



Temat specjalny

METODY WZMACNIANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO W BUDOWNICTWIE DROGOWYM

tekst: **MARIA SZRUBA**, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne



Metody wzmocnienia podłoża gruntowego są stale rozwijane. Ponadto poprawia się jakość robót i możliwości ich kontroli, co umożliwia zwiększanie zakresu ich stosowania. Wybór konkretnego rozwiązania zawsze muszą jednak poprzedzać wyczerpujące, dostosowane do konkretnych potrzeb badania gruntu. A ponieważ do wzmocnienia podłoża używane są specyficzne metody i procesy, to ich programowanie, projektowanie oraz prowadzenie i kontrolowanie wymagają odpowiedniej wiedzy i doświadczenia.



foto: Budimir Jevtic, fotolia.com

Zakres i cele wzmacniania podłoża gruntowego

Wśród zabiegów wzmacniających podłoże można wyróżnić cztery grupy. Do pierwszej należy wzmacnianie wgłębne słabego podłoża, stosowane głównie do budowy ziemnych, rzadziej fundamentów. Grupa druga to wzmacnianie powierzchniowe, typowe np. dla podłoża nawierzchni drogowych, do którego zalicza się zagęszczanie, ulepszanie uziarnienia, stabilizację mechaniczną, ulepszanie i stabilizację spoiwami (cementem, wapnem, aktywnymi popiołami), odwodnienie itp. W trzeciej grupie znajduje się wykonywanie barier w podłożu, np. przegród przeciwfiltracyjnych ze ścian szczelinowych, zawiesziny twardniejącej czy iniekcyjnych. Do ostatniej grupy należy wzmacnianie istniejących fundamentów.

Jeśli chodzi o cele wzmacniania podłoża, to zależą one od rodzaju zadania budowlanego i występujących warunków gruntowych. Wzmocnienia gruntu dokonuje się m.in. dla zwiększenia nośności, zmniejszenia osiadań budowli, zapobieżenia utracie stateczności, zabezpieczenia skarp wykopów i ochrony pobliskich konstrukcji, zapobiegania upłynnianiu podłoża, stabilizacji struktury podłoża itd. [1].

Podłoże budowlane może być wzmacniane w trzech stadiach realizacji obiektu inżynierskiego – na etapie wstępnym, podczas budowy oraz w trakcie przebudowy. Wzmacnianie podłoża na etapie wstępnym to celowy i właściwy zabieg w przypadku nowych terenów budowlanych. Niektóre z metod, np. wstępna konsolidacja za pomocą drenów pionowych, wymagają czasu koniecznego do procesu stabilizacji osiadania. Inne, jak np. głęboka stabilizacja kolumnami wapiennymi, potrzebują czasu do osiągnięcia odpowiedniej nośności podłoża. Z kolei w trakcie budowy wzmacnianie podłoża wykonuje się zwykle na początku prac, wybierając je jako lepszą alternatywę dla innego sposobu posadowienia, np. wymiany gruntu czy posadowienia pośredniego. Niektóre metody wzmacniania gruntu są szczególnie odpowiednie do odbudowy starych fundamentów lub odbudowy nowych, które nie pracują we właściwy sposób [2].

Rodzaje badań gruntu do wzmacniania podłoża

Od wyników badań podłoża zależy, czy możliwe jest bezpieczne posadowienie obiektu oraz czy wzmacnianie podłoża jest w ogóle potrzebne, stąd ich kluczowa rola w całym procesie budowy. Badania podłoża pozwalają także ustalić niezbędny zakres wzmocnienia i ocenić przydatność różnych metod, dlatego powinny zostać przeprowadzone rzetelnie i uwzględnić wszelkie niezbędne aspekty.

