

D - 04.05.03a

PODBUDOWA I PODŁOŻE ULEPSZONE Z MIESZANKI KRUSZYWA ZWIĄZANEGO HYDRAULICZNIE POPIOŁEM LOTNYM

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot SST

Przedmiotem niniejszej szczegółowej specyfikacji technicznej (SST) są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem podbudowy lub podłoża ulepszanego z mieszanki kruszywa związanego hydraulicznie popiołem lotnym dla zadania:

Przebudowa połączenia ulicy 3 Maja w Chorzowie z Aleją Parkową w Świętochłowicach

1.2. Zakres stosowania SST

Szczegółowa specyfikacja techniczna (SST) stanowi obowiązujący dokument przetargowy i kontraktowy przy zlecaniu i realizacji robót wymienionych w pkt. 1.1.

1.3. Zakres robót objętych SST

Ustalenia zawarte w niniejszej specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem i odbiorem podbudowy zasadniczej, podbudowy pomocniczej lub podłoża ulepszanego z mieszanki kruszywa, popiołu lotnego oraz innych składników jak wapno, cement, gips, granulowany żużel wielkopiecowy, woda i ew. dodatkowe składniki. Materiały te wiążą i twardnieją w obecności wody, tworząc stabilne i trwałe struktury betonu popiołowego.

W mieszance można stosować kruszywo naturalne, kruszywo sztuczne, kruszywo z recyklingu oraz połączenia tych kruszyw.

Do warstw podbudowy i podłoża ulepszanego można stosować następujące rodzaje mieszanek:

- typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm,
- typu 4 o uziarnieniu deklarowanym przez producenta,

1.4. Określenia podstawowe

1.4.1. Mieszanka związana spoiwem hydraulicznym – mieszanka, w której następuje wiązanie i twardnienie na skutek reakcji hydraulicznych.

1.4.2. Podłoże ulepszone z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zawierająca kruszywo naturalne lub sztuczne albo z recyklingu lub ich mieszaninę i spoiwo hydrauliczne, zapewniająca umożliwienie ruchu technologicznego i właściwego wykonania nawierzchni. Do warstwy podłoża ulepszanego zalicza się także warstwę mrozoochronną, odcinającą i wzmacniającą, które powinny spełniać dodatkowe wymagania.

1.4.3. Podbudowa pomocnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zawierająca kruszywo naturalne lub sztuczne a także z recyklingu lub ich mieszaninę i spoiwo hydrauliczne, zapewniająca przenoszenie obciążeń z warstwy podbudowy zasadniczej na warstwę podłoża.

1.4.4. Podbudowa zasadnicza z mieszanki związanej spoiwem hydraulicznym – warstwa zawierająca kruszywo naturalne lub sztuczne a także z recyklingu lub ich mieszaninę i spoiwo hydrauliczne, zapewniająca przenoszenie obciążeń z warstw jezdnych na warstwę podbudowy pomocniczej lub podłoża.

1.4.5. Kruszywo – materiał ziarnisty stosowany w budownictwie, który może być naturalny, sztuczny lub z recyklingu.

1.4.6. Kruszywo naturalne – kruszywo ze złóż naturalnych pochodzenia mineralnego, które może być poddane wyłącznie obróbce mechanicznej. Kruszywo naturalne jest uzyskiwane z mineralnych surowców naturalnych występujących w przyrodzie jak żwir, piasek, żwir kruszony, kruszywo z mechanicznie rozdrobnionych skał, nadziarna żwirowego lub otoczków.

1.4.7. Kruszywo sztuczne – kruszywo pochodzenia mineralnego, uzyskiwane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego obróbkę termiczną lub inną modyfikację. Do kruszywa sztucznego zalicza się w szczególności kruszywo z żużli: wielkopiecowych, stalowniczych i pomiedziowych.

1.4.8. Kruszywo z recyklingu – kruszywo powstałe w wyniku przeróbki materiału zastosowanego uprzednio w budownictwie.

1.4.9. Kruszywo kamienne – kruszywo z mineralnych surowców jak żwir kruszony, mechanicznie rozdrobnione skały, nadziarno żwirowe.

1.4.10. Kruszywo żuźlowe z żuźła wielkopieczowego – kruszywo składające się głównie ze skrzystalizowanych krzemianów lub glinokrzemianów wapnia i magnezu uzyskanych przez powolne schładzanie powietrzem ciekłego żuźła wielkopieczowego. Proces chłodzenia może odbywać się przy kontrolowanym dodawaniu wody. Chłodzony powietrzem żużel wielkopieczowy twardnieje dzięki reakcji hydraulicznej lub karbonatyzacji.

1.4.11. Kruszywo żuźlowe z żuźła stalowniczego – kruszywo składające się głównie ze skrzystalizowanego krzemianu wapnia i ferrytu zawierającego CaO, SiO₂, MgO oraz tlenek żelaza. Kruszywo otrzymuje się przez powolne schładzanie powietrzem ciekłego żuźła stalowniczego. Proces chłodzenia może odbywać się przy kontrolowanym dodawaniu wody.

