

mgr inż. Maciej Król<sup>1)</sup>

# Przegląd metod zabezpieczania wykopów

Wymagania stawiane wykopom i konieczność ich projektowania oraz zabezpieczania określa m.in. [1]. Względy bezpieczeństwa przedstawione w [1] stanowią: *wykopy bez umocnień, o głębokości większej niż 1 m, lecz nie większej niż 2 m, można wykonywać, jeżeli pozwalają na to wyniki badań gruntu i dokumentacja geologiczno-inżynierska*. W praktyce oznacza to, że większość wykopów pod nowo powstające budynki należy wykonywać w skarpach o bezpiecznym nachyleniu (dopuszczalne do pewnej głębokości i z przyczyn praktycznych niemożliwe do zrealizowania w zwartej zabudowie miejskiej) lub stosując odpowiednie zabezpieczenia. Przed wyborem technologii zabezpieczenia należy zdefiniować wymagania stawiane obudowie wykopu. Klasyfikacji konstrukcji oporowych można dokonać na podstawie różnych kryteriów, m.in.:

- czasu użytkowania (trwałe, tymczasowe);
- głębokości wykopu (np. liczba kondygnacji podziemnych);
- szczelności (ograniczające dopływ wody do wykopu lub ażurowe);
- dopuszczalnego przemieszczenia (z uwagi na ochronę sąsiedniej infrastruktury);
- schematu statycznego (wspornikowe, podpierane).

Właściwe określenie wymagań jest niezbędne do wyboru prawidłowej technologii, a w późniejszych etapach do optymalnego projektu i bezpiecznego wykonawstwa. Do konsultacji międzybranżowych warto zaprosić inżyniera geotechnika, ponieważ wybór obudowy wykopu wielokrotnie ma istotny wpływ na projekty branżowe (pozornie) niezwiązane z geotechniką.

Najpopularniejszymi metodami zabezpieczania wykopów są **obudowy berlińskie** (fotografia 1) oraz **grodzice stalowe**. Technologie te są z powodzeniem stosowane od dziesięciole-



Fot. 1. Kotwiona obudowa berlińska z pali CFA

<sup>1)</sup> Keller Polska sp. z o.o.; maciej.król@keller.com

ci i doskonale znane w praktyce inżynierskiej, stąd nie ma konieczności ich omawiania w artykule. Warto szczegółowego zaprezentowania są technologie alternatywne w postaci **palisad, przesłon przeciwnieprzepuszczalnych** oraz **ścian szczelinowych**, ponieważ możliwości i zalety, jakie oferują, mogą mieć istotny wpływ na realizację prac ziemnych, fundamentowych i konstrukcyjnych. Wspólną cechą wymienionych technologii jest brak wibracji podczas wykonywania prac, przez co z powodzeniem mogą być (i są) stosowane w pobliżu istniejącej zabudowy.

Jedną z metod służących do zabezpieczenia wykopów są **palisady i przesłony przeciwnieprzepuszczalne z cementogruntem**. Kolumny lub panele powstają w wyniku zmieszania zaczynu cementowego z gruntem zalegającym w podłożu, który po związaniu gwarantuje uzyskanie określonej wytrzymałości na ściskanie. W celu przeniesienia naprężeń zginających, wynikających z parcia gruntu, obudowy zbrojone są kształtownikami stalowymi. Cementowo-gruntowe obudowy wykopów mogą mieć formę palisad składających się z kolumn DSM lub ciągłych przesłon wykonywanych jako Trench Soil Mixing. Obudowy wykonywane w tej technologii charakteryzują się bardzo dobrymi parametrami przeciwnieprzepuszczalnymi. Niewątpliwymi zaletami tej metody jest możliwość wykorzystania kolumn jako szalunku traconego (łatwość skrawania cementogruntu i formowania równej powierzchni), brak konieczności demontażu elementów zabezpieczenia, co ułatwia dalsze prace, oraz niewielka ilość urobku technologicznego powstającego podczas wiercenia. Przy zachowaniu właściwego reżimu technologicznego, z powodzeniem można wykonywać kolumny DSM w bezpośrednim sąsiedztwie istniejącej zabudowy. Stąd też ważnym aspektem przy projektowaniu i wykonawstwie jest doświadczenie specjalistycznej firmy geotechnicznej realizującej prace, ponieważ ustalenie cech wytrzymałościowych cementogruntu, dobór receptury zaczynu cementowego i określenie parametrów wykonawczych ma kluczowe znaczenie w przypadku optymalnego wykorzystania możliwości technologii DSM. Ogólne wytyczne dotyczące projektowania i wykonawstwa określa norma wykonawcza [2].

Innym sposobem wykonania obudowy wykopu z wykorzystaniem cementogruntu jest **iniekcja wysokociśnieniowa jet grouting (Soilcrete®)**. W tym przypadku strumień zaczynu cementowego pod wysokim ciśnieniem iniektowany w podłoże pozwala tworzyć kolumny, półkolumny lub lamele stanowiące elementy konstrukcji oporowej. W zależności od warunków gruntowych można wykonać kolumny o średnicy od 60 cm do ponad 2,0 m (przy sprzyjających warunkach gruntowych i zastosowaniu odpowiednich procesów technologicznych można uzyskać średnicę nawet ok. 5,0 m). Najczęstszym zastosowaniem kolumn jet grouting są podchwy-