Zbadanie warunków gruntowych leży w gestii inwestora, zaś wyniki badań powinny być udostępnione projektantowi i wykonawcy przed sfinalizowaniem warunków kontraktu. Za kompletność badań podłoża odpowiada projektant konstrukcji. Powinny być one wykonane dwu- lub trzyetapowo. Badania wstępne (etap 0) powinno się przeprowadzać w fazie studiów nad wyborem lokalizacji trasy lub budowli i oceny wykonalności. Na tym etapie często można uniknąć sytuowania obiektów na słabych gruntach lub ograniczyć ich wpływ. Badania podstawowe (etap I) wykonuje się w celu uzyskania decyzji lokalizacyjnej albo do projektu budowlanego. Służą one do zaprojektowania konstrukcji oraz do wstępnego wyboru metod budowy. Kolejny etap (II) stanowią badania uzupełniające lub kontrolne, wykonywane w fazie projektowania lub budowy obiektu. Ich przeprowadzanie ma uściślić zakres

Czy nasypy drogowe na podłożu wzmocnionym technologią Trenchmix® są dobrą alternatywą dla DSM?



IZABELA NITKA,
Sotelanche Polska Sp. z o.o.

Trenchmix® jest technologią stosunkowo nową na polskim rynku. Mimo to doczekała kilku ciekawych realizacji. Zasada działania jest taka sama, jak w innych technologiach z kategorii

wgłębego mieszania gruntu na mokro, takich jak powszechnie stosowana technologia Deep Soil Mixing, czyli DSM.

Charakterystyka

Zasadniczą różnicę stanowi wykorzystywany sprzęt. Przy technologii Trenchmix® jest to mieszadło łańcuchowe – trencher. Po pogrążeniu mieszadła w grunt jego struktura jest niszczone przy jednoczesnym podawaniu spoiwa, które po wymieszaniu z podłożem gruntowym tworzy panel. Powstałe panele charakteryzują się znacznie lepszymi parametrami wytrzymałościowymi i mniejszą ściśliwością niż otaczający je grunt. Parametry mieszania umożliwiają bardzo dokładne wymieszanie spoiwa z gruntem i utworzenie jednorodnego panelu. Grubość paneli wynoszą między 0,35 a 0,45 m. W niektórych warunkach gruntowych można wykonywać panele o grubości 0,5 m. Maksymalna głębokość paneli to 12 m.

Zastosowanie

Ze względu na geometrię utworzonych paneli Trenchmix® bardzo dobrze sprawdza się przy realizowaniu wzmocnienia pod konstrukcje liniowe, takie jak nasypy kolejowe czy drogowe. Zastosowanie podłużnych paneli pod nasypem pozwala na szybką realizację, a co z tym idzie – na minimalizację kosztów wykonanego wzmocnienia. Technologia Trenchmix® jest szczególnie efektywna w luźnych gruntach piaszczystych, niekontrolowanych nasypach, a także miękkoplastycznych i plastycznych glinach. Technologię tę możemy stosować wszędzie tam, gdzie prognozowane osiadania nasypu drogowego przekraczają wartości dopuszczalne lub osiadania są nierównomierne. Za pomocą paneli można ograniczyć osiadania również wtedy, gdy wymagania dotyczące osiadań nasypu są bardzo restrykcyjne, np. w przypadku dróg z nawierzchnią betonową lub nasypów kolejowych. Odrębnym problemem geotechnicznym, w którym z powodzeniem można stosować technologię Trenchmix®, jest zapewnienie stateczności projektowych skarp. Projektowanie wzmocnienia podłoża w technologii Trenchmix® składa się m.in. z prognozowania osiadań nasypu wzmocnionego z wykorzystaniem modelowania MES oraz doboru odpowiedniego spoiwa w celu uzyskania wymaganych wytrzymałości cementogruntu. Panele pod nasypy drogowe najczęściej projektuje się w układzie równoległym do osi nasypu, niekiedy uzasadnione jest lokalizowanie ich w układzie prostopadłym.

Tab. 1. Zalecane metody badań gruntu do wzmocnienia podłoża [1]

