

Elżbieta PILECKA, Janusz KOGUT

ZAGROŻENIA DLA INFRASTRUKTURY TRANSPORTU DROGOWEGO NA SKUTEK WYSTĄPIENIA RUCHÓW MASOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono oddziaływanie infrastruktury transportowej na otoczenie i podłoże drogi. Autorzy zaprezentowali syntetycznie problem zagrożenia osuwiskami i możliwości przeciwdziałania oraz ochrony przed negatywnym wpływem transportu drogowego.

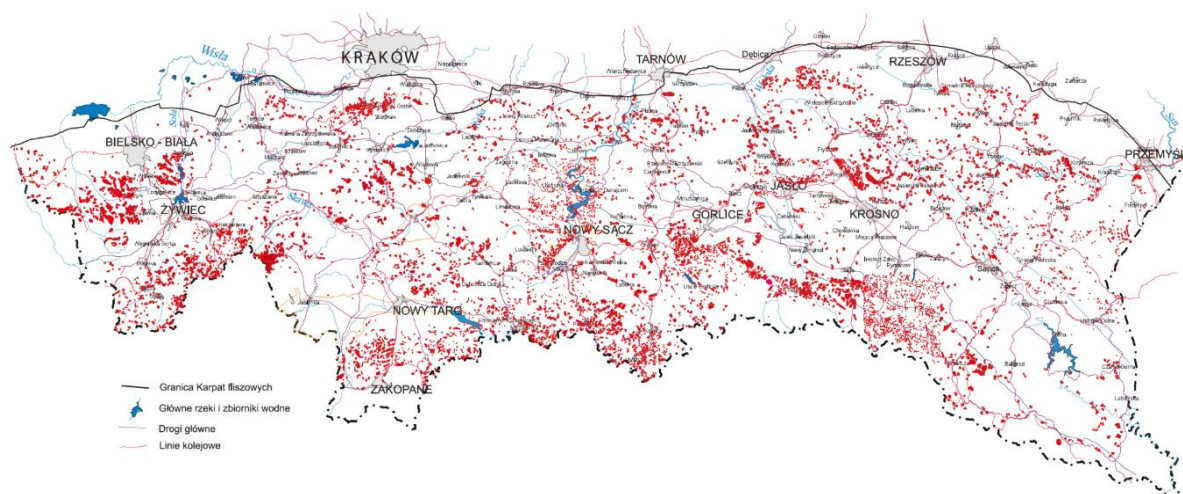
WPROWADZENIE

Jednym z zagrożeń dla infrastruktury transportu drogowego są ruchy masowe. Ruchy masowe ziemi to powstające naturalnie lub na skutek działalności człowieka osuwania, spęływania lub obrywania powierzchniowych warstw skał, zwierzliny i gleby pod wpływem sił grawitacji. Niwieleta wielu dróg przebiega przez aktywne osuwiska i w związku z tym trzeba dokładnie rozpoznać podłoże gruntowe istniejących czy projektowanych w tych warunkach dróg. Każdorazowe zaniechanie tych działań, z różnych powodów np. napiętych terminów realizacji inwestycji lub z oszczędności na kosztach budowy, może w przyszłości doprowadzić do awarii konstrukcji drogowej.

Osuwisko to nagłe przemieszczenie się mas ziemnych, powierzchniowej zwierzliny i mas skalnych podłoża spowodowane siłami przyrody lub działalnością człowieka (np. poprzez podkopanie stoku lub jego znaczne obciążenie). Ruchy osuwiskowe polegają na przesuwaniu się materiału skalnego lub zwierzelinowego wzdłuż powierzchni poślizgu (w której nastąpiło ścięcie). Ruch taki zachodzi pod wpływem siły ciężkości. Osuwiska są szczególnie częste w obszarach o sprzyjającej im budowie geologicznej, gdzie warstwy skał przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych występują naprzemiennie. Miejsca występowania osuwisk to naturalne stoki i zbocza dolin i zbiorników wodnych, obszary źródłowe rzek (gdzie erozja wsteczna zwiększa spadek terenu), skarpy wykopów i nasypów oraz wyrobisk.

Ruchy masowe w szczególności osuwiska należą do jednych z najgroźniejszych zagrożeń naturalnych na świecie. W Polsce sytuacja w zakresie zagrożenia osuwiskowego jest poważna, a pierwsze lata XXI wieku zaznaczyły się nasileniem zjawisk katastrofalnych. Najwięcej osuwisk w Polsce znajduje się na terenie Karpat. Na poniższej mapie Polski południowej zaznaczone są obszary występowania osuwisk (rys. 1). Na obszarze Karpat zarejestrowanych jest ponad 95% wszystkich osuwisk w Polsce. Osuwiska są dużym problemem także dla transportu. W pracy [4] podaje się, że w Karpatach zagrożonych osuwiskiem było 625 odcinków dróg (statystycznie daje to jedno osuwisko na 5 km dróg publicznych) i 86 odcinków torów kolejowych (statystycznie jedno osuwisko na 10 km linii kolejowej). Obecnie sytuacja jest poważniejsza, co wiąże się ze zmianami klimatycznymi oraz z rozwojem infrastruktury liniowej w postaci budowy nowych dróg oraz rozbudowy i remontu istniejących. Sprawiają one, że nie zawsze można ominąć tereny osuwiskowe.

