

Jakub Mazurek, Marek Ciał**

WARUNKI ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ OSUWISKA ZAGRAŻAJĄCEGO BUDYNKOWI MIESZKALNEMU

1. Wstęp

Rok 2010 obfitował w występowanie przykrych, a nawet katastrofalnych wydarzeń, których główną przyczyną były anomalne w naszych warunkach opady atmosferyczne. Długotrwałe i intensywne deszcze pod koniec kwietnia i na początku maja na nizinach spowodowały wystąpienie powodzi, a w rejonach górskich uaktywnienie się „uśpionych”, dotychczas nieczynnych osuwisk oraz powstanie nowych. Ponowna fala ulewnych deszczów na przełomie maja i czerwca wywołała kolejną falę powodzi, a w gminach górskich zintensyfikowanie ruchów osuwiskowych i uszkodzenia lub całkowite zniszczenie niektórych domów. We fliszu karpackim powstawały osuwiska w rejonach spokojnych od stuleci i przez to uznawanych za bezpieczne, uszkadzając lub niszcząc poszczególne domy, całe obejścia gospodarskie, a nawet duże części wiosek. Tak było m.in. w gminach Lanckorona, Laskowa oraz w Kłodnem k/Limanowej, gdzie z osuwiskiem zjechało i uległo zniszczeniu kilkadziesiąt domostw (niemal pół wioski).

W maju, w okresie pierwszej fali opadów atmosferycznych, w obrębie działki i domu mieszkalnego w miejscowości Raciborsko 176 koło Wieliczki wystąpiły pierwsze objawy rozprzestrzeniającego się osuwiska [1]. Górna krawędź powierzchni poślizgu ze zrzutem około 0,3–0,5 m objęła południowo–zachodni skraj działki. Na początku czerwca, podczas drugiej fali opadów, powstały dwie nowe powierzchnie poślizgu. Jedna zlokalizowana około 5–6 m na południe od pierwszej, a druga przebiegała łukiem powyżej pierwszej i przesunięta była w kierunku domu o około 15 m. Osuwiskiem objęte było około 30% powierzchni działki, a uskok naziomu o wartości około 0,5 m znajdował się 14 m od narożnika domu mieszkalnego. Na początku września, gdy w okresie trzeciej fali opadów media donosiły o katastro-

* Katedra Geomechaniki Budownictwa i Geotechniki, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

falnych skutkach osuwisk w Milówce k/Żywca i o 100 hektarowym osuwisku w Binczarowej k/Nowego Sącza, właścicielka omawianej działki ponownie zaczęła się obawiać o własne życie i bezpieczeństwo domu. Wygląd górnej części powierzchni poślizgu osuwiska z zagrożonym domem mieszkalnym przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Wygląd górnej części osuwiska. Powierzchnia poślizgu 14 m od narożnika domu mieszkalnego. Sumaryczne obniżenie dwóch tarasów — około 70 cm. Na pierwszym planie teczka tekturna

