

Henryk KLETA
Politechnika Śląska, Gliwice
Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego
i Zarządzania Ochroną Powierzchni

ZAGROŻENIA GEOTECHNICZNE W OBREBIE SKŁADOWISK ODPADÓW POGÓRNICZYCH

Streszczenie. W artykule przedstawiono uwarunkowania geotechniczne w rejonie składowiska, formowanym z mas skalnych pochodzących z kopalń węgla kamiennego. W świetle analizy deformacji stwierdzono, że w obrębie tego składowiska wykształciły się powierzchnie poślizgowe, które utworzyły tę strefę deformacji. Jest to efekt nadmiernego obciążenia ze strony składowanego kamienia pogórniczego i oddziaływania wpływów eksploatacji górniczej oraz nachylenia warstw podłoża w kierunku przedpoła składowiska.

GEOTECHNICAL HAZARDS AT LANDFILLS AND MINING WASTES

Summary. The paper presents the geotechnical conditions in the area of the site, formed the rock masses originating from coal mines. In light of the analysis of deformation was found that within the landfill have developed slip surfaces, which formed a zone of deformation. This is the result of an excessive load from the storage of stone and the impact of post-mining the impact of mining and slope toward the substrates outskirts of the landfill.

1. Wprowadzenie

Eksploatacja podziemna złóż prowadzi do wytwarzania dużej ilości odpadów, które zarówno w przeszłości, jak i obecnie są składowane na powierzchniowych składowiskach. Odpady te powstają we wszystkich fazach rozwoju kopalń i eksploatacji złóż, począwszy od głębiania szybów, poprzez udostępnianie pokładów, po ich eksploatację, oraz we wszystkich operacjach technologicznych, związanych ze wzbogacaniem urobku wydobytego na powierzchnię.

Z doświadczeń wynika, że w obrębie składowiska odpadów, na którym zlokalizowane są odpady, mogą powstać zagrożenia środowiskowe, do których zaliczyć można m.in.:

- zanieczyszczenia wód gruntowych,
- zanieczyszczenia wód powierzchniowych,

- zanieczyszczenia powietrza,
- zanieczyszczenia gleby.

W obrębie składowisk o dużej masie zgromadzonych odpadów pogórnicych mogą wystąpić również deformacje podłoża składowiska oraz jego korpusu, podobne do powierzchniowych ruchów masowych. Szczególną rolę w tym przypadku pełnią deformacje górotworu i powierzchni terenu, spowodowane oddziaływaniami podziemnej eksploatacji górniczej. Spowodowane tymi oddziaływaniami ruchy masowe w obrębie składowiska odpadów skutkują wystąpieniem zagrożeń geotechnicznych, powodujących m.in:

- utratę stateczności skarp składowiska,
- deformacje nieciągłe na przedpolu składowiska,
- zmiany warunków hydrogeologicznych,
- uszkodzenia obiektów budowlanych i infrastruktury technicznej w rejonie składowiska.

2. Przyczyny powstania zagrożeń geotechnicznych w obrębie składowisk odpadów pogórnicych

Do najczęstszych przyczyn powstawania osuwisk zboczy i skarp na terenach górniczych można zaliczyć:

- przyczyny przyrodnicze,
- przyczyny antropogeniczne, w tym wpływy podziemnej eksploatacji górniczej.

Utrata stateczności zboczy i skarp w obszarach górniczych zależy głównie od:

- wielkości i intensywności wpływów eksploatacji górniczej,
- własności fizycznych, mechanicznych i reologicznych gruntów,
- wstrząsów górotworu,
- zmian warunków hydrogeologicznych,
- strumieni osuwiskowych występujących w zboczu.

Powstanie zagrożeń geotechnicznych warunkowane jest wieloma czynnikami, do których należy zaliczyć przede wszystkim:

- słabe parametry geotechniczne podłoża gruntowego pod składowiskiem i na jego przedpolu,
- występowanie w podłożu gruntów słabonośnych, tworzących powierzchnie poślizgowe,

- zróżnicowanie wysokości terenu na przedpolu składowiska,
- zawodnienie utworów podłoża, wpływające na wzrost plastyczności i pełzania gruntów,
- wzrastające obciążenie podłoża pod składowiskiem ze strony składowanych odpadów,
- deformacje gruntu, powodowane eksploatacją górnictwem, prowadzące np. do postępującego nachylenia terenu i warstw bezpośredniego podłoża.



