

Mirosław CHUDEK, Piotr STRZAŁKOWSKI

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

Andrzej FLISOWSKI

Politechnika Śląska, Gliwice

Instytut Matematyki

WERYFIKACJA METODY PROGNOZOWANIA DEFORMACJI GÓROTWORU WYKORZYSTUJĄCEJ FUNKCJĘ WPLYWÓW CAŁKOWALNĄ PRZEZ KWADRATURĘ

Streszczenie. W pracy przedstawiono weryfikację modelu prognozowania wpływów eksploatacji górniczej na górotwór. Model ten wykorzystuje do obliczeń funkcję wpływów całkowaną przez kwadraturę. Przeprowadzone w ramach pracy obliczenia wskazują na wysoką jakość modelu.

VERIFICATION OF METHOD OF ROCK MASS DEFORMATION FORECASTING WITH USING INFLUENCE FUNCTION INTEGRABLE BY QUADRATURE

Summary. The verification has been shown of model for forecasting rock mass deformation due to underground extraction, This model utilises special influence function that is integrable by quadrature.

1. Wstęp

Istniejące rozwiązania w zakresie prognoz poeksploatacyjnych deformacji górotworu charakteryzują się pewnymi systematycznymi odstępstwami w stosunku do wyników pomiarów geodezyjnych oraz cechują się trudnościami, związanymi z obliczaniem wartości całki z funkcji wpływów, gdyż są one z reguły nierozwiązywalne przez kwadraturę.

W związku z powyższym, podejmowane są badania zmierzające do opracowania metod pozwalających na dokonywanie prognoz o coraz większej dokładności, których stosowanie nie stwarza trudności przy przeprowadzaniu obliczeń. Warunkiem stosowania tych metod jest

nie tylko poprawność matematyczna modelu, lecz również dająca pozytywne rezultaty weryfikacja opierająca się na wynikach pomiarów geodezyjnych.

Zagadnieniu temu poświęcono niniejszą pracę, której celem była weryfikacja metody prognozowania deformacji, wykorzystującej do obliczeń funkcję wpływów całkowalną przez kwadraturę [1].

2. Podstawowe założenia weryfikowanej metody

Dla dalszych celów rozważań, w metodzie poczyniono następujące założenia:

- Eksploatacja prowadzona jest na odpowiednio dużej głębokości, tak że spowodowane nią deformacje powierzchni są ciągłe w czasoprzestrzeni (na powierzchni nie zauważa się występowania deformacji nieciągłych).
- Pokład zalega poziomo (w praktyce założyć można, że upad eksploatowanego pokładu $\alpha \leq 10^\circ$).
- Front ściany o długości y_1 , o wyrobiskach przyścianowych parami równoległych w pokładzie na głębokości H posuwa się ze stałą prędkością v .
- W lewym dolnym wierzchołku, związanym z początkiem eksploatacji przyjęto początek układu współrzędnych kartezjańskich Oxy . Współrzędna y wyznacza długość ściany, a x związana jest z jej wybiegiem (ruchomą krawędzią). Współrzędną punktu w tym układzie oznaczmy przez s i q . Drugi układ współrzędnych związany jest z ruchomą krawędzią. Odcięta punktu w tym układzie oznaczona została jako s_0 , rzędna nie ulegnie zmianie.

Tak więc, dla tego samego punktu powierzchni terenu zachodzi między jego współrzędną s_0 (w układzie stałym) oraz współrzędną s (w układzie zmieniającym się wraz z postępowaniem frontu) związek:

$$s = s_0 - v \cdot t,$$

gdzie: v – prędkość posuwu frontu eksploatacji,

t – czas liczony od momentu rozpoczęcia eksploatacji.

Punktowi $A(x, y, s, q)$, leżącemu na powierzchni terenu, przyporządkowujemy funkcję wpływów $g(x, y, s, q)$ o następującej postaci [1]:

$$g(x, y, s, q) = \frac{W_{\max}}{4} b^4 \left(\left| x - p - s \right| + \frac{1}{b} \right) \exp(-b|x - p - s|) * \left(\left| y - p - q \right| + \frac{1}{b} \right) \exp(-b|y - p - q|), \quad (1)$$

gdzie: $b \in \mathbb{R}, p \in \mathbb{R}$ – parametry metody zależne od własności fizycznych górotworu

$$w_{\max} = -a m,$$

a – współczynnik zależny od sposobu kierowania stropem,

m – grubość pokładu.

