

Stabilizacja gruntu nowoczesnymi spoiwami hydraulicznymi

Nowoczesne budownictwo drogowe charakteryzuje się coraz krótszymi terminami realizacji robót, co pociąga za sobą konieczność prowadzenia prac w różnych warunkach atmosferycznych i pogodowych. Bardzo istotną rolę odgrywa czynnik ekonomiczny, przez co inwestorzy i wykonawcy są zmuszeni do poszukiwania alternatywnych rozwiązań, zachowujących jednocześnie właściwy poziom technologiczny i jakościowy oraz zapewniających skrócenie czasu realizacji inwestycji.

Należałoby zacząć od wyjaśnienia tego, czym właściwie są stabilizacja i ulepszanie gruntu. Nie wszystkie grunty posiadają takie właściwości geotechniczne, które sprawiają, że są przydatne w budownictwie. W przypadku konieczności poprawy właściwości geotechnicznych gruntów można mówić o ich ulepszaniu, czyli doprowadzeniu do zmniejszenia wskaźnika plastyczności czy wilgotności optymalnej, lub modyfikacji frakcji ilastych. Stabilizacja jest jedną z form ulepszenia gruntu przewidzianych do budowy warstw konstrukcyjnych – warstw górnych, dolnych oraz przewarstwień.

Wymiana gruntu czy ulepszenie?

W zależności od nośności podłoża naturalnego grunty określa się symbolami G1, G2, G3 i G4. Najbardziej nośne grunty (niewysadzinowe) oznacza się parametrem G1, natomiast najmniej nośne grunty wysadzinowe parametrem G4. Celem prowadzenia wszelkich prac związanych ze wzmocnieniem podłoża jest osiągnięcie nośności gruntu na poziomie G1. Aby tego dokonać, można posłużyć się metodą wymiany gruntu lub ulepszenia – stabilizacji gruntu rodzimego.

Wymiana gruntu niesie ze sobą szereg utrudnień powodowanych między innymi: zaangażowaniem dużej liczby sprzętu, ceną kruszyw czy koniecznością ponoszenia kosztów transportu kruszyw zazwyczaj z południowej części Polski. Należy również pamiętać o trudnościach logistycznych, kosztach związanych z wywiezieniem gruntu rodzimego oraz utylizacją wywożonych materiałów, co w zależności od skali realizowanych prac może wiązać się z poważnym obciążeniem finansowym. Dodatkowo mogą się także pojawić problemy z przejściowym brakiem dostępności kruszyw kwalifikowanych. W takich przypadkach rozwiązaniem mogą być technologie ulepszenia – stabilizacji gruntu rodzimego – będące nieporównywalnie tańszą alternatywą dla wymiany gruntu, a jednocześnie zapewniające osiągnięcie zakładanych pa-

rametrów, zmniejszenie grubości warstw konstrukcyjnych, a także zmniejszenie tendencji gruntu do odkształcania się (w porównaniu z konstrukcjami tradycyjnymi).

Nowoczesne spoiwa hydrauliczne

Najczęściej stosowanymi spoiwami drogowymi są cement i popioły lotne, natomiast do osuszania gruntów stosuje się wapno. W ostatnich latach na rynku pojawiły się nowoczesne spoiwa hydrauliczne dedykowane inżynierii komunikacyjnej, które – dzięki swoim właściwościom, a przede wszystkim niskiej cenie – mogą być stosowane tam, gdzie użycie tradycyjnych materiałów jest ekonomicznie nieuzasadnione lub nie pozwala osiągnąć pożądanych parametrów.

Podstawowym celem stosowania technologii stabilizacji nowoczesnymi spoiwami hydraulicznymi jest wykorzystanie gruntu rodzimego (grunty spoiste i niespoiste) w celu ulepszenia podłoża czy konstruowania podbudów, z uwzględnieniem możliwości prowadzenia prac w różnych warunkach atmosferycznych, w tym również ekstremalnie złych (np. silnie przewilgocenia gruntu czy obecność zanieczyszczeń). Nowoczesne spoiwa hydrauliczne umożliwiają stabilizację gruntów o stosunkowo niskiej jakości. Wysoka higroskopijność oraz reaktywność hydrauliczna gwarantują uzyskanie wysokich przyrostów nośności ulepszanych gruntów oraz trwały efekt osuszania, bez zjawiska jego wtórnego rozmywania. Nowoczesne spoiwa hydrauliczne mogą stanowić poważną alternatywę dla stabilizacji gruntu cementem lub wapnem. Właściwości fizyczne spoiw hydraulicznych są zbliżone do cementu lub wapna. Pozwala to na wykorzystanie powszechnie stosowanych do stabilizacji urządzeń i maszyn, takich jak recykler (frezarko-mieszarka), umożliwiający przemieszanie gruntu na głębokość nawet do 50 cm, oraz „rozsyrywacz”, którego możliwości pozwalają na równomierne rozłożenie spoiwa w zakładanej ilości. Stosowane są również standardowe maszyny, takie jak równiarka i walec.

