

Stabilizator gruntów oraz sposób stabilizacji gruntów

Przedmiotem wynalazku jest stabilizator gruntów, zwłaszcza gruntów przeznaczonych pod budowy drogowe i kolejowe oraz sposób stabilizacji gruntów.

Proces stabilizacji gruntu polega na dokładnym wymieszaniu gruntu, przy optymalnej wilgotności, z odpowiednim spoiwem, w celu uzyskania założonych parametrów wytrzymałościowych, to jest trwałego wzmocnienia, utrwalenia i uszczelnienia gruntu. Stabilizacji gruntów dokonuje się głównie do celów budowlanych, zwłaszcza przy budowie dróg, ścieżek, nasypów, podtorzy kolejowych oraz w górnictwie. Właściwy dobór spoiwa pozwala uzyskać żądane parametry wytrzymałościowe i projektowaną nośność podbudowy pomocniczej, zasadniczej bądź ulepszonego podłoża.

Wyróżnia się między innymi stabilizacje cementem, wapnem, popiołami lotnymi lub innymi spoiwami hydraulicznymi, stabilizację bitumami lub innymi lepiszczami działającymi na skutek twardnienia i adhezji lepkich materiałów, stabilizację polimerami działającymi wskutek powstających przy polimeryzacji różnych wysokomolekularnych połączeń oraz stabilizację kompleksową przy stosowaniu co najmniej dwóch różnych spoiw i lepiszczy.

W zależności od stosowanej metody wprowadzania środka stabilizującego grunt, wyróżnia się iniekcję lub nasycanie powierzchniowe gruntów, wprowadzenie środka do gruntu, wymieszanie i zagęszczenie uzyskanej mieszaniny.

Znaną i stosowaną w drogownictwie metodą stabilizacji kompleksowej jest jednoczesna stabilizacja gruntu cementem i bitumem, głównie w postaci emulsji asfaltowej. Podejmowano też próby stabilizacji gruntów do celów drogowych między innymi cementem i różnymi polimerami, jak na przykład wodorozcieńczalne żywice epoksydowe, emulsje kumaronowe, polioctanowe, środki powierzchniowo czynne.

Korzystnym sposobem stabilizacji gruntów jest metoda mieszania na miejscu (in situ). Jest to proces technologiczny polegający na dozowaniu odpowiednio dobranego spoiwa, według przygotowanej receptury laboratoryjnej, na uprzednio przygotowanym podłożu. W metodzie tej wykorzystuje się recykler, który przejeżdżając po gruncie miesza rozłożone spoiwo wraz z podłożem na zadaną głębokość (zwykle 15 - 45 cm). Po

przemieszaniu gruntu ze spoiwem uzyskuje się mieszanke, która w następnej fazie prac podlega wałowaniu (zagęszczaniu) i profilowaniu pod zadane cechy geometryczne. Ostatnim etapem prac jest pielęgnacja ustabilizowanej warstwy, poprzez polewanie wodą. Do zalet tej metody należą między innymi duża wydajność i stosunkowo krótki czas realizacji, efektywność ekonomiczna, walory ekologiczne i trwałość.

Z dotychczasowego stanu techniki, między innymi z literatury patentowej znane jest wiele sposobów stabilizacji gruntów oraz preparatów do stabilizacji.

Przykładowo z opisu patentowego PL179514 znany jest sposób stabilizacji kompleksowej gruntów, zwłaszcza przeznaczonych na podbudowy drogowe i kolejowe polegający na kolejnym łączeniu i pielęgnacji komponentów, charakteryzujący się tym, że na 100 części wagowych gruntu zużywa się 2-12 części wagowych cementu, 0,1-6 części wagowych licząc suchą masę lateksu butadienowo-styrenowego i wody łącznie 2-14 części wagowych.

Z opisu patentowego PL189107 znany jest sposób uszczelniania i konsolidacji gruntu o podwyższonej wytrzymałości mechanicznej i zwiększonej wodoodporności, co osiągnięto poprzez użycie do uszczelniania gruntu kompozycji zawierającej: szkło wodne, utwardzacz, środki powierzchniowo czynne, wypełniacz i nanocząsteczkową, hydrofobową krzemionkę płomieniową o rozmiarach pierwotnych cząstek od 7 nm do 20 nm i powierzchni właściwej od 400 do 90 m²/g. Rozwiązanie to obarczone jest wadą skomplikowanej receptury i kosztochłonnych składników.

