

**SPECYFIKACJA TECHNICZNA  
WYKONANIA i ODBIORU ROBÓT BUDOWLANYCH**

**D-04.05.01**

**ULEPSZONE PODŁOŻE  
Z MIESZANKI ZWIĄZANEJ CEMENTEM**



## 1. Wstęp

### 1.1. Przedmiot STWiORB

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji Technicznej Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych są wymagania dotyczące wykonania i odbioru warstwy ulepszanego podłoża z gruntu/kruszywa związanego cementem dla zadania „Przebudowa drogi w Świętej”.

### 1.2. Zakres stosowania STWiORB

Specyfikacja Techniczna jest stosowana jako dokument kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót wymienionych w punkcie 1.1.

### 1.3. Zakres robót

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą prowadzenia robót przy wykonaniu warstwy ulepszanego podłoża z gruntu/kruszywa związanego cementem i obejmuje:

- warstwy ulepszanego podłoża z mieszanki związanej cementem gr. 10 cm o  $C_{1,5/2,0}$ ,
- warstwy ulepszanego podłoża z mieszanki związanej cementem gr. 30 cm o  $C_{1,5/2,0}$ ,

### 1.4. Określenia podstawowe

- 1.4.1** 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.
- 1.4.2** Grunt stabilizowany cementem - mieszanka cementowo-gruntowa zagęszczona i stwardniała w wyniku ukończenia procesu wiązania cementu.
- 1.4.3** Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym – mieszanka, w której następuje wiązanie i twardnienie na skutek reakcji hydraulicznych.
- 1.4.4** Mieszanka związana cementem (CBGM) – mieszanka związana hydraulicznie, składająca się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, wody i cementu; wymieszaną w sposób zapewniający uzyskanie jednorodnej mieszanki.
- 1.4.5** Mieszanka związana żużlem – mieszanka składająca się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, z jednego lub więcej rodzajów żużla i wody, twardniejąca dzięki reakcji hydraulicznej lub/i karbonatyzacji. Twardnienie może być przyspieszone przez dodanie aktywatora.
- 1.4.6** Żużel wielkopiecowy chłodzony powietrzem – kruszywo składające się głównie ze skrzystalizowanych krzemianów oraz glinokrzemianów wapnia i magnezu uzyskanych przez powolne schładzanie powietrzem ciekłego żużla wielkopiecowego. Proces chłodzenia może odbywać się przy kontrolowanym dodawaniu wody. Chłodzony powietrzem żużel wielkopiecowy twardnieje dzięki reakcji hydraulicznej lub karbonatyzacji.
- 1.4.7** Żużel stalowniczy chłodzony powietrzem – kruszywo składające się głównie z skrzystalizowanego krzemianu wapnia i ferrytu zawierającego
- 1.4.8** Żużel stalowniczy chłodzony powietrzem – kruszywo składające się głównie z skrzystalizowanego krzemianu wapnia i ferrytu zawierającego  $CaO$ ,  $SiO_2$ ,  $MgO$  oraz tlenek żelaza. Kruszywo otrzymuje się przez powolne schładzanie powietrzem ciekłego żużla stalowniczego. Proces chłodzenia może odbywać się przy kontrolowanym dodawaniu wody.
- 1.4.9** Granulowany żużel wielkopiecowy – szklisty, piaszczysty materiał składający się

głównie z  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{MgO}$ , otrzymywany zwykle przez gwałtowne schłodzenie wodą ciekłego żużla wielkopiecowego. Granulowany żużel wielkopiecowy twardnieje reakcją hydrauliczną. Paletyzowany i suchy granulowany żużel wielkopiecowy mogą mieć zbliżone właściwości hydrauliczne.

