

ZABEZPIECZENIE DROGI KRAJOWEJ NR 75 NA OBSZARZE OSUWISKA W M. TĘGOBORZE

Adam Miziewicz

mgr inż., GDDKiA Oddział w Krakowie, ul. Mogilska 25 31-542 Kraków, tel. (12) 417-28-66, email: amiziewicz@gddkia.gov.pl

Streszczenie. Droga krajowa nr 75 na odcinku od km 51+600 do km 53+320 biegnie w rejonie czynnego osuwiska nr MPL0051. Osuwisko to od wielu lat jest źródłem ciągłych utrudnień w ruchu pomiędzy Nowym Sączem a Brzeskiem w Małopolsce. Kulminacja problemów nastąpiła w okresie powodzi w 2011 roku, kiedy to służby utrzymaniowe walczyły o zachowanie ciągłości drogi krajowej i zapewnienie komunikacyjnego połączenia Sądecczyzny z resztą kraju. W 2012 roku w ramach przyznanych środków na likwidację skutków powodzi opracowana została „Dokumentacja Geologiczno-Inżynierska dla opracowania systemu zabezpieczenia strefy osuwiskowej nr MPL0051, w ciągu dk 75 km od 51+900 do 52+700 w m. Tęgorozie – Just”. Na podstawie tej dokumentacji w 2015 roku rozpoczęto prace nad przygotowaniem dokumentacji projektowej dla potrzeb wykonania zabezpieczenia korpusu drogi krajowej nr 75 oraz odwodnienia osuwiska w części kolidującej z drogą. Efektem uzyskania decyzji ZRID oraz przyznania środków finansowych na realizację robót budowlanych było zawarcie w dniu 04.04.2018 r. umowy na rozbudowę drogi krajowej nr 75 od km 51+600 do km 53+320 w miejscowości Tęgorozie wraz z odwodnieniem osuwiska. Roboty budowlane zostały zrealizowane w okresie 14 miesięcy (z wyłączeniem okresów zimowych) i zamknęły się w kwocie blisko 64,5 mln zł brutto. W trakcie robót budowlanych ujawniły się niespodziewane zjawiska świadczące o stanie awaryjnym drogi. Referat opisuje sposób zabezpieczenia drogi na czynnym osuwisku oraz prezentuje główne problemy ujawnione w okresie realizacji robót budowlanych i sposób ich rozwiązania.

Słowa kluczowe: zabezpieczenie drogi na obszarze osuwiska, studium przypadku, osuwisko MPL0051

1. Wprowadzenie

W rejonie miejscowości Tęgorozie droga krajowa nr 75 zlokalizowana jest w obrębie czynnego osuwiska nr MPL0051. Stanowi to najbardziej niekorzystne połączenie z punktu widzenia zarówno inżynierskiego jak i komunikacyjnego. W efekcie na przestrzeni lat okazało się, że nie istnieje na terenie małopolski droga tak trudna i skomplikowana sytuacja związana z zabezpieczeniem korpusu drogowego na czynnym osuwisku.

Problemy z utrzymaniem połączenia komunikacyjnego pomiędzy Nowym Sączem a Brzeskiem istniały co najmniej od kilkudziesięciu lat. Średniorocznie na skutek ruchów osuwiskowych warstwy bitumiczne na DK75 w rejonie osuwiska była uzupełniana dwukrotnie (wiosną po roztopach, oraz jesienią w okresie intensywnych opadów). Nakłady finansowe na utrzymanie ciągłości komunikacyjnej

wynosiły ok. 500 tys. zł rocznie. W wyniku ruchów masowych (osuwiskowych) w ciągu 20 lat droga krajowe nr 75 na odcinku ok. 200 m uległa przemieszczeniu o ok. 15 m w dół zbocza, poza obręb istniejącego pasa drogowego. W efekcie wybudowania autostrady A4 droga krajowa nr 75 nabrała szczególnego znaczenia jako główne połączenie Sądeczyny z siecią autostrad i dróg ekspresowych. Powódź w 2011 roku pokazała w sposób bardzo dosadny w jakim stanie technicznym znajduje się przedmiotowy odcinek DK75 zlokalizowany na osuwisku. W okresie długotrwałych intensywnych opadów deszczu w 2011 r. stan konstrukcji nawierzchni uległ pogorszeniu do tego stopnia, że występowała konieczność uzupełniania warstw bitumicznych na drodze średnio 2 razy tygodniowo. Dzięki bardzo dużemu nakładowi pracy i środków GDDKiA Oddziału w Krakowie, w szczególności Rejonu Nowy Sącz, w tym trudnym okresie ciągłość drogi nie została przerwana.

W związku z powyższym zapadła decyzja o konieczności znalezienia rozwiązania problemów w sposób inżynierski i kompleksowy.

Po przyznaniu w latach 2011-12 środków na likwidację skutków powodzi podjęto działania zmierzające do rozpoznania warunków wodno-gruntowych w rejonie osuwiska i wskazania sposobu na zabezpieczenie drogi krajowej.

2. Dokumentacja Geologiczno-Inżynierska

Po przeprowadzeniu wymaganych Prawem zamówień publicznych postępowań przetargowych w dniu 01.03.2012r. została zawarta umowa na opracowanie Dokumentacji Geologiczno-Inżynierskiej. Taka dokumentacja pod nazwą: „Dokumentacja geologiczno – inżynierska dla opracowania systemu zabezpieczenia strefy osuwiskowej nr MPL0051, w ciągu dk 75, km od 51+900 do 52+700 w m. Tęgoborze – Just” [1] powstała pod koniec 2012r.

