ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2004
Seria: GÓRNICTWO z. 261 Nr kol. 1650

Piotr STRZAŁKOWSKI
Politechnika Śląska, Gliwice

PRZYKŁAD ANALIZY ODDZIAŁYWANIA EKSPLOATACJI GÓRNICZEJ NA OBIEKT BUDOWLANY Z UWZGLĘDNIENIEM CZASOPRZESTRZENNEGO POŁOŻENIA FRONTU EKSPLOATACYJNEGO

Streszczenie. W pracy przedstawiono przykładową analizę oddziaływania eksploatacji górniczej na obiekt zlokalizowany na powierzchni terenu. Analiza oparta została na wynikach pomiarów niwelacyjnych oraz obliczeniach dokonanych przy użyciu programu komputerowego [15]. W pracy wykazano, że obliczenia wskaźników deformacji powinny być przeprowadzane z uwzględnieniem ciągłości zmian położeń frontu eksploatacyjnego, co pozwala na dokładne określenie maksymalnych wartości deformacji. Obliczenia przeprowadzono przy upraszczającym je założeniu, że wpływy eksploatacji ujawniają się natychmiastowo.

THE ANALYSIS OF INFLUENCE OF THE MINING EXTRACTION ON THE BUILDING LOCATED ON GROUND SURFACE TAKING LOCATION OF THE EXPLOITATION FACES OVER TIME

Summary. The analysis of influence of mining extraction on the building located on ground suface has been presented in this paper. The analysis is based on the measurement results and calculations made using a computer programme [15]. In this paper there is presented that the calculations of the deformation rates should be made taking into consideration the continuity changes of locations of exploitation front., which allows to specify exactly the maximum values of deformation. The calculation were made by the oversimplified assuming that the exploitation influences occur immediately.

1. Wprowadzenie

Decyzje o prowadzeniu projektowanej eksploatacji górniczej są poprzedzane dokonywaniem stosownych obliczeń i analiz ich wyników. W celu oceny oddziaływania

robót górniczych na budowle i elementy uzbrojenia powierzchni terenu dokonuje się prognoz wartości wskaźników deformacji. Prognozy te sporządzane są przy wykorzystaniu specjalnie w tym celu opracowanych metod, czy teorii, np. opisanych w pracach [4, 9]. Szybki postęp w zakresie komputeryzacji spowodował możliwość tworzenia profesjonalnego oprogramowania, które w znacznym stopniu pozwala na ułatwienie dokonywania obliczeń oraz graficznego przedstawiania ich wyników w postaci map wskaźników deformacji, czy też wykresów [2, 5, 14]. W praktyce prognozy te dokonywane są najczęściej dla kolejnych przedziałów czasu dokonywanej eksploatacji (np. rocznych, czy kilkuletnich), bez uwzględniania modeli opisujących przebieg deformacji w czasie [1, 3, 6, 7, 8, 11, 12, 13]. Postępowanie takie upraszcza znacznie obliczenia, a biorąc pod uwagę uzyskiwanie w ten sposób większych wartości wskaźników deformacji niż w przypadku uwzględniania tzw. czynnika czasu [11], wydaje się, że nie powinno budzić zastrzeżeń. Z drugiej jednak strony pamiętać należy, że obliczenia wykonywane dla przyjętych przedziałów czasu winny zapewniać możliwość określenia maksymalnych wartości wskaźników deformacji związanych z kolejnymi położeniami frontu eksploatacyjnego. Przyjmowanie do obliczeń rocznych postępów frontu może się okazać w tym względzie niewystarczające. W przypadkach gdy wymiary frontu eksploatacyjnego pozwalają z dostateczną dokładnością na traktowanie zadania jako zagadnienie płaskie (tzw. „nieskończona półpłaszczyzna"), określenie położenia krawędzi eksploatacyjnych, przy których wystąpią maksymalne wartości odkształceń poziomych i nachyleń, jest sprawą łatwą. Inaczej rzecz ma się w tych przypadkach (najczęściej występujących w praktyce), gdy eksploatacja dokonywana jest jednocześnie w kilku pokładach. Poniżej przedstawiono przykład analizy stanu deformacji powierzchni terenu dokonanej na podstawie oprogramowania komputerowego oraz porównania wyników obliczeń z wynikami pomiarów niwelacyjnych.

