

Henryk KLETA

Politechnika Śląska, Gliwice

Katedra Geomechaniki, Budownictwa Podziemnego i Zarządzania Ochroną Powierzchni

GEOTECHNICZNE ASPEKTY OGRANICZANIA NIECIĄGŁYCH DEFORMACJI GRUNTU NA TERENACH GÓRNICZYCH

Streszczenie. W obrębie filarów ochronnych na powierzchni terenu pojawiają się często deformacje nieciągłe o charakterze liniowym w postaci uskoków – progów terenowych i szczelin. Nieciągłości te stanowią zawsze znaczne zagrożenie dla obiektów zlokalizowanych w ich rejonie. W artykule przedstawiono przykład zabezpieczenia geotechnicznego terenu objętego deformacjami nieciągłymi, w celu zahamowania propagacji deformacji nieciągłych i złagodzenia deformacji w gruncie na przedpolu zagrożonych obiektów. Zabezpieczenie polega na zabudowie w gruncie kompozytu w postaci warstwy kruszywa, którego okruczy są osadzone w oczkach geosiatek. Zabudowany kompozyt powinien powodować usztywnienie i wzmocnienie gruntu w strefach silnych rozluźnień na przedpolu zagrożonych obiektów budowlanych, hamując rozprzestrzenianie się deformacji nieciągłych.

GEOTECHNICAL ASPECT OF GROUND DEFORMATION REDUCTION IN THE MINING AREAS

Summary. In the protecting pillar boundary on the land surface often appearing discontinuity deformations which have linear character in the shape of faults, thresholds and gaps. Discontinuities are always meaningful menace for object localized in their vicinity. Paper presents example of geotechnical protection of terrain influenced by discontinuous deformations. The protection is use in order to check propagation of discontinuous deformations and to absorb deformations in ground in the front of the menaced objects. Protection consist on execute in ground composite in the shape of aggregate layer which chips are seated in the mesh of geogrid. Composite should to cause stiffening and reinforcement of ground in zones of loose on the front of menaced building objects by brake of discontinuous deformations.

1. Wprowadzenie

Podziemna eksploatacja węgla kamiennego powoduje deformacje o charakterze ciągłym i nieciągłym. Deformacje nieciągłe dzieli się na deformacje o charakterze powierzchniowym,

czyli zapadliska, oraz deformacje liniowe, przejawiające się w formie progów (uskoków) terenowych, pęknięć, szczelin itp. Deformacje o charakterze liniowym pojawiają się głównie w przypadku występowania w górotworze uskoków, w wyniku prowadzenia eksploatacji górniczej z zawałem stropu do jednej wspólnej linii wyznaczonej przez filary ochronne lub graniczne oraz w przypadku wieloletniej, intensywnej eksploatacji górniczej, charakteryzującej się dużym gradientem sumarycznej grubości wybranego złoża. Charakter tych deformacji objawia się na powierzchni terenu w postaci różnicy przemieszczeń pionowych wynoszącej kilka, kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt centymetrów. Wielkość tych deformacji i ich gwałtowność powstawania powodują duże zagrożenie dla stateczności obiektów budowlanych. W praktyce przyjmuje się, że na terenach zagrożonych deformacjami nieciągłymi budownictwo powinno być znacząco ograniczone, a obiekty istniejące znajdują się w strefie dużego ryzyka awariami [7, 10]. W tych warunkach szczególne znaczenie mają poszukiwania zabezpieczeń geotechnicznych dla terenu i obiektów budowlanych w obszarach zagrożonych deformacjami nieciągłymi.