Obniżenia asymptotyczne w punkcie A określone są następującą zależnością [1]:

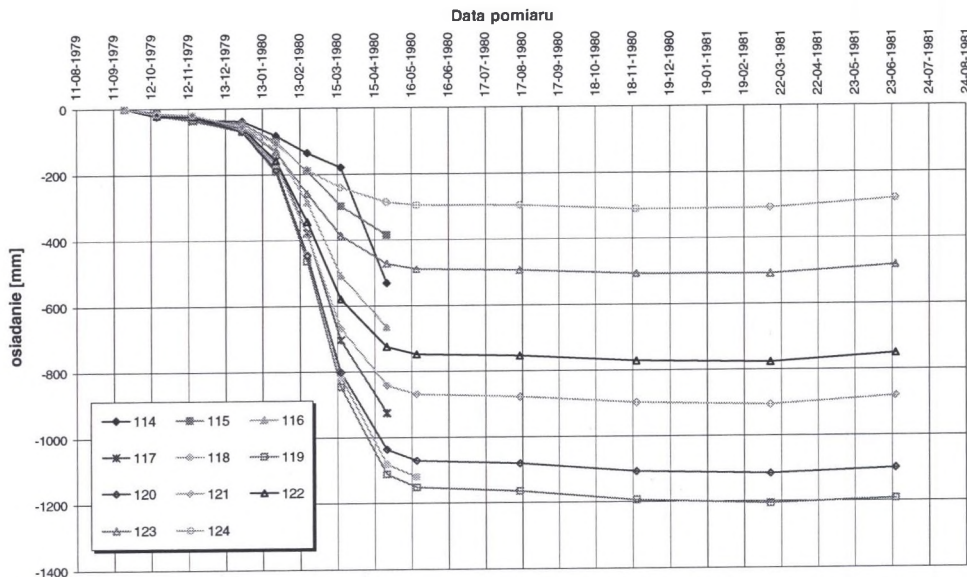
$$w_k(s_0, v, t) = \frac{W_{\max}}{4} b^2 v \int_{-t}^0 \left(|v \cdot T - p - s_0 + v \cdot t| + \frac{1}{b} \right) \exp(-b|v \cdot T - p - s_0 + v \cdot t|) dT * \\ * \frac{b^2}{4} \int_0^{y_1} \left(\left| y - p - q \right| + \frac{1}{b} \right) \exp(-b|y - p - q|) dy \quad (2)$$

Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego artykułu, nie podaje się wzorów określających wartości pozostałych wskaźników deformacji, są one zawarte np. w [1].

