D.04.05.01– STABILIZACJA IST. PODŁOŻA GRUNTOWEGO CEMENTEM Z ZASTOSOWANIEM ŚRODKA JONOWYMIENNEGO REAGUJĄCEGO Z JONAMI CEMENTU

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot ST

Przedmiotem niniejszych specyfikacji technicznych (ST) są wymagania ogólne dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonywaniem ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego reagującego z cementem.

1.2. Zakres stosowania ST

Specyfikacje techniczne (ST) są materiałem stosowanym, jako dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót związanych z wykonaniem dokumentacji dla zadania „Remont dróg wojewódzkich nr 385 i 396 w Ziębicach na odcinkach ul. Wałowej, Wrocławskiej i Sportowej.”.

1.3. Zakres robót objętych ST

Ustalenia zawarte w niniejszych warunkach dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem warstwy ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego cementem $C_{1,5/2,0}$ z zastosowaniem środka jonowymiennego reagującego z cementem.

1.4.1. ***Podłoże z gruntu stabilizowanego cementem*** - jedna lub dwie warstwy zagęszczonej mieszanki cementowo-gruntowej, która po osiągnięciu właściwej wytrzymałości na ściskanie, stanowi fragment nośnej części nawierzchni drogowej.

1.4.2. ***Mieszanka cementowo-gruntowa*** - mieszanka gruntu, cementu i wody, a w razie potrzeby również dodatków ulepszających, np. popiołów lotnych lub chlorku wapniowego, dobranych w optymalnych ilościach.

1.4.3. ***Grunt stabilizowany cementem*** - mieszanka cementowo-gruntowa zagęszczona i stwardniała w wyniku ukończenia procesu wiązania cementu.

1.4.4. ***Kruszywo stabilizowane cementem*** - mieszanka kruszywa naturalnego, cementu i wody, a w razie potrzeby dodatków ulepszających, np. popiołów lotnych lub chlorku wapniowego, dobranych w optymalnych ilościach, zagęszczona i stwardniała w wyniku ukończenia procesu wiązania cementu.

1.4.5. ***Podłoże gruntowe ulepszone cementem*** - jedna lub dwie warstwy zagęszczonej mieszanki cementowo-gruntowej, na której układana jest warstwa podbudowy.

1.4.6. ***Środek jonowymienny***- to ziarnisty dodatek o bardzo wysokiej jakości składający się z zasad oraz pierwiastków ziem rzadkich, uzupełniony związkami. Środek jonowymienny z dodatkiem wody powoduje cały szereg złożonych reakcji chemicznych. Środek jonowymienny reagujący z cementem przyśpiesza oraz aktywizuje proces krystalizacji poprzez formowanie długich, igłowych połączeń krystalicznych we wszystkich tzw. zimnych procesach , jak np. procesy chemiczne.

1.4.7. Pozostałe określenia są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w ST D.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 1.4.

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w ST D.00.00.00 Wymagania ogólne” pkt 1.5.

2. MATERIAŁY

2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

Ogólne wymagania dotyczące materiałów, ich pozyskiwania i składowania, podano w ST D.00.00.00 Wymagania ogólne” pkt 2.

2.2. Cement

Należy stosować cement portlandzki CEM I klasy 32,5R lub 42,5R wg PN-EN-197-1:2002.
Wymagania dla cementu zestawiono w tablicy 1.

Tablica 1. Właściwości mechaniczne i fizyczne cementu wg PN-EN-197-1:2002

Lp.	Właściwości	Klasa cementu
		32,5
1	Wytrzymałość na ściskanie (MPa), po 7 dniach, nie mniej niż: - cement portlandzki bez dodatków	16

2	Wytrzymałość na ściskanie (MPa), po 28 dniach, nie mniej niż:	32,5
3	Czas wiązania: - początek wiązania, najwcześniej po upływie, min.	60
	- koniec wiązania, najpóźniej po upływie, h	12
4	Stałość objętości, mm, nie więcej niż	10

Warunki przechowywania cementu powinny odpowiadać wymaganiom normy PN-EN-197-1:2002.

W przypadku, gdy czas przechowywania cementu będzie dłuższy od trzech miesięcy, można go stosować za zgodą Inspektor Nadzoru tylko wtedy, gdy badania laboratoryjne wykażą jego przydatność do robót.

2.3. Grunty

Przydatność gruntów przeznaczonych do stabilizacji cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego należy ocenić na podstawie pobranych próbek bezpośrednio na budowie w obecności Kierownika Budowy, Inspektowa Nadzoru.

Grunty muszą być stabilizowane cementem portlandzkim bez domieszek i środkiem jonowymiennym do ulepszonego podłoża przy użyciu specjalnych maszyn (frezarko-mieszarek drogowych), umożliwiających ich dokładne rozdrobnienie i odpowiednio dokładne przemieszanie z cementem i środkiem jonowymiennym. Wymagane jest co najmniej dwukrotne mieszanie, zapewniające dokładne rozdrobnienie i otoczenie gruntu. Grunt przeznaczono do stabilizacji nie powinien posiadać większych frakcji niż 200 mm.

Do wykonywania warstw ulepszonego podłoża dopuszcza się stosowanie gruntów o zawartości części organicznych do 10% m/m. Możliwość stabilizacji gruntów o tak wysokiej zawartości części organicznych musi być jednoznacznie dopuszczona w aprobacie technicznej IBDiM wydanej dla stosowanego środka jonowymiennego.
Decydującym sprawdzianem przydatności gruntu do stabilizacji cementem przy użyciu środka jonowymiennego są wyniki wytrzymałości na ściskanie oraz mrozoodporności próbek gruntu stabilizowanego cementem przy zastosowaniu środka jonowymiennego ustalone na podstawie badań laboratoryjnych.

