

Zdzisław Jan Małecki, Julian Paluch,
Agata Szymańska-Pulikowska

STATECZNOŚĆ ZBOCZY W DOLINIE RZEKI KRĘPICY

Streszczenie

W praktyce inżynierskiej w pobliżu wyerodowanego wąwozu w dolinie rzeki Krępiczy mogą wystąpić osuwiska i zsuwy zboczy naturalnych lub sztucznych (skarp), w przypadku, gdy w zboczu lub skarpie siły ścinające przekroczą wytrzymałość gruntu na ścinanie. Osuwisko (usuwisko) może wystąpić w następstwie obsunięcia się gruntu w dół wzdłuż krzywoliniowej powierzchni poślizgu (powierzchnia odłamu lub ześlizgu). Na terenie zbocza północnego przyległego do wyerodowanej doliny rzeki Krępiczy występują zasadniczo trzeciorzędowe ropy pstry, tzw. poznańskie. W dolinie rzeki w pobliżu strumienia wyróżnić można piaski gliniaste, gliny piaszczyste oraz ropy pstry zbudowane ze średnio zagęszczonych piasków drobnych, zalegają również soczewki namułów organicznych. O stabilności nasypów w dolinie rzeki Krępiczy w znacznym stopniu decydują wody opadowe, zawieszane w gruntach słabo przepuszczalnych, które występują w postaci sączeń. W przypadku podpiętrzania wód spowodowanego pojawieniem się fali wezbraniowej (powodziowej) a zarazem skutkującego podtopieniem zboczy wynikłym utrudnieniem w odbiorze (odpływie) wód gruntowych swobodnie przesączających się przez skarpe zbocza ku drenującej rzece Krępiczy, może rozpocząć się powolny proces powstawania osuwiska (usuwiska).

Słowa kluczowe: rzeka, zbocze, dolina rzeki, osuwisko, podłoże gruntowe, ropy pstry, woda gruntowa, kolektor sanitarny.

WPROWADZENIE

Ruchy osuwiste mogą trwać od kilku godzin do kilku miesięcy, a nawet kilku lat. Osuwiska (usuwiska) zboczy naturalnych są charakterystyczne dla gruntów spoistych, 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 zmarzniętym podłożu, a niekiedy przy dużym

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

prof. dr hab. inż. Julian PALUCH – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.

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

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.

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 (proces). 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 występuje zjawisko 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,
- oraz 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, skarpa może 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 spływowego. 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), Kreya (1936), Taylora (1948), Bishopa (1955), Janbu (1954), Ter-Arakelana (1962), Fröhlicha (1963), Morgensterna i Prince'a (1965), Nonveilena (1965) i inne].

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 spęływania 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 najlepiej 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 cieku 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 OBIEKTU I WYNIKI BADAŃ

Na zboczu między lewym brzegiem skarpy doliny rzeki Krępiczy a ul. Korczak w Kaliszu, w dół ciek, począwszy od ul. Stańczykowskiego, wybudowano 14 budynków mieszkalnych, 5-cio kondygnacyjnych, posadowionych na żelbetonowych płytach fundamentowych o grubości ok. 1 m.