1.4.12. Kategoria ruchu (KR1 – KR6) – obciążenie drogi ruchem samochodowym, wyrażone w osiach obliczeniowych (100 kN) według „Katalogu typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych”. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych – Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1997.

1.4.13. Kruszywo grube (wg PN-EN 13242) – oznaczenie kruszywa o wymiarach ziaren d (dolnego) równym lub większym niż 1 mm oraz D (górnego) większym niż 2 mm.

1.4.14. Kruszywo drobne (wg PN-EN 13242) – oznaczenie kruszywa o wymiarach ziaren d równym 0 oraz D równym 6,3 mm lub mniejszym.

1.4.15. Kruszywo o ciągłym uziarnieniu (wg PN-EN 13242) – kruszywo stanowiące mieszankę kruszyw grubych i drobnych, w której D jest większe niż 6,3 mm.

1.4.16. Granulowany żużel wielkopieczowy – szklisty, piaszczysty materiał składający się głównie z CaO, SiO₂, Al₂O₃ i MgO, otrzymywany zwykle przez gwałtowne schłodzenie wodą ciekłego żuźła wielkopieczowego.

1.4.17. Mieszanka z popiołem lotnym – mieszanka składająca się z kruszywa o kontrolowanym uziarnieniu, popiołu lotnego krzemionkowego lub wapiennego i wody, twardniejąca dzięki reakcji hydraulicznej.

1.4.18. Popiół lotny – drobny proszek powstały w wyniku spalania w elektrowniach energetycznych pyłu węglowego lub lignitu, uzyskanego w trakcie mechanicznego lub elektrostatycznego procesu wytrącania.

1.4.19. Materiał pucolanowy – materiał, który zmieszany z wapnem [Ca(OH)₂ lub CaO] w obecności wody wiąże i twardnieje, tworząc stabilne i trwałe struktury.

1.4.20. Suchy popiół lotny – popiół lotny z zawartością wody poniżej 1% m/m.

1.4.21. Wskaźnik smukłości – stosunek wysokości do średnicy próbki.

1.4.22. Szczelność – stosunek objętości ziaren do objętości mieszanki zawierającej ziarna i wolne przestrzenie między nimi.

1.4.23. Symbole i skróty dodatkowe

% m/m procent masy,

NR brak konieczności badania danej cechy,

CBGM mieszanka związana cementem,

CBR kalifornijski wskaźnik nośności, %,

IPI natychmiastowy wskaźnik nośności, %

Rc wytrzymałość na ściskanie, MPa,

A zawartość Al₂O₃ w granulowanym żuźlu wielkopieczowym, % m/m,

C zawartość CaO w granulowanym żuźlu wielkopieczowym, % m/m,

C.A iloczyn C i A.

1.4.24. Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z obowiązującymi, odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w OST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 1.4.

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót podano w SST D-00.00.00 „Wymagania szczególne” pkt 1.5.

2. MATERIAŁY

2.1. Ogólne wymagania dotyczące materiałów

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

2.2. Materiały do wykonywania robót

2.2.1. Zgodność materiałów z dokumentacją techniczną i aprobatą techniczną

Materiały do wykonania robót powinny być zgodne z ustaleniami dokumentacji projektowej lub ST względnie z wymaganiami europejskiej lub krajowej aprobaty technicznej.

2.2.2. Materiały wchodzące w skład mieszanki

Materiałami stosowanymi do wytwarzania mieszanek związanych popiołem lotnym są:

- kruszywo,
- popiół lotny,
- wapno,
- cement,
- gips,
- granulowany żużel wielkopiecowy,
- woda,
- ew. inne składniki.

2.2.3. Kruszywa

Do mieszanek można stosować następujące rodzaje kruszyw:

- a) kruszywo naturalne lub sztuczne,
- b) kruszywo z recyklingu,
- c) połączenie kruszyw wymienionych w punktach a) i b) z określeniem proporcji kruszyw z a) i b) z dokładnością $\pm 5\%$ m/m.

Wymagania wobec kruszywa do warstwy podbudowy i podłoża ulepszanego z mieszanek związanych popiołem lotnym przedstawia tablica 1.

Tablica 1. Wymagane właściwości kruszywa do warstw podbudowy i podłoża ulepszanego z mieszanek związanych popiołem lotnym

Skróty użyte w tablicy: Kat. – kategoria właściwości, Dekl – Deklarowana, wsk. – wskaźnik, wsp. – współczynnik, roz. -rozdział