- 1.4.10** Granulowany żużel wielkopiecowy częściowo mielony – granulowany żużel wielkopiecowy częściowo mielony w celu zwiększenia proporcji ziaren mniejszych od 0,063 mm. Powoduje to wzrost szybkości twardnienia i wytrzymałości mieszanki.
- 1.4.11** Mielony granulowany żużel wielkopiecowy – granulowany żużel wielkopiecowy mielony w celu dodatkowego zwiększenia udziału ziaren mniejszych od 0,063 mm.
- 1.4.12** Mieszanka z popiołem lotnym – mieszanka składająca się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, popiołu lotnego wapiennego lub krzemionkowego i wody, twardniejąca dzięki reakcji hydraulicznej.
- 1.4.13** Popiół lotny – drobny proszek powstały w wyniku spalenia w elektrowniach elektrycznych pyłu węglowego lub lignitu, uzyskany w trakcie mechanicznego lub elektrostatycznego procesu wytrącania.
- 1.4.14** Krzemionkowy popiół lotny (glinowo-krzemianowy popiół lotny) – popiół lotny, w którym podstawowymi składnikami chemicznymi są krzemiany, gliniany i tlenki żelaza wyrażone jako  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , charakteryzujące się właściwościami hydraulicznymi i pucolanowymi. Popiół lotny krzemionkowy może być składowany, dostarczany i używany zarówno w warunkach mokrych jak i suchych.
- 1.4.15** Wskaźnik smukłości – stosunek wysokości do średnicy próbki.
- 1.4.16** Szczelność – stosunek objętości ziaren do objętości mieszanki zawierającej ziarna i wolne przestrzenie między nimi. Szczelność oblicza się ze stosunku maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu mieszanki ( $\rho_d$  wg PN-EN 13286-2 [19] zmodyfikowana metoda Proctora) do gęstości objętościowej ziaren mieszanki ( $\rho_p$  wg PN-EN 1097-6 [12] załącznik A).
- 1.4.17** Kategoria – charakterystyczny poziom właściwości kruszywa lub mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym, wyrażony jako przedział wartości lub wartość graniczna. Nie ma zależności pomiędzy kategoriami różnych właściwości. Właściwości oznaczone symbolem kategorii NR oznaczają, że nie jest wymagane badanie danej cechy.
- 1.4.18** Partia – wielkość produkcji, wielkość dostawy, dostawę dzieloną (np. ładunek wagonowy, ładunek samochodu ciężarowego, dostawa) lub hałdę, która została wyprodukowana w okresie występowania jednakowych warunków. Przy ciągłym procesie produkcyjnym jako partię należy przyjmować ilość wyprodukowaną w ustalonym czasie.
- 1.4.19** Podłoże ulepszone z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa lub zespół warstw leżących pod konstrukcją nawierzchni drogowej w przypadku, gdy podłoże gruntowe (grunt rodzimy lub nasypowy) nie spełnia warunków nośności i/lub mrozoodporności.  
Podłoże ulepszone może zawierać następujące warstwy: mrozoochronną, odcinającą i wzmacniającą, a w przypadku podłoża ulepszanego jednowarstwowego może ono spełniać funkcje wszystkich tych warstw jednocześnie.  
Grubość warstwy podłoża ulepszanego zależy od rodzaju i grubości konstrukcji nawierzchni, kategorii obciążenia ruchem (KR1) oraz grupy nośności (G1) podłoża rodzimego i głębokości przemarzania gruntu, z zachowaniem przyjętej w kraju zasady ograniczonej odporności konstrukcji na działanie mrozu.
- 1.4.20** Warstwa mrozoochronna z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zapewniająca ochronę konstrukcji nawierzchni drogowej przed skutkami oddziaływania mrozu.
- 1.4.21** Warstwa odcinająca z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa

stosowana w celu uniemożliwienia przedostania się cząstek gruntu podłoża do warstwy wyżej położonych.

**1.4.22** Podbudowa z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – dolna część konstrukcji nawierzchni dróg służąca do przenoszenia obciążeń z ruchu na podłoże.

Podbudowa może składać się z podbudowy zasadniczej i pomocniczej. Obydwie warstwy mogą być wykonane w kilku warstwach technologicznych.

**1.4.23** Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa, zapewniająca przenoszenia obciążeń z warstwy podbudowy zasadniczej na warstwę podłoża. Podbudowa pomocnicza może składać się z kilku warstw o różnych właściwościach.

**1.4.24** Podbudowa zasadnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zapewniająca przenoszenie obciążeń z warstw wyżej leżących na warstwę podbudowy pomocniczej lub podłoże.

**1.4.23.** Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w STWiORB D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 1.4 [1].

## **1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót**

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania, jakość zastosowanych wyrobów budowlanych oraz za zgodność z Dokumentacją Projektową, STWiORB i poleceniami Inżyniera.

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w STWiORB D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 1.5 [1].

## **2. Wyroby budowlane i materiały**

### **2.1. Ogólne wymagania**

Ogólne wymagania dotyczące wyrobów budowlanych i materiałów podano w STWiORB D-M.00.00.00. Wymagania ogólne [1].

### **2.2. Cement**

Należy stosować cement klasy 32,5 portlandzki (CEM I), portlandzki z dodatkami (CEM II), lub hutniczy (CEM III) wg PN-EN 197-1 wg zaleceń Inżyniera wydanych w oparciu o certyfikat lub deklarację zgodności producenta. Wymagania dla cementu przedstawiono w tablicy 1.

**Tablica 1** Wymagania dla cementu do stabilizacji (niepełny zakres badań), wg PN-EN 197-1.

Lp.	Właściwości	klasa cementu - 32,5
1.	Wytrzymałość na ściskanie (MPa), po 7 dniach, nie mniej niż: - cement bez dodatków - cement hutniczy - cement z dodatkami	16 16 16
2.	Wytrzymałość na ściskanie (MPa), po 28 dniach, nie mniej niż	32,5
3.	Czas wiązania: - początek wiązania, najwcześniej po upływie, min. - koniec wiązania, najpóźniej po upływie, h	60 12
4.	Stałość objętości, mm, nie więcej niż	10

Badania cementu (badania Producenta) należy wykonać zgodnie z PN-EN 196-1, PN-EN 196-2; PN-EN 196-3, PN-EN 196-6.

Przechowywanie cementu powinno odbywać się zgodnie z BN-88/6731-08.

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

Cement należy przechowywać w warunkach zabezpieczających go przed zawilgoceniem.

### 2.3. Grunty do stabilizacji cementem

Przydatność gruntów przeznaczonych do stabilizacji cementem należy ocenić na podstawie wyników badań laboratoryjnych wykonanych według metod podanych w PN-S-96012.

Do wykonania ulepszonego podłoża z gruntów stabilizowanych cementem należy stosować mieszanki spełniające wymagania podane w PN-S-96012 Tablica 1 za wyjątkiem uziarnienia, które należy traktować wyłącznie orientacyjnie (100% materiału musi przechodzić przez sito 40mm).