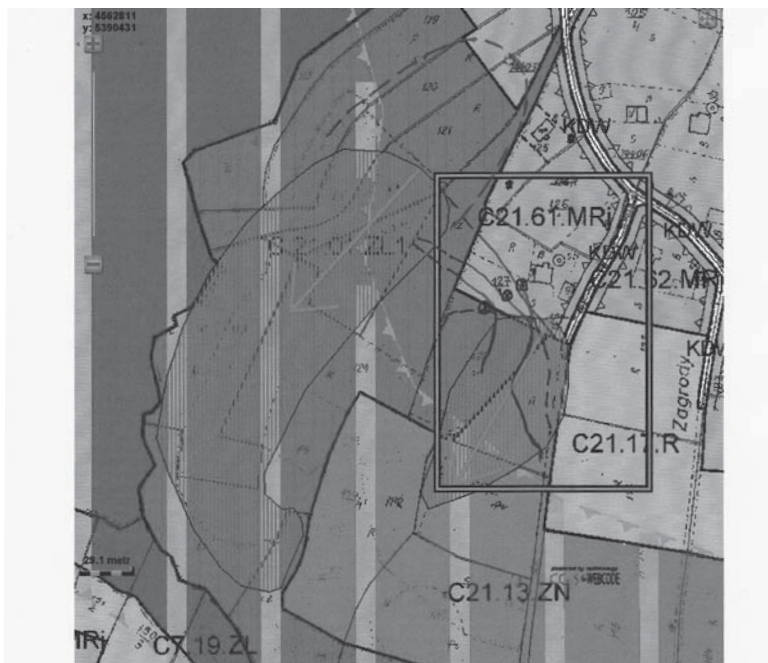
W celu umożliwienia oceny stopnia zagrożenia oraz określenia warunków w jakich może wystąpić kolejna faza zasadniczych przemieszczeń osuwiska, obejmującego swym zasięgiem dom mieszkalny, kilkakrotnie przeprowadzono wizję lokalną, wykonano niezbędne pomiary i wiercenia, sondowania oraz makroskopowe i laboratoryjne badania gruntów osuwiskowych. Wyniki badań wykorzystano do przeprowadzenia analiz stateczności i określenia warunków w jakich najłatwiej może dojść do kolejnej fazy zasadniczych przemieszczeń osuwiskowych.

2. Opis osuwiska

2.1. Opis osuwiska, jego lokalizacja, przebieg i wymiary geometryczne

Działka nr 127/1 w miejscowości Raciborsko 176, przysiółek Zagrody gm. Wieliczka, zlokalizowana jest na południowym zboczu wzgórza. Działka składa się z dwóch części: górnej, o kształcie zbliżonym do prostokąta z domem i szopą oraz dolnej o kształcie trapezu objętej niemal w całości starym osuwiskiem, nieczynnym do wiosny 2010. Wymiary górnej części działki wynoszą około 45×70 m, a dom mieszkalny zlokalizowany jest w strefie górnej, na wyprofilowanej części zbocza. Konstrukcja domu dostosowana do istniejących warunków terenowych jest podpiwniczona w połowie, od strony większego nachylenia [1].

Powierzchnia terenu na całej działce jest nachylona w stosunku do poziomu. W osi geometrycznej domu, na kierunku niemal N–S kąt nachylenia wynosi około 140, a niżej, na działce 128 obecnie objętej w całości osuwiskiem, około 120–160. Kąt nachylenia w przekroju równoległym do zachodniej granicy działki wynosi około 150. W przekroju skośnym 3–3 prostopadłym do górnej krawędzi powstałego osuwiska, przebiegającym w przybliżeniu na kierunku NE–SW kąt nachylenia jest zmienny i średnio wynosi około 180. W części górnej, w obrębie łąki kąt nachylenia wynosi około 140, a w lesie poza granicą działki kąt nachylenia dochodzi nawet do 220. Omawiany przekrój w części dolnej przechodzi przez lokalną niszę osuwiska zlokalizowanego na zachód od działki 127/1 (rys. 2) [1].



Rys. 2. Mapa z dwoma osuwiskami nieczynnymi do wiosny 2010, działką 127/1 i domem mieszkalnym 176. Zaznaczono: przybliżony przebieg krawędzi powierzchni poślizgu nowego osuwiska, lokalizację wiertniczych otworów rozpoznawczych oraz nowy zasięg osuwiska od strony zachodniej.

We wrześniu i kolejnych miesiącach 2010 r., podczas każdej kolejnej wizji stwierdzano, że osuwisko „żyje”, że w rejonie górnej krawędzi powierzchni poślizgu, pomimo braku opadów powstają świeże spękania i szczeliny świadczące o powolnym ruchu obsuniętej części osuwiska. W połowie listopada przejawy zewnętrzne procesu osuwiskowego w obrębie działki 127/1 były bardzo wyraziste. W części środkowej krawędź osuwiska znajdowała się w odległości 14 m od południowo-zachodniego narożnika domu mieszkalnego, a zrzut wynosił 0,5–0,7 m.

