

Zdzisław Jan Małecki, Agata Szymańska-Pulikowska,
Leszek Satanowski

STATECZNOŚĆ NASYPU DROGOWEGO W UL. ŁÓDZKIEJ W POBLIŻU SKRZYŻOWANIA Z UL. ŁĘGOWĄ W KALISZU

Streszczenie

W nasypie drogowym w ul. Łódzkiej w Kaliszu, na odcinku pomiędzy ul. Łęgową a ul. Miłą, występują zjawiska osuwania zauważalne na nawierzchni asfaltowej oraz od strony północno-zachodniej na chodniku w postaci występujących nierówności i pęknięć.

Pod warstwą nasypu drogowego o miąższości 1,0–2,7 m zalegają pstre ropy poznańskie. Woda gruntowa występuje okresowo w istniejących nasypach w postaci sączeń śródgliniastych. Na skutek nadmiernego obciążenia nawierzchni drogowej siłami dynamometrycznymi oddziałującymi na podłoże pochodzącymi od transportu samochodowego, powstaje zjawisko wibracji gruntu. Badany nasyp drogowy ulega osuwaniu na skutek „poślizgu” po stropie kompleksu trzeciorzędowych pstrych ilów poznańskich w wyniku nawodnienia ich przez wody podskórne.

W celu zabezpieczenia nasypu drogowego przed postępującym zjawiskiem osuwiska należy m.in. wykonać odwodnienie terenu oraz wykonać zabezpieczenie techniczne nasypu i zmniejszenie nachylenia skarpy wraz z podparciem i wzmocnieniem tej skarpy, modernizację istniejącej sieci sanitarnej i deszczowej, zastosować ekran gruntowy tłumiący wibracje.

Słowa kluczowe: nasyp drogowy, osuwisko, podłoże gruntowe, ropy pstre poznańskie, woda gruntowa, kolektor sanitarny, zjawisko wibracji gruntu.

WPROWADZENIE

Ruchy osuwiskowe mogą trwać od kilku godzin do kilku miesięcy, a nawet kilku lat. Osuwiska (usuwiska) zboczy naturalnych są charakterystyczne dla gruntów spolistych, nawodnionych lub prowadzących wodę gruntową. Natomiast zsuwem (osypem i osypiskiem) nazywamy obsunięcie się górnej warstwy gruntu prawie równoległe do powierzchni terenu – powierzchnia poślizgu jest zbliżona kształtem do płaszczyzny terenu. Zsuwy powstają najczęściej w następstwie gromadzenia się produktów wietrzenia skał w dolnych partiach zbocza. Ciągłe tworzenie się nowego materiału wietrzeniowego prowadzi do zmniejszenia się nachylenia zbocza i utraty jego stateczności. Przyczyną zsuwów, szczególnie przy zboczach sztucznie uformowanych, może być dodatkowe obciążenie, np. przez obiekty budowlane (parkingi). Najczęściej przyczyną zsuwów jest nadmierne nawodnienie materiału przypowierzchniowego, spowodowane brakiem odpływu wody w głąb, np. na wiosnę przy zamrożonym podłożu, a niekiedy przy dużym

prof. nadzw. dr hab. inż. Zdzisław Jan MAŁECKI – Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „Euroexbud” w Kaliszu.

dr hab. inż. Agata SZYMAŃSKA-PULIKOWSKA – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.

mgr inż. Leszek SATANOWSKI – Zakład Usług Geotechnicznych w Kaliszu.

utrudnieniu odpływu powierzchniowego sączącej się ze zbocza wody w następstwie np. występowania gruntów ekspansywnych (iły pstrye tzw. poznańskie itp.). Spływem nazywa się stopniowe, spełzanie nawodnionej masy gruntowej bez konieczności wytworzenia się wyraźnej powierzchni poślizgu, np. spływu skarpy na wiosnę.

W praktyce inżynierskiej najczęściej mamy do czynienia z osuwiskami (usuwiskami) i zsuwami. Osuwiska (usuwiska) powstają najczęściej na zboczach dolin rzecznych, na brzegach morskich i zboczach górskich. W wyniku działania siły ciężkości na grunt, jeśli zostanie przekroczona równowaga między składowymi naprężeniami ścinającego i oporem gruntów przeciw ścinaniu, powstanie zjawisko osuwiska.

