



Ulepszanie i stabilizacja **gruntów** **spoiwem wapiennym**



■ **Sławomir Gąsiorowski**, Stowarzyszenie Przemysłu Wapienniczego

Korzyści z posiadania sprawnej i wydajnej komunikacji wewnątrz kraju są oczywiste. Projektowanie, budowa lub modernizacja dróg, autostrad oraz linii kolejowych jest przedsięwzięciem technologicznym, dla którego inwestorzy, a za nimi projektanci i wykonawcy poszukują punktu równowagi pomiędzy szybkością wykonywania prac budowlanych, ich jakością a ekonomiczną opłacalnością. W ostatnich czasach pojawił się jeszcze jeden istotny czynnik planowania inwestycji, który należy uwzględnić w pracach projektowych i wykonawczych. Jest nim ochrona środowiska.



Grunt wykorzystany do budowy nasypów autostrady A1

Wprowadzanie spoiw wapiennych wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z koniecznością posadowienia dróg lub podtorzy na gruntach spoistych, jest optymalnym rozwiązaniem. Stosowanie tych spoiw eliminuje konieczność wymiany gruntu na nowy, co inwestorom i wykonawcom przynosi wymierne korzyści ekonomiczne.

Dawniej, gdy przy budowie lub modernizacji szlaku komunikacyjnego natrafiano na grunty spoiste lub wysadzinowe, jedynym rozwiązaniem była wymiana gruntu spoistego na grunt niespoisty, dający się łatwo zagęszczać i posiadający pożądaną nośność. Metoda jest tyleż skuteczna, co kosztowna i czasochłonna. Przemieszczanie olbrzymich mas ziemnych wiąże się zawsze z daleko idącą, negatywną ingerencją w środowisko naturalne.

Z jednej strony, przy niewystarczającej wydajności i liczbie lokalnych źródeł kruszywa istniała konieczność otwierania nowych kopalń piasku lub kamienia. Z drugiej strony, transportowanie olbrzymich ilości materiałów budowlanych samochodami ciężarowymi zawsze przyczynia się do szybkiej degradacji lokalnych dróg i dużej uciążliwości dla ludności mieszkającej w sąsiedztwie prowadzonej inwestycji. Nie należy też zapominać, że w tych warunkach grunt spoisty traktowany jest jako zbyt cenny i uciążliwy odpad, dla którego należy znaleźć odpowiednie miejsce składowania.

Czy w przypadku gruntów spoistych jesteśmy skazani wyłącznie na ich wymianę? Oczywiście, że nie. Od wielu lat przy budowie dróg i autostrad stosowana jest technologia stabilizowania gruntów spoistych i (lub) wysadzinowych za pomocą wapna palonego. Technologia ta jest tak skuteczna, że wymiana gruntów odeszła szybko w zapomnienie.

Ktoś może zapytać, co tak innowacyjnego jest w tej technologii? Przecież stabilizacja gruntów wapnem znana jest od dawna. Wykonywano ją chociażby w latach 70. XX w. Zgoda, stabilizowanie gruntów wapnem nie jest nowością samą w sobie, ale postęp techniczny, jaki dokonał się w ciągu ostatnich dziesięcioleci (nowe maszyny i urządzenia, nowe produkty), powoduje, że mamy do czynienia z zupełnie nową jakością prowadzenia robót. Wykonuje się je szybko i sprawnie, co powoduje znaczące przyspieszenie prac budowlanych, czemu równocześnie towarzyszy spadek nakładów finansowych na uzyskanie podłoża o odpowiedniej nośności.

Grunty

Zgodnie z Polską Normą PN-EN ISO 14688-1, gruntem określa się zespół cząstek mineralnych, niekiedy z substancją organiczną w postaci osadu, który może być rozdrobniony przez delikatne rozcieranie w ręce i który zawiera wodę i powietrze (a niekiedy także inne gazy).

