Wykorzystanie badań modelowych na ośrodku sypkim pionowo niejednorodnym do analizy kształtowania się przemieszczeń w brzeżnej części niecki osiadania

Jerzy Cygan, Jan Leśniak, Jan Walaszczyk

Instytut Mechaniki Górotworu PAN, ul. Reymonta 27; 30-059 Kraków

Streszczenie

Wykonano eksperymenty na ośrodku sypkim pionowo jednorodnym i pionowo niejednorodnym, przy czym średnia gęstość w całym obszarze modelu we wszystkich eksperymentach była podobna. Uzyskane wyniki pozwalają na stwierdzenie wpływu poszczególnych warstw w eksperymentach na ośrodku niejednorodnym na przebieg przemieszczeń i odkształceń w funkcji współrzędnej pionowej. Przy powierzchni modelu wartości przemieszczeń są zbliżone dla modeli: z ośrodkiem jednorodnym i z ośrodkiem niejednorodnym, w którym dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony – ma to związek z podobną średnią gęstością w całym modelu w obydwu tych eksperymentach. Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane przy prognozowaniu wpływów eksploatacji.

Slowa kluczowe: mechanika górotworu, badania modelowe, wpływy eksploatacji

1. Wstęp

Wyniki badań modelowych na ośrodku sypkim mogą być wykorzystane do prognozowania wpływu podziemnej eksploatacji na powierzchnię i górotwór. Prowadzenie badań modelowych uzasadnione jest udokumentowanym stwierdzeniem podobnego (normalnego) rozkładu wpływów w analizowanym ośrodku jak i w górotworze. Wyniki badań modelowych zgodne z jakościowym przebiegiem zjawiska w górotworze umożliwiają ocenę różnych przypadków mających znaczenie dla praktyki oraz wybór korzystniejszego sposobu prowadzenia eksploatacji.

Wykonane w latach poprzednich serie eksperymentów na ośrodku niejednorodnym były tak zaprojektowane aby otrzymać w pełni wykształcone niecki osiadania nad polem eksploatacyjnym w celu porównania kształtu i wielkości powstających przemieszczeń i odkształceń w brzeżnej części niecki osiadania przy granicy od której eksploatacja się rozpoczyna i przy granicy, do której się zbliża, przy wysokości modelu H = 160 mm [1, 2].

Przedstawione poniżej wyniki badań są kontynuacją badań prowadzonych w roku 2003 nad kształtowaniem się przemieszczeń w brzeżnej części niecki osiadania na ośrodku sypkim pionowo jednorodnym ale o różnym stopniu zagęszczenia (niezagęszczonym i maksymalnie zagęszczonym) oraz ośrodku pionowo niejednorodnym złożonym z dwu lub trzech warstw o różnym stopniu zagęszczenia, w skrzyni modelowej z przesuwną szczeliną wysypową, przy wysokości modelu H=320 mm. Średnia gęstość nasypowa w całym modelu była w każdym eksperymencie inna i mieściła się w przedziale od 1,52 g/cm³ do 1,73 g/cm³ [3, 4, 5].

W roku 2004 wykonano badania (przy zachowaniu takiej samej geometrii modelu jak w 2003 roku) na ośrodku sypkim pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym (który podczas realizacji eksperymentu zmienia swoją gęstość w nieznacznym stopniu) oraz w ośrodkach sypkich pionowo niejednorodnych złożonych z dwu lub czterech warstw o różnym stopniu zagęszczenia w których średnia gęstość nasypowa w całym modelu w przybliżeniu była równa gęstości nasypowej w modelu pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym i wynosiła ok. 1,63 g/cm³. Analizowano kształtowanie się przemieszczeń i odkształceń w brzeżnej części niecki osiadania.

2. Realizacja eksperymentów

Eksperymenty realizowane były, podobnie jak w 2003 roku, na urządzeniu do badań modelowych z przesuwną szczeliną wysypową. Opis urządzenia oraz sposób przeprowadzania eksperymentu szczegółowo omówiono w pracach [1, 3].

