



JACEK KAWALEC, jacek.kawalec@polsl.pl
Katedra Geotechniki Politechniki Śląskiej w Gliwicach

ANALIZA WPLYWU WARUNKÓW GEOTECHNICZNYCH ORAZ DECYZJI PROJEKTOWYCH NA AWARYJNY STAN SKARPY WYKOPU AUTOSTRADY

ANALYSIS OF IMPACT FROM GEOTECHNICAL CONDITION AND DESIGN STAGE DECISIONS ON FAILURE CONDITION OF MOTORWAY SLOPE CUT

Streszczenie Na krótkim odcinku autostrady A4 w rejonie Gliwic po obu stronach drogi powstało kilkanaście osuwisk skarp. Referat omawia warunki geotechniczne w rejonie osuwiska oraz przyczyny jakie doprowadziły do uszkodzenia skarp. Omówiony jest, zastosowany z powodzeniem, sposób naprawy osuwiska bez konieczności wywozu obsuniętego gruntu przy wykorzystaniu georusztów. Zwrócona jest uwaga na korzyści płynące ze współpracy projektantów dowolnych obiektów ze specjalistami z zakresu geotechniki. Podany jest akt prawny zalecany do powszechnego stosowania we wszystkich przypadkach projektowania obiektu inżynierskiego współpracującego z podłożem gruntowym

Abstract On short section of A-4 Motorway near Gliwice over dozen slope slides on both sides of the road were discovered. Paper is discussing with geotechnical conditions of the location and with reasons for such slope failures. Method for slope reconstruction without need for export of the landslide soil but with use of geogrids used with success in this reconstruction work has been described. Benefits coming from cooperation between designers of all kind of structures and geotechnical engineers is highlighted. A proper technical act recommended for common use for design of every engineering object which interact with soil is given.

1. Wstęp

Decyzje projektowe i lokalizacyjne podejmowane na etapie przygotowania dużych inwestycji infrastrukturalnej powinny być koordynowane z przedstawicielami wielu branż. Dotyczy to również geotechniki, gdyż pewne ustalenia podjęte na etapie projektów wstępnych czy nawet zwykłych założeń często mają swe negatywne konsekwencje w momencie gdy dochodzi do realizacji inwestycji. Np. zbyt mała szerokość pasa drogowego ustalona na etapie założeń i wpisana do tzw. „wskazania lokalizacyjnego” czasem uniemożliwia łagodne wyprofilowanie skarp i konieczność ich zbrojenia czy zabezpieczania. To samo dotyczy przebiegu w planie projektowanych sieci infrastruktury, których niewłaściwa lokalizacja powoduje duże komplikacje dla wykonawstwa i często niepotrzebnie rodzi konieczność sporych wydatków związanych z dodatkowym zabezpieczeniem czy wręcz koniecznością naprawy

W referacie opisano skutki wykonania sieci uzbrojenia w naziemie skarpy odcinka autostrady, które wystąpiły w kresie kilkudziesięciu miesięcy od zakończenia prac i oddania go do użytkowania.

2. Opis problemu oraz charakterystyka warunków gruntowych

Odcinek autostrady A-4 w rejonie Gliwic oddany został do użytkowania pod koniec roku 2005. Ponieważ zakończenie prac zbiegło się z zimą wiosną trwały jeszcze lokalnie prace zabezpieczeniowe na skarpach wzdłuż autostrady. Również w okresach późniejszych podróżujący autostradą mogli obserwować, iż lokalnie prowadzone są prace nad utrzymaniem skarp. Większość problemów z ich utrzymaniem w tym okresie związana była z erozją humusu ułożonego na skarpach. W roku 2009 w rejonie km 308,460÷308,500 zaobserwowano jednak głębsze osuwisko. Przystąpiono do opracowania dokumentacji geotechnicznej oraz projektu naprawy [1].