Dla potrzeb powołanej dokumentacji wykonano:

- 26 otworów wiertniczych pełnordzeniowych, do głębokości 15,0 – 100,0 m ppt i o całkowitym metrażu blisko 1000 mb;
- 8 otworów wiertniczych dla założenia sieci obserwacyjno – pomiarowej poziomu wód gruntowych;
- 8 wykopów – szurfów;
- badania geofizyczne obejmujące tomografię elektrooporową, sejsmikę oraz badania georadarowe.

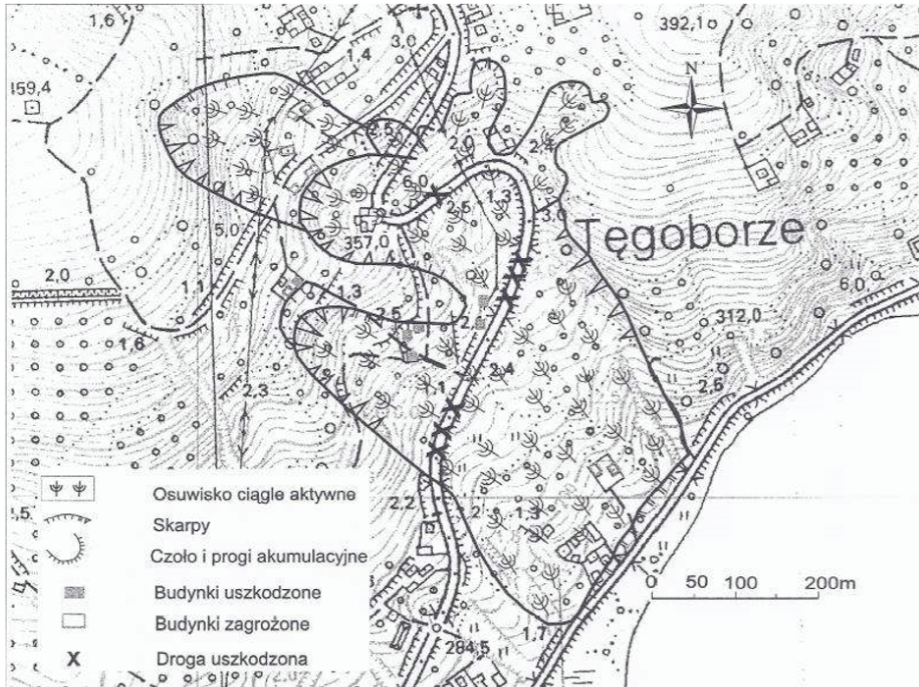
Główne wnioski z opracowanej Dokumentacji Geologiczno-Inżynierskiej [1] prezentowały się następująco:

- nie można zidentyfikować jednej płaszczyzny poślizgu, płaszczyzn poślizgu jest wiele;
- osuwisko powstawało wieloetapowo, jego poszczególne części ciągle były odmładzane i dlatego w obrębie utworów koluwalnych można rozpoznać kilka leżących na różnych głębokościach płaszczyzn poślizgu;

- woda gruntowa występuje głównie w postaci sączeń śródglinowych, stwierdzonych na bardzo zmiennej głębokości, wahającej się w przedziale 0,5-14,5 m ppt i o różnej intensywności;
- wody gruntowe zasilane są w drodze bezpośredniej infiltracji wód opadowych oraz wód okresowo spływających po stoku w podłoże. Występowaniu sączeń sprzyja generalnie silnie porowata struktura gruntów koluwalnych oraz stokowe ukształtowanie terenu. W okresach intensywnych opadów atmosferycznych lub roztopów woda gruntowa może pojawić się na innych poziomach, nie stwierdzonych bieżącymi pracami, w całym przedziale głębokości koluwiów oraz intensyfikować się;
- badania laboratoryjne wykazały słabe do silnych właściwości ekspansywne gruntów i skał;
- aktywność osuwiskowa związana jest z osadami zboczowymi reprezentowanymi przez gliny, ropy piaszczyste, ropy pylaste, pyły, pyły humusowe, pyły piaszczyste z okruciami piaskowców, mułowców i łupków oraz przemieszczone pakiety zwietrzelinowe wykształcone w postaci ropy pylastych z okruciami łupka i piaskowca, glin pylastych zwięzłych przewarstwionych mułowcem i ropy pylastym, piasków gliniastych przewarstwionych gliną pylastą z okruciami mułowca i piaskowca oraz łupków z gniazdami ropy i przewarstwieniami ropy piaszczystego;
- powierzchnie poślizgu rozpoznano na głębokości ok. 3,0 – 15,8 m ppt.;
- stwierdzono występowanie głębszych płaszczyzn utworzonych w obrębie warstw fliszowych na głębokości ok. 15,0 – 30,0 m ppt, jest to powierzchnia związana z dawnymi, starszymi ruchami geodynamicznymi, obecnie nie obserwuje się aktywności w tej strefie;
- zabezpieczenie konstrukcyjne całego terenu osuwiskowego, jest nieuzasadnione ze względów ekonomicznych, natomiast możliwe technicznie;
- niezbędne jest wykonanie odwodnienia, które powinno ustabilizować sytuację osuwiskową poprzez system drenaży wierconych, wachlarzowych oraz prowadzenie na obszarze osuwiska monitoringu powierzchniowego i wgłębnego.

W ramach rozpoznania warunków podłoża zgodnie z określonym zaleceniem wykonano 13 punktów monitoringu powierzchniowego, 8 inklinometrów oraz 8 piezometrów,

Pomiary w inklinometrach były prowadzone od 2012 do 2015 roku.