2. Uwarunkowania powstawania nieciągłych deformacji gruntu na terenach górniczych

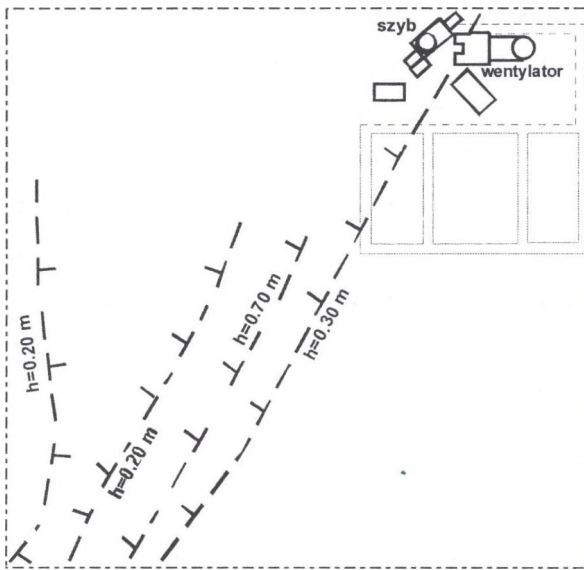
Jedną z przyczyn występowania deformacji nieciągłych jest znaczna sumaryczna miąższość wybranych pokładów węgla, która powoduje duży, nierównomierny stopień zruszenia górotworu w wyniku prowadzenia eksploatacji górniczej, głównie z zawałem stropu, często do granicy filara ochronnego. W tych warunkach na powierzchni terenu obserwuje się zjawiska deformacyjne, świadczące o występowaniu stref nieciągłości w gruntach spoistych, i silne rozluźnienia w gruntach niespoistych, które potwierdzają badania geotechniczne i georadarowe [8, 9]. W takich obszarach występują różne stany zagęszczenia gruntu w otoczeniu nieciągłych deformacji terenowych oraz lokalne ścięcia struktury gruntu i płaszczyzny poślizgu, które często przyjmują charakter zrzutowo-uskokowy.

Taki charakter posiadają deformacje nieciągłe w rejonie szybu „x” oraz na południowy zachód od niego, gdzie od wielu lat ujawniają się deformacje nieciągłe o charakterze liniowym, w postaci progów-uskoków terenowych na długości wynoszącej ok. 400 m (rys. 1). W opisywanym rejonie filara ochronnego szybu „x”, dotychczasowa eksploatacja górnicza

spowodowała nierównomierne osiadania powierzchni terenu wynoszące od około 12,5 m na południowy zachód od szybu, do około 0,5 m w rejonie szybu [2].

Wysokości progów w rejonie szybu „x” są zróżnicowane i wynoszą od 0,3 m do 0,7 m. Uskoki te bieżą w kierunku obiektów przyszybowych – budynku nadszybia, i obiektów stacji wentylatora, powodując pęknięcia pionowe ścian zewnętrznych i wewnętrznych oraz spękania płyty fundamentowej wentylatora.

Analiza warunków geologiczno-górnictwowych i obserwacji przebiegu deformacji w tym rejonie oraz wyniki badań geotechnicznych pozwalają przyjąć, że pod wpływem działających sił poziomych od oddziaływania wpływów eksploatacji górniczej w warunkach dużego gradientu zmian krzywizny powierzchni terenu w rejonie filara ochronnego szybu „x”, występuje proces deformacji gruntu począwszy od silnych rozluźnień do obserwowanych progów-uskoków terenowych.

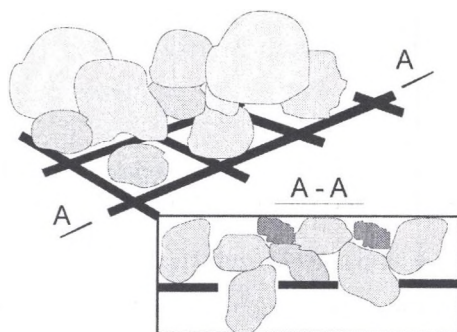


Rys. 1. Przebieg deformacji nieciągłych typu liniowego w rejonie szybu „x”
Fig. 1. Discontinuous deformations linear type in the region of shaft „x”

Według danych kopalni, deformacje nieciągłe typu liniowego w obrębie filara ochronnego szybu „x” wystąpiły w 1998 roku, a w kolejnych latach zauważono zarówno pogłębienie się tych uskoków terenowych, jak i pojawienie się nowych deformacji nieciągłych [2].