Decydującym sprawdzianem przydatności gruntu do stabilizacji cementem są wyniki wytrzymałości na ściskanie próbek gruntu stabilizowanego cementem. Nie należy stosować więcej cementu niż 120kg/m<sup>3</sup>.

Grunty nie spełniające wymagań określonych w tablicy 1 PN-S-96012, mogą być poddane stabilizacji po uprzednim ulepszeniu chlorkiem wapniowym, wapnem, popiołami lotnymi.

Grunty o granicy płynności od 40 do 60 % i wskaźniku plastyczności od 15 do 30 % mogą być stabilizowane cementem pod warunkiem użycia specjalnych maszyn, umożliwiających ich rozdrobnienie i przemieszanie z cementem.

Inne grunty spoiste należy stabilizować wapnem.

Dodatkowe kryteria oceny przydatności gruntu do stabilizacji cementem; zaleca się użycie gruntów o:

- wskaźniku piaskowym od 20 do 50, wg BN-64/8931-01,
- zawartości ziarn pozostających na sicie # 2 mm - co najmniej 30%,
- zawartości ziarn przechodzących przez sito 0,075 mm - nie więcej niż 15%.

## 2.4. Kruszywo

Kruszywa naturalne przeznaczone do wytwarzania mieszanek kruszywa związanych cementem powinny spełniać wymagania zawarte w WT-5 2010 Wymagania Techniczne, część 1 Mieszanki związane cementem, pkt. 1.1.1. ale wyłącznie ze skał magmowych i przeobrażonych o mrozoodporności  $F_4$  i z recyklingu z takich samych skał o  $F_{NR}$  (w PN-EN 13242 nie występują  $F_{10}$  i  $F_{25a}$  za mrozoodporne przyjmuje się o  $WA_{242}$ )

Kruszywa powinny pochodzić ze źródeł wcześniej akceptowanych przez Inżyniera.

## 2.5. Woda

Woda stosowana do stabilizacji gruntu cementem i ewentualnie do pielęgnacji wykonanej warstwy powinna odpowiadać wymaganiom PN-EN 1008. Bez badań laboratoryjnych można stosować wodociągową wodę pitną.

## 2.6. Dodatki ulepszające

W przypadkach uzasadnionych mieszanka może zawierać dodatki, które powinny być uwzględnione w projekcie mieszanki.

Jako dodatki ulepszające można stosować wapno, popioły lotne lub chlorek wapnia. Zastosowanie dodatku musi być zawsze potwierdzone badaniami i zaakceptowane przez Inżyniera.

## 2.7. Domieszki

Domieszki powinny być zgodne z PN-EN 934-2. Jeśli w mieszance mają być zastosowane środki przyspieszające lub opóźniające wiązanie, należy to uwzględnić przy projektowaniu składu mieszanki.

## 2.8. Grunt/kruszywo stabilizowane cementem

Wytrzymałość na ściskanie próbek  $\varnothing$  80 lub 160 mm (w zależności od uziarnienia) dla warstwy ulepszonego podłoża z gruntu stabilizowanego cementem, powinny spełniać wymagania określone w PN-S-96012, tablica 3. Wytrzymałości 7 dniowe należy traktować jako orientacyjne.

Wskaźnik mrozoodporności powinien być zgodny z wymaganiami podanymi w PN-S-96012, tablica 3.

Mieszanki związane cementem klasyfikuje się pod względem właściwości wytrzymałościowych mieszanki przez wytrzymałość charakterystyczną na ściskanie  $R_c$  próbek zgodnie z przyjętym systemem I.

Wymagania wobec mieszanek związanych cementem należy przyjąć zgodnie z WT-5 punkt 1.3.

## 3. Sprzęt

### 3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w STWiORB D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 3 [1].

### **3.2. Sprzęt do zagęszczania podbudowy i ulepszanego podłoża**

Wybór sprzętu do wykonania robót związanych niniejszą STWiORB należy do Kierownika Budowy. Jakikolwiek sprzęt, maszyny, urządzenia i narzędzia nie gwarantujące zachowania wymagań jakościowych zostaną przez Inżyniera zdyskwalifikowane i nie dopuszczone do Robót.

Wykonawca przystępujący do wykonania:

a) ulepszanego podłoża stabilizowanego spoiwami powinien wykazać się możliwością korzystania z następującego sprzętu w przypadku wytwarzania mieszanek gruntowo-spoiwowych na miejscu:

- mieszarek jedno lub wielowirnikowych do wymieszania gruntu ze spoiwami,
- spycharek, równiarek lub sprzętu rolniczego (pługi, brony, kultywatory) do spulchniania gruntu,
- ciężkich szablonów do wyprofilowania warstwy,
- rozsypywarek wyposażonych w osłony przeciwpylne i szczeliny o regulowanej szerokości do rozsypywania spoiw,
- przewoźnych zbiorników na wodę, wyposażonych w urządzenia do równomiernego i kontrolowanego dozowania wody,
- walców ogumionych i stalowych wibracyjnych lub statycznych do zagęszczania,
- zagęszczarek płytowych, ubijaków mechanicznych lub małych walców wibracyjnych do zagęszczania w miejscach trudnodostępnych.

b) w mieszarkach ulepszanego podłoża z mieszanki kruszywa związanej cementem powinien wykazać się możliwością korzystania z następującego sprzętu:

- wytwórnia stacjonarna lub mobilna do wytwarzania mieszanki
- układarek lub równiarek do rozkładania mieszanki,
- walców ogumionych i stalowych wibracyjnych lub statycznych do zagęszczania,
- zagęszczarek płytowych, ubijaków mechanicznych lub małych walców wibracyjnych do zagęszczania w miejscach trudnodostępnych.