Właściwość kruszywa	Metoda badania wg	Wymagania wg WT-5 i PN-EN 13242 dla ruchu kategorii KR1 ÷ KR6		
		Punkt PN-EN 13242	dla kruszywa związanego w warstwie	
			podłoża ulepszanego i podbudowy pomocniczej	podbudowy zasadniczej
Fracje/zestaw sit #	-	4.1	Zestaw sit podstawowy plus zestaw 1. Wszystkie frakcje dozwolone	
Uziarnienie	PN-EN 933-1	4.3.1	Kruszywo grube: kat. G _C 80/20, kruszywo drobne: kat. G _F 80, kruszywo o ciągłym uziarnieniu: kat. G _A 75. Uziarnienie mieszanek kruszywa wg rysunków 1 ÷ 8	
Ogólne granice i tolerancje uziarnienia kruszywa grubego na sitach pośrednich	PN-EN 933-1	4.3.2	Kat. GT _C NR (tj. brak wymagania)	
Tolerancje typowego uziarnienia kruszywa drobnego i kruszywa o ciągłym uziarnieniu	PN-EN 933-1	4.3.3	Kruszywo drobne: kat. GT _F NR (tj. brak wymagania), kruszywo o ciągłym uziarnieniu: kat. GT _A NR (tj. brak wymagania)	
Kształt kruszywa grubego – maksymalne warunki wskaźnika płaskości	PN-EN 933-3 ^{*)}	4.4	Kat. FI _{Dekl} (tj. wsk. płaskości > 50)	Kat. FI ₅₀ (tj. wsk. płaskości ≤ 50)
Kształt kruszywa grubego – maksymalne wartości wskaźnika kształtu	PN-EN 933-4 ^{*)}	4.4	Kat. SI _{Dekl} (tj. wsk. kształtu > 55)	Kat. SI ₅₀ (tj. wsk. kształtu ≤ 55)
Kategorie procentowych zawartości ziaren o powierzchniach przekruszonych lub łamanych oraz ziaren całkowicie zaokrąglonych w kruszywie grubym	PN-EN 933-5	4.5	Kat. C _{NR} (tj. brak wymagania)	
Zawartość pyłów ^{**)} w kruszywie grubym	PN-EN 933-1	4.6	Kat. f _{Dekl} (tj. masa frakcji przechodzącej przez sito 0,063 mm jest > 4)	
Zawartość pyłów ^{**)} w kruszywie drobnym	PN-EN 933-1	4.6	Kat. f _{Dekl} (tj. masa frakcji przechodzącej przez sito 0,063 mm jest > 22)	
Jakość pyłów	-	4.7	Brak wymagań	
Odporność na rozdrabnianie kruszywa grubego	PN-EN 1097-2	5.2	Kat. LA ₆₀ (tj. wsp. Los Angeles jest ≤ 60)	Kat. LA ₅₀ (tj. wsp. Los Angeles jest ≤ 50)
Odporność na ścieranie	PN-EN 1097-1	5.3	Kat. M _{DE} NR (tj. brak wymagania)	
Gęstość ziaren	PN-EN 1097-6, roz. 7, 8 i 9	5.4	Deklarowana	
Nasiąkliwość	PN-EN 1097-6, roz. 7, 8 i 9	5.5	Deklarowana	
Siarczany rozpuszczalne w kwasie	PN-EN 1744-1	6.2	Kruszywo kamienne: kat. AS _{0,2} (tj. zawartość siarczanów ≤ 0,2%), żużel kawałkowy wielkopiecowy: kat. AS _{1,0} (tj. zawartość siarczanów ≤ 1,0%)	
Całkowita zawartość siarki	PN-EN 1744-1	6.3	Kruszywo kamienne: kat. S _{NR} (tj. brak wymagania), żużel kawałkowy wielkopiecowy: kat. S ₂ (tj. zawartość siarki całkowitej ≤ 2%)	
Składniki wpływające na szybkość wiązania i twardnienia mieszanek związanych hydraulicznie	PN-EN 1744-1	6.4.1	Deklarowana	
Stalność objętości żużla stalowniczego	PN-EN 1744-1, p. 19.3	6.4.2.1	Kat. V ₃ (tj. pęcznienie ≤ 5 % objętości). Dotyczy żużla z klasycznego pieca tlenowego i elektrycznego pieca łukowego	
Rozpad krzemianowy w żużlu wielkopiecowym kawałkowym	PN-EN 1744-1, p. 19.1	6.4.2.2	Brak rozpadu	
Rozpad żelazawy w żużlu wielkopiecowym kawałkowym	PN-EN 1744-1, p. 19.2	6.4.2.3	Brak rozpadu	
Składniki rozpuszczalne w wodzie	PN-EN 1744-3	6.4.3	Brak substancji szkodliwych dla środowiska wg odrębnych przepisów	
Zanieczyszczenia	-	6.4.4	Brak ciał obcych takich jak drewno, szkło i plastik, mogących pogorszyć wyrób końcowy	

