

Wykorzystanie uproszczonego modelu geomechanicznego do interpretacji zachowania się tamy podporowej w komorze Layer w kopalni soli Wieliczka

AGNIESZKA MAJ

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

Streszczenie

Proces wzajemnego oddziaływania obiektów trudno odkształcalnych z ośrodkiem o właściwościach reologicznych badano analizując długotrwałe obserwacje zachowania się tamy podporowej w otaczającym ją górotworze. Analiza wyników pomiarów geodezyjnych wykazała znaczne wartości deformacji pionowych i poziomych tamy, jak i jej obniżen. Dzięki opracowaniu prostego modelu geomechanicznego i przeprowadzeniu symulacji numerycznych zinterpretowano zaobserwowane w wynikach pomiarów zjawiska.

Słowa kluczowe: tama podporowa, górotwór solny, deformacje tamy, modelowanie numeryczne

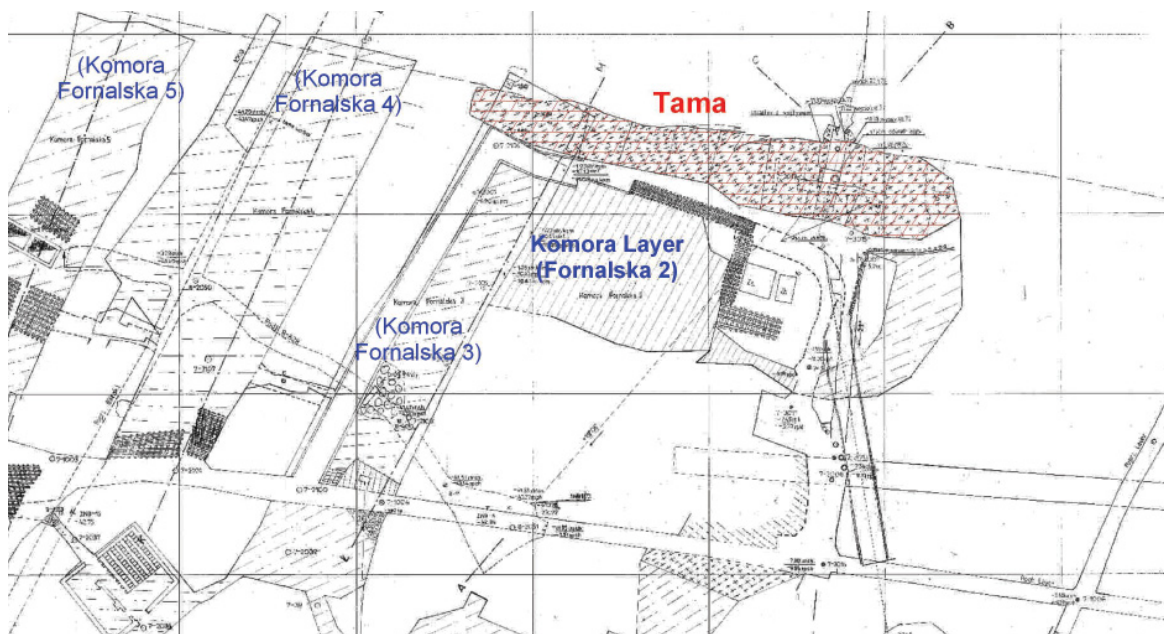
1. Wstęp

Problematyka współpracy ośrodków o zdecydowanie różnych właściwościach mechanicznych jest w górnictwie zagadnieniem powszechnym. Dotyczy to zarówno współdziałania poszczególnych warstw litologicznych w obrębie górotworu, jak i współpracy konstrukcji z otaczającym je górotworem. Przykładami takich zagadnień jest wpływ sztywnych warstw anhydrytu na ograniczenie konwergencji wyrobisk w górotworze solnym (Kortas i Maj, 2012), stabilizacja ociosów wyrobisk poprzez kotwienie czy stosowanie różnego rodzaju obudów (Cała i in., 2001; Majcherczyk i in., 2006), a także budowa i utrzymanie szybów przechodzących przez warstwy o zróżnicowanych właściwościach (Chudek i in., 2009; Kortas, 2010). Od wyników rozwiązywania problemów związanych z zachowaniem się ośrodków wzajemnie na siebie oddziałujących zależy często bezpieczeństwo ludzi przebywających w kopalni. Mniej typowym przykładem współpracy zróżnicowanych ośrodków jest zachowanie się betonowej tamy przeciwwodnej w otaczającym ją górotworze o właściwościach reologicznych.

W połowie grudnia 1972 roku w komorze Layer (dawniej komora Fornalska-2) stwierdzono wyciek słabej solanki o nasyceniu ok. 60 kg NaCl/m^3 i początkowym wydatku przekraczającym $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Przez ponad 40 lat stężenie NaCl utrzymywało się na średnim poziomie 60 kg/m^3 , a wydatek zmalał do ok. $9 \text{ m}^3/\text{h}$. Obecny wyciek W VII-16 stanowi ponad 60% łącznego dopływu wód do wyrobisk kopalni Wieliczka (Brudnik i in., 2010). Według badań przeprowadzonych w latach 2007-2010 dopływ do komory Layer jest wodą glacialną, pozbawiona trytu (d'Obyrn i Brudnik, 2011).