Do najczęstszych przyczyn wystąpienia osuwiska należą:

- układ warstw gruntu,
- podmycie lub podtopienia zbocza,
- obciążenia zbocza lub terenu ponad nim przez budowle,
- wypełnienie wodą szczelin lub spękań oraz nasiąknięcie gruntu wodą na skutek opadów atmosferycznych lub topnienia śniegu wraz z wystąpieniem wyporu wody, co powoduje zmniejszenie sił tarcia i spójności gruntu,
- napór wody od dołu na górne warstwy mało przepuszczalne, przyczyniający się zmniejszeniem sił oporu na ścinanie,
- sufozja w następstwie wynoszenia z masy gruntu drobnych ziaren lub cząstek przez infiltrację (przemieszczającą się wodę skutkującą powstawaniem wolnych przestrzeni w gruncie),
- odmarzanie (przemarzanie) gruntu, powodujące zmianę struktury i zarazem wytrzymałości na ścinanie,
- niewłaściwe zaprojektowanie skarpy lub nasypu,
- zjawisko przenoszenia wibracji przez grunt na skutek sił dynamicznych działających na powierzchnię nasypu przez koła pojazdów mechanicznych.

Złożony mechanizm powstawania osuwisk (usuwisk) i zsuwów sprawia, że ocena i ewentualne sposoby poprawy stateczności mogą być rozpatrywane po uzyskaniu niezbędnych danych i informacji oraz po szczegółowym rozpoznaniu czynników wpływających na analizowanie zjawiska (procesu). Do najważniejszych z nich zaliczamy:

- rozpoznanie rzeźby terenu (ocena geomorfologiczna), które może być pomocne w określeniu stopnia niebezpieczeństwa tworzenia się osuwisk. Jeżeli teren jest rozcięty doliną ze stromymi zboczami lub śladami mikrozsuwów wraz z powyginanymi drzewami (tzw. „pijany las”) to należy się tam spodziewać wystąpienia osuwisk,
- rozpoznanie nachylenia warstw gruntu i nachylenia powierzchni terenu. Najbardziej sprzyjająca jest sytuacja, kiedy warstwa gruntu jest nachylona zgodnie z powierzchnią terenu, a natomiast poszczególne warstwy gruntowe tworzące zbocze, różnią się między sobą w sposób istotny właściwościami mechanicznymi. Jeśli grunty zwietrzałe, przepuszczalne, pokrywają powierzchnię zboczy i spoczywają np. na nieprzepuszczalnych warstwach ilów pstrych tzw. poznańskich, których zwykle pochyły strop po nawilgoceniu staje się bardziej śliski a zarazem pełni funkcję powierzchni poślizgu to powoduje występowanie zjawiska zsuwania się wyżej leżących gruntów jak po smarze,

- lokalizację ewentualnych dawnych powierzchni osuwiskowych,
- prawidłowe określenie fizycznych i mechanicznych charakterystyk (cech) gruntu, szczególnie w strefie prognozowanych lub w miejscach dawnych powierzchni poślizgu,
- dokładne rozpoznanie budowy geologicznej i warunków wodnych terenu,
- właściwe zastosowanie metod obliczeniowych stateczności zboczy i skarpy.

Badania geologiczne powinny uwzględniać nie tylko układ warstw i poziomy wody gruntowej, lecz przede wszystkim określić przeszłość geologiczną badanego terenu i przebiegu powierzchni osłabień (szczeliny), powstałych w następstwie ruchów tektonicznych, glacitektonicznych lub osuwiskowych (usuwiskowych).

Analizując warunki równowagi zbocza (skarpy) w gruncie sypkim (piaski, żwiry) można zauważyć, że kąt maksymalnego nachylenia skarpy jest równy kątowi tarcia wewnętrznego. W warunkach naturalnych piaszczyste zbocza są wilgotne i mogą mieć większe nachylenia wskutek działania sił kapilarnych (zwiększenie kąta tarcia wewnętrznego). Po przeschnięciu gruntów sypkich, skarpy mogą się obsuwać. W następstwie wystąpienia na poziomie obciążeń stałych i dynamicznych należy zwiększyć zagęszczenie gruntów sypkich, któremu towarzyszy zwiększenie kąta tarcia wewnętrznego. Natomiast w przypadku przepływu wody gruntowej kąt nachylenia skarpy (zbocza), ulega znacznemu zmniejszeniu, gdyż do siły zsuwającej dochodzi dodatkowo siła ciśnienia sphywowego. Aby uniknąć przypadku, gdy krzywa depresji „wychodzi na skarpe” i rozmywa ją, należy u dołu skarpy zastosować drenaż odwadniający tj. utrzymać krzywą depresji poniżej powierzchni skarpy.

Określenie stateczności skarpy (zbocza) w gruntach spoistych jest utrudnione ze względu na:

- występowanie niejednorodności ośrodka gruntowego,
- zmieniającą się charakterystykę (cechę) wytrzymałościową gruntu z upływem czasu,
- znaczny wpływ wody gruntowej na prognozowane warunki stateczności,
- brak w miarę dokładnych metod obliczeniowych, szczególnie w przypadku gruntów niejednorodnych.