Utrata stateczności skarp i zboczy, będąca przyczyną osuwania się mas ziemnych, następuje w wyniku przekroczenia wytrzymałości gruntu na ścinanie wzdłuż dowolnej (ale ciągłej) powierzchni zwanej powierzchnią poślizgu. Identyfikacja powierzchni poślizgu jest w przypadku rozpoznania osuwisk sprawą kluczową. Warunkiem koniecznym do tego jest dobre rozpoznanie geologiczne terenu uznanego za potencjalne osuwisko [3]. Ocenienie miąższości



Rys. 1. Obszary osuwiskowe w Polsce południowej na tle infrastruktury transportowej.

Źródło: <http://www.pgi.gov.pl/pl/oddzial-karpacki/geozagrozenia-karpaty/karpackie-osuwiska.html> ze zmianami autorskimi

warstw zwietrzalnych i rozpoznanie zalegania warstw głębszych są niezbędne do podejmowania dalszych decyzji inwestycyjnych. Rozpoznanie osuwiska prowadzi się otworami wiertniczymi, sondowaniami oraz metodami nieinwazyjnymi (geofizycznymi). Głębokość wierconych otworów musi być dobrana zgodnie z przewidywaną budową geologiczną tak, aby rozpoznać ewentualne płaszczyny poślizgu. Metody geofizyczne też muszą być odpowiednio dobrane - najlepiej dwie niezależne metody np. sejsmiczną i georadarową, które mogą jednoznacznie identyfikować dane zagrożenie osuwiskowe. Metody geofizyczne uściślają budowę geologiczną między otworami geologicznymi. Należy podkreślić, że powierzchni (krzywych) poślizgu na danym osuwisku może być kilka. Podstawowe to takie, które występują zazwyczaj pomiędzy warstwą zwietrzałą a skalnym podłożem, kolejne mogą się tworzyć na granicach warstw np. w warstwach łupków. Warunki stwarza ku temu budowa geologiczna tzn. występowanie fliszu karpackiego (rys. 2).



Rys. 2. Przekrój fliszu karpackiego.

Źródło: http://pl.wikipedia.org/wiki/Fliszu_karpacki.

Właśnie w warstwach łupków ilastych może się uaktywnić płaszczyna poślizgu ze względu na dużą podatność tych łupków na rozmakanie. Inną charakterystyczną cechą budowy geologicznej fliszu karpackiego jest istnienie pod warstwą gleby strefy zwietrzałej, która charakteryzuje się dużym rozdrobieniem materiału skalnego. Taka warstwa strefy zwietrzałej ułożonej na podłożu skalnym także posiada dużą podatność na osuwanie i wtedy pojawia się strefa poślizgu pomiędzy strefą zwietrzałą a podłożem skalnym. Najwięk-

sze prawdopodobieństwo powstania strefy poślizgu przy kontakcie zwietrzliny i warstw skalnych fliszu karpackiego jest wtedy, gdy warstwy fliszu zalegają równolegle do potencjalnego kierunku zsuwu zwietrzliny. Mówimy wtedy o osuwisku konsekwentnym. Warstwa zwietrzliny powstaje także w innych warunkach geologicznego zalegania warstw fliszu karpackiego. Osuwisko powstałe w wyniku przemieszczenia utworów, gdy kierunek ruchu jest zorientowany skośnie do istniejących powierzchni strukturalnych nazywamy osuwiskiem insekwentnym (rys. 3).

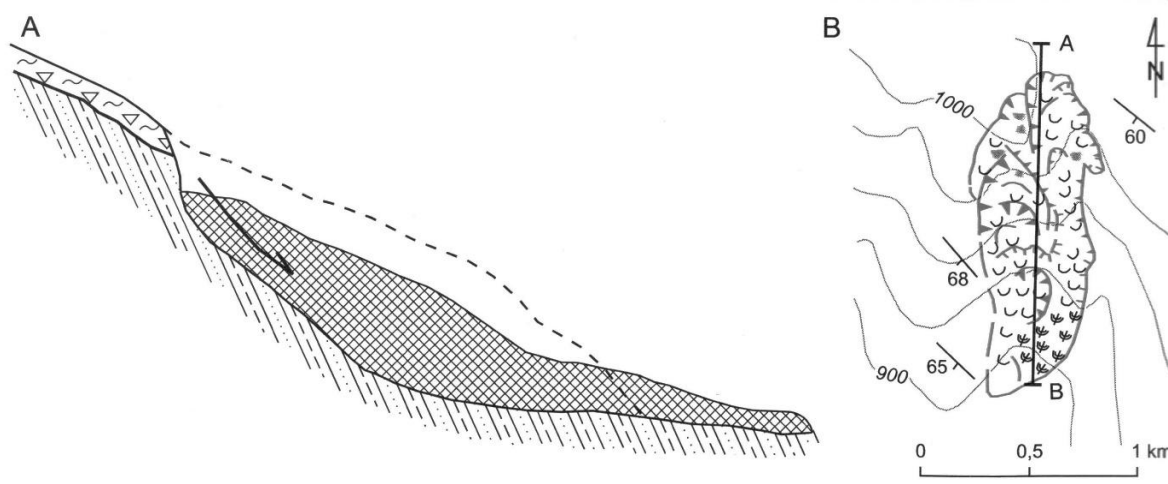
Dzięki właściwemu rozpoznaniu osuwiska mogą być przeprowadzane symulacje numeryczne mające na celu określenie potencjalnych płaszczyn poślizgu i obliczenie minimalnego wskaźnika stateczności dla skarpy lub zbocza. Dla wyjaśnienia pojęć: zbocze jest naturalnie ukształtowane przez procesy geologiczne, a skarpa jest ukształtowana przez człowieka.

