

Katarzyna SZAFULERA

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

## PROBLEMY UJAWNIANIA SIĘ DEFORMACJI NIECIĄGŁYCH NAD PŁYTKIMI WYROBISKAMI GÓRNICZYMI

**Streszczenie.** W artykule przedstawiona została problematyka ujawniania się deformacji nieciągłych nad płytkimi wyrobiskami górniczymi. Występowanie tych deformacji często powoduje degradację krajobrazu, uszkodzenia budowli inżynierskich oraz szlaków komunikacyjnych. W ramach pracy przeprowadzono również analizę wpływu warunków geologiczno-górnictwa na ujawnienie się wybranej deformacji nieciągłej.

## PROBLEMS OF REVEALING DISCONTINUOUS DEFORMATION OVER SHALLOW MINING EXCAVATION

**Summary.** The paper presents problems of revealing discontinuous deformation over shallow mining excavation. Occurrence discontinuous deformation often causing landscape degradation, damage of engineering objects and communication route. In frame of this paper carried out analysis influence of mining-geological condition on revealing discontinuous deformation.

### 1. Wprowadzenie

Górnictwo jest jedną z najstarszych gałęzi przemysłu w Polsce, która dostarcza surowce mineralne, mające znaczenie gospodarcze. Niewątpliwie najważniejsze z nich to surowce energetyczne, tworzące w Polsce bogate złoża o znaczeniu przemysłowym, których pozyskiwanie pozwala na określenie Polski jako kraju, który ma wysoki poziom bezpieczeństwa energetycznego.

Eksploatacja górnicza, prowadzona w celu pozyskiwania złóż, niekorzystnie oddziałuje na środowisko naturalne. Prowadzi do powstawania szkód górniczych, które bardzo często są przyczyną: przekształceń rzeźby terenu, uszkodzeń budowli inżynierskich, sieci komunikacyjnych, a jej prowadzenie powoduje degradację gleby, zanieczyszczenia wód

podziemnych i powierzchniowych, zanieczyszczenie powietrza oraz wytwarzanie olbrzymiej ilości odpadów pogórnich [5].

Eksploatacja podziemna złóż powoduje, że na powierzchni, w wyniku przemieszczeń stropowych warstw górotworu do wybranej przestrzeni poeksploatacyjnej, w nadległym górotworze powstają przemieszczenia i deformacje określane mianem *przekształceń geomechanicznych* (wpływy bezpośrednie), którym mogą towarzyszyć wstrząsy górnicze (wpływy wtórne) oraz zmiany stosunków wodnych (wpływy pośrednie) [1,2,4,7].

Przekształcenia geomechaniczne definiowane są jako deformacje o charakterze ciągłym i deformacje o charakterze nieciągłym. Deformacje ciągłe zawsze towarzyszą prowadzonej eksploatacji górniczej, ujawniają się w postaci niecki obniżeniowej, opisywanej za pomocą charakterystycznych wielkości, zwanych wskaźnikami deformacji. Wiele metod określających wpływy podziemnej eksploatacji w postaci deformacji ciągłej pozwala na prognozowanie spodziewanych jej skutków, w zadowalającym stopniu [1,4,5,7].

Drugą formą oddziaływania eksploatacji górniczej są deformacje nieciągłe, określane z definicji jako deformacje, przy których zachodzi przerwanie ciągłości i względne przemieszczenie przypowierzchniowych warstw gruntu [2,6]. Różny czas występowania deformacji nieciągłych, w odniesieniu do momentu zaistnienia przyczyn ich ujawnienia, czyni je zjawiskiem niezwykle trudnym do przewidzenia. Ujawnianie się tych deformacji powoduje całkowite zniszczenie powierzchni terenu, doprowadzając często do bezpośredniego zagrożenia bezpieczeństwa oraz znacznego obniżenia walorów użytkowych krajobrazu czy obiektów budowlanych [5]. Problem zagrożenia deformacjami nieciągłymi powierzchni i obiektów budowlanych wydaje się mieć zasięg społeczno-gospodarczy, dlatego też w ramach niniejszego artykułu poruszona została problematyka związana z powstawaniem deformacji nieciągłych nad płytkimi wyrobiskami porudnymi.