Znane są w praktyce inżynierskiej grupy metod obliczeń stateczności skarpy a mianowicie:

- na podstawie granicznego stanu naprężenia ośrodka gruntowego [ściśle rozwiązania Sokołowskiego, przybliżone metody Verdeyna (1968) oraz Schaarschmidta i Koecznego (1971)],
- na podstawie analizy warunków równowagi bryły osuwającej się wzdłuż powierzchni poślizgu [Felleniusa (1927), Krey (1936), Taylora (1948), Bishopa (1955), Janbu (1954), Ter-Arakelana (1962), Fröhlicha (1963), Morgensterna i Prince'a (1965), Nonveilena (1965) i inne] [Wiłun Z. 2001].

Zabezpieczenie terenów budowlanych przed osuwiskami jest z reguły kosztowne i powinno być poprzedzone bardzo dokładnym rozpoznaniem warunków wodno-gruntowych i przyczyn tworzenia się prognozowanych (ewentualnych) osuwisk wraz z analizą sposobu zabezpieczenia. Należy również przeanalizować możliwości zmiany lokalizacji budowli, aby uniknąć wystąpienia osuwisk.

W przypadku niemożności zmiany lokalizacji albo już istniejących budowli (fakty dokonane) zaleca się następujące zabezpieczenia terenu przed osuwiskiem:

- odwodnienie osuwiskowe terenu (odcięcie dopływu wody do zagrożonego terenu lub obniżenie poziomu wody gruntowej),
- zastrzyki uszczelniające lub wzmacniające spękany grunt skalny (zaczyn cementowy); w przypadku piaszczystej warstwy wodonośnej stosuje się zastrzyki sylikatyzacyjne lub żywiczne,
- zmniejszenie nachylenia skarp i zboczy (w przypadku jednorodnych słabych gruntów spoistych),
- podparcie skarpy murem oporowym, zagłębionym poniżej powierzchni poślizgu wraz ze wzmocnieniem rusztem żelbetowym, w przypadku spływania powierzchniowych stref skarp lub zboczy,
- pale lub studnie zapuszczone, poniżej strefy poślizgu,
- kotwie stosuje się w celu zwiększenia stateczności spękanych skarp skalistych oraz także skarp gruntowych, pod warunkiem, że zakotwienie wejdzie w zwarte gliny i iły lub zagęszczone żwiry i pospółki,
- filtry wiertniczne (poziome otwory wiertnicze wykonane od podnóża skarpy w głąb zbocza do których wsuwa się wkłady filtracyjne z materiałów porowatych).

Rozpoznanie hydrogeologiczne umożliwia podstawę do stwierdzenia czy istnieje możliwość powstania osuwiska. Brzegi rzek i potoków zwykle są nasycone wodą, co ułatwia ruch cząstek gruntu do wody. Duże wahania zwierciadła wód w ciekach, powodują zmienny kierunek ruchu wód gruntowych, tj.: od cieku – podczas gwałtownego podniesienia się poziomu wody w cieku (drenaż), a do cieku – podczas opadania (infiltracja). Obniżenie poziomu wody w cieku jest niebezpieczne i może powodować zsuwy lub obrywy. Rozpoznanie charakteru rzeki najpełniej ocenia się na podstawie przebiegu hydroizohips lub na podstawie pomiaru natężenia przepływu rzeki. Jeżeli natężenie przepływu w przekroju niżej położonym jest większe od przepływu w przekroju wyżej położonym, to rzeka ma charakter drenujący, w przeciwnym przypadku rzeka będzie miała charakter infiltrujący.

Duże znaczenie praktyczne dla stabilności zboczy w dolinie cieku, posiada infiltracja z wód powierzchniowych do wód podziemnych oraz określenie przesiąków (bezpośredni kontakt wód powierzchniowych z wodami gruntowymi oraz przy małej przepuszczalności dna koryta cieku zwierciadło wód gruntowych znajdować się może poniżej dna cieku). Okresowe zmiany charakteru rzeki z drenującej w infiltrującą związane są z wahaniami stanów wody w rzece. Przy wezbraniach powodziowych w cieku powierzchnia wód gruntowych, nachylona normalnie ku rzece, na pewnym odcinku od cieku będzie miała nachylenie w kierunku przeciwnym. Przy stosunkowo długim okresie wezbrań (lub piętrzenia cieku) zwierciadło wód gruntowych ułoży się znów ze spadkiem w kierunku ku rzece, lecz na innym, wyższym poziomie. Istotne zmiany stosunków wodnych w dolinie cieku spowodowane są spiętrzeniem wody w cieku, ulegają spiętrzeniu w jej sąsiedztwie również wody gruntowe. Na terenie przyległym do urządzeń piętrzących, wystąpi filtracja wody ze stanowiska górnego w kierunku do dolnego. Piętrzenie wody, wywołuje w przyległym do cieku terenie istotne

zmiany warunków hydrogeologicznych, w następstwie związanym z podniesieniem stanów wód gruntowych i zarazem ze zmianą pierwotnych kierunków przepływu. Mapa hydroizohips pozwala na ocenę warunków gruntowo – wodnych terenu oraz podjęcie decyzji o ewentualnym odwodnieniu terenu przyległego do cieków bądź też o zmianie jego użytkowania.