Podstawowy podział gruntów wyróżnia dwa ich rodzaje: spoiste i niespoiste. Gruntami wykazującymi właściwości spoiste nazywamy te, dla których daje się wyznaczyć granicę plastyczności W_p . Grunty spoiste charakteryzują się m.in. tym, że mają dużą zdolność do chłonięcia wody. Ilość wody zaabsorbowana przez grunt silnie wpływa na jego właściwości mechaniczne. Zagęszczanie do pożądaných wartości gruntów spoistych będących w stanie plastycznym jest praktycznie niemożliwe. Sytuacja zmienia się zdecydowanie na korzyść, jeśli do obniżenia wilgotności naturalnej gruntu zostanie użyte wapno palone. Z jednej strony dzięki jego stosowaniu udaje się doprowadzić grunt do wilgotności optymalnej, a z drugiej strony procesy, jakie zachodzą w strukturze gruntu, powodują, że łatwo daje się on zagęszczać.

Trochę chemii

Aby zrozumieć fenomen ulepszenia gruntów spoiwami wapiennymi, jak również, aby te spoiwa poprawnie stosować, wymagana jest znajomość i rozróżnienie podstawowych produktów produkowanych przez przemysł wapienniczy. Zastosowanie niewłaściwego produktu może skutecznie zniweczyć zamierzony efekt, co prozaicznie można określić jako nieudana lub nie w pełni udana stabilizacja.

Wapno palone jest produktem powstałym po wypale kamienia wapiennego. Reakcja przebiega według wzoru: CaCO_3 (kamień wapienny) \rightarrow CaO (wapno palone) + $\text{CO}_2\uparrow$ (dwutlenek węgla).

W zależności od tego, w jakiej temperaturze prowadzi się wypał wapna, jak również w zależności od zastosowanego paliwa otrzymuje się wapno palone o odmiennych właściwościach. Oprócz składu chemicznego, parametrem charakteryzującym wapno palone jest jego czas gaszenia oznaczony jako t_{60} , czyli czas, w jakim po dodaniu do wapna palonego wody, ich mieszanina osiąga temperaturę 60 °C.

Posługując się parametrem t_{60} , wapno palone klasyfikuje się bardzo często w następujący sposób:

- wapno wysoko reaktywne $t_{60} = 1\div 3$ min
- wapno średnio reaktywne $t_{60} = 6\div 9$ min
- wapno nisko reaktywne $t_{60} = 9\div 12$ min.



Struktura gruntu spoistego po wymieszaniu z wapnem palonym

To, jak szybko wapno reaguje z wodą, zależy od jego struktury krystalograficznej. Wapno palone, którego wypał prowadzono w niższych temperaturach, charakteryzuje się wysoką reaktywnością. Im wyższa temperatura wypału, tym intensywniej przebiegają procesy spiekania ziaren CaO , co prowadzi do obniżenia jego reaktywności.

Do ulepszenia i stabilizowania przewilgoconych gruntów zaleca się stosować wapno wysoko reaktywne, a więc o czasie gaszenia około 3 min. W wyniku reakcji wapna palonego z wodą powstaje wodorotlenek wapnia Ca(OH)_2 . Towarzyszy temu



Współczesne mieszarki gruntu gwarantują dużą wydajność



Porównanie wyglądu gruntów – rodzimego i wymieszanego z wapnem

wydzielanie dużej ilości ciepła, gdyż reakcja jest silnie egzotermiczna. Reakcja tworzenia wodorotlenku wapnia opisana jest wzorem: CaO (wapno palone) + H_2O (woda) \rightarrow Ca(OH)_2 (wodorotlenek wapnia) + Q (ciepło).

Do uzdatniania i stabilizacji przewilgoconych gruntów spoiwymi wodorotlenek wapnia – sprzedawany jako wapno hydratyzowane – nie powinien być stosowany, gdyż wykazuje znikomą efektywność osuszania gruntów. Wynika to z faktu, że wapno to nie będzie reagowało z wodą zawartą w gruncie, a zatem reakcja egzotermiczna nie wystąpi. Grunty staną się, co prawda, nieznacznie mniej wilgotne, ale tylko dlatego, że przybędzie w nich suchej masy. Natomiast wapno hydratyzowane powinno być stosowane w przypadku występowania gruntów spoiwymi przesuszonych. W przypadku takich gruntów wapno hydratyzowane stosowane jest w postaci mleka wapiennego.

Działanie wapna palonego – efekt w krótkim okresie

Oddziaływanie wapna palonego można podzielić na dwa etapy, biorąc pod uwagę procesy, jakie zachodzą w strukturze gruntu. Pierwszy etap polega na obniżeniu wilgotności naturalnej gruntu do wartości optymalnej określonej w badaniu Proctora.