Summary

Modern road construction is characterised by increasingly shorter deadlines for the execution of works. There is a requirement to work in different atmospheric conditions and in all sorts of weather. The economic factor plays a very important role, in that investors and contractors are forced to seek alternative solutions, at the same time maintaining an appropriate level of technology and quality, and reducing time to ensure the implementation of the investment.



Fot. 1. Zagęszczanie za pomocą walca

fot. z archiwum Rowis-System

Przebieg procesu stabilizacji

Proces stabilizacji gruntu nowoczesnymi spoiwami hydraulicznymi jest analogiczny dla stabilizacji standardowymi spoiwami. Na przygotowanym gruncie spoiwo jest rozkładane za pomocą rozsypywacza zgodnie z dobraną recepturą, po czym następuje przemieszanie rozłożonego spoiwa z gruntem rodzimym (z użyciem recyklera) na zakładaną głębokość. Tak przygotowany materiał jest równany za pomocą równiarki oraz zagęszczany (wałowany) za pomocą walca. Przygotowana w ten sposób warstwa jest mrozoodporna, jak również powinna spełniać wymagania dla zakładanych w projekcie parametrów nośności. Cechą charakterystyczną spoiw hydraulicznych jest to, że procesy wiązania mogą zachodzić w pełnym środowisku wodnym, bez konieczności kontaktu z powietrzem, tak jak dla powszechnie stosowanych cementów CEM I, II i III.

Stosowanie spoiw hydraulicznych zawierających klinkier powoduje, że materiał stanowiący wypełnienie (np. piasek) zostaje trwale związany poprzez rozbudowaną w trakcie procesu hydratacji (i tym samym twarzenia) sieć wiązań krystalicznych (proces jak w typowej mieszance betonowej). Po zastosowaniu tego typu spoiw, w przeciwieństwie do wapna, materiał wytworzy trwale związaną oraz nośną warstwę, która przy ponownym kontakcie z wodą nie ulegnie rozmiękaniu oraz nie pogorszą się jej parametry.

W przypadku osuszania gruntu wapnem, które jest typowym spoiwem powietrznym stosowanym zazwyczaj do osuszania gruntów spoistych (ze względu na jego dużą powierzchnię właściwą, co przekłada się na jego wodożądność), w styczności ze znajdującą się w gruncie wodą zachodzi reakcja hydratacji, podczas której wydziela się ciepło pohydratacyjne, dodatkowo osuszające grunt. W tym momencie należy zwrócić szczególną uwagę na to, że zbytne osuszenie gruntu może znacząco utrudnić jego późniejsze zagęszczanie.

Po procesie hydratacji następuje proces wymiany jonowej, będący decydującym czynnikiem wpływającym na poprawę zagęszczenia stabilizowanych gruntów spoistych. Z uwagi na to nie powinno się zagęszczać mieszanki wapienno-gruntowej bezpośrednio po przemieszaniu. Czynnikiem ten wydłuża czas prowadzenia robót. W celu przyspieszenia prac stabilizacyjnych można osuszać grunt spoisty z wykorzystaniem spoiw hydraulicznych o wysokiej wodożądności oraz zawartości klinkieru – w tym przypadku prace zagęszczające mogą odbywać się od razu po przemieszaniu spoiwa z gruntem.

Uzyskiwanie odpowiedniej wytrzymałości

Należy zwrócić szczególną uwagę na zapisy w normach wskazujące na przydatność gruntów do stabilizacji. Doświadczenie pokazuje, że uzyskanie zakładanej wytrzymałości na poziomie $R_m = 5$ MPa dla gruntów niespełniających ww. warunków, przy zachowaniu metodyki badań wynikającej z norm, powoduje, że w konsekwencji ilość dawkowanego spoiwa musi być podwyższona i wynosi zazwyczaj powyżej 10%.