2. Przykład analizy stanu deformacji

Podstawowe informacje dotyczące warunków geologiczno – górniczych eksploatacji prowadzonej w rejonie wybranego obiektu przedstawiono w tabl. 1. Schematycznie położenie wybranych pól i rozpatrywanego obiektu (punkt nr 38) pokazano na rys. 1.

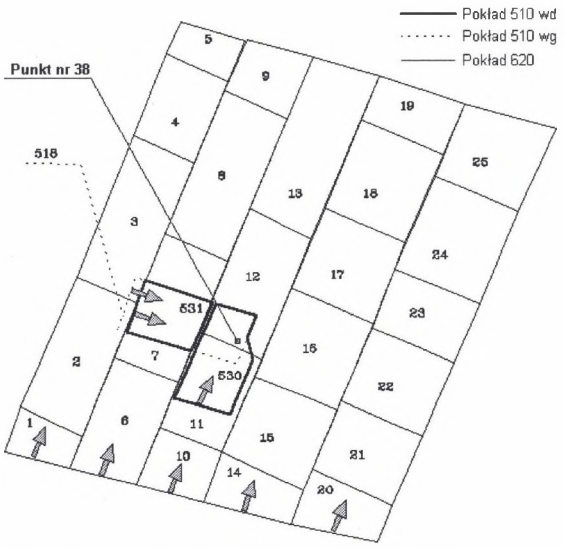
Na obiekcie zastabilizowano dwa repery, a w odległości kilkunastu metrów od niego trzeci. Pomiary niwelacyjne prowadzono w latach od 1994 do 1999 w odstępach rocznych, a ostatni pomiar wykonano w 2001 r. Przebieg osiadania poszczególnych reperów

przedstawiono na rys. 2. Jak widać z rysunku, osiadanie powierzchni terenu występowało od 1994r., a można przyjąć, że zakończyło się w 2001r. lub niedługo po tej dacie, osiągając wartość ok. 2 m.