Działanie wody jest najczęstszą bezpośrednią przyczyną powstawania osuwisk. Zmiany wilgotności podłoża są zarazem zmianami warunków siedliskowych rosnących tam roślin. Rośliny stanowią niezastąpiony wskaźnik, potrzebny do oceny całokształtu warunków siedliskowych. W oparciu o metody związane z fitosocjologią i dendrochronologią, można uzyskać dane o przeszłości i o bieżącej sytuacji osuwiskowej terenu. Teren na którym rośnie „pijany las” może być niestabilny i skutkować wystąpieniem osuwisk gruntu. „Pijany las” jest konsekwencją, a nie zawsze zapowiedzią ruchów osuwiskowych [Jeż J., 2004, 2008; Wiłun Z., 2001; Kowalski J, 1998].

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA BADANEGO TERENU

Położenie administracyjne i morfologiczne badanego terenu

Rozpoznany teren położony jest we wschodniej części Kalisza przy ul. Łódzkiej, na odcinku od ul. Łęgowej do ul. Miłej (rzędne terenu wynoszą 113.90–116.55 m n.p.m.) (mapa 1). Badany teren charakteryzuje się spadkiem w kierunku południowo-zachodnim, z tym, że po południowej stronie ul. Łódzkiej występuje stosunkowo stroma skarpa o wysokości ok. 8 m (fot. 1), natomiast po północnej stronie ul. Łódzkiej spadek terenu jest łagodny. Pomiędzy posesjami od strony północnej, ok. 50 m na kierunku od Opatówka przed ul. Łęgową, w miejsce zlikwidowanego rowu melioracyjnego, wybudowano kolektor deszczowy o średnicy \varnothing 300, obecnie podłączony do istniejącej w ul. Łódzkiej kanalizacji deszczowej. Przechodzący pod ul.



Mapa 1. Lokalizacja badanego obiektu

Łódzką przepust jest obecnie nieczynny (fot. 2). Następnie częściowo z korony drogi w ul. Łódzkiej i z pobocza oraz nasypu drogi wody opadowe płyną odkrytym rowem melioracyjnym w kierunku rzeki Swędrni (fot. 1, 3). Przedmiotowy teren znajduje się w zlewni rzeki Swędrni.

W nasypie drogowym w ul. Łódzkiej w Kaliszu, na odcinku pomiędzy ul. Łęgową a ul. Miłą, występują zjawiska osuwiskowe zauważalne na nawierzchni asfaltowej oraz od strony rzeki Swędrni na chodniku w postaci nierówności i pęknięć. Odształcenia nawierzchni drogi występują od kilkunastu lat użytkowania tej ulicy (fot. 5).

W pasie utwardzonej jezdni w ul. Łódzkiej na powierzchni występujących nierówności (odkształceń), została zniszczona (uszkodzona) podbudowa żelbetowa o



Fot. 1. Stroma skarpa wzdłuż ul. Łódzkiej w Kaliszu od strony południowej na wysokości odkrytego rowu, maj 2013, fot. Z. Małecki



Fot. 2. Widoczny w głębi nieczynny kolektor deszczowy przechodzący pod ul. Łódzką w Kaliszu od strony południowej, maj 2013, fot. Z. Małecki

grubości około 20 cm wykonana pod powierzchnią drogi tzw. technologią „betonu gorącego”. Tę podbudowę zrealizował okupant niemiecki w czasie II wojny światowej budując drogę utwardzoną od ul. Warszawskiej w Kaliszu do Borowa k/Opatówka. Równocześnie w Borowie kontynuowano budowę niemieckiego centralnego magazynu amunicji. Do budowy niemiecki okupant wykorzystywał m.in. więźniów pochodzenia żydowskiego, którzy umierając podczas pracy byli grzebani w pobliżu realizowanych robót. Do dnia dzisiejszego podczas wykonywania robót ziemnych poza utwardzonym pasem jezdni można natknąć się na ludzkie szczątki.



