

Cement w podbudowach drogowych

W dobie wciąż trwającej dyskusji o wyższości technologii betonowych bądź bitumicznych w budownictwie drogowym często zapomina się, że właściwości wiążące cementu od wielu lat wykorzystywane są do wzmacniania podłoża i wykonywania podbudów dla obu typów nawierzchni.

Alternatywa dla kruszywa

Tradycyjnym materiałem na podbudowy drogowe jest kruszywo mineralne. W zależności od warunków lokalnych i wymagań stawianych konstrukcji drogi, jest to kruszywo naturalne bądź łamane. Ograniczona dostępność i wysoka cena tych surowców a także konieczność ulepszenia słabego podłoża gruntowego i dążenie do zminimalizowania w nim zakresu wymiany gruntu skłaniały do poszukiwania rozwiązań alternatywnych, z których bardzo dobrym sposobem okazało się zastosowanie tzw. cementogruntu – mieszaniny cementu z posiadającym określoną wilgotność gruntem. Proces wytwarzania tej mieszaniny nazywany jest stabilizacją i po raz pierwszy do celów drogowych został zastosowany w USA w 1935 roku (podawane są również informacje o zastosowaniu w Rosji w 1914 roku do budowy dróg parkowych). Wkrótce nowa technologia przyjęła się na tyle, że do roku 1950 wykorzystano ją na 5 mln m² amerykańskich i 60 tys. m² brytyjskich dróg. W Polsce w 1938 roku inż. Bielenia zastosował stabilizację cementem w Poznaniu, zaś po wojnie Zenon Witun testował odcinki próbne w 1947 roku w Celestynowie, a w latach 1949-51 – w Chylicach k. Warszawy. Efekty były na tyle pomyślne, że od roku 1955 zaczęto masowo zastępować podbudowy z kruszywa stabilizacją cementem, stosując ją do 1972 roku na 3-6 mln m² nawierzchni drogowych i lotniskowych rocznie. O specyfice tamtego okresu i doświadczeniach z niego płynących, w wywiadzie udzielonym naszemu kwartalnikowi (nr 3/2001), wypowiedział się uczestniczący w ówczesnych pracach nestor polskiego drogownictwa – Stefan Rolla.

Specyfika cementogruntu

Grunt stabilizowany cementem posiada budowę mieszaną, w pewnym stopniu zbliżoną do betonu. Szkieletem decydującym o nośności całości struktury jest tu związany z frakcją piaskową i pyłową zaczyn cementowy. Wypełniacz tworzą cząstki gruntowe, które w odróżnieniu od ziaren kruszywa w zwykłym betonie charakteryzują się dużo większą podatnością, przez co są swego rodzaju amortyzatorem sił zewnętrznych. Amortyzacja ta dotyczy również sił wewnętrznych pochodzących od skurczu, dzięki czemu z reguły nie ma potrzeby dylato-

wania wykonanej warstwy, dla bezpieczeństwa jednak, przy przykrywaniu jej betonem asfaltowym, stosuje się geosyntetykę przeciwspekaniową. Po dodaniu cementu zwiększa się spójność gruntu, a zmniejsza jego nasiąkliwość i plastyczność. Te specyficzne właściwości są najpełniej osiągnięte pod warunkiem co najmniej 30% zawartości ziaren o średnicy powyżej 2 mm, przy obecności niewielkiej ilości frakcji pyłowej i ilowej (a więc cząstek o średnicy poniżej 0,05 mm), a także dobrego rozdrobnienia gruntu i jego właściwego wymieszania z cementem. Dlatego jako materiał do stabilizacji cementem dyskwalifikuje się trudno rozdrabialne i nasiąkliwe ciężkie gliny i ility – wymagają one wstępnego ulepszenia, na przykład wapnem. Za decydujące kryterium oceny przydatności gruntu do stabilizacji cementem przyjmuje się jednak wyniki wytrzymałości na ściskanie sporządzonych próbek mieszaniny, w przypadku gruntów gorszych oznaczając jednocześnie wskaźnik mrozoodporności. Wytrzymałość na ściskanie określana jest po 7 i 28 dniach twardnienia, a wymagane jej wartości zależą od funkcji stabilizowanej warstwy. Wyodrębnione trzy przedziały wytrzymałości stwardniałego cementogruntu stanowią podstawę jego klasyfikacji na marki według tab. 1. Dla gruntu nie spełniającego tych wymagań można rozważyć zastosowanie jako stabilizatora wapna lub aktywnych popiołów lotnych.

