



## Zabezpieczenie osuwiska **na drodze powiatowej 4467S w miejscowości Bestwina**

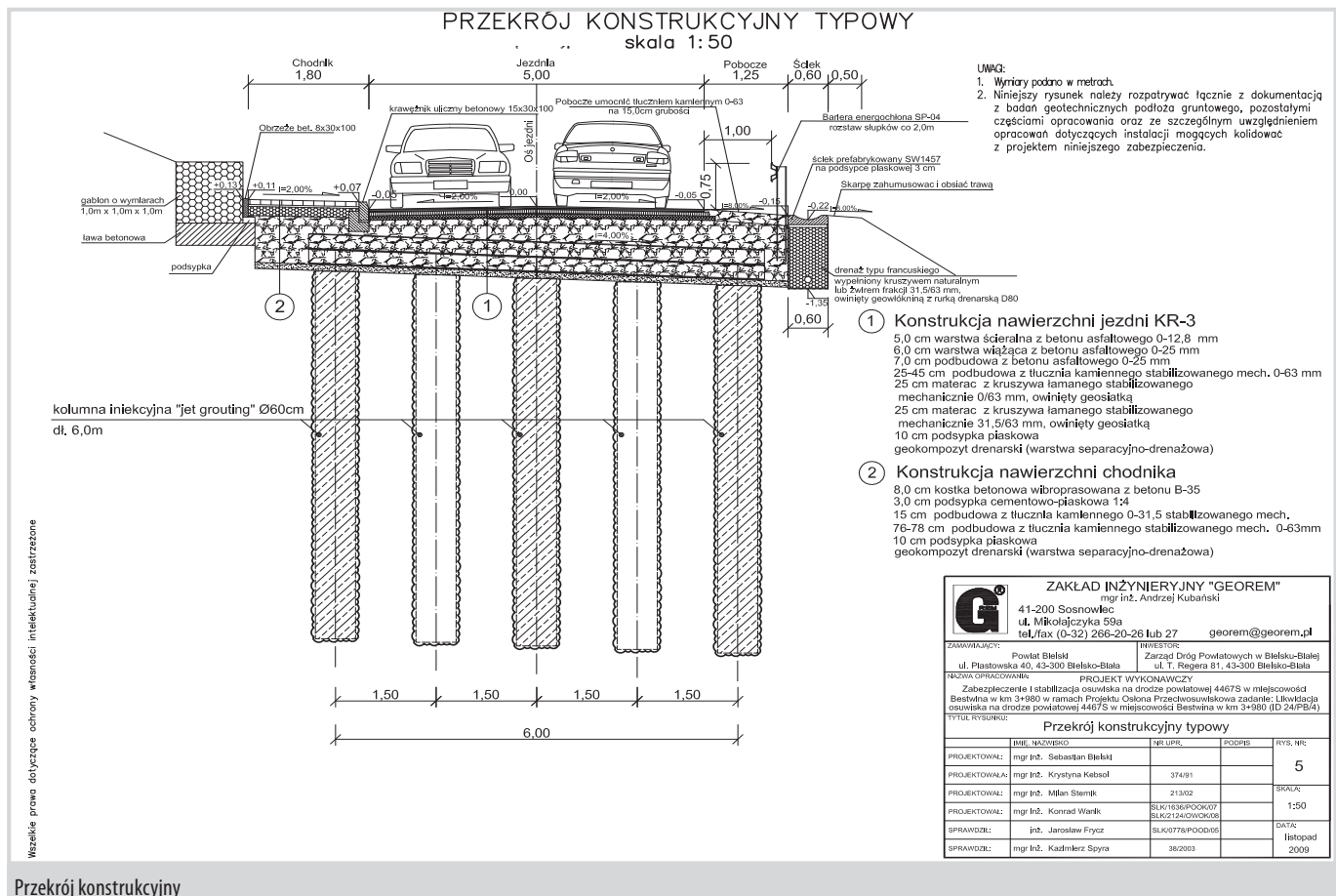
■ **Sebastian Bielski**, kierownik robót, projektant, **Marcin Dulski**, wiceprezes zarządu, Zakład Inżynieryjny „Georem” Sp. z o.o.

Intensywne i krótkotrwałe opady atmosferyczne, które coraz częściej pojawiają się w okresie wiosenno-letnim powodują powstawanie i aktywację dużej ilości osuwisk. Fakt ten szczególnie uwidocznił się na terenach Polski w ostatnich latach, czego konsekwencją były liczne uszkodzenia budynków, dróg i obiektów inżynierskich. I to właśnie uszkodzenia obiektów budowlanych stanowią szczególne niebezpieczeństwo i uciążliwość zarówno dla kierowców poruszających się po drogach przebiegających w sąsiedztwie osuwisk, mieszkańców, którzy te tereny zamieszkują, jak i projektantów i wykonawców, którzy zajmują się problemem zabezpieczenia i stabilizacji osuwisk.