Fot. 3. Rów melioracyjny od strony południowej, maj 2013, fot. Z. Małecki



Fot. 4. Widoczne naprawione doraźnie nierówności powierzchni jezdni w ul. Łódzkiej w Kaliszu



Fot. 5. Widoczne nierówności i zapadnięcia w jezdni i chodniku od strony południowej wzdłuż ul. Łódzkiej w Kaliszu, maj 2013, fot. Z. Małecki

Charakterystyka warunków meteorologicznych, klimatycznych, hydrologicznych, geologicznych (geotechnicznych) oraz gruntowo-wodnych

Według regionizacji fizyczno-geograficznej [Kondracki J. 2011] (mapa 2) badany teren wchodzi do: mezoregionu – Pozaalpejska Europa Zachodnia, prowincja – Niż Środkowoeuropejski, podprowincja – Nizina Środkowopolska, makroregion – Nizina Południowowielkopolska, mezoregion – Wysoczyzna Kaliska.

Zasoby wód powierzchniowych w południowo-wschodniej Wielkopolsce ocenia się jako najniższe w kraju. Jednocześnie Prosna, jak i jej dopływy, charakteryzuje się znacznymi przyborami wód w okresie wiosny wskutek topnienia śniegu oraz w okresie lata – jako skutek deszczy tzw. nawałnych (np. w ostatnich latach największy przepływ w Prośnie wynosił w 1985 r. – $Q_{max} = 179 \text{ m}^3/\text{s}$). Z kolei w okresie suszy występują przepływy rzędu $0.59 \text{ m}^3/\text{s}$ przy stwierdzonym zapotrzebowaniu minimalnym, tzw. przepływie biologicznym, rzędu: dla półrocza zimowego ok. $1,2 \text{ m}^3/\text{s}$, dla półrocza letniego ok. $1.67 \text{ m}^3/\text{s}$. Średnia roczna suma wysokości opadów z okresu wielolecia wynosiła: od 1991 do 2000 r. średnio 505 mm, oraz od 2004 do 2006 r. średnio 450 mm. W roku 2010 opad roczny wynosił 645mm w tym w maju 146,5mm i listopadzie 104,1mm. Średnia temperatura roczna z okresu wielolecia wynosiła $8,7^\circ\text{C}$, średnia roczna prędkość wiatru z wielolecia – $3,8 \text{ m/s}$ [Małecki Z. 2009, IMGW Delegatura Kalisz].

Powierzchnia Wysoczyzny Kaliskiej wynosi 2623 km^2 . Mezoregion ograniczony jest od północy młodogłacjalnymi morenami żerkowskimi, natomiast od południa doliną Baryczy. Od zachodu sąsiaduje z Wysoczyzną Leszczyńską, od północnego wschodu z Równiną Rychwalską i Wysoczyzną Turecką, od południowego wschodu z Kotliną Grabowską.

Wysoczyznę Kaliską przecina poniżej Grabowa n/Prosną poprzez Kalisz i Chocz dolina rzeki Prosny (Prosna: długość 216,8 km, powierzchnia zlewni 4924 km^2 , średnia wartość przepływu w roku $SSQ = 11.5 \text{ m}^3/\text{s}$, największa wartość obserwo-

W pobliżu badanego terenu przepływa rzeka Swędrnia (dł. 27.4 km, pow. zlewni 544.0 km²) będąca prawostronnym dopływem Kanału Bernardyńskiego (mapa 3).

Na podstawie dokumentacji geotechnicznej (Satanowski L. 2005) wynika, że podłoże gruntowe do głębokości rozpoznanej wierceniami (tj. 4.0–5.0 m ppt.) zbudowane jest z trzeciorzędowych pstrych ilów poznańskich stanowiących w tym rejonie struktury glacictektoniczne (warstwa geotechniczna III).

Warstwę powierzchniową o miąższości 1.0–2.7 m stanowią nasypy humusowo-piaszczysto-iłowe pochodzące z uformowania nasypu drogowego w trakcie budowy ul. Łódzkiej, a także grunty pochodzące z wykopów pod istniejące uzbrojenie terenu – warstwa geotechniczna I.

Poniżej głębokości 5.0 m ppt. zalegają twardoplastyczne, będące na pograniczu z półzwartymi, ily plastyczne, ily, gliny pylaste zwięzłe, gliny zwięzłe, gliny piaszczyste zwięzłe, gliny piaszczyste i pyły należące do pstrych ilów poznańskich – warstwa geotechniczna IIIb.

