

# Łatwe technologie na trudne czasy – metody wzmocniania podłoża w budownictwie infrastrukturalnym



tekst: **MACIEJ KRÓL**, Keller Polska Sp. z o.o.

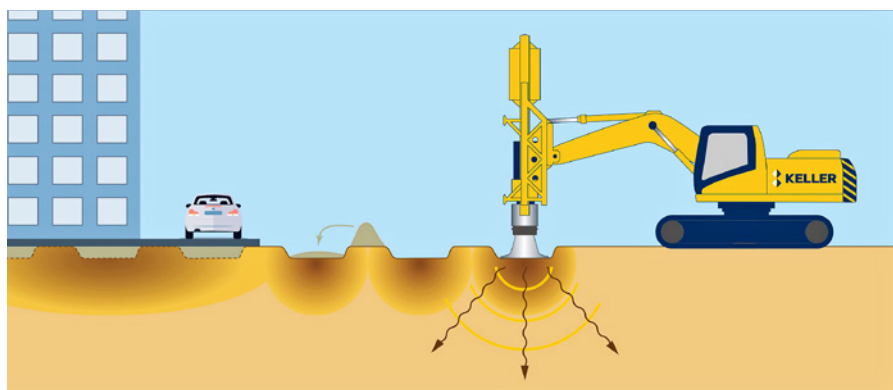
Budownictwo infrastrukturalne w ciągu ostatnich dziesięcioleci przeżywa w Polsce prawdziwy rozkwit. Według danych GDDKiA w 2002 r. na terenie naszego kraju do dyspozycji kierowców pozostawało 520 km dróg szybkiego ruchu. Aktualnie w użytku jest blisko 4887 km takich dróg, a w perspektywie kolejnych lat ta liczba będzie wzrastać [1].

Rozwój sieci drogowej i kolejowej wymaga wykorzystania terenów, które nie zawsze nadają się do celów budowlanych bez dodatkowych zabiegów. Niejednokrotnie rodzaj lub stan podłoża gruntowego nie pozwala na bezpośrednie posadowienie nasypów, w związku z czym konieczne jest skorzystanie ze specjalistycznych prac geotechnicznych ulepszających grunt i umożliwiających bezpieczną budowę.

Rosnąca liczba inwestycji infrastrukturalnych pociąga za sobą rozwój poszczególnych branż budowlanych, w tym geotechniki. Do dyspozycji inwestorów, projektantów oraz wykonawców jest wiele technologii służących do wzmocnienia słabonośnego podłoża. W niniejszym artykule przedstawione zostaną trzy z nich, które w obliczu dynamicznie zmieniających się realiów rynku budowlanego (zmiany cen i/lub brak dostępności materiałów budowlanych, ograniczanie emisji CO<sub>2</sub>) będą znacząco zyskiwały na popularności. Są to: zagęszczanie impulsowe IC, prefabrykowane dreny pionowe VD oraz kolumny KSS.

Przewidywany wzrost popularności tych technologii wynika z ich prostoty, szybkości wykonania oraz optymalnej ekonomiki realizacji. W trosce o ekologiczną kondycję naszej planety zmuszeni jesteśmy w każdej dziedzinie życia szukać alternatywnych metod ograniczających szkodliwe emisje [2, 3]. Wszystkie z przywołanych powyżej technologii są przyjazne dla środowiska, ponieważ w dużej mierze wykorzystują wytrzymałość istniejącego podłoża lub materiały pochodzenia naturalnego.

Najprostszą metodą wzmocnienia słabonośnego podłoża jest jego zagęszczenie poprawiające parametry wytrzymałościowe i odkształceniowe. Technologia impulsowego zagęszczania gruntu (IC) polega na zagęszczaniu podłoża gruntowego w wyniku impulsowych uderzeń młota o wadze ok. 9 t. Efektywność oraz zasięg zagęszczania zależne są od rodzaju gruntu i wysokości zwierciadła wody gruntowej w stosunku do powierzchni



Ryc. 1. Schemat realizacji zagęszczania impulsowego

robotycznej. W korzystnych warunkach gruntowo-wodnych zasięg zagęszczenia wynosi ok. 5,5 m, licząc od rzędnej prowadzenia prac. W czasie ubijania impulsowego doprowadza się do zmniejszenia porowatości gruntu, czemu odpowiada jego zagęszczenie (ryc. 1).

