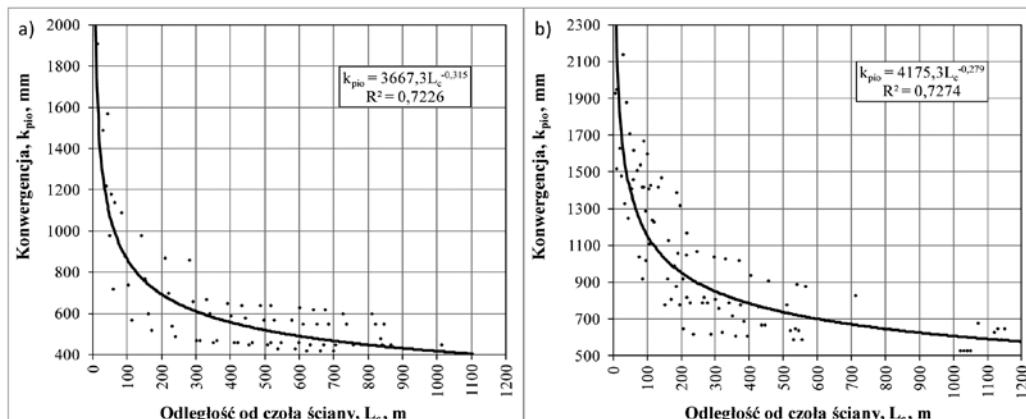
- Dla stanowisk pomiarowych zlokalizowanych na wybiegu ściany, gdzie zastosowano kaszty o zmniejszonych wymiarach, konwergencja pionowa w świetle obudowy k_{pio} wynosiła od około 1700 mm do około 2100 mm w odległości około 10 m przed czołem ściany (rys. 5b);
- Dla stanowisk pomiarowych zlokalizowanych na wybiegu ściany, gdzie zastosowano kaszty o wymiarach 1,2×1,2 m, konwergencja pionowa w świetle obudowy k_{pio} wynosiła od około 1500 mm do około 1900 mm w odległości około 10 m przed czołem ściany (rys. 5a);
- Konwergencja pionowa w świetle obudowy przed pojawieniem się ciśnienia eksploatacyjnego wynosiła dla kasztów o wymiarach:
 - 0,9×0,9 m, około 600 mm (rys. 5b);
 - 1,2×1,2 m, około 400 mm (rys. 5a);

- Za odległość, w jakiej przemieszczający się front eksploatacyjny oddziaływał na wyrobisko przyścianowe (pojawienie się ciśnienia eksploatacyjnego) można uznać odległość:

- około 300 m dla odcinków ze wzmocnieniem kasztami o wymiarach 1,2×1,2 m (konwergencja k_{pio}),
- około 400 m dla odcinków ze wzmocnieniem kasztami o wymiarach 0,9×0,9 m (konwergencja k_{pio}),
- około 350 m dla odcinków ze wzmocnieniem kasztami o wymiarach 1,2×1,2 m (konwergencja k_{pig}),
- około 700 m dla odcinków ze wzmocnieniem kasztami o wymiarach 0,9×0,9 m (konwergencja k_{pig})

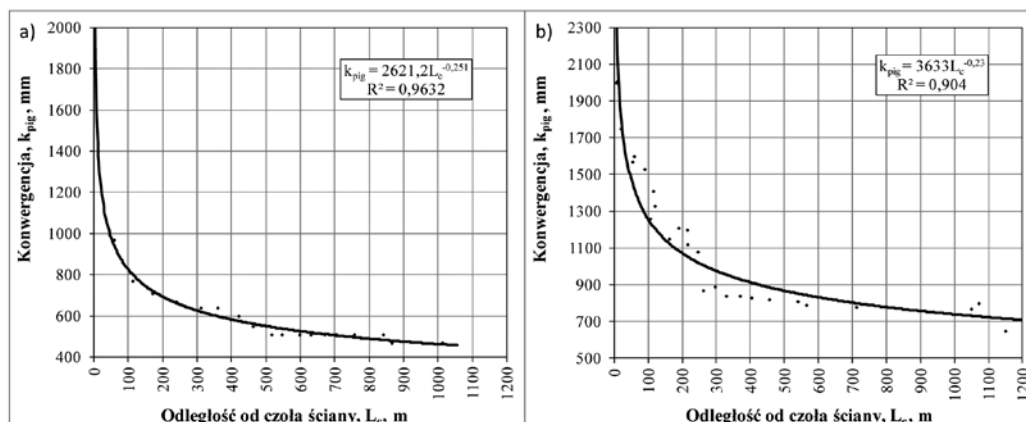
W tych odległości pojawiają się pierwsze przyrosty konwergencji pionowej o wartości 200 mm (rys. 6a, b i 7a, b);