Przyjmuje się, że każdy procent wapna dodany do gruntu powoduje spadek jego wilgotności o minimum 1-5%, a zależy to od temperatury otoczenia, lokalnego nasłonecznienia, szybkości wiatru itd. Wapno palone, zmniejszając ilość wody zaabsorbowaną przez cząstki gruntu, powoduje, że staje się on mniej plastyczny.

Oprócz spadku wilgotności gruntu dodatkowo dochodzi w nim do wymiany jonowej, w której jony Ca^{2+} zastępują jony Na^+ . Towarzyszy temu zjawisko flokulacji oraz aglomeracji cząstek gruntu, w wyniku czego grunt plastyczny ulega przekształceniu w grunt quasi-piaskowy, dający się zagęszczać. Wskaźnik plastyczności I_p ulega zmniejszeniu przez podwyższenie granicy plastyczności, a to oznacza, że właściwości mechaniczne gruntu stają się mniej zależne od ilości wody zawartej w gruncie. Zmiany tekstury gruntu wpływają również na zmianę wskaźnika CBR (*Californian Bearing Ratio*).

Działanie wapna palonego – efekt długoterminowy

Poza opisanymi powyżej zjawiskami powodującymi szybką zmianę struktury gruntu spoiwego przy stosowaniu wapna zachodzą również inne zjawiska, które w dłuższym okresie czasu skutkują wzrostem wytrzymałości gruntu, a odpowiedzialna jest za to reakcja pucolanowa.

Spośród 88 pierwiastków występujących na Ziemi, tylko osiem zalicza się do pospolitych, a więc tych, które są podstawowym składnikiem skorupy ziemskiej. Są to: tlen (46%), krzem (28%), glin (8%), żelazo (6%), wapń (4%), sód (3%), potas (2%), magnez (2%).

Z drugiej strony, dotychczas zidentyfikowano ok. 3000 minerałów tworzących skorupę ziemską, przy czym 10 minerałów buduje 90% skorupy ziemskiej. Są to: 60% – skalenie; 15% – oliwiny, pirokseny i amfibole; 12% – kwarc; 3% – miki i inne krzemiany, które zawierają w swoim składzie m.in. tetraedry krzemowe oraz oktaedry glinowe.

Dodanie wapna palonego powoduje wzrost pH do wartości ok. 11-12. W środowisku zasadowym znacząco wzrasta rozpuszczalność związków krzemu oraz glinu zawartych w gruncie, stąd też mogą one wchodzić w reakcję z jonami wapnia. Wynikiem tego jest tworzenie faz CSH oraz CAH powodujących sklejanie cząstek gruntu i stały wzrost jego wytrzymałości na ściskanie. Badania polowe wskazują, że niektóre kombinacje spoiwa wapienne – grunt mają zdolność do systematycznego przyrostu wytrzymałości nawet przez 10 lat od momentu wykonania stabilizacji.

Podsumowanie

Współczesny świat wymaga od nas, aby prowadzić inwestycje w sposób efektywny pod względem finansowym, przy jednoczesnym uwzględnieniu aspektu ochrony zasobów naturalnych. Projektanci i wykonawcy nie mają wpływu na rodzaj gruntu, jaki występuje w miejscu budowy lub modernizacji szlaku kolejowego. Mają jednak decydujący wpływ na to, w jaki sposób grunt zastany w miejscu inwestycji zostanie wykorzystany w trakcie budowy. W terenie, gdzie występuje grunt spoiwy, bardzo dobrze sprawdzają się technologie pozwalające na jego ulepszenie i ustabilizowanie. Obecnie stosowane produkty i urządzenia zapewniają dużą efektywność i szybkość prac związanych ze stabilizacją. Spoiwa wapienne dzięki swoim właściwościom doskonale sprawdzają się zarówno przy budowie nowych szlaków transportowych, jak i modernizacji już istniejących. Właściwości osuszające oraz reakcja pucolanowa, które są udziałem spoiwa wapiennego, powodują, że produkt ten jest niezastąpiony we wszelkiego rodzaju pracach ziemnych prowadzonych z wykorzystaniem gruntów spoiwymi.

ZDJĘCIA: SŁAWOMIR GAŚSIOROWSKI