

# GEOTECHNIKA FUNDAMENTEM PRZEMYSŁU



**MACIEJ KRÓL**  
Kierownik Projektu  
Keller Polska



**SŁAWOMIR SZCZEPANIAK**  
Dyrektor Oddziału Zachód  
Keller Polska

Prace geotechniczne realizowane w czynnych zakładach przemysłowych charakteryzują się szczególną specyfiką zależną od rodzaju wykonywanej działalności. Takie realizacje zawsze są nieszablone i wymagają indywidualnego podejścia do każdego elementu procesu budowlanego.

W niniejszym artykule postanowiliśmy przedstawić doświadczenia zebrane z realizacji przeprowadzonych przez Keller Polska na przestrzeni ponad 20 lat dla różnych gałęzi przemysłu. Braliśmy udział w modernizacji obiektów strategicznych związanych z przemysłem energetycznym, metalurgicznym, petrochemicznym, morskim, jak również mniejszych zakładach produkcyjnych zajmujących się np. motoryzacją, sprzętem gospodarstwa domowego czy przemysłem papierniczym.

## Iniekcja strumieniowa Soilcrete®

Bardzo często przy rozbudowie zakładów przemysłowych zachodzi potrzeba wykonania dodatkowych kanałów technologicznych lub instalacji nowych maszyn, dla których wymagane są głębokie wykopki. A jak zre-

alizować głęboki wykop w bezpośrednim sąsiedztwie stóp fundamentowych obciążonych suwnicami oraz fundamentów precyzyjnych maszyn o niezwykle restrykcyjnych wymaganiach dotyczących osiadania lub przechyłu? Najczęściej stosowaną technologią jest iniekcja strumieniowa jet grouting (Soilcrete®), która przez swoją uniwersalność pozwala na wykonanie wielu rodzajów robót geotechnicznych. Za jej pomocą z powodzeniem można wykonać palisadę stanowiącą obudowę wykopu, podchwytnie istniejących stóp fundamentowych, lokalne wzmocnienie słabonośnego podłoża gruntowego lub poziome ekrany przeciwyfiltracyjne umożliwiające wykonanie suchego wykopu przy wysokim zwierciadle wody gruntowej. Podawany pod wysokim ciśnieniem zaczyn cementowy prowadzi do wy-

mieszania i częściowej wymiany gruntu. W konsekwencji po związaniu cementu otrzymujemy bryły cementogrunty. Proces rozpoczyna się od wkręcenia przewodu wiertniczego zakończony specjalnym monitorem do iniekcji wysokociśnieniowej na żadaną głębokość. Następnie przez dysze w monitorze zaczyna wydostawać się z dużą prędkością zaczyn cementowy (opcjonalnie z wodą i powietrzem). Zaczyn wycina i miesza grunt w trakcie wyciągania i obracania monitora.

## Procesy pod kontrolą

W zależności od potrzeb oraz rodzajów gruntu wykorzystuje się jedną z trzech metod: system pojedynczego medium (tylko zaczyn cementowy), system podwójnego medium (zaczyn cementowy otoczony powietrzem) lub system potrójnego medium (woda otoczona powietrzem oraz osobno podawany zaczyn cementowy). W procesie iniekcji wysokociśnieniowej buduje się pełne kolumny lub częściowe kolumny oraz panele cementogruntowe, które są zaprojektowane na określoną wytrzymałość i/lub przesiąkalność. Geometria brył oraz własności fizyczne cementogrunty są projektowane w oparciu o badania podłoża. Istotną rolę

Iniekcja strumieniowa Soilcrete to najbardziej elastyczna technologia w geotechnice i właśnie ta cecha czyni ją niezwykle użyteczną, zwłaszcza w zakładach produkcyjnych.

w przewidywaniu geometrii, jakości i produkcji odgrywa podatność gruntów na erozję w wyniku działania medium (wody/zaczynu cementowego/powietrza) podawanego pod ciśnieniem. W dużym uproszczeniu można stwierdzić, że grunty niespoiste są bardziej podatne na erozję przy użyciu iniekcji wysokociśnieniowej niż grunty spoiste.

Średnica kolumn Soilcrete istotnie zależy od warunków gruntowych, w jakich są wykonywane prace. Z tego powodu każda budowa realizowana w tej technologii jest poprzedzona wykonaniem kolumn próbnych w celu weryfikacji rzeczywistej średnicy kolumny z założeniami przyjętymi w projekcie. Istnieje kilka metod pomiaru średnicy kolumny, takich jak:

- pogrążenie malowanych tyczek ustawianych na obwodzie kolumny,
- specjalne urządzenie pomiarowe, tzw. parasol,
- metoda akustyczna ACI® (Acoustic Column Inspector).