W czasie akcji ratowniczej podjęto szereg czynności mających na celu likwidację zagrożenia ze strony dopływającej do wyrobisk kopalni słabo nasyconej solanki. Jednak po przeprowadzonych nieudanych próbach iniekcji strefy wycieku podjęto decyzję o budowie przeciwwodnej tamy podporowej wzdłuż północnego ociosu komory Layer (Rys. 1) (Wójcik i in., 1995).

Tamę budowano w okresie od kwietnia do grudnia 1973 r. we wschodniej części komory Layer. Po stwierdzeniu przecieków w stropie i spągu tamy, z obawy przed udrożnieniem nowych połączeń hydraulicznych zdecydowano o przedłużeniu tamy na całą długość komory. Budowę zachodniej części tamy zakończono w marcu 1977 r.



Rys. 1. Lokalizacja tamy w komorze Layer (Fornalska-2) na poziomie VII kopalni Wieliczka

W przebudowanej komorze Layer już od 1974 roku prowadzone były pomiary geodezyjne. Wyniki czterdziestoletnich pomiarów stanowią materiał do interpretacji zjawisk zachodzących w tamie i jej otoczeniu. Celem pracy jest synteza bogatego materiału pomiarowego oraz interpretacja zachowania się tamy współdziałającej z otaczającym ją górotworem przy wykorzystaniu modelowania geomechanicznego.

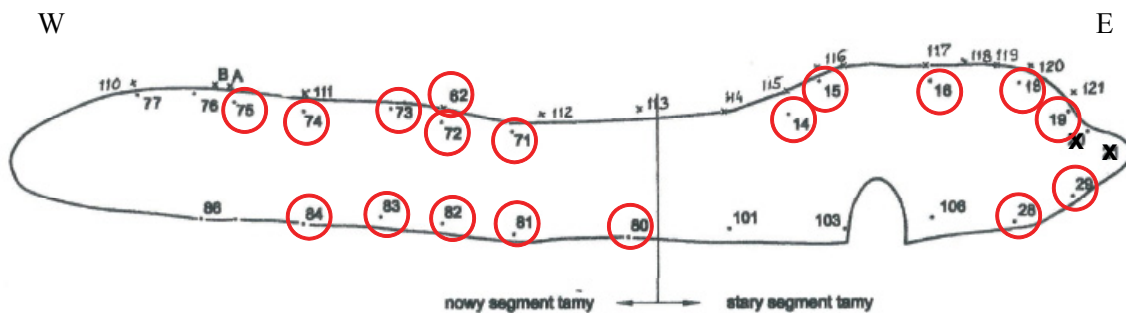
2. Wyniki pomiarów geodezyjnych

Kopalnia Wieliczka prowadzi następujące obserwacje w rejonie tamy podporowej (Maj i d'Obyrn, 2015):

- pomiary niwelacyjne ciągu między szymbami Kościuszko i Kinga, powadzone w ramach standardowych pomiarów kopalni, z różną częstotliwością, ostatnio raz w roku;
- pomiary niwelacyjne reperów w stropie komory Layer, przy kontakcie z tamą podporową, prowadzone od 1974 roku, obecnie z częstotliwością raz w roku (Rys. 2, 3);
- pomiary niwelacyjne reperów na czole tamy podporowej, w linii stropowej i spągowej, prowadzone od 1974 roku, obecnie z częstotliwością raz w roku (Rys. 2, 3);
- pomiary poziomych wysunięć punktów na czole tamy, na liniach środkowej i przyspągowej, prowadzone od 2002 roku z częstotliwością raz na rok (Rys. 4);
- pomiary przemieszczeń względnych w stropie komory, prowadzone od 1998 roku, początkowo z częstotliwością ok. 5 razy w miesiącu, obecnie 5 razy w roku.