Metoda wzmocnienia	Główny cel badań	Zalecane rodzaje badań
Wymiana gruntu	układ słabych warstw, warunki wodne	wiercenia, sondowania
Stabilizacja spoiwami	rodzaj gruntu, uziarnienie	próbki gruntu, wytrzymałość mieszanek, obciążenie płytą PLT
Lekkie wypełnienia	układ słabych warstw, ścisłość słabego podłoża	wiercenia, sondy CPT, SD, presjometr, próbne obciążenie
Konsolidacja statyczna, przeciążenie	układ słabych warstw, ścisłość słabego podłoża, wytrzymałość na ścinanie, czas konsolidacji	wiercenia, sondowania, presjometr, próbne obciążenie, ścinanie VT, sonda CPT, presjometr, współczynnik filtracji k_{10} , współczynnik konsolidacji, próbne obciążenie
Wibroflotacja gruntów niespoistych	uziarnienie, stan zagęszczenia	uziarnienie, sondy CPT, SD
Wibrowymiana (kolumny żwirowe), kolumny wibrobetonowe	układ i rodzaj słabych warstw, wytrzymałość na ścinanie	wiercenia, sondowania, ścinanie VT, sonda CPT, presjometr
Mieszanie wgłębne: na sucho, na mokro (kolumny DSM)	układ i rodzaj słabych warstw, wytrzymałość na ścinanie, wytrzymałość i trwałość mieszanek, ścisłość słabego podłoża	wiercenia, sondowania, ścinanie VT, sonda CPT, presjometr, próbne mieszania (laboratoryjne, terenowe), sondowania kolumn, próbne obciążenie
Konsolidacja dynamiczna, wymiana dynamiczna (kolumny wybijane)	układ i rodzaj słabych warstw, wytrzymałość na ścinanie	wiercenia, sondowania, ścinanie VT, sonda CPT, presjometr
Iniekcja wzmocniająca, wypełniająca	układ warstw podłoża, uziarnienie, przepuszczalność	wiercenia, próbki gruntu, współczynnik filtracji k_{10}
Iniekcja strumieniowa	układ warstw podłoża, uziarnienie, wytrzymałość	wiercenia, próbki gruntu, sondy CPT, SD, presjometr
Pale, mikropale, kotwy, gwoździowanie	układ słabych warstw, wytrzymałość gruntu nośnego, nośność elementów konstrukcji	wiercenia, sondowania, sondy CPT, SD, presjometr, próbne obciążenia pali itp.

terenowy lub przedmiotowy badań, m.in. właściwości słabych warstw pod kątem ich wzmocnienia oraz gruntów przydatnych do użycia jako materiał do robót ziemnych.

Zasadniczo zakres badań powinien być taki, aby na podstawie uzyskanych dzięki nim informacji umożliwić określenie warstw geotechnicznych z dokładnością odpowiadającą wymaganiom obliczeń nośności i stateczności budowli. Rozpoznanie podłoża powinno sięgać na tyle głęboko, by obejmować strefy aktywnego oddziaływania budowli. Budowę i parametry podłoża powinno się ustalać na podstawie wierceń lub wykopów badawczych, sondowań i innych badań polowych, badań makroskopowych oraz badań laboratoryjnych. Zalecane metody badań gruntu do wzmocnienia podłoża w zależności od przyjętej metody przedstawiono w tabeli 1.

Przeprowadzone badania powinny dać odpowiedź na pytanie, czy wzmocnienie rzeczywiście jest potrzebne. Jeśli tak, to zaleca się możliwie najdokładniejsze ustalenie zakresu występowania słabych gruntów w celu uniknięcia zbędnych robót wzmocniających, mając na uwadze, że wiercenia czy sondowania są zawsze tańsze od samego wzmocnienia [1].

Przegląd metod wzmocnienia podłoża

Wśród metod wzmocnienia gruntu można wyróżnić pięć zasadniczych grup technologii:

- wymiana gruntów słabonośnych na nasyp z kwalifikowanego kruszywa;
- wzmocnienie podłoża przez poprawienie jego właściwości bez stosowania domieszek innych materiałów w postaci kruszyw czy spoiw;

fot. catalyseur7, fotolia.com





FAE MTH

- maszyna wielozadaniowa: stabilizator gruntu, kruszarka kamieni i betonu, recykler kompletnych konstrukcji drogowych
- stabilizacja gruntu do głębokości 50 cm w dowolnie ciężkich warunkach gruntowych (praca z przekładniami bocznymi)
- recykling kompletnych konstrukcji drogowych do głębokości 35 cm (praca samym rotorem)
- kruszenie kamieni i gruzu o zalecanych średnicach do 70 cm
- komora mieszania o zmiennej pojemności zapewnia szybką pracę i doskonałą homogeniczność mieszanki środka wiążącego z podłożem także przy pełnej głębokości roboczej