Recepturę opracuje przedstawiciel środka jonowymiennego na prośbę Wykonawcy, na podstawie i z użyciem materiałów dostępnych na budowie. Opracowana recepta musi spełniać wymagania stawiane w dokumentacji projektowej i ST. Za opracowaną receptę odpowiada przedstawiciel środka jonowymiennego. Przedstawiciel środka jonowymiennego ma obowiązek zachowania co najmniej 2500 g gruntu rodzimego i co najmniej 2 sztuk z cylindrów testowych, służących przygotowaniu receptury. Na żądanie Inwestora, grunt, cylindry testowe, próbka zastosowanego preparatu jonowymiennego oraz próbka zastosowanego cementu muszą zostać udostępnione inwestorowi. Inwestor może wykorzystać je w celu wykonania spektrometrycznych badań porównawczych pod mikroskopem elektronowym. Badania takie mogą zostać zarządzone przez inwestora we wszystkich przypadkach wzbudzających jakiekolwiek wątpliwości. Inwestor ma prawo zażądać okazania lub wprost przekazania tych cylindrów i próbek materiału przed przystąpieniem do prac związanych ze stabilizacją gruntu rodzimego.

Cylindry testowe, próbki gruntu w ilości 2500 g, próbki preparatu jonowymiennego w ilości 250 gr, próbka zastosowanego cementu portlandzkiego należy przechować zgodnie z obowiązującymi normami przez okres udzielanej gwarancji. Dodatkowo podczas wykonywania robót należy pobrać dwie próbki dla możliwości porównania z opracowaną receptą. Minimalny okres przechowania to 2 lata. Na żądanie inwestora należy je udostępnić.

W przypadkach wątpliwych, na żądanie Inwestora, recepta musi być potwierdzona przez producenta środka jonowymiennego lub firmę/osobę upoważnioną przez producenta do opracowywania receptur z zastosowaniem preparatu jonowymiennego przed zastosowaniem go na budowie.

Jeżeli aprobata techniczna wydana przez IBDiM nie określa jednoznacznie parametrów technicznych dla podbudów żądanej kategorii, wykonawca powinien jednoznacznie określić te parametry już w swojej ofercie w formie oświadczenia. Oświadczenie takie powinno zawierać nazwę środka, rodzaj spoiwa, dokładną recepturę, parametry minimalne mrozoodporności i odporności na ściskanie po 28 dniach.

Dodatkowo Inwestor może wymagać ciągłej obecności przedstawiciela firmy dostarczającej środek jonowymienny podczas wykonywania robót budowlanych związanych z wbudowaniem. Zadaniem przedstawiciela jest ciąga kontrola dozowanego środka wraz z wymieszaniem, zagęszczeniem i pielęgnacją wykonanej warstwy.

2.4. Kruszywa

Do wytwarzania stabilizacji cementem z środkiem jonowymiennym można stosować piaski, żwiry albo mieszankę tych kruszyw, spełniające wymagania podane w tablicy 3.

Kruszywo można uznać za przydatne do stabilizacji cementem wtedy, gdy wyniki badań laboratoryjnych wykażą, że wytrzymałość na ściskanie i mrozoodporność próbek kruszywa stabilizowanego będą zgodne z wymaganiami określonymi w p. 2.7 tablica 5.

Tablica 3. Wymagania dla kruszyw przeznaczonych do stabilizacji cementem w warstwach podbudów zasadniczych

Lp.	Właściwości	Jednostka	Wymagania	Badania według
1	Uziarnienie a) ziaren pozostających na sicie # 2 mm, nie mniej niż: b) ziaren przechodzących przez sito 0,075 mm, nie więcej niż:	%	30 15	PN-B-06714-15
2	Zawartość części organicznych, barwa cieczy nad kruszywem nie ciemniejsza niż:		Wzorcowa	PN-B-06714-26
3	Zawartość zanieczyszczeń obcych, %, nie więcej niż:		0,5	PN-B-06714-12
4	Zawartość siarczanów, w przeliczeniu na SO_3, %, poniżej:		1	PN-B-06714-28

Do stabilizacji cementem przy zastosowaniu środka jonowymiennego w warstwach ulepszonego podłoża można stosować kruszywa o zawartości części organicznych do 10% (badanie wg [2]), a także materiały zakwaszone o pH<5.

Jeżeli kruszywo przeznaczone do wykonania warstwy nie jest wbudowane bezpośrednio po dostarczeniu na budowę i zachodzi potrzeba jego okresowego składowania na terenie budowy, to powinno być ono składowane w pryzmach, na utwardzonym i dobrze odwodnionym placu, w warunkach zabezpieczających przed zanieczyszczeniem i przed wymieszaniem różnych rodzajów kruszyw.

2.5. Woda

Woda stosowana do stabilizacji gruntu lub kruszywa cementem i ewentualnie do pielęgnacji wykonanej warstwy powinna odpowiadać wymaganiom PN-EN-1008. Bez badań laboratoryjnych można stosować wodociągową wodę pitną. Gdy woda pochodzi z wątpliwych źródeł nie może być użyta do momentu jej przebadania, zgodnie z wyżej podaną normą lub do momentu porównania wyników wytrzymałości na ściskanie próbek gruntowo-cementowych wykonanych z wodą wątpliwą i z wodą wodociągową. Brak różnic potwierdza przydatność wody do stabilizacji gruntu lub kruszywa cementem.

