



Temat specjalny

Wzmacnianie skarp i nasypów drogowych

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



W budownictwie infrastrukturalnym coraz częściej konieczne jest rozwiązywanie różnego rodzaju problemów natury geotechnicznej. Należy do nich m.in. zachowanie stateczności skarp i zboczy w budowłach komunikacyjnych. W sukurs przychodzą nowoczesne rozwiązania techniczne i technologiczne, dzięki którym inżynierowie mogą skutecznie przeciwdziałać destabilizacji górotworu i zapewnić bezpieczeństwo budowli.



foto: iycson1, Adobe Stock



fot. trekandphoto, Adobe Stock



fot. evmez, Adobe Stock

Na procesy geologiczne zachodzące w górotworze może wpływać szereg czynników zewnętrznych, które w istotny sposób przyczyniają się do jego destabilizacji. Dlatego kwestia stateczności skarp i zboczy należy do najtrudniejszych i zarazem najważniejszych zagadnień dotyczących mechaniki gruntów. Dzięki wieloletniemu doświadczeniu w zakresie geoinżynierii współcześnie w znacznym stopniu udaje się ograniczać występowanie potencjalnych zagrożeń związanych z utratą stateczności wyrobisk i budowli ziemnych [1].

Przyczyny utraty stateczności skarp i zboczy

W drogowej praktyce inżynierskiej – zarówno podczas wykonywania wykopów i nasypów, jak i w trakcie eksploatacji obiektów drogowych – osuwiska i zsuwy skarp oraz zboczy należą do częstych zjawisk. Do najczęściej spotykanych form powierzchniowych ruchów mas ziemnych należą zmywy, spływy, speływanie, obrywy, zsuwy i osuwiska. Zniszczenia skarp i nasypów drogowych występują na terenie całego kraju. Oprócz przyczyn ich powstawania spowodowanych uwarunkowaniami morfologicznymi i geologicznymi duży wpływ wywierają także pozostałe czynniki. Jednym z nich jest wpływ destrukcyjnego działania filtracji wód gruntowych i powodziowych oraz erozyjnego działania rzek. Nie bez znaczenia jest także erozja powierzchniowa zboczy wywołana czynnikami atmosferyczno-klimatycznymi (intensywne opady, przemarzanie, przemienne nasączenie i wysychanie gruntu). Trzeba także uwzględnić działanie obciążeń dynamicznych (ruch kołowy) czy błędne zaprojektowanie budowli ziemnych: posadowienie nasypów niespoistych na iłach, zwietrzelinach, gruntach ściśliwych, zapadowych, gruntach podatnych na deformacje filtracyjne, brak prawidłowego odwodnienia i wszechstronnej oceny bezpieczeństwa budowli (stateczności skarp, nośności i osiadania podłoża oraz korpusu). Do zniszczenia skarp i nasypów przyczynia się też błędne wykonawstwo – zastosowanie niewłaściwych gruntów do budowy nasypów, niedostateczne ich zagęszczenie, zbyt strome pochylenie skarp, nieodpowiedni dobór technologii prowadzenia robót, nieprawidłowe odwodnienie. Osuwiska i zsuwy skarp i zboczy mogą być także skutkiem zaniedbań eksploatacyjnych spowodowanych brakiem odpowiedniego

utrzymania i remontów, niszczącą działalnością budowlaną i ludzką, jak budowa obiektów inżynierskich zmieniających warunki hydrogeologiczne, ukształtowanie terenu i jego obciążenie, wpływ nieszczelnych systemów kanalizacyjnych [2].

Prawidłowa interwencja w przypadku naruszenia stateczności zbocza powinna eliminować przyczyny, które wywołują zagrożenie. Podobnie w sytuacji projektowania obiektu na zboczu lub wykonywania wykopów czy nasypów należy przewidzieć możliwe zagrożenia wynikające z realizacji zamierzonego projektu. Ogólne zasady poprawiania stateczności można podzielić na trzy typy działań. Jednym z nich jest stabilizacja, czyli głęboka interwencja techniczna. Dzięki niej możliwa jest zmiana kształtu i przebudowanie zbocza, a także wzmocnienie konstrukcyjne. W drugiej grupie działań mieści się zabezpieczenie polegające przede wszystkim na eliminowaniu przyczyn zagrożeń, w tym odwodnienie powierzchniowe i wgłębne. Interwencją techniczną przy zabezpieczaniu skarp i zboczy jest także kontrola, czyli zespół działań i urządzeń sygnalizujących stopień zagrożenia stateczności zbocza lub obiektu. Do metod kontroli należą obserwacja powierzchni i pomiary geodezyjne [3].