Znane są również sposoby stabilizacji gruntów wykorzystujące pochodne aromatycznych kwasów sulfonowych. Związki te spełniają rolę środków powierzchniowo-czynnych ułatwiając penetrację właściwych związków stabilizujących, wymywają zanieczyszczenia, ewentualne tłuszcze i resztki zanieczyszczeń ropopochodnych. Zastosowanie tego typu związków znane jest w mieszankach stabilizujących grunty, między innymi z polskiego zgłoszenia patentowego P.381672, w którym ujawniono sposób stabilizacji gruntów charakteryzujący się tym, że do stężonego kwasu siarkowego i/lub dymiącego kwasu siarkowego (oleum) dodaje się proporcjonalnie odpowiednią ilość zgranulowanych pochodnych aromatycznych węglowodorów zawierających grupy o charakterze kwaśnym, równocześnie intensywnie mieszając prowadzi się I stopień reakcji w temperaturze 50-60°C przez około 6 h, a następnie podwyższa się temperaturę i prowadzi się II stopień reakcji w temperaturze 100-125°C otrzymując roztwór pochodnych sulfonowych w roztworze kwasu

siarkowego. Rozwiązanie to obarczone jest wadą wybiórczego działania, bowiem służy do stabilizacji wybranych gruntów gliniastych i ilastych.

Składnikiem, który stosowano również w klasycznych mieszankach stabilizujących grunt jest pochodna sulfonowa aromatów pierścieniowych. W jednym ze znanych preparatów (występującym pod nazwą *Stabibud 1*) zastosowano kwas betanaftalenosulfonowy w ilości 160 ml koncentratu na 1 m³ gruntu z domieszką (lub bez) cementu w ilości 3 % wagowych w stosunku do masy gruntu. Stabilizator ten działa jednak wybiórczo na niektóre typy gruntów; działanie jego słabnie wyraźnie wraz ze wzrostem zawartości piasków luźnych i ilów, zwłaszcza w glebach bielcowych.

Celem wynalazku było opracowanie takiego środka stabilizującego oraz sposobu stabilizacji gruntów, które nie posiadałyby wyżej wymienionych wad dotychczas stosowanych rozwiązań i nadawałyby się do stabilizacji wszelkiego rodzaju gruntów.

Istotę wynalazku stanowi stabilizator gruntów, składający się z amorficznego, uwodnionego tlenku krzemu (SiO₂) o powierzchni właściwej powyżej 125 m²/g, w ilości od 0,10 do 2,5 % wagi stabilizowanego gruntu, oraz z sulfonowej pochodnej węglowodorów aromatycznych, w postaci wodnego roztworu kwasu *beta*-naftalenosulfonowego, w ilości od 0,0000002 do 0,000001 % (0,2 do 1 g/tonę) stabilizowanego gruntu, i z substancji minimalizującej przesiąkliwość kapilarną stabilizowanego gruntu, którą stanowi kwas krzemowy (szkło wodne) lub kwas akrylowy lub ich mieszanina, w ilości od 0,02 do 2,0 % wagi stabilizowanego gruntu. Najważniejszym, a jednocześnie nieznanym dotąd składnikiem stabilizatora gruntów jest uwodniony tlenek krzemu, który pełni rolę podobną do cementu stosowanego w innych znanych rozwiązaniach.

Korzystnie, stabilizator gruntów zawiera również dodatek cementu, w ilości od 0,10 do 2,5 % wagi stabilizowanego gruntu. Dodatek cementu pozytywnie wpływa na szybkość osiągnięcia pierwszego stopnia wytrzymałości.

Zakłada się przy tym, że 1 m³ gruntu waży od 1,2 do 1,8 tony.

Istotę wynalazku stanowi również sposób stabilizacji gruntów polegający na tym, że do stabilizowanego gruntu wprowadza się amorficzny, uwodniony tlenek krzemu (SiO₂) o powierzchni właściwej powyżej 125 m²/g, w ilości od 0,10 do 2,5 % wagi stabilizowanego gruntu, sulfonową pochodną węglowodorów aromatycznych, w postaci wodnego roztworu kwasu *beta*-naftalenosulfonowego, w ilości od 0,0000002 do

0,000001 % (0,2 do 1 g/tonę) stabilizowanego gruntu, oraz substancję minimalizującą przesiąkliwość kapilarną stabilizowanego gruntu, którą stanowi kwas krzemowy (szkło wodne) lub kwas akrylowy lub ich mieszanina, w ilości od 0,02 do 2,0 % wagi stabilizowanego gruntu, a dodane składniki dokładnie miesza się z gruntem zapewniając równomierne ich rozproszczenie, po czym korzystnie teren wyrównuje się i walcuje.