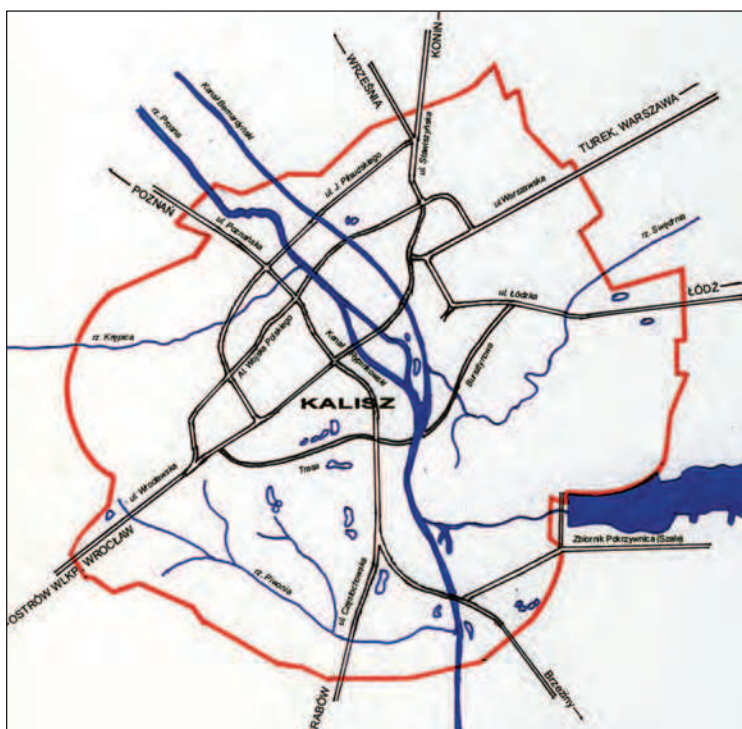


 – rzeka Krępicza

Mapa 1. Lokalizacja badanego obiektu wzdłuż rzeki Krępiczy



Mapa 2. Lokalizacja badanego obiektu wzdłuż rzeki Krępy



Mapa 3. Kaliski Węzeł Wodny (KWW)

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 Proсна, 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 największe przepływy w Prośnie wynosiły 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 wyniósł 645 mm w tym w maju 146,5 mm i listopadzie 104,1 mm. 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 młodoglacjalnymi 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 Proсны (Proсна: długość $216,8 \text{ km}$, powierzchnia zlewni 4924 km^2 , średnia wartość przepływu w roku $SSQ = 11.5 \text{ m}^3/\text{s}$, największa wartość obserwowana w roku 1985 $WWQ = 179 \text{ m}^3/\text{s}$). Ponadto przez Wysoczyznę przebiegają nurty ważniejszych dopływów Proсны, a są to rzeki: Pokrzywnica (dł. 36.1 km , pow. zl. 476.1 km^2 , $SSQ = 2.03 \text{ m}^3/\text{s}$, $WWQ = 46,9 \text{ m}^3/\text{s}$), Swędrnia (dł. 47.6 km , $SSQ = 1,92 \text{ m}^3/\text{s}$, $WWQ = 46,9 \text{ m}^3/\text{s}$), Niesób (dł. $25,7 \text{ km}$, pow. zl. 261.2 km^2), Pomianka (dł. 21.7 km , pow. zl. 128.9 km^2), Ołobok (dł. 36.5 km , pow. zl. 447.9 km^2), Ner (dł. 39.6 km , pow. $75,2 \text{ km}^2$), Piwonka (dł. 6.49 km , pow. 14.14 km^2), Ciemna (Trzemna), Łużyca.

Przez badany teren przepływa rzeka Krepica (dł. 7.3 km , pow. zl. 14.14 km^2) będąca lewostronnym dopływem Proсны. Bierze swój początek w Biskupicach, na rozległym płaskowyżu przed wsią, w miejscu przepływu głębokiego rowu melioracyjnego odwadniającego przyległe tereny. Jako ciek otwarty, w dolnej części biegu przepływa w granicach Kalisza (Dobrzeca), w wyerodowanej, stosunkowo wąskiej dolinie (mapa 4, 5; fot. 1, 2). W środkowej części biegu od Biskupic w kierunku zachodnim, dolina rzeki rozszerza się (fot. 4). Rzeka Krepica wchodzi w skład Kaliskiego Węzła Wodnego (KWW) (mapa 3) [Małecki Z. i in. 2012, Cieślak J i in. 2012]. Zastała ona całkowicie zanieczyszczona w następstwie działalności człowieka.

Dolny odcinek terenów przyległych do rzeki Krepicy to powierzchnie zabudowane budownictwem jednorodzinny i wysokim. Środkową i górną zlewnię rzeki stanowią grunty orne z niewielkimi powierzchniami łąk. Krepica stanowi odbiornik wód opadowych i roztopowych odpływających ze zlewni. W dolinie rzeki poniżej ul. Stańczykowskiego, pomiędzy ul. Kulisiewicza i osiedlem przy ul. Korczak, zlokalizowany

jest teren zieleni o powierzchni około 2,5 ha. Na terenie parku znajdują się brzozy, lipy drobnolistne, olchy, klony i dęby, sosny, świerki, jodły, modrzewie i cyprysiki oraz krzewy (m.in. dereń, żarnowiec, jaśminowiec).