1. OKREŚLANIE MINIMALNEGO WSPÓŁCZYNNIKA STATECZNOŚCI SKARP I ZBOCZY

Budowie infrastruktury liniowej charakteryzują się tym, iż wykorzystuje się materiał gruntowy do wykonania podbudowy. Z uwagi na koszty uzyskuje się go najczęściej z najbliższych źródeł i transportuje na plac budowy. W niektórych przypadkach używa się również gruntu rodzimego do uzupełnienia budowli ziemnych.

Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku (Dz. U. 43 poz. 430), w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, definiuje pojęcie budowli ziemnej [6]. W par. 144 ust. 2 zawarto wymaganie, iż „wskaźniki stateczności skarp i zboczy określane indywidualnie metodami podanymi w Polskich Normach nie powinny być mniejsze niż 1,5.” Jest to wartość na ogół przyjmowana w projektowaniu drogowym. W p. 2.2 Załącznika nr 4 w/w Rozporządzenia powtórzone jest wymaganie sprawdzania stateczności skarp i zboczy zgodnie z Polską Normą PN-B-03010:1983 [7]. Przy rozpatrywaniu możliwych postaci zniszczenia skarp i zboczy swobodnych i podpartych należy przyjmować:

- 1) dla gruntu jednorodnego pod względem podatności - kołowo-cylindryczne powierzchnie poślizgu,
- 2) dla skarp zbudowanych z kilku warstw gruntu, różniących się wytrzymałością na ścinanie – niekołowe powierzchnie poślizgu,
- 3) na spękanych skałach - kształt powierzchni poślizgu zależy od występujących nieciągłości; równowagę bryły ograniczonej każdą z możliwych powierzchni poślizgu sprawdza się, dla obliczeniowych wartości sił oraz parametrów geotechnicznych, metodą pasków; wartości dopuszczalnych wskaźników sta-

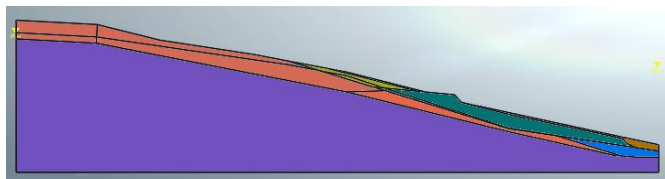


Rys. 3. Osuwisko insekwentne. (A) przekrój podłużny, (B) rzut poziomy

Źródło: Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi. PIG, Warszawa (2008) [1].

- teczności nie powinny być mniejsze niż 1,50,
- 4) obciążenia od pojazdów samochodowych równomiernie rozłożone, o wielkości 25 kPa.

Późniejsze zmiany wzmiankowanego Rozporządzenia, np. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. (Dz. U. 2015 poz. 329) zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie precyzują tylko, że korzystamy z Polskich Norm. W chwili obecnej również w kwestii stateczności skarp i zboczy należy spełnić wymagania PN EN 1997, zwanej Eurokodem 7 [8]. PN EN 1997 nie precyzuje jaki powinno się przyjąć minimalny współczynnik stateczności, jedynie odsyła nas do załącznika krajowego.



Rys. 4. Zbocze analizowane w warunkach naturalnych wraz z uwarstwieniem i zaznaczeniem występowania zwg.