Rys. 1. Uszkodzenia drogi wykazane na karcie osuwiska [2]

3. Dokumentacja projektowa

Po wykonaniu DGI rozpoczęły się intensywne prace nad pozyskaniem środków finansowych na opracowanie dokumentacji projektowej, uzyskanie decyzji administracyjnych umożliwiających wykonanie robót budowlanych oraz określenie kosztów wykonanie robót budowlanych. Finansowanie dokumentacji projektowej zostało zapewnione w 2014 r. i po przeprowadzeniu procedur wynikających z Prawa zamówień publicznych w dniu 14.05.2015 r. została zawarta umowa na opracowanie dokumentacji projektowej wykonania zabezpieczenie korpusu drodze krajowej nr 75 oraz odwodnienia osuwiska w części kolidującej z drogą.

Proces projektowy był długotrwały, skomplikowany i wielokrotnie powodował burzliwe dyskusje nad wyborem właściwego sposobu zabezpieczenia drogi na czynnym osuwisku. W efekcie przy projektowaniu zabezpieczeń wzięto pod uwagę szereg czynników prowadzących do uszkodzeń korpusu drogowego, z których najważniejsze przytaczam poniżej [3].

Podłoże gruntowe na obszarze objętym projektem jest bardzo podatne na zawodnienie, które jest jedną z głównych przyczyn uruchamiania się procesów osuwiskowych. Woda gruntowa i powierzchniowa ma bardzo duży wpływ na stan gruntów występujących w konstrukcji istniejącego nasypu drogowego oraz podło-

żu gruntowym. Dzieje się tak dlatego, że grunty budujące nasyp i podłoże są gruntami głównie spoistymi, których stan i właściwości fizyko-mechaniczne są zależne od ich nawodnienia. W związku z tym właściwości fizyko-mechaniczne spoistych gruntów podłoża mogą ulegać zmianie w zależności od stanu nawodnienia podłoża gruntowego. Wspomniana sytuacja w sposób znaczący powiązana jest z intensywnością występowania opadów atmosferycznych, które zasilają omawiany teren bezpośrednio poprzez filtrację w grunt, jak również pośrednio poprzez przepływ wód gruntowych z zewnętrznych obszarów zasilania.

Zwiększenie wilgotności gruntów spoistych wiąże się z obniżeniem wartości parametrów kąta tarcia i kohezji, które odpowiadają za siły utrzymujące zbocze w stanie równowagi. Szczególnie podatne są na taką sytuację grunty tworzące cienkie warstwy zaistniałych płaszczyzn poślizgu, których parametry dodatkowo obniżone są poprzez zaistnienie osunięcia. Zatem należy spodziewać się, że system stref gruntów bardziej przepuszczalnych i szczelin skalnych prowadzących wodę w gruncie będzie powodował nawodnienie gruntu podłoża w tym stanowiących zaistniałe płaszczyzny poślizgu, powodując zależnie od zaistniałych warunków atmosferycznych większe lub mniejsze przemieszczenia podłoża gruntowego. Zwiększenie wilgotności gruntu zwiększa też jego ciężar, zwiększając przez to siły powodujące jego osuwanie.

Niski współczynnik filtracji tego typu gruntów powoduje, że w gruncie nawodnionym mogą powstawać dodatkowe siły ciśnienia spływowego, które stanowią dodatkowe obciążenie dla zbocza i są jedną z przyczyn powstawiania ruchów osuwiskowych.

Najbardziej niekorzystne w tym wypadku są okresy długotrwałych i intensywnych opadów które powodują nasączenie wodą gruntów spoistych budujących koluwium, prowadząc do ww. obniżenia parametrów gruntu oraz ciśnienia spływowego a w rezultacie zaistnienia ruchów masowych.

Odbywający się ruch drogowy jest przyczyną lokalnego generowania się w nasypie drgań (tym większych im bardziej nawierzchnia jest spękana i dziurawa), które prowadzą do wystąpienia w warstwach spoistych budujących podłoże nasypu zjawiska tiksotropii – uplastyczniania się i co za tym idzie obniżania się parametrów wytrzymałościowych gruntów spoistych pod wpływem drgań. Drgania te wraz z odległością od źródła zanikają, stąd zbocze poddane jest ich wystąpieniu przede wszystkim w pobliżu istniejącej drogi.

Jako kolejny czynnik uznano miejscową erozję skarpi i dna rowów, które nie są zabezpieczone na wypadek podmycia, spływu dużej ilości wody oraz są nieuszczelnione, co przy wysokich stanach wód występujących podczas opadów atmosferycznych w rowach prowadzi do nawadniania gruntu. Wody powierzchniowe spływające z nawierzchni na skarpe mogą powodować również tworzenie się w niej lokalnych bruzd, które umożliwiają dalsze nawadnianie i degradację skarpi.

Z uwagi na konieczność zminimalizowania filtracji wody opadowej w podłoże gruntowe w obszarze osuwiska przewidziano wykonanie systemu odwodnienia powierzchniowego opartego na umocnionych rowach szczelnych oraz w końcowym przebiegu rowach trawiastych, z jednym wylotem do potoku Świdnik u podnóża

osuwiska. Tym samym likwidacji ulegnie 7 istniejących wylotów z rowów przydrożnych które poprzez przepusty pod drogą odprowadzają wody opadowe w teren przyległy do drogi a dalej w sposób nie urządzone do zbiornika Rożnowskiego. Dzięki temu woda z jezdni zostanie poprzez odpowiednie spadki oraz wpusty deszczowe i przykanaliki wprowadzona do odtwarzanego rowu przydrożnego co skutecznie ograniczy nawadnianie wodami opadowymi obszarów podatnych na ruchy osuwiskowe. Przewidziano również dodatkowe rowy sięgające miejsc zawodnionych, co umożliwi likwidację przydrożnych obszarów zawodnionych i podmokłości.