## 2. Opis analizowanego rejonu

Za szczególnie zagrożone występowaniem deformacji nieciągłych uważa się rejon, na których prowadzona była płytka eksploatacja, najczęściej z zawałem stropu oraz rejon, na których stare zroby, zalegające na nieznacznych głębokościach, zostają reaktywowane np. aktualnie prowadzoną eksploatacją czy też wstrząsami górniczymi. Rejon, który w ramach niniejszego artykułu został omówiony, charakteryzując się znacznym naruszeniem struktury

górotworu w wyniku prowadzenia eksploatacji górniczej zarówno złóż rud cynku i ołowiu, jak i złóż węgla kamiennego.

Intensywny rozwój eksploatacji złóż rud cynku i ołowiu w omawianym rejonie datuje się na XII wiek. Pierwszym dokumentem historycznym mówiącym o kopalnictwie rud srebra i ołowiu w tym rejonie jest bulla papieża Innocentego II z 1136 r. [9]. Eksploatację prowadzono na małych głębokościach w warstwach nadkładu, w większości reprezentowanych przez utwory triasowe. W tym okresie początkowo stosowano systemy chodnikowe, a z czasem systemy komorowe rozcinające złoża na wiele komór, które po wybraniu likwidowane były w większości na zawal.

Zmianę ukształtowania rzeźby terenu spowodowała także eksploatacja węgla kamiennego, która rozpoczęła się w XIX wieku i trwa do dnia dzisiejszego.

Pozostałościami po trwającym od kilkuset lat górnictwie są (w tym rejonie) liczne zapadliska, uskoki terenowe, progi, szczeliny.

### 3. Opis zaistniałych deformacji

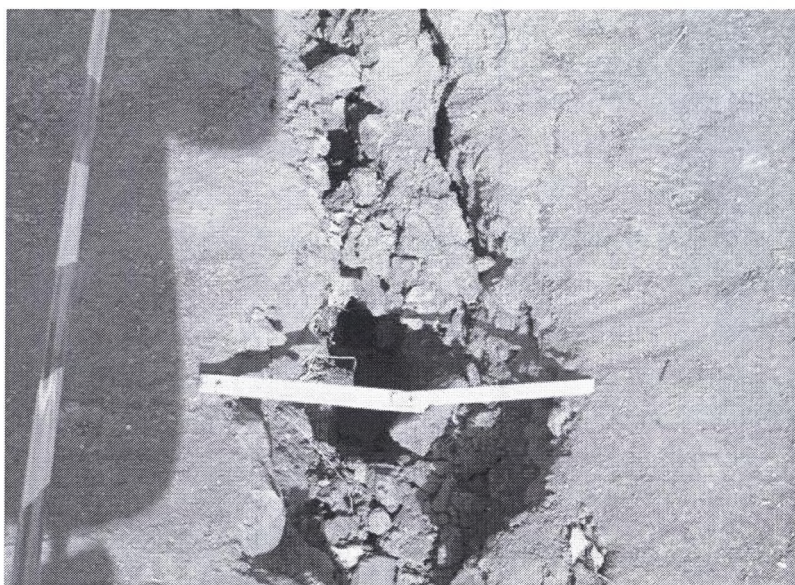
W pracy przedstawione zostały deformacje nieciągłe występujące w granicach obszaru górniczego ZG. „X” (tab. 1). Ujawnienie się tych deformacji spowodowało zniszczenie powierzchni terenu oraz, w niektórych przypadkach, przyczyniło się do powstania uszkodzeń konstrukcji budynków mieszkalnych, budowli inżynierskich oraz dróg. Zaistniałe deformacje można scharakteryzować następująco:

- deformacje typu powierzchniowego to zapadliska o wymiarach, głębokość ok. 80 cm i średnica ok. 150 cm (fot. 1),
- deformacje typu liniowego to: szczeliny o szerokości ok. 20 cm (fot. 2,3), uskok terenowy o wysokościach zrzutu ok. 50–60 cm (fot. 4).





