

Wzmacnianie terenu pod budowle na terenach osuwiskowych na przykładzie Skarpy Wiślanej

Reinforcement of land for buildings in landslide areas on the example of the Vistula Escarpment

mgr inż. Natalia Gasik-Kowalska (ORCID: 0009-0008-4972-4487), Politechnika Warszawska
dr Piotr Gryspanowicz (ORCID: 0000-0003-1355-7732), Politechnika Warszawska

DOI 10.5604/01.3001.0016.3255

Streszczenie: Wzmacnianie i stabilizacja terenu pod wznoszenie obiektów na obszarach zagrożonych ruchami masowymi stanowią istotny etap zarówno w projektowaniu, jak i realizacji inwestycji. Metody wzmocnień dobierane są na podstawie badań geotechnicznych, możliwości technologicznych oraz wymagań stawianych planowanej konstrukcji. W artykule przedstawiono charakterystykę terenów osuwiskowych, przyczyny ich powstawania, metodologię badań przemieszczeń mas ziemnych wraz z analizą wyników badań inklinometrycznych Skarpy Wiślanej w Płocku. Ponadto wskazano sposoby zabezpieczeń terenu osuwisk pod inwestycje budowlane z syntetycznym opisem ich cech i funkcjonalności.

Słowa kluczowe: osuwiska, wzmacnianie terenu, stabilizacja podłoża, Skarpa Wiślana, ruchy mas ziemnych.

Abstract: Strengthening and stabilization of the area for erecting facilities in areas at risk of mass movements are an important stage in both the design and implementation of the investment. The reinforcements methods are selected on the basis of geotechnical tests, technological capabilities and the requirements of the planned structure. The article presents the characteristics of landslide areas, the causes of their formation, the methodology of earth mass displacement studies, along with the analysis of the results of inclinometric studies on the Vistula Escarpment in Płock. In addition, methods of securing landslides for construction investments with a synthetic description of their features and functionality were indicated.

Keywords: landslides, strengthening the area, ground stabilization, Vistula Escarpment, ground mass movements.

1. Wprowadzenie

Wznoszenie obiektów budowlanych wymaga każdorazowego sprawdzenia zdolności podłoża do zapewnienia stabilności konstrukcji. Jedną z pierwszych kwestii analizowanych przez projektanta jest zakwalifikowanie obiektu do odpowiedniej kategorii geotechnicznej. Zgodnie z Eurokodem 7 obiekty wznoszone na terenach osuwiskowych, klasyfikowanych jako skomplikowane odpowiadają 3 kategorii geotechnicznej. Planując przedsięwzięcie budowlane na obszarach zagrożonych niestatecznością terenu lub ruchami podłoża, wymagane jest przeprowadzenie badań gruntowych. Wyniki badań dostarczą informacji o parametrach gruntu, między innymi nośności, ale także wskażą, czy istnieje konieczność wzmacniania podłoża. Jeśli tak, to w jakim zakresie i przy wykorzystaniu jakich technologii [1].

Posadowienie obiektów w rejonach skarp bez odpowiedniego przygotowania terenu i stabilizacji podłoża może być przyczyną licznych zniszczeń w infrastrukturze otoczenia, a nawet może prowadzić do katastrofy budowlanej. W celu zabezpieczenia terenów osuwiskowych stosowane są różne technologie i konstrukcje zapobiegające przemieszczeniom warstw podłoża gruntowego. Sposoby

te, na przykładzie skarpy w Płocku, są przedmiotem analiz w niniejszej pracy.

Na obszarach objętych ruchami masowymi w Płocku, czyli w rejonie Skarpy Wiślanej prowadzi się regularne pomiary ruchów zbocza, które umożliwiają zagospodarowanie tych terenów. Jednak nawet wznoszenie budowli, takich jak pomnik Władysława Broniewskiego wymagało dodatkowego zastosowania rozwiązań konstrukcyjnych, na przykład ścian oporowych służących zapewnieniu stabilizacji.

