



Fot. Skala lawiny błotnej w Illgraben, Szwajcaria

Pomiar lawiny błotnej: Śledzenie ekstremalnych sił.

Tony pędzącego gruzu, błota i wody gwałtownie spływające w dół zbocza do doliny podczas lawin błotnych. Aby lepiej zrozumieć siły, które tam działają, Szwajcarski Federalny Instytut Badań Lasu, Śniegu i Krajobrazu (WSL) dokonuje badań za pomocą specjalnej wagi wyposażonej w technologię pomiarową od firmy HBM..

"Jeśli kiedykolwiek zobaczysz lawinę błotną pędzącą w dół po skale na długo nie zapomnisz tego grzmienia i ryczenia, które jej towarzyszy", powiedział dr Yolanda Deubelbeiss, naukowiec z WSL.

Lawiny błotne często występują w górach, w trakcie lub po obfitych opadach lub gdy topnieje śnieg. Gdy luźny materiał zostaje nasycony wodą, zaczyna się ześlizgiwać, zgarniając za sobą w dół wszystko co spotka po drodze. Nawet drzewa i głązy mogą być pochłonięte przez nurt i pędzić w dół do doliny, często obierając kurs w korytach potoków i wąwozów z prędkością nawet do kilku metrów na sekundę. Efektem jest fala zniszczeń wszystkiego po drodze. "Jest to szczególnie niebezpieczne w przypadku lawiny, która wybiera nową trasę znajdującą się poza korytem potoku. Wtedy może to spowodować poważne uszkodzenia budynków, mostów i dróg," wyjaśnił geolog.

Mapy zagrożeń wskazują, w jakim stopniu dana powierzchnia jest zagrożona lawinami błotnymi i jak duże szkody mogą potencjalnie wystąpić. Są one oparte częściowo na wynikach symulacji komputerowych z wykorzystaniem zdefiniowanych scenariuszy, ale także, i co ważniejsze, na obserwacjach terenowych i danych zebranych na podstawie uszkodzeń po wcześniejszych lawinach błotnych. Wiedza ta odgrywa bardzo ważną rolę w planowaniu regionalnym i może prowadzić do budowy barier i zapór lub poszerzenia koryt strumieni. "Modele komputerowe pozwalają nam tylko wyciągnąć wnioski teoretyczne na temat zachowania przepływu lawiny błota. Aby zapewnić lepszą ochronę ludziom, wobec tych ogromnych sił, musimy lepiej zrozumieć to, co się dzieje wewnątrz lawiny. To przyspieszy naszą pracę na modelach symulacyjnych i uczyni je bardziej realistycznie odzwierciedlającymi naturalne procesy", wyjaśnił Deubelbeiss. „To może sprawić, że stanie się łatwiejszym przewidzenie na przykład, na ile niektóre kawałki mogą zbroczyć z głównego strumienia.”

Ważenie lawin błotnych

W tym celu, WSL skonfigurował w 2000 roku stację obserwacyjną lawiny błotnej w zlewni w Illgraben, na strumieniu przepływu lawin w Canton, Wallis w Alpach szwajcarskich. "Lokalizacja

jest idealna, dopływ Illbach jest jednym z najbardziej aktywnych potoków górskich w Alpach szwajcarskich i lawiny błota występują tam kilka razy do roku, możemy więc mierzyć naturalne procesy," powiedział Deubelbeiss. Od 2004 roku, kamery wideo, czujniki ultradźwiękowe i radarowe urządzenia pomiarowe zostały dodane do wagi lawin błotnych. "Waga pomaga nam lepiej zrozumieć procesy fizyczne wewnątrz lawiny, zamiast tylko obserwować je z zewnątrz," kontynuuje ekspert. Według naukowców z instytutu, projekt jest pierwszym i największym w swoim rodzaju na świecie.

Rozdzielone pomiary siły

Naukowcy wykorzystali betonowe fundamenty mostu do budowy wagi. Ich płaski kształt litery „U” przylega do dna koryta Illbach. Rzeczywista waga jest osadzona w tym fundamencie. Płyta stalowa ma osiem metrów kwadratowych, dwanaście milimetrów grubości i waży 800 kg jest wsparta przez stalowe ramie obejmujące sekcje HEB360 (2800 kilogramów), które spoczywają na przetwornikach pomiarowych.

"To nie była prosta sprawa zbudować wagę przystosowaną do pomiaru tak ogromnych sił dynamicznych. Lawina błotna jest



Fot. Montaż wagi błota

w ciągłym ruchu. To się nie kończy, więc możemy ważyć", powiedział Bruno Fritschi, ekspert technologii pomiaru w WSL. Do przedstawienia sił w lawinie błotnej, waga rejestruje pionowe siły normalne. Są to siły, które wywierają nacisk na ziemię z góry. Określa ona jednocześnie również poziome siły tnące. Jest to obciążenie generowane, kiedy materiał w sposób ciągły przesuwają się do przodu. Mierzone są również głębokość przepływu, prędkość



Fot. Przetworniki wagi i siły zainstalowane w wadze

przepływu i ciśnienie porów wody. "Po pierwsze, otrzymujemy realistyczny przegląd sił działających w lawinie błotnej poprzez połączenie tych punktów danych. W tym samym czasie, to wzajemne oddziaływanie jest największym wyzwaniem dla techniki pomiarowej, ponieważ wartości muszą być reprezentowane oddzielnie", wyjaśnił Fritschi. "Dlatego zdecydowaliśmy się użyć przetworników siły firmy HBM. Ich produkty nie tylko oferują precyzyjne systemy czujników; pozwalają nam mierzyć siły pionowe bez poziomych sił wpływających na wynik."