2.6. Środek jonowymienny

Przy stabilizacji gruntów cementem należy zastosować środek jonowymienny. Zastosowany środek jonowymienny powinien spełniać wymagania podane w tablicy 4 i posiadać aktualną Aprobatę techniczną wydaną przez IBDiM zgodnie z obowiązującymi przepisami, atest PZH i CLOR. Aprobata techniczna wydana przez IBDiM w Warszawie, musi dopuszczać zastosowanie środka jonowymiennego przy budowie konstrukcji drogowych dla dróg obciążonych ruchem średnim i ciężkim. W przypadku braku aprobaty techniczne potwierdzenie o braku możliwości jej wystawienia w myśl obowiązujących przepisów.

Środek zastosowany do stabilizacji gruntu należy podawać zgodnie z receptą opracowaną przez sprzedawcę środka jonowymiennego. Podawana ilość materiału powinna być niezmienna dla danego odcinka jednorodnego. Stabilizowane grunt powinien być doprowadzony do wilgotności optymalnej określonej według normalnej próby Proctora zgodnie z PN-B- 04481.

Środek jonowymienny powinien uzyskać akceptację Inspektora Nadzoru przez zastosowaniem i opracowaniem recepty.

Tablica 4 Wymagania dla środka jonowymiennego

Lp.	Właściwości	Jednostki	Wymagania	Badania według
1	Postać	-	Proszek	Ocena wizualna
2	Barwa	-	-	-
3	Gęstość w temp. 20°C	g/cm^3	od 0,9 – 1,1 lub 0,75- 0,85	PN-92/C-04504
4	Rozpuszczalność w wodzie	-	Całkowicie rozpuszczalny	Ocena wizualna

Próbki zagęszcza się dynamicznie w formach stalowych o wymiarach d=h=8 cm przy wilgotności optymalnej oznaczanej wg PN-B-04481, metoda I lub II. Jeżeli mieszanka zawiera ziarna o średnicy większej od 16 mm, należy stosować formy większe o wymiarach d=h=16 cm. Grunty drobnoziarniste o średnicy do 2 mm można zagęszczać w formach o wymiarach d=5 cm i h=7.5 cm stosując tą samą energię zagęszczania.

2.7. Grunt stabilizowany cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego

W zależności od rodzaju warstwy w konstrukcji nawierzchni drogowej, wytrzymałość gruntu stabilizowanego cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego, powinna spełniać wymagania określone w tablicy 5.

Tablica 5. Wymagania dla gruntów stabilizowanych cementem dla poszczególnych warstw ulepszonego podłoża

Lp.	Rodzaj warstwy w konstrukcji nawierzchni drogowej	Wytrzymałość na ściskanie próbek nasyconych wodą (*MPa*)		Wskaźnik mrozoodporności $R_2/(J/R_{21})$
		po 7 dniach R_7	po 28 dniach R_{28}	
1	Warstwa ulepszonego podłoża gruntowego o grubości zgodniej z dokumentacją projektową	od 1,5 do 2,5	od 2,5 do 5,0	0,6
R_7 - próbki przechowuje się w stanie powietrzno - wilgotnym przez 7 dób, po czym nasyca się wodą w aparacie próżniowym, lub po 3 dniowej pielęgnacji z zabezpieczeniem przed wysychaniem próbki powinny być zanurzone przez 1 dzień na gł. 1 cm a przez następne 3 dni całkowicie zanurzone w wodzie. R_{28} - próbki przechowuje się w stanie powietrzno - wilgotnym przez okres 14 dób i 14 dób w wodzie $R_{z,28}$ - próbki przechowuje się w stanie powietrzno - wilgotnym przez okres 14 dób a następnie poddaje się 14 cyklom zamrażania i odmrażania w wodzie				

2.8. Wymagane cechy podłoża z gruntu rodzimego stabilizowanego cementem portlandzkim z dodatkiem preparatu jonowymiennego

Receptura powinna zostać przygotowana w taki sposób, aby stabilizowany grunt osiągnął moduł wtórnego odkształcenia podłoża $E_2 \geq 120$ MPa po 24 godzinach od wykonania stabilizacji.

W przypadkach występowania gruntów „trudnych" (nośność podłoża po wstępnym zagęszczeniu $E_2 \leq 20$ MPa) parametr ten ($E_2 > 120$ MPa) powinien zostać osiągnięty najpóźniej po 48 godzinach od wykonania stabilizacji.

3. SPRZĘT

Wykonawca przystępujący do wykonania podłoża stabilizowanego cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego powinien wykazać się możliwością korzystania z następującego sprzętu:

a) w przypadku wytwarzania mieszanek kruszywowo-spoiwowych w mieszarkach:

- mieszarek jedno lub wielowirnikowych do wymieszania gruntu ze spoiwami,
- ciężkich szablonów do wyprofilowania warstwy,
- układarek lub równiarek do rozkładania mieszanki,
- walców ogumionych i stalowych wibracyjnych lub statycznych do zagęszczania,
- przewoźnych zbiorników na wodę, wyposażonych w urządzenia do równomiernego i kontrolowanego dozowania wody,
- rozsiewaczy do rozkładania środka jonowymiennego umożliwiających precyzyjne dozowanie środka do gruntu,
- rozkładarek do cementu.

4. TRANSPORT

4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w ST D.00.00.00 „Wymagania ogólne" pkt 4.

4.2. Transport materiałów

Transport cementu powinien odbywać się zgodnie z BN-88/6731-08. Środek jonowymienny powinien zostać transportowany w nieotwartych opakowaniach dostarczanych przez producenta. Środek należy składować na paletach.

5. WYKONANIE ROBÓT

5.1. Ogólne zasady wykonania robót

Ogólne zasady wykonania robót podano w ST D.00.00.00 Wymagania ogólne" pkt 5.