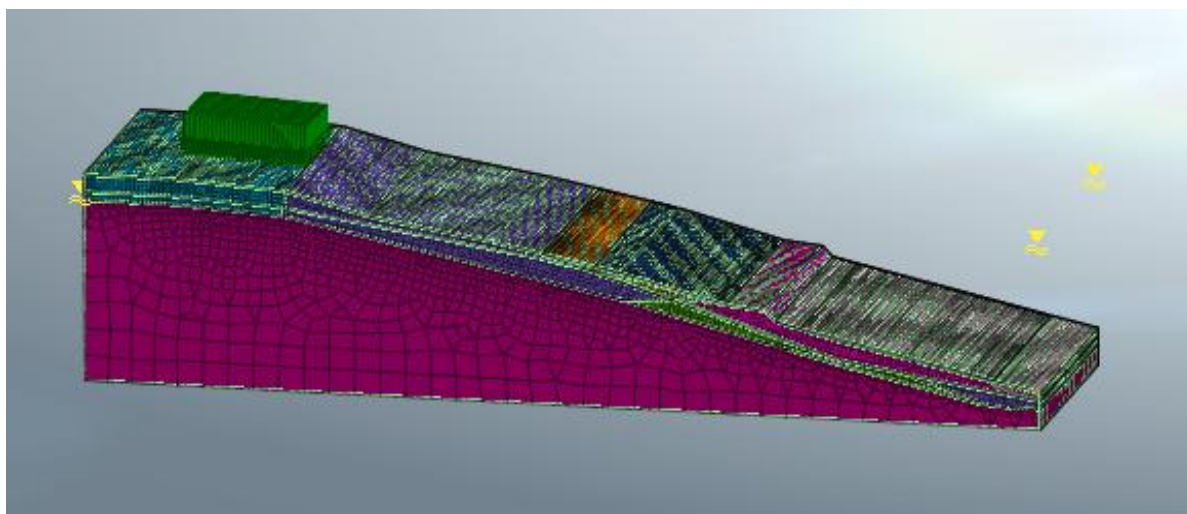
Źródło: Analizy własne.

2. NUMERYCZNA ANALIZA STATECZNOŚCI

Projektant z reguły ma do czynienia z ograniczoną informacją dotyczącą podłoża. Najczęściej bazuje on na tym, co uzyska z dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, która zostaje wykonana na potrzeby inwestycji. W przypadku drogowych budowli liniowych dokumentacja ta nie zawsze uwzględnia fakt, że inwestycja może spowodować wystąpienie zjawisk niekorzystnych poza pasem drogowym. Niekiedy też trudne warunki terenowe powodują, że dokumentacja taka może być niepełna i tylko od doświadczenia projektanta będzie zależeć czy przyjęte parametry będą na tyle bezpieczne, a model na tyle wiarygodny, że obliczenia pozwolą uzyskać miarodajne oszacowanie współczynnika stateczności. Istnieją klasyczne metody obliczeń współczynnika stateczności (Felleniusa, Bishopa, Janbu czy Morgensterna–Price'a). Jednakże bazują one na znacznych uproszczeniach i nie zawsze dają wiarygodne rezultaty. Metody numeryczne zaś, są obecnie najbardziej rozpowszechnione, z uwagi na dostęp do oprogramowania i w większości przypadków dają wiarygodne rezultaty. Dla wszystkich

tych metod otwartą kwestią pozostaje odpowiednie modelowanie materiału (z reguły Coulomba-Mohra i przeważnie grunt w obrębie danej warstwy jest jednorodny i izotropowy) oraz wykorzystanie informacji dotyczącej przepływu wody w porach. Trudności sprawiają też stosowane modele sprężysto-plastyczne, szczególnie dla III kategorii geotechnicznej, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 roku (Dz. U. 43 poz. 430), w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego - par. 4.2 p. 3. Parametry geotechniczne przyjmuje się jako uśrednione i nawet bardzo numerycznie skomplikowany model materiałowo wydaje się być za ubogi w stosunku do rzeczywistości. W przypadku konkretnego gruntu wartości parametrów fizycznych mogą się od siebie istotnie różnić. Porównując wymagania różnych norm nie można pominąć sposobu ustalania wartości obliczeniowych parametrów geotechnicznych. W polskich normach wartość charakterystyczna to ogólnie wartość średnia, którą się zmniejsza (czasem zwiększa), stosując zwykle częściowe współczynniki bezpieczeństwa (materiałowe i inne). Inaczej jest w Eurokodzie 7. Norma PN EN 1997-1 stanowi, że charakterystyczną wartość parametru geotechnicznego należy wybrać jako ostrożne oszacowanie wartości decydującej o wystąpieniu stanu granicznego. Jeśli stosowane są metody statystyczne, to zaleca się wyznaczyć taką wartość charakterystyczną, żeby obliczone prawdopodobieństwo wystąpienia mniej korzystnej wartości, decydującej o powstaniu rozpatrywanego stanu granicznego, nie było większe niż 5%.

