

Wpływ warunków geotechnicznych na stan budowli zabytkowych na przykładzie kościoła Św. Jadwigi w Dobroszowie

Andrzej Batog, Maciej Hawrysz



Dr inż. Andrzej Batog

Politechnika Wrocławska
Katedra Geotechniki, Hydrotechniki,
Budownictwa Podziemnego i Wodnego

Andrzej.Batog@pwr.edu.pl



Dr inż. Maciej Hawrysz

Politechnika Wrocławska
Katedra Geotechniki, Hydrotechniki,
Budownictwa Podziemnego i Wodnego

Maciej.Hawrysz@pwr.edu.pl

W artykule przedstawiono wpływ uwarunkowań geotechnicznych na stan budowli zabytkowych na przykładzie XIV-wiecznego kościoła znajdującego się w miejscowości Dobroszów, powiat strzeliński na Dolnym Śląsku. Kościół otacza od dolnej części zbocza zdewastowany mur kamienny z budynkiem bramnym, stanowiący niegdyś konstrukcję oporową. Również otaczająca z dwóch stron kościoła skarpa gruntowa podlega deformacjom wywołanym min. przenikaniem do podłoża wód opadowych z uszkodzonego odwodnienia obiektu oraz będącą skutkiem podcięcia skarpy wykopem pod wodociąg. Obserwowany proces osuwiskowy zagraża budowli sakralnej, konstrukcji oporowej jak i prowadzącym do kościoła ciągami komunikacyjnymi.

Podjęcie właściwego i skutecznego programu zabezpieczenia eksploatacji zabytkowych budowli i ich infrastruktury komunikacyjnej wymaga m.in. dokonania oceny geotechnicznych warunków posadowienia a także, w świetle najnowszych przepisów prawnych [6], opracowania projektu geotechnicznego oraz dodatkowo dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.

Biegła znajomość technik konserwatorskich w przypadku budowli zabytkowych w warunkach III kategorii geotechnicznej nie jest wystarczająca dla zapewnienia bezpieczeństwa ich użytkowania [1]. W wielu przypadkach konieczne jest ustalenie warunków posadowienia budowli, wpływu

warunków gruntowych na nośność podłoża fundamentów a w przypadku budowli zlokalizowanych na zboczach, niezbędne jest przeprowadzenie analiz stateczności maszynów gruntowych. Ocena tych zagadnień aktualnie mieści się w zakresie opinii geotechnicznej i projektu geotechnicznego, traktowanych jako samodzielne opracowania techniczne, których autorem winien być uprawniony geotechnik lub doświadczony geolog inżynierski we współpracy z inżynierem konstruktorem.

W artykule przedstawiono sposób przeprowadzenia analiz złożonych warunków gruntowych, mających wpływ na powstanie uszkodzeń zabytkowej budowli sakralnej i otaczającego ją masywu gruntowego wraz z ciągami komunikacyjnymi. Przedstawiono także propozycje działań naprawczych wykorzystujących współczesne techniki w geoinżynierii.