3. Sposób ograniczenia propagacji deformacji nieciągłych gruntu

Doświadczenia związane z użytkowaniem i zabezpieczaniem budynków zlokalizowanych w rejonach objętych zagrożeniami ze strony deformacji nieciągłych wskazują, że zastosowanie zabezpieczeń tych obiektów jest trudne, kosztowne i często nieefektywne [7, 10]. Zastosowanie zabiegów, takich jak: opasanie fundamentów budynku, wykonanie ściągów i wzmocnień ścian, jest niewystarczające ze względu na częste pogłębianie się uskoków terenowych [10]. W tych warunkach wydaje się, że warto poszukiwać innych rozwiązań zabezpieczających, szczególnie w obrębie metod geotechnicznych, które mogłyby zahamować propagację deformacji nieciągłych i złagodzić nieciągłości w gruncie na przedpolu budowli [2, 3, 4]. Takie możliwości można wnioskować w omawianym przypadku występowania deformacji nieciągłych po stronie południowo-zachodniej obiektów szybu „x” (rys. 1). W rejonie szybu „x” wystąpiła strefa deformacji nieciągłych, której propagacja przebiega od południowego zachodu w kierunku szybu „x”, a tym samym istnieją realne obawy eskalacji tych zjawisk w kierunku północno-wschodnim, gdzie zlokalizowany jest budynek stacji wentylatorów przy szybie. W tych warunkach przyjęto wykonanie zabezpieczenia, które zahamuje propagację deformacji nieciągłych i złagodzi nieciągłości w gruncie na przedpolu budynku stacji wentylatorów. Zabezpieczenie może stanowić geomaterac usztywniający grunt w kierunku poziomym i pionowym, o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie. Głównym założeniem geomateraca jest osadzanie kruszywa w oczkach geosiatek i ryglowanie się tych unieruchomionych okruchów (rys. 2) w kolejnych warstwach ziaren kruszywa [4].



Rys. 2. Ryglowanie się okruchów kruszywa w oczkach geosiatki

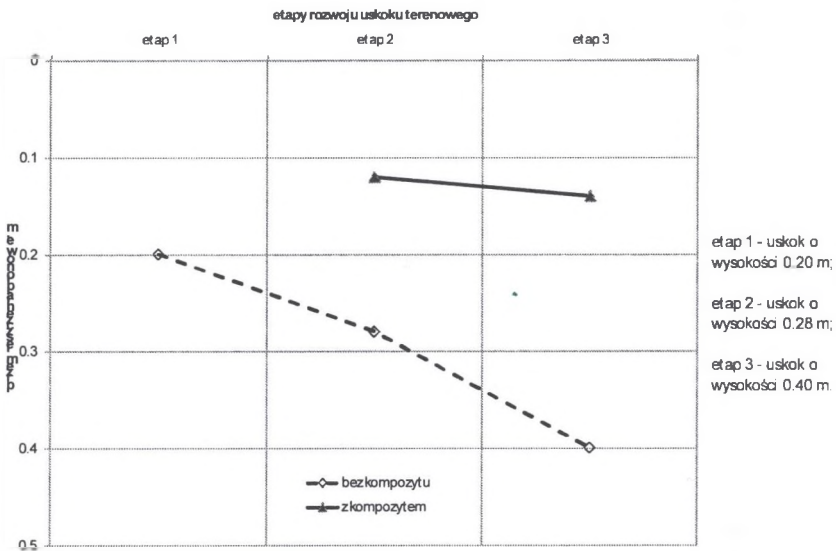
Fig. 2. Interlocking of aggregates in mesh of geogrid

Na rysunku 3 przedstawiono obliczone przemieszczenia pionowe terenu dla uproszczonego modelu numerycznego gruntu w warunkach występujących deformacji nieciągłych. Dla oceny przydatności geomateraca jako zabezpieczenia na deformacje nieciągłe, porównano wyniki obliczeń numerycznych przemieszczeń dwóch modeli obliczeniowych, a mianowicie:

- modelu 1, w którym „wywołano” strefę deformacji nieciągłych, bez geomateraca,
- modelu 2, w którym „wywołano” strefę deformacji nieciągłych, z geomateracem.