Zgorzel słoneczna bazaltu	PN-EN 1367-3 i PN-EN 1097-2	7.2	Kat. SB _{LA} (tj. wzrost współczynnika Los Angeles po gotowaniu ≤ 8%)	
Nasiąkliwość jako wskaźnik mrozoodporności (Jeśli kruszywo nie spełni warunku W ₂₄₂ , to należy zbadać jego mrozoodporność wg p. 7.3.3 – wiersz poniżej)	PN-EN 1097-6, roz. 7	7.3.2	Kat. W ₂₄₂ (tj. maksymalna wartość nasiąkliwości ≤ 2% masy)	
Mrozoodporność na kruszywa frakcji 8/16 mm (Badanie wykonywane tylko w przypadku, gdy nasiąkliwość kruszywa przekracza WA ₂₄₂)	PN-EN 1367-1	7.3.3	Skały magmowe i przeobrażone: kat. F ₄ (tj. zamrażanie-rozmrażanie ≤ 4% masy), skały osadowe: kat. F ₁₀ , kruszywa z recyklingu: kat. F ₁₀ (F ₂₅ ***)	Kat. F ₄ (tj. zamrażanie-rozmrażanie ≤ 4%)
Skład mineralogiczny	-	Zał. C p.C3.4	Deklarowany	
Istotne cechy środowiskowe	-	Zał. C pkt C.3.4	Większość substancji niebezpiecznych określonych w dyrektywie Rady 76/769/EWG zazwyczaj nie występuje w źródłach kruszywa pochodzenia mineralnego. Jednak w odniesieniu do kruszyw sztucznych i odpadowych należy badać czy zawartość substancji niebezpiecznych nie przekracza wartości dopuszczalnych wg odrębnych przepisów	
*) Badaniem wzorcowym oznaczania kształtu kruszywa grubego jest badanie wskaźnika płaskości **) Łączna zawartość pyłów w mieszance powinna się mieścić w wybranych krzywych granicznych ***) Pod warunkiem, gdy zawartość w mieszance nie przekracza 50% m/m				

2.2.4. Popiół lotny

2.2.4.1. Rodzaje popiołów lotnych i pobieranie próbek

Przy wytwarzaniu mieszanek można stosować:

- krzemionkowe popioły lotne,
- wapienne popioły lotne.

Skład chemiczny, charakteryzujący właściwości popiołu lotnego, powinien być wyrażany w procentach masowych składników w jego suchej masie, otrzymanej przez suszenie próbki laboratoryjnej w piecu wentylowanym w temperaturze $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ do uzyskania stałej masy i ochłodzeniu w suchym powietrzu.

W przypadku suchego popiołu lotnego próbki powinny być pobierane i przygotowywane zgodnie z normą PN-EN 196-7. W przypadku wilgotnego popiołu lotnego próbki powinny być przygotowywane zgodnie z normą PN-EN 13286-1.

2.2.4.2. Krzemionkowy popiół lotny

Krzemionkowy popiół lotny (glinowo-krzemianowy popiół lotny) jest popiołem, w którym podstawowymi składnikami chemicznymi są krzemiany, gliniany i tlenki żelaza wyrażone jako SiO₂, Al₂O₃ i Fe₂O₃, charakteryzujące się właściwościami hydraulicznymi i pucolanowymi.

Krzemionkowy popiół lotny może być składowany, dostarczany i używany zarówno w warunkach mokrych jak i suchych.

Krzemionkowy popiół lotny powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- uziarnienie powinno być zgodne z tablicą 2, przy przeprowadzeniu analizy składu ziarnowego według zasad przewidzianych normą PN-EN 451-2.

Tablica 2. Uziarnienie krzemionkowego popiołu lotnego

Sito	Procent przesianej masy
90 μm	≥ 70
45 μm	≥ 40

- strata przy prażeniu, oznaczana zgodnie z normą PN-EN 196-2 przy jednogodzinnym czasie prażenia lub inną równoważną metodą, nie powinna przekraczać 10% m/m
(Celem badania jest ograniczenie pozostałości niespalonego węgla w popiele lotnym, dlatego

wystarczające jest przedstawienie przez bezpośredni pomiar pozostałości niespalonego węgla, którego wielkość powinna być mniejsza niż wielkość określona powyżej),

- c) zawartość bezwodnika siarkowego (trójtlenku siarki) SO_3 , określona zgodnie z normą PN-EN 196-2, nie powinna być większa niż 4% m/m,
- d) jeżeli, określona zgodnie z normą PN-EN 451-1 zawartość wolnego tlenku wapnia przekracza 1% m/m, stałość objętości powinna być mierzona zgodnie z PN-EN 196-3, a rozszerzalność nie powinna przekraczać 10 mm w mieszance popiołu lotnego i cementu porównawczego o proporcjach 30:70,
- e) zawartość wody w suchym krzemionkowym popiele lotnym nie powinna przekraczać 1,0% m/m,
- f) aktywność pucolanową krzemionkowego popiołu lotnego określa się w zależności od wymagań konkretnego zastosowania (miejsca użycia), a wynik powinien być deklarowany. Aktywność tę określa się na podstawie pomiaru wytrzymałości na ściskanie mieszanek wapna, popiołu lotnego i standardowego kruszywa w funkcji czasu. Do czasu określenia metody badania deklarowanie tej właściwości popiołu lotnego nie jest wymagane w Polsce.

2.2.4.3. Wapienny popiół lotny

Wapienny popiół lotny (siarczanowo-wapienny popiół lotny) jest popiołem, w którym podstawowymi składnikami chemicznymi są krzemiany, gliniany, tlenki wapnia i siarczany wyrażone jako SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , i SO_3 , charakteryzujące się właściwościami hydraulicznymi i pucolanowymi.

Wapienny popiół lotny może być dostarczany i składowany w warunkach suchych.

Wapienny popiół lotny powinien odpowiadać następującym wymaganiom:

- a) uziarnienie powinno być zgodne z tablicą 3, przy przeprowadzeniu przesiewania według zasad przewidzianych normą PN-EN 196-6.