2. Charakterystyka terenów osuwiskowych

Podstawowy podział osuwiskowych ruchów masowych odbywa się ze względu na rodzaj materiału poddawanego osuwaniu. Wyróżnia się ruchy skał, luźnych gruntów grubookruchowych oraz luźnych gruntów drobnoziarnistych. Osuwanie może się odbywać ruchem translacyjnym lub rotacyjnym w dół zgodnie ze spadkiem wzdłuż jednej lub kilku płaszczyzn. Osuwiska mogą powstawać na skutek działań człowieka, ale również w wyniku procesów naturalnych. Do antropogenicznych przyczyn tworzenia się osuwisk zaliczamy nadmierne dociążenie naziomu lub stoku, podkopanie zbocza, nadmierne nawodnienie naziomu będące

Rys. 1. Fragment odcinka II płockiej Skarpy Wiślanej; źródło: Agencja BE&W



efektem braku drenaży, drgania wywołane ruchem drogowym lub robotami ziemnymi, zachwianie równowagi mas skalnych na skutek wydobycia surowców oraz niewłaściwe projektowanie skarp wykopu/nasypu. Wśród przyczyn naturalnych wyróżniamy wzrost wilgotności gruntu wywołany długotrwałymi opadami atmosferycznymi lub roztopami, co powoduje pęcznienie gruntu i spadek wytrzymałości podłoża na ścinanie, podcięcie zboczy na skutek erozji w dolinach rzek, rozluźnienie struktury gruntu, sufozja osłabiająca strukturę podłoża oraz przebicie hydrauliczne powstające w wyniku wypływu wody gruntowej powyżej podstawy skarpy [2, 3].

W Polsce około 90% terenów osuwiskowych znajduje się w górach Karpat, a w znacznej większości w paśmie beskidzkim. Z osuwiskami można się spotkać również w Sudetach, dolinach rzek oraz na wybrzeżu Morza Bałtyckiego. W celu przeciwdziałania skutkom zniszczeń infrastruktury komunikacyjnej oraz budowlanej wywołanych zwiększeniem się aktywności osuwisk w ciągu ostatnich 10 lat powstał System Osłony Przeciwosuwiskowej (SOPO). Projekt ma na celu rozpoznanie, dokumentowanie oraz monitorowanie terenów zagrożonych. Naukowcy z Państwowego Instytutu Geologicznego oraz Państwowego Instytutu Badawczego przy współpracy z Ministerstwem Środowiska przygotowali „Instrukcje opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10000”. Samorządy gminne oraz powiatowe posiadające na swoim obszarze tereny podatne osuwiskowo zlecają uprawnionym organom wykonanie mapy, która następnie przekazywana jest administracji publicznej. Działania te mają na celu wskazanie potencjalnie krytycznych lokalizacji inwestycji budowlanych, a także umożliwiają dobór możliwie jak najefektywniejszego sposobu wzmacniania podłoża. Poza tym służą również podejmowaniu decyzji przez powiatowe inspektoraty nadzoru budowlanego o rozbiórce czy remoncie obiektów uszkodzonych w wyniku ruchu mas gruntu. Na podstawie wyników badań ustalana jest również wysokość świadczeń będących rekompensatą dla osób, które straciły majątek na skutek osuwania się mas ziemnych [4].

W Płocku do aktywnych terenów osuwiskowych zalicza się Skarpę Wiślaną, która jednocześnie stanowi najbardziej charakterystyczny element rzeźby terenu miasta. Morfologia skarpy ukształtowana została w wyniku erozji bocznej rzeki Wisły. Za ostateczną jej formę odpowiadają jednak nie tylko czynniki przyrodnicze, ale również antropogeniczne. Ze względu na charakter gruntów Skarpa Płocka dzieli się

na III odcinki. Odcinek I (od ulicy Grabówka do Mostu Piłsudskiego) obejmuje tereny, gdzie ponad zwierciadłem Wisły występuje stropowa powierzchnia iłów opadająca w kierunku doliny. Ruch mas gruntu postępuje systematycznie, co wynika z obserwacji prowadzonych dwa razy w ciągu roku. Osuwanie się mas ziemnych wywołuje na tym odcinku notoryczne problemy z rozrywaniem przewodów wodociągowych, kanalizacyjnych oraz zarysowywaniem, a w efekcie pękaniem posadowionych na tym terenie obiektów budowlanych. Odcinek II obejmuje tereny Starego Miasta i najcenniejsze dla Płocka zabytki.