5.2. Warunki przystąpienia do robót

Podbudowa z gruntu stabilizowanego cementem z dodatkiem środka jonowymiennego nie może być wykonywana wtedy, gdy podłoże jest zamarznięte i podczas opadów deszczu. Minimalna temp. powietrza powinna wynosić +5^{o}C. Nie należy rozpoczynać stabilizacji gruntu cementem, jeżeli prognozy meteorologiczne wskazują na możliwy spadek temperatury poniżej 5^{o}C w czasie najbliższych 7 dni. Przed przystąpieniem do robót należy uzyskać zgodę Inspektora Nadzoru.

5.3. Przygotowanie podłoża

Podłoże gruntowe powinno być przygotowane zgodnie z wymaganiami określonymi w ST D.04.01.01 „Koryto wraz z profilowaniem i zagęszczeniem podłoża".

Przed rozłożeniem środka jonowymiennego należy odcinek roboczy wymieszać w celu spulchnienia podłoża gruntowego, który umożliwi dokładniejsze wymieszanie gruntu po zastosowaniu środka jonowymiennego.

5.4. Rozścielenie środka jonowymiennego

Przed rozpoczęciem prac przy stabilizacji gruntu i rozścieleniem środka jonowymiennego, należy dokonać odbioru prac przygotowawczych, stopnia zagęszczenia wstępnego gruntu rodzimego oraz należy przedłożyć Inspektorowi w formie pisemnej dokładna recepturę z dokładnie podaną ilością cementu, ilością środka jonowymiennego, rodzajem cementu i rodzajem środka jonowymiennego, które wykonawca ma zamiar zastosować . Dodatkowo do akceptacji Inspektora Nadzoru należy przedstawić sposób wykonywania stabilizacji z podaniem dziennej długości odcinka roboczego, wyliczeniem ilości zastosowanego środka jonowymiennego na odcinek roboczy.

Rozpoczęcie prac związanych z rozścieleniem środka jonowymiennego i cementu może odbyć się tylko i wyłącznie po udzieleniu pisemnej zgody Inspektora Nadzoru lub innej osoby upoważnionej przez Inwestora. Rozpoczęcie prac przy stabilizacji gruntu bez odbioru prac przygotowawczych i pisemnej akceptacji przygotowanej receptury, skutkować będzie odmową zapłaty za wykonane prace, aż do przeprowadzenia badań próbek stabilizowanego gruntu na parametry odporności na działanie mrozu ($R_{zr}28 \geq 0,8$). W przypadkach wątpliwych, Inspektor może żądać dodatkowych badań materiału ($R_{zr}91$). W przypadkach wykonania prac przy stabilizacji gruntu bez ich wcześniejszego zgłoszenia i uzyskanie pisemnej zgody na ich rozpoczęcie, do momentu jednoznacznego potwierdzenia osiągnięcia wymaganych parametrów, inwestor może odmówić zapłaty za usługę.

Tolerancja masy rozścielonego środka jonowymiennego nie powinna przekraczać ±1,0 % /1m^2.

5.4. Skład mieszanki cementowo-gruntowej z zastosowaniem środka jonowymiennego

Zawartość cementu w mieszance nie może przekraczać wartości podanych w tablicy 6. Zaleca się taki dobór mieszanki, aby spełnić wymagania wytrzymałościowe określone w p. 2.7 tablica 4, przy jak najmniejszej zawartości cementu.

Tablica 6. Maksymalna zawartość cementu w mieszance cementowo-gruntowej dla poszczególnych warstw ulepszonego podłoża

Lp.	Kategoria ruchu	Maksymalna zawartość cementu, % w stosunku do masy suchego gruntu lub kruszywa		
				ulepszone podłoże
1	KR 3	-	-	8

Zawartość wody w mieszance powinna odpowiadać wilgotności optymalnej, określonej według normalnej próby Proctora, zgodnie z PN-B-04481, z tolerancją +10%, -20% jej wartości.

Zaprojektowany skład mieszanki powinien zapewniać otrzymanie w czasie budowy właściwości gruntu stabilizowanego cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego zgodnym z wymaganiami określonymi w tablicy 4.

5.5. Stabilizacja metodą mieszania na miejscu

Do stabilizacji gruntu metodą mieszania na miejscu zaleca się użyć specjalistycznych mieszarek gwarantujących dokładne przemieszanie gruntu na wymaganą głębokość.

Grunt przewidziany do stabilizacji powinien być spulchniony i rozdrobniony. Po spulchnieniu gruntu należy sprawdzić jego wilgotność i w razie potrzeby ją zwiększyć w celu ułatwienia rozdrobnienia. Woda powinna być dozowana przy użyciu beczkowozów zapewniających równomierne i kontrolowane dozowanie. Środek jonowymienny należy rozkładać w postaci proszkowej dostarczonej przez producenta. Jeżeli wilgotność naturalna gruntu jest większa od wilgotności optymalnej o więcej niż 10% jej wartości, grunt powinien być osuszony przez mieszanie i napowietrzanie w czasie suchej pogody.

W razie niedostatecznego stosu okruchowego należy przewidzieć odziarnienie istniejącego gruntu zgodnie z opracowaną recepturą.

Cement wraz ze środkiem jonowymiennym należy dodawać do rozdrobnionego i ewentualnie ulepszonego gruntu w ilości ustalonej w recepcie laboratoryjnej. Środek jonowymienny powinien być rozkładany za pomocą rozsiewaczy umożliwiających

precyzyjne dozowanie środka na całej powierzchni stabilizowanego podłoża. Sprzęt powinien być zaakceptowany przez Inspektora Nadzoru. Cement powinien być rozkładanych przy użyciu rozściełacza cementu zaakceptowanego przez Inspektora Nadzoru.