W gruntach nawodnionych efektywność ubijania uzależniona jest od dyssypacji silnych przyrostów ciśnienia porowego, jakie towarzyszą ubijaniu, co wymaga odpowiedniego dozowania i rozkładu energii na wzmocnianej powierzchni.

Młot uderza z częstotliwością ok. 40–60 razy na minutę w ułożoną na podłożu gruntowym specjalną stopę, przekazując energię w głąb podłoża gruntowego, powodując jego zagęszczenie. Energia uderzenia w zależności od masy młota oraz wysokości jego zrzutu wynosi od 85 kNm do 180 kNm. W wyniku zagęszczania w podłożu gruntowym powstają kraterki, które w zależności od przyjętego rozwiązania projektowego należy wyrównać lub uzupełnić materiałem. Zagęszczanie wykonuje się w siatce punktów podstawowych oraz znajdujących się między nimi punktów uzupełniających (w razie potrzeby). Rozstaw punktów zagęszczania zależy od wymaganej głębokości



Ryc. 2. Proces instalacji drenów pionowych

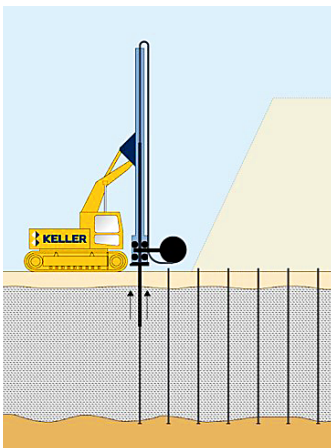
wzmocnienia podłoża gruntowego. Przed przystąpieniem do robót należy każdorazowo sprawdzić efektywność przyjętej siatki zagęszczania. Technologia ta jest niezwykle efektywna przy zagęszczaniu luźnych gruntów niespoistych oraz wszelkiego rodzaju zagęszczalnych nasypów niebudowlanych. Doskonale sprawdza się również jako zagęszczenie wymiany gruntów realizowanej poniżej zwierciadła wody gruntowej.

Trudnością w posadawieniu obiektu budowlanego są nie tylko niezagęszczone grunty niespoiste. Znacznie częściej mamy do czynienia ze słabościami gruntami organicznymi o wysokiej wilgotności. Najłatwiejszym rozwiązaniem takiego problemu jest wymiana na grunt zagęszczalny, jednak jest to opłacalne jedynie dla ograniczonych głębokości. W przypadku głębokiego zalegania słabościami torfów poprawę ich parametrów zapewnia konsolidacja wspomagana drenami pionowymi.

Dreny prefabrykowane to zazwyczaj plastikowe listwy posiadające uformowane kanały, zawinięte w filtr z geowłókniny (ryc. 2). Działają jako ścieżki drenażu odprowadzającego wodę porową poza grunty ściśliwe, znacznie przyspieszając ich konsolidację. Elastyczny rdzeń drenów prefabrykowanych wyprodukowany jest z polipropylenu. Plastikowa listwa posiada po obu stronach żłobienia do transportu wody. Rdzeń jest owinięty

wytrzymałą tkaniną filtra z geowłókniny, posiadającą doskonałe właściwości filtrujące, umożliwiające wodzie porowej swobodnie dostać się do drenu. Geowłóknina zapobiega również zakolmatowaniu drenu drobnymi cząsteczkami gruntu.

Dren jest wprowadzany w podłoże przez środek trzpienia zamontowanego na koparce lub maszcie żurawia, a następnie kotwiony na głębokości projektowej za pomocą traconej płytki kotwiącej (ryc. 3). Do wpro-



