

Drgania drogowe vs. nośność i stateczność konstrukcji.

Przy wszelkiego typu analizach numerycznych stateczności i nośności nie powinno się zapominać o wpływie drgań drogowych na nośność i stateczność konstrukcji.

Problem szkodliwego wpływu wody na stateczność ziemnych budowli komunikacyjnych jest równoważny z problemami dynamicznej równowagi skarp tychże budowli. Tak jak to podkreślano wcześniej, jeżeli siły obciążające masę gruntu zmieniają się szybko powodując, że siły bezwładności osiągają znaczne wartości w porównaniu ze statycznymi, to należy stosować specjalne obliczenia do oceny odkształceń gruntu,

Tego rodzaju zagadnienia nabierają znaczenia szczególnie przy robotach palowych, fundamentowaniu maszyn rotacyjnych, zagęszczaniu wibracyjnym oraz co jest spektakularne – stateczność zboczy i skarp obciążonych dynamicznie.

Siły bezwładności stają się istotne w zależności od częstotliwości i rodzaju obiektu jakiego dotyczą. Dla płaskich zagadnień drogowych siły te stają się istotne, gdy częstość obciążeń przekroczy wartość 25 Hz, ale w przypadku dużej zapory lub wysokiego nasypu mogą stanowić zagrożenie już przy częstotliwościach rzędu 0,5 Hz.

Samo obliczanie i przyjmowanie parametrów powinno odbywać się z przyjęciem następujących kroków:

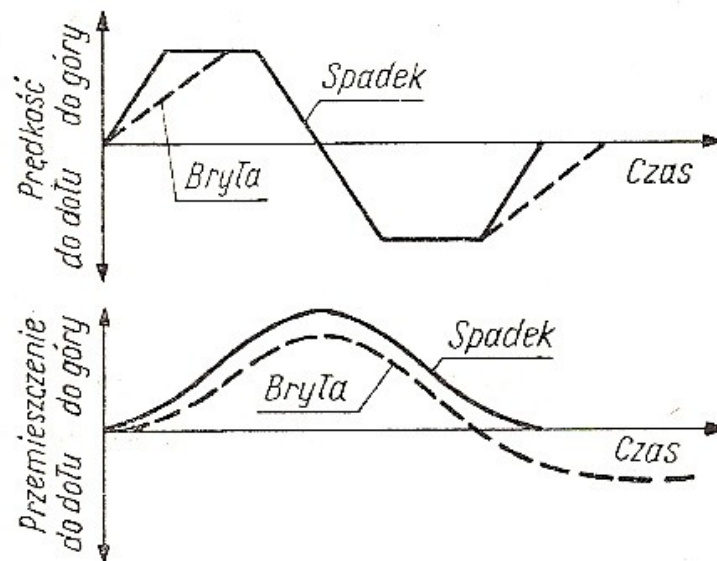
1. W zagadnieniach, w których naprężenia działające na masę gruntu zmieniają się w czasie krótkim w porównaniu z czasem konsolidacji, stateczność można rozpatrywać w dwóch stadiach:
 - bezpośrednio po zakończeniu budowy, co odpowiada ścinaniu bez odsączania,
 - oraz w stadium długotrwałym, odpowiadającym ścinaniu z odsączaniem.
2. Jeśli grunt jest nasycony, to stateczność przy zakończeniu budowy można najlepiej zbadać za pomocą analizy naprężeń całkowitych na podstawie założenia $\sigma' = 0$ i wytrzymałości równej wytrzymałości bez odsączania.
W takich analizach nie jest konieczne wyznaczanie ciśnień w porach wzdłuż potencjalnych powierzchni poślizgu. Jednak znajomość ciśnienia w porach w tym stadium pomaga w stwierdzeniu, które z dwóch stadiów (po zakończeniu budowy czy długotrwałe) jest krytyczniejsze. Stateczność po zakończeniu budowy można również analizować na podstawie naprężeń efektywnych (analiza c', σ').
3. Jeśli grunt jest częściowo nasycony, to stateczność po zakończeniu budowy można zbadać za pomocą analizy s_u lub analizy c', σ' przy wyznaczonych ciśnieniach w porach. Każdą z tych metod należy stosować bardzo starannie; ich pewność jest taka sama. Korzystnie jest

stosować analizę c' , \emptyset' , gdyż daje ona możliwość ponownego obliczenia stateczności podczas budowy na podstawie pomierzonych wartości rzeczywistych ciśnień w porach.

4. Stateczność długotrwałą powinno się zawsze badać stosując analizę c' , \emptyset' przy ciśnieniach w porach odpowiadających warunkom równowagi wody gruntowej. W przypadku iłó kurczawkowych i bardzo luźnych piasków należy używać specjalnych metod wyznaczania parametrów efektywnych (c' i \emptyset').
5. W zagadnieniach, w których występuje obciążanie gruntu, stan bezpośrednio po zakończeniu budowy jest zazwyczaj krytyczny, natomiast stateczność długotrwała jest na ogół krytyczna, gdy grunty są nie obciążone. Istnieją pewne zagadnienia szczególne, gdy stany pośrednie mogą być bardziej krytyczne. Podstawą do ustalenia stanu krytycznego jest dokładne zbadanie zmian w czasie ciśnienia wody w porach.