**30 LAT DOŚWIADCZENIA PRODUCENTA
ORAZ NAJWYŻSZA JAKOŚĆ POTWIERDZONA
FABRYCZNĄ 24 MIESIĘCZNĄ GWARANCJĄ**



FAE STABI/H

- najwydajniejszy na rynku stabilizator gruntu dla ciągników o mocy 300-500 KM pozwala na bardzo szybką realizację zleceń
- dopracowana geometria rotora oraz komora mieszania o zmiennej pojemności zapewniają doskonałą homogeniczność mieszanki środka wiążącego z podłożem w każdych warunkach terenowych minimalizując ryzyko kosztownych poprawek
- komora mieszania o zmiennej pojemności oznacza możliwość uzyskania pełnej głębokości roboczej 50 cm w niemal dowolnych warunkach gruntowych, dzięki czemu praca wykonywana jest w jednym przejeździe
- radialny system narzędziowy FAE o znacznej odporności na kamienie oraz bardzo długiej żywotności lub klasyczny system narzędzi z trzonkiem okrągłym fi. 22 mm
- komputerowo sterowany system dozowania płynów bezpośrednio do komory mieszania utrzymuje zadany wydatek (FAE AIS) lub prosty system zraszania (FAE WSS)

Które metody wzmocnienia podłoża są najpewniejsze, najskuteczniejsze?



DOMINIK MAŁASIEWICZ,
Lhoist Central Europe

Każda z metod dostępnych na rynku ma swoje mocne strony i swoje ograniczenia. Najważniejsze, aby odpowiedzialni za proces budowy potrafili ważyć argumenty za i przeciw

i wybierać rozwiązania, które w konkretnym przypadku przedstawiają największą wartość.

Technologia uzdatniania i stabilizacji gruntów – rozwiązanie cieszące się dużym powodzeniem u wykonawców i inwestorów – pozwala zmieniać parametry gruntu, czyniąc go świetnym materiałem konstrukcyjnym.

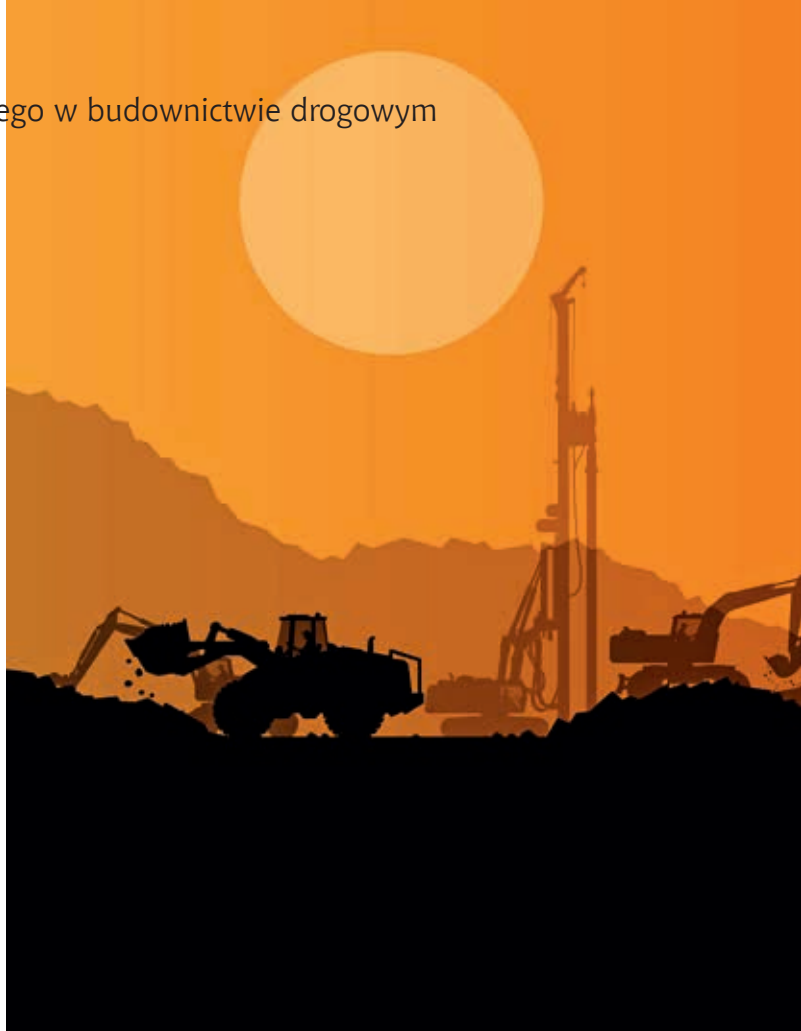
Kluczowa dla sukcesu przedsięwzięcia jest jednak analiza warunków gruntowych w kontekście planowanej inwestycji oraz rodzaj spoiwa użyty do stabilizacji mieszanki gruntowej. I tak np. błędny dobór kompozycji grunt – spoiwo spowoduje, że nie uda się uzyskać parametrów projektowych. Trafny dobór umożliwi natomiast np. zbudowanie zbiornika wodnego lub wału przeciwpowodziowego odpornego na przelanie i zatopienie!