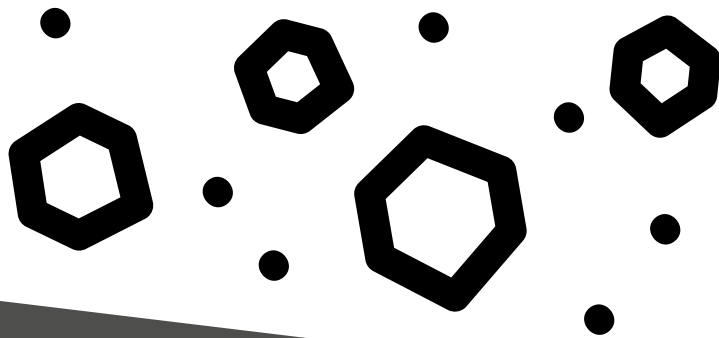
Zasady dobierania zabezpieczeń

Wybór optymalnego systemu stabilizacji skarp i zboczy powinien uwzględniać zarówno czynniki o charakterze technicznym, jak również ekonomicznym, socjologicznym i prawnym. Do istotnych kryteriów wyboru odpowiedniej metody stabilizacji należą także koszt przedsięwzięcia i jego spodziewany efekt. Z punktu widzenia bezpieczeństwa konieczne jest monitorowanie zachowania się zestabilizowanego zbocza, głównie przez prowadzenie okresowych pomiarów przemieszczeń powierzchniowych i wgłębnych [5].

Tym, co odróżnia zabezpieczanie osuwisk od innych działań technicznych czy budowlanych, jest niepowtarzalność sytuacji i konieczność indywidualnego postępowania w każdym przypadku. Mimo to spróbowano pogrupować metody i warunki, aby wskazać możliwe rozwiązania – schemat możliwych warunków oraz schemat doboru metod zabezpieczeń zbocza prezentuje rycina 1.

Ryc. 1.

Schemat doboru metod zabezpieczeń zbocza [6]



Zbocze stateczne, bez śladów osuwisk i pękania –

wyklucza się osuwiska i powolne deformacje powierzchni terenu (pękanie)

Zbocze wymaga głównie zabudowy biologicznej i ochrony przed erozją

Budowa geologiczna i przeważające warunki wodne: 1a, 2b, 3b, 4b*

Metody stabilizacji: N1, N6, G1

A

Zbocze stateczne, mogą wystąpić powolne deformacje powierzchni terenu –
konieczne jest przygotowanie konstrukcji obiektu do przeniesienia tych deformacji

Przemieszczenia dotyczą warstw powierzchniowych

Budowa geologiczna i przeważające warunki wodne: 2a, 3a*

Metody stabilizacji: N1, N2, N6, N7, K5, G2

B

Zbocze o potencjalnych możliwościach powstania osuwiska –

zabudowa w strefie zagrożenia osuwiskowego wykluczona bez uprzedniego zabezpieczenia i stabilizacji zbocza

Wzmożona ostrożność, środki zabezpieczające w czasie budowy, eliminacja możliwych zagrożeń, ewentualnie wzmocnienie konstrukcyjne

Budowa geologiczna i przeważające warunki wodne: 2a, 2b, 3a, 3b*

Metody stabilizacji: N1, N6, N7, N8, K3, K5, K6, K7, G3, G4

C

Zbocze osuwiskowe –

należy równoległe z zabudową dokonać pełnego zabezpieczenia i ustabilizowania zbocza

Zabezpieczenie, wymiana lub zatrzymanie mas ziemnych

Budowa geologiczna i przeważające warunki wodne: 2b, 3b*

Metody stabilizacji: N1, N4, N6, N7, N8, K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, G2, G3, G4

D

* **budowa geologiczna:** 1 – zbocza skalne, 2 – zbocza zwiertzelinowe, 3 – zbocza z gruntów spoistych, 4 – zbocza z gruntów piaszczystych; **warunki wodne:** a – suche, b – zawodnione

Rodzaje zabezpieczeń [6]

Zabezpieczenia naturalne [N]

N1 Rowy odprowadzające, niedopuszczenie do erozji i zawilgocenia

– najprostszym przykładem skutecznej ochrony stoków przed erozją jest konstrukcja tarasów. W przypadku wyższych zboczy kilka tarasów o szerokości kilku metrów stanowi jednocześnie drogi odprowadzenia wód opadowych.