Betoniarnia nie może zakłócać warunków ochrony środowiska tj. powodować zapylenia terenu, zanieczyszczać wód i wywoływać hałas powyżej dopuszczalnych norm. Wydajność betoniarni musi zapewniać zapotrzebowanie dla danej budowy. Zabrania się stosowania betoniarek wolno spadowych.

Użyty przez Wykonawcę sprzęt mechaniczny musi być sprawny technicznie i uzyskać akceptację Inżyniera.

## **4. Transport**

### **4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu**

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w STWiORB D-M.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 4 [1].

### **4.2. Transport wyrobów i materiałów**

Wybór sposobu transportu i wybór środków transportu należą do Kierownika Budowy z zastrzeżeniem, że transport wyrobów oraz materiałów przeznaczonych do wbudowania



i wykonywania robót nie mogą powodować zanieczyszczenia (materiałów i wyrobów), obniżenia ich jakości lub uszkodzeń.

Transport mieszanki z wytwórni do miejsca wbudowania powinien odbywać się w sposób zapobiegający przed zanieczyszczeniem, rozsegregowaniem mieszanki oraz utracie wilgotności lub nadmiernemu zawilgoceniu. Do transportu mieszanki należy stosować samochody samowyladowcze.

## **5. Wykonanie robót**

### **5.1. Ogólne warunki wykonania robót**

Ogólne warunki wykonania robót podano w STWiORB D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" [1].

Przed przystąpieniem do robót, w terminie uzgodnionym z Inżynierem, Wykonawca dostarczy Inżynierowi do akceptacji projekt składu mieszanki związanej cementem oraz wyniki badań laboratoryjnych poszczególnych składników i próbki

materiałów pobrane w obecności Inżyniera do wykonania badań kontrolnych przez Inżyniera. Projektowanie mieszanki zgodnie z WT-5 punkt 1.2.3- 1.2.8 i p.2.8.

W przypadku gruntu stabilizowanego cementem, zaprojektowany skład mieszanki powinien zapewniać otrzymanie w czasie budowy właściwości gruntu stabilizowanego cementem zgodnych z wymaganiami określonymi w PN-S-96012 tablica 3.

Zawartość cementu w mieszance nie może przekraczać wartości podanych w PN-S-96012 tablica 2.

### **5.2. Warunki przystąpienia do robót**

Warstwa kruszywa/gruntu stabilizowanego cementem nie może być wykonywana wtedy, gdy podłoże jest zamarznięte i podczas opadów deszczu. Nie należy rozpoczynać stabilizacji gruntu/kruszywa cementem, jeżeli prognozy meteorologiczne wskazują na możliwy spadek temperatury poniżej 5°C w czasie najbliższych 7 dni.

Produkcja może odbywać się jedynie na podstawie receptury laboratoryjnej zatwierdzonej przez Inżyniera

### **5.3. Przygotowanie podłoża**

Podłoże pod warstwę stabilizowaną cementem powinno być przygotowane i odebrane zgodnie z zasadami określonymi w odpowiednich STWiORB. Ulepszone podłoże powinno być wytyczone w sposób umożliwiający jej wykonanie zgodnie z Dokumentacją Projektową lub wg zaleceń Inżyniera z tolerancjami określonymi w niniejszej STWiORB.

Paliki lub szpilki do prawidłowego ukształtowania podbudowy i ulepszanego podłoża powinny być wcześniej przygotowane. Paliki lub szpilki powinny być ustawione w osi drogi i w rzędach równoległych do osi drogi, lub w inny sposób zaakceptowany przez Inżyniera.

Rozmieszczenie palików lub szpilek powinno umożliwiać naciągnięcie sznurków lub linek do wytyczenia robót w odstępach nie większych, niż co 10 m. Jeżeli warstwa mieszanki gruntu z cementem ma być układana w prowadnicach, to po wytyczeniu ulepszanego podłoża należy ustawić na podłożu prowadnice w taki sposób, aby wyznaczały one ściśle linie krawędzi układanej warstwy według dokumentacji projektowej. Wysokość prowadnic powinna odpowiadać grubości warstwy mieszanki gruntu z cementem, w stanie niezagęszczonym. Prowadnice powinny być ustawione stabilnie, w sposób wykluczający ich przesuwanie się pod

wpływem oddziaływania maszyn użytych do wykonania warstwy. Po odsłonięciu gruntów ekspansywnych należy na nich niezwłocznie ułożyć projektowaną warstwę stabilizacji lub niezwłocznie zabezpieczyć przed wpływem czynników atmosferycznych, przed przesuszeniem lub zawilgoceniem i w przypadku robót w okresie zimowym przed przymarzaniem.

#### **5.4. Stabilizacja metodą mieszania na miejscu**

Do stabilizacji gruntu metodą mieszania na miejscu można użyć specjalistycznych mieszarek (gruntofrezarek).

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.

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.

Po spulchnieniu i rozdrobnieniu gruntu należy dodać i przemieszać z gruntem dodatki ulepszające, np. wapno lub popioły lotne, w ilości określonej w receptce laboratoryjnej, o ile ich użycie jest przewidziane w tejże receptce.

