



# STABILIZACJA GRUNTÓW spoiwem wapiennym

tekst i zdjęcia: STOWARZYSZENIE PRZEMYSŁU WAPIENNICZEGO

W ostatnich latach Polska przeżywa boom inwestycyjny. Dzięki m.in. pozyskiwaniu środków z funduszy Unii Europejskiej budujemy i modernizujemy coraz więcej dróg, szlaków kolejowych, obiektów mających zapewnić ochronę w czasie powodzi i wiele wiele innych. Tak olbrzymia liczba i różnorodność inwestycji wymaga od projektantów i wykonawców stosowania coraz to nowszych i bardziej wydajnych technologii budowlanych, dzięki którym można budować nie tylko szybciej i sprawniej, ale też coraz bardziej obchodząc się z zasobami naturalnymi.

Dzięki nieustannemu dążeniu do znalezienia balansu pomiędzy szybkością i jakością wykonywania prac a ingerencją w naturalne środowisko człowieka wypracowaliśmy szereg nowoczesnych technologii, które pomagają w coraz bardziej efektywny sposób wykorzystywać materiały występujące w bliskim sąsiedztwie prowadzonych prac budowlanych lub też znajdujące się w samym miejscu budowy.

Na szczęście praktycznie minęły już czasy, gdy przy budowach szlaków komunikacyjnych, kiedy napotymano na „trudne grunty” spoiste lub wysadzinowe, nieposiadające parametrów jakościowych umożliwiających ich użycie w pracach bu-

dowlanych (zagęszczanie), zdecydowano się w większości przypadków na ich wymianę. Skuteczności metody wymiany gruntu nie sposób podważyć, jednak jest ona bardzo kosztowna i czasochłonna, a dodatkowo zawsze wiąże się z ingerencją w środowisko naturalne.

Bo jak inaczej nazwać przemieszczanie olbrzymich mas ziemnych ciężkimi samochodami ciężarowymi, co prawie zawsze przyczynia się do szybkiej degradacji lokalnych dróg i dużej uciążliwości dla mieszkańców, a przecież nie należy zapominać, że w takiej sytuacji grunt spoisty traktowany jest jako zbyteczny i uciążliwy odpad, dla składowania którego należy znaleźć miejsce.

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 z użyciem wapna palonego.

Skuteczność stabilizacji gruntu okazała się tak duża, że wymiana gruntu szybko odchodzi w zapomnienie i dziś jest technologią marginalną, stosowaną tylko w sytuacjach, w których jest to uzasadnione np. wysoką zawartością części organicznych występujących w gruncie rodzimym lub innymi uwarunkowaniami, głównie środowiskowymi.

## Technologia stabilizacji gruntów

Niektórzy zapytają, co tak innowacyjnego jest w tej technologii, skoro stosujemy ją praktycznie od lat 70. XX w. Prawda, technologia stabilizacji gruntów spoistych wapnem nie jest na rynku supernowością samą w sobie, jednakże postęp technologiczny, jaki dokonał się w ostatnich latach, jest nieporównywalny z tym, co technologia ta przedstawiała sobą jeszcze kilkanaście lat temu.



Mechanizm stabilizacji i ulepszenia gruntów wapnem, za: Rolla S.: Ulepszenie gruntów w budowywanych w nasyp. „Drogownictwo” 2001, nr 8

### Era „starożytna”

Kiedyś stabilizacja gruntu z użyciem np. wapna była wykonywana z założenia jako warstwa wzmacniająca słabośnie 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 większych głębokościach. Mające zazwyczaj grubość 10–15 cm warstwy wzmacniające tylko teoretycznie spełniały swe 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. I po warstwach stabilizujących pozostawało tylko wspomnienie. Trwałość takich stabilizacji właściwie nie była sprawdzana, zresztą po co, skoro zostały przykryte 60–100-centymetrowym nadkładem innych materiałów. Do tego dochodził brak jednolitych i jasnych procedur badawczych, które umożliwiłyby weryfikację parametrów warstwy po stabilizacji.