Sączki i drenaż mają za zadanie w sposób liniowy przejąć wody gruntowe, które mogłyby bezpośrednio zagrażać trwałości warstw konstrukcji nawierzchni istniejącej jak i projektowanej. Rowy mają odprowadzać również wodę ujętą punktowo (studnie, drenaże wiercone/igłofiltry).

System odwodnienia powierzchniowego zostanie uzupełniony o urządzenia odwodnienia wgłębnego w postaci drenów wierconych $\Phi 100$ długości $L=20-40$ m, sączków oraz drenaży liniowych oraz wykonanie głębokiego odwodnienia przy pomocy studni z odprowadzeniem wody za pomocą pomp głębinowych.

Drenaże wiercone mają za zadanie lokalnie obniżyć zwierciadło wody gruntowej oraz wytworzyć strefę bez wód gruntowych pomiędzy skarpią/zbooczem a końcem drenu. Ma to na celu zmniejszenie ciśnienia spływowego wywieranego przez wody gruntowe na skarpy/zbocze. Efektem takiego działania powinno być zwiększenie zapasu stateczności skarp/zboczy. Woda z odwodnienia wgłębnego zostanie również odprowadzona do rowów drogowych.

Na przeważającej długości odcinka zaistniała konieczność odtworzenia całego korpusu drogowego. Likwidacja deformacji została uwzględniona w ramach prac nawierzchniowych polegających na korekcie pochyłeń poprzecznych drogi poprzez wykonanie nowej konstrukcji nawierzchni drogi o prawidłowo ukształtowanych spadkach. Na odcinkach, na których nie ujawniły się wpływy ruchów osuwiskowych (brak odkształceń nawierzchni, pęknięć itp.) w celu oceny trwałości zmęczeniowej nawierzchni wykonano pomiary ugięć sprężystych nawierzchni ugięciomierzem dynamicznym typu FWD. Po wyznaczeniu trwałości zmęczeniowej istniejącej nawierzchni DK 75 przewidziano wzmocnienie nawierzchni poprzez wykonanie nakładki wzmacniającej z częściową wymianą istniejących warstw oraz metodą „w głąb” – poprzez wymianę warstw asfaltowych i podbudów z kruszywa. Na odcinkach, na których przewidziano wykonanie frezowania oraz nakładki wzmacniającej, wykonano zabezpieczenie nawierzchni przed propagacją pęknięć poprzez ułożenie warstwy geosyntetyku przeznaczonego do nawierzchni asfaltowych.

Natomiast na odcinku 52+540.00 do km 52+686.00 konieczne było przywrócenie przebiegu drogi w granice administracyjne pasa drogowego, przy równoczesnym częściowym rozebraniu istniejącego nasypu drogowego, którego pozostała część zostanie wykorzystana jako przypora.

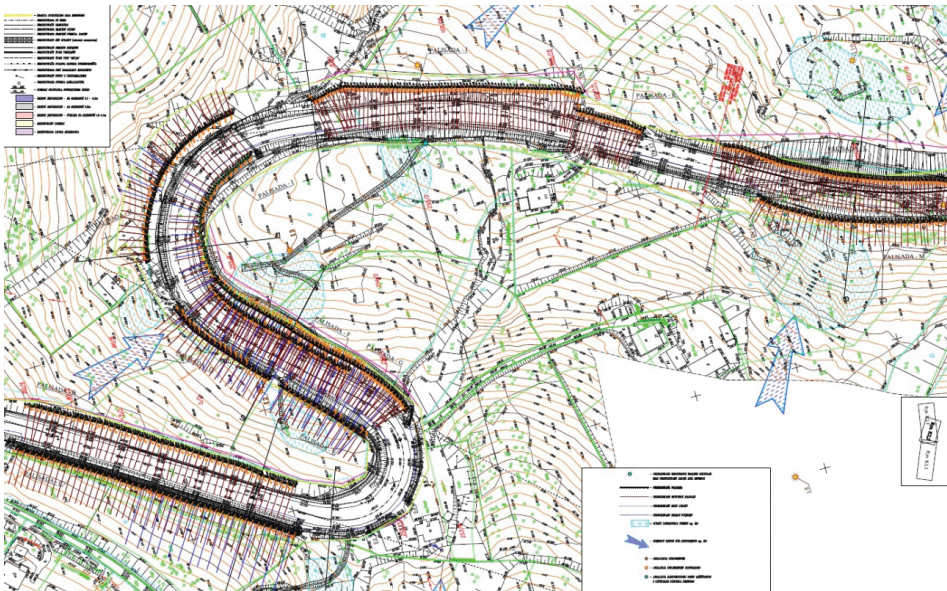
Wzmocnienie powierzchniowe konstrukcji korpusu drogowego materacami geosyntetycznymi, zostało przewidziane poprzez wykonanie pełnej przebu-

dowy konstrukcji nawierzchni z wykonaniem warstw właściwie ją odwadniających, wzmocnienie konstrukcji nawierzchni siatką polimerową i maty bazowe wzmacniające podłoże projektowanej konstrukcji nawierzchni.

W celu poprawy warunków stateczności lokalnej skarp korpusu drogowego oraz przylegających do rowów zboczy konieczne jest również wykonanie wzmocnienia wgłębnego przy pomocy kotwionych palisad.

