



W przypadku analizy prawdopodobnego osuwiska istnieje znaczna niepewność układu i wytrzymałości warstw gruntu oraz potencjalnej powierzchni poślizgu. Natomiast gdy mamy do czynienia z istniejącym osuwiskiem, to paradoksalnie niepewność jest mniejsza: powierzchnię poślizgu zwykle można ustalić, a opory gruntu są nieco mniejsze od sił destabilizujących tj. współczynnik stateczności $F \approx 1$. Doświadczenia wykazały (np. Brandl [1], Sommer [11]), że do ustabilizowania przemieszczeń osuwiska wystarcza zwykle tylko niewielkie zwiększenie jego współczynnika stateczności (o 5 do 15%). Jednak w przypadku dużych wymiarów osuwiska koszt i takiego zwiększenia może być ogromny.

Sprawdzanie stateczności stabilizowanych osuwisk

Bardzo pouczający był przykład sanacji długotrwale pełniącego osuwiska na autostradzie w Niemczech [11]. Ustabilizowano je za pomocą sztywnych elementów żelbetowych, utwierdzonych w podłożu poniżej powierzchni poślizgu. Elementy te wymiarowano tak, by zwiększyć wartość współczynnika stateczności o 5% w stosunku do stanu istniejącego. Długotrwałe pomiary wykazały, że zabezpieczenie takie było wystarczające.

Zwiększenie stateczności uzyskuje się różnymi zabiegami: zwłaszcza przez poprawę odwodnienia i zmniejszenie nawilgocenia skarpy, przez zmianę kształtu skarpy, dociążenie dolnej części przyporą, albo - znacznie większym kosztem - przez wykonanie elementów stabilizujących: pali, palisad, ścian szczelinowych, kotew gruntowych, mikropali, ścian oporowych itp. Siłę, którą powinny przenieść te dodatkowe elementy, wyznacza się z warunku powiększenia współczynnika stateczności: racjonalnie o 5 do 15% [1, 11] albo o ponad 50% - jak wynika z rozporządzenia.

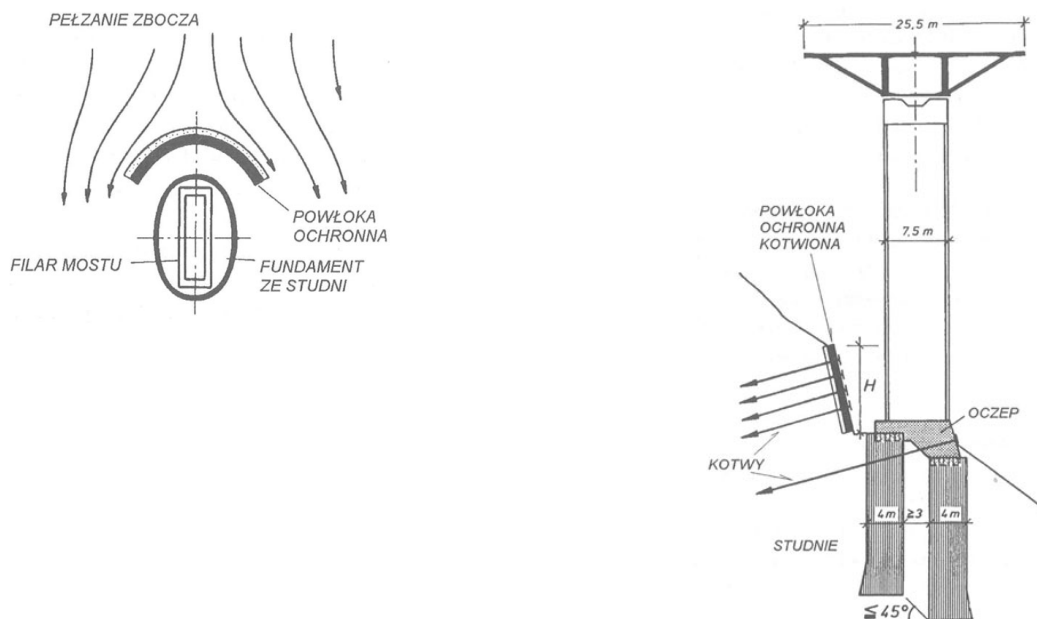
O wymaganiach dotyczących stateczności zboczy i skarp cz. III

Utworzono: poniedziałek, 06, wrzesień 2010 08:40 Bolesław Kłosiński, Łukasz Leśniewski