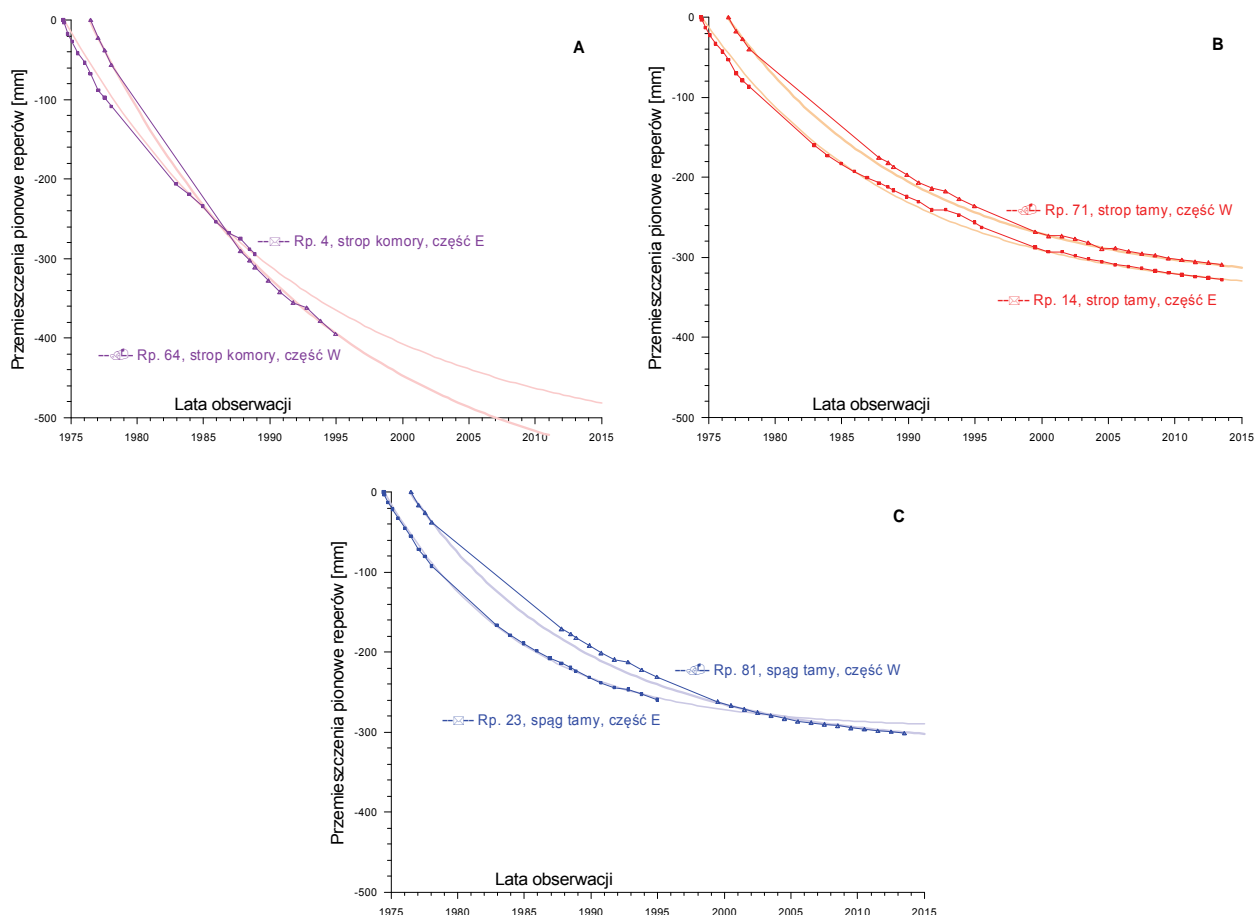
Wyniki obserwacji i ich analiza pozwalają wyłonić pewne zjawiska zachodzące w rejonie tamy podporowej w komorze Layer. Na poziomie VII na podłużni Layer w pobliżu tamy występują obniżenia osiągające wartość 7,7 mm/rok. Obniżeniom ze średnią prędkością 4,2 mm/rok ulega znak ZN 7-11 przy szybie Kościuszko, do którego dowiązywane są corocznie pomiary niwelacyjne w komorze Layer. W początkowym okresie, od 1976 do 1988 r., repery na linii przystropowej i przyspągowej tamy przemieszczały się z prędkością od -9 mm/rok na wschodzie do -15 mm/rok na zachodzie, a w stropie komory od $-12,5$ mm/rok na wschodzie do -20 mm/rok na zachodzie, prędkość ta lokalnie zwiększona była do -23 ÷ -27 mm/rok. W końcowym okresie, od 2001 do 2013 r., tendencje ruchu tamy nie są tak widoczne, strop komory nadal bardziej obniża się na zachodzie (do 9,5 mm/rok), choć w części wschodniej i centralnej obniżenia są w przybliżeniu jednakowe (średnio 4,8 mm/rok).

Ruch stropu komory rejestrowany czujnikami przemieszczeń charakteryzuje się prawie stałą prędkością, najmniejsze przemieszczenia wynoszą ok. 1 mm/rok (czujnik w odległości 10 m od tamy), a maksymalne obniżenia rejestrowane są w odległości 1,7 m od tamy – ok. 6 mm/rok, co jest zgodne z obniżeniami stropu nad tamą w rejonie tego czujnika obserwowanymi metodami geodezyjnymi.