Badając zagadnienia drgań drogowych często szuka się odpowiedzi przez pomiary in situ, które są podstawą diagnozy, bo teoretyczne rozważania są nieskuteczne. Diagnozy często oparte są na kryteriach uszkodzeń. W literaturze technicznej i w normach wielu krajów podawane są różne kryteria oceny szkodliwości drgań. Na ogół nie wyodrębnia się dopuszczalnego poziomu drgań wywołanych ruchem drogowym. Jednym z nielicznych wyjątków jest norma szwajcarska. Polska norma PN-85/B-02170 dotyczy szkodliwości drgań drogowych. Poziom drgań wzbudzanych ruchem pojazdów po równej nawierzchni jest zazwyczaj mały, przez co można uznawać je za nieszkodliwe. Naprężenia w budynkach spowodowane drganiami drogowymi są bardzo małe, jednakże biorąc pod uwagę częstotliwość tych drgań i natężenie ruchu na drogach przelotowych lub centrach miast, należy brać pod uwagę zjawiska zmęczeniowe materiałów konstrukcyjnych. Jeśli przyjąć, że jeden pojazd wzbudza 30 drgań, to budynek w pobliżu drogi obciążonej ruchem 2000 pojazdów na dzień będzie poddany obciążeniu ok. $1,8 \cdot 10^7$ cykli w ciągu roku.

Dla przedstawienia tych rozważań najlepiej jest zobrazować to poniższym schematem.



Rys.1. Względne przesunięcia skarp podczas obciążenia dynamicznego.

Zbocze lub wysoka skarpa poddane oddziaływaniom cyklicznym może wykazać się chwilowym brakiem stateczności. A to przy uwzględnieniu zmiennego zagęszczenia warstw w nasypie, zastosowania i wbudowania nieodpowiednich gruntów oraz przy braku sprawnie działających drenaży będzie prowadzić do zjawiska uplastyczniania gruntów, tiksotropii określonych warstw i w konsekwencji niekontrolowanych zsuwów i osuwisk.

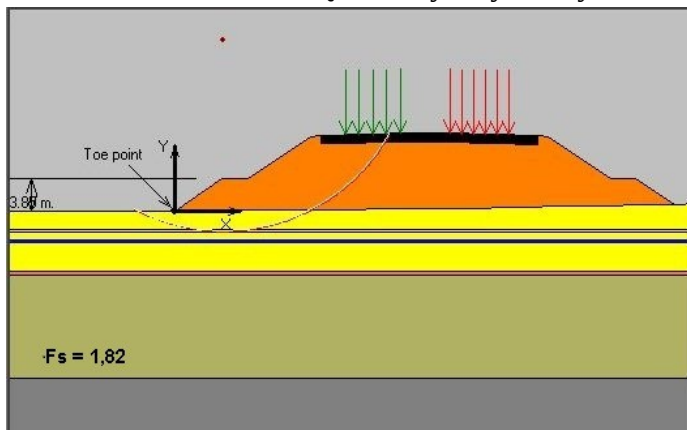
Dlatego ważnym jest prawidłowo rozpoznane podłoże, korzystanie w obliczeniach stateczności z parametrów efektywnych (ϕ' , c' , σ'_v) oraz we wzorach, Bishopa, Morgensterna lub Price'a ze współczynników „sejsmicznych”.

Jak wykazano w wielu badaniach z udziałem geosyntetyków wbudowanych w skarpy w postaci poziomo ułożonych poduszek geotkaninowych lub warstw geokomórek, wzrost przyspieszenia u podstawy skarpy był niewielki i nieistotny. Przyspieszomierze umieszczone każdorazowo na różnych wysokościach skarp potwierdzały to zjawisko. Nie jest to niczym niezwykłym w przypadku elastycznych systemów oporowych, które odkształcając się podczas wstrząsów, rozpraszają energię i amortyzują drgania. Zarówno poduszki geotkaninowe pod konstrukcją drogową (jezdni lub torowiska) będąc płytą półsztywną jak i geokomórki o odpowiedniej wytrzymałości i sztywności wbudowane w odpowiednich odstępach poziomych w skarpe i na odpowiednią głębokość umożliwiają stateczność konstrukcji redukując przemieszczenia poziome i pionowe. Analizując badania, klin odłamu w tych rejonach o zmobilizowanych wytrzymałościach na ścinanie, nie może rozwinąć się na tyle skutecznie, aby nastąpił zsuw skarpy. Analizy stateczności metodą równowagi granicznej przeprowadzono za pomocą programów ReSSA i Slide. Analiza rotacyjna (Bishopa) i translacyjna (Spencera) z odpowiednimi współczynnikami parasejsmicznymi potwierdziła wyniki badań terenowych i laboratoryjnych.