Zakres robót budowlanych obejmował:

- wykonanie rozbudowy drogi krajowej nr 75 na długości ok. 1,7 km;
- wykonanie robót ziemnych w ilości 77 000 m³;
- budowę lewostronnych i prawostronnych konstrukcji oporowych w formie kotwionych palisad z pali CFA, 21 palisad o sumarycznej długości 1850 mb, na które składało się 17 000mb pali CFA;
- wykonanie drenów wierconych w ilości 1450 mb;
- wykonanie drenażu liniowego w ilości 670 mb;
- udowę studni do odwodnienia wgłębnego w ilości 7 szt.;
- budowę kanalizacji deszczowej w ilości 480 m;
- przebudowę teletechnicznej linii kablowej;
- budowę elektroenergetycznej linii kablowej;
- przebudowę oświetlenia drogowego;
- przebudowę sieci wodociągowej;
- budowę nowych przepustów i likwidację przepustów istniejących w ilości 100 mb.



Rys. 2. Wyciąg z Projektu Budowlanego z ilością palisad, kotew i dreny {3}

Docelowa konstrukcja nawierzchni drogi krajowej nr 75 dla kategorii ruchu KR5 wygląda następująco:

- 3,5 cm – warstwa ścierna z SMA 8;
- 9 cm – warstwa wiążąca z AC 16 WMS;
- 10 cm – podbudowa zasadnicza z AC 16 WMS;
- 20 cm – podbudowa zasadnicza z mieszanki niezwiązanej 0/31,5 mm, $E_2 \geq 180$ MPa, kruszywo kategorii C90/3;
- 17 cm – podbudowa pomocnicza z mieszanki niezwiązanej, $CBR \geq 60\%$, $E_2 \geq 120$ MPa;
- 50 cm - warstwa geosiatek komórkowych wypełnionych mieszanką niezwiązaną, $E_2 \geq 80$ MPa;
- min 20 cm – warstwa odsączająca z kruszywa niełamanego 0/63 mm;
- warstwa separacyjna z geowłókniny.

Razem (łącznie z warstwami doprowadzającymi podłoże do G1): 130 cm.

W dniu 23.08.2017 r. została wydana przez Małopolski Urząd Wojewódzki Decyzja o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej polegająca na rozbudowie drogi krajowej nr 75 od km 51+600 do km 53+320 w miejscowości Tęgorozce wraz z odwodnieniem osuwiska. Wydanie Decyzji ZRID umożliwiło przejęcie niezbędnych gruntów na rzecz Skarbu Państwa, wypłatę odszkodowań oraz przygotowanie przetargu na wykonanie robót budowlanych.

Równocześnie cały czas prowadzony był monitoring piezometryczny, inklinometryczny oraz geodezyjny na całym odcinku drogi zlokalizowanej na czynnym osuwisku.

4. Roboty budowlane – główne problemy

Umowa z Wykonawcą robót budowlanych wyłonionym w ramach postępowania o udzielenie zamówienia publicznego w oparciu o Ustawę Prawo zamówień publicznych została zawarta w dniu 04.04.2018 r. z terminem realizacji robót 10 miesięcy od daty podpisania umowy z wyłączeniem okresów zimowych. Maksymalna wartość zobowiązania wynosiła: 49 624 406,03 zł brutto. Równocześnie został przeprowadzony przetarg na pełnienie nadzoru inwestorskiego nad robotami budowlanymi i w dniu 28.03.2018 r. została zawarta stosowna umowa.

Roboty budowlane rozpoczęły się bezzwłocznie i w dniu 11.04.2018 r. nastąpiło przekazanie placu budowy.

Przez większość okresu realizacji robót nie pojawiały się problemy z pogodą, nie występowały intensywne deszcze ani opady śniegu. Sprzyjało to skutecznej realizacji robót budowlanych.

Z uwagi na zakres robót budowlanych niezbędne było czasowe zamknięcie drogi krajowej. Jest to rozwiązanie niespotykane w GDDKiA, jednak niezbędne z uwagi na gigantyczny zakres robót budowlanych. W związku z tym wskutek zawartego porozumienia z Zarządem Dróg Powiatowych w Nowym Sączu został

wyznaczony objazd dla samochodów o dopuszczalnym nacisku na oś 8 t drogami powiatowymi nr 1553 K i 1555 K umożliwiające zamknięcie drogi krajowej. Objazd dla samochodów o większym nacisku na oś został wyznaczony siecią dróg krajowych zarówno od strony Gorlic jak i od strony Limanowej.

Po zatwierdzeniu materiałów oraz usługodawców i podwykonawców rozpoczęto roboty budowlane. W pierwszej kolejności niezbędne było wykonania jak największego zakresu robót odwodnieniowych tak, aby jak najszybciej odprowadzić maksymalną możliwą ilość wód opadowych, powierzchniowych oraz podziemnych z odcinka objętego robotami budowlanymi. Roboty budowlane prowadzone były od góry osuwiska w dół.

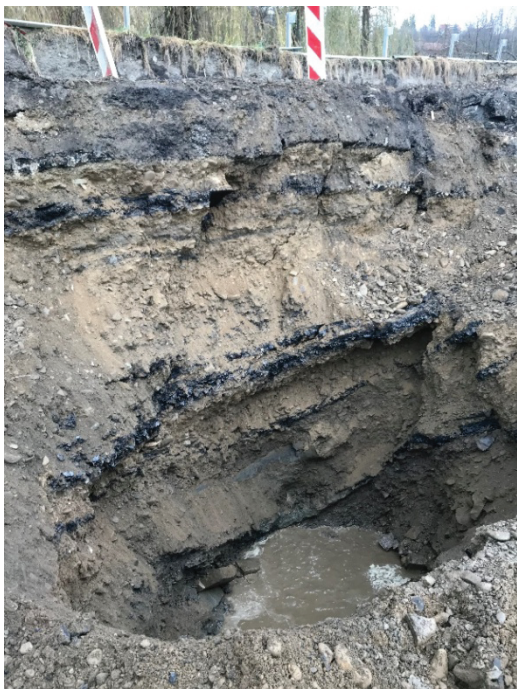
W czerwcu 2018 r. rozpoczęto prace przy wykonywaniu palisad z pali CFA w górnej części osuwiska.