cenia istniejących budynków, które jednocześnie mogą stanowić zabezpieczenie głębokiego wykopu. Z taką sytuacją mamy do czynienia w przypadku lokalizacji projektowanego budynku w ostrej granicy z sąsiadem, gdy brak jest przestrzeni na dodatkowy element oporowy. Obudowy wykonywane za pomocą kolumn Soilcrete charakteryzują się bardzo dużą szczelnością. Ważną zaletą tej metody jest możliwość zastosowania sprzętu o niewielkich gabarytach, co czyni ją niezwykle użyteczną w zamkniętych pomieszczeniach, halach produkcyjnych czy innych miejscach o ograniczonej wysokości. Ponadto kolumny Soilcrete znajdują zastosowanie w uszczelnianiu wykopów (jako uzupełnienie innych technologii) oraz realizacji poziomych przesłon przeciwniecki (przy wysokim poziomie zwierciadła wody gruntowej i głębokim zaleganiu warstw nieprzepuszczalnych jest to rozwiązanie najbardziej ekonomiczne). Zasady projektowania, wykonawstwa oraz warunki kontroli prac za pomocą iniekcji wysokociśnieniowej są szczegółowo określone w normie wykonawczej [3].

Technologią bardzo użyteczną, zwłaszcza w zwartej zabudowie miejskiej oraz w trudnych warunkach gruntowych (podłoże skalne, pozostałości dawnej zabudowy), są **palisady z żelbetowych pali wierconych w orurowaniu** (spotykane nazwami są **pale VDW**, z niemieckiego „Vor der Wand” lub **CCFA**, z angielskiego „Cased Continuous Flight Auger”) – fotografia 2. W tym przypadku wykonanie zabezpieczenia wykopu polega na jednoczesnym wkręcaniu świra ciągłego w osłonie rury stalowej, a po osiągnięciu głębokości projektowej następuje podawanie mieszanki betonowej z jednoczesnym wyciąganiem urządzenia wiertniczego. Obudowy wykopów realizuje się w tzw. schemacie pali niezbrojonych (w cyklu geotechnicznym wykonywane jako pierwsze) i zbrojonych, stanowiących element nośny. Zbrojenie w postaci stalowego kształownika lub kosza zbrojenowego instalowane jest po zakończeniu betonowania. Ze względu na koronki wiertnicze zainstalowane na rurze prowadzącej technologia ta jest wyjątkowo przydatna podczas wykonywania prac w pozostałościach dawnej zabudowy (możliwość przewiercania murów ceglanych) oraz w podłożu skalnym. W celu uzyskania dokładności wymaganej projektem wyprzedzająco wznosi się murki prowadzące stanowiące „szablon” do wykonania palisady. Palisady VDW sprawdzają się doskonale jako rozwiązania tymczasowe lub trwałe (w sprzyjających warunkach gruntowych). Możliwość wykorzystania średnicy do 88 cm pozwala na zabezpieczenie bardzo głębokich wykopów. Ważnym elementem podczas projektowania jest uwzględnienie możliwych odchyłek wykonawczych i „zarezerwowanie” odpowiedniej przestrzeni na obudowę. Wytoczne dotyczące m.in. dopuszczalnych odchyłek określa norma [4].

Rozwiązaniem z założenia docelowym i trwałym jest obudowa wykopu wykonana w technologii **ścian szczelinowych**, stanowiących integralny element projektowanego obiektu. Podobnie jak w przypadku pali VDW w pierwszej kolejności wykonywane są murki prowadzące zapewniające wymagany poziom dokładności wykonawczej. W drugim etapie następuje głębenie poszczególnych sekcji wykopu w osłonie



Fot. 2. Obudowa wykopu w postaci palisady z pali CCFA

zawiesziny tiksotropowej. Kolejnym procesem jest betonowanie metodą kontraktor z jednoczesnym usuwaniem zawiesziny z wykopu. Po zakończeniu betonowania instaluje się zbrojenie w postaci koszy stalowych. Ściany szczelinowe są optymalną metodą zabezpieczania wykopów w przypadku budynków z wieloma kondygnacjami podziemnymi, przy wysokim poziomie wód gruntowych. Ten rodzaj obudowy umożliwi maksymalne wykorzystanie powierzchni działki, więc jest to metoda często stosowana w centrach dużych miast, gdzie liczy się każdy metr kwadratowy zabudowywanej powierzchni.

W artykule przedstawiono tylko część informacji, jakie należy rozważyć przy wyborze każdej z metod zabezpieczenia wykopu. Aktualną normą dotyczącą geotechniki jest Eurokod 7 [5], szczegółowo opisujący proces przygotowania, projektowania, realizacji i kontroli prac, który w połączeniu z normami wykonawczymi [2 ÷ 4; 6] w teorii wyczerpuje całą tematykę. Niemniej jednak szczegóły technologiczne, doświadczenie projektowe i wykonawcze mają istotne znaczenie i nie sposób opisać ich wszystkich w normach i wytycznych. Mając na uwadze, jak zwiększa się udział prac geotechnicznych w całym procesie budowy, warto włączyć w proces inwestycyjny doświadczonego inżyniera geotechnika, którego udział z pewnością ułatwi projektowanie i zoptymalizuje realizację.

Fotografie: archiwum firmy Keller Polska

## Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 6 lutego 2003 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych Dz.U. 2003 nr 47 poz. 401.
- [2] PN-EN 14679:2005 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Wgłębne mieszanie gruntu.
- [3] PN-EN 12716:2019-01 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Iniekcja strumieniowa.
- [4] PN-EN 1536+A1:2015-08 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Pale wiercone.
- [5] PN-EN 1997-1:2008 Eurokod 7 – Projektowanie geotechniczne – Część 1: Zasady ogólne.
- [6] PN-EN 1538:2010 Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych – Ściany szczelinowe.