W roku 2004 wykonano serię eksperymentów których celem była analiza kształtowania się przemieszczeń i odkształceń w brzeżnej części niecki osiadania w ośrodku sypkim pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym i porównanie wyników z wynikami uzyskanymi dla ośrodka pionowo niejednorodnego dwu- lub czterowarstwowego złożonego z naprzemian ległych warstw ośrodka niezagęszczonego i zagęszczonego przy czym średnia gęstość nasypowa w całym modelu była we wszystkich porównywanych eksperymentach zbliżona.

Ośrodek pionowo jednorodny średnio zagęszczony zrealizowano metodą kolejnych prób uzyskując gęstość nasypową $\gamma \cong 1,63$ g/cm³, której wartość mieści się pośrodku gęstości nasypowej ośrodka zagęszczonego ($\gamma \cong 1,73$ g/cm³) i gęstości nasypowej ośrodka niezagęszczonego ($\gamma \cong 1,52$ g/cm³) z których wykonane były poszczególne warstwy ośrodka pionowo niejednorodnego. W ośrodku pionowo niejednorodnym tak w dwu- jak czterowarstwowym ilość ośrodka zagęszczonego i ośrodka niezagęszczonego była taka sama i wynosiła 50% – średnia gęstość nasypowa w całym modelu wynosiła zatem około 1,63 g/cm³ i była taka sama jak w ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym.

W niniejszym opracowaniu porównano przykładowo wybrane serie eksperymentów:

- na ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym S;
- na ośrodku niejednorodnym dwuwarstowym w którym dolną połowę modelu (H=0÷160 mm) stanowił ośrodek niezagęszczony, a górną połowę modelu (H=160÷320 mm) ośrodek zagęszczony – N-Z;
- na ośrodku niejednorodnym dwuwarstwowym w którym dolną połowę modelu (H=0÷160 mm) stanowił ośrodek zagęszczony, a górną połowę modelu (H=160÷320 mm) ośrodek niezagęszczony – Z-N;
- na ośrodku niejednorodnym czterowarstwowym w którym dolną warstwę (H = 0÷80 mm) stanowił ośrodek niezagęszczony, kolejną (H=80÷160 mm) ośrodek zagęszczony, następną (H=160÷240 mm) ośrodek niezagęszczony i górną warstwę (H = 240÷320 mm) ośrodek zagęszczony N-Z-N-Z;
- na ośrodku niejednorodnym czterowarstwowym w którym dolną warstwę ($H = 0 \div 80 \text{ mm}$) stanowił ośrodek zagęszczony, kolejną ($H = 80 \div 160 \text{ mm}$) ośrodek niezagęszczony, następną ($H = 160 \div 240 \text{ mm}$) ośrodek zagęszczony i górną warstwę ($H = 240 \div 320 \text{ mm}$) ośrodek niezagęszczony Z-N-Z-N.

We wszystkich omawianych eksperymentach sposób rozmieszczenia punktów pomiarowych był identyczny – przy wysokości modelu H = 320 mm repery były ułożone na 14 poziomych liniach obserwacyjnych, odległości pomiędzy reperami wynosiły 20 mm (rys. 1). Taki sposób rozmieszczenia punktów pomiarowych umożliwiał również prowadzenie obserwacji na pionowych liniach obserwacyjnych rozmieszczonych w różnej odległości od krawędzi eksploatacji. Rejestracja i analiza przemieszczeń zachodzących w skrzyni modelowej w trakcie eksperymentu możliwa była w całym zakresie wysokości modelu.

Warunek brzegowy realizowany był poprzez przesuw szczeliny wysypowej od lewego brzegu skrzyni (x = 0 mm) do osi skrzyni (x = 400 mm) – rys. 1. Dla tak realizowanego warunku brzegowego ilość piasku wysypanego przez przesuwającą się szczelinę we wszystkich eksperymentach była podobna i wynosiła około 160 g, co odpowiada miąższości wybranej w dnie skrzyni warstwy równej około 6 mm. Czas przesuwu szczeliny wysypowej pod połową dna skrzyni modelowej był we wszystkich eksperymentach jednakowy i wynosił około 35 minut.