Fot. 1. Przykład wystąpienia zapadliska  
Photo. 1. Collapse sink



Fot. 2. Przykład wystąpienia szczeliny  
Photo. 2. Gap



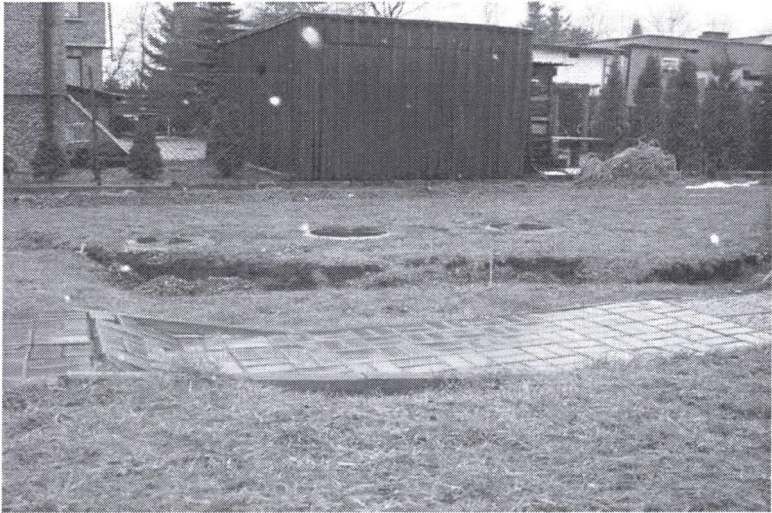
Fot. 3. Przykład przerwania ciągłości terenu (szczelina)  
 Photo. 3. Break of ground surface continuity (gap)

Tabela 1

Zestawienie deformacji nieciągłych powstałych na terenie Z.G. „X”

Lp.	Rodzaj deformacji	Czas powstania	Lokalizacja deformacji nieciągłej
1	zapadlisko	24.07.2002	Z.G. „ X ”
2	zapadlisko	19.04.2000	Z.G. „ X ”
	uskok		
3	terenowy[8]	12.12.2005	Z.G. „ X ”
4	zapadlisko	12.03.2003	Z.G. „ X ”
5	zapadlisko	21.08.2003	Z.G. „ X ”
6	zapadlisko	19.12.2005	Z.G. „ X ”
7	zapadlisko	10.04.2000	Z.G. „ X ”
8	zapadlisko	22.07.2000	Z.G. „ X ”





Fot. 4. Przykład wystąpienia uskoku terenowego  
Photo. 4. Local fault

#### 4. Analiza warunków geologiczno–górnictwowych w rejonie rozpatrywanych deformacji

W ramach artykułu przeprowadzona została analiza wpływu warunków geologiczno–górnictwowych na ujawnianie się deformacji nieciągłych nad płytkami wyrobiskami rudnymi, dla jednej z omawianych deformacji, oznaczonej na rys. 1 numerem 6.

##### 4.1. Budowa górotworu

W analizowanym rejonie górotwór zbudowany został z warstw nadkładu i karbonu. Nadkład tworzą utwory czwartorzędu, wykształcone w postaci naprzemianległych warstw: glin i piasków o łącznej miąższości ok. 5–10 m. Pod nim zalegają utwory triasowe o miąższości ok. 160 m, reprezentowane przez warstwy: wapieni, margli i dolomitów.

Karbon zbudowany jest z warstw: rudzkich, siódłowych i porębskich. Warstwy rudzkie wykształcone zostały w postaci iłowców, łupków ilastych i piaskowców. Warstwy siódłowe, zbudowane głównie w postaci piaskowców, tworzą grube ławy nad pokładami węgla. Występują też łupki ilaste i piaszczyste w postaci warstw o niedużej miąższości. Warstwy porębskie to przede wszystkim warstwy iłowca oraz mułowca z rzadkimi ławicami piaskowca. Zawierają one kilka cienkich pokładów węgla i przerostów węglowych. Zaburzenia tektoniczne, w analizowanym rejonie, nie występują.