N2 Przypory z grubego kruszywa lub faszyny – pionowe rynny erozyjne, zwykle zabezpieczane wypełnieniem z grubego materiału kamiennego, są stosowane w Polsce od dawna i wykazują dużą skuteczność. Jedną z odmian przypór kamiennych są przypory pionowe z faszyny.

N3 Zmiana kształtu zbocza na bardziej stateczne, tarasowanie – podsypywanie w dolnej części / usunięcie części masy gruntu z górnej części to najprostsze działania zwiększające stateczność zbocza, o ile tylko takie profilowanie jest możliwe ze względów funkcjonalnych.

N4 Wymiana gruntów – stosowana w przypadku, gdy obsuwająca się skarpa jest zbudowana z gruntów słabych, obszar osuwiska nie jest duży, a występujące ilości wód niewielkie. Pełniąc jednocześnie funkcje drenażowe, zabezpieczenie tego typu jest skuteczne m.in. na skarpach drogowych.

N5 Zbrojenie wymiany gruntów naturalnych – stosuje się w sytuacji zabezpieczenia lub likwidacji osuwiska metodą wymiany gruntów w celu poprawienia wytrzymałości gruntu. Obecnie do zbrojenia wykorzystuje się głównie materiały syntetyczne.

N6 Zazielenienie skarp, czyli zabudowa biologiczna zbocza – obsiew trawą, hydroobsiew to zabiegi, które wymagają odpowiedniego przygotowania podłoża i doboru roślin, a także ich okresu wysiewu, wzrostu i pielęgnacji.

N7 Darniowanie – wykonywane na całej powierzchni lub w kratę stosuje się, aby chronić zbocze zaraz po jego ukształtowaniu w przypadku gruntu bardzo podatnego na erozję. Alternatywnie można położyć na całym zboczu maty, wcześniej faszynowe lub słomiane, obecnie zwykle wykonane z materiałów geosyntetycznych.

N8 Zabudowa biologiczna, tarasowanie, nasadzenie gniazdowe.

N9 Maty biologiczne (bawełniane, słomiane, kokosowe itp. z nasionami).

Zabezpieczenia konstrukcyjne [K]

K1 Konstrukcje oporowe masywne, mury kamienne – należą do konstrukcji wsporczych. Wykonuje się je przeważnie z betonu, kamienia naturalnego lub cegły. Są elementem górotworu podpierającym jego fragment i są skuteczne przede wszystkim w utrzymywaniu pionowej lub silnie nachylonej powierzchni statecznego stoku.

K2 Konstrukcje oporowe ażurowe, kaszyce, palościanki – jeżeli kaszyce utrzymują odcinek naziemny, to palościanki stosuje się do wzmocnienia podziemnej części osuwiska i powierzchni poślizgu. W tym celu wykorzystywane są głównie pale wiercone.

K3 Kotwy i gwoździe – trwałe elementy stalowe, wprowadzane w grunt w celu przyjmowania sił rozciągających, służą do głębokiego zbrojenia gruntu / górotworu. Gwoździe gruntowe w postaci prętów lub żerdzi przenoszą obciążenia rozciągające i ścinające.

K4 Gabiony – konstrukcje geotechniczne składające się z powłoki wykonanej z kosza lub materaca, zbudowanego z trwałej siatki (zwykle stalowej ocynkowanej lub plastikowanej) i wypełnienia kamiennego. Typowe konstrukcje gabionowe spełniają te same funkcje, co mury masywne, jednak posiadają dodatkowe zalety, w tym podatność na odkształcanie, wodoprzepuszczalność, trwałość, łatwość montażu.

K5 Ruszty, siatki, przypory na powierzchni zbocza – wykonuje się na powierzchni zbocza w celu przeciwdziałania zsuwaniu się z niego materiału, zwłaszcza na silnie nachylonych powierzchniach, gdzie trudno jest utrzymać glebę. Obecnie przy zabezpieczaniu każdego rodzaju zbocza stosuje się bardzo wytrzymałe siatki stalowe kotwione do zbocza gwoździami, charakteryzujące się wytrzymałością na rozciąganie.

K6 Drenaże poziome wiercone – buduje się w przypadku, gdy zachodzi konieczność ciągłego obniżania poziomu wody gruntowej w skarpi przy jej dużym dopływie. Gdy nie ma innego sposobu odebrania wody ze skarpy i trzeba ją odebrać od czoła, stosuje się drenaże poziome.