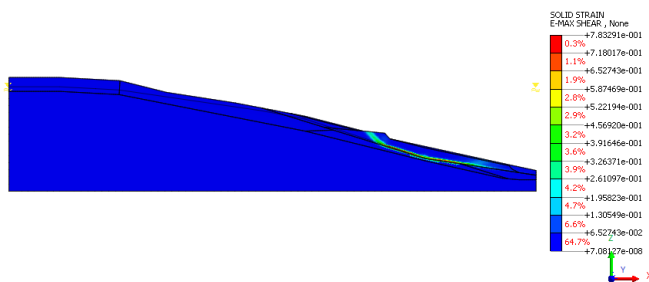
Metody numeryczne bazują na algorytmach aproksymujących przestrzeń podzieloną na skończoną liczbę elementów. Metoda elementów skończonych jest metodą opartą na dyskretyzacji modelu fizycznego. Dyskretyzacja modelu fizycznego polega na zastąpieniu ośrodka ciągłego (continuum), jakim jest w rzeczywistości model fizyczny, modelem dyskretnym. Wielkości fizyczne nie są rozłożone w sposób ciągły, lecz są skupione w podobozarach powstałych wskutek dyskretyzacji. Zastosowanie dyskretyzacji continuum na skończoną ilość elementów jest uproszczeniem modelu fizycznego, ułatwiającego znacznie obliczenia. Metoda elementów skończonych stosowana jest w komercyjnych programach takich jak Plaxis, MIDAS, ADINA, ABAQUS i innych. Do obliczeń współczynnika stateczności można stosować różne podejścia np. metody SRM i SAM. Metoda SRM (ang. shear strength reduction) polega na systematycznej zmianie (redukcji) wytrzymałości na ścinanie i wielokrotnych obliczeń współczynnika stateczności aż do osiągnięcia stanu niestatecznego. Metoda SAM (ang. stress analysis method) polega na sprawdzeniu stanów równowagi statycznej, obliczonych za pomocą



Rys. 5. Zdyskretyzowany model 3D zbocza wraz z obciążeniem wynikającym z występowania budynku mieszkalnego, uzyskany w programie MIDAS.

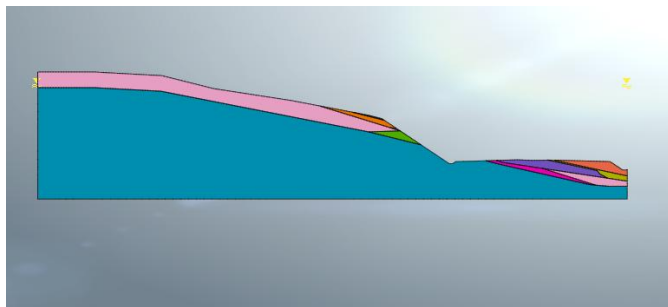
Źródło: Analizy własne.

analizy nieliniowej poprzez wytyczenie możliwych krzywych poślizgu i obliczenie dla nich minimalnego wskaźnika stateczności.



Rys. 6. Wartości maksymalnych odkształceń uzyskane w wyniku obliczeń programem MIDAS, wraz z widoczną powierzchnią poślizgu dla zbocza w przypadku występowania wód gruntowych.

Źródło: Analizy własne.



Rys. 7. Skarpa wraz z widocznym przekrojem drogi oraz uwarstwieniem i zaznaczeniem występowania zwg

Źródło: Analizy własne.

W przykładzie numerycznym analizowany jest przekrój geotechniczny zlokalizowany w terenie fliszu karpackiego [2]. Nadkłady czwartorzędowe stanowią warstwy gruntów pylastych: glin pylastych oraz ilów i ilów pylastych na warstwie zwierzeli. Pod nimi usytuowany jest piaskowiec. Rysunek 4 prezentuje przekrój podłużny analizowany w warunkach naturalnych zbocza. Zwierzadło wód gruntowych jest zmienne i znajduje się od 1 m do 2 m ppt. Powyżej w przekroju usytuowany jest jednorodzinny budynek mieszkalny, który stanowi dodatkowe obciążenie terenu. Rysunek 5 prezentuje

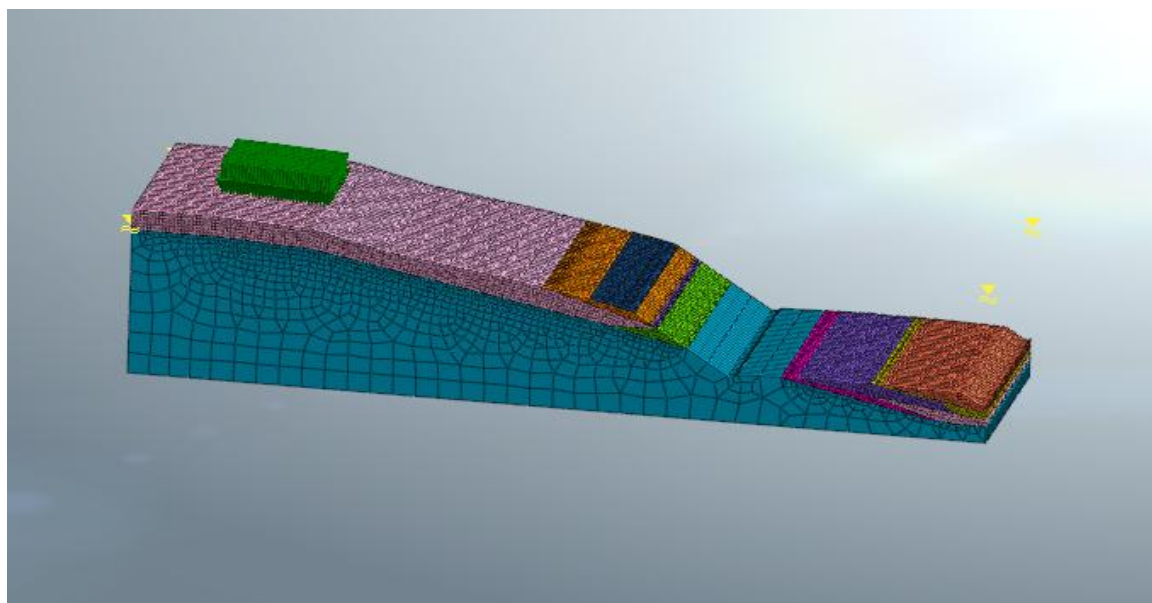
zdyskretyzowany model przestrzenny zbocza wraz z przyjętą siatką elementów skończonych oraz obciążeniem. Model składał się z 308 964 elementów skończonych oraz 74 310 węzłów. Obliczenia zostały wykonane w programie MIDAS metodą SRM dla modelu Coulomba-Mohra gruntu sprawdzając dwa przypadki: bez występowania wód gruntowych oraz z wystąpieniem wód gruntowych. Rysunek 6 prezentuje rezultaty obliczeń w przypadku występowania wód gruntowych. Widoczna jest przewidywana powierzchnia poślizgu. Współczynnik stateczności w przypadku braku wód gruntowych wynosił $F = 3.50$, zaś w przypadku występowania wód gruntowych $F = 2.80$.