Fot. 1. Deformacje nieciągłe na skarpie składowiska odpadów pogórnich
Photo 1. Discontinuous deformations in the slope of the landfill mining wastes

3. Uwarunkowania geologiczno-górniczne, hydrogeologiczne oraz morfologiczne terenu w rejonie wybranego składowiska

Składowisko „X” zajmuje około 140 hektarów i jest jednym z większych obiektów uformowanych z odpadów pogórnich pochodzących z kopalń węgla kamiennego.

Na zwałowisko kierowane są obecnie odpady, których skład stanowią ilowce w ilości około 55%, piaskowce – około 6%, mułowce – około 16% oraz przerosty. Powierzchnia zwałowiska wznosi się obecnie do wysokości około 318 m n.p.m., a docelowo projektuje się zwałowanie odpadów do rzędnej około 327,0 m n.p.m.

Budowę geologiczną nadkładu nad warstwami karbońskimi w rejonie składowiska „X” stanowią [1]:

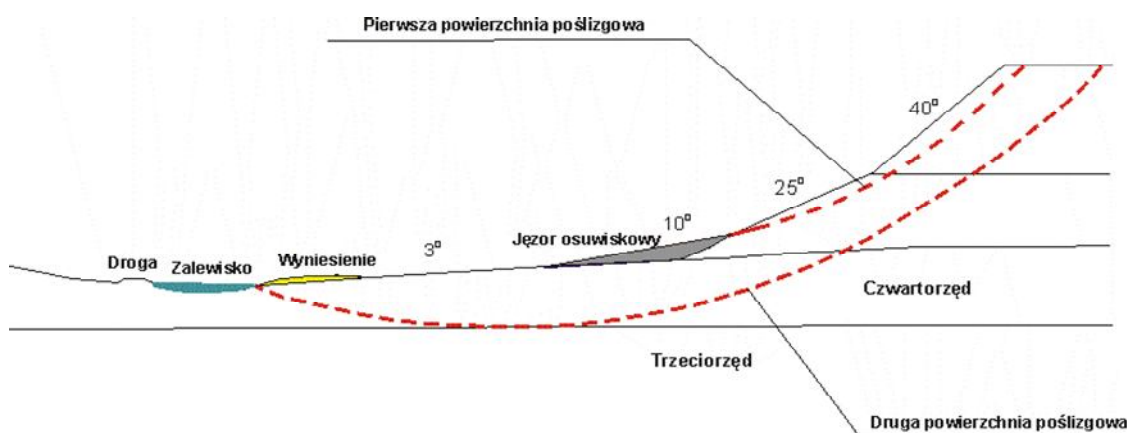
- utwory czwartorzędowe, do głębokości ok. 32 m, reprezentowane przez piaski drobnoziarniste, pylaste, ły piaszczyste i gliny pylaste,

- utwory trzeciorzędowe, od głębokości ok. 32 m do ok. 286 m, reprezentowane przez ility szare z przewarstwieniami piasków i pyłów kwarcowych.

Czwartorzędowy poziom wodonośny znajduje się w warstwie piasków bardzo drobnoziarnistych (kurzawkowych), między ility pylastymi a plastycznymi na głębokości ok. 19,8 – 29,8 m. Zawodnienie tej warstwy piasków czwartorzędowych pochodzi z infiltrujących opadów atmosferycznych.

Rejon zwałowiska podlegał intensywnym wpływom eksploatacji górniczej. Osiedlenia powierzchni terenu, związane z dokonaną eksploatacją, osiągnęły wartość kilkunastu metrów. W zachodniej i północno-zachodniej części obrzeża i przedpola składowiska uwidaczniają się wyraźne deformacje, polegające na ruchu podłoża i przemieszczaniu się gruntu oraz składowanych mas skalnych. Deformacje powodowane są przemieszczeniami w postaci wynoszenia naturalnego podłoża gruntowego pod wpływem nacisku mas zwałowanych odpadów.

Teren składowiska odpadów pogórnich oraz przedpole tego składowiska charakteryzują się urozmaiconą morfologią. Składowisko zostało zlokalizowane na skłonie lokalnego wyniesienia morfologicznego, którego oś grzbietowa zbliżona jest przebiegiem do południowo-wschodniej granicy obecnego konturu składowiska. Z punktu widzenia morfologii terenu, lokalizacja składowiska „X” nie jest korzystna. Pierwotne nachylenie terenu oraz jego zwiększanie się wskutek dużych osiadań spowodowanych dokonaną eksploatacją górniczą sprzyjają intensywnym przemieszczeniom gruntu podłoża i przedpola składowiska obciążonego składowiskiem. Zróżnicowane osiedlenia terenu spowodowały przechylenie składowiska w kierunku północnym, zwiększając w tym kierunku nachylenie terenu i warstw podłoża.