## 4.2. Dokonana eksploatacja górnicza

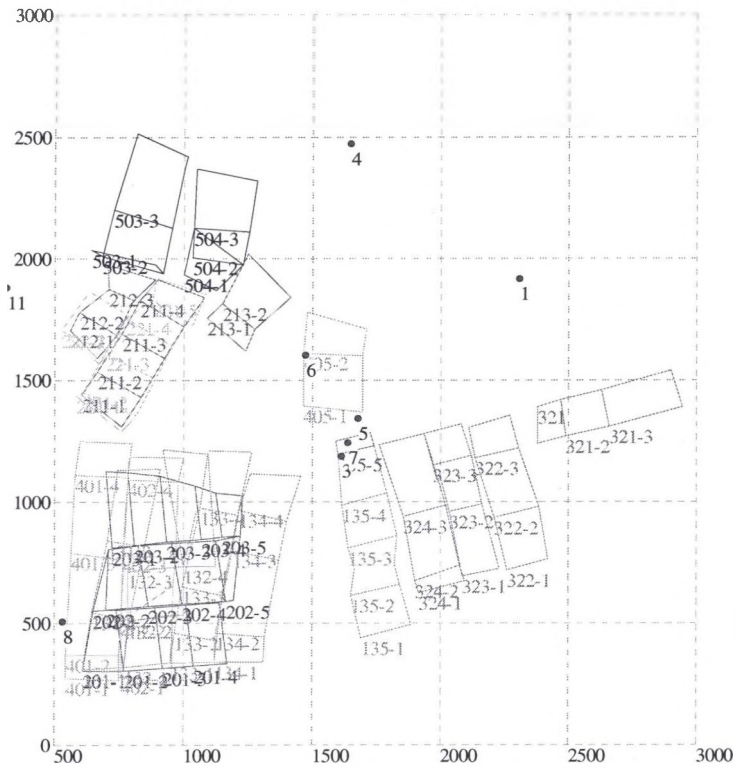
W analizowanym rejonie prowadzono intensywną eksploatację górniczą: złóż rud cynku i ołowiu oraz złóż węgla kamiennego.

Eksploatacja rudna w rejonie wystąpienia deformacji prowadzona była w latach 70. Jak wynika ze zgromadzonych materiałów, w 1976 roku, bezpośrednio pod zaistniałą deformacją, złożo wybierano komorą o szerokości ok. 9–10 m. Miąższość wybieranego złoża to ok. 4 m, a głębokość ok. 50 m.

Eksploatacja złóż węgla kamiennego prowadzona była w następujących pokładach węgla kamiennego:

- ✓ 414 w I, ściana 212, w latach 2004–2005, z zawałem stropu na wysokość ok. 2,8 m, na głębokości ok. 301 m,
- ✓ 414 w I, ściana 213, w 2005 roku, z zawałem stropu na wysokość ok. 2,9 m, na głębokości ok. 290 m,
- ✓ 414 w I, ściana 211, w 2003 roku, z zawałem stropu na wysokość ok. 3,0 m, na głębokości ok. 291 m,
- ✓ 414 w II, ściana 221, w latach 2002–2003, z zawałem stropu na wysokość ok. 2,8 m, na głębokości ok. 280 m,
- ✓ 414 w II, ściana 222, w latach 2001–2002, z zawałem stropu na wysokość ok. 2,8, na głębokości ok. 285 m,
- ✓ 510 w III, ściana 134, w latach 2004–2005, z zawałem stropu na wysokość 3,5 m, na głębokości 580 m,
- ✓ 510 w III, ściana 135, w latach 2005–2006, z zawałem stropu na wysokość 3,5 m, na głębokości 585 m,
- ✓ 615, ściana 401, w latach 2003–2004, z zawałem stropu na wysokość ok. 1,95 m na głębokości ok. 780 m,
- ✓ 615, ściana 402, w latach 2004–2005, z zawałem stropu na wysokość ok. 2 m, na głębokości ok. 740 m,
- ✓ 615, ściana 403, w 2005 roku, z zawałem stropu na wysokość ok. 2 m, na głębokości ok. 720 m.