### Era „nowożytna”

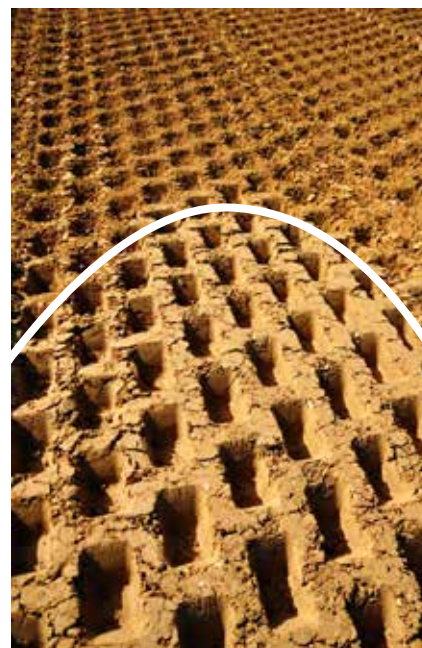
Obecnie stabilizacja to wysoko wydajny proces. Kompletna rewolucja nastąpiła po pojawieniu się recykerów potrafiących

przemieszczać grunt na dużych głębokościach. Teraz standardem jest 25–35 cm i to w jednym przejściu maszyny, a nierzadko nawet mieszanie na głębokość 50 cm, i to za jednym razem. Oprócz recykerów mamy również do dyspozycji precyzyjne siewniki, które potrafią równomiernie na powierzchni rozłożyć spoiwo według wcześniej przygotowanej recepty laboratoryjnej. Takie przejście technologiczne odkryło stabilizację na nowo. Można wykonywać ją szybko, sprawnie, precyzyjnie i ekonomicznie, oszczędzając ilość wydatkowanego spoiwa. Powoduje to znaczące przyspieszenie prac budowlanych, czemu równocześnie towarzyszy zmniejszenie nakładów finansowych na uzyskanie podłoża o odpowiedniej nośności. Grube warstwy odeszły w zapomnienie!

Prawidłowo wykonana warstwa z zastabilizowanego materiału jest fundamentem dla dalszej części prac budowlanych. Uzyskanie modułów odkształcenia  $E2 > 100\text{--}120\text{ MPa}$  umożliwi w wielu przypadkach rezygnację z innych, dodatkowych wzmocnień, np. geokratami, czy stosowania grubych warstw tłucznia lub też innych materiałów sypkich stabilizowanych mechanicznie. Technologia stanowi niebywałą korzyść dla inwestora, ponieważ pozwala zrealizować warstwę w krótszym czasie i przy zaangażowaniu mniejszych środków finansowych.

### Ulepszanie a stabilizacja

Ulepszanie gruntów to modyfikacja polegająca na poprawie właściwości geotechnicznych gruntów w celu zwiększenia ich przydatności w budownictwie. Dzięki procesowi ulepszenia gruntu uzyskujemy jego osuszenie, poprawę zagęszczenia, zwiększenie nośności, zwiększenie odporności na działanie wody i mrozu.



Porównanie gruntu spoistego uzdatnionego (górną część zdjęcia) i nieuzdatnionego (dolną część zdjęcia) po zagęszczeniu walcem okołkowym



Grunt przed i po stabilizacji wapnem

Przez stabilizację gruntu rozumiemy proces inżynierskiego wzmocnienia gruntu w celach budowlanych, gdy właściwości gruntu stabilizowanego są uwzględnione w projekcie, a warstwa gruntu stabilizowanego stanowi element konstrukcyjny budowli, np. warstwy konstrukcyjne drogi – podbudowy. Dzięki stabilizacji uzyskujemy warstwy wzmacniające, podbudowy drogowe, wzrost wytrzymałości na ściskanie, mrozoodporność.

## Grнты

Stabilizacji wapnem poddaje się grнты 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, ulepszenia grntów kwaśnych oraz grntów o wysokiej wilgotności w stosunku do wilgotności optymalnej.