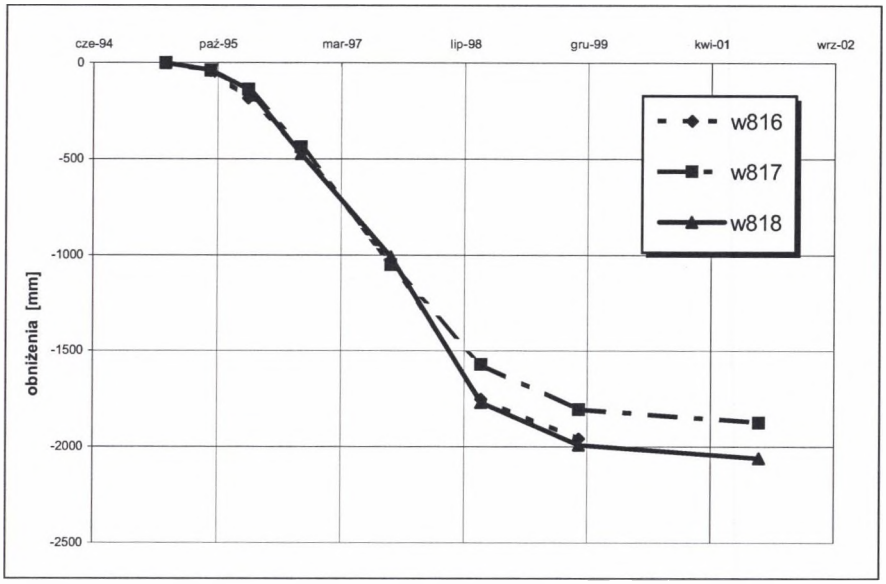
Tablica 1

Podstawowe dane o dokonanej eksploatacji górniczej

Pokład	Ściana/ parcela	Początek ekspl.	Koniec ekspl.	Grub. pokł. [m]	Kąt up. [deg]	Głęb. [m]	Wskaźniki deformacji dla półpłaszczyzny H/tgB [m]	Wmax [mm]	Tmax [mm/m]	Emax [mm/m]	Rmin [km]
510wd	530	01-01-1994	01-08-1994	2.5	6	565	314	2000	6.4	3.8	32.4
510wd	531	01-05-1993	01-02-1994	2.3	6	565	314	1840	5.9	3.5	35.2
510wg	518	01-03-1990	01-09-1990	2.9	6	565	314	2320	7.4	4.4	27.9
620	1	15-08-1994	30-09-1994	1.6	6	765	425	1280	3.0	1.8	92.8
620	10	01-07-1996	30-09-1996	1.6	6	745	414	1280	3.1	1.9	88.0
620	11	01-10-1996	31-12-1996	1.6	6	730	406	1280	3.2	1.9	84.5
620	12	01-01-1997	30-03-1997	1.6	6	710	394	1280	3.2	1.9	80.0
620	13	01-04-1997	30-06-1997	1.6	6	665	369	1280	3.5	2.1	70.2
620	14	01-08-1997	30-09-1997	1.6	6	745	414	1280	3.1	1.9	88.0
620	15	01-10-1997	31-12-1997	1.6	6	730	406	1280	3.2	1.9	84.5
620	16	01-01-1998	30-03-1998	1.6	6	700	389	1280	3.3	2.0	77.7
620	17	01-04-1998	30-06-1998	1.6	6	690	383	1280	3.3	2.0	75.5
620	18	01-07-1998	30-09-1998	1.6	6	665	369	1280	3.5	2.1	70.2
620	19	01-10-1998	30-11-1998	1.6	6	640	356	1280	3.6	2.2	65.0
620	2	01-10-1994	31-12-1994	1.6	6	740	411	1280	3.1	1.9	86.9
620	20	01-10-1998	31-12-1998	1.6	6	730	406	1280	3.2	1.9	84.5
620	21	01-01-1999	30-03-1999	1.6	6	710	394	1280	3.2	1.9	80.0
620	22	01-04-1999	30-06-1999	1.6	6	690	383	1280	3.3	2.0	75.5
620	23	01-07-1999	30-09-1999	1.6	6	675	375	1280	3.4	2.0	72.3
620	24	01-10-1999	31-12-1999	1.6	6	655	364	1280	3.5	2.1	68.1
620	25	01-01-2000	30-03-2000	1.6	6	630	350	1280	3.7	2.2	63.0
620	3	01-01-1995	30-03-1995	1.6	6	715	397	1280	3.2	1.9	81.1
620	4	01-04-1995	30-06-1995	1.6	6	680	378	1280	3.4	2.0	73.4
620	5	01-07-1995	30-09-1995	1.6	6	660	367	1280	3.5	2.1	69.1
620	6	01-10-1995	31-12-1995	1.6	6	740	411	1280	3.1	1.9	86.9
620	7	01-01-1996	30-03-1996	1.6	6	720	400	1280	3.2	1.9	82.2
620	8	01-04-1996	30-06-1996	1.6	6	680	378	1280	3.4	2.0	73.4
620	9	01-07-1996	30-09-1996	1.6	6	650	361	1280	3.5	2.1	67.0