Budowę geotechniczną podłoża występującego w rejonie osuwiska określono jako jednorodną. Skarpę oraz podłoże budują jednorodne utwory mineralne, rodzime, drobnoziarniste grunty małospoiste wykształcone w postaci pyłów z lokalnymi przewarstwieniami i lamelkami piasków drobnych i piasków pylistych. Dokumentacja wykonana w roku 2009 odwoływała się do polskiej klasyfikacji gruntów i określa je symbolem (π). Lamelki i przewarstwienia piasków wykazują lokalnie zmienne zawilgocenia, miejscami kwalifikowane jako sączenia. Stan gruntów małospoistych określono jako twaroplastyczny. Lokalne zawilgocenia związane z występowaniem lamelki piaszczystych skutkowały nieznacznym pogorszeniem się stanu określonego dokumentacji jako stan pomiędzy twaroplastycznym i plastycznym.

3. Analiza przyczyn powstania osuwiska

Osuwisko w km 308,460÷308,500 autostrady A-4 powstało na skarpię południowej (kierunek Katowice). Widok osuwiska przedstawia fot. 1



Fot. 1. Widok osuwiska w km 308,460-308,500

W trakcie prowadzenia rozpoznania geotechnicznego w rejonie osuwiska stwierdzono, iż w górnej partii skarpy, wzdłuż drogi serwisowej zlokalizowanej w jej naziomiu, przebiega wodociąg $\phi 110$. Wodociąg ten w rejonie najgłębszego zasięgu osuwiska skarpy uległ silnemu przemieszczeniu. Doszło do jego przesunięcia zarówno w planie jak również w zakresie głębokości ułożenia. Po powstaniu osuwiska nie spełniał on już swojej pierwotnej funkcji.

W górnej powierzchni pionowej ściany osuwiska, w rejonie wykopu od instalację wodociągową stwierdzono występowanie jako zasyпки gruntów niespoistych w postaci łupka przepalonego, żwiru oraz kamieni. Dodatkowo wodociąg ułożony został w otulinie piaskowej.

Powyższe spostrzeżenia w naturalny sposób skutkowały wnioskami o prawdopodobnym negatywnym wpływie wykopu liniowego pod wodociąg przebiegającym wzdłuż naziomu skarpy. Wykop wykonany był w gruntach małospoistych wykształconych w formie pyłu, a więc gruntach w bardzo wrażliwych na działanie wody. Zasyпка wykopu wykonana lokalnie z materiałów innych, częściowo niespoistych, w tym łupka i materiału gruboziarnistego, pozwalała na infiltrację wód opadowych i jej dalszą penetrację w głąb podłoża. W sytuacji wykopu liniowego prowadzonego w terenie płaskim takie postępowanie, choć niewłaściwe, skutkuje jedynie lokalnym uplastycznianiem się podłoża w rejonie wykopu. W sytuacji, gdy w późniejszym czasie w bezpośrednim sąsiedztwie takiego wykopu liniowego zasypanego, choćby częściowo, materiałem przepuszczalnym wykonano wykop tworząc skarpe wzdłuż autostrady efekt takiego nierozsądnego działania może przybrać znacznie poważniejsze skutki.



Fot. 2. Widok odsłoniętego wodociągu.

Naturalne odprężenie gruntu spowodowane wykopem, często samoistnie prowadzi do zagrożenia osuwiskowego. Liniowy wykop, w którym może gromadzić się woda opadowa, wykonany wzdłuż naziomu skarpy jest naturalnym inicjatorem procesu osuwiskowego. W omawianym przypadku oprócz wykopu liniowego, krytycznego dla powstałego osuwiska, dodatkowymi czynnikami osłabiającymi parametry pyłu w wyniku jego nawodnienia mogły być zarówno lokalna szczelność wodociągu, jak też punktowe wykopy wykonane pod ogrodzenie, zasypane nieodpowiednim materiałem. Z chwilą osunięcia się materiału było to już jednak nie do stwierdzenia.