Fot. 1 Mateusz Frączek

Pierwsze problemy ujawniły się przy palisadzie A zlokalizowanej w km 53+300 w rejonie kościoła pw. Św. Justa. Zostało wtedy zdiagnozowane dodatkowe osuwisko niewykazane w Dokumentacji Geologiczno-Inżynierskiej, które swoim zakresem wykraczało znacznie poza zakres robót. Podjęta została decyzja o niewykonywaniu prac na tym odcinku, gdyż groziło to naruszeniem istniejącego stanu równowagi w przypadku wykonania prac jedynie na niewielkim fragmencie osuwiska. Skarpa została zabezpieczona zakotwioną siatką a osuwisko skierowano do dalszego monitorowania.

W trakcie prac rozbiórkowych na odcinku od km 52+450 do km 52+600 stwierdzono, iż grubość warstw bitumicznych będących skutkiem corocznego uzupełniania nawierzchni wynosi od 3,0 m do 5,0 m. Jest to efekt uzupełniania nawierzchni na drodze rokrocznie przez okres blisko 40 lat. Taki gigantyczny czop bitumu o wadze ok 2 500 t w bardzo istotny sposób docięża osuwisko i wpływa na przyspieszenie ruchów osuwiskowych na newralgicznym odcinku. Niezbędne



Fot. 2 Mateusz Frączek

było całkowicie usunięcie warstw bitumicznych i odtworzenie nasypu drogowego z gruntów przepuszczalnych. Równocześnie taka ilość masy bitumicznej stanowiła blokadę dla wody napływającej od strony stoku, powodowała jej piętrzenie, pojawianie się podtopień oraz zastoisk wodnych od strony stoku. Ponadto pod warstwę bitumu stwierdzono lokalne bardzo intensywne wypływy wody, która szukała ujścia i powodowała wypłukanie warstw kruszywowych pod nasypem drogowym. W efekcie powodowało to dalsze zapadanie warstw bitumicznych i konieczność kolejnego jej uzupełniania. Podsumowując im częściej warstwy bitumiczne były uzupełniane tym większy był jej wpływ na przyspieszenie procesów osuwiskowych.



Fot. 2 Mateusz Frączek

Równocześnie podczas frezowania nawierzchni stwierdzone zostało bardzo niebezpieczne zjawisko występowania szczelin/pęknięć w dolnych warstwach bitumicznych o szerokości do 10 cm i długości aż do 2-3 m. Głębokość tych szczelin dochodziła momentami do 2 m pod 15-20 cm pakietem warstw bitumicznych. Pustki takie są efektem wymywania spod warstw bitumicznych kruszywa oraz nasypu drogowego i niezdiagnozowane w odpowiednim momencie mogą doprowadzić do gwałtownego powstania głębokich jam w śladzie drogi i zamknięcia na bardzo długi okres czasu drogi krajowej nr 75. Zlokalizowano ok. 20 miejsc, w których znajdowały się bardzo duże pustki pod konstrukcją drogi. W szczególności pustki występowały przez i za czopem bitumicznym, co świadczy o bardzo poważnym, ukrytym przed wzrokiem zagrożeniu bezpieczeństwa ruchu drogowego i potwierdza, iż działania zostały podjęte przez GDDKiA niemal w ostatnim momencie przez wystąpieniem stanu awaryjnego.

Na odcinku od km 52+600 do km 52+800 po wykonaniu części prac rozbiórkowych stwierdzono kolejne bardzo intrygujące zjawisko, mianowicie warstwy bitumiczne konstrukcji drogi krajowej nr 75 zostały obrócone o kąt ok. 45%. Zostało to spowodowane naciskiem całego zbocza na krawędź drogi i wciskanie jej w grunt, czego efektem było bardzo mocne unoszenie drugiej krawędzi i powstawania kolejnych pustek pod warstwami bitumicznymi. Zjawisko zostało ujawnione dopiero w momencie wykonywania prac rozbiórkowych, gdyż zapadająca się część nawierzchni była każdorazowo na bieżąco uzupełniana przez Rejon Nowy Sącz.

W związku z bardzo dużą zmiennością warunków gruntowych przy każdej palisadzie pale krańcowe oraz zależnie od długości palisady pal środkowy traktowane były jako pale pilotażowe na podstawie których określano warunki gruntowe w danym miejscu oraz podejmowano decyzję o ewentualnym skróceniu lub wydłużeniu danej palisady. Dzięki stałej obecności geologa Wykonawcy oraz Nadzoru inwestorskiego na budowie decyzje były podejmowane bardzo szybko i sprawnie, oczywiście po potwierdzeniu ustaleń przez Projektanta oraz Kierownika Projektu.

Największe problemy z realizacji robót ujawnione zostały na dolnej serpentyńce, czyli na odcinku od km 52+114 do km 52+920, gdzie stwierdzono pod projektowaną konstrukcją DK 75 zalegające nienośne grunty w stanie miękkoplastycznym i plastycznym, w postaci namulów, glin pylastych, glin piaszczystych, w skrajnym przypadku do głębokości 11,5 m od istniejącego poziomu terenu. W podłożu pod konstrukcją DK 75 ujawnione zostały przewarstwienia i soczewki gruntów o dużej zawartości części organicznych (w skrajnym przypadku pień drzewa w warstwie namulów na głębokości 4-5 m pod poziomem drogi krajowej). Grunty te stanowią koluwium osuwiskowe. W trakcie prowadzenia wykopów na tym odcinku drogi ujawniono duże sączenia i wypływy wody od strony stoku. Również podczas wykonywania palisad zlokalizowanych w bezpośrednim sąsiedztwie tego odcinka drogi stwierdzono występowanie sączeń wody o dużym natężeniu. Sączenia wody miały charakter stały. Nasączenia wodą oraz oddziaływania dynamiczne na korpus drogowy miało znaczący wpływ na pogorszenie wrażliwej na takie oddziaływanie struktury gruntów zalegających w podłożu.