Rys. 1. Schemat powierzchni poślizgowych w części północno-zachodniej składowiska „X”, determinujących przebieg deformacji skarp i gruntu na przedpolu składowiska

Fig. 1. Scheme of the failure surface in the north-west of the site "X", which determine the deformation behavior of slopes and land on the outskirts of the landfill

Na skutek dotychczasowej eksploatacji górniczej w kilkunastu pokładach w rejonie północno-zachodniej części składowiska „X”, wykształciły się dwie główne niecki obniżeniowe, w których maksymalne osiadania wynosiły odpowiednio około 11 m i 7 m, a na przedpolu składowiska osiadania terenu wyniosły ok. 10 m.

O intensywności deformacji i w konsekwencji degradacji podłoża gruntowego w rejonie składowiska „X” świadczą również obliczone odkształcenia poziome, jakich doznała powierzchnia terenu w tym rejonie, wynoszące od -15 do 24 mm/m, przy czym w północno-zachodniej części składowiska mogły dominować odkształcenia ściskające, których wartości w pobliżu granicy składowiska przekraczały 15 mm/m.

W świetle przebiegu dotychczasowych deformacji na przedpolu składowiska można wnioskować, że w obrębie tego terenu i składowiska wykształciły się powierzchnie poślizgowe, które utworzyły tę strefę deformacji (rys. 1). Jest to efekt nadmiernego obciążenia ze strony składowanego kamienia pogórniczego i oddziaływania wpływów eksploatacji górniczej. Dodatkowo niekorzystny wpływ powodują zawodnienie utworów czwartorzędowych oraz nachylenie warstw podłoża w kierunku przedpola składowiska, powiększane dodatkowo przemieszczeniami generowanymi prowadzoną eksploatacją górniczą. Również powstałe zbiorniki wód na przedpolu składowiska i wody opadowe infiltrujące do bryły zwałowiska sprzyjają utracie stateczności skarp składowiska i deformacjom podłoża przedpola składowiska.

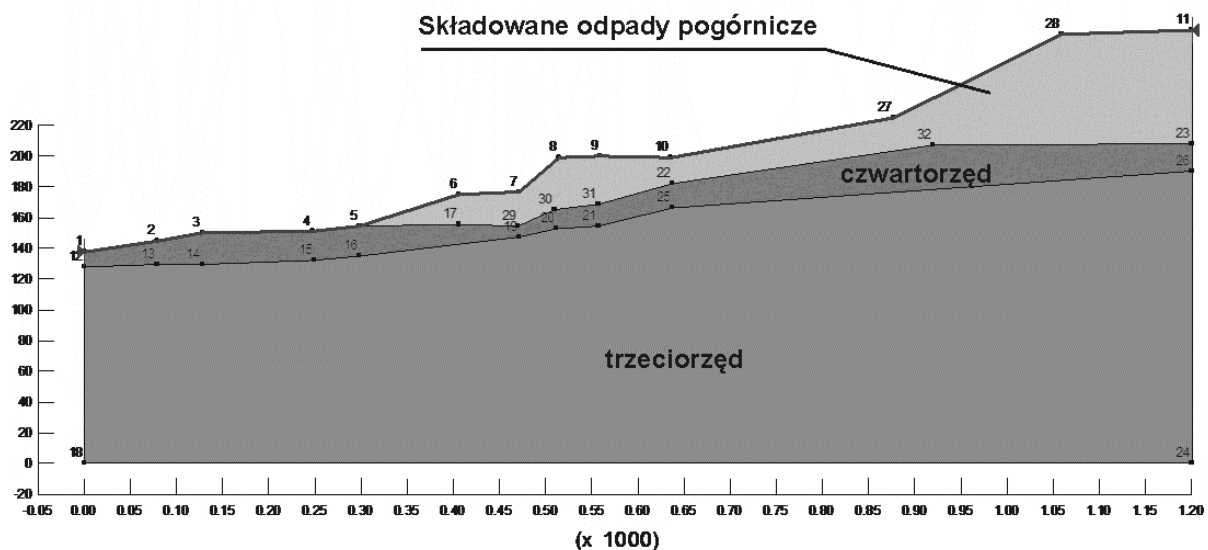
4. Stateczność skarp w rejonie zachodnim i północno-zachodnim wybranego składowiska, w świetle obliczeń