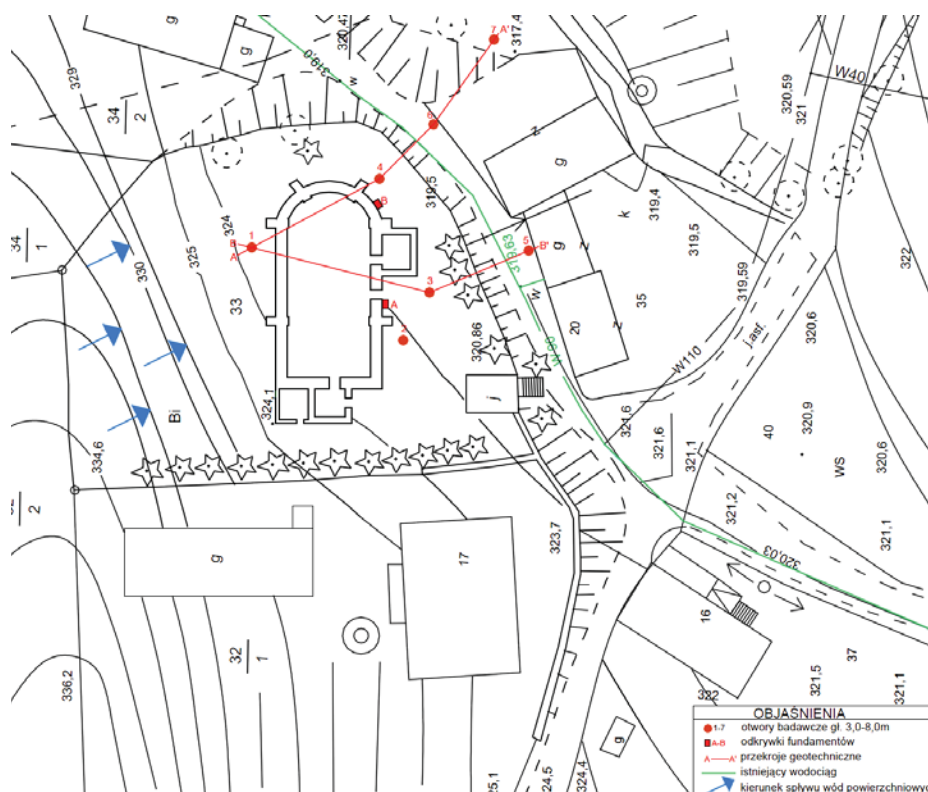
Historia i konstrukcja kościoła

Kościół znajduje się w miejscowości Dobroszów położonej na terenie gminy Przeźmierowo w powiecie strzelińskim, którego lokalizację podano na rysunku 1. Powstanie

kościół sięga roku 1319, został on założony przez biskupa Pawła. Jego pierwotna forma nie jest znana, ponieważ został niemal całkowicie zniszczony podczas wojny 30-letniej. W roku 1750 został odbudowany w stylu barokowym i w takiej formie przetrwał do chwili obecnej. W między czasie był dwukrotnie restaurowany w latach 1856 i 1910. Ostatni remont kościoła, który odnotowano w dokumentach wykonany został w roku 1959. Największą ciekawostką kościoła stanowi ambona w kształcie wieloryba z otwartą paszczą – fotografia 2. Inne zabytki to barokowy prospekt organowy i kilka rzeźb świętych z XVII i XIX wieku.

Prosta bryła budowli długości 26,1 m i szerokości 11,40 m jest zakończona półkolistym prezbiterium, posiada sześć przypór – cztery przy prezbiterium oraz dwie znajdujące się na ścianach bocznych. Wysokość kościoła, bez uwzględnienia sygnaturki wynosi 15,20 m.

Obiekt został posadowiony na ławach fundamentowych, murowanych z kamienia i cegły. Fundamenty stanowią przedłużenie ścian nośnych, od strony zewnętrznej ich szerokość jest równa szerokości ścian. Po- przez wykonanie odkrywek fundamentów



1. Plan sytuacyjny kościoła oraz lokalizacja geotechnicznych otworów badawczych



2. Unikatowa ambona w Kościele Św. Jadwigi w Dobroszowie



3. Fragment kamiennego muru oporowego oraz zbocza z niestateczną skarpą wzdłuż lokalnej drogi

z dwóch przeciwnych stron przy ścianie podłużnej, ustalono ich zagłębienie na 115 cm i 135 cm poniżej powierzchni terenu.

Ściany murowane z kamienia łamanego i cegły, większość jednak stanowi kamień łamany na zaprawie, przy więźbie dachowej widoczne są ceglane przymurówki. Szerokość ścian budynku wynosi 120 cm. Sklepienia kamienno-ceglane, kolebkowe z żebrami wykonanymi z cegły oraz lunetami.