Lokalizacja deformacji nieciągłych (analizowana deformacja oznaczona została numerem 6) względem prowadzonej eksploatacji została przedstawiona na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja zaistniałych deformacji względem dokonanej eksploatacji górniczej  
 Fig. 1. Localizations of deformations relatively to mining exploitations

## 5. Wpływ dokonanej eksploatacji górniczej w świetle wyników obliczeń

Obliczenia zostały wykonane przy zastosowaniu wzorów teorii Budryka – Knothego [3], za pomocą programu komputerowego DEFK – Win [10]. Program ten pozwala na obliczanie wskaźników deformacji wywołanych eksploatacją górniczą. Do obliczeń przyjęto następujące wartości parametrów:

- współczynnik kierowania stropem dla zawątku  $a=0,80$ ,
- tangens kąta zasięgu wpływów głównych  $\operatorname{tg}\beta=1,80$ ,
- współczynnik proporcjonalności występujący w związku Awierszyna (decydujący o wartości przesunięć i odkształceń poziomych)  $B=0,32$ .

Wyniki obliczeń zestawione zostały w tabeli 2.



Obliczeń dokonano dla powierzchni terenu w miejscu omawianego obiektu oraz dla górotworu w miejscu zrobów porudnych.

Tabela 2

## Obliczone wartości wskaźników deformacji

Zakres eksploatacji	Nr Punktu	$W_{\max}$	$T_{\max}$	$E_{\max}$	$E_z$
2001-10.2005	1	-371,6	2,88	-2,4	0,38
	1*	-392	3,44	-2,67	
10.2005-12.2005	1	-291	2,25	-2,01	0,38
	1*	-311,4	2,78	-2,28	
2001 - 12.2005	1	-662,8	3,84	-2,57	0,78
	1*	-703,5	4,62	-2,53	

Objaśnienia:

$W_{\max}$  [mm]– osiadanie,  $T_{\max}$  [mm/m]– nachylenie maksymalne,  $E_{\max}$  [mm/m]– odkształcenie poziome maksymalne,  $K_{\max}$  [1/km]– krzywizna pionowa maksymalna,  $E_z$  [mm/m]– odkształcenia pionowe.

Pkt 1 – przyjęty na powierzchni terenu, w miejscu powstania deformacji.

Pkt 1\* – przyjęty w górotworze, w miejscu wyrobiska porudnego.

Obliczenia sporządzone zostały z uwzględnieniem eksploatacji prowadzonej od 2001 roku. Wartości wskaźników deformacji obliczone zostały dla zakresów eksploatacji wg tab. 2. Maksymalne ich wielkości wystąpiły bezpośrednio przed ujawnieniem się omawianych nieciągłości: na powierzchni terenu -  $W_{\max} = -662,8$ ,  $T_{\max} = 3,84$ ,  $E_{\max} = -2,4$ , w górotworze  $W_{\max} = -703,5$ ,  $T_{\max} = 3,44$ ,  $E_{\max} = -2,67$ ,  $E_z = 0,78$ .

## 6. Podsumowanie i wnioski

Deformacje powierzchni terenu, będące następstwem eksploatacji podziemnej, mają często charakter deformacji nieciągłych. Także intensywne deformacje ciągłe przeradzają się niekiedy w deformacje nieciągłe, na skutek przekroczenia wartości naprężeń powodujących nieciągłości warstw przypowierzchniowych [6].

Deformacje nieciągłe powstają nagle, bez możliwości ścisłego ich prognozowania [1, 2]. Przyczyny ich powstania są różnorodne i często bardzo złożone. W praktyce, jednoznaczne wskazanie przyczyny powstania deformacji nieciągłej często bywa niemożliwe, rzadko zdarza się, aby czynnik wywołujący deformację występował pojedynczo. Najczęściej następuje

nałożenie w czasie pewnych zdarzeń, które w sposób pośredni bądź bezpośredni sprzyjają powstaniu deformacji nieciągłej.