Cement należy dodawać na wbudowaną warstwę gruntu przy użyciu specjalistycznego sprzętu z możliwością regulacji wydatku spoiwa w ilości ustalonej w receptce laboratoryjnej.

Grunt powinien być wymieszany z cementem w sposób zapewniający jednorodność na określonej głębokość, gwarantującą uzyskanie projektowanej grubości warstwy po zagęszczeniu.

Czas od momentu rozłożenia cementu na gruncie do momentu zakończenia mieszania nie powinien być dłuższy od 2 godzin.

Po zakończeniu mieszania należy powierzchnię warstwy wstępnie zagęścić, a następnie wyrównać i wyprofilować do wymaganych w dokumentacji projektowej rzędnych oraz spadków poprzecznych i podłużnych.

Po wyprofilowaniu należy natychmiast przystąpić do zagęszczania warstwy.

Do zagęszczenia warstwy należy przystąpić natychmiast po jej rozłożeniu i wyprofilowaniu.

Zagęszczenie należy zakończyć przed początkiem wiązania cementu.

Zagęszczanie należy kontynuować do osiągnięcia wymaganego  $I_s \geq 1,0$ . Pomiar zagęszczenia należy przeprowadzić zgodnie z PN-S-02205 p. 2.10, przed związaniem.

Specjalną uwagę należy poświęcić zagęszczaniu 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.

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

Na gruntach ekspansywnych stabilizację należy wykonać w dniu usunięcia warstwy gleby, nie później niż 4 godziny po odsłonięciu gruntu ekspansywnego, a najlepiej bezpośrednio po odsłonięciu gruntu ekspansywnego.

### **5.5. Stabilizacja metodą mieszania w mieszarkach**

Mieszanek kruszywa związanego cementem o ściśle określonym składzie zawartym w receptcie laboratoryjnej należy wytwarzać w wytwórniach (mieszarkach) stacjonarnych lub mobilnych zapewniających ciągłość produkcji i gwarantujących otrzymanie jednorodnej mieszanki. Mieszarka powinna być wyposażona w urządzenia do wagowego dozowania kruszywa i cementu oraz objętościowego dozowania wody.

Przy produkcji mieszanek należy prowadzić kontrolę produkcji zgodnie z WT-5 część 5.

Mieszanka po wyprodukowaniu powinna być od razu transportowana na miejsce wbudowania, w sposób zabezpieczony przed segregacją i nadmiernym wysychaniem. Mieszanka dowieziona z wytwórni powinna być układana przy pomocy układarek lub równiarek. Grubość układania mieszanki powinna zapewniać uzyskanie wymaganej grubości warstwy po zagęszczeniu.

Przed zagęszczeniem warstwa powinna być wyprofilowana do wymaganych rzędnych, spadków podłużnych i poprzecznych. Po wyprofilowaniu należy natychmiast przystąpić do zagęszczania warstwy. Zagęszczenie powinno być zakończone przed rozpoczęciem czasu wiązania cementu. Zagęszczanie należy kontynuować do osiągnięcia wymaganego  $I_s \geq 1,0$ . Pomiar zagęszczenia należy wykonać wg PN-S-02205 p. 2.10, przed związaniem.

Specjalną uwagę należy poświęcić zagęszczaniu mieszanki w sąsiedztwie spoin roboczych podłużnych i poprzecznych, oraz wszelkich urządzeń obcych. Zaleca się aby Wykonawca organizował roboty w sposób unikający podłużnych spoin roboczych.

Na gruntach ekspansywnych stabilizację należy wykonać w dniu usunięcia warstwy gleby, nie później niż 4 godziny po odsłonięciu gruntu ekspansywnego, a najlepiej bezpośrednio po odsłonięciu.

### **5.6. Odcinek próbny**

Przed rozpoczęciem robót, Wykonawca powinien wykonać odcinek próbny w celu:

- stwierdzenia czy sprzęt budowlany do spulchnienia, mieszania, rozkładania i zagęszczania jest właściwy,
- określenia grubości warstwy materiału w stanie luźnym, koniecznej do uzyskania wymaganej grubości warstwy po zagęszczeniu,
- określenia potrzebnej liczby przejazdów walców do uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia warstwy.

Na odcinku próbnym, zlokalizowanym w obszarze robót, Wykonawca powinien użyć materiałów oraz sprzętów takich, jakie będą stosowane do wykonywania warstwy i ulepszanego podłoża.

Odcinek próbny powinien być zlokalizowany w miejscu wskazanym przez Inżyniera. Wykonawca może przystąpić do wykonywania ulepszanego podłoża po zaakceptowaniu odcinka próbnego przez Inżyniera.

### **5.7. Utrzymanie ulepszanego podłoża**

Ulepszone podłoże po wykonaniu, a przed ułożeniem następnej warstwy, powinny być utrzymywane w dobrym stanie.

Jeżeli Wykonawca będzie wykorzystywał, za zgodą Inżyniera, ulepszone podłoże do ruchu budowlanego, to jest obowiązany naprawić wszelkie jego uszkodzenia, spowodowane przez ten ruch. Koszt napraw wynikłych z niewłaściwego utrzymania ulepszanego podłoża obciąża Wykonawcę robót. Wykonawca jest zobowiązany do przeprowadzenia bieżących napraw

ulepszanego podłoża uszkodzonego 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 ulepszanego podłoża.