Zastosowania w konstrukcjach drogowych

We współczesnym drogownictwie stabilizację gruntów cementem stosuje się w dwóch zasadniczych przypadkach:

1) do ulepszenia podłoża rodzimego lub warstw nasypowych, w przypadku niespełnienia przez materiał je tworzący wymagań normy

2) jako podbudowę pomocniczą bądź zasadniczą.

Dla ulepszenia podłoża i warstw nasypowych, gdy nie ma możliwości osiągnięcia wymaganych parametrów dla posadowienia konstrukcji katalogowych (wtórny moduł odkształcenia $E_2 > 100$ MPa dla kategorii ruchu KR1-2 lub $E_2 > 120$ MPa dla kategorii ruchu KR3-6), dokonuje się stabilizacji wgłębnej nadającego się do tego gruntu, na głębokość 10-30 cm, w zależności od warunków lokalnych. Nowym kryterium odbioru podłoża staje się w tym przypadku poprawność wykonania stabilizacji.

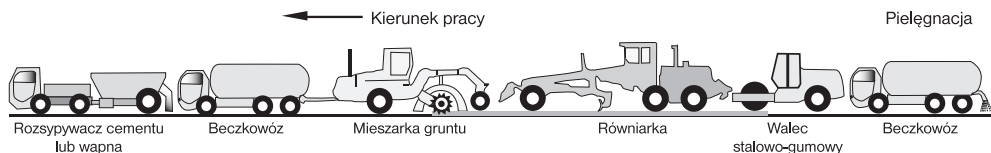
Cementogrunty dla podbudów drogowych nawierzchni półsztywnych używane są przy wyższych kategoriach ruchu dla podbudów pomocniczych, zaś przy niższych – dla podbudów zasadniczych jednowarstwowych. W konstrukcjach sztywnych możliwe jest jego zastosowanie jako podbudowy zasadniczej jednowarstwowej dla wszystkich kategorii ruchu. Odpowiednie rozwiązania katalogowe przypomina tab. 2.

Wykonawstwo

Wykonywanie stabilizacji cementowej poprzedzają badania laboratoryjne gruntu oraz sporządzenie receptury określającej zawartość cementu i ewentualnie wody. Mieszanina gruntu i cementu powinna przy wilgotności optymalnej (czyli zapewniającej maksymalne możliwe zagęszczenie) spełniać odpowiedni warunek wytrzymałości na ściskanie. Ilość potrzebnego do tego

Tab. 1. Podział cementogruntu na marki wraz z przeznaczeniem w konstrukcjach drogowych

Lp.	Marka gruntu stabilizowanego cementem	Wytrzymałość na ściskanie po 28 dniach	Przeznaczenie w konstrukcjach drogowych
1	$R_m = 1,5$ MPa	0,5-1,5 MPa	Ulepszanie podłoża pod warstwy konstrukcyjne (grunty mocniejsze, lepsze warunki wodne)
2	$R_m = 2,5$ MPa	1,5-2,5 MPa	Ulepszanie podłoża pod warstwy konstrukcyjne (grunty słabsze, gorsze warunki wodne)
3	$R_m = 5,0$ MPa	2,5-5,0 MPa	Podbudowa pomocnicza Podbudowa zasadnicza (jednowarstwowa)



Rys. 1. Zestawienie zespołu roboczego do wykonywania stabilizacji gruntu w miejscu jego wbudowywania

cementu określa się wykonując serię próbek o zmiennej zawartości spoiwa. W stosunku do ciężaru suchego gruntu zawartość ta waha się w granicach 6-10% dla piasków i żwirów i 8-12% dla pyłów i glin. Używa się cementu powszechnego użytku klasy 32,5 lub 32,5 R. Sposób wykonywania stabilizacji cementem uzależniony jest od rodzaju warstwy, umiejscowienia gruntu poddawanego procesowi oraz dostępnego parku maszynowego. Możliwe są następujące metody:

1. Sporządzanie mieszanki cementowo-gruntowej w miejscu jej wbudowywania.

Sposób ten stosuje się przy ulepszaniu istniejącego podłoża gruntowego lub przy wykonywaniu warstwy podłoża (podbudowy) po uprzednim rozłożeniu materiału (kruszywa), z którego ma być zbudowana. Zespół roboczy składa się z rozsypywarki cementu z automatyczną regulacją podawanego materiału, beczkowozu (jeśli wilgotność gruntu jest niższa od optymalnej), jedno- lub wielowirnikowej mieszarki gruntu, równiarki formującej spadki, walca zagęszczającego i zestawu do pielęgnacji (rys. 1). Niekiedy do mieszania gruntu z cementem stosowano brony talerzowe. Spełniały one jednak swoją funkcję tylko do głębokości 20-25 cm, podczas gdy nowoczesne mieszarki działają nawet do 40 cm, zapewniając przy tym lepsze wymieszanie składników. Wydajność zestawu może wynosić nawet do 5000 m² dziennie, szczególnie przy budowach liniowych, z niekolidującym uzbrojeniem podziemnym. Metoda jest natomiast mało efektywna na placach z przebiegającymi sieciami (np. kanalizacją), z powodu utrudnionego poruszania się zestawu i konieczności ręcznego wyrabiania miejsc, do których on nie dojeżdża. Ponadto należy podkreślić konieczność ciągłej kontroli zmienności warunków gruntowych oraz dokładności mieszania cementu z gruntem i w konsekwencji osiągania założonych parametrów wykonanej warstwy.

2. Sporządzanie mieszanki cementowo-gruntowej w wytwórni i następnie jej przewóz i wbudowanie.

Metoda ta ma zastosowanie przy wykonywaniu podbudów, w przypadku gdy nie ma możliwości bądź nie jest wskazane użycie zestawu do wyrabiania cementogruntu na miejscu. Zaletą w tym przypadku jest większa precyzja i bieżąca kontrola dozowania i jakości materiałów użytych do produkcji mieszanki. Eliminuje się w ten sposób błędy generowane na placu budowy, kosztem jednak mniejszej wydajności pracy. Przewieziona na plac budowy mieszanka jest rozkładana, profilowana, zagęszczana i pielęgnowana podobnie jak w metodzie 1.

Podsumowanie

Zastosowanie stabilizacji gruntów spoiwami hydraulicznymi, w tym cementem, pozwala w wielu przypadkach na przyspieszenie tempa robót, a także redukcję budżetu inwestycji, poprzez zastąpienie czasochłonnych i drogich wymian gruntów oraz trudniej dostępnych i kosztowniejszych kruszyw, odpowiednio ulepszonym gruntem. Na przykład (według cenników „Sekocenbud”) cena 20 cm warstwy pod-

budowy pomocniczej z kruszywa łamanego wynosi około 30 zł, zaś równoważnej jej pod względem nośności 20 cm warstwy gruntu stabilizowanego cementem wraz z geowłókniną przeciwspekaniową – około 23 zł. Oczywiście poziom cen należy zawsze odnosić do lokalizacji inwestycji – inaczej będzie się on kształtował na bogatym w kruszywa Dolnym Śląsku, a inaczej dajmy na to w Polsce Północnej. Celowym wydaje się zatem, by na etapie formułowania założeń projektowych dotyczących konstrukcji nawierzchni rozważyć zastosowanie stabilizacji cementem jako technologii potencjalnie tańszej, a równoważnej technicznie. Do takiej analizy namawiamy inwestorów oraz zaangażowanych przez nich projektantów i wykonawców.

mgr inż. Jan Kuczatek

Literatura:

1. Katalog typowych nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM 1997
2. Katalog typowych nawierzchni sztywnych, IBDiM 2001
3. PN-S-96012 Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoża z gruntu stabilizowanego cementem, PKN 1997
4. PN-S-02205 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania, PKN 1998
5. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie, Dz. U. nr 43/1999
6. Zenon Witun, Podstawy geotechniki, WKŁ 2001
7. Biało i kolorowo, wywiad z mgr inż. Stefanem Rollą, „Polski Cement” nr 3/2001
8. Stefan Rolla, Ulepszanie gruntów wbudowywanych w nasyp, „Drogownictwo” nr 8/2001

Tab. 2. Rozwiązania katalogowe konstrukcji nawierzchni z zastosowaniem podbudowy z gruntu stabilizowanego cementem

TYP KONSTRUKCJI	KATEGORIA RUCHU					
	KR1	KR2	KR3	KR4	KR5	KR6
PÓLSZTYWNE						
SZTYWNE						
LEGENDA	 Warstwa ścierna z betonu asfaltowego	 Warstwa wiążąca z betonu asfaltowego	 Podbudowa z betonu asfaltowego	 Warstwa konstrukcyjna z betonu cementowego	 Podbudowa z gruntu stabilizowanego cementem	