

Awarie zabezpieczeń wykopów

– co się za nimi kryje?

tekst: **NATALIA MACA, JAKUB SIERANT**, Titan Polska Sp. z o.o., zdjęcia: **TITAN POLSKA Sp. z o.o.**

W ostatnich latach na realizowanych w Polsce zabezpieczeniach głębokich wykopów obserwujemy niepokojący wzrost liczby awarii i stanów przedawaryjnych. Z jednej strony mogłoby to być zrozumiałe, gdyż mamy do czynienia z coraz trudniejszymi wyzwaniami projektowymi i logistycznymi. Z drugiej jednak, metody obliczeniowe, znajomość i opis natury gruntu są coraz bardziej zaawansowane, pozwalając znacznie precyzyjniej projektować rzeczywistą pracę konstrukcji. Co więcej, wydaje się, że odsetek awarii w geotechnice jest wyższy niż w innych sektorach budownictwa i dotyczą one głównie inwestycji publicznych. Powstaje zatem bardzo uzasadnione pytanie o przyczyny tego alarmującego stanu rzeczy.

Oczywiście, zabezpieczenia wykopów, jak wszystkie konstrukcje geotechniczne, są obciążone wysokim ryzykiem wynikającym z charakteru gruntu jako materiału budowlanego i z braku dostępu do konstrukcji po jej wybudowaniu. Dlatego normy i regulacje prawne zobowiązują projektantów do stosowania relatywnie wyższych współczynników częściowych oraz szczegółowego specyfikowania technologii robót i materiałów. Podkreślają również znaczenie nadzoru, kontroli i monitoringu – pozwalających na wczesną identyfikację niekorzystnych zjawisk – oraz współpracy wszystkich uczestników procesu budowlanego. Skąd zatem coraz częstsze problemy?

By na to pytanie odpowiedzieć, w dalszej części opisano kilka wybranych – z niestety bardzo licznych – przykładów awarii zabezpieczeń wykopów, które odzwierciedlają zaobserwowane w praktyce autorów tendencje w zakresie najczęściej występujących przyczyn awarii głębokich wykopów.

Przykłady awarii

Awaria zabezpieczenia wykopu dla budynku biurowego

Podczas realizacji wykopu pod budynek biurowy z dwiema kondygnacjami podziemnymi, zabezpieczonego ścianką berlińską oraz palisadą, odnotowano przemieszczenia znacznie przekraczające określone w projekcie, a w końcu doszło do zniszczenia obudowy (ryc. 1). Analiza dokumentacji i weryfikacje obliczeniowe wykazały, że awaria wystąpiła w wyniku nałożenia wielu czynników zarówno natury projektowej, jak i wykonawczej, nieakceptowalnych w świetle wymagań III kategorii geotechnicznej inwestycji.

Wykop zlokalizowany był właściwie całkowicie w iłach trzeciorzędowych, silnie i bardzo silnie pęczniejących. Zaprojektowana została, nieodpowiednia w tych warunkach, obudowa w postaci ścianki berlińskiej, nad którą dodatkowo uformowano wysoką,



Ryc. 1. Widok zniszczonej konstrukcji ścianki berlińskiej wspornikowej



Ryc. 2. Widok zniszczonej konstrukcji ścianki berlińskiej na odcinku kotwionym

nieosłoniętą skarpe. Takie ukształtowanie ułatwiło migrację wody opadowej w grunt za opinką oraz w dno wykopu.

W rezultacie, po wystąpieniu obfitych opadów deszczu, zmienił się schemat statyczny konstrukcji przez dociążenie parciem pęcznienia oraz redukcję odporu. W obliczeniach projektowych efekt pęcznienia nie był uwzględniony, a i same parametry wytrzymałościowe włókna budzą wątpliwości. Obliczenia i rozpoznanie geologiczne przeprowadzono bowiem zgodnie z Eurokodem 7, ale wartość spójności efektywnej włókna niekonsekwentnie przyjęto za normą PN-B-03020 na poziomie nawet 60 kPa, zatem zbyt wysoką, zwłaszcza w kontekście rozpoznanych przewarstwień żwirowych doprowadzających wodę.

Należy również zauważyć, że najbardziej zniszczone odcinki obudowy charakteryzowały się schematem wspornikowym i trzymetrowym rozstawem pali, co przy całkowitej głębokości wykopu dochodzącej do 8 m skutkuje krytycznie wysoką odpowiedzialnością jednostkową pojedynczego pala obudowy.