Specyfika cementów oraz konieczność uzyskania bardzo wysokich wytrzymałości mogą spowodować przeszywnienie podłoża, natomiast obciążenia w ruchu mogą wywoływać spękania odbite. Jeżeli podłoże nie jest podatne (elastyczne), można spodziewać się powstawania skurczów liniowych, co w efekcie może powodować pękanie warstwy nośnej. Zastosowanie nowoczesnych spoiw hydraulicznych nie powoduje przeszywnienia podłoża.

Właściwie dobrane dawkowanie spoiwa powinno zapewnić uzyskanie zakładanej nośności (badanej np. z użyciem płyty statycznej VSS) oraz docelowo zagwarantować wytrzymałość przewidzianą w projekcie. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na to, że przygotowanie receptur w laboratorium wynika z zastosowania metodyki określonej przez polskie normy. W praktyce jednak często okazuje się, że warunki gruntowe wymagają od wykonawcy zmiany ▶

dawkowania spoiwa w stosunku do receptury laboratoryjnej. Jest to związane nie tylko ze zmiennymi warunkami gruntowymi, ale również z wykorzystaniem nowoczesnych maszyn budowlanych (recyklerów), które umożliwiają uzyskanie bardzo wysokiej homogenizacji stabilizowanego gruntu rodzimego i spoiwa. W tym miejscu trzeba zaznaczyć, że można skonstruować dużo bardziej nośną warstwę (moduł odkształcenia wtórnego $E_2 \geq 120$ MPa po 24 h), stabilizując grunt na głębokość 40 cm dla oczekiwanego parametru wytrzymałości na ściskanie $R_m = 2,5$ MPa, niż w przypadku stabilizacji gruntu na głębokość 15 cm, gdzie oczekiwany parametr wytrzymałości na ściskanie R_m jest równy 5 MPa. Wypływa z tego taki wniosek, że istotniejszą rolę odgrywa głębokość mieszania gruntu ze spoiwem, niż zwiększanie dawki. Poza tym właściwości osuszające nowoczesnych spoiw są dużo lepsze niż cementu (ze względu na ich powierzchnię właściwą), natomiast w przypadku osuszania wapnem mogą wystąpić trudności w uzyskaniu wymaganej nośności podłoża, co w praktyce może oznaczać niedostateczną przydatność osuszonego podłoża do transportu technologicznego (np. tymczasowych, wewnętrznych dróg budowy). Nowoczesne spoiwa drogowe mogą służyć do ulepszania gruntu, gdzie występują frakcje ilaste (nawet do ok. 40%), przy czym pozwalają osią-

gnąć wytrzymałość na ściskanie $R_{28} = 1,5$ MPa. W takim wypadku zastosowanie cementu (gdy zawartość materiału ilastego w gruncie na poziomie wynosi powyżej 10%) może okazać się nieskuteczne ze względu na proporcjonalny spadek możliwości cementu w stosunku do udziału materiału ilastego w gruncie.

Podsumowanie

Spoiva hydrauliczne stanowią realną, ekonomicznie i jakościowo uzasadnioną alternatywę dla stabilizacji cementem, a także osuszania wapnem oraz dla tradycyjnej metody wymiany gruntu. Umożliwiają tanią i szybką budowę wysokiej jakości dróg, włączając drogi gminne, leśne i wiejskie. Pozwalają na prowadzenie prac w trudnych warunkach, trwale osuszają, polepszają nośność, a także umożliwiają wzmocnienie oraz stabilizację gruntów i podłoży. Mogą być stosowane do stabilizacji mieszanek kruszyw oraz jako czynnik scalający osady ściekowe. Z powodzeniem są wykorzystywane do stabilizacji podłoża pod obiekty kubaturowe, do konstruowania podbudowy pod nawierzchnię z betonowej kostki brukowej, jak również do konstruowania górnych i dolnych warstw podbudowy, a także do budowy nasypów pod drogi krajowe, ekspresowe, autostrady i lotniska. □

fot. z archiwum Rowis-System



Fot. 2. Grunt po przemieszaniu ze spoiwem



Fot. 3. Stabilizacja gruntu w hali



Fot. 4. Mieszanie spoiwa z gruntem za pomocą recyklera



Fot. 5. Rozścielanie spoiwa