Ważnym aspektem tego procesu pomiarowego jest przeniesienie siły z blachy stalowej za pomocą łożyska elastomerowego na przetwornik wagi (typu C2, 50 ton). Typ łożyska elastomerowego ZEL składa się z płytek stalowych i warstw gumy ułożonych jedna na drugiej połączonych ze sobą za pomocą wulkanizacji. Kiedy przenoszona jest siła, elastyczne części praktycznie eliminują siły poziome: warstwy poruszają się tak, że efekty sił bocznych nie są przenoszone na przetwornik wagi. Dwa przetworniki wagi typu U2A pochłaniają również poziomą siłę lawiny (20 ton), minimalizując siły boczne w połączeniach.

Wytrzymać silne uderzenia

Fakt, że naukowcy mierzą wyniki w tonach jest wskazaniem, że zaangażowane są tu ogromne siły. "Więc technologia pomiaru nie tylko musi dostarczać dokładne wyniki pomiarów, ale musi też wiele wytrzymać" kontynuuje Fritschi. "Duże głązy w lawinie błotnej przesuwające się na wadze przy dużych prędkościach, powodują ciężkie uderzenia. Przetworniki siły muszą być w stanie wytrzymać te ogromne obciążenia. Nie możemy w każdy system pomiarowy wbudować

zabezpieczenia przed przeciążeniem - lawina po prostu waży tyle, z czego w rzeczywistości się składa. "

Na podstawie pomiarów wykonanych do tej pory w Illgraben wynika, że można mieć do czynienia z 40 tonami obciążenia ściskającego poruszającego się z prędkością do sześciu metrów na sekundę. Łożyska elastomerowe w systemach czujników HBM mogą wchłonąć te siły. Jednakże, nie te siły są tylko wyzwaniem dla technologii: Należy również działać niezawodnie w ekstremalnych warunkach. "Waga jest otoczona przez błoto i wodę. Jest zimno w zimie i gorąco latem. System jest w stanie suchym, ale warunki pomiaru są bardzo trudne", dodał Fritschi.

Pierwsza generalna renowacja – 2012

Po ośmiu latach pracy bez znaczącej wykonanej konserwacji, waga wymagała remontu w kwietniu 2012 roku. Belki stalowe zostały wygięte a płyta się zatarła w wyniku tarcia i uderzeń głazów. "Nie mogliśmy dłużej wykluczać możliwości przełamania, które mogłoby spowodować zniszczenie pomiarowych przetworników siły znajdujących się pod płytą," kontynuował Fritschi.

Remont miał szeroki zasięg: po pierwsze, zespół musiał zawrócić koryto Illbach i uterować drogę dojazdową dla koparki. Następnie przyszedł czas rzeczywistej pracy - zastąpienie stalowej płyty i belek. Na szczęście, naukowcy mogli kontynuować korzystanie z istniejących elementów technologii pomiarowej poprzez montaż łożysk elastomerowych i przetworników pomiarowych w nowej konstrukcji stalowej.

Zanim zespół opuścił nową stalową płytę na ramę, najpierw zostały sprawdzone przetworniki pomiarowe bez obciążenia. Aby to zrobić, zważyli stalową ramę i pokrywę montażową indywidualnie i porównali dane z mierzonych wartości odnotowanych na początku projektu.

"Mieliśmy podejrzenie, że punkt zerowy z dwóch przetworników pomiarowych zmienił się przez lata," powiedział Fritschi, wyjaśniając proces. "A wartości miały odchylenia do 10 ton, ale wyniki pokazały, że odchylenie było stałe i możemy w związku z tym bardzo łatwo uwzględnić je w wynikach. Oznacza to, że możemy nadal używać starych przetworników pomiarowych." Wymiana nie była możliwa, ponieważ początkowo kotwy mocujące przetworniki pomiarowe w miejscu nie mogły być już poluznione.

Pół roku później, po zakończeniu letniego sezonu lawiny błotnej, naukowcy w końcu wymontowali czujniki pomiarowe ze znacznym wysiłkiem, aby przetestować je w laboratorium i skorygować wszelkie odchylenia lub zastąpić je, gdyby były uszkodzone. Przetworniki pomiarowe zostały ponownie zainstalowane w wadze wiosną 2013. Fritschi stwierdził: "Chcielibyśmy, aby badania były kontynuowane tutaj w Illgraben przez jeszcze kilka lat - nie rozumiemy jeszcze wszystkich procesów fizycznych występujących w lawinie błotnej."