W następstwie przeprowadzonych wierceń do głębokości 4.0–5.0 m ppt. stwierdzono występowanie sączeń śródglinowych o nieznacznej wydajności na głębokości 2.20–2.75 m ppt., które po upływie jednej doby ustabilizowały się na głębokości 1.79–2.75 m ppt. (1996 r.). We wrześniu 2005 r. nie stwierdzono występowania wody gruntowej, na co prawdopodobnie wpłynął okres suszy. Zauważono natomiast w cienkiej warstwie piasków drobnych zaglinionych zalegających w strefie ilów wyraźne zawilgocenie do stanu mokrego w spągu. Powyższy stan zawilgoceń wskazuje na możliwość nawodnienia tej warstwy w okresach intensywnych opadów.



Fot. 6. Podtopienia wodami opadowymi przy posesji zlokalizowanej na końcu ul. Spokojnej. Kalisz, 08.07.2009, fot. Z. Staszewski

Na terenie przyległym do ul. Łódzkiej od strony północnej istniejąca sieć kanalizacji deszczowej w ul. Spokojnej oraz w ul. Braci Nimojowskich nie odbiera w sposób prawidłowy wód deszczowych w przypadku występowania silnych, nawałnych i długotrwałych opadów, co skutkuje stagnacją wody opadowej na terenie, która wsiąkając w grunt powoduje nadmierne zawilgocenie terenów przyległych do ul. Łódzkiej (w tym nasypu drogowego).

Ponadto w rejonie tym zalegają w podłożu grunty ekspansywne (tzw. ropy pstrye poznańskie), które mogą być „wypłycone” a ich wychodnie mogą znajdować się płytko pod powierzchnią terenu. Grunty ekspansywne przy zmieniającym się uwilgotnieniu charakteryzują się stosunkowo znacznymi zmianami swojej objętości (kurczenie i pęcznienie). Z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że istniejące kolektory sanitarne (deszczowe i kanalizacyjne) mogły ulec rozszczelnieniu w następstwie występowania zjawiska sufozji gruntu. Prawdopodobnie kolektory kanalizacyjne spełniają także funkcję drenażu (odprowadzenie wód gruntowych), co może skutkować zmniejszeniem (ograniczeniem) odbioru ścieków w wyniku tzw. „przepełnienia” sieci”, a tym samym powodując zanieczyszczenie środowiska glebowo-gruntowego.

Wykonanie kilkanaście lat temu tzw. zaporowego drenażu czołowego ograniczającego napływ wód podskórnych od strony północno-wschodniej okazało się nie do końca skuteczne. Nadal zauważa się okresowe osiadanie nawierzchni drogi w ul. Łódzkiej w następstwie ruchów osuwiskowych nasypu drogowego.

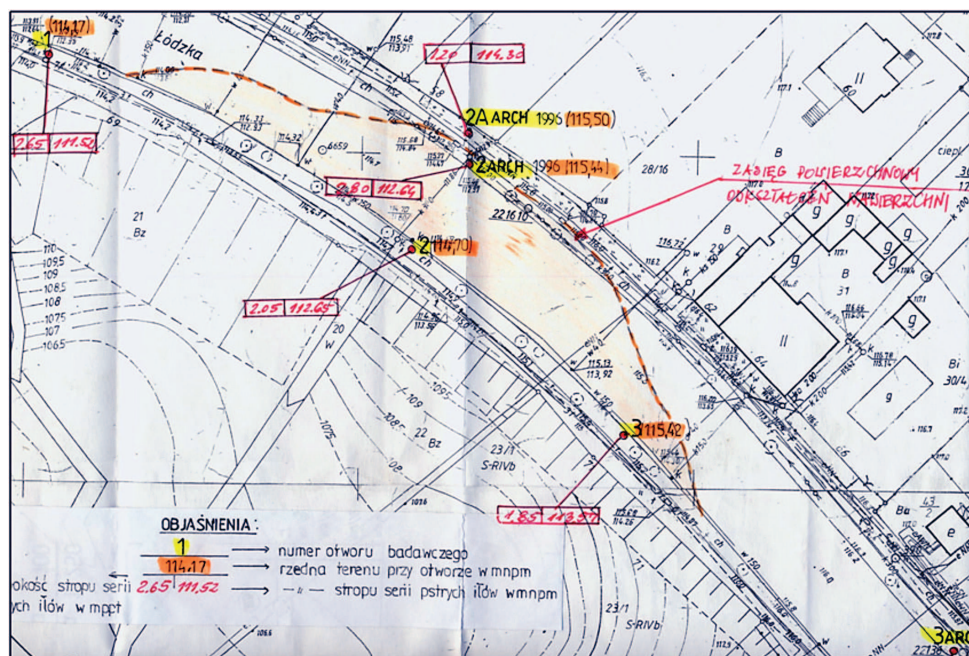
Na skutek nadmiernego obciążenia nawierzchni drogowej w ul. Łódzkiej, siłami dynamicznymi oddziaływującymi na podłoże, pochodzącymi od kół poruszających