Pod szyldem Lhoist od lat dostarczamy rozwiązania służące do uzdatniania i stabilizacji gruntów, wsłuchujemy się w potrzeby rynku i bazując na doświadczeniach z realizacji, udoskonalamy nasze produkty. Teraz to już nie tylko spoiwa przeznaczone do gruntów spoistych – Proviacal®ST oraz RD, ale również nowe wapienne spoiwa hydrauliczne Proviacal®LB, przeznaczone do gruntów mieszanych.

Na rynku dostępny jest szeroki wachlarz rozwiązań w postaci zaawansowanych technologicznie produktów. Dlatego naszych kontrahentów traktujemy jak partnerów w biznesie, którzy współpracują z nami na płaszczyźnie technicznej i merytorycznej przy wyborze właściwego produktu i realizacji całego projektu. Wtedy bogactwo metod i wyrobów przekłada się na sukces realizowanego przedsięwzięcia.

- wzmocnienie podłoża przy zastosowaniu domieszek, np. metodą powierzchniową lub wgłębnej stabilizacji czy też formowania kolumn bądź elementów palopodobnych;
- wzmocnienie podłoża przy użyciu geosyntetyków;
- metody mieszane, polegające na stosowaniu kilku różnych zabiegów wzmocniających.

Wymiana gruntu polega na częściowej lub pełnej wymianie występujących w podłożu osadów słabonośnych na nasyp budowlany z kwalifikowanego kruszywa mineralnego, naturalnego lub łamanego bądź z materiału antropogenicznego. Istnieje kilka wariantów wymiany gruntu. Częściowa wymiana gruntu polega na wymianie tylko górnych, stropowych partii osadów słabonośnych. Często łączy się ją z powierzchniowym



dogęszczeniem pozostawianych w podłożu gruntów słabonośnych lub (i) z zastosowaniem geosyntetyku zbrojącego podłoże w podstawie formowanego nasypu budowlanego. To rozwiązanie może być stosowane do posadowienia niskich nasypów, dróg o niewielkim natężeniu ruchu, a także umożliwienia posadowienia dróg tymczasowych. W celu realizacji posadowienia bezpośredniego i zagwarantowania znaczącej redukcji osiadań przeprowadza się całkowitą wymianę gruntu powyżej lustra wody gruntowej na nasyp budowlany z kwalifikowanego kruszywa zagęszczanego warstwami. Z kolei całkowitą wymianę gruntu poniżej lustra wody gruntowej, aby umożliwić realizację posadowienia bezpośredniego i zagwarantować znaczącą redukcję osiadań, prowadzi się metodą wypierania lub bagrowania z zastosowaniem kruszywa mineralnego o kontrolowanym uziarnieniu.