Przebieg eksperymentu oraz opracowanie wyników omówiono szczegółowo w pracy [3]. Ze względu na bardzo obszerny materiał graficzny i podobny przebieg odpowiednich deformacji na liniach pomiarowych w poszczególnych seriach eksperymentów poniżej przedstawiono przykładowo przebieg przemieszczeń i odkształceń na poziomych liniach pomiarowych H = 300 mm i H = 160 mm oraz na linii pionowej położonej nad częścią obniżoną w odległości 80 mm do krawędzi eksploatacji.

3. Omówienie wyników

Porównano ze sobą przebiegi odpowiednich przemieszczeń i odkształceń uzyskane w eksperymencie na ośrodku pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym (S) z przemieszczeniami i odkształceniami uzyskanymi w eksperymentach na ośrodkach pionowo niejednorodnych dwu- i czterowarstwowych; przy



Rys. 1. Szkic rozmieszczenia punktów pomiarowych

czym oddzielnie zestawiono wyniki w których warstwę dolną (w bezpośrednim sąsiedztwie dna skrzyni) stanowił ośrodek niezagęszczony – N-Z, N-Z-N-Z, a oddzielnie eksperymenty w których warstwę dolną stanowił ośrodek zagęszczony – Z-N, Z-N-Z-N.

3.1. Obniżenia na liniach poziomych

Na rysunku 2 zestawiono wykresy obniżeń przy powierzchni modelu (dla linii obserwacyjnej na poziomie H = 300 mm) powstałych w wyniku dojścia frontu eksploatacyjnego do osi skrzyni modelowej dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w których dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony (Z-N, Z-N-Z-N) oraz eksperymentu na ośrodku pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym.

Przy tej samej wielkości zadawanego we wszystkich eksperymentach obniżenia w dnie skrzyni modelowej (około 6mm) obniżenia w pobliżu powierzchni modelu, nad częścią obniżoną, wynoszą odpowiednio:

- $w \cong 5.3$ mm dla ośrodka niejednorodnego złożonego z czterech warstw (Z-N-Z-N);
- $w \cong 4.8 \text{ mm}$ dla ośrodka niejednorodnego złożonego z dwu warstw (Z-N);
- w ≈ 5.3 mm dla ośrodka jednorodnego średnio zagęszczonego (S).



Rys. 2. Obniżenia - poziom 300 mm (przy dnie ośrodek zagęszczony)

W eksperymentach na ośrodku pionowo niejednorodnym, na linii obserwacyjnej przy powierzchni modelu, wartości obniżeń i ich przebiegi są podobne niezależnie od ilości warstw i niewiele różnią się od przebiegu obniżeń w eksperymencie na ośrodku średnio zagęszczonym. Wpływ na to ma prawdopodobnie fakt, że średnia gęstość nasypowa w całym modelu we wszystkich tych eksperymentach jest podobna. W mniejszym zakresie wpływa na to stopień zagęszczenia warstwy przy dnie skrzyni modelowej (w pobliżu zadania warunku brzegowego).

Na niższym poziomie (H = 160 mm), w połowie wysokości modelu, występują większe różnice w przebiegu obniżeń – rys. 3.



Rys. 3. Obniżenia - poziom 160 mm (przy dnie ośrodek zagęszczony)

Największe wartości obniżeń występują w eksperymencie na ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym (S), nieco mniejsze w eksperymencie na ośrodku pionowo niejednorodnym składającym się z czterech warstw (Z-N-Z-N), a najmniejsze w eksperymencie na ośrodku pionowo niejednorodnym składającym się z dwóch warstw (Z-N) w którym cała warstwa H = 0.160 mm zbudowana jest z ośrodka zagęszczonego.