Skarpa charakteryzuje się tu bardzo stromym zboczem o nachyleniu do 40° przy wysokości do 40 metrów. Fundament skarpy tworzą piaski zalegające w poziomie Wisły, które umożliwiają jednocześnie migrację wód z wyższych poziomów w kierunku rzeki. Strop skarpy tworzą przesuszone, związane gliny zwałowe, które po wysychaniu kurczą się, tworząc sieć powierzchniowych spękań. Przekłada się to bezpośrednio na wytrzymałość zbocza. Pod wpływem długotrwałych opadów deszczu woda wypełnia spękania, prowadząc do powstania osuwiska. W ciągu ostatnich 50 lat skarpa na tym terenie wykazywała liczne przemieszczenia mas ziemnych. Odcinek III (od Jaru Kazimierza do Jaru Brzeźnicy) ma budowę dwudzielną, od góry występuje fragment pionowej ściany o wysokości w przedziale 6–12 metrów, a od dołu skarpa o nachyleniu od 40 do 46°. Obserwowane są na tym obszarze obrywy mas ziemnych na pionowej ścianie zbocza. W wyniku podmycia zbocza podczas powodzi zimowej na przełomie 1981 i 1982 roku podparcie skarpy zostało silnie zawilgocone i doszło do cofnięcia krawędzi osuwiska w kierunku miasta. Szerzej o tych warunkach i sposobach zabezpieczeń można dowiedzieć się z [5].

3. Metodologia i analiza wyników badań Skarpy Wiślanej w Płocku

W Płocku pomiary skarpy wykonywano na dwóch obszarach – odcinku staromiejskim Skarpy Wiślanej oraz okolicach

Rys. 2. Przeszaczenia sumaryczne inklinometru INK5 – pomiar od dna, pomiar odniesienia 009:19/12/2018; źródło: Urząd Miasta w Płocku (czerwiec 2022)

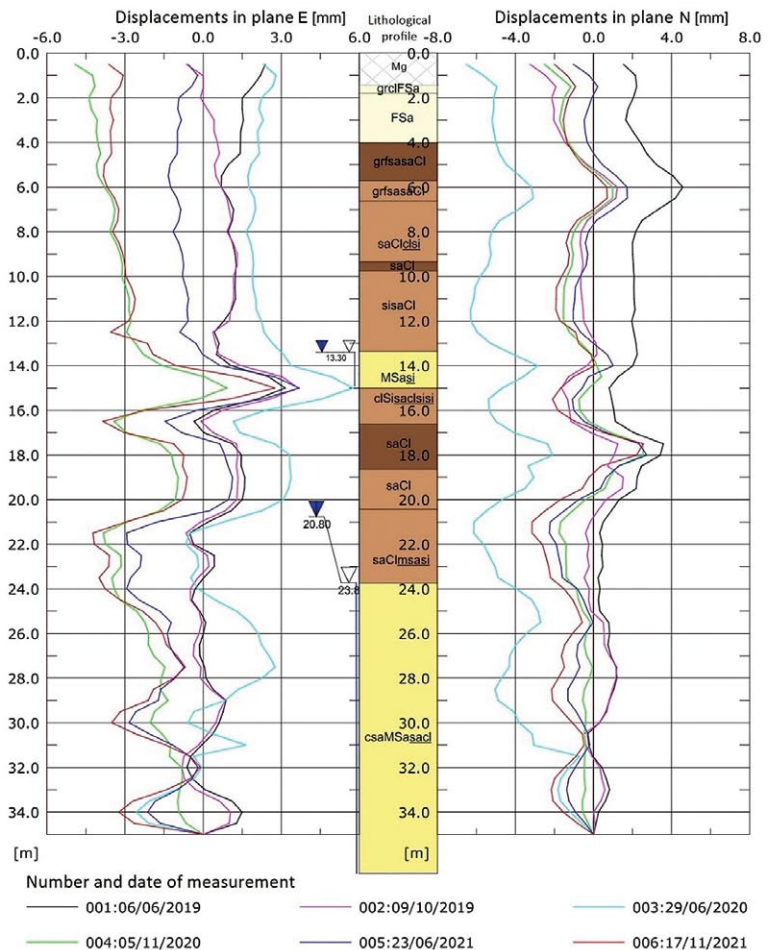
ulicy Grabówka. Na Skarpie Wiślanej zastosowano wglębny monitoring osuwisk prowadzony w oparciu o otwory badawczo-pomiarowe piezometryczne i inklinometryczne. Zainstalowano 17 sztuk inklinometrów w postaci wwiercanych rur wykonanych z tworzywa ABS. Dół rur osadzony jest na głębokości co najmniej 30 m, gdzie przeszaczenia są już znikome. Kolumna inklinometru zorientowana jest tak, aby jedna z płaszczyzn rowków pomiarowych odpowiadała azymutowi kierunku przeszaczenia mas gruntu, a druga – osi do niej prostopadłej. Po ustabilizowaniu się początkowych warunków pomiarowych przeprowadzono pomiar „zerowy”, czyli pomiar odniesienia wyników następných sesji pomiarowych.