W obliczeniach metodą MES przyjęto grunt o własnościach ośrodka sprężysto-plastycznego o modelu Coulomba-Mohra, a strefę nieciągłości w gruncie modelowano za pomocą strukturalnych elementów „interface”. W modelu o wymiarach 60 m x 30 m wywołano przemieszczenia pionowe w „strefie nieciągłości” w trzech etapach, które na powierzchni modelu (terenu) wynosiły odpowiednio 0,20 m; 0,28 m i 0,40 m.

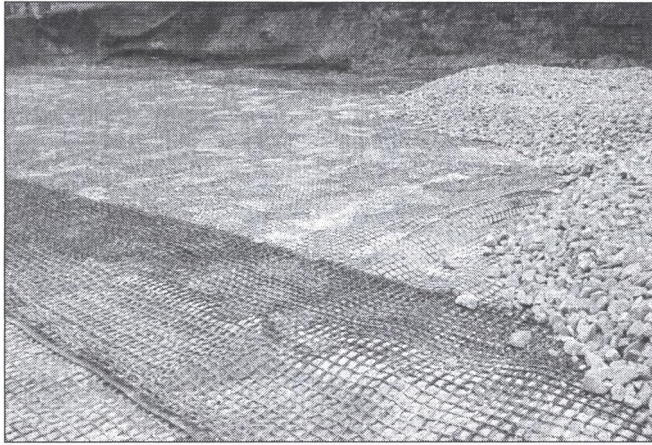
Przyjęto, że miarą efektywności zabezpieczenia gruntu materacem będzie zmniejszenie przemieszczeń powierzchni terenu po jego zabudowie i wystąpieniu przyrostu deformacji nieciągłych (etap 2 i 3 rozwoju nieciągłości).



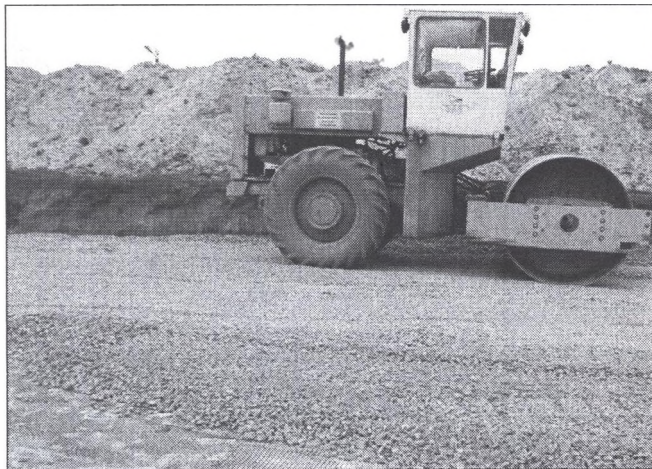
Rys. 3. Obliczony numerycznie rozkład przemieszczeń pionowych terenu dla przypadku braku kompozytu zabezpieczającego grunt i po zastosowaniu kompozytu zabezpieczającego
Fig. 3. Calculated distribution of vertical displacement of terrain without protective composite and after apply protective composite

Przedstawione na rys. 3 wyniki obliczeń przemieszczeń pionowych wskazują na znaczące zmniejszenie się przemieszczeń przy zastosowaniu w modelu kompozytu zabezpieczającego.

Zabezpieczenie, które zahamuje propagację deformacji nieciągłych i złagodzi nieciągłości w gruncie na przedpolu budynku stacji wentylatorów, wykonano w szerokoprzestrzennym wykopie o rozmiarach w rzucie poziomym ok. 50,0 x 30,0 m i głębokości około 1,5 m. Po wykonaniu wykopu rozścielono siatki dolne, rozwijając jej szerokie na 5,0 m rulony wzdłuż dłuższego boku wykopu z zakładami o szerokości 0,5 m (fot. 1).