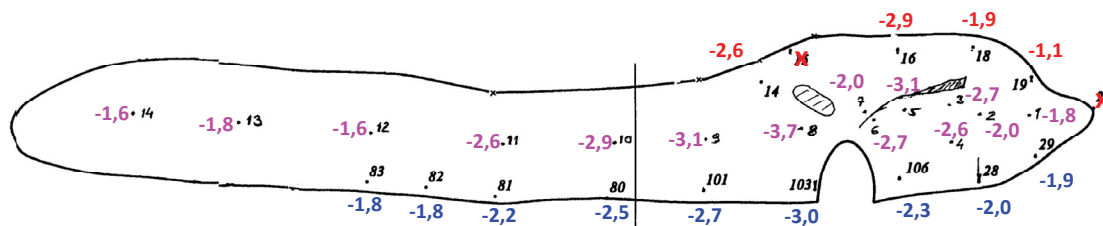
Rys. 2. Szkic lokalizacyjny obserwowanych obecnie reperów; kółkami zaznaczono repery mierzone od 1974 r. (część E) i od 1976 r. (część W)

Zależność pionowych przemieszczeń punktów na ścianie tamy i w stropie komory od czasu pokazano na rysunku 3. Początkowo repery obniżały się prędkością dochodzącą do 30 mm/rok, a obecnie prędkość ruchu zmniejszyła się do ok. 5 mm/rok w stropie komory i poniżej 1 mm/rok w spągu tamy. W całym okresie obserwacji przemieszczenia pionowe spągu tamy mogły przekroczyć -300 mm – jest to wartość względna, przy założeniu stałości punktu dowiązania, lecz dodając przemieszczenie punktu dowiązania o prędkości $-4,2$ mm/rok, czyli -168 mm w ciągu 40 lat, komora Layer obniżyła się o prawie 50 cm.



Rys. 3. Maksymalne przemieszczenia pionowe reperów w poszczególnych strefach tamy; A – strop komory, B – strop tamy, C – spąg tamy

Deformacje pionowe tamy mają charakter ściskania. Maksymalne deformacje obserwowane są w części centralno-wschodniej tamy i dochodzą tam one do $-1,13$ ‰/rok. Deformacje maleją do $-0,07$ ‰/rok na zachodnim obrzeżu tamy, a na wschodnim brzegu przechodzą w niewielkie rozciągania o wartości $+0,02$ ‰/rok. Deformacje poziome wskazują na wybrzuszenie się tamy w kierunku środka komory (Rys. 4). Wartość deformacji oscyluje wokół średniej 0,5 mm/rok (od 0,0 do 1,1 mm/rok).

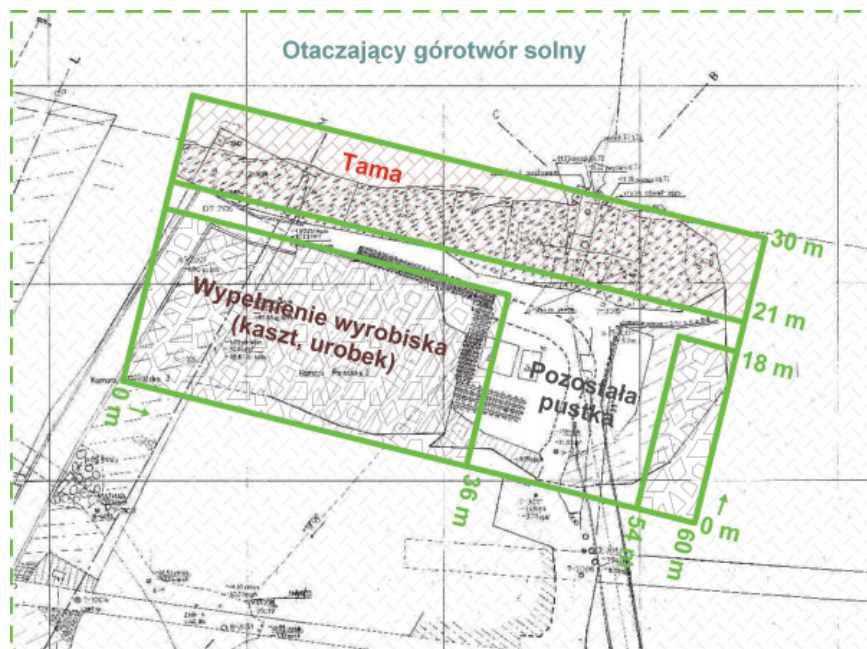


Rys. 4. Średnia prędkość przemieszczeń poziomych punktów ściany czołowej tamy w okresie 2002-2010 [mm/rok]

3. Model warunków geomechanicznych w rejonie tamy

Interpretacja zachowania się tamy współdziałającej z otaczającym ją górotworem wymaga zbudowania modelu geomechanicznego. Poprzez badania modelowe polegające na krokowym dopasowywaniu wyników symulacji numerycznych do wyników pomiarów *in situ* otrzymano prawdopodobny model zjawisk obserwowanych w komorze Layer.