Przed wykonaniem pomiaru kolumny należy oczyścić, zmierzyć ich głębokość oraz sprawdzić stan głowic. Jest to warunek wykonania prawidłowego wyniku badania. Przeszaczenia wglębne mierzono, wykorzystując zestaw sondy cyfrowej (S242DVXX) oraz rejestratora polowego Archimede (ver. 0.5.0) firmy Sisgeo. Pomiary odbywały się w interwałach co 0,5 metra. W wyniku badań inklinometrycznych uzyskuje się kątowne odchylenia kolumny od pionu. Zmiany kolejnych pomiarów porównywane są z pomiarem zerowym, a zmiany odchylenia wskazują przeszaczenia mas zmiennych. Na podstawie uzyskanych pomiarów odchylenia kątownego obliczana jest wartość liniowa dla każdego z interwałów. W oparciu o badania inklinometryczne sumuje się przyrosty przeszaczeń od spodu kolumny do określonych głębokości w celu wyznaczenia przeszaczeń sumarycznych [6].

Pomiary piezometryczne polegają na analizie hydrogeologii badanego osuwiska, czyli ciągłego pomiaru zwierciadła wody w otworach. Jest to możliwe dzięki montażowi elektronicznych limnimetrów umożliwiających zapis w systemie godzinowym. Pomiary piezometryczne wykonywane są łącznie z inklinometrycznymi. Informacja o występujących przeszaczeniach mas ziemnych uzupełniana jest o skutki związane ze stosunkami wodnymi, panującymi w obrębie osuwiska [6].

Za pomiary przeszaczeń gruntu w okolicy pomnika Władysława Broniewskiego, znajdującego się przy ulicy Tadeusza Kościuszki w Płocku odpowiada inklinometr oznaczony symbolem INK5. Wyniki sumarycznych przeszaczeń inklinometru przedstawiono na rysunku 2.

Inklinometr INK5 zamontowano w listopadzie 2018 roku, zaś w grudniu tego samego roku dokonano pomiaru zerowego.



Z danych dostarczonych przez Urząd Miasta Płocka wynika, że w rejonie obiektu nie występują wyraźne strefy przeszaczeń mas gruntu. Wzrosty są niewielkie, rzędu od 3 do 5 mm na głębokości 14–17 m oraz 21–24 m pod powierzchnią terenu. Przeszaczenia sumaryczne nie przekraczały 6 mm. Ruch zbrocza odbywa się w kierunku prostopadłym do spodu zbrocza.



Rys. 3. Zejście w kierunku nabrzeża wiślanego w otoczeniu pomnika Władysława Broniewskiego (obszar pomiarów inklinometru INK5)

4. Sposoby wzmacniania terenu na obszarach osuwiskowych

W celu zabezpieczenia zbocza skarp i osuwisk w pierwszej kolejności należy uregulować stosunki wodne wzmacnianego terenu. Konieczne jest wykonanie systemu odwodnienia wód powierzchniowych i wgłębnych na obszary nieobjęte osuwiskiem. Działania te wymagają każdorazowej analizy czynników, takich jak ukształtowanie terenu, budowa geologiczna i hydrologiczna obszaru, parametry geotechniczne podłoża gruntowego, istniejąca infrastruktura znajdująca się w otoczeniu osuwisk. Regulacja stosunków wodnych odbywać się może między innymi poprzez stosowanie filtrów wiertniczych czy studni odwadniających. Dąży się przy tym do całkowitego przejścia wody z terenów zagrożonych ruchami mas ziemnych. Nie jest to jednak na ogół możliwe. Drenaż gruntu umożliwi przejście wody ze strefy poślizgu oraz osuszenie koluwiów. Ma to bezpośredni wpływ na poprawę parametrów mechanicznych podłoża, prowadząc do samoistnej konsolidacji gruntów w strefie odwadniającej [7].