Grunt powinien być wymieszany z cementem w sposób zapewniający jednorodność na określoną głębokość, gwarantującą uzyskanie projektowanej grubości warstwy po zagęszczeniu. W przypadku wykonywania stabilizacji w prowadnicach, szczególną uwagę należy zwrócić na jednorodność wymieszania gruntu w obrębie skrajnych pasów o szerokości od 30 do 40 cm, przyległych do prowadnic.

Czas od momentu rozłożenia środka jonowymiennego do przykrycia cementem i pierwszego wymieszania nie powinien być dłuższy od 30 minut. W celu dokładnego wymieszania należy wykonać podwójne mieszanie mieszarkami. Czas od momentu dodania środka jonowymiennego do zakończenia zagęszczenia warstwy nie może przekroczyć 2 godzin.

Przy wykonywaniu stabilizacji należy zapewnić minimalną ilość sprzętu w postaci:

- jednej rozkładarki do środka jonowymiennego,
- dwóch rozściełaczy do cementu,
- dwóch mieszarek gruntu do stabilizacji.

Sprzęt musi zostać zaakceptowany przez Inspektor Nadzoru.

Po zakończeniu mieszania należy powierzchnię warstwy wyrównać i wyprofilować do wymaganych w dokumentacji projektowej rzędnych oraz spadków poprzecznych i podłużnych. Do tego celu należy użyć równiarek i wykorzystać prowadnice podłużne, układane każdorazowo na odcinku roboczym. Od użycia prowadnic można odstąpić przy zastosowaniu specjalistycznych mieszarek i technologii gwarantującej odpowiednią równość warstwy, po uzyskaniu zgody Inspektor Nadzoru. Po wyprofilowaniu należy natychmiast przystąpić do zagęszczania warstwy. Zagęszczenie należy przeprowadzić w sposób określony w pkt 5.7.

5.6. Grubość warstwy

Grubość warstw gruntu stabilizowanego cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego powinna być zgodna z dokumentacją projektową.

Grubość poszczególnych warstw podbudowy z gruntu lub kruszywa stabilizowanego cementem i środkiem jonowymiennym nie powinna przekraczać 45 cm - przy mieszaniu na miejscu sprzętem specjalistycznym.

Jeżeli projektowana grubość warstwy podbudowy jest większa od maksymalnej, to stabilizację należy wykonywać w kilku warstwach.

5.7. Zagęszczanie

Zagęszczanie warstwy gruntu stabilizowanego cementem należy prowadzić przy użyciu walców gładkich, wibracyjnych lub ogumionych, w zestawie wskazanym w ST.

Zagęszczanie ulepszonego podłoża o przekroju daszkowym powinno rozpocząć się od krawędzi i przesuwać pasami podłużnymi, częściowo nakładającymi się w stronę osi jezdni. Zagęszczenie warstwy o jednostronnym spadku poprzecznym powinno rozpocząć się od niżej położonej krawędzi i przesuwać pasami podłużnymi, częściowo nakładającymi się, w stronę wyżej położonej krawędzi. Pojawiające się w czasie zagęszczania zaniżenia, ubytki, rozwarstwienia i podobne wady, muszą być natychmiast naprawiane przez wymianę mieszanki na pełną głębokość, wyrównanie i ponowne zagęszczenie. Powierzchnia zagęszczonej warstwy powinna mieć prawidłowy przekrój poprzeczny i jednolity wygląd.

W przypadku technologii mieszania w mieszarkach stacjonarnych operacje zagęszczania i obróbki powierzchniowej muszą być zakończone przed upływem 2 godzin od chwili dodania wody do mieszanki i środka jonowymiennego.

Zagęszczanie należy kontynuować do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia mieszanki określonego wg BN-77/8931-12 nie mniejszą niż I_s=1,00.

Specjalną uwagę należy poświęcić zagęszczeniu mieszanki w sąsiedztwie spoin roboczych podłużnych i poprzecznych oraz wszelkich urządzeń obcych.

Wszelkie miejsca luźne, rozsegregowane, spękane podczas zagęszczania lub w inny sposób wadliwe, muszą być naprawione przez zerwanie warstwy na pełną grubość, wbudowanie nowej mieszanki o odpowiednim składzie i ponowne zagęszczenie. Roboty te są wykonywane na koszt Wykonawcy.

5.8. Spoiny robocze

W miarę możliwości należy unikać podłużnych spoin roboczych, poprzez wykonanie warstwy na całej szerokości.

Jeśli jest to niemożliwe, przy warstwie wykonywanej w prowadnicach, przed wykonaniem kolejnego pasa należy pionową krawędź wykonanego pasa zwilżyć wodą. Przy warstwie wykonanej bez prowadnic w ułożonej i zagęszczonej mieszance, należy niezwłocznie obciąć pionową krawędź. Po zwilżeniu jej wodą należy wbudować kolejny pas. W podobny sposób należy wykonać poprzeczną spoinę roboczą na połączeniu działek roboczych. Od obcięcia pionowej krawędzi w wykonanej mieszance można odstąpić wtedy, gdy czas pomiędzy zakończeniem zagęszczania jednego pasa, a rozpoczęciem wbudowania sąsiedniego pasa, nie przekracza 60 minut.

Jeżeli w niżej położonej warstwie występują spoiny robocze, to spoiny w warstwie leżącej wyżej powinny być względem nich przesunięte o co najmniej 50 cm dla spoiny podłużnej i 1 m dla spoiny poprzecznej.