Zabezpieczenia geosyntetyczne [G]

Geosyntetyki wykorzystuje się do poprawy parametrów fizykochemicznych gruntów, wzmocnień konstrukcyjnych skarp i zmiany wartości współczynnika filtracji wody, a także do wytwarzania barier wodoszczelnych jako materiały izolacyjne i rozdzielające warstwy gruntu:

G1 Ochrona przed erozją

G2 Ochrona przed deformacjami powierzchniowymi

G3 Drenaż i odwodnienie

G4 Siatki i ruszty jako zbrojenie

G5 Bariery i izolacje



Fot. Gianni Cairo, Adobe Stock

Metody te należy dobierać indywidualnie, dostosowując je do budowy geologicznej i stopnia wzmocnienia. Doboru metod dokonuje się, uwzględniając poziomy występowania wód gruntowych, kąt nachylenia, wysokość gruntu, wartość współczynnika równowagi po wykopaniu, bez zabezpieczeń. Zakładana wartość tego współczynnika po zabezpieczeniu powinna wynosić zgodnie z przepisami $F > 1,5$.

Aktualne wytyczne GDDKiA

W czerwcu 2019 r. GDDKiA wdrożyła nowe wytyczne badań podłoża gruntowego na potrzeby budownictwa drogowego. Opracowanie jest efektem projektu naukowego *Nowoczesne metody rozpoznania podłoża gruntowego w drogownictwie*, sfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju oraz GDDKiA w ramach wspólnego przedsięwzięcia Rozwój Innowacji Drogowych (RID). Wytyczne składają się z trzech części. Jedną z nich dotyczy badań podłoża budowlanego w drogownictwie, drugą – oceny stateczności skarp i zboczy na potrzeby budownictwa drogowego. Część trzecią – *Geomonitoring. Monitoring podłoża budowlanego i elementów konstrukcyjnych* – podzielono na dwa tomy. Swoją wkład w powstanie wytycznych mają eksperci z Państwowego Instytutu Geologicznego (lider) oraz Akademii Górniczo-Hutniczej im. Stanisława Staszica w Krakowie i Politechniki Warszawskiej (partnerzy).

Zapisy opracowania mają zastosowanie w przypadku inwestycji drogowych obejmujących budowę i przebudowę dróg, realizowanych na drogach krajowych i autostradach. Dostosowano je do sposobu prowadzenia inwestycji drogowych przez GDDKiA na etapach przygotowania, realizacji i eksploatacji. Spodziewanym efektem wdrożenia wytycznych powinno być zmniejszenie ryzyka w zakresie rozpoznania podłoża budowlanego ze strony zamawiającego (GDDKiA). W związku z tym w dokumencie założono obligatoryjny minimalny zakres prac dokumentacyjnych, w tym badań podłoża budowlanego na tych etapach procesu inwestycyjnego, gdzie ryzyko w tym obszarze ponosi zamawiający [4].

Podsumowanie

Najsukuteczniejszą formą minimalizowania negatywnych skutków osunięć jest ograniczenie zabudowy na terenach występowania zagrożeń osuwiskowych, co jednak nie zawsze jest możliwe. Dlatego stworzono tak wiele różnorodnych metod opisujących te bardzo złożone zjawiska, często trudne do opanowania i przewidzenia. Dzięki wieloletnim pracom projektowym i badawczym oraz coraz większemu doświadczeniu w praktyce inżynierskiej aktualny stan wiedzy pozwala na stosowanie wielu nowoczesnych rozwiązań na wszystkich etapach inwestycji drogowej – od przewidywania kształtów skarp, przez ich optymalne projektowanie, prognozowanie zachowania się, po ocenę stateczności tych już istniejących.

Literatura

- [1] Ukleja J.: *Geotechniczne aspekty stabilizacji obszarów zagrożonych osuwiskami*. Opole 2013.
- [2] Stilger-Szydło E., Szydło A.: *Osuwiska skarp drogowych – przyczyny powstawania, zapobieganie*. „Zeszyty Naukowo-Techniczne SITK RP Oddział w Krakowie” 2009, nr 144, s. 329–344.
- [3] Wysokiński L.: *Ocena stateczności skarp i zboczy*. Warszawa 2006.
- [4] Edyta Majer E.: *Nowe wytyczne badań podłoża budowlanego na potrzeby budownictwa drogowego wdrożone przez GDDKiA* (online). Państwowy Instytut Geologiczny – PIB. Dostępny w Internecie: <https://www.pgi.gov.pl/drogi/11611-nowe-wytyczne-badan-podloza-budowlanego-na-potrzeby-budownictwa-drogowego-wdrozone-przez-gddkia.html> (dostęp 24 czerwca 2020).
- [5] Strzycki S., Gonet A., Wiśniowski R.: *Geoinżynierskie metody stabilizacji skarp i zboczy*, „Nowoczesne Budownictwo Inżynierskie” 2008, nr 6, s. 78–81.
- [6] Wysokiński L.: *Ocena stateczności skarp i zboczy. Zasady wyboru zabezpieczeń. Instrukcja nr 424/2011*. Instytut Techniki Budowlanej. Warszawa 2011.