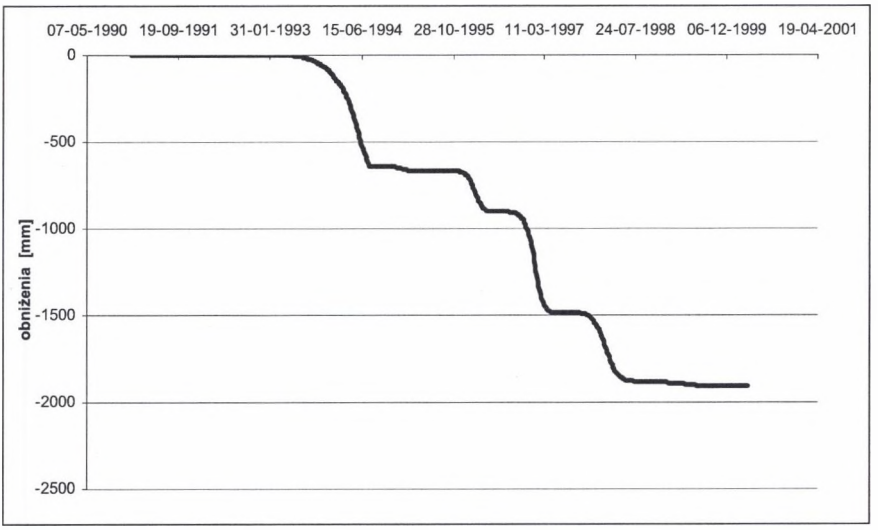


Rys. 1. Rozmieszczenie wyeksploatowanych parcel względem rozpatrywanego obiektu
Fig. 1. The location of extracted fields against considered object

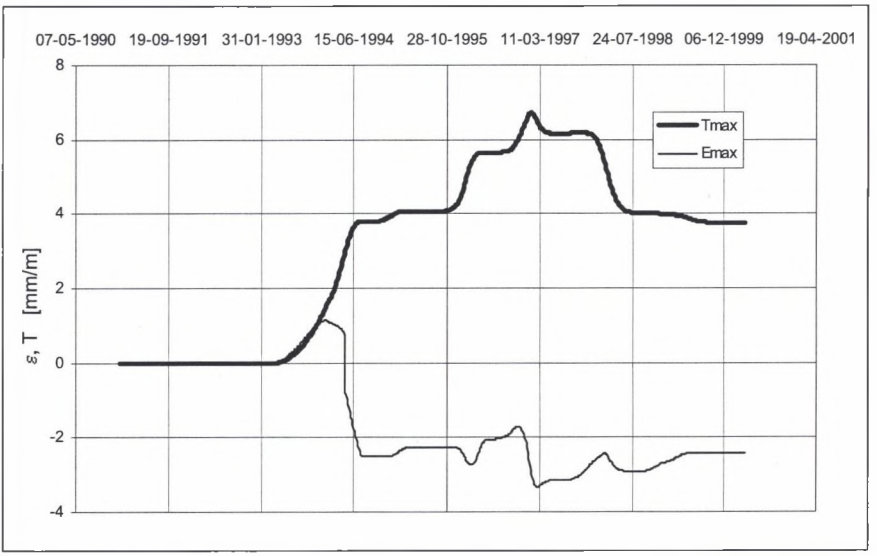


Rys. 2. Przebieg osiadania w czasie punktów pomiarowych
Fig. 2. The course of subsidence over time for chosen points

W pierwszej kolejności przeprowadzono obliczenia wartości podstawowych wskaźników deformacji. Do obliczeń zastosowano program komputerowy uwzględniający kształt wybranych ścian, a także pozwalający na symulację ich biegu w czasie [15]. Na wstępie określono z map pokładów: 510 i 620 kwartalne położenia ścian i przy średniej prędkości postępu obliczonej na tej podstawie dokonano symulacji ich biegu w przedziałach 5-dniowych. Dla tak określonych przedziałów czasu program komputerowy dokonał obliczeń wskaźników deformacji i wyszukał wartości maksymalne, a także wartości końcowe. W obliczeniach nie uwzględniano tzw. współczynnika czasu, przez co uzyskano zwiększone wartości wskaźników deformacji. Obliczenia przeprowadzono uwzględniając eksploatację prowadzoną od 1993r. Wyniki obliczeń podano w tabl. 2. Natomiast na rys. 3 i 4 pokazano przykładowe przebiegi osiadań oraz nachyleń i odkształceń poziomych maksymalnych obliczone dla punktu przyjętego na obiekcie dla eksploatacji prowadzonej od 1993r. Wartości przedstawione na rys. 3 i 4 odpowiadają położeniom frontów eksploatacyjnych w danym momencie bez uwzględniania tzw. „czynnika czasu", czyli zakładając natychmiastowe ujawnianie się wpływów eksploatacji górniczej.



