

Stabilizacja gruntów spoiwem wapiennym

W ostatnich latach Polska przeżywa ogromny boom inwestycyjny. Dzięki pozyskiwaniu środków m.in. z Unii Europejskiej budujemy i modernizujemy coraz więcej dróg, szlaków kolejowych, obiektów mających zapewnić ochronę w czasie powodzi i wiele, wiele innych. Taką mnogość i różnorodność inwestycji wymaga od projektantów i wykonawców stosowania coraz nowszych i bardziej wydajnych technologii budowlanych. Dzięki ciągłemu i nieustannemu dążeniu do poszukiwania balansu pomiędzy szybkością i jakością wykonywania prac a ingerencją w naturalne środowisko człowieka wypracowanych zostało wiele nowoczesnych technologii, które pomagają w coraz bardziej efektywny sposób wykorzystywać materiały występujące w bliskim sąsiedztwie prowadzonych prac budowlanych lub też występujących w miejscu budowy. Na szczęście praktycznie minęły już czasy, gdy przy budowach szlaków komunikacyjnych, kiedy napotymano na „trudne grunty” spoiste lub wysadzinowe nieposiadające parametrów, które umożliwiałyby ich użycie w pracach budowlanych (zagęszczanie), decydowano się najczęściej na ich wymianę. Skuteczności metody wymiany gruntu nie sposób podważyć, ale jest ona bardzo kosztowna i czasochłonna, a dodatkowo zawsze wiąże się z ingerencją w środowisko naturalne. Czy zatem w przypadku wystąpienia gruntów spoistych na budowie jesteśmy skazani wyłącznie na ich wymianę? Oczywiście, nie.

Od wielu lat przy budowie dróg i autostrad stosowana jest technologia stabilizowania gruntów spoistych i/lub wysadzinowych za pomocą wapna palonego. Skuteczność stabilizacji gruntu jest tak duża, że wymiana gruntu szybko odeszła w zapomnienie i dziś jest technologią marginalną występującą tylko w sytuacjach, gdzie jest to uzasadnione np. wysoką zawartością części organicznych w gruncie rodzimym lub uwarunkowaniami środowiskowymi.

Technologia stabilizacji gruntów

Technologię tę stosuje się od lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Nie jest więc supernowością na rynku, ale w wyniku postępu technologicznego w ostatnich latach

jest nieporównywalna z tą sprzed kilkunastu lat.

Era Starożytna. Kiedyś stabilizacja gruntu z użyciem np. wapna była wykonywana z założenia jako warstwa wzmacniająca słabonośne podłoża. Wykonywano ją najczęściej sprzętem rolniczym (!), który nie tylko nie pozwalał na dobre wymieszanie gruntu ze spoiwem (homogeniczność mieszanki), ale również nie był w stanie mieszać na większej głębokości. W tej sytuacji mające zazwyczaj grubość 10 ÷ 15 cm warstwy wzmacniające tylko teoretycznie spełniały swoje zadania. Zwykle przykrywane dalszymi warstwami konstrukcji nawierzchni pękały, a to z kolei prowadziło do podciągania kapilarnego wody w górne warstwy podbudowy, a w przypadku pojawienia się mrozów – kompletnej destrukcji podbudowy. Trwałość takiej stabilizacji właściwie nie była sprawdzana, zresztą po co, skoro została przykryta warstwą innych materiałów grubości 60 ÷ 100 cm. Do tego dochodził brak jednolitych i jasnych procedur badawczych, które umożliwiałyby weryfikację parametrów warstwy po stabilizacji.