5.9. Pielęgnacja warstwy z gruntu stabilizowanego cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego

Pielęgnacja podbudowy powinna być przeprowadzona według jednego z następujących sposobów:

a) skropienie specjalnymi preparatami powłokotwórczymi posiadającymi aprobatę techniczną wydaną przez uprawnioną jednostkę, po uprzednim zaakceptowaniu ich użycia przez Inspektor Nadzoru,
b) utrzymanie w stanie wilgotnym poprzez kilkakrotne skrapianie wodą w ciągu dnia, w czasie co najmniej 7 dni,
c) przykrycie warstwą grysu 2-8mm i pielęgnacja wodą wg pkt. 5.9.b.

Inne sposoby pielęgnacji, zaproponowane przez Wykonawcę i inne materiały przeznaczone do pielęgnacji mogą być zastosowane po uzyskaniu akceptacji Inspektor Nadzoru, zwłaszcza w przypadku układania dalszych warstw konstrukcyjnych bezpośrednio po wykonaniu stabilizacji

5.12. Utrzymanie ulepszonego podłoża

Ulepszone podłoże po wykonaniu, a przed ułożeniem następnej warstwy, powinny być utrzymywane w dobrym stanie. Jeżeli Wykonawca będzie wykorzystywał, za zgodą Inspektor Nadzoru, gotową podbudowę lub ulepszone podłoże do ruchu budowlanego, to jest zobowiązany naprawić wszelkie uszkodzenia podbudowy, spowodowane przez ten ruch. Koszt napraw wynikłych z niewłaściwego utrzymania podbudowy lub ulepszonego podłoża obciąża Wykonawcę robót.

Wykonawca jest zobowiązany do przeprowadzenia bieżących napraw podbudowy lub ulepszonego podłoża uszkodzonych wskutek oddziaływania czynników atmosferycznych, takich jak opady deszczu i śniegu oraz mróz.

Wykonawca jest zobowiązany wstrzymać ruch budowlany po okresie intensywnych opadów deszczu, jeżeli wystąpi możliwość uszkodzenia podbudowy lub ulepszonego podłoża.

Warstwa stabilizowana spoiwami hydraulicznymi powinna być przykryta przed zimą warstwą nawierzchni lub zabezpieczona przed niszczącym działaniem czynników atmosferycznych w inny sposób zaakceptowany przez Inspektora Nadzoru.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w ST D.00.00.00 „Wymagania ogólne" pkt 6.

6.2. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien wykonać badania spoiw, kruszyw i gruntów przeznaczonych do wykonania robót i przedstawić wyniki tych badań Inspektorowi Nadzoru w celu akceptacji.

6.3. Badania w czasie robót

6.3.1. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie wykonywania podbudowy lub ulepszonego podłoża stabilizowanych spoiwami podano w tablicy 1.

Tablica 1. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie wykonania podbudowy lub ulepszonego podłoża stabilizowanych spoiwami

Lp.	Wyszczególnienie badań	Częstotliwość badań	
		Minimalna liczba badań na dziennej działce roboczej	Maksymalna powierzchnia podbudowy lub ulepszonego podłoża przypadająca na jedno badanie
1	Uziarnienie mieszanki gruntu lub kruszywa	2	600 m^2
2	Wilgotność mieszanki gruntu lub kruszywa ze spoiwem		
3	Rozdrobnienie gruntu [1)]		
4	Jednorodność i głębokość wymieszania [2)]		
5	Zagęszczenie warstwy		
6	Grubość podbudowy lub ulepszonego podłoża	3	600 m^2
7	Ilość wysianego środka jonowymiennego	5	400 m^2
8	Ilość wysianego spoiwa	5	400 m^2
9	Moduł wtórnego odkształcenia wykonanej stabilizacji	4	400 m^2
10	Wytrzymałość na ściskanie 7 i 28-dniowa	6 próbek	600 m^2
11	Mrozoodporność	przy projektowaniu i w przypadkach wątpliwych	
12	Badanie cementu	przy projektowaniu składu mieszanki i przy każdej zmianie	
13	Badanie wody	dla każdego wątpliwego źródła	
14	Badanie właściwości gruntu lub kruszywa	dla każdej partii i przy każdej zmianie rodzaju gruntu lub kruszywa	
15	Wytrzymałość na ściskanie po 91 dniach	W przypadkach wątpliwych i przy projektowaniu konstrukcji o podniesionych walorach jakościowych	

1) Badanie wykonuje się dla gruntów spoistych
2) Badanie wykonuje się przy stabilizacji gruntu metodą mieszania na miejscu
3) Cylindry pobrane podczas wykonywania stabilizacji należy po okresie pielęgnacji zachować przez okres udzielonej gwarancji i na żądanie okazać inwestorowi (nie krócej niż przez 2 lata)

6.3.2. Jednorodność i głębokość wymieszania

Głębokość mieszania mierzy się po zagęszczeniu warstwy z dokładnością do 1cm.
Różnice nie mogą przekraczać ± 1cm.

6.3.6. Zagęszczenie warstwy

Mieszanka powinna być zagęszczana do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia nie mniejszego od 1,00 oznaczonego zgodnie z BN-77/8931-12.

6.3.7. Grubość ulepszonego podłoża

Grubość warstwy należy mierzyć bezpośrednio po jej zagęszczeniu w odległości co najmniej 0,5 m od krawędzi. Grubość warstwy nie może różnić się od projektowanej o więcej niż $\pm$1 cm.

6.3.8. Wytrzymałość na ściskanie

Wytrzymałość na ściskanie określa się na próbkach walcowych o średnicy i wysokości 8 cm. Próbki do badań należy pobierać z miejsc wybranych losowo, w warstwie rozłożonej przed jej zagęszczeniem. Próbki w ilości 6 sztuk należy formować i przechowywać zgodnie z normami dotyczącymi poszczególnych rodzajów stabilizacji spoiwami. Trzy próbki należy badać po 7 lub 14 dniach oraz po 28. Wyniki wytrzymałości na ściskanie powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w ST.