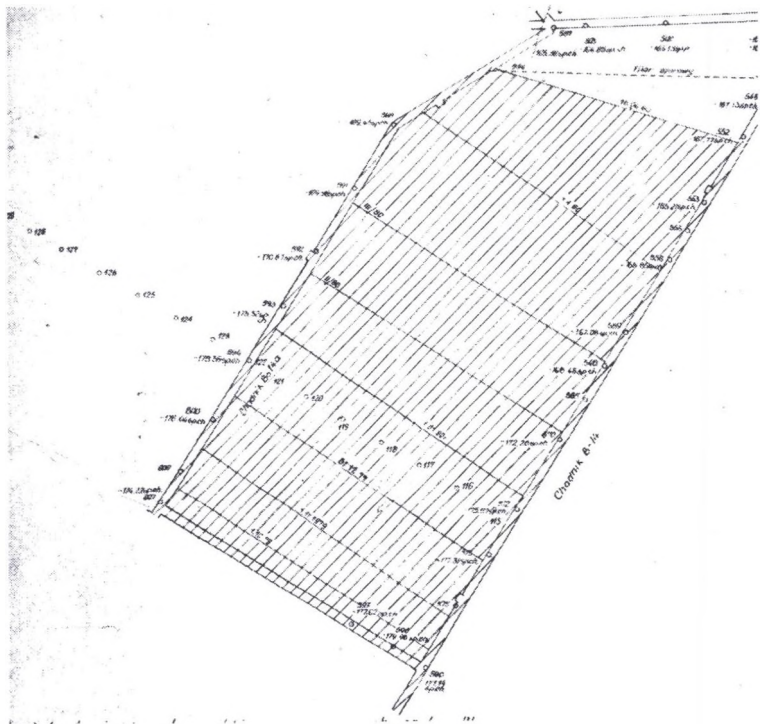
3. Analiza wyników pomiarów

Dla celów identyfikacji wartości parametrów wybrano wyniki pomiarów prowadzonych na linii obserwacyjnej nr 4, na terenie górniczym KWK „B”. Analizując przebieg osiadań w czasie poszczególnych punktów na linii nr 4 (rys. 1), można zauważyć, że pełne uspokojenie ruchów nastąpiło w cyklu pomiarowym z dnia 13-03-1981 r. W związku z powyższym, zgodnie z ogólnie znanymi zasadami wyznaczania parametrów teorii geometryczno-całkowych, osiadania, z tego cyklu pomiarowego przyjęto do identyfikacji parametrów metody: a, p, b .

Zarejestrowane, na linii pomiarowej nr 4, wpływy pochodzą od eksploatacji prowadzonej ścianą B-14 w pokładzie 358/2-3 z zawałem stropu (rys. 2). Ze względu na stosunkowo zróżnicowaną grubość eksploatowanej warstwy pokładu, do obliczeń przyjęto średnią grubość – 2,4 m. Głębokość zalegania pokładu w rejonie ściany wynosiła ok. 420 m.



Rys. 1. Przebiegi osiadań w czasie wybranych punktów obserwacyjnych
Fig. 1. The course of subsidence over time for chosen observing points



Rys. 2. Lokalizacja punktów obserwacyjnych względem dokonanej eksploatacji
Fig. 2. Location of observing points against extracted field

Wyniki obliczeń zostały zilustrowane graficznie na rys. 3, na którym przedstawiono wykresy osiadań otrzymanych na podstawie wyników pomiarów ($W_{rzecz.}$) i obliczonych ($W_{teoret.}$), przy przyjęciu do obliczeń wyznaczonych wartości parametrów.

Analizując otrzymane wyniki obliczeń można stwierdzić, że uzyskano ich wysoką zgodność z wynikami pomiarów geodezyjnych. Świadczy o tym m.in. niska wartość błędu procentowego osiadań. Wyniosła ona bowiem $M\% = 2,29\%$.