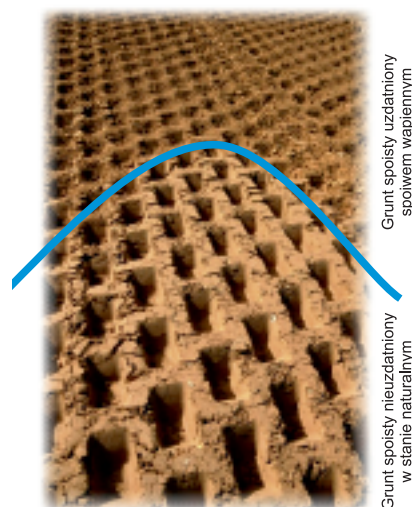
Era Nowożytna. Obecnie stabilizacja to bardzo wydajny proces. Kompletna rewolucja nastąpiła po pojawieniu się recyklerów (fotografia 1) potrafiących przemieszczać grunt na dużej głębokości. Teraz standardem jest 25 ÷ 35 cm i to w jednym „przejściu” maszyny, a często nawet mieszanie na głębokość 50 cm i to za jednym razem. Oprócz recyklerów mamy do dyspozycji również precyzyjne siewniki, które potrafią rozłożyć spoiwo równomiernie na powierzchni wg wcześniej przygotowanej receptury laboratoryjnej. Obecnie można więc wykonywać stabilizację szybko, sprawnie, precyzyjnie i ekonomicznie, oszczędzając ilość wydatkowanego spoiwa, czas i środki finansowe.



Fot. 1. Recykler do stabilizacji gruntu

Prawidłowo wykonana warstwa z zastabilizowanego materiału jest fundamentem dalszej części prac budowlanych. Dzięki uzyskaniu modułu odkształcenia $E_2 > 100 - 120$ MPa pozwala, w wielu przypadkach, na rezygnację z innych dodatkowych wzmocnień np. geokratami czy stosowania grubych warstw tłucznia lub materiałów sypkich stabilizowanych mechanicznie.

Ulepszanie a stabilizacja. Ulepszanie gruntów (fotografie 2 i 3) to modyfikacja

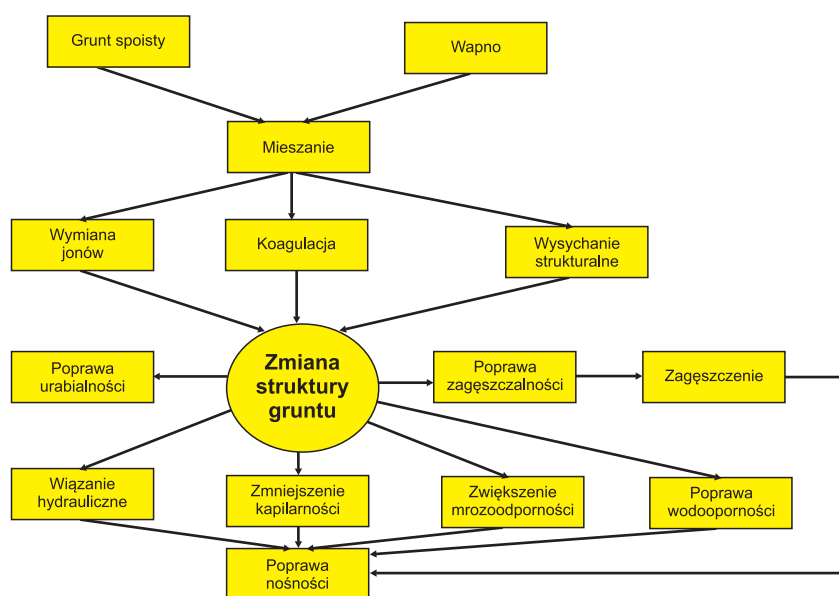


Fot. 2. Porównanie gruntu spoistego uzdatnionego (górna część) i nieuzdatnionego (dolna część) po zagęszczeniu walcem ookolowanym



Fot. 3. Grunt przed i po stabilizacji wapnem

polegająca na poprawie ich właściwości geotechnicznych w celu zwiększenia przydatności w budownictwie. Dzięki procesowi ulepszania uzyskujemy osuszenie gruntu, poprawę zagęszczalności, zwiększenie odporności na działanie wody i mrozu (rysunek). Przez stabilizację gruntu rozumiemy proces inżynierskiego wzmacniania gruntu w celach budowlanych, gdy właściwości gruntu stabilizowanego są uwzględnione w projekcie, a warstwa gruntu stabilizowanego stanowi element konstrukcyjny budowli, np. war-



Mechanizm stabilizacji i ulepszenia gruntów wapnem

[Źródło: S. Rolla Drogownictwo 8/2001]

stwy konstrukcyjne drogi – podbudowy. Dzięki stabilizacji uzyskujemy warstwy wzmacniające, podbudowy drogowe, wzrost wytrzymałości na ściskanie, mrozoodporność.