Rys. 3. Przebieg w czasie obliczonych wartości osiadań obiektu
Fig. 3. The calculated course of subsidence over time at object location



Rys. 4. Przebiegi w czasie nachyleń i odkształceń poziomych ekstremalnych obliczonych dla obiektu
Fig. 4. The calculated course of extremal slope and horizontal strain over time

Tablica 2

Obliczone wartości wskaźników deformacji

Wartości końcowe ekstremalne					Wartości chwilowe ekstremalne			
W	Tmax	Kmax	Umax	Emax	Tmax	Kmax	Umax	Emax
-1908,4	3,75	0,024	390,4	-2,42	6,71	0,031	755,9	-3,34

Objaśnienia:
W – osiadanie, mm, Tmax – nachylenie maksymalne, mm/m, Umax – przesunięcia poziome maksymalne, mm, Kmax – krzywizny pionowe ekstremalne, 1/km, Emax – odkształcenia poziome ekstremalne, mm/m.

Otrzymane wyniki obliczeń osiadań dla zakresu eksploatacji prowadzonej od 1993r. korespondują z grubsza z wynikami pomiarów niwelacyjnych. Pomiary te rozpoczęto od 1994r., kiedy to oddziaływała jeszcze częściowo eksploatacjia prowadzona w 1993r. Analizując uzyskane wyniki obliczeń można zauważyć (tabl. 2 i rys. 4), że końcowe wartości nachyleń i odkształceń poziomych mieszczą się w przedziale II kategorii, a maksymalne wartości związane z przesuwającym się frontem mieszczą się w przedziale III kategorii terenów górniczych. Obliczenia prowadzone dla odstępów rocznych dokonanej eksploatacji nie pozwoliłyby określić wartości maksymalnych związanych z kolejnymi położeniami frontów wybierania, co jest widoczne z rys. 4.

3. Podsumowanie i wnioski

Przedstawione w niniejszej pracy obliczenia i analizy pozwalają na poczynienie następujących uwag i wniosków:

1. Pełna analiza oddziaływania eksploatacji górniczej na obiekty budowlane winna uwzględniać nie tylko końcowe wartości wskaźników deformacji lub odpowiadające rocznym postępom frontów eksploatacyjnych, lecz również wartości związane z kolejnymi położeniami przesuwającego się frontu. Uwzględnianie w obliczeniach wpływu tzw. „czynnika czasu" na wielkość deformacji komplikuje obliczenia i powoduje otrzymywanie mniejszych wartości wskaźników deformacji w stosunku do uzyskiwanych przy założeniu, że wpływy ujawniają się w sposób natychmiastowy. Przeprowadzanie obliczeń z uwzględnieniem symulacji przesuwających się frontów z niewielkim

„krokiem" postępu ruchomych krawędzi eksploatacji pozwala na numeryczne znajdowanie maksymalnych wartości wskaźników deformacji. Uwzględnienie założenia o natychmiastowym ujawnianiu się wpływów eksploatacji górniczej pozwala na uzyskiwanie wyników obliczeń z pewnym współczynnikiem bezpieczeństwa.

2. Przedstawiony sposób analizy kształtowania się wskaźników deformacji może być stosowany nie tylko w przypadku dokonywania prognoz stanu deformacji. W praktyce często zdarza się, że obserwacje geodezyjne ograniczane są jedynie do pomiarów niwelacyjnych. Przykład takich pomiarów pokazano w niniejszej pracy. Rejestrowanie i analiza wyłącznie osiadania nie pozwalają w sposób dostatecznie wiarygodny ocenić stopnia oddziaływania eksploatacji na obiekt. W takich przypadkach celowe jest dokonanie obliczeń wskaźników deformacji, przy uzyskaniu możliwie jak najlepszej zgodności osiadań obliczonych ze stwierdzonymi pomiarami i prowadzenie dalszych analiz na podstawie uzyskanych w wyniku obliczeń wartości nachyleń i odkształceń poziomych.