Stan techniczny obiektu

Według karty technicznej obiektu, w latach 1939, 1945 oraz 1959 oceniono stan zachowania budowli oceniono jako dobry. Natomiast w chwili obecnej występują uszkodzenia ścian w postaci licznych spękań. Pęknięcia ścian, na całej ich wysokości można zaobserwować po obu stronach prezbiterium, a także na ścianach bocznych budynku. Miejsca pęknięć konstrukcji uzależnione są od kierunku spływu wód przypowierzchniowych a także wód opadowych. Półkolista ściana od strony

prezbiterium jest elementem, który uległ największym uszkodzeniom. Ten element konstrukcji usytuowany został od strony niezabezpieczonej skarpy, co wskazuje powiązanie z postępem degradacji obiektu. Rozluźnianie ośrodka gruntowego spowodowane istnieniem niezabezpieczonej skarpy najprawdopodobniej przyczynia się do powstania uszkodzeń budowli.

Budynek został posadowiony na gruntach łatwo ulegających uplastycznieniu, w sytuacji intensywnego dopływu wód przy-

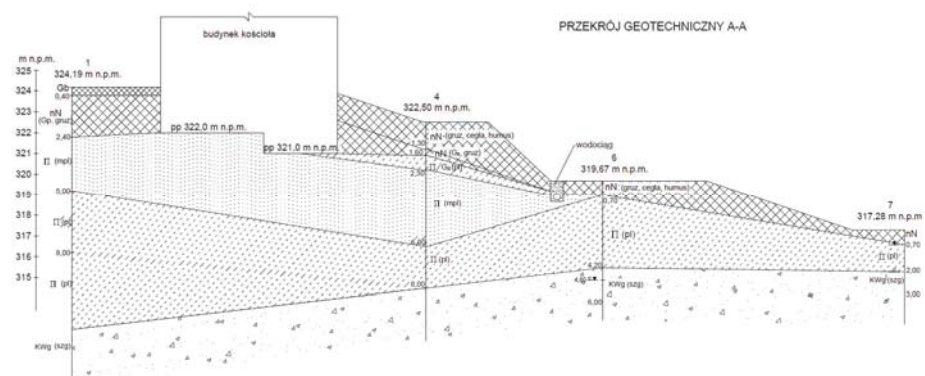
powierzchniowych z wyżej położonego terenu, a także infiltracji wód opadowych i roztopowych w miejscu posadowienia kościoła.

Wokół budynku znajdowała się opaska betonowa, została jednak rozebrana w roku 2013. Była na tyle zniszczona i spękana, że nie spełniała już swoich funkcji. Wody opadowe spływając z rur spustowych na popękanej opasce przyczyniły się do podmycia fundamentów konstrukcji oraz rozluźnienia gruntu w ich otoczeniu.

Od strony południowej wzniesienia został wybudowany kamienny mur oporowy. Jego przeznaczeniem było zabezpieczenie stateczności skarpy wzdłuż drogi dojazdowej do położonej dalej posesji. Konstrukcja oporowa mogłaby znacznie ograniczyć dalsze deformacje podłoża gruntowego oraz związane z nimi nierównomierne osiadania obiektu. W chwili obecnej stan techniczny konstrukcji oporowej znajdującej się od strony południowej jest na tyle zły, że nie spełnia ona swoich pierwotnych funkcji – fotografia 3. Część skarpy od strony południowo-zachodniej nie posiada żadnego wzmocnienia. Dalej zachował się fragment murowanego, kamiennego muru oporowego o grubości 60 cm.