W otoczeniu zbocza zaplanowano i zbudowano drogą dwujezdniową wraz z zabezpieczeniem w postaci ekranów akustycznych znajdujących się w obrębie pasa drogowego. W związku z tym przeprowadzono prace ziemne polegające na zdjęciu nadkładu oraz wykonanie skarpy. Rysunek 7 prezentuje przekrój podłużny po wykonaniu robót ziemnych. Ponownie zbudowano model numeryczny uwzględniając zmiany wynikające z robót ziemnych, zdyskretyzowano go i przeprowadzono analizy numeryczne wzmiankowanej skarpy. Tym razem model numeryczny składał się z 271 911 elementów oraz z 65 340 węzłów. Rysunek 8 prezentuje model numeryczny skarpy wraz z siatką elementów skończonych oraz obciążeniem. Widoczny jest też przekrój poprzeczny drogi.

Wykonano ponownie obliczenia w programie MIDAS metodą SRM dla modelu Coulomba-Mohra gruntu sprawdzając, jak poprzednio, dwa przypadki: bez występowania wód gruntowych oraz z wystąpieniem wód gruntowych. Rysunek 9 prezentuje rezultaty obliczeń w przypadku występowania wód gruntowych. Widoczna jest przewidywana powierzchnia poślizgu. Współczynnik stateczności w przypadku braku wód gruntowych wynosił $F = 3.02$, zaś w przypadku występowania wód gruntowych $F = 2.49$.

W świetle uzyskanych rezultatów można zauważyć, że na skutek wykonania skarpy nastąpiła redukcja współczynnika stateczności zarówno w przypadku braku wód gruntowych, jak i przy występowaniu wód gruntowych. Jednakże nadal jego wartość można uznać za bezpieczną w świetle wymaganych przepisów.

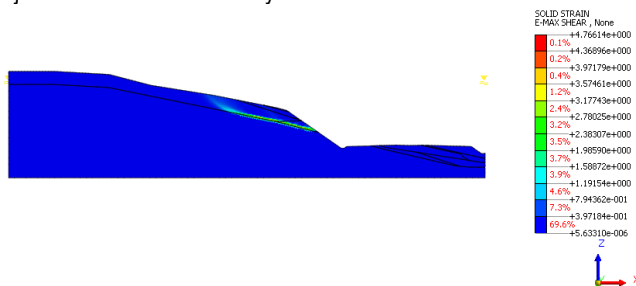
Po analizie formy utraty stateczności oraz dokumentacji geologiczno-inżynierskiej dokonano korekty parametrów wejściowych, korzystając z doświadczeń własnych i uwzględniając fakt, że powierzchnia stateczności powstaje na styku zwierzeli ze skałą, jak



Rys. 8. Zdyskretyzowany model 3D skarpy wraz z obciążeniem wynikającym z występowania budynku mieszkalnego, uzyskany w programie MIDAS.

Źródło: Analizy własne.

to pokazano na rysunku 9. W normie PN-B-03010:1983 dotyczącej obliczeń statycznych i projektowania ścian oporowych w niektórych przypadkach analizy stateczności, szczególnie dotyczących gruntu sugeruje się przyjęcie zredukowanych od 50 do 20% wartości kohezji dla gruntów spoiowych przy analizie poślizgu. Autorzy ponownie dokonali obliczeń przy użyciu tego samego modelu 3D skarpy, przyjmując wartości kohezji zredukowane do 20% wartości pierwotnej dla warstw zwietrzelinowych.