- Intensywne przyrosty konwergencji pionowej pojawiają się w średniej odległości od czoła ściany równej 200 m za wyjątkiem k_{pig} ze wzmocnieniem kasztami 0,9×0,9 m, gdzie odległość ta wynosi 400 m (rys. 6a, b);
- Średnia konwergencja pozioma k_{pzw} oraz k_{pzw} odczytana z rysunków 7a i 7b różni się w k_{pzw} bardzo małym stopniu. Można przyjąć, iż wartość konwergencji zaczyna wzrastać w odległości około 450 m przed czołem ściany osiągając wartość około 50 mm;
- Intensywne wzrastanie wartości konwergencji k_{pzw} oraz k_{pzw} rozpoczyna się w odległości około 300 m przed czołem ściany;
- W odległości około 10 m przed czołem ściany konwergencja k_{pzw} oraz k_{pzw} osiągają maksymalne wartości 700÷750 mm.



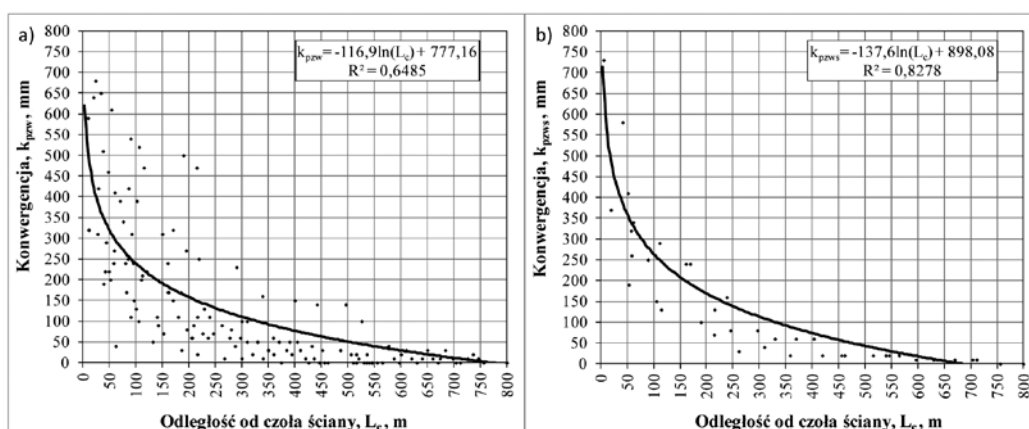
Rys. 5. Konwergencja pionowa w świetle obudowy k_{pio} wzmocniona a) kasztem 1,2 m × 1,2 m 2; b) kasztem 0,6m × 0,6 m

Fig. 5. Vertical convergence in cross-section of a working k_{pio} reinforced by: a) wooden chock 1.2 m × 1.2 m; b) wooden chock 0.6 m × 0.6 m



Rys. 6. Konwergencja pionowa w wylomie k_{pig} wzmocniona a) kasztem 1,2 m × 1,2 m; b) kasztem 0,6m × 0,6 m

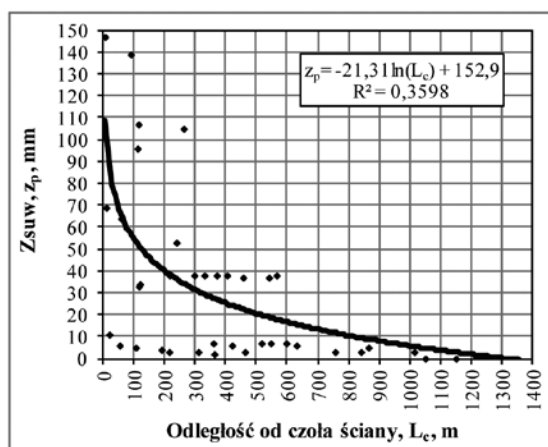
Fig. 6. Vertical convergence in rough cross-section of a working k_{pig} reinforced by: a) wooden chock 1.2 m × 1.2 m; b) wooden chock 0.6 m × 0.6 m



Rys. 7. Konwergencja pozioma a) w świetle obudowy k_{pzw} ; b) w świetle obudowy przy spągu k_{pzws}
 Fig. 7. Horizontal convergence: a) in cross-section of a working k_{pzw} ; b) in cross-section of a working at floor k_{pzws}

Z wyznaczonej linii trendu (rys. 8) opisującej charakterystyczny przebieg zsuwu z elementów obudowy można wysunąć następujące spostrzeżenia:

- na odcinku 1000 m od momentu rejestracji pierwszych przemieszczeń elementów obudowy (1300 m przed frontem ściany) do 300 m przed czołem ściany średni przyrost zsuwu z_{sr} wynosi 0,03 mm/m,
- pomiędzy 300 m a 100 m przed czołem ściany z_{sr} wynosi 0,125 mm/m,
- na ostatnim 100 m odcinku przed frontem ściany z_{sr} równy jest 0,55 mm/m.