Na rysunku 4 zestawiono wykresy obniżeń przy powierzchni modelu (H = 300 mm) powstałych w wyniku dojścia frontu do osi skrzyni dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w którym dolną warstwę stanowił ośrodek niezagęszczony (N-Z, N-Z-N-Z) oraz eksperymentu na ośrodku pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym.



Rys. 4. Obniżenia - poziom 300 mm (przy dnie ośrodek niezagęszczony)

Przy tej samej wielkości obniżenia zadanego w dnie skrzyni modelowej (około 6 mm) obniżenia w pobliżu powierzchni modelu, nad częścią obniżoną, wynoszą odpowiednio:

- $w \cong 5.3 \text{ mm}$ dla ośrodka jednorodnego średnio zagęszczonego (S);
- $w \approx 8.9$ mm dla ośrodka niejednorodnego dwuwarstwowego (N-Z);
- $w \approx 9.5$ mm dla ośrodka niejednorodnego czterowarstwowego (N-Z-N-Z).

Obniżenia w ośrodku niejednorodnym tak w dwu- jak i w czterowarstwowym przy powierzchni modelu mają podobny przebieg i osiągają zbliżone wartości (ok. 1,5 razy większe od obniżenia zadanego w dnie skrzyni), natomiast w ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym obniżenia są nieznacznie mniejsze od wartości zadanej.

Większe zróżnicowanie przebiegu obniżeń występuje na niższym poziomie (H = 160 mm) – rys. 5 – co spowodowane jest różnym rodzajem ośrodka w warstwie H = 0.160 mm. W modelu niejednorodnym czterowarstwowym (N-Z-N-Z) połowę stanowi ośrodek niezagęszczony i połowę ośrodek zagęszczony, w ośrodku dwuwarstwowym (N-Z) całą tę warstwę stanowi ośrodek niezagęszczony, a w ośrodku średnio zagęszczonym (S) – ośrodek średnio zagęszczony.



Rys. 5. Obniżenia – poziom 160 mm (przy dnie ośrodek niezagęszczony)

3.2. Przesunięcia poziome na liniach poziomych

Na rysunku 6 zestawiono wykresy przesunięć poziomych przy powierzchni modelu (dla linii obserwacyjnej H = 300 mm) powstałe w wyniku dojścia frontu do osi skrzyni modelowej dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w których dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony (Z-N, Z-N-Z-N) oraz eksperymentu na ośrodku pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym.



Rys. 6. Przesunięcia poziome – poziom 300 mm (przy dnie ośrodek zagęszczony)

Wartości maksymalne przesunięć poziomych występują nad krawędzią eksploatacji (w pobliżu punktu przegięcia niecki obniżeniowej). Wartości przesunięć poziomych dla ośrodka pionowo niejednorodnego dwuwarstwowego (Z-N) są nieco mniejsze niż dla ośrodka czterowarstwowego (Z-N-Z-N) i jednorodnego średnio zagęszczonego (S), których przebiegi i wartości są zbliżone.

Przebiegi przesunięć poziomych na linii obserwacyjnej na niższym poziomie (H = 160 mm) – rys. 7 – różnią się między sobą w większym stopniu niż ich przebiegi w pobliżu powierzchni modelu. Przesunięcia poziome w modelu czterowarstwowym (Z-N-Z-N) są bliskie zeru prawdopodobnie dlatego, że linia obserwacyjna położona jest na granicy warstw o różnym stopniu zagęszczenia.



Rys. 7. Przesunięcia poziome - poziom 160 mm (przy dnie ośrodek zagęszczony)

Na rysunku 8 zestawiono wykresy przesunięć poziomych przy powierzchni modelu (H = 300 mm) w wyniku dojścia frontu do osi skrzyni dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w których dolną warstwę stanowił ośrodek niezagęszczony (N-Z, N-Z-N-Z) oraz dla eksperymentu na ośrodku pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym.