W roku 2009 na zlecenie powiatu bielskiego opracowana została dokumentacja projektowa w zakresie zabezpieczenia i stabilizacji osuwiska na drodze powiatowej nr 4467S w miejscowości Bestwina. Zgodnie z wytycznymi zamawiającego, zabezpieczenia wymagał odcinek o długości około 80 m. W projekcie przewidziano realizację tego zadania poprzez wzmocnienie podłoża kolumnami iniekcyjnymi w technologii jet grouting, uporządko-

wanie istniejącego systemu odwodnienia, wykonanie konstrukcji oporowej z gabionów oraz wzmocnienie korpusu drogowego wraz z remontem nawierzchni jezdni i chodnika.

Droga powiatowa nr 4467S w km 3 + 980, na odcinku, na którym wykonane zostały prace zabezpieczające, składa się z jednej jezdni o dwóch pasach ruchu, po jednym w każdym kierunku. Ulica przed wykonaniem prac zabezpieczających posiadała



Przekrój konstrukcyjny

nawierzchnię z betonu asfaltowego o zmiennej grubości, a jej stan wskazywał na uszkodzenia wskutek ruchów osuwiskowych w korpusie drogowym. Zabezpieczony odcinek drogi otoczony jest od strony zachodniej skarpą nasypu, natomiast od strony wschodniej chodnikiem, za którym znajduje się skarpa wzniesienia. Odwodnienie drogowe na przedmiotowym odcinku zapewniały istniejące wpusty uliczne połączone z kanalizacją deszczową zlokalizowaną pod chodnikami. Droga w stanie przed remontem nie posiadała odwodnienia w postaci korytek odprowadzających wodę z nawierzchni.

Na podstawie wykonanej dokumentacji geologiczno-inżynierskiej stwierdzono, że pod nawierzchnią bitumiczną (o grubości 0,16–0,25 m) praktycznie brak jest klasycznych podbudów konstrukcyjnych z kruszywa łamanego. Miejscami występowała jedynie minimalna podsypka z łupka, a podłoże nawierzchni drogowej zbudowane było głównie z nasypów antropogenicznych, których charakterystyka sprawiała, że należało je sklasyfikować jako nasypy niebudowlane. Górną warstwę podłoża gruntowego stanowiły grunty spoiste w postaci glin pylastych, w stanie od plastycznego do twaroplastycznego, żwiru zaglinione oraz ility pylaste ility miocenu morskiego w stanie twaroplastycznym przechodzącym wraz z głębokością w stan półzwały, a niżej zwarty. Warstwy ility zapadają się pod dużym kątem, poprzecznie do kierunku przebiegu drogi, stanowiąc tym samym potencjalną płaszczyznę poślizgu. Na badanym terenie nawiercono wodę gruntową o zwierciadle napiętym na głębokości 1,7–4,6 m p.p.t. Poziom piezometryczny stabilizował się na głębokości 0,6–3,4 m p.p.t. Warstwę wodonośną stanowią żwiru zaglinione.

W celu opracowania dokumentacji projektowej zabezpieczenia osuwiska wykonano model obliczeniowy dla stanu istniejącego, co pozwoliło na odpowiednią jego kalibrację i odtworzenie stanu rzeczywistego w terenie, a jednocześnie stanowiło bazę dla przeprowadzonych w kolejnym etapie obliczeń sprawdzających

przyjęte założenia projektowe. Dla stanu istniejącego analizowano płaszczyznę poślizgu obejmującą korpus drogowy, jak również skarpę poniżej niego, a także stateczność skarpy powyżej drogi, przeprowadzając każdorazowo optymalizację powierzchni poślizgu dla określenia najmniejszego z możliwych wskaźników stanu równowagi. Ze względu na zmienną geometrię przedmiotowego odcinka drogi oraz zróżnicowanie budowy geologicznej obliczenia prowadzono w czterech przekrojach. Analizę przeprowadzono metodami Bishopa, Pettersona i Sarma. Jako obciążenie zewnętrzne przyjęto obciążenie naziomu, związane z ruchem pojazdów kołowych występującym w rozważanym pasie drogowym, zgodnie z zaleceniami normowymi.

Analizy wykonane dla stanu wyjściowego potwierdziły zjawiska obserwowane na obszarze odcinka drogi. Szczególnie zagrożony wystąpieniem osuwiska był korpus drogowy wraz ze skarpą zlokalizowaną poniżej, w obrębie którego uzyskano płaszczyznę poślizgu o najniekorzystniejszym bilansie sił. Dla wszystkich z przeprowadzonych analiz stanu istniejącego uzyskano wskaźniki stanu równowagi niespełniające wymaganego warunku  $F > 1,5$ , a minimalny wskaźnik stanu równowagi wyniósł  $F = 1,17$ , co należało interpretować jako prawdopodobne wystąpienie osuwiska. Wyniki uzyskane dla zastosowanych metod obliczeniowych charakteryzowała duża zbieżność.