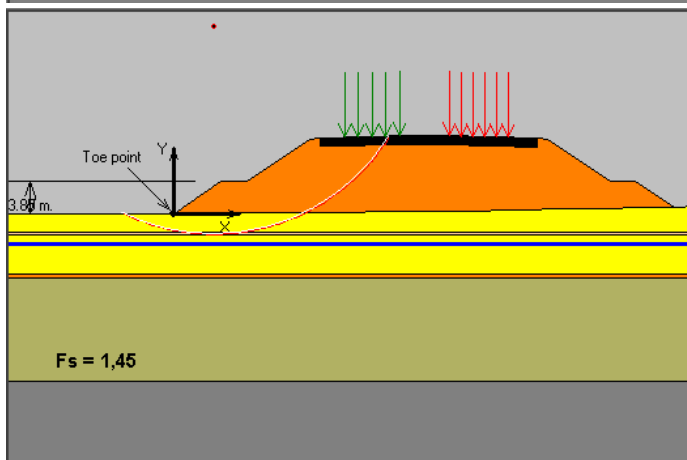
Wariant I
Obciążenie ruchem – statyczne

Poniżej zestawiono wyniki obliczeń własnych dotyczących czterech wariantów obciążeń statycznych i dynamicznych

Wariant II
Obciążenie ruchem – dynamiczne
Wsp. parasejsmiczny – 0,2 g

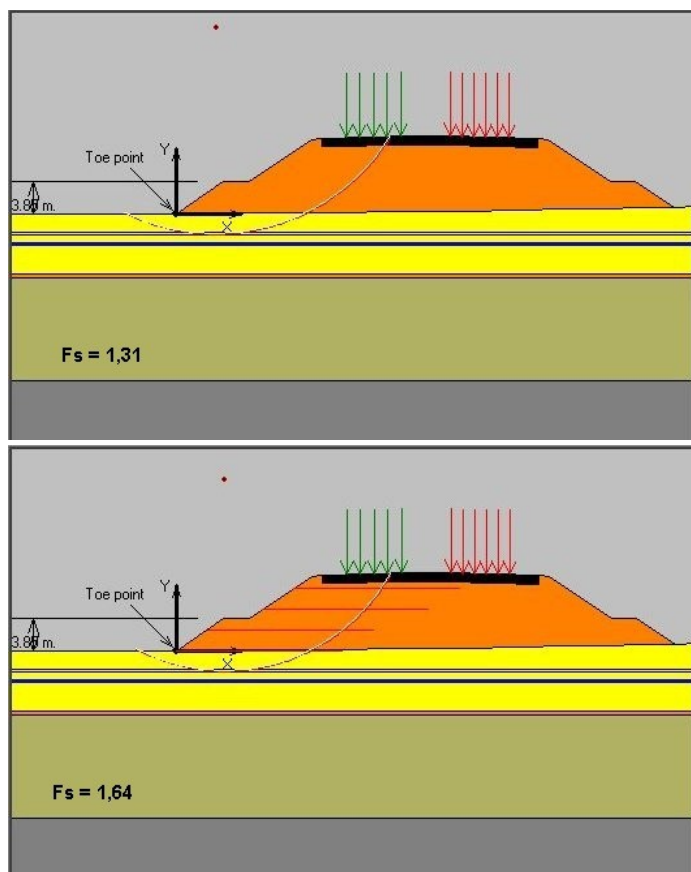


Wariant III
Obciążenie ruchem – dynamiczne
Wsp. parasejsmiczny – 0,3 g



Wariant IV
Obciążenie ruchem – dynamiczne
Wsp. parasejsmiczny – 0,2 g
ze zbrojeniem skarpy pasmami
geokomórkowymi

Źródło: <http://www.inzynieriasro>



Wnioski końcowe z obliczeń:

Po zastosowaniu odpowiednich współczynników drgań zauważyć można ewidentny spadek wartości współczynnika stateczności skarp.

W I wariantcie, typowe wprowadzenie obciążenia ruchem w postaci obciążenia równomiernie rozłożonego na każdej jezdni traktowane jest w konsekwencji obliczeń jako statyczne.

W wariantcie II i III obliczeń zauważa się drastyczny spadek wartości współczynnika stateczności skarpy przy zastosowaniu współczynników drgań 0,2 g i 0,3 g.

Stąd podstawowy wniosek, że dodanie obciążenia ruchem równomiernie rozłożonego bez uwzględnienia drgań prowadzić może do katastrofalnych następstw i awaryjności konstrukcji nasypu.

W wariantcie IV po wbudowaniu w korpus skarpy nasypu systemów przeciwdrganiowych w postaci geokomórek otrzymano dla 0,2 g wzrost współczynnika stateczności skarpy z wartości 1,45 do 1,64.