Na rysunku 2, będącym także wycinkiem internetowej mapy sytuacyjnej z planem działki 127/1 i działek sąsiednich, zaznaczono zarys przebiegu trzech szczelin osuwiskowych powstałych w obrębie górnej części omawianej działki, a także [5, 7]:

- lokalizację otworów badawczo-rozpoznawczych o numerach OW-1, OW-2 i OW-3 wykonanych 15.10.2010 r.,
- przybliżony przebieg trzech powierzchni poślizgu w obrębie uaktywnionego, rozległego osuwiska zlokalizowanego na południe od działki 127/1,
- przybliżony przebieg dwóch powierzchni poślizgu w kierunku na zachód od granicy działki 127/1, które poprzez działkę 124 łączą się w lesie z rozległym osuwiskiem zlokalizowanym na zachód od niej.

Zaznaczone górne krawędzie powierzchni poślizgu, obsunięcia oraz szczeliny i spękania terenu widoczne na powierzchni w południowo-zachodniej części działki są tylko zewnętrznymi przejawami rozległego osuwiska jakie powstało w czerwcu bieżącego roku z połączenia dwóch uaktywnionych osuwisk zlokalizowanych na południe i na zachód od działki nr 127/1 [1].

2.2. Osuwiska w sąsiedztwie działki 127/1

Z informacji zawartych na stronie internetowej miasta i gminy Wieliczka pod hasłem osuwiska w gminie Wieliczka wynika, że w roku 2008 na terenie całej gminy zarejestrowano ponad 300 osuwisk [1,5,7]. W miejscowościach leżących w bliskim sąsiedztwie przysiółku Raciborsko Zagrody zinwentaryzowano 12 osuwisk, w tym jedno czynne. W bezpośrednim sąsiedztwie działki 127/1 zlokalizowane były dwa nieczynne osuwiska, których zarys przedstawiono na rysunku 2.

Osuwisko zlokalizowane na południe od domu mieszkalnego, miało powierzchnię około 0,5 ha, obejmowało wschodnią część działki 128 i niemal całą południową część działki 127/1 o kształcie trapezu. Zaznaczony na rysunku kierunek jego ruchu przebiegał od północnego-wschodu na południowy-zachód. We wrześniu osuwisko to było w pełni aktywne. Uległo ono znacznemu powiększeniu w porównaniu ze stanem przedstawionym na mapie. Swym zasięgiem wyraźnie obejmowało całą działkę 128 aż do ogrodzenia wzdłuż jej zachodniej granicy. Od północy, przy granicy z działką 127/1 dotychczasowy zrzut powiększył się o około 0,1–0,2 m, powstała także nowa powierzchnia poślizgu, będąca przedłużeniem w kierunku południowo-wschodnim górnej powierzchni poślizgu z działki 127/1. Nieregularnym łukiem przecinała ona działkę 128 oraz łąkę działki 127/1 i dochodziła do lokalnej drogi. Na tym odcinku obniżenie (zrzut) wynosiło około 0,6–0,8 m. W listopadzie, pomimo braku opadów, w górnej części omawianego osuwiska powstała druga powierzchnia poślizgu o zrzucie wynoszącym około 0,3 m, przebiegająca skośnie do ogrodzenia od strony północnej. Przebieg omawianych powierzchni naniesiono na rys. 2.

Osuwisko zlokalizowane na zachód od działki 127/1, nieczynne do wiosny 2010 r., o powierzchni około 1,6 ha, na mapie (rys. 2) miało kształt rogala. Jego krawędź górna przebiegała niemal w przedłużeniu górnej granicy działki 127/1. W maju uaktywniło się,

w czerwcu przemieściło się wstecz (cofnęło się) o co najmniej 30 m, a we wrześniu 2010 r. jego górna krawędź znajdowała się o około 50–80 m dalej na północny–wschód niż wynikało to z mapy. W jego obrębie powstało kilka nowych powierzchni poślizgu o kształcie krzywoliniowym, utworzyły się nowe stopnie (tarasy) o szerokości 3–8 m i zrzucie około 1,5–2 m. Zwiększyła się jego pierwotna szerokość z około 80 do ponad 100 m. Także czoło osuwiska przemieściło się o kilkadziesiąt metrów, a lokalne nisze osuwiskowe i powierzchnie poślizgu w części dolnej, pogłębiły się i przemieściły do góry, w kierunku górnej części zbocza. Materiał czoła osuwiska był mokry, a teren grząski [1].