Często spotykaną okolicznością (aczkolwiek jedną z wielu) jest wystąpienie deformacji nieciągłej w miejscu, pod którym eksploatacja podziemna została zakończona. Czas ujawnienia się analizowanych nieciągłości korespondował z dokonywaną eksploatacją złóż węgla kamiennego, w zasięgu której znajdują się miejsce powstania deformacji i zroby porudne. Na tej podstawie można przypuszczać, że eksploatacja złóż węgla kamiennego spowodowała reaktywację wyrobisk porudnych, co w konsekwencji doprowadziło do wystąpienia omówionych deformacji.

Sporządzenie analizy warunków geologiczno–górnicznych oraz określenie wartości wskaźników deformacji wzorami teorii Budryka – Knothego pozwoliło na spostrzeżenie, że maksymalne wartości wskaźników deformacji (zarówno dla punktu 1, jak i 1\*) wystąpiły w chwili ujawnienia się nieciągłości na powierzchni terenu. Fakt ten pozwala przypuszczać, że istnieje pewien związek przyczynowy między wielkościami deformacji a czasem ich wystąpienia.

Analizowany przypadek wystąpienia deformacji oraz wiele innych nieciągłości spotykanych w praktyce potwierdzają dotychczasowe doświadczenie mówiące, o występowaniu deformacji w sposób nagły i trudny do przewidzenia. Na obszarach prowadzenia płytkiej eksploatacji należy spodziewać się wystąpienia deformacji nieciągłych, o czym świadczą zaistniałe przypadki powstałych nieciągłości nie tylko w rejonach GZW, ale również w rejonach górnictwa solnego, na obszarach dawnej eksploatacji rud żelaza (rejon kielecko–częstochowski) czy też w rejonie olkusko – bolesławskim, gdzie do dziś prowadzona jest płytka eksploatacja złóż rud cynku i ołowiu [6].

## Literatura

1. Chudek M.: *Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2002.
2. Chudek M., Janusz W., Zych J.: *Studium dotyczące stanu rozpoznania tworzenia się i prognozowania deformacji nieciągłych pod wpływem podziemnej eksploatacji złóż*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo, z. 141. Gliwice 1988.
3. Knothe S.: *Prognozowanie wpływów eksploatacji górniczej*. Wydawnictwo „Śląsk”. Katowice 1984.

4. Knothe S.: *Ochrona powierzchni przed szkodami górniczymi*. Poradnik Górnika, tom 2, dział VIII, 1975.
5. Praca zbiorowa pod red. J. Kwiatka: *Ochrona obiektów budowlanych na terenach górniczych*. Wydawnictwo Głównego Instytutu Górnictwa. Katowice 1997.
6. Praca zbiorowa pod red. E. Stewarski: *Badania zmian deformacyjnych w górotworze w celu odtwarzania wartości budowlanej terenów pogórnicznych*. Agencja wydawniczo-poligraficzna. Kraków 2004.
7. Strzałkowski P.: *Wpływ płytkiej eksploatacji górniczej na zagrożenie powierzchni terenu deformacjami nieciągłymi*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo, z. 246. Gliwice 2000.
8. Strzałkowski P., Szafulera K., K. Koźmiński: *Zagrożenie budynków deformacjami nieciągłymi*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Górnictwo, z. 271. Gliwice 2006.
9. Strzałkowski P.: *Zarys rozwoju technologii górnictwa podziemnego*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2005.
10. Strzałkowski P., Ścigała R.: *Software of predictions of underground mining influences on the land surface and rock mass*. Międzynarodowa konferencja GEOTECHNICS 2000. Wysokie Tatry Podbanske. Słowacja październik 2006.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Kazimierz Podgórski

## Abstract

Paper presents problems of revealing discontinuous deformation over shallow mining excavation. Reasons of revealing discontinuous deformation are various and often very complex, arising suddenly and with out possibility accurate forecasting. Very often discontinuous deformation occur in place where underground exploitation has been terminated. The time of revealing analyzing deformations correspond with the carried out exploitation of stone coal, there are findings deformation and old ore mine. The analysis of mining-geological conditions and deformation indicators (by Budryk – Knothe theory) show that maximal values occurring in the moment of reveling discontinuity on ground surface. There is indication that exist relation between size of deformation and time theirs revealing.