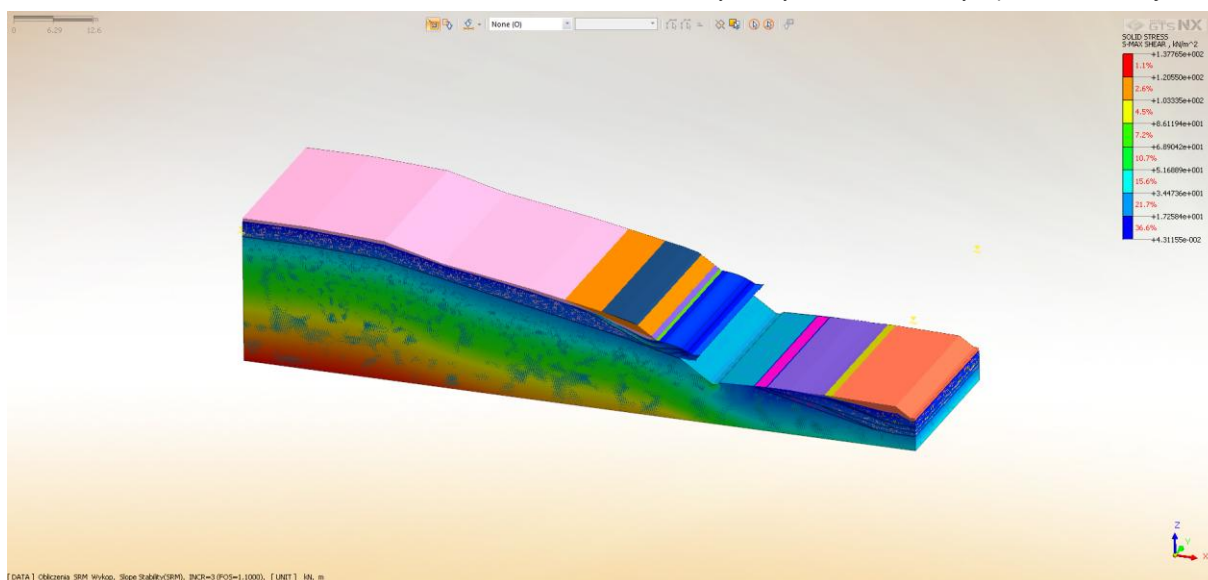
Rys. 9. Wartości maksymalnych odkształceń uzyskane w wyniku obliczeń programem MIDAS, wraz z widoczną powierzchnią poślizgu dla skarpy w przypadku występowania wód gruntowych.

Źródło: Analizy własne

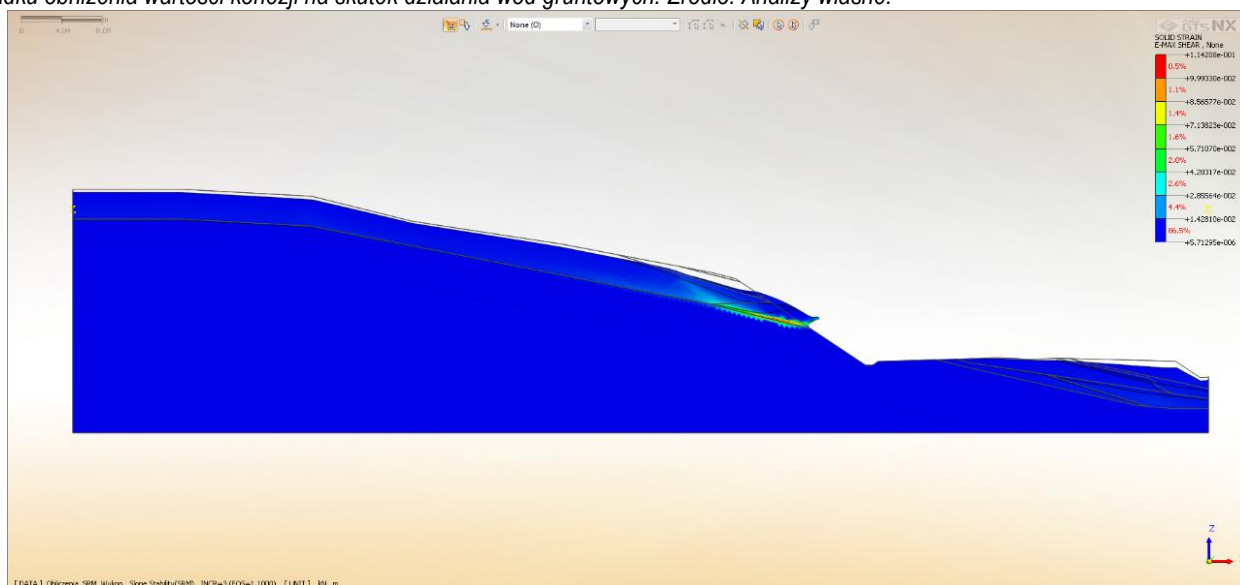
Rysunek 10 pokazuje formę utraty stateczności dla tak przyjętych parametrów fizycznych, zaś na rysunku 11 widoczne są zarówno nowa powierzchnia poślizgu (która nie różni się wiele od tej z rysunku 9), a także sposób zmiany niwelety terenu po uwzględnieniu całkowitych odkształceń. Nastąpiła utrata stateczności skarpy. Współczynnik stateczności w tym przypadku z uwzględnieniem występowania wód gruntowych, wynosi $F = 1.10$. Stanowi to wartość, którą projektant drogi, w świetle obowiązujących przepisów, nie może zaakceptować. Należy zauważyć jednocześnie, że górna część zbocza, która była obciążona ciężarem budynku uległa równomiernemu osiadaniu.