Reasumując, za przyczynę powstania osuwiska uznano lokalizację wykopu pod wodociąg zlokalizowaną wzdłuż naziomu skarpy oraz materiał zastosowany do jej wypełnienia. Dawały one możliwość uplastyczniania się małospoistych gruntów w głąb podłoża pod wpływem penetracji wód opadowych i w efekcie stopniową inicjację procesu przesuwania się masywu gruntowego. Taki stan rzeczy potwierdzał fakt obserwowanego przez administratora drogi stopniowego pogarszania się sytuacji i zwiększania zakresu osuwiska w czasie związanego z doprowadzaniem w głąb podłoża większych ilości wód opadowych.



Fot. 3. Rejon najgłębszego zasięgu osuwiska i największego przesunięcia wodociągu

4. Przyjęty sposób naprawy osuwiska

W uzgodnieniu z Wykonawcą założono odtworzenie skarpy z wykorzystaniem obsuniętego materiału gruntowego. Materiał ten, w wyniku nawodnienia pogorszył swoje parametry mechaniczne. Dla celów odbudowy należało go wzmocnić. Aby poprawić parametry obliczeniowe skarpy założono próbę „ulepszenia” gruntu poprzez mieszanie go z wapnem dla obniżenia wilgotności materiału oraz wbudowanie zbrojenia geosyntetycznego układanego warstwami na określoną długość w określonym rozstawie.

Wykonano obliczenia stateczności skarpy przy założeniu uzyskania parametrów gruntu nie gorszych niż w stanie zalegania w złożu. Skutkowało to koniecznością zastosowania stabilizacji uplastycznionego pyłu.

Obliczenia prowadzono przy wykorzystaniu programu do analizy stateczności skarp TensorSlope stosując jako zbrojenie georuszty jednokierunkowe o funkcji zbrojeniowej, a jako zbrojenie pomocnicze georuszty wielokierunkowe [1]. Na tej podstawie opracowano projekt wykonawczy.

W projekcie wykonawczym prace przewidziano jako odcinkowe, aby nie doprowadzić do odsłonięcia skarpy na większej długości. Odsłonięcie odcinka skarpy w rejonie osuwiska było połączone z jej schodkowaniem oraz, co również istotne, z wykonaniem odpowiedniego drenażu odprowadzającego wody do kanalizacji. Prace naprawcze zakończono jesienią 2009.



Fot. 4. Widok odcinka skarpy po usunięciu obsuniętego materiału



Fot. 5. Widok drenu w trakcie układania



Fot. 6. Widok warstwy ułożonych georusztów o funkcji zbrojeniowej



Fot. 7. Wywinięcie georusztów na licu skarpy oraz widoczne wyprowadzenie drenażu



Fot. 8. Widok skarpy po naprawie

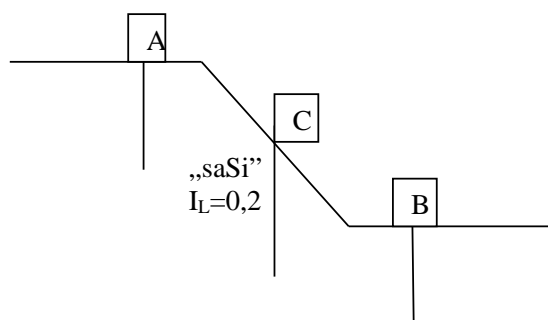
4. Kolejne osuwiska powstałe w sąsiedztwie naprawionej skarpy

W roku 2010 stwierdzono powstanie kolejnych 11 osuwisk w kilometrze 308,460÷308,500 a więc w bezpośrednim sąsiedztwie osuwiska z roku 2009. Występowały one po obu stronach autostrady.