Interesujące jest, jak z sanacją osuwisk postępują kraje alpejskie, które z tym problemem mają do czynienia na co dzień. Przykładem racjonalnego i ekonomicznego podejścia jest norma szwajcarska SIA 267, wdrażająca w tym kraju Eurokod 7. Zawiera ona specjalne „ulgowe” postanowienia dotyczące współczynników bezpieczeństwa γ_R dla zboczy „pełzających” oraz bliskich stanu niestatecznego. Wartości te mogą być stosowane pod warunkiem projektowania tzw. metodą obserwacyjną lub na podstawie analizy wstecznej równowagi osuwiska. Wartości współczynników są znacznie obniżone, zależą one od zagłębienia powierzchni ścięcia:

- osuwiska płytkie (średnia głębokość $t_m \leq 10$ m) $\gamma_R = 1,20$
- osuwiska o głębokości $10 \text{ m} < t_m < 20 \text{ m}$ $\gamma_R = 1,20$ do $1,10$ (interpolować liniowo),
- osuwiska głębokie (średnia głębokość $t_m \geq 20$ m) $\gamma_R = 1,10$,
- głębokie, regularne powierzchnie ścięcia w wyjątkowych przypadkach $\gamma_{R \text{ min}} = 1,05$.

Znamienne jest zmniejszanie wymaganego współczynnika ze wzrostem bryły osuwiska, co ma zrozumiałe uzasadnienie techniczne i wyraźne skutki ekonomiczne.



W przypadku bardzo dużych osuwisk ich całkowita stabilizacja byłaby nierealna ze względu na ogromny koszt. Długotrwale pełzające zbocza górskie znane są na terenie Polski, a w Alpach występują one dość często. Jeżeli na takim zboczu sytuowane są podpory mostu (często z filarami wysokości ponad 100 m), to stosuje się specjalne rozwiązania chroniące fundamenty filarów przed naporem zbocza [1]. Skarpa zbocza jest zabezpieczana powłoką ochronną, najczęściej o kształcie cylindrycznym lub czaszy, formowaną ze zbrojonego betonu natryskowego i kotwioną w masywie skalnym (rys. 1). Ponieważ powłoka ta jest w pewnej odległości

O wymaganiach dotyczących stateczności zboczy i skarp cz. III

Utworzono: poniedziałek, 06, wrzesień 2010 08:40 Bolesław Kłosiński, Łukasz Leśniewski

od filara, to może się przemieszczać wraz ze zboczem, nie napierając bezpośrednio na filar. Fundamenty często są wykonywane jako „studnie” średnicy od 3 do ponad 10 m, osadzone w zwietrzelinie i skale. Nie są to studnie opuszczane, lecz wykonywane przez stopniowe mechaniczne głębienie wykopu (kołowego lub owalnego), z obudową ścian torkretem w miarę głębienia. W razie potrzeby filary są niezależnie kotwione (rys. 2). Rozwiązanie takie jest stosowane dość często i zdało egzamin. Zbocze nie zostaje unieruchomione ani nie ma współczynnika bezpieczeństwa 1,5.

W przypadku polskich przepisów takiego rozwiązania - ze względu na kolosalny koszt wymaganego pełnego zabezpieczenia - nie można by zastosować.

Wyznaczanie parametrów geotechnicznych

Należy podkreślić, że na wyniki obliczeń i bezpieczeństwo projektowanych skarp większy wpływ od stosowanych współczynników bezpieczeństwa mają przyjmowane do analizy parametry geotechniczne, zwłaszcza wytrzymałościowe, oraz dane o wodzie gruntowej.

Jak już powiedziano poprzednio, najbardziej wiarygodne wartości parametrów geotechnicznych uzyskuje się z tzw. analizy wstecznej zaistniałych osuwisk. Ale nie zawsze dane takie są dostępne. Z reguły parametry do obliczeń trzeba wyznaczyć na podstawie badań podłoża. Jest to trudne zadanie, zupełnie nie dla inżyniera-konstruktora, mającego raczej sporadyczny kontakt z geotechniką. Tym się powinni zajmować eksperci - geotechnicy, najlepiej z dobrą znajomością i doświadczeniem z danego regionu.

Porównując wymagania różnych norm nie można pominąć sposobu ustalania wartości obliczeniowych parametrów. W Polskich Normach wartość charakterystyczna to ogólnie wartość średnia, którą się zmniejsza (czasem zwiększa), zwykle mnożąc przez współczynniki częściowe (materiałowe i inne). Inaczej jest w Eurokodzie 7-1 [7, 8]. Norma EN 1997-1 stanowi, że „Charakterystyczną wartość parametru geotechnicznego należy wybrać jako ostrożne oszacowanie wartości decydującej o wystąpieniu stanu granicznego” (nie bardzo jest jasne, co to właściwie znaczy?). Dalej powiedziano, że „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%.” W uwadze wyjaśniającej dodano: „W ten sposób, ostrożne oszacowanie wartości średniej polega na ustaleniu wartości średniej z ograniczonego zbioru wartości parametrów geotechnicznych, z poziomem ufności 95%; w przypadku rozpatrywania zniszczenia lokalnego ostrożne oszacowanie wartości dolnej odpowiada fraktylowi 5%.” A zatem nie są to wartości najbardziej prawdopodobne, tj. średnie - jak w PN, lecz znacznie zmniejszone (lub powiększone). (Nawiasem mówiąc jest wątpliwe, czy do zbiorów danych z badań gruntów - zwykle nielicznych - ma sens stosowanie aż 95% poziomu ufności?) A zatem Eurokod 7-1 wprowadza spory dodatkowy zapas bezpieczeństwa już w określaniu wartości parametrów