Wartości maksymalnych przesunięć poziomych występują nad krawędzią eksploatacji. Podobnie jak w przypadku obniżeń (rys. 4) przebiegi przesunięć poziomych tak dla ośrodka pionowo niejednorodnego dwu- jak i czterowarstwowego są podobne i osiągają większe wartości niż w ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym.



Rys. 8. Przesunięcia poziome - poziom 300 mm (przy dnie ośrodek niezagęszczony)

Przebiegi przesunięć poziomych na niższym poziomie (H = 160 mm) są również bardziej zróżnicowane – rys. 9 (tak jak obniżenia – rys. 5). Jest to związane z rodzajem ośrodka stanowiącego tę warstwę.



Rys. 9. Przesunięcia poziome – poziom 160 mm (przy dnie ośrodek niezagęszczony)

3.3. Odkształcenia poziome na liniach poziomych

Rysunek 10 przedstawia wykresy odkształceń poziomych przy powierzchni modelu (H = 300 mm) dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w którym dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony (Z-N, Z-N-Z-N) i eksperymentu na ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym.



Rys. 10. Odkształcenia poziome - poziom 300 mm (przy dnie ośrodek zagęszczony)

Nad częścią obniżoną występują ściskania, a na zewnątrz granicy eksploatacji rozciągania, przy czym maksymalne wartości rozciągań są większe niż ściskań. Przebiegi odkształceń we wszystkich eksperymentach (Z-N, Z-N-Z-N, S) są podobne. Zerowanie odkształceń występuje nad krawędzią eksploatacji.

Na poziomie H = 160 mm (rys. 11) przebiegi odkształceń w ośrodku niejednorodnym dwuwarstwowym (Z-N) i jednorodnym średnio zagęszczonym (S) są podobne. W ośrodku czterowarstwowym (Z-N-Z-N) podobnie jak w przypadku przesunięć (rys. 7) wartości odkształceń są bliskie zeru.



Rys. 11. Odkształcenia poziome - poziom 160 mm (przy dnie ośrodek zagęszczony)

Na rysunku 12 zestawiono wykresy odkształceń poziomych na linii obserwacyjnej H = 300 mm (przy powierzchni modelu) dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w których dolną warstwę stanowił ośrodek niezagęszczony (N-Z, N-Z-N-Z) i eksperymentu na ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym.



Rys. 12. Odkształcenia poziome - poziom 300 mm (przy dnie ośrodek niezagęszczony)

Podobnie jak w omówionych powyżej wynikach eksperymentów w których dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony (rys. 10), stwierdza się bardzo zbliżony rozkład odkształceń poziomych we wszystkich zestawionych eksperymentach (N-Z, N-Z-N-Z, S). To samo dotyczy przebiegów odkształceń na linii poziomej H = 160 mm (w połowie wysokości modelu), tylko odkształcenia w ośrodku niejednorodnym czterowarstwowym osiągają większe wartości – rys. 13.



Rys. 13. Odkształcenia poziome - poziom 160 mm (przy dnie ośrodek niezagęszczony)

3.4. Obniżenia na linii pionowej

Na wykresach obniżeń na linii pionowej można prześledzić wpływ zmian zagęszczenia ośrodka na kształtowanie się obniżeń w całej wysokości modelu. Do porównania wybrano linię pionową położoną nad częścią obniżoną w odległości 80mm od krawędzi eksploatacji.

Na rysunku 14 przedstawiono wykresy obniżeń na linii pionowej dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w których dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony (Z-N, Z-N-Z-N) i dla eksperymentu na ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym (S).