Model geometryczny w przestrzeni 3D+t tworzył prostopadłościan o poziomych wymiarach ponad 1 km i wysokości 0,5 km. W środku tej bryły umieszczono komorę o wymiarach poziomych $s = 60$ m (wzdłuż osi X), $l = 30$ m (wzdłuż osi Y) i wysokości $h = 2,5$ m (wzdłuż osi Z). Po utworzeniu się w solach litostatycznego stanu naprężeń początkowych, w czasie $t = 0$ powstała komora pierwotna o wymiarach s, l, h . Potem w części północnej utworzono prostopadłościenną tamę betonową oraz wypełnienie części południowej, odpowiadające obudowie kasztovej, z wydzieleniem części niewypełnionej o wymiarach 18 m na 15 m i chodnika przy tamie o szerokości 3 m (Rys. 5). W tak uproszczonym modelu pominięto zróżnicowanie wymiarów poprzecznych tamy i obecność w tamie chodnika z obudową tubingową; przyjęto, że nad i pod tamą występują skały o jednakowych właściwościach geomechanicznych. Przyjęto przemieszczeniowe warunki brzegowe. Górna powierzchnia modelu, odpowiadająca powierzchni terenu, była nieobciążona i mogła się dowolnie przemieszczać.



Rys. 5. Model koncepcyjny komory Layer z tamą podporową (przekrój poziomy)

Warunki geomechaniczne w rejonie tamy podporowej są skomplikowane i niedostatecznie rozpoznane. Badania modelowe przeprowadzono przy znacznym uproszczeniu modelu geometrycznego i fizycznego. Zgodnie ze stosowanymi standardami w górnictwie solnym przyjęto, że górotwór otaczający tamę jest ośrodkiem o właściwościach sprężysto-lepkich, w którym naprężenia, przemieszczenia i odkształcenia zmieniają się w czasie zgodnie z potęgowym prawem Nortona-Bailey'a (Maj, 2012).

Przestrzenie modelu geometrycznego, to jest tama, strefa wypełnienia komory i otaczający górotwór solny różniły się właściwościami fizycznymi. Wyodrębnienie właściwości poszczególnych przestrzeni modelu fizycznego polegało na zróżnicowaniu modułu odkształceń Younga E , według zasady $E_{kaszt} < E_{sole} < E_{beton}$ oraz podatności na pęcznienie $B_{kaszt} > B_{górotwór} < B_{beton}$. Symulowany proces wzajemnego oddziaływania tamy i górotworu trwał 50 lat. Dane z końcowego okresu pęcznienia górotworu (pomiędzy $t = 33,3$ a $t = 50$) służyły weryfikacji modelu. Obliczenia wykonano metodą elementów skończonych wykorzystując program Cosmos/M.

Model weryfikowano dwoma parametrami, o wartościach średnich dla całej tamy: prędkością deformacji pionowej i prędkością wzajemnego przemieszczenia poziomego. Wartości te wyliczono na podstawie wyników obserwacji w tabelach 1 i 2.

Tab. 1. Obliczenie średniej wartości prędkości deformacji pionowej

Oznaczenie reperu stropowego (rp. str.)	Średnia prędkość obniżenia rp. str. [mm/rok]	Oznaczenie reperu przystropowego (rp. pstr.)	Średnia prędkość obniżenia rp. pstr. [mm/rok]	Średnia prędkość wzajemnego przemieszczenia pionowego [mm/rok]	Odległość między rp. pstr. a rp. psp. [m]	Średnie deformacje [%/rok]	Oznaczenie reperu przyspawowego (rp. psp.)	Średnia prędkość obniżenia rp. psp. [mm/rok]
1	2	3	4	5 = 4 - 9	6	7 = 5 / 6	8	9
110	-8,66	77	-1,24					
B	-9,38	76	-1,80	-0,13	1,9624	-0,066	86	-1,67
A	-7,85	75	-1,68	-0,01	2,0000	-0,005	86	-1,67
111	-7,29	74	-2,37	-0,15	2,1010	-0,071	84	-2,22
		73	-2,65	-0,27	1,9750	-0,137	83	-2,38
62	-4,58	72	-2,96	-0,45	1,9260	-0,234	82	-2,51
112	-5,78	71	-2,96	-0,47	1,8730	-0,251	81	-2,49
113	-4,28						80	-1,64
114	-4,31						101	-0,85
115	-3,78	14	-2,90	-2,82	2,5000	-1,128	103	-0,08
116	-3,90	15	-1,70	-1,62	2,7761	-0,584	103	-0,08
117	-4,81	16	-2,14	-1,47	2,6016	-0,565	106	-0,67
118	-4,99							
119	-4,98							
120	-4,18	18	-1,54	-0,06	3,1788	-0,019	28	-1,48
121	-4,74	19	-1,63	0,05	2,9945	0,017	29	-1,68
Średnia	-5,57	Średnia	-2,13	-0,67	2,4	-0,277	Średnia	-1,49