Wzdłuż lewego zbocza doliny rzeki Krępicy na głębokości ok. 4.0 m, bezpośrednio na rodzimym podłożu gruntowym, ułożono w latach 1979/1980 kolektor sanitarny z prefabrykowanych, żelbetowych rur WIPRO o długości odcinków 3,0 m i średnicy 1000 mm. W tamtych latach przy realizacji inwestycji nie przewidywano obecnie istniejącej zabudowy mieszkaniowej na zboczu doliny od strony północnej rzeki Krępicy.

Na podstawie dokumentacji geotechnicznej (Opinia warunków geotechnicznych – ul. Korczak nr 28-32, mgr inż. L. Satanowski, sierpień 2006) wynika, że na przyległym terenie zbocza północnego, na wysokości budynków mieszkalnych przy ul. Korczak 28-32 (działka nr 595/3) występują zasadniczo trzeciorzędowe iły pstry, tzw. poznańskie w stanie twaroplastycznym (warstwa geotechniczna IV B) o stopniu plastyczności $I_L^{(n)} = 0.05 \div 0.10$, natomiast w głębszym podłożu iły są w stanie półzwarłym (warstwa geotechniczna IV C). Woda gruntowa występuje w postaci sączeń śródglinowych na bardzo zróżnicowanych poziomach od 0.60 – 3,37 m ppt.

Do analizy warunków geotechnicznych przyjęto wartości parametrów geotechnicznych trzeciorzędowych iłów pstrych stanowiących podłoże pod budynkami mieszkalnymi oraz pod istniejącym kolektorem sanitarnym (Ekspertyza geotechniczna Politechniki



□ – lokalizacja badań, ~ – rz. Krępica

Mapa 4. Kalisz – dolina rz. Krępicy od ul. Stańczukowskiego do rz. Prosnicy (ujście)



— – budynki 28-32

Mapa 5. Kalisz – dolina rz. Krępiczy, ul. Stańczukowskiego w kierunku budynków przy ul. Korczak 28-32

Poznańskiej, maj 2003). Wartości parametrów geotechnicznych tych łąw są następujące: stopień plastyczności $I_L=0.10$, wilgotność naturalna 24.2%, gęstość objętościowa $\gamma=2.06 \text{ g/cm}^3$, spójność gruntu $C_u=58 \text{ kPa}$, kąt tarcia wewnętrznego $\phi=15.8^\circ$. Określenie wartości kąta tarcia wewnętrznego i spójności gruntu wykonano podczas badań w aparacie bezpośredniego ścinania dokonując prób odtworzenia warunków panujących w obrębie potencjalnej powierzchni poślizgu. Badania polegały na oznaczeniu parametrów wytrzymałościowych w wymuszonej płaszczyźnie ścinania.

Wg dokumentacji archiwalnej, żelbetowy kolektor sanitarny z rur WIPRO $\phi 1000$, ułożono na gruncie rodzimym. Zasypkę wykopu wykonano z gruntów rodzimych pochodzących z tego wykopu, tj. łąłami, piaskami gliniastymi, gliną pylastą. Konsystencja tych gruntów jest zróżnicowana od miękkoplastycznych do twaroplastycznych. Wartości parametrów geotechnicznych tego nasypowego gruntu wynoszą: wilgotność naturalna 13.8-17.0%, gęstość objętościowa $\gamma=2.08\text{-}2.18 \text{ g/cm}^3$ spójność gruntu $C_u=7.0\text{-}13.0 \text{ kPa}$, kąt tarcia wewnętrznego $\phi=9.8\text{-}12.2^\circ$.

Wyniki badań na wysokości budynku mieszkalnego przy ul. Korczak 24 wykazują, że w badanym podłożu zbocza od strony północnej dominują łął. W pobliżu budynków łął występują w stanie twaroplastycznym (warstwa IV B o $I_L=0.05\text{-}0.10$), w głębszych warstwach podłoża znajdują się łął w stanie półwartym (warstwa IV C o $I_L=0.00$). Lokalnie podczas badań stwierdzono zaleganie łął w stanie plastycznym (warstwa IV A o $I_L=0.30$).

W rozpoznaniu przeprowadzonym przez mgr inż. L. Satanowskiego, w budynkach przy ul. Korczak nr 28, 28s i 30a występują ciągle zawilgocenia w ich piwnicach i garażach, co wskazuje na wadliwe wykonanie drenażu opaskowego i terenu przyległego do budynku.