**Biuro
Inżynierskie**
TITAN POLSKA

INŻYNIERSKI PAKIET OSUWISKOWY

System wsparcia techniczno-decyzyjnego
dla inwestorów publicznych i jednostek samorządowych

IPO to autorski program, skierowany do jednostek samorządowych, który ma za zadanie wspomóc proces decyzyjny przy likwidacji skutków osuwisk i planowaniu przestrzennym na terenach zagrożonych, a przez to ułatwić optymalne wykorzystanie środków publicznych.

Metodyka IPO opiera się na scaleniu niezależnych dotychczas działań, które mogą być konfigurowane zależnie od potrzeb:

- przygotowanie wytycznych do badań i ocena kompletności Dokumentacji geologiczno-inżynierskich;
- studia wykonalności i techniczne analizy wariantowe projektów
- programy funkcjonalno-użytkowe oraz projekty zabezpieczeń osuwisk i monitoringu (z analizą wyników), opiniowanie techniczne;
- obsługa około przetargowa.

DOWIEDZ SIĘ WIĘCEJ:

www.titan.com.pl/IPO

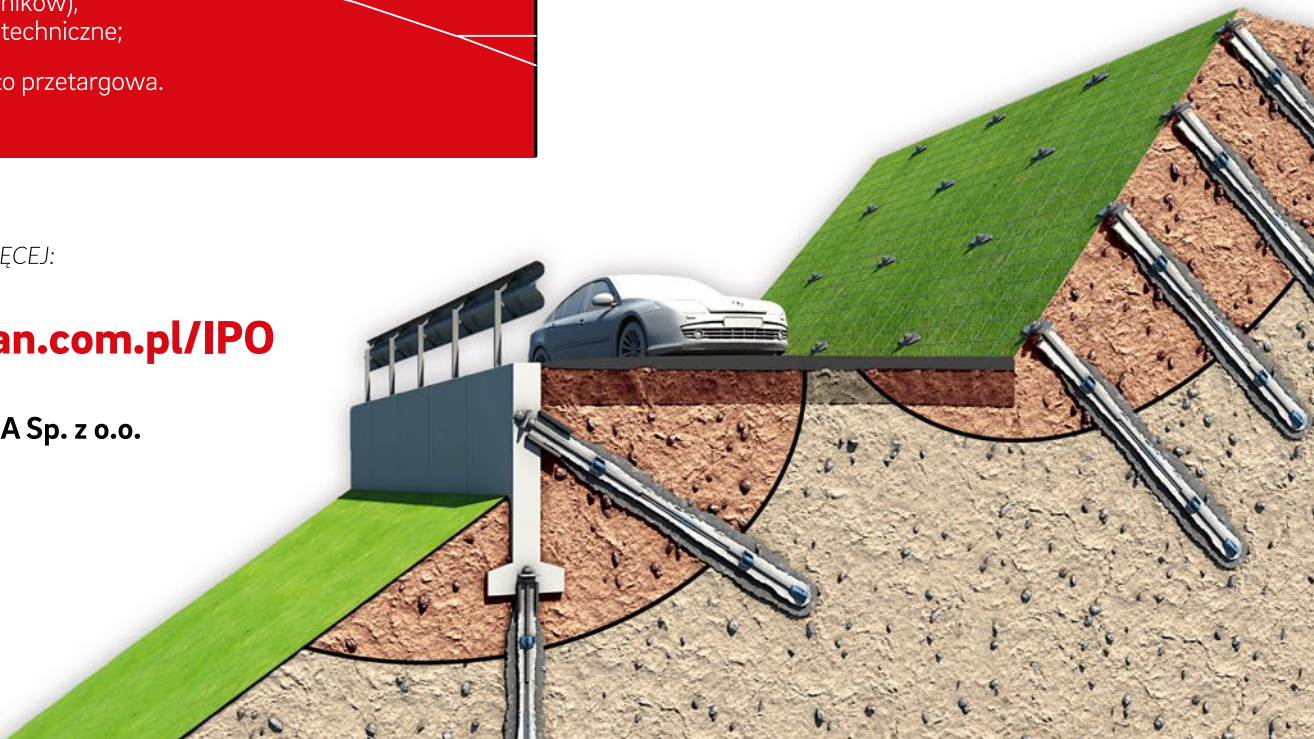
TITAN POLSKA Sp. z o.o.