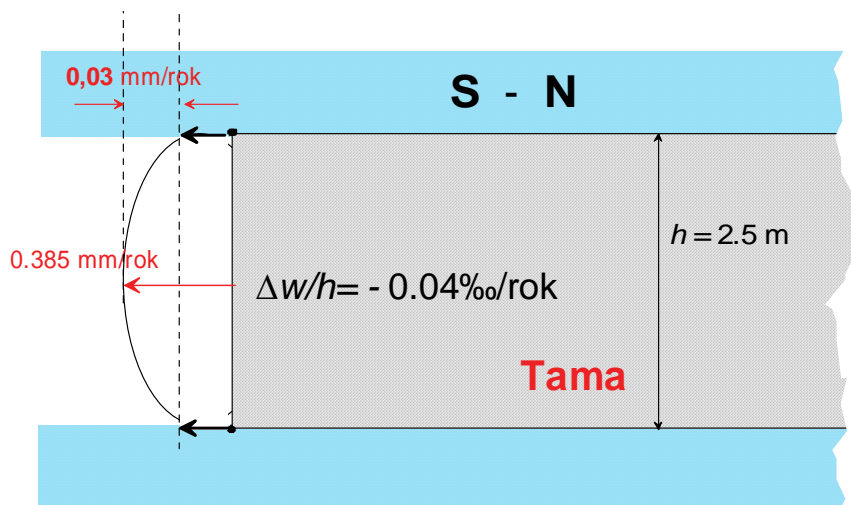
Tab. 2. Obliczenie średniej wartości prędkości wzajemnego przemieszczenia poziomego

Oznaczenie reperu przystropowego (rp. pstr.)	Średnia prędkość przemieszczenia poziomego rp. pstr. [mm/rok]	Średnia prędkość wzajemnego przemieszczenia poziomego [mm/rok] (część górna tamy)	Oznaczenie reperu środkowego (rp. śr.)	Średnia prędkość przemieszczenia poziomego rp. śr. [mm/rok]	Średnia prędkość wzajemnego przemieszczenia poziomego [mm/rok] (część dolna tamy)	Oznaczenie reperu przyspawowego (rp. psp.)	Średnia prędkość przemieszczenia poziomego rp. psp. [mm/rok]
1	2	3	4	5	6	7	8
1	2	3 = 2 - 5	4	5	6 = 8 - 5	7	8
			14'	-1,6			
			13	-1,8			
			12	-1,6	-0,2	83	-1,8
						82	-1,8

1	2	3	4	5	6	7	8
			11	-2,6	0,4	81	-2,2
			10	-2,9	0,4	80	-2,5
			9	-3,1	0,4	101	-2,7
14	-2,6	1,1	8	-3,7	0,7	103	-3,0
			7	-2,0			
			6	-2,7	0,4	106	-2,3
16	-2,9	0,2	5	-3,1	0,8	106	-2,3
			4	-2,6	0,6	28	-2,0
18	-1,9	0,8	3	-2,7	0,7	28	-2,0
18	-1,9	0,1	2	-2,0	0,0	28	-2,0
19	-1,1	0,7	1	-1,8	-0,1	29	-1,9
Średnia	-2,1	0,6	Średnia	-2,4	0,4	Średnia	-2,2
Średnia (góra i dół tamy)					0,5		

4. Wyniki symulacji numerycznych

Dla uchwycenia reakcji mechanicznej na zadawane warunki, przeprowadzono wiele testów modelowych. W tej pracy przedstawiono dwa skrajne warianty, symulujące zachowanie się tamy sztywnej i podatnej. W modelu „sztywnej tamy” do obliczeń przyjęto następujące właściwości betonu: $E = 1 \cdot 10^{11}$ Pa, $\nu = 0,15$, $B = 5 \cdot 10^{-26}$ Pa $^{-2}$ s $^{-1}$, $\rho = 2500$ kg/m 3 . W środku wschodniej części tamy przemieszczenia poziome w przekroju pionowym w ostatnim okresie symulowanego zachowania się tamy (pomiędzy $t = 33,3$ a $t = 50$) wynosiły przy stropie i spągu $-0,36$ mm/rok, a w środku ściany $-0,39$ mm/rok. Deformacja w kierunku pionowym była ściskaniem z prędkością $-0,04\%$ /rok (Rys. 6).



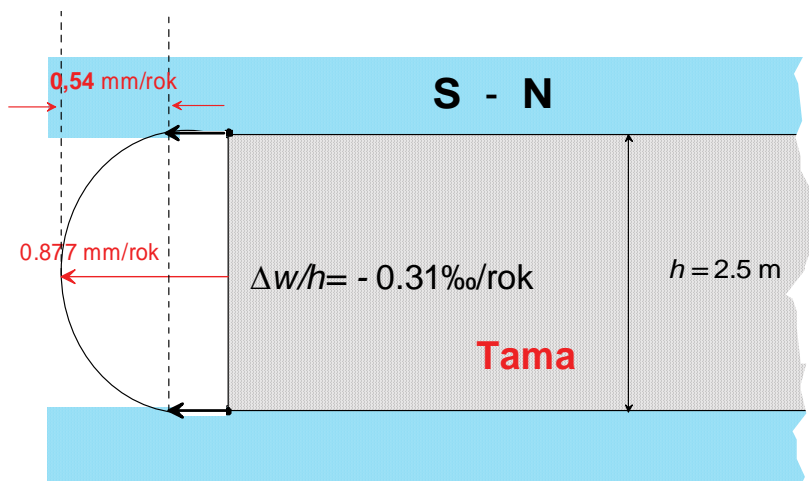
Rys. 6. Deformacje poziome i pionowe przy ścianie tamy, model ze sztywnym betonem

Bliższe obserwacjom geodezyjnym wyniki modelowania otrzymano dla upodatnionego betonu o właściwościach $E = 1 \cdot 10^{10}$ Pa, $\nu = 0,30$, $B = 5 \cdot 10^{-25}$ Pa $^{-2}$ s $^{-1}$, $\rho = 2500$ kg/m 3 (Rys. 7).