Podstawowym zagadnieniem przy określeniu stateczności zboczy i skarp jest ustalenie przypuszczalnych powierzchni poślizgu oraz bilansu sił zsuwających i utrzymujących zbocze w warunkach wpływów podziemnej eksploatacji górniczej, a z powodu braku efektywnych metod analitycznych, najczęściej wpływ eksploatacji górniczej na stateczność zboczy rozpatrywany jest na drodze modelowania numerycznego [2, 3]. Modelowanie deformacji zbocza w warunkach wpływów podziemnej eksploatacji górniczej, za pomocą metody numerycznej, wykonuje się przez zadawanie na brzegach modelu przemieszczeń pionowych, osiadań i przemieszczeń poziomych, co pozwala uzyskiwać wpływ położenia frontu eksploatacyjnego na zbocze, lub przez zadawanie zmian spójności gruntu zbocza w zależności od wielkości odkształceń poziomych, wywołanych oddziaływaniem frontu eksploatacyjnego [4].

W przedstawionym etapie rozpatrywania stateczności składowiska „X” w warunkach wpływów eksploatacji górniczej przyjęto, metodą kolejnych przybliżeń, poszukiwanie prawdopodobnych wielkości parametrów geotechnicznych (kąąt tarcia wewnętrznego i spójność warstw modelu), przy których występują deformacje skarp odpowiadające utracie stateczności.

Dla określenia prawdopodobnych wielkości parametrów geotechnicznych skarpy i podłoża w części północno-zachodniej składowiska „X”, wykonano obliczenia stateczności modelu skarpy (rys. 2), której rzędne odpowiadają wynikom pomiarów wysokościowych wzdłuż dwóch profili obliczeniowych, charakteryzujących geometrię składowiska w tym rejonie, z uwzględnieniem zawodnienia warstw czwartorzędowych.

Model obliczeniowy skonstruowano na podstawie mapy wysokościowej terenu i mapy grubości czwartorzędu oraz analizy warunków geologicznych. Obliczenia stateczności skarp w części południowo-zachodniej składowiska „X” zostały przeprowadzone metodą Bishopa, za pomocą specjalistycznego oprogramowania komputerowego SLIDE Rocscience Inc. W tabelicy 1 zestawiono wyznaczone metodą kolejnych przybliżeń parametry geotechniczne warstw modelu obliczeniowego, przy których współczynnik pewności $F < 1$ charakteryzuje stan utraty stateczności skarp składowiska.



Rys. 2. Model geometryczny skarpy w części południowo-zachodniej składowiska „X”
 Fig. 2. Geometric model of the slope in the south-west of the landfill "X"

Tablica 1

Parametry geotechniczne dla poszczególnych warstw modelu obliczeniowego

Lp.	rodzaj warstwy modelu	ciężar objętościowy, [kN/m ³]	kąt tarcia wewnętrznego, [°]	spójność, [kN/m ²]
1.	odpady pogórnice	18	28	0
2.	czwartorzęd	17	6	10
3.	trzeciorzęd	19	20	50

Obliczone (tablica 1) parametry geotechniczne podłoża gruntowego i skarpy w części południowo-zachodniej składowiska „X”, wskazują, że przy tak małym kącie tarcia wewnętrznego utworów czwartorzędowych w ich obrębie powstają powierzchnie poślizgowe, powodujące utratę stateczności skarp składowiska.

5. Podsumowanie

Przedmiotowy teren, na którym zlokalizowane jest rozpatrywane składowisko odpadów pogórnich, podlega złożonym oddziaływaniom środowiskowym, a występujące od wielu lat deformacje, uszkodzenia skarp i korpusu składowiska oraz deformacje terenu przedpola składowiska wskazują na dużą i nierównomierną aktywność procesów deformacyjnych.

Składowisko zlokalizowane jest na gruncie o słabych parametrach geotechnicznych, co sprzyja, szczególnie w warunkach zawodnienia, występowaniu wyraźnych tendencji do wzrostu plastyczności i pełzania, szczególnie w rejonach o znaczących, zróżnicowanych wysokościach terenu (rzeźby terenu). Niewątpliwym wpływem na intensywne przemieszczanie się gruntu ma także jego duże obciążenie odpadami składowiska i deformacjami powodowanymi wpływami eksploatacji górniczej.