Stwierdzone warunki gruntowe wymusiły wykonanie wzmocnienia korpusu drogowego według technologii zamiennej w stosunku do wskazanej w dokumentacji projektowej. Należy zauważyć, że na etapie prac projektowych nie było możliwe stwierdzenie występowania wyżej opisanych zjawisk – ostateczne ich rozpoznanie możliwe było dopiero po wykonaniu robót rozbiórkowych istniejącego korpusu drogowego.

Wobec konieczności uzyskania najwyższego poziomu skuteczności wzmocnienia podłoża dla zastanych warunków geotechnicznych i hydrologicznych stwierdzono, że zastosowanie przemieszczeniowych kolumn betonowych (FDP) jest optymalnym sposobem na zapewnienie stateczności odcinka drogi oraz zapewnienie najmniejszych a zarazem najbardziej równomiernych osiadań podłoża gruntowego przebudowywanego odcinka DK 75. Kolumny betonowe przy odpowiednim doborze średnic i rozmieszczenia, wykonywane świdrem ciągłym z głowicą

przemieszczeniową, stanowią skuteczną, statyczną metodę konsolidacji otaczających je gruntów. Również same kolumny typu FDP powodują podwyższenie wartości gęstości otaczających je gruntów. Podwyższenie wartości gęstości objętościowej gruntu następuje dzięki wymuszeniu zjawiska konsolidacji. Wokół pala przemieszczeniowego następuje podwyższenie naprężenia całkowitego powodując wyciskanie wody z porów. Powoduje to zmniejszenie wilgotności gruntu prowadząc do zmiany konsystencji gruntu na wyższą, co w konsekwencji prowadzi do zwiększenia nośności gruntu. Jednocześnie kolumny betonowe FDP przenoszą obciążenia na usytuowane poniżej nośne warstwy gruntu zalegającego w podłożu. Zastosowanie kolumn (pali) betonowych o średnicy 40 cm i głębokości od 7 m do 12 m w rozstawie ok. 2,0 x 2,0 m gwarantuje redukcję osiadań oraz zminimalizowanie ewentualnego odprężenia wzmocnianego podłoża drogi. Pale FDP w rozstawie ok. 2,0 x 2,0 m wraz z konstrukcją wzmocnienia drogi w formie geokraty wypełnionej kruszywem (oczep pali) zapewniają wzmocnienie gruntu na większym obszarze. Stanowi to dodatkowe zabezpieczenie przed lokalnymi deformacjami drogi, ponieważ lokalne osłabienia będą przenoszone na obszarze oczepu z palami.

Analizowano również zastosowanie alternatywnych wgłębnych metod wzmocniania gruntów zalegających w podłożu typu: kolumny jet-grouting, kolumny wibroflotacyjne, kolumny DSM itp. Uznano je jednak za mniej korzystne do zastosowania na przedmiotowym odcinku DK 75. Metody, gdzie występuje możliwość dodatkowego nasączenia wodą oraz wpływu oddziaływań dynamicznych, mogłyby bardzo niekorzystnie wpłynąć na pogorszenie wrażliwej na takie oddziaływania struktury gruntów zalegających w podłożu. W przypadku kolumn DSM natrafienie na przewarstwienia namulów i gruntów organicznych uniemożliwiłoby osiągnięcie parametrów wytrzymałościowych formowanej kolumny.

W efekcie powyższych problemów zakres robót uległ zwiększeniu o:

- wykonanie pali FDP w ilości 22 200 mb;
- wykonanie pali CFA w ilości 700 mb;
- wykonanie drenaży i ścieków w ilości 1 300 mb;
- wykonanie narztu z kamienia łamanego w ilości 420 m³;
- wykonanie obrukowania skarp w ilości 3400 m².

W chwili obecnej prowadzony jest monitoring geodezyjny oraz inklinometryczny, który nie wykazuje powstawania niepokojących zjawisk w obrębie korpusu drogi krajowej nr 75.

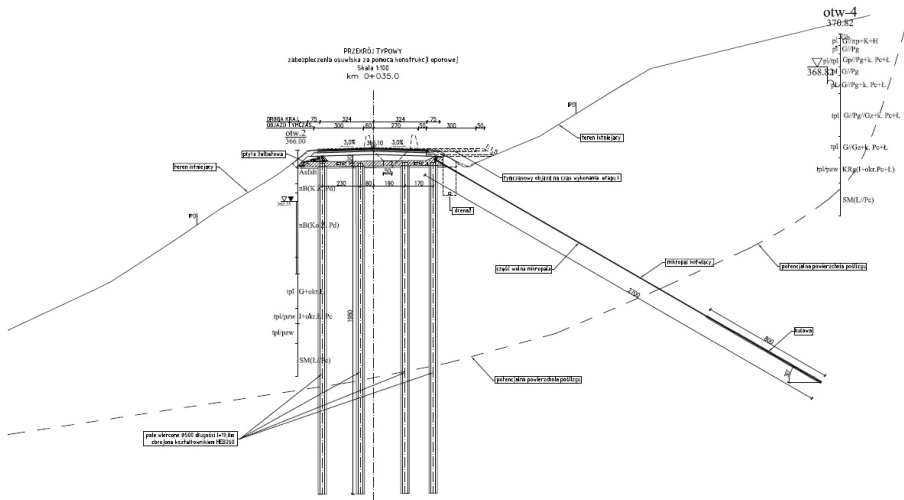
5. Inne przypadki zabezpieczeń osuwisk i obrywów skarp przy drogach krajowych