Wzmocnienie przez modyfikację jego właściwości i parametrów geotechnicznych bez stosowania domieszek innych materiałów, dokonywane w gruntach w pełni nasyconych wodą i cechujących się względnie niskim współczynnikiem filtracji, nosi nazwę konsolidacji gruntu. Metodą stosowaną przy wzmocnianiu warstw słabonośnych o niewielkiej miąższości jest konsolidacja nasypem przeciążającym. Chcąc zredukować czas konsolidacji ośrodka, zwłaszcza przy większych miąższościach wzmocnianego gruntu, konsolidacja jest wspomagana drenami. Rzadziej stosowanymi metodami, z uwagi na istotny wpływ na otoczenie oraz konieczność zastosowania specjalistycznego sprzętu, są konsolidacja przez odwodnienie i próżniowa, wykorzystujące wpływ efektu obniżenia lustra wody lub odpompowania wody z ośrodka gruntowego na proces konsolidacji.

W zakresie zagęszczania gruntu jedną z metod jest zagęszczanie dynamiczne, stosowane w zagęszczaniu luźnych osadów piaszczystych i nasypów antropogenicznych, ze szczególnym

**AARSLEFF**

GEOTECHNIKA I HYDROTECHNIKA

T e c h n o l o g i ePale prefabrykowane
[żelbetowe, stalowe i drewniane]

Pale i kolumny FDP

Pale i kolumny wiercone CFA

Mikropale

Kotwy i gwoździe gruntowe

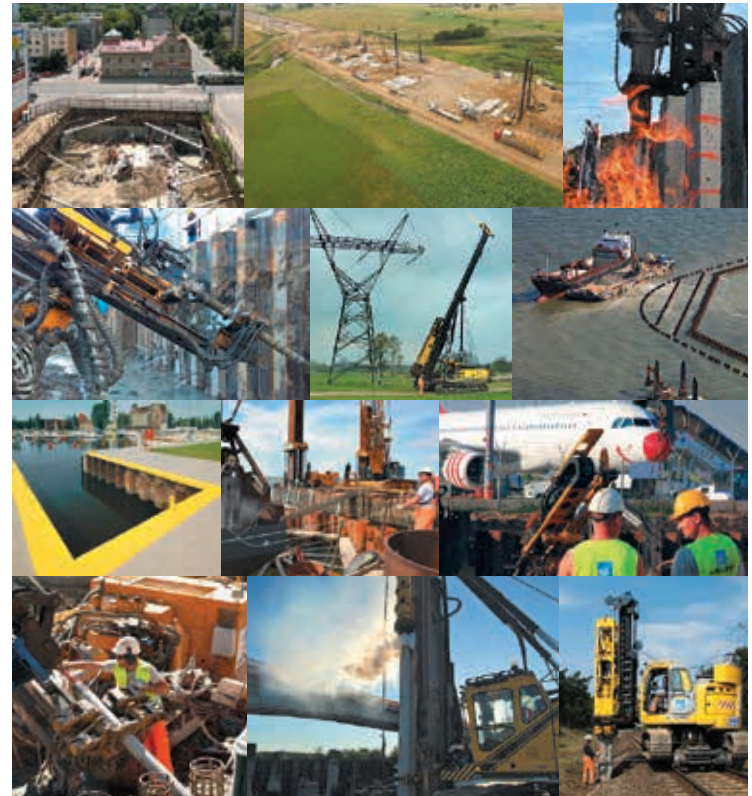
Kolumny DSM

Kolumny jet grouting

Grodzice stalowe

Berlinki

Palisady wiercone

**O b i e k t y**

Budownictwo mieszkaniowe i kubaturowe

Elektrownie wiatrowe

Budownictwo kolejowe

Drogi i autostrady

Budownictwo przemysłowe

Budownictwo hydrotechniczne

Obiekty sportowe i rekreacyjne

www.aarsleff.com.pl

fot. fotolia.com

uwzględnieniem wysypisk odpadów komunalnych, polegające na dynamicznym obciążaniu podłoża ciężkim ubijakiem. Modyfikacją tej metody jest dynamiczna wymiana gruntu. Do zagęszczania, najczęściej luźnych osadów piaszczystych, używa się także energii detonowanego ładunku wybuchowego, co ma miejsce w przypadku metody zagęszczania wybuchami. Do zagęszczania luźnych osadów piaszczystych, zwłaszcza poniżej lustra wody gruntowej, stosuje się wibroflotację. Istotą tej metody jest wprowadzenie we wzmacniane podłoże gruntowe, na głębokość nawet do ponad 30 m, masywnego, pionowego wibratora, tzw. wibroflota, który generuje drgania o określonej amplitudzie i częstotliwości.