Rozpoznanie geotechniczne podłoża oraz posadowienia kościoła

Teren, na którym został posadowiony obiekt to zbocze lokalnego wzniesienia. Na powierzchni występują liczne uszkodzenia spowodowane przez intensywny spływ wód powierzchniowych a także podmywanie obiektu przez wody opadowe i roztopowe. Podłoże gruntowe, na którym kościół został bezpośrednio posadowiony, stanowią w głównej mierze mało spoiste pyły (lessy). Jest to sytuacja wyjątkowo niekorzystna, ponieważ grunt ten jest bardzo wrażliwy na zawilgocenie. Warstwa pyłów jest mocno zróżnicowana, występują one o konsystencji od twardoplastycznej przez plastyczną do miękkoplastycznej (wskaźnik konsystencji $IC > 0,44$). Poniżej warstwy



4. Przekrój geotechniczny przedstawiający warunki posadowienia kościoła

pyłów zalega warstwa nośna w postaci zwietrzeliny, której uziarnienie odpowiada mieszaninie piasku i fragmentów skały oraz gliny (sagrCo/clgrCo). Przekrój geotechniczny przedstawiający warunki geotechniczne posadowienia kościoła przedstawiono na rysunku 4.

Konstrukcja fundamentów jest charakterystyczna dla kościołów budowanych w XVIII w. [3], są one murowane z kamienia i cegły - fotografia 5. Fundamenty stanowią przedłużenie ściany nośnej budynku.

Ustalenie przyczyn uszkodzeń konstrukcji budowli

Istotnym dla stanu technicznego obiektu jest jego posadowienie na zboczu lokalnego wzniesienia. Związany z tym spływ wód przypowierzchniowych i ich infiltracja w podłoże dodatkowo pogarszają istniejące warunki gruntowe. Długotrwały spływ wody z dachu budynku przy braku odpowiedniego odprowadzenia wód opadowych również przyczynił się do pogorszenia stanu technicznego fundamentów kościoła poprzez podmywanie oraz wypłukanie zaprawy. Widoczne spękania ścian kościoła są dowodem przemieszczeń pionowych badanego obiektu, będących wynikiem osiadań fundamentów. W analizowanym przypadku, można przypuszczać że duży wpływ na zachowanie stateczności obiektu ma przepływ wód gruntowych infiltracyjnych. Świadczy o tym lokalizacja miejsc największych uszkodzeń budynku manifestujących się w postaci pionowych rys i spękań.

Występujące rozluźnienie podłoża gruntowego w sąsiedztwie ścian fundamentowych budowli jest spowodowane rozwijającym się procesem osuwiskowym oraz niekorzystnymi skutkami infiltracji wód opadowych i roztopowych, dopływających z wyższych partii wzniesienia, które inicjują sufozję gruntach przepuszczalnych. Zjawiska te należy uznać za główną przyczynę powstania uszkodzeń murów, przedstawionych na fotografii 6.

Brak systemu odprowadzającego wody z dachu kościoła oraz ujęcia i odprowadzenia wód powierzchniowych spływających z wyższych partii wzniesienia, powoduje infiltrację wód do podłoża. Skutkiem tego zjawiska jest zmiana konsystencji gruntu, wpływająca na znaczące obniżenie nośności podłoża fundamentów i ich niekontrolowane osiadanie. Dodatkowo rozwojowi niekorzystnych zjawisk sprzyja brak konstrukcji oporowej przy skarpie od strony południowej, jak również zniszczona konstrukcja oporowa, uformowana z kamieni usypanych od strony wschodniej.



5. Odkrywką fundamentów



6. Pionowe pęknięcia i zarysowania widoczne na ścianie od strony prezbiterium

Prowadzi to do pogłębiania się istniejących i powstania nowych uszkodzeń. Widoczne są pionowe rysy powstałe na całej wysokości ścian po dwóch stronach. Ponadto widocznym efektem braku skutecznego odprowadzenia wód z połaci dachowej jest postępujące zawilgocenie murów budowli, co jest widoczne na fot. 6.