KRÓTKI OPIS ZAISTNIAŁEGO OSUWISKA SKARPY ZBOCZA OD STRONY PÓŁNOCNEJ DOLINY RZEKI KRĘPICY

Na początku 2003 r. zaobserwowano pierwsze zarysowania zlokalizowane w rejonie południowo-wschodniego narożnika pojawiające się na powierzchni betonowej parkingu przy ul. Korczak w Kaliszu. Ponadto zauważono także uszkodzenia krawężników parkingu od strony rzeki Krępiczy. W tym samym czasie wystąpiło rozszczelnienie kolektora sanitarnego w średnicy \varnothing 1000 w wyniku przepchnięcia kolektora przez osuwający się grunt. W rejonie pojawienia się szczeliny na zboczu doliny wykonano rozpoznanie warunków geologicznych i geotechnicznych podłoża. Dolina rzeki Krępiczy została wycięta (wyerodowana) z zalegających ilów poznańskich i glin zwałowych. Podłoże doliny miejscami wypełniają pisaki drobne i osady bagienne odłożone w postaci namulów. Rozpoznany strop ilów wykazuje lokalne spadki od 10 do 28% w kierunku Krępiczy. W otoczeniu powstałego osuwiska (usuwiska) na spągach ilów zalegają nieregularne warstwy piasków drobnych (warstwa II) i piasków gliniastych w stanie miętko-plastycznym (warstwa IV A) oraz glin piaszczystych w stanie twardoplastycznym i półzwartym (warstwa IV B). Wierzchnia warstwa podłoża skarpy stanowi nasyp niekontrolowany, uformowany z piasków gliniastych i glin piaszczystych o zróżnicowanych stanach: twardoplastycznym, plastycznym i miękkoplastycznym.

O stabilności nasypów od strony rzeki Krępiczy decydują wody opadowe zawieszane w gruntach słabo przepuszczalnych, które występują w postaci sączeń. Natomiast wody gruntowe właściwe, związane z wahaniami poziomu wód w Krępiczy, występują w piaskach wodonośnych i nasypowych wypełniających teren w obrębie zbocza, w kierunku rzeki Krępiczy.

W dolinie rzeki występujące piaski rzeczne zbudowane są ze średnio zagęszczonych piasków drobnych oraz w pobliżu strumienia, z soczewek namulów organicznych. Ponadto w podłożu występują piaski gliniaste w stanie plastycznym i gliny piaszczyste w stanie twardoplastycznym, a nawet półzwartym oraz ily pstry występujące w stanie twardoplastycznym.

Przeprowadzone badania wykazały, że kolektor sanitarny jest posadowiony na iłach i glinach zwałowych w otoczeniu warstw piaszczystych. Analizowane zbocze poddane zostało procesowi osuwiskowemu typu strukturalnego związanego z powolnym przemieszczaniem się mas gruntu po stropie ilów. Lokalny kąt nachylenia stropu łu (18°) znacznie przekracza wartość kąta tarcia wewnętrznego łu, który w połączeniu z wodą gruntową może spadać do zera. (Ekspertyza geotechniczna dotycząca ustalenia przyczyn uszkodzenia kanału sanitarnego, Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Lądowej, maj 2003).



Fot. 1 Rzeka Krępicza poniżej ul. Stańczukowskiego. Budynki nr 28-32 przy ul. Korczak
(fot. Z. Staszewski, 2012)



Fot. 2 Rzeka Krępicza poniżej ul. Stańczukowskiego. (fot. Z. Staszewski, 2012)



Fot. 3 Próbkki gruntu pozyskane w dolinie rzeki Krępiczy od strony zbocza poniżej ul. Stańczukowskiego.



Fot. 4 Kalisz – Dobrzec. Rzeka Krępicza pomiędzy ul. Biskupicką a ul. Stańczukowskiego. (fot. Z. Staszewski, 2012)