We wrześniu 2010 r. w połowie długości tego osuwiska, od strony wschodniej występowały wyraźne szczeliny i spękania, a także obniżenia (zrzuty) o wartości kilkunastu, lokalnie kilkudziesięciu centymetrów przebiegające w kierunku północno wschodnim i połączone z powierzchniami poślizgu i obniżeniami w obrębie działki 127/1. Poprzez te nowe powierzchnie poślizgu w maju, a następnie w czerwcu połączeniu uległy dwa poprzednio już ustabilizowane, osobne osuwiska. Powstało nowe, rozległe osuwisko o powierzchni łącznej ponad 5 ha. Zewnętrzne przejawy tego rozległego osuwiska w postaci powierzchni poślizgu z trzema lokalnymi stopniami w południowo–zachodniej części działki 127/1 są zapewne stanem przejściowym przed ukształtowaniem się nowej powierzchni poślizgu z górną krawędzią przesuniętą jeszcze wyżej i osuwiskiem obejmującym także dom mieszkalny [1].

3. Budowa geologiczna i własności geotechniczne gruntów osuwiskowych

3.1. Budowa geologiczna

Rozpoznania budowy geologicznej podłoża w pobliżu budynku mieszkalnego i układu warstw gruntów naruszonych osuwiskiem dokonano na podstawie wyników wierceń i opisu makroskopowego gruntów z trzech otworów odwierconych zestawem ręcznym firmy Eijkelkamp, dwóch badań sondą dynamiczną DPL i sondowania penetrometrem stożkowym CPT. Ponadto wykonano kilkanaście badań makroskopowych gruntów z odsłoniętych części powierzchni poślizgu, kilka kontrolnych badań wilgotności, jedno oznaczenie składu ziarnowego próbki gruboziarnistych piasków i żwirów zaglinionych oraz jedno oznaczenie granic plastyczności i płynności gliny.

Otwory badawcze zlokalizowano na prostej przechodzącej przez południowo–zachodnie naroże domu mieszkalnego i narożny słupek siatki ogrodzeniowej. Prosta ta była niemal prostopadła do górnej krawędzi powierzchni poślizgu powstałego osuwiska. Pierwszy otwór zlokalizowano w odległości 10,3 m od naroża budynku, a każdy następny był odległy od poprzedniego o 10 m. Lokalizację wykonanych otworów zaznaczono na mapie (rys. 2). Otwory i sondowania wykonano 15.10.2010 r. (przez dwa poprzednie miesiące nie padało). Podczas wiercenia dokonywano opisu makroskopowego poszczególnych warstw gruntów. We wszystkich trzech otworach budowa była podobna: pod warstwą wilgotnych, brunatnych glin pylistych w stanie plastycznym o miąższości około 0,5 m występowała glina jasnobrą-

zowa w stanie plastycznym o miąższości około 0,3–0,6 m. Głębiej występowały gruboziarniste piaski i żwiry gliniaste lub zaglinione, wilgotne lub mokre. Na głębokości około 2–2,3 m przechodziły one w piaski i żwiry mało wilgotne, średnio zagęszczone [1].

W otworze OW–1, zlokalizowanym najbliżej domu, podczas wiercenia wykonano dodatkowo sondowanie penetrometrem stożkowym ze stożkiem niestandardowym. Wyniki potwierdziły, że stopień plastyczności glin pylastych zalegających tu na głębokości 0,65–1,05 m wynosił średnio 0,43, ale lokalnie osiągał wartość 0,51. Oznacza to, że grunty spoiste występujące na głębokości poniżej 1 m, pomimo braku opadów przez niemal dwa miesiące, znajdowały się w stanie plastycznym, a nawet miękkoplastycznym [1].

W pobliżu otworów OW–1 i OW–2 wykonano także sondowanie dynamiczną sondą wbijaną DPL. Na podstawie wyników sondowań stwierdzono występowanie dwóch stref z gruntami średniozagęszczonymi, podatnymi na poślizgi. Duże opory wskazywały, że na głębokości 3,9 m p.p.t. występuje rumosz kamienny lub związane podłoże.