Tablica 1. Lokalizacja osuwisk powstałych w roku 2010

Nr skarpy	Lokalizacja		
	od km	do km	kierunek
1	303+815	303+830	Katowice
2	308+100	308+120	Katowice
3	308+180	308+210	Katowice
4	308+225	308+260	Katowice
5	308+520	308+535	Katowice
6	308+070	308+085	Wrocław
7	308+275	308+300	Wrocław
8	308+340	308+375	Wrocław
9	308+395	308+470	Wrocław
10	308+485	308+500	Wrocław
11	308+520	308+540	Wrocław

Ponownie wykonano badania geotechniczne, tym razem każdego osuwiska indywidualnie [2]. W każdej z lokalizacji wykonano 3 punkty badawcze. Wszystkie punkty badawcze oznaczone jako „A” zlokalizowane były w naziemiu skarpy zaś wszystkie punkty badawcze oznaczone jako „B” zlokalizowane były u podnóża skarpy. Trzecie sondowanie penetracyjne w skarpie w połowie jej wysokości co pokazano schematycznie na rysunku 1 było oznaczone jako „B”.



Rys. 1 Typowy profil geotechniczny skarpy wraz z układem punktów badawczych

Podobnie jak było to w przypadku osuwiska powstałego w km 308,460÷308,500 budowę geotechniczną podłoża występującego w rejonie wszystkich osuwisk można było określić jako jednorodną. W podłożu występowały utwory przeważnie mineralne, rodzime drobnoziarniste grunty małospoiste wykształcone w postaci pyłów z lokalnymi przewarstwieniami i lamelkami piasków drobnych i piasków pylastych oraz grunty średniospoiste wykształcone w postaci glin pylastych z przewarstwieniami piasków drobnych, piasków pylastych i pyłów. Grunty niespoiste występowały jedynie w formie drobnych, lokalnych przewarstwień. Lamelki i przewarstwienia piasków wykazywały lokalnie zmienne zawilgocenia, miejscami kwalifikowane jako sączenia. Stan gruntów małospoistych określono jako twardoplastyczny ($I_L = 0,20$).

Wszystkie osuwiska stwierdzone w roku 2010, powstały po okresach bardzo intensywnych opadów atmosferycznych. Wody opadowe wnikające w podłoże gruntowe, podwyższały wilgotność przewarstwień piaszczystych w gruntach małospoistych prowadząc do ich lokalnego uplastycznienia, zwiększenia się ciężaru objętościowego gruntu, a w konsekwencji, do przemieszczenia się mas ziemnych skutkujących widocznym osuwiskiem. Zasięg osuwisk był jednak większy od niż wynikałoby to z obserwacji zjawiska w naturalnych utworach geologicznych, w których nie wykonywano żadnych prac inżynierskich. Tutaj występował jednak dodatkowy czynnik związany z infrastrukturą techniczną wzdłuż autostrady. Po obu stronach autostrady w jej naziomie, w bardzo bliskiej odległości od skraju skarpy, zaprojektowano i wykonano liniowe elementy infrastruktury (po jednej stronie wodociąg, a po drugiej stronie kable energetyczne i telekomunikacyjne dodatkowo ze studzienkami).

Przyczyną powstania osuwisk, poza budową geologiczną, były wykopy pod uzbrojenie przebiegające w naziomie autostrady po obu jej stronach oraz lokalnie drenaże okolicznych pól, niezabezpieczone w trakcie wykonywania wykopu autostradowego.

Wykopy pod wodociąg $\phi 110$ po stronie południowej oraz pod kable energetyczne i teletechniczne po stronie północnej, wykonane były w gruntach mało i średnio spoistych wykształconych w formie pyłu i lokalnie gliny pylastej przewarstwionej pyłem, a więc gruntach w bardzo wrażliwych na działanie wody. Zasyпка takiego wykopu pozwala na infiltrację wód opadowych i jej dalszą penetrację w głąb podłoża. To co zostało stwierdzone w roku 2009 w jednej lokalizacji okazało przyczyną całej serii osuwisk w roku 2010 w bezpośrednim sąsiedztwie.