PODSUMOWANIE

1. Na terenie zbocza północnego przyległego do wyerodowanej doliny rzeki Krępiczy występują zasadniczo trzeciorzędowe iły pstre tzw. poznańskie. W dolinie rzeki zalegają piaski rzeczne, piaski gliniaste, gliny piaszczyste oraz iły pstre, z kolei w pobliżu strumienia występują w podłożu soczewki namulów organicznych.
2. Zbocze rzeki Krępiczy od strony północnej przed ul. Stańczykowskiego i za ul. Stańczukowskiego w kierunku ul. Poznańskiej narażone jest na proces osuwiskowy (usuwiskowy) typu strukturalnego. Proces ten jest związany z powolnym przemieszczaniem się mas gruntu po stropie ilów w kierunku strumienia.
3. Stwierdzono, że na badanym terenie (ul. Korczak 28-34) lokalnie występują nachylenia stropu łu pstrego wynoszące ok. 18° , co skutkuje tym, że lokalny kąt nachylenia stropu łu znacznie przekracza wartość kąta tarcia wewnętrznego, co w połączeniu z wodą może spowodować jego spadek do zera (kąt stoku naturalnego powinien być mniejszy lub równy kątowi tarcia wewnętrznego gruntów występujących w podłożu).
4. O stabilności uformowanych nasypów w dolinie rzeki Krępiczy w znacznym stopniu decydują wody opadowe zawieszane w gruntach słaboprzepuszczalnych, które występują w postaci sączków.
5. Uzyskane wyniki badań potwierdzają, że istotny wpływ na stateczność zbocza stanowi zmieniona konfiguracja stropu ilów spowodowana ułożeniem kolektora sanitarnego wzdłuż zbocza.
6. Istnieje duże prawdopodobieństwo występowania sufozji gruntu wzdłuż kolektora w następstwie postępującego rozszczelniania sieci sanitarnej (powolny, ale postępujący, ciągły napór gruntu zbocza, degradacja fizyczna betonowych połączeń na tzw. „mufach”).
7. W przypadku wystąpienia podpiętrzenia wód w rzece Krępiczy, a zarazem podtopienia zbocza w następstwie fali wezbraniowej (powodziowej), pojawi się utrudnienie w odbiorze wód gruntowych swobodnie przesączających się przez zbocze ku drenującej rzece Krępiczy, co przyczyni się do wystąpienia powolnego procesu powstawania osuwiska (usuwiska).
8. Podwyższenie poziomu wód gruntowych na terenie zbocza spowoduje pęcznienie gruntów ekspansywnych (iły pstre), a zarazem zmniejszenie kąta tarcia wewnętrznego gruntów. Po obniżeniu poziomu wód gruntowych wystąpi natomiast zjawisko „kurczenia” ilów skutkujące powstawaniem szczelin w gruncie.
9. Przeprowadzone badania potwierdzają, że w analizowanym podłożu gruntowym zbocza o jego stateczności decydują parametry wytrzymałościowe zalegających ilów. Parametry lokalne występujących glin są korzystniejsze od parametrów ilów.
10. W wyniku dokonanych częściowych badań teren zbocza prawdopodobnie został wadliwie odwodniony, co może skutkować napływem wód gruntowych do rzeki Krępiczy z kierunku północnego. Powyższy fakt pogorszy stabilność zbocza i przyczyni się do powolnego procesu powstawania osuwiska (usuwiska). W celu rozpoznania skuteczności istniejącego drenażu, należy wykonać mapę hydroizohips.
11. Proponuje się zabezpieczenie sztucznych skarp przed erozją poprzez np. wyłożenie skarpy betonowymi płytami ażurowymi podpartymi u podłoża skarpy konstrukcją

- wsporcą z prefabrykowanych płyt betonowych i lanego w wykopie przezbrojonego betonu.
12. Zaleca się wykonanie ekspertyz geotechnicznych i hydrotechnicznych zbocza oraz hydrologicznych rzeki Krępiczy. W ocenie autorów nie uniknie się konieczności zabezpieczenia terenu zbocza przed występowaniem osuwisk (usuwisk).
 13. Podejmowanie wszelkich przedsięwzięć inwestycyjnych na zboczach i w dolinie rzeki Krępiczy bez szczegółowego rozpoznania geologicznego, hydrologicznego i hydrogeologicznego oraz hydrotechnicznego wraz z oceną oddziaływania na stabilność zboczy może zakończyć się w przyszłości poważną katastrofą budowlaną.