Grunty

Stabilizacji wapnem poddaje się grunty spoiste zawierające minerały ilaste, żwiry gliniaste, pospółki gliniaste, gliny piaszczyste, piaski gliniaste, lessy i pyły. Mielone wapno palone (CaO) może być stosowane także do stabilizacji i ulepszenia gruntów kwaśnych oraz gruntów o wysokiej wilgotności w porównaniu z wilgotnością optymalną.

Grunty przeznaczone do stabilizacji wapnem powinny spełniać następujące wymagania:

- wskaźnik plastyczności gruntu – min 7%;
- zawartość w gruncie ziaren większych od 40 mm – max 15%;
- zawartość części organicznych w gruncie – max 10%;
- wskaźnik piaskowy WP – max 30%.

Podczas stabilizacji gruntu wapnem (CaO) zachodzą reakcje, które powodują:

- osuszenie wilgotnych gruntów;
- podwyższenie granicy plastyczności;
- wzrost optymalnej wilgotności wraz z granicami konsystencji;
- wskaźnik nośności gruntu – CBR ulega znaczącej poprawie;
- wskaźnik plastyczności gruntu – I_p rośnie.

Natomiast w przypadku stosowania wapna hydratyzowanego $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zachodzą również wymienione reakcje z wyjątkiem osuszenia. Ze względu na to, że w polskich warunkach posiadamy prawie zawsze grunt ze zbyt dużą zawartością wody, **stosuje się tylko wapno palone mielone (CaO). Działanie wapna palonego** można podzielić na dwa etapy, biorąc pod uwagę procesy zachodzące w strukturze gruntu.

Efekt w krótkim czasie. Etap pierwszy polega na obniżeniu naturalnej wilgotności gruntu do wartości optymalnej określonej w badaniu Proctora. Dzieje się tak dzięki zastosowaniu wapna palonego (tlenek wapnia CaO), które jest związkem chemicznym silnie reagującym z wodą. Powstała w egzotermicznej reakcji energia jest uwalniana w postaci ciepła w ilości ok. 15,5 cal/mol. Dzięki temu zawilgoceny grunt ulega osuszeniu. Na podstawie przeprowadzonych testów i badań przyjmuje się, że każdy procent wapna dodany do gruntu powoduje spadek jego wilgotności o ok. $1 \div 5\%$. Zaabsorbowana przez spoiwo woda z gruntu powoduje, iż 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 pla-

styczności, a to oznacza, że właściwości mechaniczne gruntu stają się mniej zależne od ilości zawartej w nim wody. Zmiany tekstury gruntu wpływają również na zmianę wskaźnika CBR (Californian Bearing Ratio). Należy również zwrócić uwagę, że w gruncie następuje zmiana orientacji cząstek, co powoduje wzrost jego wewnętrznego tarcia. Wynikiem tego jest wzrost nośności gruntu.

Efekt długoterminowy. Poza opisanymi zjawiskami powodującymi szybką zmianę struktury gruntu spoistego, w przypadku stosowania wapna zachodzą również inne zjawiska, które w dłuższym czasie skutkują wzrostem wytrzymałości gruntu, a odpowiedzialna jest za to reakcja pucolanowa.

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

Podsumowanie

Dzięki nowemu spojrzeniu na technologię stabilizacji gruntu projektanci i wykonawcy mogą spać spokojnie, gdyż mają gotowe znane i sprawdzone rozwiązanie. Inwestor również może z ulgą odetchnąć i być spokojny o czynnik finansowy, ponieważ nie poniesie zwiększonych wydatków na wymianę gruntu. Stosowane są bardzo dobrej jakości spoiwa wapienne oraz urządzenia dające wysoką efektywność i precyzję pracy. Właściwości osuszające oraz reakcja pucolanowa, jakie są udziałem spoiwa wapiennego, powodują, że produkt ten jest niezastąpiony we wszelkiego rodzaju pracach ziemnych prowadzonych na gruntach spoistych.



**Stowarzyszenie
Przemysłu
Wapienniczego**
www.wapno-info.pl

tel. (12) 626 18 76
fax (12) 626 28 87
e-mail: info@wapno-info.pl