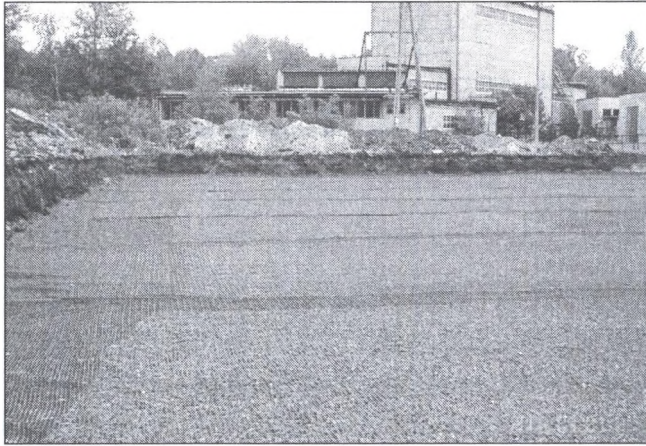


Fot. 1. Widok na siatkę dolną wraz z kruszywem (fot. H. Kleta)
Photo 1. Bottom geogrid with aggregate (photo H. Kleta)



Fot. 2. Zagęszczanie kruszywa na siatce górnej w wykopie (fot. H. Kleta)
Photo 2. Consolidation of aggregate on the upper geogrid in the excavation (photo H. Kleta)

Kolejnym etapem było ułożenie warstwy kruszywa o grubości 0,1 m na dolnej siatce i zagęszczenie jej za pomocą zagęszczarki kroczącej (fot. 2) w celu wprowadzenia kruszywa w oczka siatki (dla uzyskania ryglowania się okruchów kruszywa). Po ułożeniu kolejnej warstwy kruszywa o grubości 0,2 m i jej zagęszczeniu ułożono górną siatkę pasami wzdłuż krótszej osi wykopu również z zakładami 0,5 m [3]. W etapie końcowym ułożono kolejną warstwę kruszywa o grubości 0,1 m na górnej siatce (fot. 3), a po jej zagęszczeniu ułożono grunt pochodzący z wykonanego wykopu na zabudowanym geomateracu.



Fot. 3. Widok na ułożoną siatkę górną w wykopie (fot. H. Kleta)

Photo 3. Upper grid laying on excavation (photo H. Kleta)

4. Podsumowanie

W obrębie filara ochronnego dla szybu „x” oraz po jego stronie południowo-zachodniej od wielu lat występują deformacje nieciągłe o charakterze liniowym, głównie w postaci progów-uskoków terenowych. Wysokości progów są zróżnicowane i wynoszą od 0,3 m do 0,8 m, a okresowa ich aktywacja polega na propagacji nieciągłości w kierunku obiektów przyszybowych i zwiększaniu się wysokości uskoków terenowych. Uskoki te propagują w kierunku obiektów przyszybowych – obiektów stacji wentylatora, powodując pęknięcia pionowe ścian zewnętrznych i wewnętrznych oraz spękania płyty fundamentowej wentylatora, w wyniku czego występują trudności w użytkowaniu tych obiektów i realne zagrożenie bezawaryjnej pracy wentylatorów.

Doświadczenia związane z użytkowaniem i zabezpieczaniem budynków zlokalizowanych w rejonach objętych zagrożeniami ze strony deformacji nieciągłych wskazują, że warto poszukiwać rozwiązań zabezpieczających, również w obrębie metod geotechnicznych, które mogłyby zahamować propagację deformacji nieciągłych i złagodzić nieciągłości w gruncie na przedpolu budowli.

W artykule przedstawiono zabezpieczenie, które powinno zahamować propagację deformacji nieciągłych i złagodzić nieciągłości w gruncie na przedpolu zagrożonych obiektów. Wykonanym zabezpieczeniem jest geomaterac, który usztywnia grunt w kierunku poziomym i pionowym, charakteryzujący się wysoką wytrzymałością na rozciąganie. Prowadzone obserwacje i pomiary geodezyjne w rejonie wykonanego zabezpieczenia pozwolą w przyszłości na szczegółową ocenę efektywności zastosowanego rozwiązania.