» OFERTA

Wdrażając kompleksowe podejście do tematyki geozagrożeń, w ramach jednej usługi inżynierskiej oferta IPO zawiera (według potrzeb):

- scalanie rozproszonych danych i ich analiza;
- wykorzystanie metod obrazowania i modelowania przestrzennego do analiz wariantowych, ryzyka i planowania przestrzennego;
- koordynację procesów inwestycyjnych;
- przygotowanie optymalnych projektów stabilizacji;
- ostatecznie: wsparcie decyzyjne co do postępowania z osuwiskiem.



Czym jest Europejski Dokument Oceny (EDO) dla elastycznych systemów do zabezpieczenia skarp i jaką rolę odgrywa w podniesieniu standardów bezpieczeństwa?



dypl. inż. ARMIN RODUNER,
dyrektor Wydziału Badań i Rozwoju,
GEOBRUGG AG

Jeśli nie istnieje zharmonizowana norma dla konkretnego produktu budowlanego, to wówczas wydaje się EDO. Jest to dokumentacja metod i kryteriów przyjętych przez Europejską Organizację Oceny Technicznej (EOTA), mających

zastosowanie do oceny właściwości użytkowych wyrobu budowlanego w odniesieniu do zasadniczych cech produktu. Na podstawie EDO jednostka ds. oceny technicznej przeprowadza testy produktu i wydaje Europejską Ocena Techniczną (EOT).

Na podstawie EOT jednostka notyfikująca wydaje oznakowanie CE. Na koniec deklaracja właściwości użytkowych musi zostać sporządzona przez producenta. Weźmy jako przykład EDO dla elastycznych systemów zabezpieczenia skarp EAD 230025-00-0106. W tym dokumencie opisano kilka testów elastycznego oblicowania, które są stosowane na całym świecie. Dostępne są w dwóch różnych jakościach – jako drut ze stali miękkiej i jako drut ze stali o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie. W przypadku obu rodzajów stali w połączeniu z gwoździami gruntowymi istnieją trzy kluczowe cechy produktów:

- wytrzymałość na przebicie w układzie płytka – siatka (odporność na ścinanie na krawędzi płytki kotwiącej);
- przenoszenie siły równoległej do powierzchni skarpy na głowicę gwoźdźca (wytrzymałość na rozciąganie);
- deformacja / rozciągnięcie siatki pod obciążeniem.

Tabele 1 i 2 przedstawiają grupy i klasy do kategoryzacji wytrzymałości elastycznych zabezpieczeń skarp. Korzystając z takich tabel, w dokumentacji technicznej można jasno zdefiniować cechy i parametry dla elastycznego zabezpieczenia, które są potrzebne dla konkretnego przypadku. Można również łatwo porównać różne produkty.

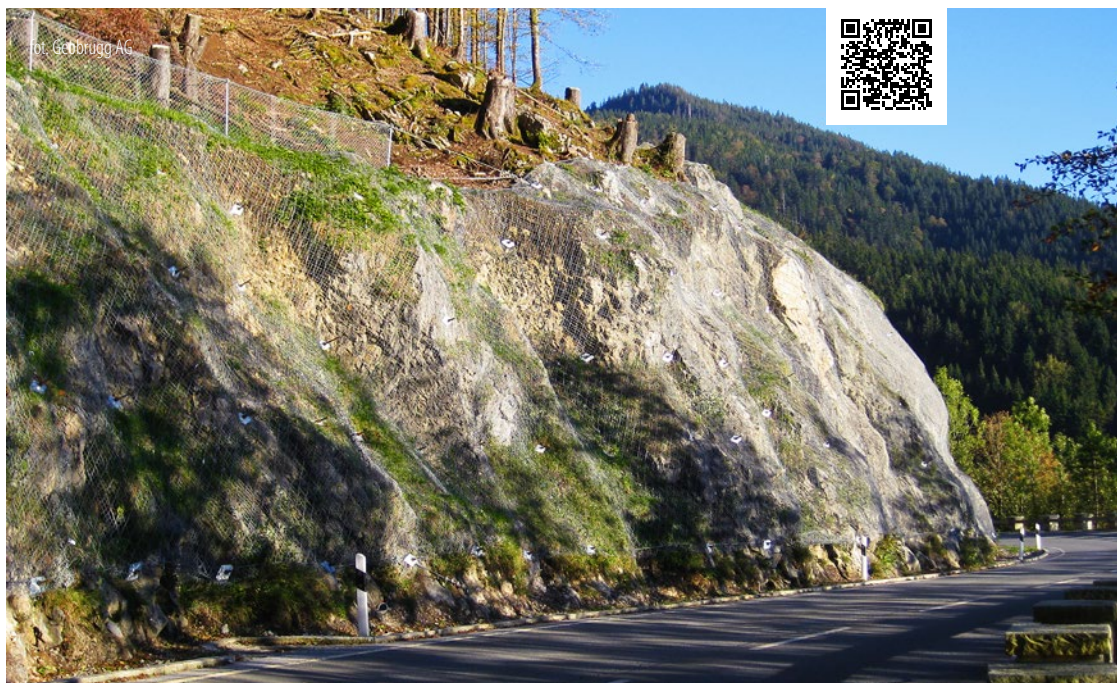
Tab. 1. Podział siatek na grupy według wytrzymałości na rozciąganie i odporności na ścinanie