Rozwiązanie problemu zabezpieczenia stateczności konstrukcji kościoła

Najważniejszym celem działań naprawczych jest zapewnienie stateczności obiektu przy jednoczesnym zachowaniu walorów kulturowych analizowanego obiektu zabytkowego. Biorąc pod uwagę przyczyny uszkodzeń oraz ich mechanizm powstawa-

nia, należy podjąć równoległe trzy rodzaje działań naprawczych:

- kluczowe znaczenie w analizowanym przypadku ma ujęcie i odprowadzenie wód opadowych dopływających z wyżej położonych obszarów, co będzie możliwe poprzez wykonanie drenażu opaskowego wokół budynku. Kościół posadowiony został na gruntach pylastych (lessowych), które charakteryzują się znacznym pogorszeniem parametrów mechanicznych podczas kontaktu z wodą;
- równie istotnym zadaniem jest wzmocnienie posadowienia obiektu. Biorąc pod uwagę niekorzystne warunki gruntowe, a także uszkodzenia konstrukcji budynku w postaci licznych spękań na powierzchni ścian, wskazane jest wykonanie wzmocnienia podłoża pod fundamentem budowli;
- w dalszej kolejności należy powstrzymać rozwój procesu osuwiskowego na skarpie znajdującej się od strony południowej obiektu. Możliwe jest to poprzez wykonanie odpowiedniej konstrukcji oporowej.

Zabezpieczenie obiektu przed infiltracją wód powierzchniowych w podłoże powinno zostać wykonane w pierwszej kolejności. Pozwoli to na wyeliminowanie bezpośredniej przyczyny postępu deformacji podłoża konstrukcji obiektu zabytkowego. Wody roztopowe i opadowe z terenu wyżej położonego, powinny zostać ujęte za pomocą drenów oraz odprowadzone do pobliskiego potoku. Zalecane jest wykonanie systemu odwodnienia terenu, w tym drenażu opaskowego, w celu trwałego obniżenia poziomu wód gruntowych. Ponadto zalecane jest ułożenie korytek ściekowych o minimalnej długości 1,2 m, które zapewnią odprowadzenie wód deszczowych na odległość znajdującą się w zasięgu projektowanego drenażu opaskowego. Wody opadowe zostaną przejęte przez sączki drenażowe a następnie odprowadzone do pobliskiego cieku.

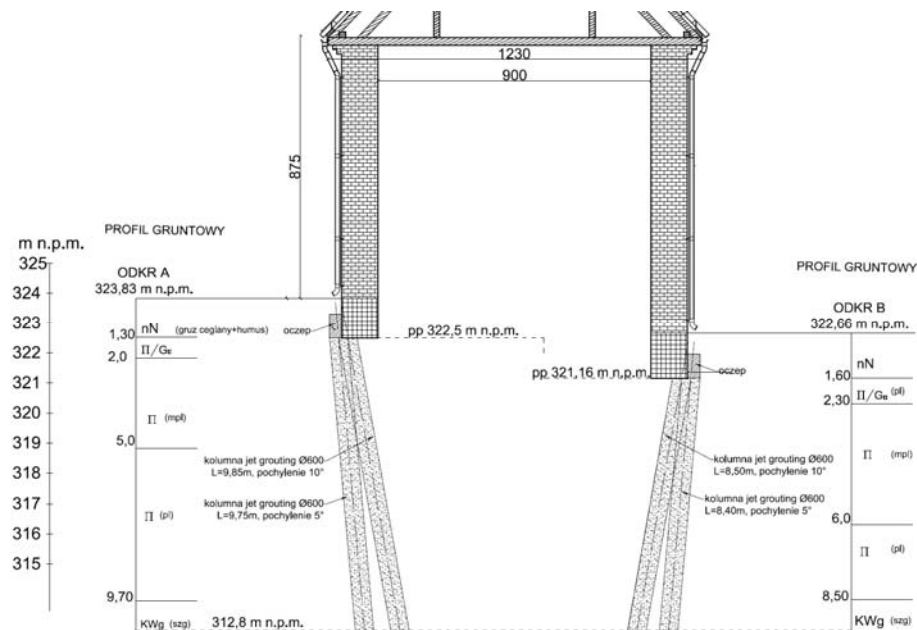
Z pośród analizowanych metod wzmocnienia podłoża najkorzystniejsze w danym przypadku będzie zastosowanie wysokociśnieniowej iniekcji strumieniowej jet grouting. Jest ona powszechnie stosowana do zabezpieczania fundamentów istniejących obiektów zabytkowych. W przypadku występowania gruntów pylastych pale wykonane w systemie jednomediowym uzyskują średnice w zakresie 400-600 mm [4]. Proponowane rozwiązanie techniczne wykonania wzmocnienia przedstawiono na rysunku 7.