Warstwa stabilizowana cementem powinna być przykryta przed zimą warstwą nawierzchni lub zabezpieczona przed niszczącym działaniem czynników atmosferycznych w inny sposób zaakceptowany przez Inżyniera.

### **5.8. Pielęgnacja wykonanej warstwy**

Po zagęszczeniu warstwy należy ją zabezpieczyć przed wyparowaniem wody na przykład przez przykrycie warstwą piasku lub kruszywa utrzymywanej w stanie wilgotnym. Metody zabezpieczenia zostaną podane przez Wykonawcę i zatwierdzone przez Inżyniera.

Warstwę należy utrzymywać w stanie wilgotnym przez okres około 10 dni.

Nie należy dopuszczać żadnego ruchu pojazdów i maszyn w okresie 7 dni po wykonaniu warstwy. Po tym czasie ewentualny ruch technologiczny może odbywać się wyłącznie za zgodą Inżyniera.

## **6. Kontrola jakości robót**

### **6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót**

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w STWiORB D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" [1].

### **6.2. Badania przed przystąpieniem do robót**

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien przedstawić deklarację producenta cementu przeprowadzić badania kruszywa/gruntów przeznaczonych do wykonania robót oraz zaprojektować mieszankę cementowo- gruntową, cementowo-kruszywową i przedstawić wyniki tych badań Inżynierowi w celu akceptacji.

### **6.3. Badania w czasie robót**

Częstość oraz zakres badań i pomiarów w czasie wykonywania warstwy stabilizowanej cementem.

Tablica 3. Częstotliwość badań i pomiarów

Lp.	Wyszczególnienie badań	Częstotliwość badań	
		Minimalna liczba badań na dziennej działce roboczej	Maksymalna powierzchnia ulepszanego podłoża przypadająca na jedno badanie
1	Uziarnienie mieszanki gruntu/kruszywa	2	3000 m <sup>2</sup>
2	Wilgotność mieszanki gruntu/kruszywa ze spoiwem		
3	Rozdrobnienie gruntu <sup>1)</sup>		
4	Jednorodność i głębokość wymieszania <sup>2)</sup>		
5	Nośność warstwy E <sub>2</sub>		
6	Grubość warstwy		
7	Zagęszczenie warstwy I <sub>s</sub>	2	6000 m <sup>2</sup>
8	Wytrzymałość na ściskanie R <sub>7</sub> i R <sub>28</sub>	2 seria (2x6 próbek)	3000 m <sup>2</sup>
9	Mrozoodporność	Jeżeli jest wymagane, przy projektowaniu i w przypadkach wątpliwych	
10	Badania cementu	deklaracja producenta	
11	Badania wody	dla każdego wątpliwego źródła	
12	Badania właściwości gruntu/kruszywa	przy każdej zmianie rodzaju gruntu/kruszywa	
13	Wydatek cementu <sup>2)</sup>	2	3000m <sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Badanie wykonuje się dla gruntów spoistych

<sup>2)</sup> Badanie wykonuje się przy stabilizacji gruntu metodą mieszania na miejscu

Wszelkie badania mogą być wykonywane dodatkowo w miejscach wątpliwych i na zlecenie Inspektora Nadzoru.

### 6.3.1. Uziarnienie gruntu/kruszywa

Próbki do badań należy pobierać z podłoża/mieszarek przed podaniem cementu.

### 6.3.2. Wilgotność mieszanki cementowo – gruntowej i cementowo-kruszywowej

Wilgotność mieszanki powinna być równa wilgotności optymalnej, określonej w projekcie składu tej mieszanki, z tolerancją  $\pm 1\%$  jej wartości. Badanie wilgotności wykonuje się wg PN-EN 1097-5.

### 6.3.3. Rozdrobnienie gruntu

Grunt powinien być spulchniony i rozdrobniony tak, aby wskaźnik rozdrobnienia był, co najmniej równy 80% (przez sito o średnicy 4 mm powinno przejść 80% gruntu).

### 6.3.4. Jednorodność i głębokość wymieszania

Jednorodność wymieszania gruntu ze spoiwem polega na ocenie wizualnej jednolitego zabarwienia mieszanki.

Głębokość wymieszania mierzy się w odległości min. 0,5 m od krawędzi ulepszanego podłoża. Głębokość wymieszania powinna być taka, aby grubość warstwy po zagęszczeniu była równa projektowanej.

### **6.3.5. Nośność warstwy**

Nośności wykonanej warstwy należy przeprowadzić aparatem VSS zgodnie z normą PN-S-02205 załącznik B po 7 oraz 28 dniach od daty wykonania warstwy. Wymagany moduł nośności  $E_2 \geq 100$  MPa.

### **6.3.6. Grubość ulepszanego podłoża**

Grubość warstwy należy mierzyć bezpośrednio po jej zagęszczeniu w odległości, co najmniej 0,5 m od krawędzi w miejscach gdzie pobierana jest próba na badanie wskaźnika zagęszczenia. Grubość warstwy nie może różnić się od projektowanej o więcej niż  $\pm 10\%$ .

### **6.3.7. Zagęszczenie mieszanki**

Mieszanka powinna być zagęszczana do osiągnięcia wymaganego zagęszczenia zgodnie z p.5.4 i 5.5

### **6.3.8. Wytrzymałość na ściskanie**

Wytrzymałość na ściskanie określa się na próbkach walcowych o średnicy i wysokości 8cm (przy uziarnieniu gruntu/kruszywa do 10mm) lub 16cm (przy uziarnieniu do 40mm). Przygotowanie i pielęgnacja próbek powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w normie PN-S-96012 i WT-5. Próbkę do badań należy pobierać z miejsc wybranych losowo, w warstwie rozłożonej przed jej zagęszczeniem. Trzy próbki należy badać po 7 dniach a 3 po 28 dniach przechowywania.