Fot. 7. Rozlewisko „wybijających” ścieków ze studzienki kanalizacyjnej na końcu ul. Spokojnej. Kalisz, 08.07.2009, fot. Z. Staszewski.

się pojazdów (ruch ciężki i bardzo ciężki), uaktywnia zjawisko wtórne, jakim jest powstawanie odkształceń nawierzchni (mapa 4). Siły pochodzące od kół poruszających się pojazdów mechanicznych powodują zjawisko wibracji gruntu, co skutkuje wytwarzaniem fal drgających przenoszonych poprzez nawierzchnię do podłoża. Występujące nierówności i pęknięcia powierzchni jezdni zwiększają amplitudę drgań w porównaniu z równą powierzchnią jezdni. Zależy ona od przewodności wibracyjnej gruntu, przy czym zwiększa się ze wzrostem jego gęstości i wilgotności.

Analizowany teren obejmuje grunty piaszczysto-gliniasto-ilaste, czyli podatne na wibracje. Wielkość wibracji zmniejsza się w miarę osuszania gruntów i obniżania poziomu wód gruntowych.



Legenda:

- linia zasięgu powierzchniowych odkształceń nawierzchni
- 2 nr otworu badawczego
- 115.44 rzędna terenu przy otworze w m n.p.m.
- 2.80/112.64 głębokość stropu serii pstrych iltów w m ppt. (2.80)/ rzędna stropu serii iltów pstrych w m n.p.m. (112.64)

Mapa 4. Powierzchniowy zasięg odkształceń nawierzchni – odcinek przy skrzyżowaniu ul. Łódzkiej z ul. Łęgową w Kaliszu (L. Satanowski 2005)

PODSUMOWANIE

1. W oparciu o badania geotechniczne stwierdzono, że pod warstwą nasypu drogowego o miąższości 1.0–2.7 m zalegają pstry ropy poznańskie o stropie nachylonym odpowiadającym w przybliżeniu nachyleniu powierzchni pierwotnego terenu w kierunku południowo-zachodnim (rzędne stropu osiągają poziom ok. 111.30–115.25 m n.p.m.).
2. Woda gruntowa występuje okresowo w istniejących nasypach w postaci sączeń śródglinastych o nieznacznej wydajności na głębokości od 1.79–2.75 m ppt. (1996 r.). Natomiast we wrześniu 2005 r. zauważono wyraźne zawilgocenie do stanu mokrego piasków drobnych zaglinionych zalegających w stropie ropy.
3. Z dużym prawdopodobieństwem można przyjąć, że nasyp drogowy ulega osuwaniu na skutek „poślizgu” po stropie kompleksu trzeciorzędowych pstrych ropy poznańskich w wyniku nawodnienia przez wody podskórne zasilane wodami opadowymi, jak również wodami (ściekami) pochodzącymi z nieuszczelnionych instalacji sanitarnych i innych instalacji i urządzeń podziemnych (np. przerwany drenaż) oraz stosunkowo stromej zbocza występującego od strony południowo-zachodniej.
4. W celu zabezpieczenia nasypu drogowego przed postępującym zjawiskiem osuwiska, po wykonaniu specjalistycznych geotechnicznych, hydrologicznych i hydrotechnicznych badań należy wykonać:
 - odwodnienie osuwiskowe terenu polegające na ograniczeniu dopływu wody do zagrożonego terenu z równoczesnym obniżeniem poziomu wód gruntowych,
 - zmniejszenie nachylenia skarpy dodatkowym nasypem (murem oporowym) powodującym zmniejszenie sił zsuwających wraz z równoczesnym zwiększeniem sił utrzymujących.
5. W celu uniknięcia podtopień terenów od strony północno-wschodniej, a tym samym nadmiernego zawilgocenia gruntów wodami opadowymi należy przebudować (zmodernizować) częściowo istniejącą, prawdopodobnie rozszczelnioną sieć kanalizacyjną i deszczową w ul. Spokojnej i Braci Niemojowskich (być może w ul. Łódzkiej) wraz z zastosowaniem stosownych urządzeń sanitarnych (np. przepompowni) z ewentualną dobudową nowych elementów sieci sanitarnych.
6. Na skutek nadmiernego obciążenia nawierzchni drogi o widocznych nierównościach i wybudowanej na podłożu piaszczysto-gliniasto-ropowym w ul. Łódzkiej, siłami dynamicznymi pochodzącymi od ruchu kołowego (ruch ciężki i bardzo ciężki), dochodzi do powstania fal drgających co skutkuje wystąpieniem zjawiska wibracji gruntu.
7. Wielkość wibracji można zmniejszyć poprzez osuszenie gruntu oraz obniżenie poziomu wód gruntowych wraz z zastosowaniem ekranu gruntowego tłumiącego drgania.
8. Należy dokonać oceny w temacie dotyczącym ewentualnego odprowadzenia wód opadowych (burzowych, oberwanie chmury) do niezagospodarowanego wyrobiska ropy ceramicznych zlokalizowanego przy ul. Braci Niemojowskich.