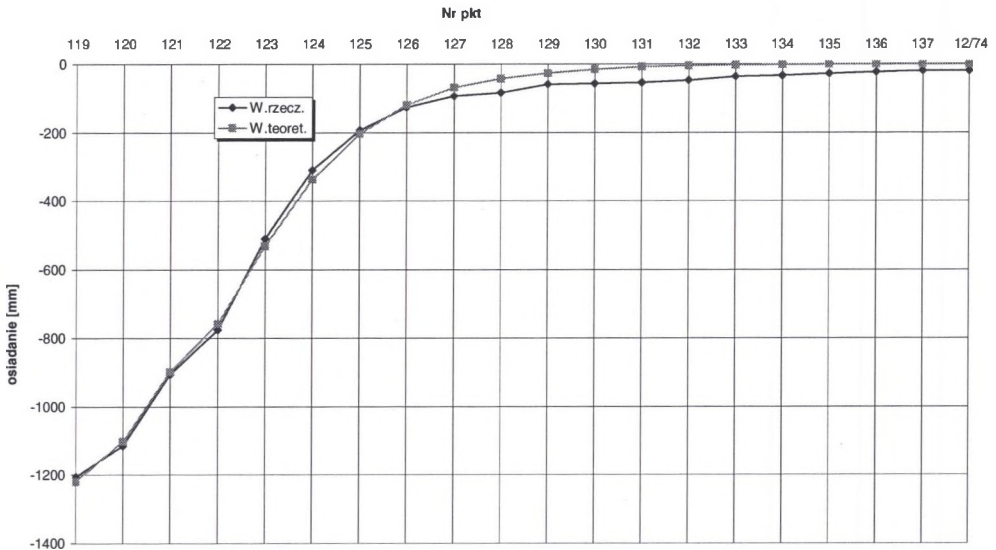
Tabela 1

Wyniki identyfikacji parametrów modelu M. Chudka – A. Flisowskiego

PROGRAM DO WYZNACZANIA PARAMETRÓW M.CHUDKA-A.FLISOWSKIEGO											
a=		.709682		p=		1.443860		b=		.027675	
Porównanie OSIADAŃ											
LP	X	Y	W.rzecz.	W.teoret.	V	VV	SumV	SumVV			
1	100.0	114.0	-1206.000	-1219.973	13.9725	195.2317	13.9725	195.2317			
2	100.0	138.0	-1115.000	-1102.585	-12.4153	154.1393	1.5573	349.3710			
3	100.0	163.0	-906.000	-899.143	-6.8573	47.0226	-5.3000	396.3935			
4	100.0	177.0	-776.000	-758.278	-17.7221	314.0731	-23.0222	710.4666			
5	100.0	200.0	-509.000	-530.609	21.6094	466.9651	-1.4128	1177.4320			
6	100.0	225.0	-309.000	-336.049	27.0489	731.6424	25.6361	1909.0740			
7	100.0	250.0	-193.000	-203.486	10.4863	109.9631	36.1224	2019.0370			
8	100.0	275.0	-126.000	-119.519	-6.4809	42.0022	29.6415	2061.0390			
9	100.0	300.0	-93.000	-68.670	-24.3300	591.9471	5.3116	2652.9860			
10	100.0	321.0	-84.000	-42.553	-41.4468	1717.8400	-36.1353	4370.8260			
11	100.0	341.0	-59.000	-26.738	-32.2623	1040.8590	-68.3976	5411.6850			
12	100.0	365.0	-57.000	-15.165	-41.8350	1750.1710	-110.2327	7161.8560			
13	100.0	391.0	-54.000	-8.125	-45.8747	2104.4880	-156.1074	9266.3440			
14	100.0	413.0	-47.000	-4.761	-42.2392	1784.1520	-198.3466	11050.5000			
15	100.0	436.0	-37.000	-2.708	-34.2924	1175.9700	-232.6390	12226.4700			
16	100.0	458.0	-34.000	-1.571	-32.4290	1051.6430	-265.0681	13278.1100			
17	100.0	481.0	-28.000	-.885	-27.1145	735.1962	-292.1826	14013.3100			
18	100.0	508.0	-23.000	-.450	-22.5504	508.5198	-314.7329	14521.8300			
19	100.0	535.0	-19.000	-.227	-18.7727	352.4155	-333.5057	14874.2400			
20	100.0	562.0	-19.000	-.114	-18.8856	356.6651	-352.3913	15230.9100			
M0=	-17.6196	M=	27.5961	M%=	2.29 %						

W powyższej tabeli przyjęto następujące oznaczenia:

- Wrzecz. – osiadania stwierdzone pomiarem
- Wteoret. – osiadania obliczone
- V – różnica osiadań określonych jak wyżej, $VV=V^2$
- SumV – suma różnic V
- SumVV – suma VV
- M0 – błąd przeciętny
- M – odchylenie standardowe
- M% – błąd procentowy



Rys. 3. Porównanie osiadań obliczonych teoretycznie przy wyznaczonych wartościach parametrów z otrzymanymi na podstawie obserwacji geodezyjnych

Fig. 3. The comparison of subsidence calculated with using determined values of parameters against obtained ones from geodesic measurements

4. Podsumowanie i wnioski

Wykonane, w ramach pracy, analizy wyników pomiarów geodezyjnych, których najistotniejszą częścią była identyfikacja wartości parametrów proponowanego modelu pozwalają na poczynienie następujących stwierdzeń:

1. Istnieje możliwość identyfikacji wartości parametrów modelu na podstawie wyników pomiarów geodezyjnych, przy wykorzystaniu oprogramowania komputerowego, opracowanego specjalnie do tego celu.
2. Uzyskana zgodność osiadań, obliczonych z osiadaniem uzyskanymi z pomiarów, może być uznana za wysoką. Świadczy to o pełnej przydatności praktycznej proponowanego rozwiązania.
3. Warunkiem stosowania w praktyce górniczej modelu jest prowadzenie dalszej jego weryfikacji, opierającej się na wynikach pomiarów geodezyjnych, co pozwoli na nadanie fizycznego znaczenia parametrom.

Literatura

1. Chudek M., Flisowski A.: *Propozycja obliczania nieustalonych osiadań powierzchni terenu przy zastosowaniu oryginalnej funkcji wpływów*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo, nr 225. Gliwice 1995.
2. Chudek M.: *Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2002.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Podgórski

Abstract

Paper deals with verification of model worked out for forecasting rock mass deformations caused by underground extraction. Significant novelty in this model there is using of a special influence function, integrable by quadrature. Analyses of results of geodesic measurements have been done by using dedicated software. Program carries out identification of model parameters with employment of least square method. The comparison of calculated subsidence trough profile with measured one shows good quality of presented model.