Tablica 3. Uziarnienie wapiennego popiołu lotnego

Sito	Procent przesianej masy
315 μm	≥ 95
90 μm	≥ 70

- b) rozszerzalność wapiennego popiołu lotnego powinna być mniejsza niż 10 mm, przy wykonaniu badania zgodnie z PN-EN 196-3 [6] na mieszance, której 30% masy stanowi mielony popiół lotny, a 70% cement porównawczy (CEM I 42,5N),
- c) całkowita zawartość reaktywnego tlenku wapnia określonego według PN-EN 197-1 [8] nie powinna być mniejsza niż 5% m/m,
- d) zawartość wody w suchym wapiennym popiele lotnym nie powinna przekraczać 1% m/m,
- e) aktywność hydrauliczną wapiennego popiołu lotnego określa się w zależności od wymagań konkretnego zastosowania (miejsca użycia), a wynik powinien być deklarowany. Aktywność tę określa się przez pomiar wytrzymałości na ściskanie mieszanek popiołu lotnego i standardowego kruszywa w funkcji czasu. Do czasu określenia metody badania deklarowanie tej właściwości popiołu lotnego nie jest wymagane w Polsce.

2.2.4.4. Częstotliwość badań popiołów lotnych

Kontrola popiołów lotnych powinna być przeprowadzana zgodnie z tablicą 4. Producent powinien określić i prowadzić kontrolę określając procedury, poprzez które zostaną spełnione wymagania kontroli produkcji.

Tablica 4. Kontrola produkcji

Właściwość	Częstotliwość badań 1)	Punkt normy PN-EN 14227-4	
		Krzemionkowe popioły lotne	Wapienne popioły lotne
Wielkość cząstek	2 razy na miesiąc lub 1 pomiar na 5000 ton	4.2.1	4.3.1
Strata prażenia	2 razy na miesiąc lub 1 pomiar na 5000 ton	4.2.2	n.s.
Trójtlenek siarki	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	4.2.3	n.s.
Wolny tlenek wapnia	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	4.2.4	n.s.
Stałość objętości 2)	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	4.2.4	4.3.2
Reaktywny tlenek wapnia	1 raz na miesiąc lub 1 pomiar na 10 000 ton	n.s.	4.3.3
Zawartość wody	2 razy na miesiąc lub 1 pomiar na 5 000 ton	4.2.5	4.3.4
Aktywność pucolanowa 2)	2 razy w roku lub 1 pomiar na 50 000 ton	4.2.6	n.s.

Aktywność hydrauliczna2)	2 razy w roku lub 1 pomiar na 50 000 ton	n.s.	4.3.5
--------------------------	--	------	-------

n.s. – nie stosuje się

- 1) pomiary zwykle przeprowadza się częściej
- 2) jeśli jest wymagany

2.2.5. Wapno

Wapno palone (CaO) lub wapno hydratyzowane [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] powinno spełniać wymagania normy PN-EN 14227-11.

2.2.6. Cement

Cement powinien być zgodny z normą PN-EN 197-1.

2.2.7. Gips

Zawartość procentowa ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) powinna być większa od 90% m/m. Maksymalna wielkość ziarna nie powinna być większa od 5 mm.

Gips naturalny i sztuczny jest aktywatorem twardnienia. Jeśli składniki jak i mieszanka nie są znane lub zostały dokładnie zbadane, konieczne jest sprawdzenie rozszerzalności mieszanki zawierającej gips. Do oceny rozszerzalności należy zastosować metodę badania i kryterium jak w p. 2.2.4.3b.

2.2.7. Granulowany żużel wielkopiecowy

Zawartość poszczególnych składników wyrażona procentowo w stosunku do całkowitej masy suchego żużla powinna być następująca:

- SiO_2 od 27% do 41%,
- Al_2O_3 od 7% do 20%,
- CaO od 30% do 50%,
- MgO < 20%.

Właściwości żużla określa iloczyn $C \cdot A$ oraz współczynnik alfa. C oznacza zawartość CaO , A oznacza zawartość Al_2O_3 , a współczynnik alfa charakteryzuje kruchość żużla.

Aktywność hydrauliczna granulowanego żużla wielkopiecowego zależy od składu chemicznego, zawartości cząstek drobnych i aktywatorów w ten sposób, że wzrost zawartości ziaren drobnych może zwiększać reaktywność żużli uważanych ze względu na ich skład chemiczny za względnie niereaktywne.

Iloczyn $C \cdot A$ jest ważnym składnikiem składu chemicznego żużla. Im wyższa wartość $C \cdot A$ tym żużel jest bardziej reaktywny. W zależności od zawartości $C \cdot A$ wyróżnia się trzy kategorie wymienione w tablicy 5. Wartość liczbową iloczynu $C \cdot A$ jest wynikiem mnożenia zawartości CaO i Al_2O_3 oznaczonych analitycznie w granulowanym żużlu wielkopiecowym.