Konieczność wykonania wzmocnienia podłoża fundamentów kościoła należy ostatecznie rozważyć po wykonaniu odwodnienia. Należy w tym celu dokładnie monitorować obiekt, bo może bowiem

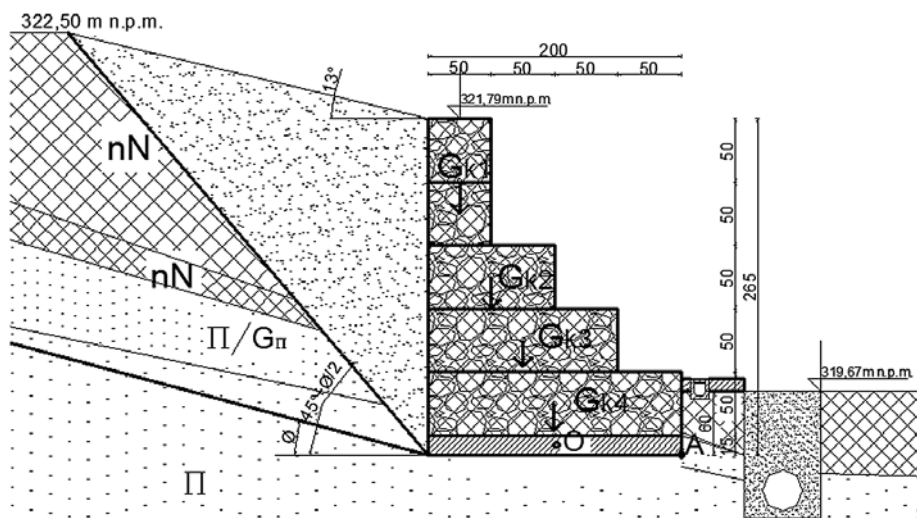
okazać się, że odwodnienie terenu oraz wykonanie ściany oporowej będą w tym przypadku wystarczającym zabezpieczeniem. Jeśli nie będzie widocznych śladów postępu degradacji obiektu, wykonanie wzmoc-

nienia posadowienia nie będzie konieczne.

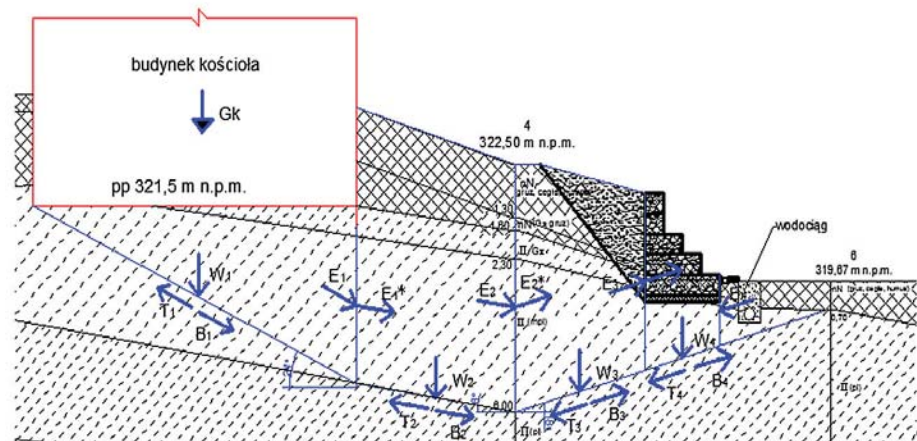
W celu zabezpieczenia budowli przed ruchami osuwiskowymi proponuje się wykonanie konstrukcji oporowej z koszy siatkowo kamiennych, zgodnie z kon-