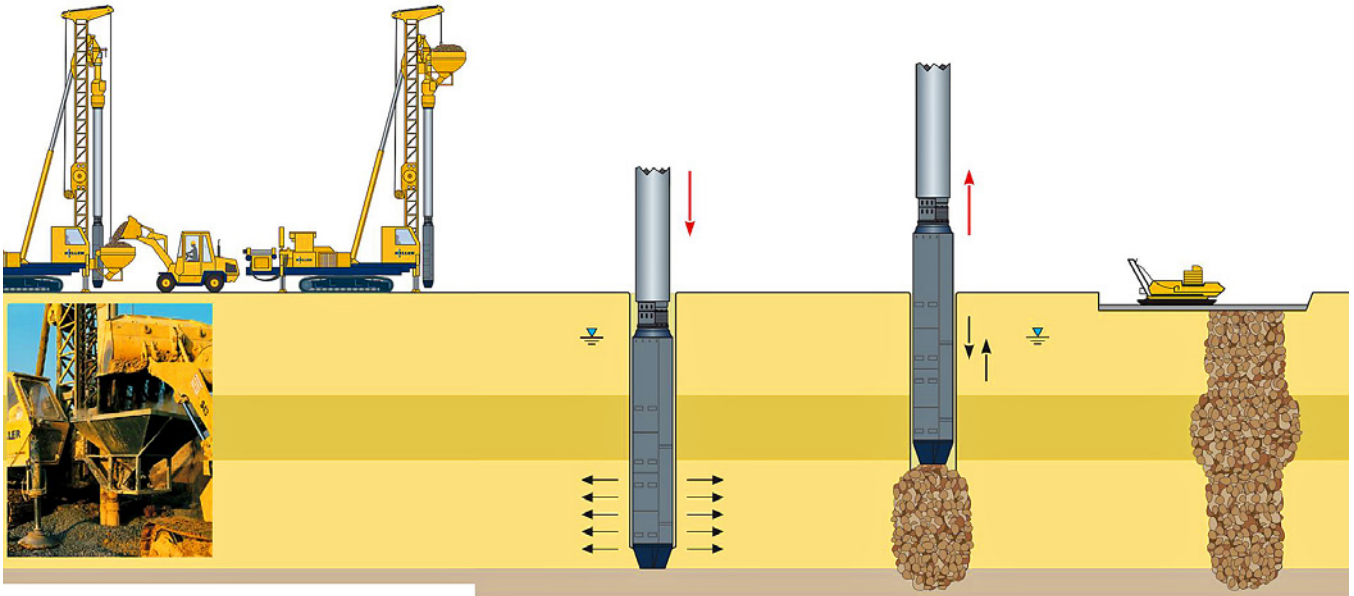
Ryc. 3. Schemat instalacji drenów prefabrykowanych

wadzenia trzpienia w podłoże używa się wibracji lub statycznego docisku maszyny. Po podniesieniu trzpienia dren odcina się na poziomie gruntu, a maszyna przemieszcza się do następnej lokalizacji. Siatka zainstalowanych drenów pionowych zapewnia krótkie drogi filtracji dla wody porowej w gruncie, co przyspiesza proces konsolidacji.

Tak przygotowane podłoże pozwala na budowę zasadniczego nasypu oraz nasypu przeciążającego, który wygeneruje osiadania, jakie generowałby ruch pojazdów. Poprawa parametrów podłoża gruntowego przy wykorzystaniu drenów pionowych jest wyjątkowo ekonomiczną metodą geoinżynierię. Poprawa parametrów zachodzi przez procesy fizyczne w ośrodku gruntowym: szybsze osiadanie podłoża w wyniku usprawnionego odpływu wody z porów gruntu. Niewątpliwie problematyczne dla tej technologii jest oczekiwanie na zakończenie konsolidacji oraz konieczność wykonania nasypu przeciążającego. Niemniej jednak przy odpowiednim ułożeniu harmonogramu prac, uwzględniającego okres przeciążenia oraz transport dodatkowych mas ziemnych, można w nader ekonomiczny sposób poprawić parametry bardzo słabościami podłoża gruntowego na znacznych głębokościach. Trzeba w tym miejscu podkreślić znaczenie właściwego rozpoznania podłoża, ponieważ to od parametrów gruntu w największym stopniu zależy czas konsolidacji oraz całkowite osiadanie. Grunty organiczne charakteryzują się bardzo zróżnicowanymi parametrami, dlatego każdorazowo należy przeprowadzić badania współczynnika filtracji, modułu ściśliwości oraz wskaźników konsolidacji w miejscu projektowanych drenów, gdyż precyzja oszacowania wyników zależy wprost od jakości wprowadzonych danych.

Technologia kolumn KSS [4] niejako łączy cechy poprzednich dwóch, gdyż poprawia parametry gruntów przez ich zagęszczenie i doziarnienie oraz usprawnia proces konsolidacji. Metoda polega na wykonaniu kolumn z kruszywa przy użyciu wibratora wgłębnego w celu wzmocnienia podłoża w obrębie kolumny zarówno w gruntach niespoistych, jak i spoistych (ryc. 4).