Ośrodek średnio zagęszczony (S) ulega nieznacznemu rozluźnieniu w dolnej części modelu (do wysokości ok. 80 mm); obniżenia osiągają wartości ok. 5 mm. Powyżej wartości obniżeń pozostają prawie niezmienione. W ośrodku pionowo niejednorodnym dwuwarstwowym (Z-N) wartości obniżeń do połowy wysokości modelu maleją do ok. 3 mm (następuje rozlużnienie ośrodka zagęszczonego), a w górnej warstwie (w ośrodku niezagęszczonym) wartości obniżeń wzrastają w wyniku zagęszczenia ośrodka i osiągają wartości ok. 5 mm. W ośrodku niejednorodnym czterowarstwowym (Z-N-Z-N) obniżenia przyjmują wartości pośrednie. Przy powierzchni modelu we wszystkich porównywanych eksperymentach wartości obniżeń są zbliżone co może być spowodowane taką samą średnią gęstością nasypową w całym modelu w tych eksperymentach.





Na rysunku 15 zestawiono wykresy obniżeń na linii pionowej dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w których dolną warstwę stanowił ośrodek niezagęszczony (N-Z, N-Z-N-Z) i dla eksperymentu na ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym (S).

Widać wyraźny wpływ warstw o różnym stopniu zagęszczenia na przebiegi obniżeń z wysokością modelu. W ośrodku niezagęszczonym stwierdza się zwiększanie obniżeń z wysokością a w ośrodku zagęszczonym zmniejszanie obniżeń z wysokością modelu. W ośrodku średnio zagęszczonym od pewnej wysokości nad dnem skrzyni modelowej ($H \cong 80$ mm) obniżenia zmieniają się nieznacznie.



Rys. 15. Obniżenia na linii pionowej (przy dnie ośrodek niezagęszczony)

3.5. Przesunięcia poziome na linii pionowej

Na rysunku 16 przedstawiono wykresy przesunięć poziomych na linii pionowej (podobnie jak wykresy obniżeń – rozdz. 3.4) powstałych w wyniku dojścia frontu eksploatacyjnego do osi skrzyni modelowej (tj. 80 mm poza linię pionową) dla eksperymentów na ośrodku pionowo niejednorodnym w których dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony (Z-N, Z-N-Z-N) i dla eksperymentu na ośrodku jednorodnym średnio zagęszczonym (S).

Wartości przesunięć poziomych nie różnią się w znaczący sposób między sobą dla poszczególnych eksperymentów. Nieco większe różnice związane z uwarstwieniem ośrodka występują w przypadku eksperymentów w których dolną warstwę stanowił ośrodek niezagęszczony (rys. 17). W rejonie zmiany zagęszczenia ośrodka stwierdza się zakłócenie przebiegu przesunięć poziomych.



3.6. Odkształcenia pionowe na linii pionowej

W przebiegu odkształceń pionowych, podobnie jak w przypadku obniżeń i przesunięć poziomych, można stwierdzić zależność od rozmieszczenia warstw ośrodka o różnym stopniu zagęszczenia. Mniej widoczne jest to w eksperymentach w których dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony (Z-N, Z-N-Z-N) - rys. 18, natomiast w eksperymentach w których dolną warstwę stanowił ośrodek niezagęszczony (N-Z, N-Z-N-Z) – rys. 19 – zależność przebiegu odkształceń pionowych od rozmieszczenia warstw i stopnia ich zagęszczenia jest wyraźnie widoczna. W ośrodku średnio zagęszczonym (S) tylko w dolnej części modelu (do H = 80 mm) występują odkształcenia pionowe rozciągające, a powyżej wartości odkształceń pionowych są bliskie zeru.



4. Wnioski

Analizowano kształtowanie się wielkości obniżeń, przesunięć poziomych i odkształceń poziomych na liniach poziomych (H = 300 mm i H = 160 mm) oraz wielkości obniżeń, przesunięć poziomych i odkształceń pionowych na linii pionowej (nad częścią obniżoną, 80mm od krawędzi eksploatacji) w ośrodku pionowo jednorodnym średnio zagęszczonym (S) i w ośrodkach pionowo niejednorodnych złożonych z na przemian ległych dwóch (N-Z, Z-N) lub czterech (N-Z-N-Z, Z-N-Z-N) warstw o różnym stopniu zagęszczenia. Średnia gęstość nasypowa w całym modelu we wszystkich eksperymentach była zbliżona i wynosiła ok. 1,63 g/cm³.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