Wzmocnienie podłoża przy zastosowaniu domieszek obejmuje grupę technologii szeroko stosowanych przy wzmacnianiu niejednorodnych podłoży słabonośnych. Jedną z nich jest wibrowymiana, stanowiąca rozwinięcie wibroflotacji. Za pomocą wibratora rdzeniowego we wzmacniane podłoże wtłacza się kruszywo bądź suchą mieszankę betonową, czego efektem jest dogęszczenie słabonośnego podłoża oraz uformowanie kolumny wzmacniającej podłoże. Najczęściej stosowanym wariantem wibrowymiany są kolumny żwirowe, do formowania których używa się przede wszystkim właśnie żwiru. Innym wariantem tej technologii są kolumny żwirowe w osłonie z geosyntetyku (GEC), wzmacnione dodatkowo rękawem geosyntetycznym o wysokich parametrach wytrzymałościowych. Analogicznie do kolumn żwirowych wykonuje się kolumny scementowane i kolumny betonowe, przy czym te drugie mogą być z powodzeniem wykonywane przy użyciu palownic stosowanych do wykonywania pali CFA. W każdym podłożu – z wyjątkiem warstw i przewarstwień gruntów o dużej wytrzymałości – mogą być wykonywane betonowe kolumny przemieszczeniowe, które wzmacniają warstwy słabonośne i powodują dystrybucję obciążeń na głębiej zalegające warstwy gruntów o większej wytrzymałości.

Istnieje duża liczba metod, specjalistycznych zabiegów i wyrobów o szerokim lub też o bardzo ograniczonym, specjalnym przeznaczeniu w zakresie wzmocnienia podłoża gruntowego w budownictwie drogowym. Jakie możliwości daje tak szeroki wachlarz rozwiązań w tym zakresie? Jakie możliwości dają produkty Państwa firmy?



mgr inż. arch. EWA GBIORCZYK,
ViaCon Polska Sp. z o.o.

Rozwój budownictwa coraz częściej stwarza konieczność posadowienia budynków i budowli na terenach o złożonej, niekorzystnej budowie geologicznej i skomplikowanych

warunkach geotechnicznych. Występowanie gruntów słabonośnych nie stanowi już żadnej bariery w realizacji robót budowlanych. Na rynku dostępnych jest wiele różnych metod wzmocnienia podłoża gruntowego. Posadowienie pośrednie na palach lub stabilizacja chemiczna nie zawsze jest możliwa z uwagi na warunki terenowe (dostępność placu budowy) i przewidziany krótki czas realizacji robót. Projektanci i wykonawcy stale poszukują alternatywnych, szybszych i tańszych rozwiązań.

Materiały geosyntetyczne w wielu przypadkach stanowią uzasadnioną ekonomicznie technologię stabilizacji podłoża, niejednokrotnie eliminując wymianę gruntu w najtrudniejszych warunkach gruntowo-wodnych. Geosyntetyki są najtańszą metodą wykonania fundamentów pośrednich. Gwarantują znaczne podniesienie nośności podłoża, dzięki czemu osiągnięcie wymaganych parametrów wytrzymałościowych oraz odpowiednich wskaźników zagęszczenia nie stanowi problemu. Firma ViaCon oferuje pełną gamę najwyższej jakości produktów geosyntetycznych oraz doradztwo techniczne.

Kolejną technologią w tej grupie jest wgłębna stabilizacja (*deep soil mixing – DSM*), czyli technologia wgłębnej mieszania gruntu ze spoiwami hydraulicznymi, polegająca na wgłębnej wymieszaniu szkieletu gruntowego z materiałem wiążącym. Za pomocą żerdzi wiertniczej formowane są kolumny cemento-gruntowe o zaplanowanej średnicy. Wyróżnia się dwa warianty wgłębnej stabilizacji – na sucho (cementem, wapnem, popiołami) formowane są kolumny, DSM-dry, z kolei kolumny DSM-wet formuje się na mokro, najczęściej z zaczynem cementowym. Oba rodzaje kolumn należą do elementów palopodobnych.