LITERATURA

1. Instrukcja ITB nr 296, *Posadowienie budowli na gruntach ekspansywnych*, Warszawa 1990.
2. Jeż J. *Gruntoznawstwo budowlane*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.
3. Jeż J. *Biogeotechnika – przyrodnicze aspekty bezpiecznego budownictwa*, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008.
4. Kondracki J. *Geografia regionalna Polski*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
5. Kowalski J. *Hydrologia z podstawami geologii*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 1998.
6. Małecki Z. *Ocena wpływu wybranych zbiorników retencyjnych na środowisko w zlewni Proсны*, Rozprawa habilitacyjna, Wydawnictwo naukowe Gabriel Borowski, Lublin 2009.
7. Małecki Z., Wira J. *Kaliski Węzeł Wodny*, Zeszyty Naukowe, Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska nr 4, Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „EUROEXBUD”, Kalisz 2012.
8. Małecki Z., Paluch J., Szymańska-Pulikowska A. *Stateczność zboczy w dolinie rzeki Krępiczy*, Zeszyty naukowe, Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska nr 5/6, Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „EUROEXBUD”, Kalisz 2012.
9. Satanowski L. *Opinia geotechniczna dotycząca ustalenia warunków gruntowo-wodnych oraz określenie przyczyn występowania zjawisk występujących w nasypie drogowym w ul. Łódzkiej w rejonie skrzyżowania z ul. Łęgową w Kaliszu*, Zakład Usług Geotechnicznych, Kalisz, wrzesień 2005.
10. Wiłun Z. *Zarys geotechniki*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Sp. z o.o., Warszawa 2001

STABILITY OF EMBANKMENT IN ŁÓDZKA STREET NEARBY ŁĘGOWA STREET IN KALISZ

Summary

The embankment in Łódzka street in Kalisz, between Łęgowa and Miła street is subject to landslides visible on its asphalt surface and on the north-west side in a pavement containing irregularities and cracks. Under a 1.0–2.7 m layer of the embankment Poznan varicoloured clay is deposited. Underground water appears periodically in the present embankment in form of inter-clay filtration. As a result of excessive load of the road with dynamic forces on the foundation produced by road transportation, subsoil vibration occurs. The embankment under examination is subject to landslide due to slipping down a roof made of Tertiary Poznan varicoloured clay caused by their hydration by subsurface water. In order to secure the embankment from the progressing landslide phenomenon, it is necessary to make site dehydration, engineering protections, support and reinforce the slope, modernize the present sanitary and rainwater system and apply a vibration damping screen.

Key words: embankment, landslide, subsoil foundation, Poznan varicoloured clay, underground water, sanitary sewer, land vibration phenomenon.

STABILITÄT DES STRASSENDAMMS AN DER ŁÓDZKA-STRASSE IN DER NÄHE DER KRUEZUNG ZUR ŁĘGOWA-STRASSE

Zusammenfassung

Es sind auf dem Straßendamm in der Łódzka-Strasse zwischen Łęgowa- und Miła-Strasse auf der Asphaltfläche Bodenabrutscherscheinungen festzustellen. Die kommen nord-westlich auf dem Bürgersteig in Form von Unebenheiten und Rissen vor.

Unter der Schicht des Straßendamms von Mächtigkeit 1.0–2.7 m lagern Posener Flammentone. Das Grundwasser kommt zeitlich in bestehenden Dämmen als Filtration durch die Tonschichten vor. Aufgrund der Überlastung der Straßenfläche durch die dynamometrischen Kräfte auf der Unterlage, die durch den Autoverkehr verursacht wird, entsteht Vibrationserscheinung des Bodens. Es kommt am untersuchten Damm zum Abrutsch wegen des „Gleitens“ seitens tertiärer Posener Flammentone infolge ihrer Bewässerung durch Haftwasser.

Um den Straßendamm vor Bodenabrutscherscheinungen zu schützen sollte man u.a. Bodenentwässerung und technische Sicherung des Damms durchführen. Dies verbindet sich mit Verminderung der Dammneigung, Modernisierung der bestehenden Sanitär- und Abwasserleitung, sowie Einsetzen des Bodenabschirmung zur Vibrationsdämpfung.

Schlüsselworte: Straßendamm, Abrutsch, Grundunterlage, Posener Flammentone, Grundwasser, Sanitärleitung, Grundvibration.