O wymaganiach dotyczących stateczności zboczy i skarp cz. III

Utworzono: poniedziałek, 06, wrzesień 2010 08:40 Bolesław Kłosiński, Łukasz Leśniewski

geotechnicznych.

Inżynierom - konstruktorom, mającym zwykle do czynienia z materiałami o ściśle zdefiniowanych właściwościach, trudno zrozumieć, dlaczego dla tego samego gruntu w analizie stateczności należy przyjąć bardziej ostrożne parametry, niż np. przy obliczaniu nośności fundamentu. Jest to temat zbyt obszerny, aby go tu rozważać, lecz warto zwrócić uwagę na niektóre czynniki.

O bezpieczeństwie i stateczności skarp często decydują czynniki lokalne, jak nieciągłości warstw, zwłaszcza skał, czy powierzchnie zlustrzenia wywołane np. wcześniejszymi osuwiskami czy działaniem lodowca. Czynniki te trudno wykryć w badaniach podłoża lub modelować podczas badań pobranych (lub uformowanych) próbek gruntu. Szczególnej ostrożności wymaga przyjmowanie wartości spójności gruntu. W dawnej wersji normy PN-B-030310 było np. wymaganie, by wartość spójności zredukować o 50%. Do obliczeń stateczności z zasady należy przyjmować parametry efektywne. Tylko w sytuacjach krótkotrwałych można przyjmować spójność „bez odplywu”. Trudny do uwzględnienia jest wpływ drgań powodowanych przez ruch pojazdów na parametry gruntu. Zagadnienia te są obszernie omawiane w literaturze o osuwiskach, np. przez Wiłuna [15], Wysokińskiego [17] lub w materiałach [14].

Na wyniki ma też wpływ sama technika obliczeń stateczności: stosowanie jednej z metod równowagi sił (pasków, blokowej) albo metod numerycznych - najczęściej elementów skończonych, jak też sposób przygotowania danych wejściowych. Z tego powodu, aby uniknąć dużych błędów, warto powtórzyć ważniejsze obliczenia różnymi programami komputerowymi.

Podsumowanie

Drogi przez tereny osuwiskowe są kosztowne. Jednak wymagane zabezpieczenia powinny być w racjonalnych granicach. Spełnienie wymagań podanych w rozporządzeniu byłoby bardzo kosztowne i niczym nieuzasadnione. Na szczęście większość projektantów o tym nie wie i stosuje dotychczasowe, wypróbowane zasady. No a istniejące zbocza i skarpy rozporządzenia nie czytały i w większości jeszcze się trzymają! Jednak taki stan prawny trwa już zbyt długo i rozporządzenie powinno zostać zmienione.

Natomiast rozwagi, wiedzy i ostrożności wymaga wyznaczanie parametrów geotechnicznych do obliczania stateczności skarp. Nieocenione są doświadczenia lokalne oraz analizy wsteczne osuwisk.

dr inż. Bolesław Kłosiński,
mgr inż. Łukasz Leśniewski
Instytut Badawczy Dróg i Mostów
Zakład Geotechniki i Fundamentowania

Referat był prezentowany podczas Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej

O wymaganiach dotyczących stateczności zboczy i skarp cz. III

Utworzono: poniedziałek, 06, wrzesień 2010 08:40 Bolesław Kłosiński, Łukasz Leśniewski

„Problematyka osuwisk w budownictwie komunikacyjnym”, która odbyła się w Zakopanem w dniach 27–29 maja 2009 r. i był publikowany w Zeszytach Naukowo-Technicznych SITK Oddział Kraków, Problematyka osuwisk w budownictwie komunikacyjnym, seria Materiały Konferencyjne, Nr 88, Zeszyt 144, Kraków 2009.

[Literatura \(PDF\)](#)

Summary

In the Polish technical requirements for public roads safety factor for slopes shall be not less than 1,5, using design (factored) values of forces and geotechnical parameters. In the paper a review of current Polish and foreign standards has been given. They require a global safety factor of slopes from 1,25 to 1,4. The stabilizing of creeping slopes has been discussed. Bringing existing slopes to the state, in which they will fulfil the requirements of the Decree, would be very expensive and by no means justified.