Przy niewielkich osuwiskach możliwa jest wymiana gruntów słabych na grunty o dobrych właściwościach filtracyjnych. Podczas wymiany podłoża wykonuje się również roboty mające na celu zmniejszenie pochyleń skarpy. Rozwiązanie to nie jest zalecane w przypadku osuwisk o stosunkowo dużym obszarze ze względu na wysokie koszty wymiany gruntów słabonośnych o niskiej przepuszczalności. Skuteczną metodą zwiększenia nośności zbocza jest zbrojenie gruntu poprzez wprowadzenie do wykopu stalowych prętów. Wbudowanie pręta odbywa się przy wykorzystaniu wibromłotów lub wiertnic. Elementy zbrojące powinny sięgać poza krytyczną powierzchnię poślizgu, znacznie zwiększając wytrzymałość podłoża na ścinanie. Konieczne jest jednak zabezpieczenie prętów przed korozją, w tym celu pokrywa się je zaczynem cementowym. Rozwiązanie to umożliwi zagospodarowanie skarpy, tak aby zachować spójność ze środowiskiem naturalnym poprzez wykonanie nasadzeń. Praktyki projektowe dotyczące doboru odpowiedniego rozstawu i średnic prętów zbrojeniowych nie zostały w pełni ustandaryzowane. Oceniana jest wytrzymałość ogólna zbocza oraz wytrzymałość pojedynczego pręta zbrojeniowego [8].

Najpowszechniej stosowanymi metodami stabilizacji terenów osuwiskowych w celu umożliwienia posadowienia obiektów budowanych na obszarach objętych ruchami mas gruntowych jest wykonanie pali. Pale stanowiąc formę posadowienia pośredniego, przenoszą obciążenia na znajdujące się głębiej grunty nośne. Działanie pali polega na wprowadzeniu w podłoże dodatkowych sił stabilizujących, które przeciwstawiają się procesom osuwiskowym głównie poprzez zwiększenie tarcia w gruncie. Zastosowanie takiej formy wzmocnienia umożliwi wznoszenie obiektów kubaturowych, między innymi przemysłowych, hydrotechnicznych,

usługowych oraz komunikacyjnych na obszarach narażonych na osuwanie. Zwiększenie stabilizacji osiągnąć można również poprzez wykonanie przypór dociążających z kamieni łamanych, które układane na zboczu zmniejszają zdolność poślizgu mas gruntu.

W przypadku znacznie nawodnionych gruntów spoistych stosowane są kolumny cementowo-wapienne, które zwiększają wytrzymałość gruntu na ścinanie, przy jednoczesnym osuszaniu co możliwe jest poprzez wprowadzanie w grunt mieszaniny cementu oraz wapna palonego [8].

Przy kształtowaniu skarp sąsiadujących z traktami komunikacyjnymi stosowane są systemy geokomórkowe oraz elementy kotwiące. Systemy geokomórkowe, tak zwane geokraty ograniczają poślizg gruntu po zboczu poprzez zagęszczenie gruntu w matrycy systemu. Elementy kotwiące, które stanowią między innymi gwoździe gruntowe oraz kotwy skalne skutecznie stabilizują zbocze, ale wymagają dodatkowej ochrony przed korozją. W tym celu wbudowywane są w otwory wypełnione zaczynem cementowym. Dodatkowo stosowane są oblicowania skarp – sztywne, wykonywane najczęściej z betonu oraz elastyczne z siatek stalowych lub tworzyw sztucznych [9].

Skarpy i osuwiska stabilizowane są również konstrukcjami oporowymi, wykonywanymi najczęściej z żelbetu. Wbudowanie konstrukcji oporowych gwarantuje stabilne podparcie obszarów zagrożonych ruchami masowymi. Do zasyppek ścian oporowych wykorzystywane mogą być grunty naturalne, ale także odpady poprodukcyjne, co wpisuje się w ideę gospodarki o obiegu zamkniętym, a ponowne zastosowanie materiałów odpadowych pozwala ograniczyć eksploatację złóż surowców naturalnych. Do takich odpadów należą między innymi strzępki opon, rozdrobnione płyty styropianowe, żużle i popioły stanowiące uboczny produkt spalania w elektrowniach oraz odpady poprodukcyjne w hutach. Dobór materiałów przeznaczonych na zasypkę wymaga analizy istniejącego podłoża gruntowego między innymi pod kątem zawilgocenia oraz parametrów wytrzymałościowych [9].