3.2. Własności geotechniczne gruntów osuwiskowych

Właściwości geotechniczne badanych gruntów ze strefy nienaruszonej otworu OW–1, gruntów z rejonu naruszonego osuwiskiem z otworów OW–2 i OW–3 oraz gruntów pobranych z odsłoniętych części powierzchni poślizgu określano na podstawie istniejących korelacji między oznaczanymi parametrami [4]. Wartości normowe parametrów wykorzystywane w analizach stateczności zestawiono w tabeli 1.

TABELA 1

Wartości parametrów dla gruntów wykorzystywanych w analizie stateczności

Rodzaj gruntu	Ciężar objętościowy γ	Kąt tarcia wewnętrzny ϕ	Spójność c
	[kN/m ³]	[°]	[kPa]
Glina pylasta brunatna	18,6	10	8
Pył jasnobrązowy	19,1	10	8
Piaski grube i żwiry zaglinione	18,5	13	13
Żwiry jasnoszaro–żółte	16,8	32,5	—

Badaniami bezpośrednimi w laboratorium określono skład ziarnowy gruboziarnistych piasków i żwirów zaglinionych pobranych z odsłoniętej powierzchni poślizgu. W badanej próbce, zawartość frakcji pylastej i ilastej łącznie wynosiła 19,1%. Był to grunt mało spoisty.

Wilgotność naturalna gliny beżowej pobranej z powierzchni poślizgu osuwiska zlokalizowanego na zachód od działki 127/1 wynosiła 24,5%, jej granica plastyczności 22%, a granica płynności 61,5%. Wskaźnik plastyczności o wartości 39,5% umożliwił zaliczenie tej gliny do gruntów związła spoistych, a stan jej był plastyczny, zbliżony do miękkoplastycznego.

4. Wyniki analizy stateczności zboczy

W celu znalezienia odpowiedzi na pytanie w jakich warunkach doszło do naruszenia stateczności odcinka zbocza na części działki 127/1, stabilnego dotychczas od stuleci oraz w jakich warunkach może nastąpić naruszenie równowagi (stateczności) kolejnej części zbocza, wykorzystano doświadczenia z osuwiskami we fliszu karpackim oraz przeprowadzono odpowiednie analizy stateczności [6]. Do analiz wykorzystano metody równowagi granicznej, a same analizy przeprowadzono w układzie płaskim [1, 2].

Do określenia warunków gruntowo-wodnych w jakich powstało osuwisko w profilu wzdłuż zachodniej części działki wykorzystano metodę Sarmy, a obliczenia wykonywano przy użyciu programu komputerowego opisanego w pracy [3]. Jest to metoda blokowa umożliwiająca przeprowadzanie analiz stateczności dla dowolnego kształtu powierzchni poślizgu. Po wprowadzeniu rzeczywistej geometrii zbocza, wyodrębnieniu bloków oddzielonych kolejnymi powierzchniami poślizgu i przeprowadzeniu wielowariantowych analiz z wykorzystaniem własności gruntów jak w tabeli 1 stwierdzono, że poślizg gruntów po zwartym podłożu mógł wystąpić tylko wówczas, gdy miąższość warstw była nie mniejsza niż 3,5–4 m, a całe zbocze było zawodnione. W warunkach suchych, tzn. przy normalnej ilości opadów oraz przy miąższości warstw mniejszej niż 3 m proces nie powinien wystąpić.

Drugim bardzo ważnym zagadnieniem do rozwiązania było przedstawienie wiarygodnego mechanizmu ruchu osuwiskowego ze sposobem jego rozprzestrzeniania się oraz określeniem warunków w jakich do tego rozprzestrzeniania się osuwiska może dojść. Do przeprowadzenia ilościowych analiz stateczności wskazujących na istniejące zagrożenie wykorzystano grupę metod równowagi granicznej i program obliczeniowy SLOPE/W [1, 3].