W świetle analizy przebiegu dotychczasowych deformacji na przedpolu składowiska, na czole składowiska i jego przedpolu wykształciła się strefa deformacyjna w wyniku powstania powierzchni poślizgowych w składowisku i jego podłożu. Strefa ta jest efektem nadmiernego obciążenia ze strony składowanego kamienia dołowego i oddziaływania wpływów eksploatacji górniczej. Dodatkowo niekorzystny wpływ mają zawodnienie w obrębie utworów czwartorzędowych, powstałe zbiorniki wód na przedpolu składowiska, wody opadowe infiltrujące do bryły zwałowiska oraz nachylenie warstw podłoża w kierunku przedpola składowiska, powiększane dodatkowo przemieszczeniami generowanymi prowadzoną eksploatacją górniczą.

Spowodowane powyższymi uwarunkowaniami ruchy masowe w obrębie przedstawionego składowiska odpadów pogórnich wymagają wykonania odpowiednich przedsięwzięć i zabezpieczeń, które ograniczą występujące zagrożenia geotechniczne i umożliwią dalsze, bezpieczne składowanie odpadów.

BIBLIOGRAFIA

1. Chudek M. i in.: Analiza uwarunkowań geotechnicznych, hydrogeologicznych i górniczych dla wyboru sposobu rekultywacji zdegradowanych terenów w północno-zachodniej części składowiska „X” i obszarów przyległych wraz z opracowaniem projektu technicznego, uwzględniającego zamierzenia eksploatacyjne KWK. Praca naukowo-badawcza, Katowice 2009 (niepublikowana).
2. Kleta H., Jendryś M.: Slope stability in the condition of mining. Konf. Geotechnics in urban areas. Bratislava, Slovakia 2005.
3. Jendryś M., Kleta H.: Utrata stateczności zboczy znajdujących się na terenach górniczych. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, nr 4, Katowice 2005.
4. Kleta H., Jendryś M.: Wpływ górniczych odkształceń poziomych na stateczność skarp w świetle analizy numerycznej. Budownictwo Górnicze i Tunelowe, nr 2, Katowice 2007.
5. Kleta H.: Wybrane aspekty stosowania barier geotechnicznych ograniczających wpływ deformacji nieciągłych na terenach górniczych. VII Konferencja Naukowo-Techniczna pt. „Ochrona środowiska na terenach górniczych”, Szczyrk 2008.
6. Kleta H.: Geotechniczne aspekty ograniczania nieciągłych deformacji gruntu na terenach górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, s. Górnictwo, z. 283, Gliwice 2008.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Zenon Pilecki

Abstract

Within the landfill mining wastes may arise environmental risks associated not only with the pollution of groundwater, surface water, air and soil, but also the displacements and deformations of the ground storage as well as his body, similar to the surface mass movements. A special role in this case, the act of the rock mass deformation and surface impacts caused by underground mining. Mass movements within the landfill, result in the occurrence of geotechnical hazards, causing loss of stability of slopes landfill, the formation of discontinuous deformation area in front of the site, changes in the hydrogeological conditions and damage to buildings and technical infrastructure in the area of the landfill.

The article presents the geological and mining conditions, and hydrogeological and morphological grounds in the vicinity of the landfill mining wastes. As a result of past mining activities in several decks in the north-west of the landfill, "X", two local depressions ranging from 7 m to 11 m, and on the periphery of the landfill ground settlement amounted to

approximately 10 m. The degradation of the subsoil in the area of the site "X" also shows the calculated horizontal strain, which has suffered the surface area in the region ranging from -15 mm/m (compression) to 24 mm/m (tension).

Landfill slope stability calculations helped determine the method of successive approximations layers of geotechnical parameters of the calculation model, in which there is loss of stability. In light of the diagnosis of mining and geological conditions and analysis of the deformation around the site and calculations made, it was found that the deformation zone has developed as a result of the creation of slippery surfaces in the storage medium, which is due to the load from the storage of stone and the impact of post-mining the impact of mining, is displaced on the periphery of the landfill. This condition causes the mass movements within the landfill proposal to require the implementation of appropriate post-mining equipment, which must reduce geotechnical hazards occurring and allow for the continued safe storage of waste at the landfill.