W przypadku zabezpieczania skarp o stosunkowo płytkich zboczach mogą się okazać wystarczające metody naturalne, czyli wytworzone przez roślinność sieci korzeniowe. Korzenie drzew oraz krzewów zapobiegają procesom osuwania na dwa sposoby. Po pierwsze, zmianę gospodarki wodnej gleby poprzez ewapotranspirację, czyli procesy parowania zarówno z komórek roślinnych, jak i z gruntu oraz wzmocnienie gleby korzeniami – prowadzi to do zwiększenia wytrzymałości płaszcza glebowego na ścinanie. Korzenie dodatkowo mogą przenikać przez słabe warstwy gruntu i zakorzeniać się w warstwach nośnych. Prowadzenie nasadzeń na zboczach wymaga doboru odpowiednich gatunków roślin, ponieważ ich cechy wpływają na kształtowanie się siedlisk zwierząt i bezkręgowców. Takie przedsięwzięcie wymaga zatem długoterminowej analizy skutków doboru roślinności na środowisko naturalne. W przypadku zboczy,



Rys. 4. Wykonywanie bloku fundamentowego i ścian oporowych pod pomnik Władysława Broniewskiego, źródło: Muzeum Mazowieckie w Płocku

gdzie stabilizacja metodami naturalnymi jest niewystarczająca, nasadzenia mogą stanowić uzupełnienie innych metod wzmocnienia terenów osuwiskowych, gwarantując jednocześnie naturalny wygląd środowiska [10].

5. Rozwiązania konstrukcyjne zastosowane przy wznoszeniu pomnika Władysława Broniewskiego w Płocku

Pomnik Władysława Broniewskiego w Płocku znajduje się przy ulicy Tadeusza Kościuszki, na terenie Skarpy Wiślanej, objętej ruchami mas gruntowych. Pomnik wzniesiono w 1972 roku. Konstrukcja mierzy około 11 m, wykonana jest z brązu o łącznej masie rzędu 20 ton. Obiekt oraz jego otoczenie swój wygląd zawdzięczają Kazimierzowi Gustawowi Zemła, Józefowi Niedźwieckiemu, Edmundowi Matuzek oraz Glebowi Augustyniakowi.

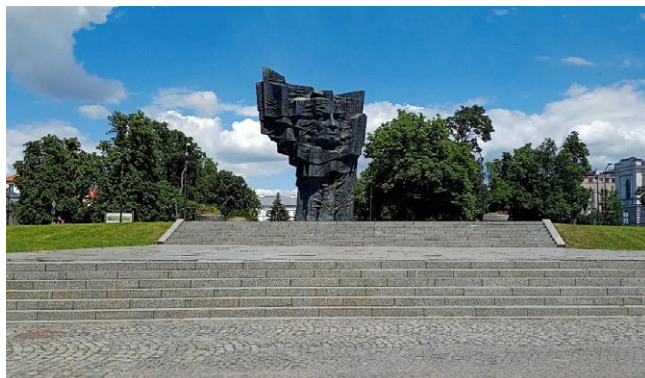
Budowa pomnika ze względu na jego tonaż oraz zagrożenie osuwisk gruntów w miejscu wbudowania wymagała zabezpieczenia i wzmocnienia terenu posadowienia. Górną warstwę gruntu stanowiły nasypy zawierające piaski, piaski gliniaste zmieszane z gruzem oraz humusem. Nasypy te wykonane zostały w latach 50. XX wieku. Pod nasypem znajdowały się utwory plejstoceńskie, piaski gliniaste, gliny piaszczyste i gliny ciężkie twar doplastyczne. Fundament pomnika stanowił blok żelbetowy o wymiarach w planie 3,50x5,0 m i wysokości 1,6 m. Blok fundamentowy posadowiono na mechanicznie zagęszczonej poduszce gruntowej o wymiarach 4,5x6,0 m i grubości 60 cm, wykonanej z piasku oraz wystającej poza obris bloku fundamentowego po 50 cm z każdej strony. Powierzchnia fundamentu wykończona była płytami granitowymi o grubości 15 cm. Wynika z tego, że łączne obciążenie gruntu pochodzące od rzeźby pomnika, bloku fundamentowego oraz płyt granitowych, stanowiących jego wykończenie wynosiło 96 ton.