BIBLIOGRAFIA

1. Chudek M.: Geomechanika z podstawami ochrony środowiska górniczego i powierzchni terenu. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2002.
2. Chudek M., Kleta H.: Zagrożenie obiektów przyszybowych deformacjami nieciągłymi typu liniowego. *Górnictwo i geoinżynieria*, z. 3/1, Wydawnictwo AGH, Kraków 2007, s. 135-140.
3. Gryczmański M., Kleta H., Jendryś M.: Projekt techniczno-technologiczny zabezpieczenia stacji wentylatorów przy szybie V przed występującymi deformacjami nieliniowymi. Gliwice 2006 (praca niepublikowana).
4. Kleta H.: Przydatność zabezpieczeń geotechnicznych na terenach górniczych w świetle obliczeń numerycznych. Praca naukowo-badawcza, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa i Geologii, BW- 477/RG-4/2006, Gliwice 2006 (praca niepublikowana).
5. Kowalski A.: O liniowych nieciągłościach powierzchni. *Bezpieczeństwo pracy i ochrona środowiska w górnictwie*, nr 12, Kraków 2005, s. 25-33.
6. Kowalski A.: Specyfika deformacji powierzchni dla dzisiejszego polskiego górnictwa węgla kamiennego. *Górnictwo i geoinżynieria*, z. 3/1, Wydawnictwo AGH, Kraków 2007, s. 269-277.
7. Kwiatek J.: Obiekty budowlane na terenach górniczych. Wydawnictwo GIG, Katowice 2007.
8. Wykonanie badań georadarowych gruntu dla określenia deformacji nieciągłych w rejonie szybu V. Praca zbiorowa. GEOPARTNER Sp. z o.o., Kraków 2006 (praca niepublikowana).

9. Wykonanie badań wytrzymałościowych gruntu w obrębie przewidywanego zabezpieczenia geotechnicznego w rejonie szybu wentylacyjnego. Praca zbiorowa. Politechnika Śląska, Katedra Geotechniki, Gliwice 2006.
10. Wandzik G., Szojda L., Ajdukiewicz A.: Zabezpieczanie budynków w obszarach ujawniania się nieciągłych deformacji terenu. Materiały XXIII Konferencji Naukowo-Technicznej pt. „Awarie budowlane”, Szczecin – Międzyzdroje, 23 – 26 maja 2007, s. 341-348.
11. Zych J., Drzęźła B., Kleta H.: Analiza stopnia wybrania złoża na stan deformacji powierzchni terenu i zagrożenie sejsmiczne na przykładzie filara ochronnego dla Bytomia. Zeszyty Naukowe AGH, s. Sozologia i sozotechnika, z. 33, Kraków 1991.

Recenzent: Prof. zw. dr hab. inż. dr h.c. Mirosław CHUDEK

Abstract

In the protecting pillar boundary on the land surface often appearing discontinuity deformations which have linear character in the shape of faults, thresholds and gaps.

Discontinuities are always meaningful menace for object localized in their vicinity. Paper presents example of geotechnical protection of terrain influenced by discontinuous deformations. The protection is use in order to check propagation of discontinuous deformations and to absorb deformations in ground in the front of the menaced objects.

Protection consist on execute in ground composite in the shape of aggregate layer which chips are seated in the mesh of geogrid. Composite should to cause stiffening and reinforcement of ground in zones of loose on the front of menaced building objects by brake of discontinuous deformations.

Cumulative thickness of extracted bed on these areas can reach several tens meters and in spite of presence of protection pillars deformations occur, which could damage shafts and shaft inset structures. In the shaft area being analysed as well as in south-west direction from them, non-continuous deformations of linear shape occurred and took a form of faults with throw reaching 0.7 m. They are caused by complex geological structure of the rock mass and large cumulative thickness of already extracted coal seams, which resulted in disadvantageous for strength-deformational state of the soil distribution of rock mass and surface deformations.

The paper presents a proposition of a model of formation of non-continuous deformations of linear type in such a conditions. Possibilities of geotechnical procedures for reconstruction of soil continuity and strength by use of geotechnical barriers have been also discussed.