LITERATURA

1. Borowczak P., Florkiewicz A. Ekspertyza geotechniczna dotycząca ustalenia przyczyn uszkodzenia kanału sanitarnego biegnącego wzdłuż cieką Krępicą w rejonie nowo nasypanej skarpy przy ul. Korczak 2 w Kaliszu, Politechnika Poznańska, Instytut Inżynierii Lądowej, Poznań, maj 2003.
2. Cieślak J., Małecka I., Małecki Z. Dawne wodociągi w Kaliszu, Zeszyty Naukowe, Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska nr 4, Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Lądowej i Wodnej „EUROEXBUD”, Kalisz 2012.
3. Depczyński W., Szamowski A. Budowla i zbiorniki wodne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1999.
4. Instrukcja ITB nr 296, Posadowienie budowli na gruntach ekspansywnych, Warszawa 1990.
5. Jeż J. Gruntoznawstwo budowlane, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2004.
6. Jeż J. Biogeotechnika – przyrodnicze aspekty bezpiecznego budownictwa, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2008.
7. Kondracki J. Geografia regionalna Polski, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2011.
8. Kowalski J. Hydrologia z podstawami geologii, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław 1998.
9. Małecki Z. Ocena wpływu wybranych zbiorników retencyjnych na środowisko w zlewni Proсны, Rozprawa habilitacyjna, Wydawnictwo naukowe Gabriel Borowski, Lublin 2009.
10. 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.
11. Ochrona przed powodzią, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych, Falenty 1992.
12. Satanowski L. Opinia geotechniczna dotycząca analizy warunków geotechnicznych projektowanych budynków mieszkalnych przy istniejącym kolektorze sanitarnym biegnącym wzdłuż cieką Krępicą przy ul. Korczak 28-32, Zakład Usług Geotechnicznych, Kalisz, sierpień 2006
13. Wiłun Z. Zarys geotechniki, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności Sp. z o.o., Warszawa 2001

STABILITY OF SLOPES IN THE KRĘPICA VALLEY

Summary

In the engineering practice near an eroded ravine of the Krępica Valley there may appear landslides and landslips of natural and artificial slopes (scarps) when transverse forces in the slope or scarp exceed the land's resistance to shearing. A landslide (landslip) may occur as a result of land sliding along a curvilinear slide surface (fraction or skid). The northern slope adjacent to the eroded Krępica Valley basically houses Tertiary varicoloured clay – the so-called Poznan clay. In the river valley near the stream you may find clay sand, sandy clay and varicoloured clay composed of medium-compacted fine sand as well as lens of organic aggradate mud. Stability of slopes in the Krępica Valley is mainly determined by rainwater suspended in poorly permeating soils taking form of filtration. When water becomes substaged due to a flood wave and simultaneously resulting in slope permeation, difficulties with underground water run-off permeating through the slope towards the draining Krępica, a slow process of landslide (landslip) formation may begin

Key words: river, slope, river valley, landslide, subsoil, varicoloured clay, underground water, sanitary collector.

STANDSICHERHEIT DES TALHANGS AM FLUSS KRĘPICA

Zusammenfassung

In der Ingenieurpraxis trifft man auf Erosionsschluchten in einem Tal. Dies geschieht auch im Flusstal von Krępica, wo der Erdrutsch und der Schutthang sowohl an einem natürlichen als auch künstlichen Abhang entstehen können. Es geschieht dann dadurch, wenn die Schnittkräfte die Beständigkeit des Wandbodens übersteigen. Zum Erdrutsch kann es in Folge des Hinuntergleitens entlang der krummlinigen Gleitfläche kommen (Bruchstückfläche oder Gleitfläche)

Auf dem Gebiet des nördlichen Abhangs, das am erodierten Tal von Fluss Krępica liegt, treten grundsätzlich tertiäre Töne, sogenannte Posener Töne auf. Im Flusstal kann man in der Nähe des Bachs Tonsande, Sandtöne, farbige Töne unterscheiden. Über die Beständigkeit der Aufschüttungen im Tal von Krępica entscheiden wesentlich Regenfälle, die sich in schwach durchlässigen Böden befinden, und die dort als Sickerwasser erscheinen. Beim erhöhten Wasserspiegel verursacht durch die Hochwasserwelle kann es zur Überflutung des Abhangs kommen, was mit dem erschwerten Abfluss vom Grundwasser verbunden ist, das frei durch den Anhang in Flussrichtung Krępica fließt. Dadurch kann ein langsamer Prozess des Erdrutsches beginnen.

Schlüsselworte: Fluss, Abhang, Flusstal, Erdrutsch, Bodenbettung, Ton, Grundwasser, Sanitätskollektor.