Wskutek powodzi w 2010 i 2011 roku w wielu miejscach przy drogach krajowych uaktywniły się ruchy osuwiskowe. Wykonano zabezpieczenia osuwisk i splayów powierzchniowych m.in. na autostradzie A-4 (węzeł Balice), drodze ekspresowej S7 (m. w. Radzikowskiego i Balice I) przy drogach krajowych nr 7 w m.

Libertów, Mogilany, Gaj, Głogoczów, dk nr 4 w m. Bochnia, Bodzanów, Zgłobice, na obwodnicy Bochni i obwodnicy Brzeska, nr 28 w m. Mucharz, Tarnawa, Sucha Beskidzka, Barwałd Górny, Dobra, Trzetrzewina, Stara Wieś, Grybów Biała Niżna, Gródek, Siołkowa, Szymbark, Radocza, nr 52 w m. Klecza Dolna i Głogoczów, nr 75 w m. Łabowa, Tymowa, Koszyce, Osielec.

W zdecydowanej większości przypadków zabezpieczenia polegały na wykonaniu pojedynczych palisad z pali CFA bądź to u podnóża osuwiska bądź na krawędzi drogi krajowej oraz drenaży powierzchniowych i wgłębnych. W bardziej skomplikowanych sytuacjach konieczne było wykonanie wymiany gruntów, wymiana konstrukcji drogowej, wykonanie kotew gruntowych, drenów poziomych czy budowa systemów drenarskich

Nietypowe zabezpieczenia zastosowano w przypadku osuwiska przy drodze krajowej nr 87 w miejscowości Oblazy Ryterskie. Zabezpieczenie polegało na wykonaniu w formie konstrukcji oporowej z czterech rzędów pali wierconych zwieńczonych płytą żelbetową na długości 70,65 m pod konstrukcją jezdni. Zastosowano pale wiercone o średnicy 500 mm i długości czynnej 19,8 m ze zbrojeniem centrycznym z kształtownika HEB260 o długości 20,0 m, wykonanego ze stali S355. Płyta żelbetowa o szerokości 8,4 m i grubości 0,3 m stanowi podłoże dla konstrukcji drogi na całej jej szerokości w obrębie remontowanego odcinka. Wykonano dodatkowe zakotwienia konstrukcji za pomocą mikropali kotwiących z głowicami zatopionymi w płycie żelbetowej. W związku z koniecznością ukształtowania skarpy o pochyleniu 1:1 na stoku predysponowanym osuwiskowo wykonano zabezpieczenie jej stateczności za pomocą gwoździ gruntowych o długości 8,0 m. Wykonano kompleksowe odwodnienie w formie drenażu francuskiego.



Rys. 3. Schemat zabezpieczeń w Oblazach Ryterskich {4}

6. Podsumowanie

Na terenie małopolski znajduje się wiele osuwisk. Przy projektowaniu i budowie dróg, jeżeli tylko istnieje taka techniczna możliwość, unika się kolizji z nimi. Jednakże w przypadku remontów i rozbudów dróg istniejących, z uwagi na koszty oraz procedury administracyjne, nie ma możliwości szybkiego znalezienia nowych przebiegów dróg omijających osuwiska.

Omówiona powyżej sytuacja jest wyjątkowa, niespotykana na żadnej innej drodze krajowej administrowanej przez GDDKiA Oddział w Krakowie. Stan drogi krajowej nr 75 w m. Tęgoborze groził wystąpieniem katastrofy budowlanej i w konsekwencji całkowitym zamknięciem drogi i odcięciem Nowego Sącza od autostrady A4. Działania podjęte przez GDDKiA pozwoliły doprowadzić do zabezpieczenia przedmiotowego odcinka drogi na czynnym osuwisku i zapewnienia odpowiedniego standardu dla pojazdów poruszających się drogą krajową nr 75.

Sposób wykonania zabezpieczeń w formie palisad jest typowym zabezpieczeniem osuwisk, jednakże skala tych zabezpieczeń, ilość oraz wielkość nieprzewidzianych sytuacji z którymi zmierzali się zarówno projektanci jak i inżynierowie w trakcie robót budowlanych, jak również koszt robót budowlanych i ekstremalnie krótki czas na wykonanie prac wskazuje na to że jest to zadaniem bardzo trudnym, w którym wszyscy musieli się zmierzyć.

Problemy ujawnione w trakcie realizacji Kontraktu spowodowały wzrost kosztów z planowanych pierwotnie 49,5 mln złotych do kwoty 64,5 mln złotych czyli o ok. 30% oraz wydłużenie okresu realizacji robót o 4 miesiące.

Z uwagi na prowadzenie najcięższych robót budowlanych przy zamknięciu drogi krajowej niezbędne było bardzo szybkie podejmowanie decyzji co do robót dodatkowych, zamiennych oraz spraw finansowych przez Wykonawcę, Nadzór Inwestorski, Nadzór Autorski oraz Zamawiającego. Dzięki bardzo dobrej współpracy pomiędzy wszystkimi stronami jak również Centralą GDDKiA i Ministerstwem Infrastruktury możliwe było wykonanie tak gigantycznego zakresu robót w okresie niewiele dłuższym niż rok.