Na podstawie wielowariantowych analiz stateczności modelu zbudowanego na profilu zbocza wzdłuż przekroju skośnego, przechodzącego przez osuwisko od strony zachodniej oraz profilu wzdłuż osi geometrycznej domu mieszkalnego stwierdzono, że:

- proces ruchu osuwiskowego nie powinien wystąpić, gdy miąższość warstw przypowierzchniowych o własnościach jak w tabeli 1 jest mniejsza niż 3 m, a zbocze nie jest zawodnione,
- warunki stateczności ulegają gwałtownemu pogorszeniu, gdy miąższość warstw gruntów przypowierzchniowych (nawet żwirów) osiąga 4 m, a zbocze jest zawodnione,
- gdy w analizowanym modelu wielkość zrzutu osuwiska u podnóża działki 127/1 osiągała wartość około 1,5–2 m, procesem osuwiskowym mogła być objęta cała część działki powyżej wraz z domem (rys. 2), gdyż wartości wskaźników stateczności określone wszystkimi metodami były < 1 .

5. Wnioski

Na podstawie szczegółowych oględzin działki 127/1 wraz z omawianym osuwiskiem oraz jej najbliższego otoczenia stwierdzono, że po długotrwałych, obfitych opadach deszczu uaktywnieniu uległy dwa osuwiska zlokalizowane na południe i na zachód od górnej części

działki 127/1. Szczeliny, spękania i powierzchnie poślizgu powstałe na terenie tej działki były tylko zewnętrznym przejawem nowego, rozległego osuwiska obejmującego także obydwa, uprzednio nieaktywne. To nowe osuwisko ma powierzchnię ponad 5 ha i cały czas żyje.

Na podstawie wyników analiz stateczności przeprowadzonych metodami równowagi granicznej (Sarmy, Felleniusa, Bishopa, Janbu i Morgensterna–Pricea) stwierdzono, że zbocze i dom na działce 127/1 są zagrożone osuwiskiem. Rozprzestrzenianie się osuwiska jest najbardziej prawdopodobne w okresie kolejnej fali opadów atmosferycznych. Ilościowym wskaźnikiem zagrożenia może być obniżenie (zrzut) górnej części uaktywnionego osuwiska na południowej granicy działki. Zagrożenie będzie bardzo duże, gdy zrzut osiągnie wartość około 1,5–2 m [1].

Występujące coraz częściej anomalne warunki pogodowe wskazują, że kolejna fala intensywnych opadów może rozpocząć się w dowolnej chwili, czyli w przysłowiowe jutro. Fala opadów w kwietniu uruchomiła proces osuwiskowy, fala czerwcowa pogłębiła go. Osuwisko jest czynne i jego dalsze rozprzestrzenianie się na pewno wystąpi, a nowa powierzchnia poślizgu może objąć także dom mieszkalny.

LITERATURA

- [1] *Mazurek J., Cala M.*: Opinia w sprawie zagrożenia osuwiskowego domu mieszkalnego w miejscowości Raciborsko 176 (przysiółek Zagrody). Maszynopis, niepublikowany. Katedra GBiG AGH. Kraków, listopad 2010
- [2] *Cala M.*: Trójwymiarowa analiza stateczności zboczy z zastosowaniem metody redukcji wytrzymałości na ścinanie. Materiały XXX ZSMGiG, Szklarska Poręba, 2007
- [3] *Flisiak J., Mazurek J., Ulatowski W.*: Zastosowanie mikrokomputerów w analizie stateczności skarp i zboczy. Zeszyty Naukowe AGH, Górnictwo z. 142, Kraków, 1989
- [4] PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednio budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [5] *Wójcik A., Dacka J.*: Rejestracja osuwisk i terenów zagrożonych na terenie miasta i gminy Wieliczka w skali 1:10 000 wraz z wykazaniem ich stopnia aktywności. Wyd. PiG, Kraków, 2008
- [6] *Zabuski L., Thiel K., Bober L.*: Osuwiska we fliszu Karpat Polskich. Wyd. IBW PAN, Gdańsk, 1999
- [7] http://www.mppz.salcity.eu/index.php5?project_id=osuwiska