5. Analiza i ocena poprawności podjętych decyzji na etapie przygotowywania Inwestycji w świetle istniejących warunków geotechnicznych

Większości osuwisk i związanych z nimi kosztów naprawy można by prawdopodobnie uniknąć konsultując rozwiązanie projektowe ze specjalistą z zakresu geotechniki na etapie opracowywania projektu. W gruntach budujących podłoże w rejonie kilometra 308, a więc utworach pylastych (dominująca frakcja „Si”) prowadzenie jakiegokolwiek infrastruktury w naziomie skarpy jest wysoce ryzykowne. Wszelkie wykopy naruszają strukturę gruntu bardzo wrażliwego na kontakt z wodą, który zdecydowanie pogarsza swoje właściwości w przypadku podwyższania wilgotności. Praktycznie niemożliwe jest wykonanie zasyпки gruntowej eliminującej możliwość infiltracji wody w głąb podłoża. Wszystkie wykopy liniowe w takich warunkach stwarzają realne zagrożenie osuwiskowe, często oddalone w czasie [3].

Konsultacja geotechniczna mogłaby doprowadzić do uwzględnienia jednego z kilku możliwych wariantów rozwiązania problemu na etapie projektowania np.:

- Przeniesienia linii uzbrojenia z naziomu w rejon podnóża;
- Znacznego odsunięcia uzbrojenia od skraju skarpy;
- Zmiany (zmniejszenia) kąta nachylenia skarp, które w omawianych warunkach geotechnicznych (jednorodne pyły) miały bardzo niewielki zapas stateczności;

- Wykonania póltek w skarpach poprawiających ich stateczność;
- Innych specjalistycznych prac geotechnicznych ograniczających ryzyko powstania osuwisk.

Ponieważ nie zastosowano żadnego z powyższych rozwiązań, a lokalizacja uzbrojenia w naziomie skarpy przyczyniła się do powstania osuwisk, decyzje podjęte na etapie projektowania można uznać za niewłaściwe.

6. Podsumowanie i wniosek końcowy

Omawiany przypadek wielu niezależnych od siebie osuwisk skarp krótkiego odcinka autostrady pokazuje jak ważna jest odpowiednia współpraca projektanta każdej branży ze specjalistą geotechnikiem. Warunki geotechniczne mogą mieć decydujący wpływ na poprawność przyjętej koncepcji nawet, wydawać by się mogło w tak trywialnym zadaniu jak lokalizacji kabla telekomunikacyjnego czy wodociągu. Od roku 1998 funkcjonuje w prawie rozporządzenie, znowelizowane w roku 2012, w sprawie geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych [6]. Korzystanie z zapisów tego rozporządzenia nie jest jednak w dalszym ciągu powszechne, choć jest to sposób na znaczne ograniczenie ryzyka związanego z warunkami geotechnicznym dla każdej, nawet niewielkiej inwestycji oraz dla każdego Projektanta, niezależne od jego branży czy specjalizacji.

Wyjaśnienie

Zgodnie z intencją autora opisana w referacie konkretna inwestycja służyć ma jedynie jako przykład dla analizy problemu, z tego powodu wszelkie informacje mogące służyć do dokładnej identyfikacji uczestników tego procesu inwestycyjnego zostały usunięte

Literatura

1. Ekspertyza geotechniczna dla potrzeb rozpoznania warunków geotechnicznych w rejonie osuwiska skarpy autostrady A-4 w Gliwicach w km 308,5 wraz z analizą przyczyn powstania osuwiska i wytycznymi naprawy
2. Ekspertyza geotechniczna dla potrzeb rozpoznania warunków gruntowych w rejonie osuwisk skarp wykopów w ciągu autostrady A-4 na odcinku od km 278+500 do km 309+000 wraz z analizą przyczyn powstania osuwisk oraz wytycznymi dla projektu naprawy.
3. Kawalec J.: Lokalna awaria skarpy wykopu kolejowego. XIX konferencja Naukowo-Techniczna „Awarie-Budowlane”, Szczecin-Międzyzdroje 1999,
4. Projekt budowlano-wykonawczy. Projekt zabezpieczenia osuwisk skarpy w ciągu autostrady a-4 Od km 278+500 do km 309+000
5. Projekt wykonawczy. Budowa autostrady płatnej A4.
6. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 25.04.2012 w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych (Dz.U. Poz. 463).