UWAGI KOŃCOWE

Zaprezentowane w artykule wyniki analizy wskazują na wpływ wykonania wykopu drogowego na zmniejszenie stateczności zabudowanej budynkiem skarpy. Obliczenia numeryczne w programie MIDAS wykazały, że współczynnik stateczności skarpy z wykonanym wykopem jest o 14% mniejszy niż współczynnik stateczności skarpy bez wykopu. Wyniki te dotyczą nienawodnionej skarpy. Dodatkowym czynnikiem może być podniesienie się zwierciadła



Rys. 10. Postać utraty stateczności uzyskana w wyniku obliczeń programem MIDAS, wraz z widoczną powierzchnią poślizgu dla skarpy w przypadku obniżenia wartości kohezji na skutek działania wód gruntowych. Źródło: Analizy własne.



Rys. 11. Wartości maksymalnych odkształceń uzyskane w wyniku obliczeń programem MIDAS, wraz z widoczną powierzchnią poślizgu dla skarpy w przypadku obniżenia wartości kohezji na skutek działania wód gruntowych z uwzględnieniem formy utraty stateczności.

Źródło: Analizy własne.

wód gruntowych, co było rozpatrywane w niniejszym artykule. Woda gruntowa obniża współczynnik stateczności o około 20%. Oznacza to, że wykonanie wykopu drogowego oraz podniesienie poziomu wód gruntowych stwarza zwiększone zagrożenie dla infrastruktury drogowej. Flisz karpacki jest rejonem trudnym do projektowania dróg ze względu na skomplikowane warunki gruntowe – tereny osuwiskowe. Najczęściej pierwsza powierzchnia poślizgu znajduje się na granicy strefy zwietrzałej i skał fliszowych. Tak, też okazało się po niniejszych obliczeniach numerycznych. Przedstawiona w artykule zabudowana skarpa powstała na skutek wykopu drogowego w warunkach rzeczywistych i w trakcie procesu budowlanego uległa awarii. Było to w okresie występowania niekorzystnych zjawisk pogodowych związanych z ulewnymi deszczami. Przedstawiona w artykule sytuacja pokazuje jak ważne jest przewidywanie sytuacji ekstremalnych, szczególnie w aktualnych zmianach klimatycznych oraz szczegółowe rozpoznanie warunków gruntowych do odpowiedniego poziomu poniżej terenu, i zdiagnozowanie potencjalnej powierzchni poślizgu.

BIBLIOGRAFIA

1. Grabowski D., Marciniak P., Mrozek T., Neścieruk P., Rączkowski W., Wójcik A., Zimnal Z., Instrukcja opracowania Mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi, Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 2008.
2. Kącka A.: Analiza wpływu obciążenia skarpy budynkiem w różnych warunkach gruntowo-wodnych. Praca magisterska pisana pod kierunkiem E. Pileckiej. Politechnika Krakowska, Katedra Współdziałania Budowli z Podłożem, Kraków, 2015.
3. Pilecka E., 2001: Geologiczne uwarunkowania rejonów osuwiskowych w jednostce zglobickiej. Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyka i Geotermia nr 6,45-47.
4. Zabuski L., Thiel K., Bober L.: Osuwiska we fliszu Karpat Polskich. Wyd. IBW PAN, Gdańsk, 1999.
5. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku (Dz. U. 43 poz. 430)
6. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku (Dz. U. 43 poz. 430), w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie.
7. PN-B-03010:1983 Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie. WN Alfa, Warszawa 1987.
8. PN EN 1997-1. Projektowanie geotechniczne. PKN, Warszawa.

ni Budowli, Katedra Współdziałania Budowli z Podłożem, tel: (12)6282579, e-mail: ep1813@gmail.com
dr inż. **Janusz Kogut** – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki – Wydział Inżynierii Łądowej, Instytut Mechaniki Budowli, Katedra Współdziałania Budowli z Podłożem, tel: (12)6282579, e-mail: jkogut@pk.edu.pl

SOIL MASS MOVEMENT AS A THREAT TO THE ROAD TRANSPORTATION INFRASTRUCTURE

Abstract

The paper summarize the influence of soil mass movements on the transportation infrastructure. Authors focus on the negative impact of the landslide hazard in the vicinity of roads.

Autorzy:
dr hab. inż. **Elżbieta Pilecka**, prof. PK – Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki – Wydział Inżynierii Łądowej, Instytut Mecha-