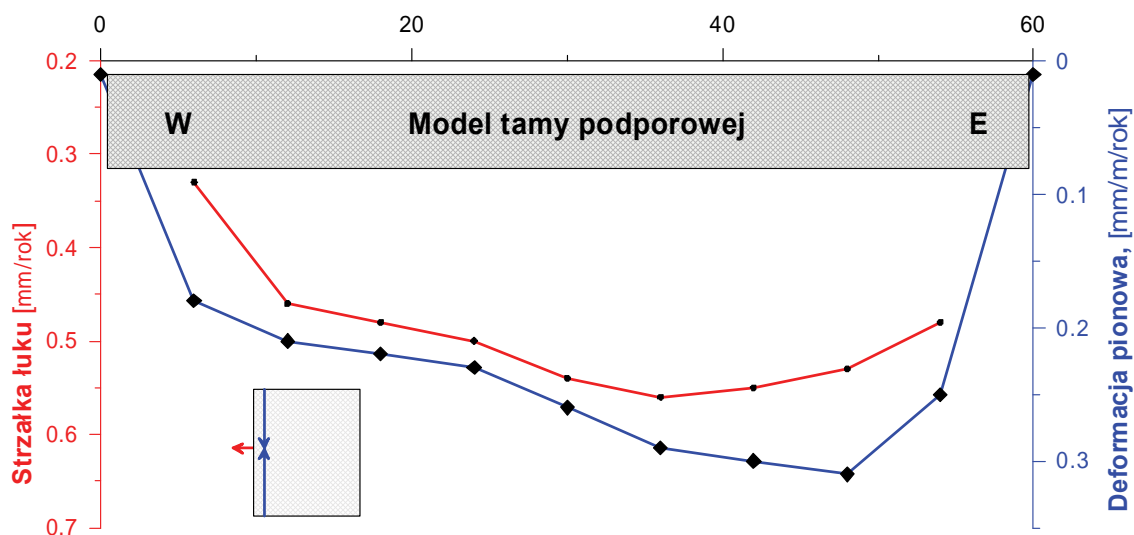
Wyniki modelowe w poszczególnych pionowych przekrojach prostopadłych do ściany tamy z podatnym betonem w końcowym okresie symulowanego zachowania się tamy (pomiędzy $t = 33,3$ a $t = 50$) przedstawiono na rysunku 8.

Modelowe maksymalne prędkości przemieszczeń poziomych występują we wschodniej części tamy. Tam też – w pobliżu wschodniego połączenia tamy z ociosem solnym pojawiają się największe prędkości deformacji pionowych na ścianie tamy.

Symulacje numeryczne, nawet na tak uproszczonym modelu, pokazują, jakie warunki muszą zaistnieć, aby można było zaobserwować przedstawione w rozdziale 2 wartości przemieszczeń. Założenia konstruktorów tamy z okresu awarii wodnej w komorze Layer nie zostały spełnione. Już w początkowym okresie istnienia tamy beton, z którego została zbudowana, pod wpływem nacisku górotworu musiał ulec znacznemu



Rys. 7. Deformacje poziome i pionowe przy ścianie tamy, model z podatnym betonem



Rys. 8. Modelowe przemieszczenia poziome w środku wysokości ściany (linia czerwona) oraz deformacje pionowe (linia granatowa) – wzdłuż kierunku W-E tamy

upodatnieniu. W innym przypadku nie można byłoby uzyskać zgodności wyników obliczeń numerycznych z wynikami pomiarów. Zwiększoną podatnością na pełzanie cechowały się też utwory w spągu komory Layer. Wskazują na to duże wartości obniżeń spągu tamy. Większe deformacje pionowe i większe wartości wzajemnych przemieszczeń poziomych, obserwowane we wschodniej części tamy, początkowo przypisywane były obecności chodnika w obudowie tubingowej. Jednak, jak to wynika z przeprowadzonych badań modelowych, mogą być też efektem pozostawienia niewypełnionej pustki przed tą częścią tamy.

5. Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że dla materiału tamy, odpowiadającego właściwościom zdegradowanego, upodatnionego betonu, modelowe efekty odkształceniowe są podobne do wyników obserwacji geodezyjnych. W rzeczywistości degradacja betonu (przejawiająca się w modelu spadkiem modułu odkształceń objętościowych i zwiększeniem podatności na pełzanie) mogła być skutkiem niedotrzymywania założonej receptury, znacznych prędkości obniżeń stropu w okresie wiązania zaprawy, jak również nierównomiernych obciążeń stropu tamy. Obserwowane deformacje i wyniki modelowe pokazują, że odkształcalność tamy obecnie nieznacznie różni się od zachowania otaczającego ją górotworu solnego, co mogłoby być skutkiem kompetentnego płynięcia z tworzeniem się w betonie sieci mikrospekłań.