Grupa	Odporność na ścinanie PR przy górnej krawędzi płytki kotwiącej	Wytrzymałość na rozciąganie równoległe do powierzchni skarpy
	[kN]	[kN]
1	$P_R > 135$	$Z_R > 50$
2	$80 < P_R \leq 135$	$29 < Z_R \leq 50$
3	$50 < P_R \leq 80$	$19 < Z_R \leq 29$
4	$25 < P_R \leq 50$	$4 < Z_R \leq 19$
5	$0 < P_R \leq 25$	$0 < Z_R \leq 4$

Tab. 2. Podział siatek według odkształcenia przy maksymalnej sile rozciągania

Klasa	δ
A	≤ 6
B	6–10
C	10–14
D	> 14

Ważne jest, aby wiedzieć, że możliwe jest uzyskanie oznakowania CE bez przeprowadzania wszystkich testów wymaganych w odpowiednim EDO. Np. często producenci testują tylko wytrzymałość siatki na rozciąganie z pominięciem wszystkich innych parametrów. Jeśli jednak parametry te są nie znane, niemożliwe jest odpowiednie zwymiarowanie bezpiecznego i ekonomicznego systemu zabezpieczenia skarp.



Od czego zależy trwałość zabezpieczeń konstrukcyjnych stosowanych do stabilizacji i zabezpieczeń skarp i zboczy?



dr inż. KRZYSZTOF STERNIK,
Katedra Geotechniki i Dróg, Wydział
Budownictwa, Politechnika Śląska

Oprócz tradycyjnych grawitacyjnych murów oporowych lub żelbetowych ścian kątowych stosowanych do podparcia uskoku naziomu współczesna geoinżynieria dysponuje bardzo szerokim zakresem metod zabezpieczenia

skarp powstałych w wyniku działalności inżynierskiej i naturalnych zboczy. Te pierwsze zabezpiecza się m.in. konstrukcjami oporowymi z gruntu zbrojonego, ściankami szczelnymi, ścianami szczelinowymi, często stosując ich kotwienie. Coraz częściej stosowane gwoździowanie zabezpiecza zarówno skarpy wykopów, jak i stabilizuje osuwiska zboczy.

Bez względu na metodę przyjętą do stabilizacji wszystkie materiały użyte w projekcie muszą spełniać wymagania zawarte w normach, rekomendacjach i wytycznych projektowych. Stalowe elementy zbrojące powinny spełniać wymagania dotyczące typu, wymiarów, tolerancji, jakości i gatunku stali określonych w projekcie i być