Korzystnie, do mieszaniny reakcyjnej wprowadza się również dodatek cementu, w ilości od 0,10 do 2,5 % wagi stabilizowanego gruntu. Dodatek cementu pozytywnie wpływa na szybkość osiągnięcia pierwszego stopnia wytrzymałości.

Sposób mieszania gruntu ze składnikami stabilizującymi jest dowolny, aby tylko zapewnić jak najlepsze (równomierne) rozproszczenie i wymieszanie składników w gruncie. Najkorzystniej, proces mieszania stabilizowanego gruntu z dodawanymi składnikami prowadzi się za pomocą recyklera, który przemieszczając się po gruncie dogłębnie go spulchnia i miesza.

Korzystnie, przed dodaniem składników stabilizujących, stabilizowany grunt spulchnia się, najkorzystniej za pomocą recyklera. Umożliwia to łatwiejsze wprowadzenie składników stabilizujących, a następnie lepsze ich wymieszanie z gruntem.

Jako recykler stosuje się zwykle ciągnik, którego urządzeniem roboczym jest kultywator (do płytkiego mieszania gleby) lub pionowe ostrza do głębszego (0,2-0,6 m) mieszania gleby.

Przedmiot wynalazku zostanie bliżej przedstawiony w przykładach jego realizacji.

Przykład 1.

Przykładowy stabilizator gruntów składa się z sulfonowej pochodnej węglowodorów aromatycznych, w postaci wodnego roztworu kwasu *beta*-naftalenosulfonowego, w ilości 0,0000004 % (0,4 g/tonę) stabilizowanego gruntu, substancji minimalizującej przesiąkliwość kapilarną stabilizowanego gruntu, którą stanowi kwas krzemowy (szkło wodne), w ilości 1,0 % wagi stabilizowanego gruntu oraz z amorficznego, uwodnionego tlenku krzemu (SiO_2) o powierzchni właściwej powyżej $125 \text{ m}^2/\text{g}$, w ilości 1,5 % wagi stabilizowanego gruntu. Wskazane składniki wprowadza się do gruntu w celu jego stabilizacji.

Przykład 2.

Przykładowy sposób stabilizacji gruntu ilasto gliniastego z zawartością około 10% humusu, pospółki, żwiru, pyłów oraz piasku.

Początkowo w zbiorniku kwasoodpornym o pojemności 200 litrów przygotowano wodny roztwór kwasu *beta*-naftalenosulfonowego dodając prosto z reaktora produkcyjnego 1 litr koncentratu kwasu *beta*-naftalenosulfonowego i uzupełniając objętość wodą do 200 litrów. Taka ilość roztworu wystarcza średnio na stabilizację (utwardzenie) 25 m² powierzchni gruntu przy 25 cm głębokości utwardzania. Na uprzednio spulchnionym - za pomocą recyklera - gruncie równomiernie rozprowadzono przygotowany wodny roztwór kwasu *beta*-naftalenosulfonowego, w ilości 0,0000004 % (0,4 g/tonę) stabilizowanego gruntu, dodano kwas krzemowy (szkło wodne), w ilości 1,0 % wagi stabilizowanego gruntu oraz amorficzny, uwodniony tlenek krzemu (SiO₂) o powierzchni właściwej powyżej 125 m²/g, w ilości 1,5 % wagi stabilizowanego gruntu. Następnie za pomocą recyklera spulchniono grunt i dokładnie wymieszano go z dodanymi składnikami, zapewniając równomierne ich rozprowadzenie, a po około 1 godzinie wyrównano teren i poddano walcowaniu. W efekcie uzyskano wysoki stopień stabilizacji gruntu, to jest trwałego wzmocnienia, utrwalenia i uszczelnienia gruntu.

Przykład 3.

Przykładowy sposób stabilizacji gruntu ilasto gliniastego z zawartością około 10% humusu, pospółki, żwiru, piasku oraz popiołów.