6.3.9. Mrozoodporność

Wskaźnik mrozoodporności określany przez spadek wytrzymałości na ściskanie próbek poddawanych cyklom zamrażania i odmrażania powinien być zgodny z wymaganiami podanymi w ST dotyczących poszczególnych rodzajów ulepszonego podłoża.

6.3.10. Badanie spoiwa

Dla każdej dostawy cementu, Wykonawca powinien określić właściwości podane w ST dotyczących poszczególnych rodzajów ulepszonego podłoża.

6.3.11. Badanie wody

W przypadkach wątpliwych należy przeprowadzić badania wody wg PN-B-32250.

6.3.12. Badanie właściwości gruntu

Właściwości gruntu należy badać przy każdej zmianie rodzaju gruntu lub kruszywa. Właściwości powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w ST dotyczących ulepszonego podłoża.

6.3.13. Badanie płytą statyczną

W celu poprawnego wykonania stabilizacji podłoża dopuszcza się wykonanie pomiarów płytą statyczną o śr. 30 cm po akceptacji Inspektora Nadzoru. Minimalna wartość modułu wtórnego powinna wynosić 120 MPa.

6.3.14. Protokoły kontroli ilości wysianych składników

Wykonawca jest zobowiązany do stałej kontroli ilości rozścielanego środka jonowymiennego i spoiwa hydraulicznego. Pomiary powinny być dokonywane zgodnie z tablicą 6. Protokoły wszystkich pomiarów powinny być sporządzane na bieżąco, podczas wykonywania prac. Inwestor może zażądać załączenia tych protokołów do protokołu odbioru prac.

6.4. Wymagania dotyczące cech geometrycznych podbudowy i ulepszonego podłoża

6.4.1. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów dotyczących cech geometrycznych podaje tablica 2.

Tablica 2. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów wykonanej podbudowy lub ulepszonego podłoża stabilizowanych spoiwami

Lp.	Wyszczególnienie badań i pomiarów	Minimalna częstotliwość badań i pomiarów
1	Szerokość	20 razy na 1 km
2	Równość podłużna	w sposób ciągły planografem albo co 20 m łatą na każdym pasie ruchu
3	Równość poprzeczna	20 razy na 1 km
4	Spadki poprzeczne*)	20 razy na 1 km

5	Rzędne wysokościowe	co 100 m
6	Ukształtowanie osi w planie*)	
7	Grubość podbudowy i ulepszonego podłoża	w 4 punktach, lecz nie rzadziej niż raz na 2000 m^2

*) Dodatkowe pomiary spadków poprzecznych i ukształtowania osi w planie należy wykonać w punktach głównych łuków poziomych.

6.4.2. Szerokość ulepszonego podłoża

Szerokość ulepszonego podłoża nie może różnić się od szerokości projektowanej o więcej niż +10 cm, -5 cm.

Na jezdniach bez krawężników szerokość powinna być większa od szerokości warstwy wyżej leżącej o min. o wartość stosunku 1:1 plus grubość warstwy wyżej leżącej, lub o wartość wskazaną w dokumentacji projektowej.

6.4.3. Równość ulepszonego podłoża

Nierówności podłużne ulepszonego podłoża należy mierzyć 4- metrową łatą lub planografem, zgodnie z normą BN-68/8931-04.

Nierówności poprzeczne ulepszonego podłoża należy mierzyć 4- metrową łatą.

Nierówności nie powinny przekraczać:

– 15 mm dla ulepszonego podłoża.

6.4.4. Spadki poprzeczne ulepszonego podłoża

Spadki poprzeczneulepszonego podłoża powinny być zgodne z dokumentacją projektową z tolerancją $\pm$ 0,5 %.

6.4.5. Rzędne ulepszonego podłoża

Różnice pomiędzy rzędnymi wykonanego ulepszonego podłoża, a rzędnymi projektowanymi nie powinny przekraczać + 1 cm, -2 cm.

6.4.6. Ukształtowanie ulepszonego podłoża

Oś ulepszonego podłoża w planie nie może być przesunięta w stosunku do osi projektowanej o więcej niż $\pm$5 cm.

6.4.7. Grubość ulepszonego podłoża

Grubość ulepszonego podłoża nie może różnić się od grubości projektowanej o więcej niż:
- dla ulepszonego podłoża +10%, -15%.

6.5. Zasady postępowania z wadliwie wykonanymi odcinkami ulepszonego podłoża

6.5.1. Niewłaściwe cechy geometryczne ulepszonego podłoża

Jeżeli po wykonaniu badań na stwardniałym ulepszonym podłożu stwierdzi się, że odchylenia cech geometrycznych przekraczają wielkości określone w pkt 6.4, to warstwa zostanie zerwana na całą grubość i ponownie wykonana na koszt Wykonawcy. Dopuszcza się inny rodzaj naprawy wykonany na koszt Wykonawcy, o ile zostanie on zaakceptowany przez Inspektor Nadzoru.

Jeżeli szerokość ulepszonego podłoża jest mniejsza od szerokości projektowanej o więcej niż 5 cm i nie zapewnia podparcia warstwom wyżej leżącym, to Wykonawca powinien poszerzyć ulepszone podłoże przez zerwanie warstwy na pełną grubość do połowy szerokości i wbudowanie nowej mieszanki.

Nie dopuszcza się mieszania składników mieszanki na miejscu. Roboty te Wykonawca wykona na własny koszt.