Czynnikiem, który przesądził o zniszczeniu obudowy na jej kotwionym odcinku (ryc. 2), było przegłębienie wykopu o ponad 2 m poniżej zaprojektowanego poziomu kotwienia, co w prosty sposób doprowadziło do przeciążenia konstrukcji.

Awaria drogowej konstrukcji gwoździowanej

Część nowej obwodnicy miasta przebiega w głębokich do 15 m wykopach, zlokalizowanych głównie w warstwach piaszczystych i pylastych, w których rozpoznano lokalne, ale intensywne sączenia. Na analizowanym odcinku skarpy wykopu zostały zabezpieczone konstrukcją gwoździowaną z oblicowaniem z siatki stalowej, docelowo zazielenionym. Zaprojektowano również odwodnienie w postaci drenów wierconych w dwóch rzędach, które miały zostać dogęszczone w miejscach widocznych wysięków wody, tak aby zminimalizować zawilgocenie utworów wrażliwych na działanie wody. Decyzję o instalacji dodatkowych drenów podejmować miał inspektor na podstawie raportów wykonawcy (metoda obserwacyjna), który zobowiązany był również do bieżącej oceny zgodności rzeczywistych warunków geotechnicznych z przyjętymi w projekcie.

Na końcowym etapie robót projektant został poinformowany o zerwaniu niektórych gwoździ gruntowych. Podczas wizji lokalnej stwierdzono poważne problemy ze statecznością globalną (ryc. 3): znaczące przemieszczenia na całej wysokości skarpy, widoczne przeciążenie konstrukcji (główce gwoździ gruntowych „zatonione”, zniszczenie pojedynczych gwoździ i oczek siatki stalowej) oraz obszary intensywnych sączeń, nieujętych w dreny (ryc. 4). Szczęśliwie, konstrukcja gwoździowana mimo deformacji nie uległa zniszczeniu, przemieszczając się w przybliżeniu jak monolit, dzięki czemu obiekty zlokalizowane nad koroną nie zostały uszkodzone. Dalsza inspekcja wykazała, że grunty budujące skarpe były w gorszym stanie niż przyjęte w projekcie, natomiast gwoździe gruntowe i siatka stalowa nie wykazywały wad materiałowych – uległy zniszczeniu w wyniku przeciążenia. Ponadto jaskrawo widoczne było, że sytuacja nie wystąpiła nagle, a eskalowała tygodniami.

Powstałą awarię przypisano problemom formalnym – brakowi przepływu informacji między wykonawcą a inspektorem oraz niewykonaniu czynności przewidzianych w programie monitoringu. Działania te pozwoliłyby na odpowiednią interwencję – zmianę projektową – już na etapie zaobserwowania pierwszych niepokojących zjawisk, dzięki czemu nie doszłoby do daleko posuniętych szkód.



Ryc. 3. Widok ogólny zdeformowanej skarpy gwoździowanej ze szczegółem przeciążonego gwoźdźca gruntowego i siatki stalowej



Ryc. 4. Skarpa z widocznymi intensywnymi sączeniami

Palisada kotwiona zabezpieczająca wykop drogowy

W czasie realizacji wykopu pod drogę ekspresową, zabezpieczonego docelowo palisadą kotwioną, wystąpił szereg problemów uniemożliwiających kontynuację prac w projektowanym kształcie. Już na etapie wiercenia pali, ze względu na użycie sprzętu nieodpowiednio dobranego do warunków geologicznych, pojawił się problem z dowierceniem pali do żądanej głębokości. Trudności wystąpiły też przy instalacji mikropali kotwiących – wykonawca, w poszukiwaniu oszczędności, zmienił rodzaj i typ żerdzi w stosunku do przewidzianej w projekcie, co również poskutkowało problemami z osiągnięciem zakładanych długości. Co więcej, po odkopaniu drugiego rzędu zakotwień mikropale zaczęły się zrywać (ryc. 5). Mimo szybkiej wymiany zniszczonych zakotwień przemieszczenia konstrukcji rosły, osiągając w koronie 87 cm, a poszczególne elementy konstrukcji były widocznie przeciążone. Roboty przerwano i wykonano przyporę ratunkową (ryc. 6).