Początkowo w zbiorniku kwasoodpornym o pojemności 200 litrów przygotowano wodny roztwór kwasu *beta*-naftalenosulfonowego dodając prosto z reaktora produkcyjnego 1 litr koncentratu kwasu *beta*-naftalenosulfonowego i uzupełniając objętość wodą do 200 litrów. Na uprzednio spulchnionym - za pomocą recyklera - gruncie (25 m² powierzchni przy 25 cm głębokości) równomiernie rozprowadzono przygotowany wodny roztwór kwasu *beta*-naftalenosulfonowego, w ilości 0,0000005 % (0,5 g/tonę) stabilizowanego gruntu, dodano kwas akrylowy, w ilości 1,0 % wagi stabilizowanego gruntu oraz amorficzny, uwodniony tlenek krzemu (SiO₂) o powierzchni właściwej powyżej 125 m²/g, w ilości 1 % wagi stabilizowanego gruntu, po czym dodano cement w ilości 1 % wagi stabilizowanego gruntu. Następnie za pomocą recyklera spulchniono grunt


i dokładnie wymieszano go z dodanymi składnikami, zapewniając równomierne ich rozproszczenie, a po około 1 godzinie wyrównano teren i poddano walcowaniu. W efekcie uzyskano wysoki stopień stabilizacji gruntu, to jest trwałego wzmocnienia, utrwalenia i uszczelnienia gruntu.

Zastosowany w rozwiązaniu według wynalazku kwas *beta*-naftalenosulfonowy spełnia rolę środka powierzchniowo-czynnego ułatwiając penetrację właściwego związku stabilizującego, jakim jest amorficzny, uwodniony tlenek krzemu, wymywa zanieczyszczenia, ewentualne tłuszcze i resztki zanieczyszczeń ropopochodnych. Tlenek krzemu, który do tej pory nie był stosowany w mieszankach stabilizujących grunty, w mieszaninie wodnej z pochodnymi sulfonowymi węglowodorów aromatycznych tworzy rozległą sieć struktur nanomolekularnych, przy czym jego powinowactwo do krzemianów występujących we wszystkich prawie glebach znakomicie działa na wzrost trwałości i siłę połączeń nanokrystalitów rozszerzając jednocześnie zakres zastosowania stabilizatora na prawie wszystkie rodzaje gleb i gruntów. W przeciwieństwie do znanych wcześniej rozwiązań, stabilizator według wynalazku nie działa bowiem wybiórczo na niektóre typy gruntów. Jego działanie nie słabnie wraz ze wzrostem zawartości piasków luźnych i iłów, zwłaszcza w glebach bielicowych – działa on stabilizująco zarówno na lotnych piaskach saharyjskich, jak i słonych piaskach nadmorskich oraz na glebach o wybitnie dużej ilości iłów, co świadczy o jego dużej uniwersalności i szerokich możliwościach zastosowania przemysłowego. Próby przemysłowe, zwłaszcza na zgniatanie (kruszenie) gruntu ustabilizowanego sposobem według wynalazku zostały przeprowadzone na różnych rodzajach gleb i piasków i potwierdziły jego wszechstronność i skuteczność.

Próby według przykładów nr 2 i 3 wykonane zostały między innymi na terenach przemysłowych w Bielsku Białej na odcinku 1200 m² w sierpniu 2015 r. na gruntach ilasto gliniastych. Wyniki wytrzymałościowe przeprowadzone po 7 dniach płytą dynamicznie obciążoną wynosiły 316 MPa / m². Dla porównania, w tym samym czasie wykonana została również stabilizacja takich samych gruntów sposobem i środkami znanymi z dotychczasowego stanu techniki, a wyniki wytrzymałościowe wyniosły 93 MPa / m², czyli kilkukrotnie gorzej niż w efekcie zastosowania wynalazku.

Skuteczność stabilizacji gruntów za pomocą stabilizatora według wynalazku wytłumaczyć można fizyczną długością łańcucha cząsteczki amorficznego tlenku krzemu

(12 mikrometrów = 12000 nanometrów) oraz rozwiniętą powierzchnią właściwą (średnio około 140 m²/g), co pozwala na tworzenie sieci tlenku krzemu lepiej wypełniających przestrzenie między ziarnami piasku czy cząsteczkami gruntu. Dodatki w postaci kwasu krzemowego lub kwasu akrylowego wbudowują się w sieć nanokrystalitów tlenku krzemu tworząc zaporę hydrofobową przed przesiąkliwością kapilarną i zabezpieczenie przed ewentualnym działaniem wymywających wód gruntowych. Obydwa kwasy można stosować wymiennie lub razem.

RZECZNIK PATENTOWY
Uniwersytetu Śląskiego

mgr Mariusz Grzesiński
Koordynator Biura Rzeczników Patentowych