

Wstrząsy sejsmiczne, zarówno pochodzenia naturalnego, jak i wywołane działalnością człowieka, coraz częściej postrzegane są jako realne zagrożenie dla dużych obiektów inżynierskich. W szczególności dotyczy to konstrukcji geotechnicznych, takich jak zbocza zwałowisk czy składowiska odpadów wydobywczych, które często znajdują się w bezpośrednim sąsiedztwie terenów górniczych. W takich miejscach występuje tzw. sejsmiczność indukowana, czyli drgania gruntu powstające w wyniku eksploatacji górniczej. Zjawisko to może prowadzić do naruszenia stateczności tych konstrukcji, a w skrajnych przypadkach – do katastrof inżynierskich.

Pomimo wzrostu świadomości zagrożeń, obecnie stosowane metody oceny stabilności konstrukcji ziemnych wciąż opierają się na uproszczonych założeniach. W zdecydowanej większości analiz wykorzystuje się tzw. metodę granicznej równowagi (MRG), która – choć sprawdzona w warunkach statycznych – nie uwzględnia wielu kluczowych parametrów dynamicznych. Przede wszystkim, metoda ta bazuje wyłącznie na szczytowej amplitudzie drgań i jednocześnie pomija takie parametry jak czas trwania czy częstotliwość drgań. Co więcej, obecnie stosowane metody obliczeniowe całkowicie ignorują komponenty rotacyjne ruchu gruntu i wykorzystują tylko translacyjne zapisy drgań. Tymczasem najnowsze badania pokazują, że w tzw. bliskim polu (czyli w bezpośrednim sąsiedztwie źródła drgań), ruchy obrotowe mogą znacząco wpływać na rozkład sił w gruncie i w konsekwencji – na mechanizmy utraty stateczności.

Celem planowanego projektu jest opracowanie i przetestowanie nowego podejścia do analizy stateczności dużych obiektów geotechnicznych, które uwzględni pełne spektrum ruchów sejsmicznych – tzw. 6-DoF (ang. six degrees of freedom), obejmujące trzy translacje i trzy rotacje. Projekt będzie innowacyjny ze względu na integrację rejestrowanych danych z rzeczywistych zdarzeń sejsmicznych, zawierających informacje nie tylko o kierunku i sile drgań, ale również o czasie ich trwania i ich strukturze częstotliwościowej.

Kluczową częścią badań będzie zastosowanie specjalistycznych elektrochemicznych czujników rotacyjnych, które umożliwiają pomiar obrotowych składników ruchu gruntu. To technologia rzadko wykorzystywana w praktyce inżynierskiej, ale posiadająca ogromny potencjał do poprawy jakości analizy ryzyka. Pomiaru zostaną przeprowadzone w rejonach o wysokim poziomie sejsmiczności indukowanej, w tym w otoczeniu zbiornika „Żelazny Most” – największego w Europie i jednego z największych na świecie składowisk odpadów poflotacyjnych. Obiekt ten, ze względu na swoją skalę, złożoną budowę geotechniczną i bliskość aktywnych kopalń, stanowi idealne miejsce do prowadzenia badań terenowych.

Dane z pomiarów zostaną przetworzone i wykorzystane w hybrydowym modelu obliczeniowym, który połączy zalety klasycznej metody granicznej równowagi (LEM) z nowoczesną metodą elementów skończonych (FEM). Hybrydowe podejście obliczeniowe umożliwi odwzorowanie nie tylko rozkładu naprężeń i przemieszczeń, ale także wpływu zmiennych w czasie i przestrzeni dynamicznych sił sejsmicznych, w tym komponentów rotacyjnych. Pozwoli to ocenić, w jakim stopniu pomijane dotąd czynniki wpływają na osłabienie konstrukcji ziemnych oraz opracować bardziej wiarygodne współczynniki bezpieczeństwa.

Podjęcie tej tematyki jest odpowiedzią na rzeczywiste potrzeby inżynierii geotechnicznej, szczególnie w kontekście zmian klimatycznych, coraz intensywniejszej eksploatacji surowców oraz wzrastających wymagań dotyczących bezpieczeństwa infrastruktury. Projekt wypełni istotną lukę w dotychczasowym podejściu do analizy stateczności i przyczyni się do rozwoju metod projektowania konstrukcji odpornych na dynamiczne obciążenia sejsmiczne.

Spodziewane efekty projektu to:

- opracowanie nowej, kompleksowej metody oceny stateczności obiektów ziemnych w warunkach dynamicznych;
- wskazanie roli i znaczenia rotacyjnych komponentów drgań w inżynierii sejsmicznej;
- stworzenie podstaw do opracowania nowych wytycznych projektowych i norm technicznych;
- dostarczenie wiedzy możliwej do zastosowania w systemach monitorowania zagrożeń i analizie ryzyka w sektorze górniczym i energetycznym.