Dla wzmocnienia lub uszczelnienia podłoża gruntowego wykorzystuje się także iniekcje gruntowe, np. iniekcję zagęszczającą (*compaction grouting*). Z powodzeniem stosowane jest także powierzchniowe ulepszenie podłoża gruntowego spoiwami hydraulicznymi, zwykle cementem, zwane stabilizacją powierzchniową.

Obecnie do wzmocnienia słabonośnego podłoża gruntowego szeroko stosowane są geosyntetyki z uwagi na ich właściwości. Geowłókniny są używane przy wzmocnianiu podłoża gruntowego ze względu na swoje cechy separacyjne i filtracyjne oraz ochronne. Geosiatki – z uwagi na wysoką wytrzymałość. Geotkaniny wykorzystywane przy wzmocnianiu podłoża gruntowego cechuje wytrzymałość na rozciąganie oraz posiadanie właściwości separacyjnych i ochronnych. Geomembrany, będąc geosyntetykami nieprzepuszczalnymi, są najczęściej używane do uszczelniania składowisk odpadów, dna sztucznych zbiorników wodnych i magazynów środków chemicznych. Geokompozyty, stanowiące połączenie dwóch lub trzech rodzajów geosyntetyków, są stosowane jako elementy wzmocnienia podłoża, np. przy projektowaniu i realizacji częściowej wymiany gruntu, przy konsolidacji z zastosowaniem geodrenów oraz przy projektowaniu i realizacji skarp ziemnych [3].

Kryteria wyboru metody wzmocnienia podłoża

Zawsze należy pamiętać, że grunt wzmocniony to nadal grunt, a o stateczności układu budowla – podłoża gruntowe decyduje zjawisko osiadania. Dlatego zaleca się, aby wybrana metoda wzmocnienia gruntu zapewniła zmniejszenie osiadania o więcej niż 50%. Wybór rozwiązania, za pomocą którego dąży się do redukcji osiadania o ponad 80%, traci uzasadnienie ekonomiczne.

Zaleca się, aby przy wyborze metody wzmocnienia podłoża kierować się następującymi kryteriami [2]:

- celem przedsięwzięcia i wymaganymi parametrami w zakresie nośności, sztywności, ściśliwości i przepuszczalności;
- charakterystyką morfologiczną terenu, głębokością i całkowitą objętością wzmocnianego gruntu;
- rodzajem gruntu i jego początkowymi właściwościami;
- dostępnością materiałów (piasek, żwir, woda, domieszki);
- możliwościami techniczno-organizacyjnymi przedsiębiorstw wykonawczych;
- wpływem na środowisko (składowisko odpadów, erozja, zanieczyszczenie wód, oddziaływanie na sąsiednie budynki);
- czasem trwania robót oraz ich kosztem.

Dzięki coraz szerszemu zakresowi stosowania metod wzmocnienia gruntu następuje ich rozwój i modyfikowanie, a zebrane przy kolejnych realizacjach doświadczenia wykorzystuje się do weryfikowania i doskonalenia metod obliczeniowych. Specjalistyczne roboty ziemne i fundamentowe zmierzające do wzmocnienia podłoża realizowane są na podstawie projektów, przy opracowaniu których często zakłada się nie tylko możliwość, ale i konieczność dokonywania bieżących korekt i zmian w przyjętych rozwiązaniach. Wprowadza się je m.in. na podstawie efektów obserwowanych przy wykonywaniu robót, oporu gruntu przy realizacji wzmocnienia oraz biorąc pod uwagę wyniki uzupełniających badań geotechnicznych, przeprowadzanych podczas realizacji robót specjalistycznych [3].

Literatura

- [1] Gajewska B., Kłosiński B.: *Rozwój metod wzmocnienia podłoża gruntowego*. „Magazyn Autostrady” 2012, nr. 3, s. 26–31.
- [2] Maśłowski E., Spizewska D.: *Wzmocnienie konstrukcji budowlanych*. Warszawa 2010.
- [3] Łęcki P., Różański M.: *Wzmocnienie podłoża gruntowego budowli drogowych*. „Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne” 2015, nr 2, s. 47–54.