Tablica 5. Kategorie iloczynu $C \cdot A$

Iloczyn $C \cdot A$	Kategoria
> 550	CA 1
425 - 550	CA 2
< 425	CA 3

Zawartość procentowa drobnych ziaren w zagęszczonej mieszance związanej granulowanym żużlem wielkopiecowym jest funkcją kruchości użytego żużla. Im bardziej kruchy żużel, tym więcej drobnych ziaren powstaje podczas wałowania i tym większa reaktywność żużla

Kruchość żużla należy oceniać przez określenie współczynnika alfa zgodnie z normą PN-EN 13286-44. Im mniejszy współczynnik alfa tym mniejsza kruchość granulowanego żużla wielkopiecowego. Klasyfikacji współczynnika alfa dokonuje się na podstawie tablicy 6.

Tablica 6. Kategorie współczynnika alfa granulowanego żużla wielkopiecowego

Współczynnik alfa	Kategoria
< 20	α 1
20 do 40	α 2
40 do 60	α 3
> 60	α 4

2.2.9. Inne składniki

Do polepszenia wiązania i procesu twardnienia mieszanki z popiołem lotnym mogą zostać użyte składniki zawierające chlorek wapniowy i węgiel sodowy.

2.2.10. Woda

Woda nie powinna zawierać składników niekorzystnie wpływających na efekt twardnienia i pogarszających własności mieszanki z popiołem lotnym.

3. SPRZĘT

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

Ogólne wymagania dotyczące sprzętu podano w SST D-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 3.

3.2. Sprzęt stosowany do wykonywania robót

Przy wykonywaniu robót Wykonawca w zależności od potrzeb, powinien wykazać się możliwością korzystania ze sprzętu dostosowanego do przyjętej metody robót, jak:

- wytwórnia stacjonarna lub mobilna do wytwarzania mieszanki,
- przewoźne zbiorniki na wodę,
- układarki do rozkładania mieszanki (lub równiarki),
- walce statyczne, wibracyjne lub ogumione,
- zagęszczarki płytowe, ubijaki mechaniczne lub małe walce wibracyjne do zagęszczania w miejscach trudno dostępnych.

Sprzęt powinien odpowiadać wymaganiom określonym w dokumentacji projektowej, ST, instrukcjach producentów lub propozycji Wykonawcy i powinien być zaakceptowany przez Inżyniera.

4. TRANSPORT

4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

Ogólne wymagania dotyczące transportu podano w SST D-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 4.

4.2. Transport materiałów

Materiały sypkie można przewozić dowolnymi środkami transportu, w warunkach zabezpieczających je przed zanieczyszczeniem, zmieszaniem z innymi materiałami i nadmiernym zawilgoceniem.

Popioły lotne w stanie suchym można transportować samochodami do przewozu cementu, a w stanie zawilgoconym – ciężarówkami samochodami wywrotkami.

Cement w workach może być przewożony samochodami krytymi.

Woda może być dostarczana wodociągiem lub przewożnymi zbiornikami wody.

Inne materiały należy przewozić w sposób zalecony przez producentów i dostawców, nie powodując pogorszenia ich walorów użytkowych.

5. WYKONANIE ROBÓT

5.1. Ogólne zasady wykonania robót

Ogólne zasady wykonania robót podano w SST D-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 5.

5.2. Zasady wykonywania robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca dostarczy Inżynierowi do akceptacji projekt składu mieszanki SMA.

Uziarnienie mieszanki mineralnej, minimalna zawartość lepiszcza oraz orientacyjna zawartość środka stabilizującego podane są w tablicy 6.

Wymagane właściwości mieszanki SMA podane są w tablicach 7, 8 i 9.

5.3. Roboty przygotowawcze

Przed przystąpieniem do robót należy, na podstawie dokumentacji projektowej, ST lub wskazań Inżyniera:

- ustalić lokalizację robót,
- przeprowadzić obliczenia i pomiary niezbędne do szczegółowego wytyczenia robót oraz ustalenia danych wysokościowych,

- usunąć przeszkody utrudniające wykonanie robót,
- wprowadzić oznakowanie drogi na okres robót,
- zgromadzić materiały i sprzęt potrzebne do rozpoczęcia robót.

5.4. Projektowanie mieszanki związanej popiołem lotnym

5.4.1. Ustalenia wstępne

Przed przystąpieniem do robót, w terminie uzgodnionym z Inżynierem, Wykonawca dostarczy Inżynierowi do akceptacji projekt składu mieszanki związanej popiołem lotnym oraz wyniki badań laboratoryjnych poszczególnych składników i próbki materiałów pobrane w obecności Inżyniera do wykonania badań kontrolnych przez Inżyniera.

Projektowanie mieszanki polega na doborze składników wymienionych w punkcie 2. Procedura projektowa powinna być oparta na próbach laboratoryjnych i/lub polowych przeprowadzonych na tych samych składnikach, z tych samych źródeł i o takich samych właściwościach, jak te które będą stosowane do wykonania podbudowy lub podłoża ulepszanego.

Określone w badaniu progowe ilości wody powinny uwzględniać właściwe zagęszczenie i oczekiwane parametry mechaniczne mieszanki. Należy określić procentowy udział składników w stosunku do całkowitej masy mieszanki w stanie suchym oraz uziarnienie i gęstość objętościową. Proporcje należy określić laboratoryjnie lub/i na podstawie praktycznych doświadczeń z mieszankami wykonywanymi z tych samych składników i w tych samych warunkach, spełniające wymagania niniejszej specyfikacji.