Uszkodzenia korpusu drogowego oraz uzyskane w analizie stateczności wyniki wymusiły zastosowanie zabiegów zwiększających stateczność przedmiotowych skarp. Zaprojektowane zostało wykonanie zabezpieczenia i stabilizacji przedmiotowego odcinka drogi powiatowej 4467S z wykorzystaniem kolumn iniekcyjnych formowanych w technologii iniekcji strumieniowej jet grouting wraz z uporządkowaniem warunków gruntowo-wodnych oraz odbudową korpusu drogi. Zaprojektowano kolumny iniekcyjne o średnicy 60 cm i długości minimalnej 6,0 m. Długość kolumn dostosowana została do panujących lokalnie warunków grunto-

wych, tak aby zapewnić zagłębienie minimum 0,5 m w warstwie gruntów twardeplastycznych bądź półzwartych. Przyjęto rozstaw kolumn w siatce 1,50 x 1,50 m z przesunięciem co drugi rząd i w dostosowaniu do istniejących sieci uzbrojenia terenu.

Analiza stanu projektowanego wykazała słuszność przyjętych rozwiązań. Najniższy wskaźnik stanu równowagi dla stanu projektowanego uzyskano, stosując metodę Bishops i wyniósł on  $F = 1,51$ , co zapewnia spełnienie warunku stateczności  $F > 1,50$ .

Analiza stateczności dla stanu przed wykonaniem zabezpieczenia w obrębie skarpy zlokalizowanej powyżej korpusu drogowego wykazała jej stateczność na wymaganym poziomie, gdzie  $F_{\min} = 1,54$ , a płaszczyzny poślizgu z analizy globalnej nie obejmowały jej obszaru. Uwzględniając powyższe, dla skarpy powyżej drogi zaprojektowano zastąpienie istniejącego wzmocnienia płytami ażurowymi konstrukcją oporową z gabionów. Projekt nie przewidywał wycinki istniejących drzew zarówno na skarpie poniżej, jak i powyżej drogi.

Remont nawierzchni jezdni oraz poboczy obejmował uregulowanie przekrojów poprzecznych do szerokości 5,00 m (4,85 m na połączeniu z odcinkiem istniejącym) dla jezdni. Zachowano chodnik o szerokości 1,80 m, który został oddzielony od jezdni krawężnikiem ulicznym na ławie betonowej z oporem, chodnik zaś ograniczono obrzeżem betonowym. Po przeciwnej stronie, za poboczem umocnionym o szerokości 1,25 m, zabudowano odwodnienie z korytek prefabrykowanych. W celu odwodnienia wglębnego korpusu drogi pod korytkiem ściekowym zaprojektowano dren francuski. Woda z koryta ściekowego i drenu francuskiego odprowadzona jest do projektowanej studni tworzywowej  $\varnothing 600$  mm, a stamtąd do przebudowywanej kanalizacji deszczowej  $\varnothing 300$  mm.

Odprowadzenia wód powierzchniowych z jezdni i stoku przewidziano za pomocą korytek ściekowych prefabrykowanych ułożonych na podsypce piaskowej, wzdłuż pobocza po zachodniej stronie drogi. W celu odwodnienia wglębnego korpusu drogi pod korytkiem ściekowym zaprojektowano dren francuski. Woda z koryta ściekowego i drenu francuskiego odprowadzona jest do projektowanej studni tworzywowej  $\varnothing 600$  mm, a stamtąd do przebudowywanej kanalizacji deszczowej  $\varnothing 300$  mm.



W czerwcu 2010 r. rozpoczęły się prace związane z wykonaniem zabezpieczenia osuwiska. Zakład Inżynieryjny „Georem” Sp. z o.o. jako podwykonawca wykonał prace związane z formowaniem kolumn iniekcyjnych jet grouting.

Zakres prac obejmował wykonanie ok. 1638 m.b. prac związanych z formowaniem kolumn iniekcyjnych jet grouting, a przewidziany na przedmiotowe prace niedługi okres wymagał przede wszystkim dużej szybkości realizacji robót. Stawiało to przed pracownikami Z.I. „Georem” Sp. z o.o. konieczność właściwej organizacji robót i pełnej współpracy z generalnym wykonawcą.

Wszystkie prace związane z wzmocnieniem podłoża gruntowego zrealizowano terminowo, co pozwoliło generalnemu wykonawcy na sprawną realizację dalszego zakresu robót i terminowe oddanie całości inwestycji do użytkowania.

R E K L A M A



Rok założenia 1990



ZAKŁAD INŻYNIERYJNY  
**GEOREM**  
Sp. z o.o.  
[www.georem.pl](http://www.georem.pl)

**SPECJALIZUJEMY SIĘ W WYKONAWSTWIE ROBÓT Z ZAKRESU:**

- oceny geotechnicznej stanu podłoża budowlanego
- kolumn „jet grouting”
- stabilizacji skarp i osuwisk metodami iniekcyjnymi
- palowania i mikropalowania fundamentów budowlanych
- kotew i gwoździ gruntowych
- likwidacji pustek po eksploatacji górniczej

**POSIADAMY SPECJALISTYCZNY SPRZĘT INKLINOMETRYCZNY DO MONITORINGU GEOTECHNICZNEGO OSUWISK I STATECZNOŚCI SKARP.**



41-100 Sosnowiec, ul. Mikołajczyka 59a, tel./fax 032 266 20 26-27, e-mail: [georem@georem.pl](mailto:georem@georem.pl)