Inną interpretacją obserwowanych deformacji jest założenie, że w tamie powstały znaczne makrospeknięcia i szczeliny, np. z odspajaniem się materiału przy ścianie tamy, a model geomechaniczny z warunkiem continuum ośrodka nie odpowiada rzeczywistości. Wtedy speknięcia w niejednorodnej strukturze betonu mogłyby propagować wzdłuż powierzchni pionowych granic segmentów tamy do zawodnionych obszarów górotworu za tamą, otwierając możliwość migracji wód.

Przeglądy archiwalnych materiałów kartograficznych i opisowych, wizje lokalne, analizy wyników pomiarów (np. geodezyjnych), jak również budowa modeli geomechanicznych i symulacje numeryczne są niezwykle istotne w prowadzeniu badań naukowych. W celu wyjaśnienia zjawisk zachodzących w tak złożonych obiektach, jakim jest układ górotwór – tama – pustka, niezbędne jest wykorzystywanie różnego typu analiz. W tej pracy hipotezy postawione na podstawie analizy wyników pomiarów zostały zweryfikowane wynikami symulacji numerycznych.

Praca została wykonana w roku 2015 w ramach prac statutowych realizowanych w IMG PAN w Krakowie, finansowanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- Brudnik K., Czop M., Motyka J., d'Obyrn K., Rogoż M., Witczak S., 2010: *The complex hydrogeology of the unique Wieliczka salt mine*. Przegląd Geologiczny, vol. 58, nr 9/1, s. 787-796.
- Cała M., Flisiak J., Tajduś A., 2001: *Mechanizm współpracy kotwi z górotworem o zróżnicowanej budowie*. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Wydawnictwo ISMGiE PAN, Kraków (s. 188).
- Chudek M., Kleta H., Wojtusiak A., Chudek M.D., 2009: *Obudowa szybów w warunkach znacznych ciśnień deformacyjnych górotworu*. Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 33, Zeszyt 3/1, s. 87-90.
- Kortas G., 2010: *Szyb z obudową w górotworze solnym – wstępne badania modelowe*. Górnictwo i Geoinżynieria, Rok 34, Zeszyt 2, s. 395-402.
- d'Obyrn K., Brudnik K., 2011: *Wyniki monitoringu hydrogeologicznego w kopalni soli „Wieliczka” po zamknięciu dopływu wody w poprzeczni Mina na poz. IV*. Przegląd Górniczy Nr 6, s. 90-96.
- Kortas G., Maj A., 2012: *Warunki geomechaniczne w caliznach chroniących kopalnię przed wodami na przykładzie kopalni soli Kłodawa*. Przegląd Górniczy Nr 12, s. 112-117.
- Maj A., 2012: *Convergence of gallery workings in underground salt mines*. Archives of Mining Sciences, Monograph No. 14 (s. 111).
- Maj A., d'Obyrn K., 2015: *Określenie stanu podporowej tamy przeciwwodnej i jej ruchów na podstawie obserwacji geodezyjnych w komorze Layer w kopalni soli Wieliczka*. Przegląd Górniczy Nr 11, s. 68-79.
- Majcherczyk T., Małkowski P., Niedbalski Z., 2006: *Ruchy górotworu i reakcje obudowy w procesie niszczenia skał wokół wyrobisk korytarzowych na podstawie badań „in situ”*. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynieria, Katedra Geomechaniki, Budownictwa i Geotechniki, Kraków (s. 130).
- Wójcik J. i in., 1995: *Opracowanie interpretacji katastrof wodnych i doświadczeń hydrotechnicznych, wyników drenażu i przejawów ruchu górotworu i jego skutków w postaci szkód górniczych, a w szczególności doświadczeń z przebiegu historycznych katastrof oraz zwalczania zagrożenia wodnego w komorze Kłoski, pop. Mina, komorze Fornalska, Z-32 i podłużni Kosocice dla określenia parametrów i warunków modelowania dynamicznych przepływów i ich skutków. Rozdz. IV.7. Komora Fornalska 2. Poziom VII*. GeoConsulting, Kraków, Archiwum Kopalni Soli Wieliczka (praca niepublikowana) (s. 23+7 zał.)

Application of a Simplified Geomechanical Model for the Interpretation of the Operation of the Support Dam in the Layer Chamber of the Wieliczka Salt Mine

Abstract

The process of interaction between the hard to deform objects and the medium representing rheological properties was examined by analyzing long-term observations concerning the behaviour of a support dam within a surrounding rock mass. The analysis of surveying results indicated the dam's significant horizontal and vertical deformation values, as well as those relating to its subsidence. Owing to the development of a simple geomechanical model and completion of numerical simulations, it was possible to interpret the phenomena indicated by the measurement results.

Keywords: support dam, salt rock mass, dam deformations, numerical modelling