7. Propozycja wzmocnienia fundamentów oraz konstrukcji kościoła palami jet-grouting



8. Koncepcja zapewnienia stateczności skarpy oraz ciągów komunikacyjnych ścian oporowych z koszy siatkowo-kamiennych



9. Schemat obliczeniowy rozkładu sił wewnętrznych przyjęty do analizy stateczności

cepcją podaną na rysunku 8. Taki rodzaj muru oporowego byłby w analizowanym przypadku najmniej inwazyjny, biorąc pod uwagę zabytkowy charakter obiektu można ją łatwo dopasować do otoczenia pod względem estetycznym i architektonicznym. Ważną zaletą ścian oporowych wykonanych z koszy siatkowo-kamiennych jest samoczynne odwadnianie budowli, nie powodują one retencji wody. Nie występuje więc konieczność zastosowania dodatkowego odwodnienia konstrukcji. Ponadto elastyczność takich ścian oporowych zapewnia odporność na uszkodzenia pod wpływem osiadań i odkształceń. Proponowane rozwiązanie konstrukcji oporowej przedstawiono na rysunku 8. Sprawdzenie globalnego warunku stateczności konstrukcji oraz podłoża przeprowadzono za pomocą metody Szachunianca [2], jednej z wersji metody dużych brył dla zdeterminowanej powierzchni poślizgu. Schemat obliczeniowy przedstawiono na rysunku 9. Obliczenia stateczności wykonano zgodnie z podejściem obliczeniowym PO 3 zawartym w Eurokodzie 7 [5]. Wartość wskaźnika stateczności FOS, rozumianego jako stosunek wartości obliczeniowej efektu oddziaływań destabilizujących zbcz do wartości obliczeniowej oporu gruntu przed utratą sta-

teczności wynosi $FOS = 1,24$ i jest większa od wartości wymaganej, również jedności.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykład przeprowadzenia, zgodnej z aktualnymi przepisami, oceny wpływu warunków geotechnicznych na stan techniczny budowli zabytkowej. Na podstawie przeprowadzonej analizy warunków grunto- wodnych rejonu posadowienia obiektu oraz uszkodzeń jego konstrukcji określone zostały przyczyny pogarszania się stanu technicznego obiektu oraz otaczającej go z dwóch stron skarpy drogowej. Oceny dokonano na podstawie dokumentacji badań geotechnicznych podłoża gruntowego rejonu posadowienia obiektu a także na podstawie bezpośrednich obserwacji. Zaproponowane zostało kompleksowe rozwiązanie zapewniające powstrzymanie dalszej degradacji budowli w postaci wykonania odwodnienia za pomocą drenażu opaskowego, zabezpieczenia skarpy wraz z ciągami pieszymi i jezdnyimi konstrukcją oporową z koszy siatkowo kamiennych oraz w przypadku, gdyby rozwiązania te nie były wystarczające – wzmocnienia podłoża palami jet-grouting. ◀

Materiały źródłowe

- [1] Batog A., Hawrysz M., Projektowanie budowli ziemnych w skomplikowanych i złożonych warunkach geotechnicznych, Geoinżynieria Drogi, Mosty, Tunele, 2013, nr 3, str. 34-43
- [2] Dmitruk S., Suchnicka H., Geotechniczne zabezpieczenie wydobycia, Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1976
- [3] Jasieńko J., Łodygowski T., Rapp P., Naprawa, konserwacja i wzmocnianie wybranych, zabytkowych konstrukcji ceglanych, Dolnośląskie Wydawnictwo Edukacyjne, Wrocław 2006
- [4] Kłosiński B., Mikropale - stan techniki i perspektywy, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, 2011, nr 3, str. 72-76
- [5] PN-EN 1997-1 Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne Część 1: zasady ogólne
- [6] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowiania obiektów budowlanych. Dz.U. z dn. 25.04.2012 poz. 463

REKLAMA

INERCYJNY TOROMIERZ DO ODBIORU PRAC INWESTYCYJNYCH - iTEC



www.graw.com