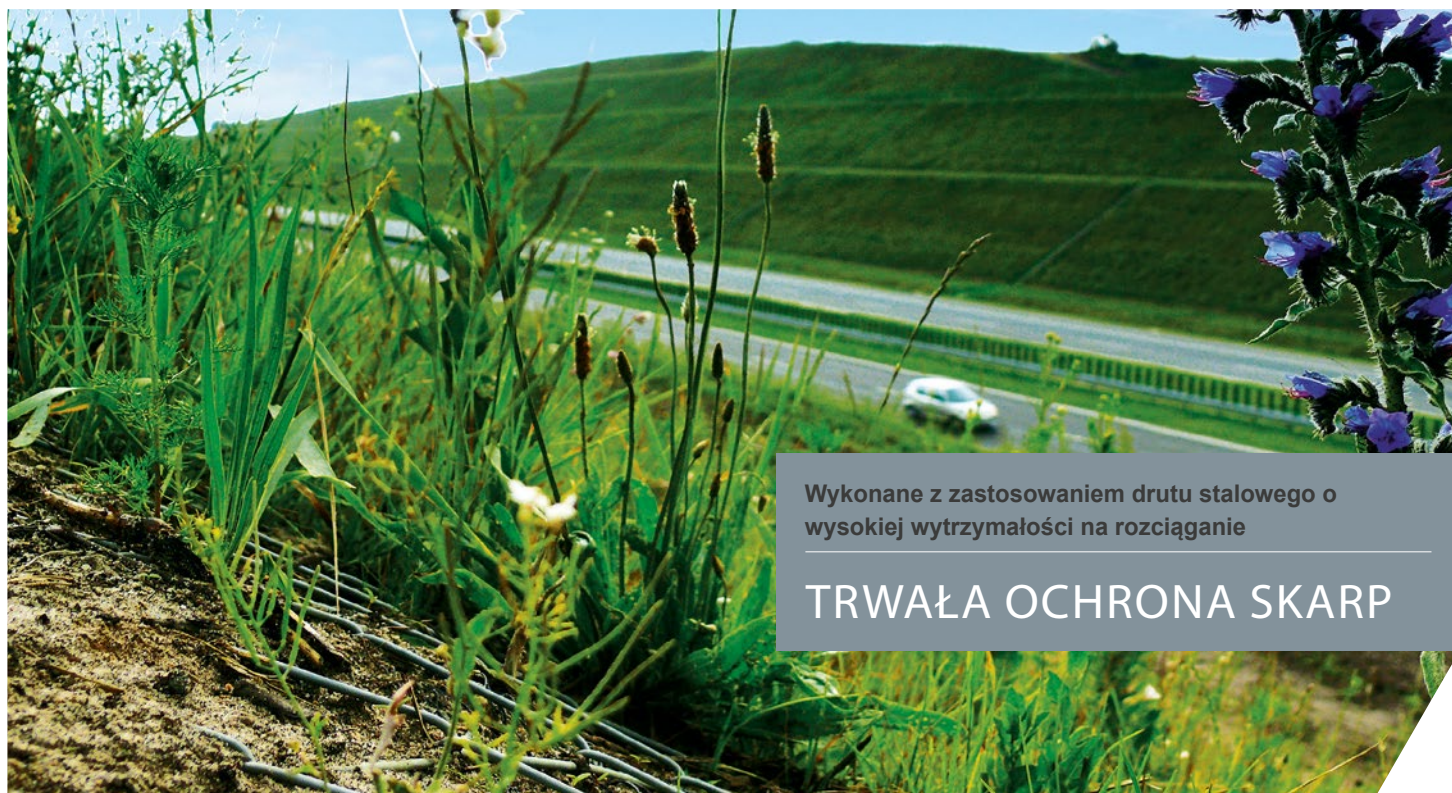
wolne od uszkodzeń, szkodliwych substancji i korozji, które mogłyby mieć wpływ na wytrzymałość i trwałość. Wymagane właściwości elementu zbrojącego powinny być zagwarantowane przez cały okres jego użytkowania. Za kwestię o pierwszorzędym znaczeniu dla trwałości konstrukcji stabilizującej uznać należy ochronę przeciwkorozyjną. Może być ona realizowana na różne sposoby w zależności, czy dotyczy elementów oblicowania, czy elementów zbrojących maszyn grunto-skalny. Najprostszym systemem ochrony przeciwkorozyjnej jest zastosowanie grubości traconej, a w trudniejszych warunkach można wykorzystać podwójny system ochrony, którym jest powłoka cynkowa ogniowo i natryskiwany cieplnie stop cynkowo-aluminiowy, a także powłoka epoksydowa. Gdy mówimy o trwałości gwoździ gruntowych, nie sposób pominąć kwestii zapewnienia otuliny żerdzi zbrojącej kamieniem cementowym i integralności jej struktury (zespoleń żerdzi i kamienia gwarantujące rozwarłość pęknięć nie większą niż 0,1 mm). Oprócz aspektu materiałowego ważnym czynnikiem podnoszącym trwałość zabezpieczeń konstrukcyjnych jest doświadczenie i kultura techniczna wykonawcy robót.



www.geobrugg.com/slopes

GEOBRUGG®
BRUGG

Safety is our nature



Wykonane z zastosowaniem drutu stalowego o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie

TRWAŁA OCHRONA SKARP