6.5.2. Niewłaściwa grubość ulepszonego podłoża

Na wszystkich powierzchniach wadliwych pod względem grubości Wykonawca wykona naprawę ulepszonego podłoża przez zerwanie wykonanej warstwy, usunięcie zerwanego materiału i ponowne wykonanie warstwy o odpowiednich właściwościach i o wymaganej grubości. Roboty te Wykonawca wykona na własny koszt. Po wykonaniu tych robót nastąpi ponowny pomiar i ocena grubości warstwy, na koszt Wykonawcy.

6.5.3. Niewłaściwa wytrzymałość ulepszonego podłoża

W sytuacjach uzasadnionych, gdy stabilizacja dojrzewa wolniej i nie osiąga oczekiwanych parametrów wtórnego modułu odkształcenia E_{v2}, inspektor nadzoru może zadecydować o wydłużonym okresie dojrzewania.

W przypadkach, w których parametry nie zostały trwale osiągnięte, a dozowanie preparatu jonowymiennego i cementu portlandzkiego nie zostało wiarygodnie udokumentowane, lub wzbudza wątpliwości, inwestor może zażądać od wykonawcy przekazania próbki gruntu rodzimego, z której wykonano cylindry testowe wraz z co najmniej 2 sztukami cylindrów. Przekazany grunt i cylindry mogą zostać wykorzystane do przeprowadzenia badań porównawczych pod mikroskopem elektronowym. Badania pod mikroskopem wykażą, czy zastosowana receptura i dozowanie zapewniło powstawanie odpowiedniej ilości wzmocnionych wiązań krystalicznych cementu.

We wszystkich przypadkach, w których można mieć uzasadnione wątpliwości co do jakości wykonanych prac, inwestor może zażądać dodatkowych badań określających parametry $R_{z/28}$.

7. OBMIAR ROBÓT

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w ST D.00.00.00 „Wymagania ogólne" pkt 7.

7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest m^2 (metr kwadratowy) ulepszonego podłoża z gruntów lub kruszyw stabilizowanych cementem z zastosowaniem środka jonowymiennego mierzonego po górnej krawędzi wykonanej warstwy.

8. ODBIÓR ROBÓT

Ogólne zasady odbioru robót podano w ST D.00.00.00 „Wymagania ogólne" pkt 8.

Roboty uznaje się za zgodne z dokumentacją projektową, ST i wymaganiami Inspektor Nadzoru, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji wg pkt 6 dały wyniki pozytywne.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

Cena wykonania 1 m^2 ulepszonego podłoża z gruntów stabilizowanych cementem z wykorzystaniem środka jonowymiennego obejmuje:

- prace pomiarowe i roboty przygotowawcze,
- oznakowanie robót,
- spulchnienie gruntu,
- zakup, dostarczenie, ustawienie, rozebranie i odwiezienie prowadnic oraz innych materiałów i urządzeń pomocniczych,
- pobranie próbek istniejącego gruntu,
- zaprojektowanie recepty,
- zakup środka jonowymiennego,
- dostarczenie i rozścielenie składników zgodnie z receptą laboratoryjną,
- wymieszanie gruntu rodzimego lub ulepszonego kruszywem ze spoiwem w korycie drogi,
- doziarnienie istniejącego podłoża gruntowego zgodnie z opracowaną receptą,
- zagęszczenie warstwy,
- pielęgnacja wykonanej warstwy,
- obmiar geodezyjny,
- przeprowadzenie pomiarów i badań laboratoryjnych, wymaganych w ST,
- załadowanie, wywiezienie, składowanie i utylizacja nadmiaru gruntu.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

1.	PN-B-04300	Cement. Metody badań. Oznaczanie cech fizycznych
2.	PN-B-04481	Grunty budowlane. Badania próbek gruntu
3.	PN-B-06714-12	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zawartości zanieczyszczeń obcych
4.	PN-B-06714-15	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie składu ziarnowego
5.	PN-B-06714-26	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zawartości zanieczyszczeń organicznych
6.	PN-B-06714-28	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zawartości siarki metodą bromową
7.	PN-B-06714-37	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie rozpadu krzemianowego
8.	PN-B-06714-38	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie rozpadu wapniowego
9.	PN-B-06714-39	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie rozpadu żelazawego
10.	PN-B-06714-42	Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie ścieralności w bębnie Los Angeles
11.	PN-B-19701	Cement. Cement powszechnego użytku. Skład, wymagania i ocena zgodności
12.	PN-B-30020	Wapno
13.	PN-B-32250	Materiały budowlane. Woda do betonów i zapraw
14.	PN-C-84038	Wodorotlenek sodowy techniczny
15.	PN-C-84127	Chlorek wapniowy techniczny
16.	PN-S-96011	Drogi samochodowe. Stabilizacja gruntów wapnem do celów drogowych
17.	PN-S-96012	Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem

18.	PN-S-96035	Drogi samochodowe. Popioły lotne
19.	BN-88/6731-08	Cement. Transport i przechowywanie
20.	BN-64/8931-01	Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika piaskowego
21.	BN-64/8931-02	Drogi samochodowe. Oznaczanie modułu odkształcenia nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płytą
22.	BN-68/8931-04	Drogi samochodowe. Pomiar równości nawierzchni planografem i łatą
23.	BN-70/8931-05	Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika nośności gruntu jako podłoża nawierzchni podatnych
24.	BN-73/8931-10	Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika aktywności pucolanowej popiołów lotnych z węgla kamiennego
25.	BN-77/8931-12	Oznaczanie wskaźnika zagęszczenia gruntu
26.	BN-71/8933-10	Drogi samochodowe. Podbudowa z gruntów stabilizowanych aktywnymi popiołami lotnymi.