W związku z ruchami masowymi i dużym ciężarem pomnika, środkowa, wyniesiona część placu oddzielona została żelbetowymi ścianami oporowymi, z których najwyższa osiąga wysokość 2,0 m. Wykonanie ścian oporowych zapewniło równowagę konstrukcji poprzez wprowadzenie dodatkowych sił gwarantujących stabilizację (rys. 4).

Cały obszar wokół pomnika, włącznie ze schodami, wyłożony został płytami granitowymi o grubości 5 cm na podsypce piaskowej. Obramowanie placu wykonano z blokowych elementów kamiennych (sjenitu). Dodatkowo tereny narażone na ruchy mas ziemnych zabezpieczone były w sposób biologiczny poprzez wykonanie nasadzeń w otoczeniu pomnika – krzewów oraz drzew zgodnie z kierunkiem zbocza skarpy. Nasadzenia w większości zostały niestety usunięte podczas remontów i modernizacji otoczenia obiektu w latach późniejszych.

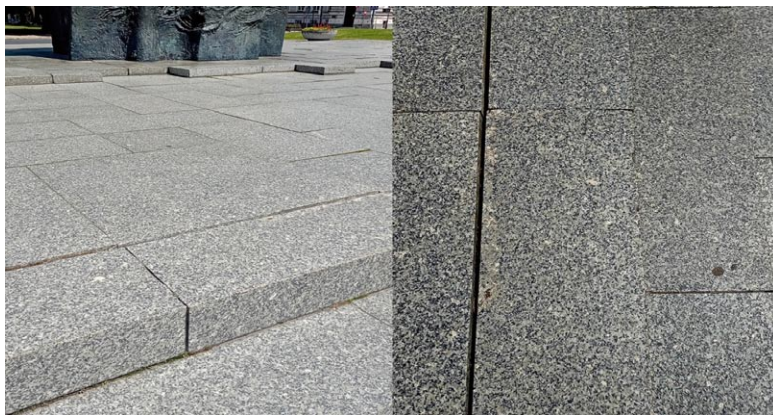
W 2022 roku minęło 50 lat od dnia odsłonięcia pomnika i można stwierdzić, że ruchy masowe nie wywołały uszkodzeń obiektu i jego otoczenia, czyli obszaru wyłożonego płytami granitowymi. Jedynie na powierzchni schodów w kierunku zgodnym z usytuowaniem zbocza zaobserwować można powiększenie się szczelin pomiędzy płytami do szerokości 1 cm. Zjawisko to może być efektem usunięcia wyżej wspomnianych nasadzeń, lecz nie jest możliwe jednoznaczne stwierdzenie, co było skutkiem tego ubytku (rys. 6).

Wzmocnienie terenu oraz sama konstrukcja pomnika zostały zaprojektowane zgodnie z ówczesnie obowiązującymi normami i standardami projektowymi. Ruchy masowe na przestrzeni tych 50 lat również ulegały wahaniom i charakteryzowały się niestabilnością, zwłaszcza na przełomie 1981 oraz 1982 roku, gdzie na odcinku Wisły od Wyszogrodu do Włocławka wystąpiła największa notowana dotąd powódź. Powódź dotknęła w szczególności lewobrzeżną część Płocka, ale skarpa usytuowana na prawym brzegu Wisły również uległa poważnemu zawilgoceniu, które mogło prowadzić do przyspieszenia ruchów masowych, zagrażając bezpośrednio obiektom usytuowanym na górnej powierzchni skarpy. Można stwierdzić, że wykonane wzmocnienie terenu na obszarze działki pomnika Władysława Broniewskiego spełnia stawiane mu wymagania. Mimo występujących anomalii



Rys. 5. Pomnik Władysława Broniewskiego – widok od strony zbocza Skarpy Wiślanej

Rys. 6. Powiększenie szczeliny pomiędzy płytami granitowymi w obszarze schodów



meteorologicznych i hydrologicznych w ciągu ostatnich 50 lat nie było zagrożenia zniszczenia lub uszkodzenia obiektu na skutek ruchów masywowych Skarpy Wiślanej.