Grнты przeznaczone do stabilizacji wapnem powinny spełniać poniższe kryteria:

- wskaźnik plastyczności gruntu – min. 7%;
- zawartość w gruncie ziaren większych niż 40 mm – do 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 grntów;
  - podwyższenie granicy plastyczności;
  - wzrost optymalnej wilgotności wraz z granicami konsystencji;
  - wskaźnik nośności gruntu CBR ulega znaczącej poprawie;
  - wskaźnik plastyczności gruntu  $I_p$  rośnie.

W przypadku stosowania wapna hydratyzowanego  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  zachodzą powyższe reakcje z wyjątkiem osuszania, jednak z uwagi na fakt, iż w polskich warunkach prawie zawsze grunt zawiera zbyt dużo wody, **stosujemy tylko wapno palone mielone (CaO)**.

## Działanie wapna palonego

Oddziaływanie wapna palonego można podzielić na dwa etapy, biorąc pod uwagę procesy, jakie zachodzą w strukturze gruntu.

## Effekt 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), który jest związkiem chemicznym silnie reagującym z wodą. Powstała w egzotermicznej reakcji energia jest uwalniana w postaci ciepła w ilości ok. 15,5 cal/mol. Dzięki temu przewilgocony grunt ulega osuszeniu. Na podstawie przeprowadzonych testów i badań przyjmuje się, że każdy procent wapna dodany do gruntu powoduje spadek jego wilgotności o ok. 1–5%. Zaabsorbowana przez spoiwo woda z gruntu sprawia, że staje się on mniej plastyczny.

Oprócz spadku wilgotności gruntu dodatkowo dochodzi w nim do wymiany jonowej, w której jony  $\text{Ca}^{2+}$  zastępują jony  $\text{Na}^+$ . 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*). Należy również zwrócić uwagę, że w gruncie następuje zmiana orientacji cząstek gruntu, co powoduje wzrost jego wewnętrznego tarcia, wynikiem czego jest zwiększenie nośności gruntu.

## Effekt długoterminowy

Poza opisanymi powyżej zjawiskami powodującymi szybką zmianę struktury gruntu spoistego, przy stosowaniu wapna zachodzą również inne zjawiska,

które w dłuższym okresie skutkują wzrostem wytrzymałości gruntu, a odpowiedzialna jest za to reakcja pucolanowa.

Dodanie wapna palonego powoduje wzrost pH do wartości powyżej 12. W środowisku zasadowym znacząco wzrasta rozpuszczalność krzemionki oraz trójtlenku glinu zawartych w gruncie, stąd 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

W dobie ciągłej optymalizacji prawie wszystkich procesów, w tym również budowlanych, zarówno ze względów finansowych, jak i z potrzeby ochrony zasobów naturalnych jesteśmy niejako przymuszeni do poszukiwania i korzystania z coraz to nowszych rozwiązań technologicznych. Czasem w tym pędzie za nowym nie zauważamy, że często wystarczy zoptymalizować stare. Nawet jeśli na niektóre rzeczy nie mamy wpływu, jak np. występowanie w miejscu budowy przewilgoconych grntów spoistych, to dzięki postępowi w technologii stabilizacji gruntu projektanci i wykonawcy mogą spać spokojnie, gdyż mają pod ręką sprawdzone rozwiązanie. Również inwestorzy mogą z ulgą odetchnąć i nie martwić się o czynnik finansowy, ponieważ nie poniosą zwiększonych wydatków na wymianę gruntu.

Nowe podejście polega na tym, że do stabilizacji grntów spoistych stosowane są wysokiej jakości spoiwa wapienne oraz urządzenia dające wysoką efektywność i precyzję pracy. Spoiwa wapienne dzięki swoim właściwościom doskonale sprawdzają się zarówno przy budowie nowych szlaków transportowych, jak i modernizacji już istniejących. Właściwości osuszające oraz reakcja pucolanowa, jakie są udziałem spoiwa wapiennego, powodują, że produkt ten jest niezastąpiony we wszelkiego rodzaju pracach ziemnych prowadzonych na grntach spoistych.