Oprócz pomiarów średnicy kontroli podlega również wytrzymałość na ścislenie. Ponadto proces produkcji każdej kolumny jest w czasie rzeczywistym rejestrowany w systemie pomiarowym i obejmuje wszystkie istotne parametry wykonawcze: prędkość podciągania oraz obrotową żerdzi wiertniczej, ciśnienie, przepływ mediów iniekcyjnych, w tym powietrza, jak również moment obrotowy głowicy i siła nacisku. Dzięki weryfikacji szeregu parametrów produkcyjnych jesteśmy w stanie zagwarantować wysoką jakość robót iniekcyjnych.

## Jak najmniejsza ingerencja

Jak już wspomniano, kluczowym aspektem podczas wszelkiego rodzaju modernizacji jest niezakłócenie ciągłości procesu produkcyjnego stanowiącego zasadniczą działalność zakładu. Dodatkowym utrudnieniem jest konieczność prowadzenia prac w pomieszczeniach zamkniętych i o ograniczonej wysokości. Te warunki wymagają zastosowania do prac geotechnicznych sprzętu o małych gabarytach oraz w jak najmniejszy sposób ingerującego w środowisko zakładu, np. poprzez generowanie spalin ze spalania ON. W takie „warunki brzegowe” idealnie wpisuje się zastosowanie technologii jet grouting, która znakomicie sprawdza się w ekstremalnych warunkach. Do wykonania iniekcji wysokociśnieniowej możliwe jest zastosowanie maszyn o małych gabarytach, pozwalających na przejazd przez wąskie otwory (min. 90 cm szerokości), pracę w komorach technologicznych czy łatwe transportowanie za pomocą dźwigu (jednostka wiertnicza ma masę ok. 3,5 tony). Duża mobilność sprzętu rozwiązuje liczne problemy logistyczne, szczególnie istotne w zakładach przemysłowych. Dodatkowym atutem sprzętowym jest możliwość



Doświadczenia Keller Polska zdobyte na wielu budowach dla różnych branż procentują rosnącym zaufaniem inwestorów i generalnych wykonawców oraz skutkują kolejnymi kontraktami, co udowadnia, że jesteśmy sprawdzonym i wiarygodnym partnerem dla przemysłu.

zastosowania napędu elektrycznego, co eliminuje emisję szkodliwych spalin i umożliwia bezpieczną pracę zarówno brygad geotechnicznych, jak i personelu zakładowego.

## Bezpiecznie pracuj...

Dochodzimy w tym miejscu do najważniejszego aspektu prowadzenia prac, szczególnie istotnego zwłaszcza w zakładach przemysłowych, a mianowicie bezpieczeństwa. Oprócz standardowych wymagań BHP charakterystycznych dla robót geotechnicznych należy spełnić szereg wymagań właściwych dla konkretnego rodzaju działalności zakładu produkcyjnego. Nie należą do rzadkości prace przy substancjach szczególnie niebezpiecznych lub w ponadnormatywnie zapyłonym środowisku, co skutkuje koniecznością ograniczenia ekspozycji personelu na szkodliwe warunki (na przykład poprzez skrócenie zmiany roboczej lub zmobilizowanie większej ilości brygad), zastosowania do-

datkowych środków ochrony osobistej czy maseczek chroniących drogi oddechowe. Nadrzędną wartością Keller Polska jest hasło „Bezpiecznie pracuj, bezpiecznie wracaj do domu”, dlatego niezależnie od okoliczności stawiamy wysokie wymagania dotyczące BHP i z sukcesem je realizujemy.

Prowadzenie prac budowlanych, w tym geotechnicznych, w czynnym zakładzie produkcyjnym cechuje duże ryzyko, zarówno jeśli chodzi o wyzwania techniczne, jak i bezpieczeństwo pracowników. Dlatego prace modernizacyjne należy dobrze zaplanować oraz prowadzić w wysokim reżimie technologicznym. Pozorne oszczędności na „pozornie” nieistotnych konstrukcjach geotechnicznych mogą przynieść niewspółmiernie wysokie straty na późniejszych etapach realizacji, jeżeli w konsekwencji niewłaściwego projektowania lub wykonawstwa dojdzie do czasowego wstrzymania procesów technologicznych. ■

Wymagania stawiane pracom geotechnicznym w obiektach przemysłowych są szczególnie wysokie, a należą do nich przede wszystkim:

- szybkie tempo prac, zwykle najważniejszy z czynników, istotny ze względu na minimalizację utrudnień w codziennym funkcjonowaniu zakładu;
- nieszablone rozwiązanie projektowe, dostosowane do szczególnych warunków logistycznych (praca w zamkniętych obiektach, pośród prowadzonych procesów technologicznych) oraz wymagań konstrukcyjnych (minimalizacja osiadań istniejących fundamentów, przeniesienie dużych obciążeń technologicznych, ograniczenie przemieszczeń zabezpieczeń wykopów);
- zapewnienie szerokiego wachlarza technologii, bogatego zaplecza sprzętowego i wysoko wykwalifikowanego personelu dla zapewnienia sprawnej oraz bezpiecznej realizacji.