Wyniki wytrzymałości na ściskanie powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w punkcie 2.8. Przy większym uziarnieniu należy stosować próbki 16cm i badać wg PN-S-69013 punkt 3.6.4.6.

### **6.3.9. Mrozoodporność**

Wskaźnik mrozoodporności określany przez spadek wytrzymałości na ściskanie próbek poddawanych cykлом zamrażania i odmrażania powinien być zgodny z wymaganiami w p. 2.8.

### **6.3.10. Badanie spoiwa**

Dla każdej dostawy cementu Wykonawca przedstawi deklarację właściwości użytkowych wystawioną przez producenta.

### **6.3.11. Badania wody**

W przypadkach wątpliwych należy przeprowadzić badania wody według PN-EN 1008.

### **6.3.12. Badania właściwości gruntu i kruszywa**

Właściwości gruntu/kruszywa należy badać przy każdej zmianie rodzaju gruntu/kruszywa. Właściwości powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w punkcie 2.3 i 2.4.

#### 6.4. Badania i pomiary wykonanej warstwy

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów wykonanej warstwy ulepszanego podłoża podano w tablicy 4.

**Tablica 4** Częstotliwość, zakres badań i pomiarów wykonanej warstwy

Lp	Badania	częstotliwość badań	Dopuszczalne odchyłki
1	Szerokość warstwy	10 razy na 1 km	+10 cm, -5cm
2	Równość podłużna	w sposób ciągły planografem albo co 20 m łatą na każdym pasie ruchu	<15mm
3	Równość poprzeczna	10 razy na 1 km	<15mm
4	Spadki poprzeczne*	10 razy na 1 km	±0,5%
5	Rzędne wysokościowe	Co 25m w osi jezdni i na jej krawędziach dla dróg ekspresowych, co 100m dla pozostałych dróg	+1 cm i -2 cm
6	Grubość ulepszanego podłoża	W 2 punktach, lecz nie rzadziej niż raz na 3000 m <sup>2</sup>	Zgodnie z p. 6.3
7	Ukształtowanie osi w planie*	10 razy na 1 km	±5cm

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

#### 6.5. Zasady postępowania z wadliwie wykonanymi odcinkami ulepszanego podłoża

##### 6.5.1. Niewłaściwe cechy geometryczne ulepszanego podłoża

Jeżeli po wykonaniu badań na stwardniałym ulepszonym podłożu stwierdzi się, że odchylenia cech geometrycznych przekraczają wielkości określone w p. 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 Inżyniera. Jeżeli szerokość ulepszanego 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 pasa ruchu i wbudowanie nowej mieszanki.

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

##### 6.5.2. Niewłaściwa grubość ulepszanego podłoża

Na wszystkich powierzchniach wadliwych pod względem grubości Wykonawca wykona naprawę ulepszanego 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 ulepszanego podłoża

Jeżeli wytrzymałość średnia próbek będzie mniejsza od dolnej granicy określonej w punkcie 2.3 dla ulepszanego podłoża, to warstwa wadliwie wykonana zostanie zerwana i wymieniona na nową o odpowiednich właściwościach na koszt Wykonawcy. Wykonawca może

zaproponować inne rozwiązanie pod warunkiem uzyskania akceptacji Inżyniera na jego zastosowanie.

## 7. Obmiar robót

Jednostką obmiaru jest 1 m<sup>2</sup> (metr kwadratowy) wykonanej warstwy ulepszanego podłoża z gruntu / kruszywa związanego cementem.

## 8. Odbiór robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w STWiORB D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne" [1]. Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, STWiORB i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji według pkt 6 dały wyniki pozytywne.

## 9. Podstawa płatności

Ogólne wymagania dotyczące płatności podano w STWiORB D-M.00.00.00. "Wymagania ogólne".

Płatność za 1 m<sup>2</sup> wykonanej warstwy ulepszanego podłoża z gruntu / kruszywa związanego cementem należy przyjmować zgodnie z obmiarem, oceną jakości użytych wyrobów i oceną jakości wykonanych robót, na podstawie wyników pomiarów i badań.

Cena wykonania robót obejmuje:

- prace pomiarowe i przygotowawcze,
- oznakowanie robót,
- zakup wyrobów i materiałów,
- zakup i dostarczenie wszystkich niezbędnych składników produkcji,
- dostarczenie wyrobów i materiałów, wyprodukowanie mieszanki i jej transport na miejsce wbudowania,
- dostarczenie, ustawienie, rozebranie i odwiezienie prowadnic oraz innych materiałów i urządzeń pomocniczych,
- rozłożenie i zagęszczenie mieszanki,
- pielęgnacja wykonanej warstwy,
- koszt odpadów i ubytków materiałowych,
- koszt robót tymczasowych, które są potrzebne do wykonania robót podstawowych, ale nie są przekazywane Zamawiającemu i są usuwane po wykonaniu robót podstawowych,
- koszt prac tymczasowych, które są niezbędne do wykonania robót podstawowych, niezaliczane do robót tymczasowych, jak geodezyjne wytyczenie robót itd.,
- przeprowadzenie niezbędnych badań laboratoryjnych i pomiarów wymaganych w Specyfikacji Technicznej.