Rys. 8. Charakterystyka zsuwu elementów obudowy w jednostronnym otoczeniu zrobów od strony calizny węglowej
 Fig. 8. Yield elements of arch support characteristic in one side gobs surrounding from the coal solid

W porównaniu z wynikami pomiarów zsuwu przed frontem ściany 1/VI/385 od strony eksploatowanego pola ścianowego wielkości z uległy około dziesięciokrotnemu zwiększeniu [4]. Nie zauważono, aby na wielkość zsuwu miała wpływ zmiana pola przekroju poprzecznego zastosowanego wzmocnienia w postaci kasztu. Zarejestrowane wielkości nie wpływały na przebieg procesu technologicznego eksploatacji ściany 2/VI/385.

6. Podsumowanie

1. Najbardziej charakterystycznymi parametrami określającymi zachowanie się chodnika podścianowego 1/VI (peł-

- niący funkcję chodnika nadścianowego) są: konwergencja pozioma i konwergencja pionowa.
2. Na wartość konwergencji pionowej ma wpływ wielkość przekroju poprzecznego kasztów zastosowanych do wzmocnienia wyrobiska przyścianowego.
3. Konwergencja pozioma związana jest ściśle z wykonywaną przed czołem ściany pobierką spągu.
4. W porównaniu z konwergencją w świetle obudowy dla ściany 1/VI/385, gdzie w odległości 50 m od czoła ściany wynosiła ona od 300 mm do 800 mm [4], wartości konwergencji k_{pio} zwiększa się i wynosi od około 1000 mm do około 1600 mm.
5. W porównaniu z wynikami pomiarów zsuwu elementów obudowy przed frontem ściany 1/VI/385 od strony eksploatowanego pola ścianowego wielkości zsuwów uległy około dziesięciokrotnemu zwiększeniu [4].
6. Nie zauważono aby na wielkość z miała wpływ zmiana pola przekroju poprzecznego zastosowanego wzmocnienia w postaci kasztu.
7. Zarejestrowane wartości z elementów obudowy od strony calizny węglowej nie wpływały na przebieg procesu technologicznego eksploatacji ściany 2/VI/385.

*Praca wykonana w ramach badań statutowych
 11.11.100.775*

Literatura

1. Herezy Ł.: Kształtowanie się zasięgu sfery spękań w otoczeniu wyrobisk przyścianowych w warunkach geologiczno-górnictwa LW „Bogdanka” S.A. Przegląd Górniczy. Nr 6, 2012.
2. Herezy Ł.: Zasięg sfery spękań w otoczeniu wyrobiska przyścianowego w trakcie dwóch faz jego istnienia - za frontem pierwszej ściany i przed frontem drugiej ściany. Przegląd Górniczy. Nr 4, 2015.
3. Kleczek Z.: Geomechanika górnictwa. Katowice: Śląskie Wydawnictwo Techniczne. 1994.
4. Korzeniowski W., Herezy Ł., Krauze K., Rak Z. i Skrzyppkowski K.: Monitoring górotworu na podstawie analizy pracy sekcji obudowy zmechanizowanej. Kraków: Wydawnictwo AGH. 2013.
5. Niedbalski Z. i Majcherczyk T.: Badania nad zachowaniem się wyrobisk korytarzowych w obudowie podporowo-kotwiowej. Przegląd Górniczy. Nr 11, 2005.
6. Niedbalski Z., Małkowski P. i Majcherczyk T.: Monitoring of stand-and-roof-bolting support: design optimization. Acta Geodynamica et Geomaterialia, vol. 10, no 3, 2013.
7. Rak Z.: Utrzymanie chodnika za ścianą w trudnych warunkach geologiczno-górnictwa na przykładzie kopalni LW „Bogdanka” S.A. – część II – doświadczenia ruchowe. Przegląd Górniczy. Nr 1-2, 2011.