Analiza awarii, oparta m.in. na dodatkowych inspekcjach i badaniach elementów, wykazała, że część mikropali kotwiących osiągała zaledwie 20% nośności projektowej. Same żerdzie stalowe (zbrojenie) były także niezgodne z normami –



Ryc. 5. Zerwane mikropale kotwiące – fragmenty żerdzi leżące wzdłuż muru i „puste” głowice zakotwień



Ryc. 6. Uszkodzona konstrukcja z uformowaną przyporą ratunkową i przeciężony rząd mikropali kotwiących (widoczne deformacje)

wykonane ze stali niekonstrukcyjnej – i nie spełniały deklarowanych w dokumentach wartości parametrów wytrzymałościowych. Również pale nie były poprawnie wykonane – część była krótsza niż projektowana, nie było ciągłości otuliny, a w niektórych występowały przerwy w trzonie betonowym.

Przypadek ten wyraźnie pokazuje krytyczne znaczenie nieuprawnionych zmian technologii i niskiej jakości robót dla bezpieczeństwa i wytrzymałości konstrukcji. Wyjątkowo jaskrawy jest tu również efekt stosowania wadliwych (choć dopuszczonych do obrotu!) wyrobów budowlanych, które mimo niespełnienia podstawowych wymogów dla stali zostały zatwierdzone do wbudowania.

Wnioski

Z analizy kilkudziesięciu projektów geotechnicznych z ostatnich 15 lat, z których kilka skrótowo tu opisano, wynika, że błędy projektowe jako główne źródło awarii występują raczej sporadycznie. Najczęściej przyczynami niepowodzeń są: słabe jakościowo wykonawstwo i nieuprawnione zmiany technologii, brak lub marginalizacja odpowiedniego nadzoru i monitoringu wykonania prac oraz zakłócenia przepływu informacji pomiędzy uczestnikami procesu budowlanego.

Jednocześnie nasuwa się wniosek, że są to przyczyny wtórne, a pierwotnym źródłem problemów są warunki formalne i ekonomiczne. W regulacjach prawnych zauważalne są bowiem pewne luki, prowadzące do uaktywnienia się powyższych zagrożeń, które można zaliczyć do dwóch obszarów:

- brak ścisłej mapy odpowiedzialności pomiędzy zaangażowanymi stronami, prowadzący do bierności nadzoru lub wykonawcy oraz braku ciągłości pomiędzy procesem projektowania i budowy, a nawet ograniczania decyzyjności projektanta;
- w przepisach krajowych brakuje listy kompetencji wymaganych od personelu nadzorującego projekty geotechniczne, przez co nad takimi robotami czuwają osoby wyspecjalizowane w innych dziedzinach, np. doskonały mostowiec, niebędący geotechnikiem. Często skutkuje to ich biernością, w myśl zasady „lepiej się nie wychylać”.

Z warunkami formalnymi ściśle powiązane są warunki ekonomiczne, co widać w procedurach przetargów publicznych. Ciągła presja cenowa wywierana na wykonawców zmusza ich do poszukiwania fałszywych oszczędności. W efekcie jakość robót i materiałów jest zaniżana, a kwestie poprawności technicznej spychane na margines. Jednocześnie odpowiedzialność za obniżanie standardów i ewentualną katastrofę budowlaną jest przerzucana końcowo na inwestora.

Wydaje się, że jeśli problemy te nie zostaną formalnie rozwiązane, obecne *status quo* z cichym przyzwoleniem na niską jakość robót geotechnicznych nie ulegnie zmianie, a sytuacje niebezpieczne będą się powtarzać. Mamy nadzieję, że tak się jednak nie stanie, a ten i podobne artykuły pomogą w procesie ewolucji polskiej geotechniki w kierunku lepszej i bardziej bezpiecznej.

Artykuł powstał na podstawie referatu wygłoszonego podczas konferencji *Awarie budowlane 2019*. W pełnej treści artykułu opublikowanego w materiałach konferencyjnych przedstawiono szerszy wachlarz przypadków awarii wraz z ich obszerniejszym opisem. Zgodnie z intencją autorów, opisane w artykule inwestycje mają służyć jedynie jako przykład dla analizy problemu, z tego powodu wszelkie informacje mogące służyć identyfikacji uczestników procesów inwestycyjnych zostały pominięte.



Więcej na www.titan.com.pl