## 10. Przepisy związane

- [1] WT-5 2010 Wymagania techniczne; Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych
- [2] PN-EN 196-2 Metody badania cementu. Analiza chemiczna cementu
- [3] PN-EN 196-6 Metody badania cementu. Oznaczanie stopnia zmielenia
- [4] PN-EN 197-1 Cement. Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementu powszechnego użytku



- [5] PN-EN 932-3 Badania podstawowych właściwości kruszyw- Procedura i terminologia uproszczonego opisu petrograficznego
- [6] PN-EN 932-5 Badania podstawowych właściwości kruszyw- Część 5: Wyposażenie podstawowe i wzorcowanie
- [7] PN-EN 933-1 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie składu ziarnowego. Metoda przesiewania.
- [8] PN-EN 933-3 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie kształtu ziarn za pomocą wskaźnika płaskości.
- [9] PN-EN 933-4 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 4: Oznaczenie kształtu ziarn. Wskaźnik kształtu
- [10] PN-EN 933-5 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie procentowej zawartości ziarn o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych.
- [11] PN-EN 933-8 Badania geometrycznych właściwości kruszyw. Część 8: Ocena zawartości drobnych cząstek – Badania wskaźnika piaskowego
- [12] PN-EN 933-9 Badania geometrycznych właściwości kruszyw- Ocena zawartości drobnych cząstek. Badania błękitem metylenowym
- [13] PN-EN 934-2 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Domieszki do betonu. Definicje i wymagania
- [14] PN-EN 1008 Woda zarobowa do betonu. Specyfikacja pobierania próbek, badanie i ocena przydatności wody zarobowej do betonu, w tym wody odzyskanej z procesów produkcji betonu.
- [15] PN-EN 1097-1 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczenie odporności na ścieranie (mikro-Deval)
- [16] PN-EN 1097-2 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Metoda oznaczania odporności na rozdrabnianie
- [17] PN-EN 1097-5 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Metoda oznaczania wilgotności
- [18] PN-EN 1097-6 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości
- [19] 19 PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 1: Oznaczenie mrozoodporności
- [20] PN-EN 1367-2 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Badanie w siarczenie magnezu
- [21] PN-EN 1367-3 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych. Część 3: Badanie bazaltowej zgorzeli słonecznej metodą gotowania
- [22] PN-EN 1744-1 Badania chemicznych właściwości kruszyw. Analiza chemiczna
- [23] PN-EN 1744-3 Badania chemicznych właściwości kruszyw. Przygotowanie wyciągów przez wymywanie kruszyw
- [24] PN-ISO 565 Sita kontrolne- Tkanina z drutu, blacha perforowana i blach cienka perforowana elektorchemicznie- Wymiary nominalne oczek
- [25] PN-EN 13242 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym

- [26] PN-EN 13286-1 Mieszanki związane i niezwiązane spoiwem hydraulicznym.- Część 1: Laboratoryjne metody oznaczania referencyjnej gęstości i wilgotności.- Wprowadzenie, wymagania ogólne i pobieranie próbek
- [27] PN-EN 13286-2 Mieszanki związane i niezwiązane spoiwem hydraulicznym. Część 2: Metody określania gęstości i zawartości wody. Zagęszczanie metodą Proctora
- [28] PN-EN 13286-41 Mieszanki związane i niezwiązane spoiwem hydraulicznym. Część 41: Metoda oznaczania wytrzymałości na ściskanie mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym.
- [29] PN-EN 13286-50 Mieszanki związane i niezwiązane spoiwem hydraulicznym. Metoda sporządzania próbek związanych hydraulicznie za pomocą aparatu Proctora lub zagęszczania na stole wibracyjnym.
- [30] BN-68/8931-04 Drogi samochodowe. Pomiar równości nawierzchni planografem i łątą.
- [31] BN-77/8931-12 Oznaczanie wskaźnika zagęszczenia gruntu.
- [32] PN-S-96012 Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem
- [33] PN-EN 14227-1 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym. Wymagania. Część 1: Mieszanki związane cementem
- [34] PN-EN 196-1:2006 Metody badania cementu. Oznaczanie wytrzymałości. 34. PN-EN 196-3:2006 Metody badania cementu. Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości.
- [35] PN-EN 196-7:2008 Metody badania cementu. Sposoby pobierania i przygotowania próbek cementu.
- [36] PN-B-04481:1988 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu.
- [37] PN-EN 459-1:2003 Wapno budowlane - Część 1: Definicje, wymagania i kryteria zgodności.
- [38] BN-88/6731-08 Cement. Transport i przechowywanie.
- [39] PN-B-06714-12 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zawartości zanieczyszczeń obcych
- [40] PN-B-06714-15 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie składu ziarnowego
- [41] PN-B-06714-26 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zawartości zanieczyszczeń organicznych
- [42] PN-B-06714-28 Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie zawartości siarki metodą bromową
- [43] BN-64/8931-01 Drogi samochodowe. Oznaczanie wskaźnika piaskowego
- [44] PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [45] Wytyczne MK CZDP "Stabilizacja kruszyw i gruntów żużlem wielkopiecowym granulowanym. Warszawa 1979r.
- [46] Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych, IBDiM – 1997r.