- w ośrodku pionowo niejednorodnym znaczący wpływ na wielkość i przebieg przemieszczeń mają właściwości (stopień zagęszczenia) warstwy znajdującej się przy dnie skrzyni modelowej (w bezpośrednim sąsiedztwie zadania warunku brzegowego) – rys. 4 i15
- taka sama gęstość nasypowa w całym modelu powoduje, że przy powierzchni modelu wartości i przebiegi przemieszczeń są podobne tak dla modelu na ośrodku pionowo jednorodnym jak i niejednorodnym, niezależnie od przebiegu przemieszczeń z wysokością modelu, szczególnie w eksperymentach w których dolną warstwę stanowił ośrodek zagęszczony – rys. 2 i 14
- wyniki eksperymentów wykazują, że przy przewidywaniu skutków eksploatacji należy uwzględniać rozmieszczenie i właściwości poszczególnych partii (warstw) górotworu; większy wpływ wywiera warstwa położona bliżej poziomu eksploatacji
- uzyskane wyniki jakościowe mogą być wykorzystane w praktyce górniczej przy prognozowaniu wpływów projektowanych eksploatacji z uwzględnieniem historii eksploatacji przeprowadzonych wcześniej w danym obszarze.

Literatura

- Cygan J., Leśniak J., Pielok W., Rogowska J.: Kształtowanie się przemieszczeń w górotworze o różnym stopniu naruszenia wcześniejszymi eksploatacjami na podstawie badań modelowych na ośrodku sypkim pionowo niejednorodnym. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, t. 2, nr 3-4, 2000.
- [2] Knothe S., Leśniak J., Pielok W., Rogowska J.: Badania modelowe na ośrodku sypkim przemieszczeń i odkształceń górotworu pionowo niejednorodnego wywołanych eksploatacją górniczą. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, t. 4, nr 1-2, 2002.
- [3] Leśniak J., Pielok W., Walaszczyk J.: Wykorzystanie badań modelowych na ośrodku sypkim pionowo niejednorodnym do analizy kształtowania się przemieszczeń w brzeżnej części niecki osiadania w złożonych warunkach eksploatacji. Prace Instytutu Mechaniki Górotworu PAN, t. 5, nr 3-4, 2003.
- [4] Leśniak J., Pielok W., Walaszczyk J.: Rozkład przemieszczeń w górotworze na podstawie badań modelowych na ośrodku sypkim pionowo niejednorodnym. Geotechnika i budownictwo specjalne 2004, Tom II. Materiały XXVII Zimowej Szkoły Mechaniki Górotworu, Zakopane 14-19 marca 2004.
- [5] Cygan J., Leśniak J., Walaszczyk J.: Kształtowanie się przemieszczeń w brzeżnej części niecki obniżeniowej na podstawie badań modelowych na ośrodku sypkim pionowo niejednorodnym. Archives of Mining Sciences, 2004, t. 49, zeszyt specjalny.

The Application of Model Researches of Vertically Non-Homogeneous Loose Medium for the Analysis of Displacements in the Boundary Zone of Subsidence Trough

Abstract

The authors performed the empirical investigations of the behaviour of homogeneous and vertically nonhomogeneous loose medium. For each experiment the material was of the same mean density with respect to entire model area. The measurements confirmed the influence of each layer of the non-homogeneous model on the values of its displacements and deformations to be the functions of the vertical co-ordinate. It has been recorded that at the upper layer of the model the values of displacements for the homogeneous model are the same as the values of displacements for the non-homogeneous model in which the density of lower layer was greater on comparison to the remaining layers. Such a situation is probably related to the uniform mean density with respect to the entire model area. The results of the paper may be applied for the prediction of the influence of mining exploitation on the behaviour of Earth surface.

Keywords: strata mechanics, empirical investigations, mining exploitation implications

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Edward Popiołek, Akademia Górniczo-Hutnicza