W procesie podawania mokrego materiału od góry wibrator zagłębiany jest w podłoże za pomocą wibracji i ciężaru wibratora, a także strumienia wody wydostającej się przez dysze na końcu wibratora. Kruszywo jest podawane z poziomu terenu do



Ryc. 4. Proces realizacji kolumn KSS



Ryc. 5. Wykonywanie kolumn KSS oraz instalacja drenów prefabrykowanych

leja wytworzonego wokół wibratora, wypełniając wolną przestrzeń. Wibrator jest podnoszony i opuszczany, przemieszczając i zagęszczając kruszywo. Proces ten powtarza się do momentu uformowania zagęszczonej kolumny aż do powierzchni terenu (ryc. 5).

W przypadku podawania suchego materiału od dołu proces formowania kolumny jest podobny, z tym że nie używa się wody, a kruszywo podawane jest rdzeniowo przez dołączoną do wibratora rurę zasilającą. W przypadku konieczności przejścia przez zagęszczone warstwy podłoża można stosować wstępne podwiercanie dla ułatwienia penetracji wibratora.

Oprócz niewątpliwych zalet technicznych tej technologii należy zwrócić uwagę na aspekt ekologiczny i ekonomiczny. Kolumny KSS wykorzystują materiały pochodzenia naturalnego, co znacząco wpływa na zmniejszenie śladu węglowego podczas realizacji. Wykorzystywanie lokalnie występujących kruszyw istotnie ogranicza koszty transportu. Ponadto coraz częściej do realizacji prac stosuje się materiały z recyklingu, np. przekrusz betonowy.

Przedstawione technologie charakteryzują się prostotą wykonania i bazują na prostych mechanizmach fizycznych. To dowód na to, że czasami nie ma konieczności szukania skomplikowanych procesów technologicznych, aby skutecznie wzmocnić podłoże gruntowe. Ta prostota jest bezdyskusyjną zaletą, ponieważ wymienione metody można scharakteryzo-

wać istotnym w procesie projektowania zwrotem *user-friendly*: możliwość bezpośredniego prowadzenia kolejnych prac, brak ryzyka uszkodzenia elementów wzmocnienia, ciągłość procesu produkcyjnego wynikająca z niezależności od dostaw materiałów. Jakkolwiek rezultatami zastosowania powyższych metod są większe (niż przy sztywnych wzmocnieniach) osiadań podłoża oraz konieczność rezerwy czasowej potrzebnej na konsolidację, to należy je rozpatrywać zgodnie z popularnym w branży IT stwierdzeniem: *It's not a bug, it's a feature*.

Bo czyż nie warto wykorzystać naturalnej wytrzymałości gruntu, odstąpić od rygorystycznych kryteriów osiadań (tam, gdzie jest taka możliwość) czy odpowiednio dostosować harmonogram prac, uzyskując optymalny, ekonomiczny i ekologiczny sposób na wzmocnienie podłoża? To pytanie coraz częściej pojawiać się będzie podczas planowania inwestycji, co pozwala sądzić, że popularność opisanych technologii będzie rosła wprost proporcjonalnie do rozwoju sektora infrastrukturalnego.

## Literatura

- [1] *Ogólne informacje o sieci dróg krajowych* (online). GDDKiA. Dostępny w Internecie: <https://www.gov.pl/web/gddkia/ogolne-informacje-o-sieci-drog-krajowych> (dostęp 22 lutego 2023).
- [2] Gaszewski A., Dziadoń Ł.: *Geotechnika w trosce o mniejszy ślad węglowy*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2021, nr 2, s. 46–47.
- [3] Gaszewski A.: *W poszukiwaniu niskoemisyjności pod ziemią*. „Inżynier Budownictwa” 2022, nr 9, s. 79–83.
- [4] Sternalski M., Król M.: *Kolumny żwirowe – technologia przyszłości*. „Przewodnik Projektanta” 2022, nr 4, s. 4–7.
- [5] *Improving weak soils with columns of compacted crushed concrete* (online). The International Information Center for Geotechnical Engineers, June 17, 2021. Dostępny w Internecie: [www.geoengineer.org/news/improving-weak-soils-with-columns-of-compacted-crushed-concrete](http://www.geoengineer.org/news/improving-weak-soils-with-columns-of-compacted-crushed-concrete) (dostęp 18 lutego 2023).
- [6] Bell A., Kirsch K.: *Ground Improvement*. 3<sup>rd</sup> ed. Taylor & Francis, 2013.
- [7] Fotografie oraz opisy technologii z archiwum Keller Polska Sp. z o.o.

[www.keller.com.pl](http://www.keller.com.pl)



Czytaj więcej