LITERATURA

1. Białek J.: Opis nieustalonej fazy obniżeń terenu górniczego z uwzględnieniem asymetrii wpływów końcowych. Zeszyty Naukowe Pol. Śl. s. Górnictwo, z. 194.Gliwice 1991.
2. Białek J.: Algorytmy i programy komputerowe do prognozowania deformacji terenu górniczego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, s. Monografie, Gliwice 2003.
3. Chudek M., Flisowski A.: Propozycja obliczania nieustalonych osiadań powierzchni terenu przy zastosowaniu oryginalnej funkcji wpływów. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 255. Gliwice 1995.
4. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
5. Drzęźla B.: Opis programów prognozowania deformacji górotworu pod wpływem eksploatacji górniczej. Aktualny stan oprogramowania. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 165. Gliwice 1989.
6. Drzęźla B.: Przybliżona ocena niektórych parametrów kinematyki niecki osiadania przy zmianach prędkości wybierania i postojach ścian. Przegląd Górniczy nr 9/1995.
7. Knothe S.: Wpływ czasu na kształtowanie się niecki osiadania. Archiwum Górnictwa i Hutnictwa. t. I, z. I. 1953.
8. Piwowarski W.: Opis przemieszczeń pionowych aktywnego procesu deformacji górotworu w warunkach eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe AGH. Geodezja, z.106. Kraków 1989.
9. Praca zbiorowa pod red. J. Kwiatka: Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice 1997.

10. Praca zbiorowa pod kier. J.Kwiatka : Zasady oceny możliwości prowadzenia podziemnej eksploatacji górniczej z uwagi na ochronę obiektów budowlanych. Główny Instytut Górnictwa, Instrukcja nr 12. Katowice 2000 r.
11. Sroka A.: Dynamika eksploatacji górniczej z punktu widzenia szkód górniczych. Wydawnictwo Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN. Kraków 1999.
12. Strzałkowski P.: Model nieustalonych przemieszczeń pionowych górotworu w obszarze objętym oddziaływaniem eksploatacji górniczej. Zeszyty Naukowe Pol. Śl., s. Górnictwo, z. 237. Gliwice 1998.
13. Strzałkowski P.: The proposal of new mathematical model for description of land surface subsidence in transient state. Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy. Section A. September – December 2001.
14. Ścigała R., Strzałkowski P.: Software for predictions of underground mining influences on the land surface and rock mass. Międzynarodowa Konferencja Geotechnika 2000. Słowacja. Tatry Wysokie, październik 2000.
15. Ścigała R.: Komputerowa symulacja postępu frontu w zastosowaniu do oceny prognozowanych deformacji powierzchni terenu. Przegląd Górniczy 5/2003.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jerzy Kwiatek

Abstract

The underground extraction influence on ground surface manifest itself by continuous and discontinuous deformations described by so-called „deformation indices". The most important one there is horizontal strain, but geodesic measurements are limited usually to levelling. So the rest of indices have to be calculated by using suitable formulae. But the analysis of slope and horizontal strain gives us proper view of object damage risk.

The exemplary analysis of underground extraction influence on single object located on the ground surface has been presented in this paper. The analysis is based on the results of geodesic measurements as well as calculation results obtained by using computer programme [15]. It has been shown that calculation of deformation indices should be done with taking into account the changes of coal face position, so it enables precise determination of maximum deformation indices value. In calculation procedure it was simplified assumption made that the influences arises immediately on the land surface.

It is evident that calculations can be done by using the same computer programme in cases of designed extraction influences on the object located on the ground surface.