6. Podsumowanie

Tereny zagrożone ruchami osuwiskowymi obligują do uwzględnienia możliwości wystąpienia zniszczenia konstrukcji na skutek przemieszczających się mas ziemnych w obszarze obejmującym obiekt budowlany. Wznoszenie obiektów w terenach narażonych na ruchy masowe w większości przypadków związane jest z koniecznością wzmocnienia terenu w celu zapewnienia stabilności obiektu i zapobieganiu zniszczeniom wynikającym z możliwych nasileń zjawisk osuwiskowych. Istnieje wiele technik wzmocnień, których dobór odbywa się indywidualnie dla każdego obiektu i oparty jest na analizie przeprowadzonych badań geotechnicznych oraz oddziaływań pochodzących od samego wznoszenia i użytkowania konstrukcji. Regularne monitorowanie przemieszczeń mas gruntowych za pomocą urządzeń, takich jak na przykład inklinometry umożliwia zapobieganie zniszczeniom i katastrofom budowlanym.

Obserwacja ruchów masowych pozwala na wykonanie dodatkowych wzmocnień obiektów narażonych na utratę stateczności, zanim dojdzie do uszkodzeń budowli niepodlegających remontom i naprawom lub gdy takowe będą wymagały dużego wkładu finansowego leżącego po stronie dysponentów. Odpowiednio wykonane wzmocnienia i stabilizacja terenu przeznaczonego pod inwestycje budowlane gwarantuje prawidłowe funkcjonowanie obiektu bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów wynikających z uszkodzeń. Pomnik Władysława Broniewskiego w Płocku dzięki wykorzystaniu optymalnych dla tej inwestycji rozwiązań oraz materiałów

funkcjonuje w niemalże nienaruszonym stanie od 50 lat mimo występujących w tym czasie znacznych anomalii meteorologicznych i hydrologicznych.

BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7: Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne
- [2] Clague J. J., Stead D., Landslides – Types, Mechanisms and Modeling, Cambridge University Press, Cambridge, 2012
- [3] Parkash S., Landslide Preparedness Guidelines for safety of buildings on slopes, National Institute of Disaster Management, New Delhi, 2019
- [4] <https://www.pgi.gov.pl/aktualnosci/display/9855-osuwiska-ciagle-zagrozenie.html> (dostęp 29.05.2022)
- [5] Rejestr terenów zagrożonych ruchami masowymi ziemi oraz terenów, na których występują te ruchy dla zbrocza doliny Wisły w części prawobrzeżnej miasta Płocka, Zakład Geotechniki i Fundamentowania ITB, Warszawa, 2017
- [6] Instrukcja opracowania mapy osuwisk i terenów zagrożonych ruchami masowymi w skali 1:10 000, Państwowy Instytut Geologiczny, Ministerstwo Środowiska, Warszawa, 2008
- [7] Abramson L., Lee T., Sharma S., Boyce G., Slope Stability and Stabilization Methods. John Wiley & Sons, New York, 2002
- [8] Elias V., Christopher BR., Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes: design and construction guidelines, Rayan R. Berg & Associates, Virginia, 2001
- [9] Trojnar K., Zagrożenia budowli drogowych osuwiskami i sposoby ich eliminowania, Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczypospolitej Polskiej Oddział w Krakowie, 2009, nr 88 (z. 144), str. 379–393
- [10] Stokes A., Atger C., Bengough A. G., Fourcaud T., Desirable Plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides, Plant and Soil 324(1)2009, str. 1–30

Zapraszamy na XIX Krajową Konferencję
**MECHANIKI GRUNTÓW
I INŻYNIERII GEOTECHNICZNEJ**

oraz

VIII Ogólnopolską Konferencję
MŁODYCH GEOTECHNIKÓW

Temat wiodący konferencji:
Aktualne zagadnienia geotechniki

Gliwice, 4–7 lipca 2023 r.



Tematyka

- Badania laboratoryjne i terenowe
- Zagadnienia teoretyczne i modelowanie w geotechnice
- Wzmacnianie podłoża gruntowego
- Geotechnika a kwestie środowiskowe
- Projektowanie geotechniczne
- Budownictwo komunikacyjne i podziemne
- Forum Nauka – Praktyka

Sekretariat Konferencji: dr inż. Magdalena Kowalska

Katedra Geotechniki i Dróg Politechniki Śląskiej, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, Wydział Budownictwa, pok. 213, tel.: 504-233-377

e-mail: magdalena.kowalska@polsl.pl strona internetowa: <http://pkg-slask.org.pl/xix-konferencja-mechaniki-gruntow/>