Sprawdzenie uziarnienia mieszanki mineralnej należy wykonać zgodnie z metodą wg PN-EN 933-1. Do analizy stosuje się zestaw sit podstawowy +1, składający się z następujących sit o oczkach kwadratowych w mm: 0,063; 0,25; 0,50; 1,0; 2,0; 4,0; 5,6; 8,0; 11,2; 16,0; 22,4; 31,5; 45,0; 63.

5.4.2. Rodzaje mieszanek i ich przeznaczenie

Przyjęto następujące rodzaje mieszanek związanych popiołem lotnym, które mogą być stosowane do warstw podłoża ulepszanego i podbudowy:

- 1) mieszanka typu 1 – o uziarnieniu 0/31,5 mm z zastosowaniem krzemionkowego lub wapiennego popiołu lotnego,
- 4) mieszanka typu 4 – o uziarnieniu deklarowanym przez producenta z zastosowaniem krzemionkowego lub wapiennego popiołu lotnego,

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

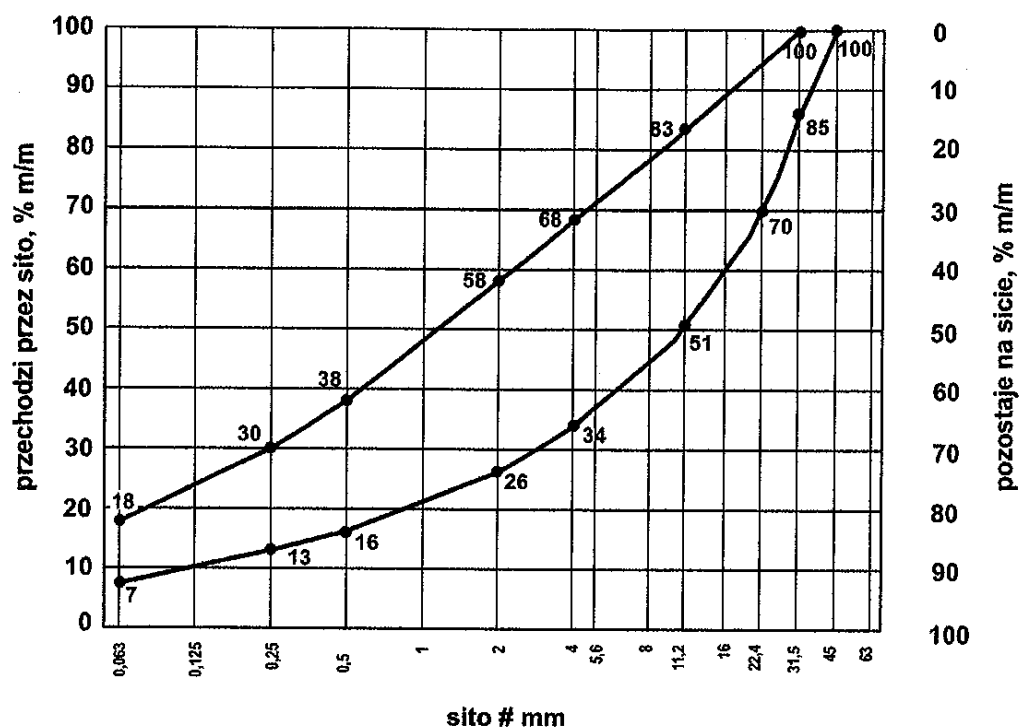
5.4.3. Mieszanka typu 1

Mieszanka związana popiołem lotnym typu 1 powinna być mieszanką o uziarnieniu 0/31,5 mm. Uziarnienie mieszanki typu 1, określone według normy PN-EN 933-1, w zależności od rodzaju popiołu lotnego, powinno być zgodne z:

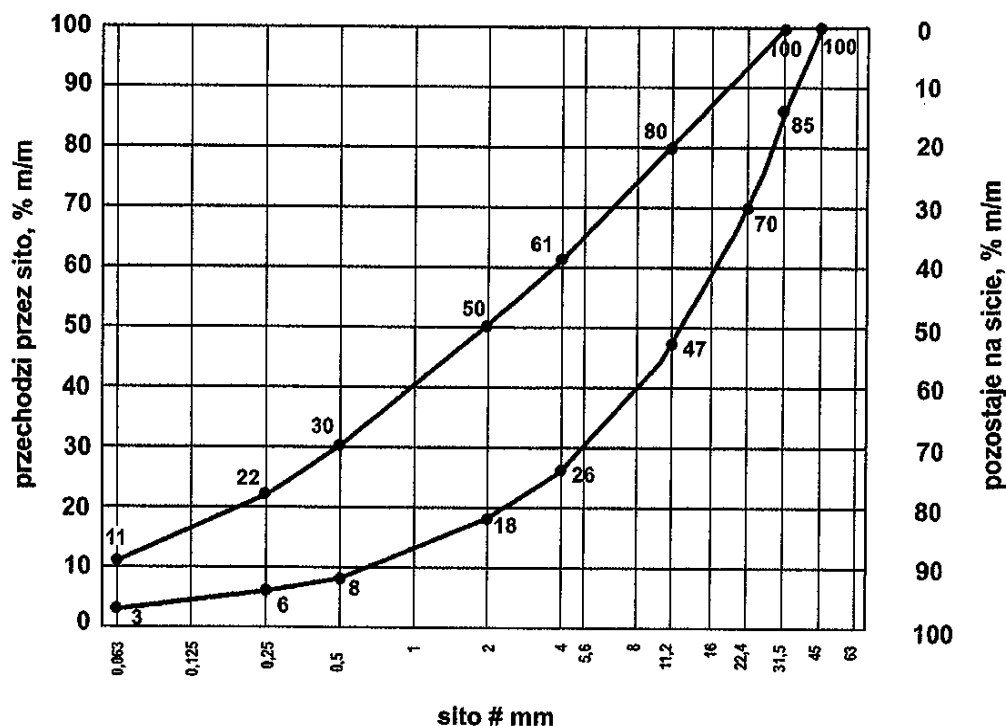
rys. 1 w przypadku zastosowania krzemionkowego popiołu lotnego,

rys. 2 w przypadku zastosowania wapiennego popiołu lotnego.

Laboratoryjna ocena właściwości mechanicznych mieszanki powinna opierać się na badaniu wytrzymałości na ściskanie, na podstawie klasyfikacji podanej w tablicy 10. Wymagania wobec mieszanki typu 1 przedstawia tablica 13.



Rys. 1. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm z krzemionkowym popiołem lotnym



Rys. 2. Krzywe graniczne uziarnienia mieszanki typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm z wapiennym popiołem lotnym

5.4.4. Mieszanka typu 4

Uziarnienie mieszanki typu 4, określone zgodnie z normą PN-EN 933-1, deklarowane jest przez producenta. Jeżeli jest to konieczne, producent może zadeklarować dodatkowo inne właściwości mieszanki takie jak np. natychmiastowy wskaźnik nośności, wytrzymałość na ściskanie (R_c) itp.

Wymagania wobec mieszanki typu 4 przedstawia tablica 16.

Wykonawca przedstawi Inżynierowi do akceptacji projekt mieszanki typu 4 wraz ze stosownymi aprobatami technicznymi.

5.4.5. Zawartość popiołu lotnego

Zawartość popiołu lotnego powinna być dobrana w odniesieniu do wymaganych właściwości mieszanki.

5.4.6. Zawartość wody

Zawartość wody powinna być tak dobrana, aby możliwe było zagęszczanie mieszanki w miejscu wbudowania poprzez wałowanie oraz aby uzyskać jej optymalne właściwości mechaniczne. Zawartość wody w mieszance powinna być określona na podstawie procedury projektowej wg metody Proctora, zgodnie z PN-EN 13286-2 [25] i/lub doświadczenia z mieszankami wyprodukowanymi przy użyciu proponowanych składników. Określone w badaniu progowe ilości wody powinny uwzględniać właściwe zagęszczenie i oczekiwane parametry mechaniczne mieszanki.

5.4.7. Warunki przygotowania i pielęgnacji próbek

Próbki walcowe, zagęszczane ubijakiem Proctora, powinny być przygotowane zgodnie z PN-EN 13286-50. Próbki należy przechowywać w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem (w komorze o wilgotności 95% ÷ 100% lub w wilgotnym piasku):

- przez 28 dni, w przypadku badania po 42 dniach,
- przez 76 dni, w przypadku badania po 90 dniach

i następnie zanurzyć na 14 dni do wody o temperaturze pokojowej. Łączny czas pielęgnacji wynosi:

- 42 dni (28 + 14 = 42 dni),

- 90 dni ($76 + 14 = 90$ dni).

Nasycanie próbek wodą odbywa się pod ciśnieniem normalnym i przy całkowitym ich zanurzeniu w wodzie. Wytrzymałość 90 dniowa jest wytrzymałością informacyjną, jako wartość deklarowana, wskazująca charakter wytrzymałości w dłuższym czasie, co powinno być uwzględnione w projekcie warstwy nośnej.

5.4.8. Badanie wytrzymałości na ściskanie

Badanie wytrzymałości na ściskanie (System I) należy przeprowadzić na próbkach walcowych przygotowanych zgodnie z PN-EN 13286-50, zagęszczonych metodą Proctora, przy wykorzystaniu metody badawczej zgodnej z PN-EN 13286-41. Próbkę powinny być pielęgnowane zgodnie z p. 5.4.10. Wytrzymałość na ściskanie określonej mieszanki powinno być oznaczane zgodnie z PN-EN 13286-41 po 42 dniach pielęgnacji. W fazie projektowania mieszanki należy dodatkowo oznaczyć wytrzymałość na ściskanie po 90 dniach pielęgnacji. Dopuszcza się w praktyce wykonawczej stosowanie dodatkowo wytrzymałości na ściskanie określonej po innym okresie pielęgnacji, np. po 7 lub 14 dniach. Wymagane właściwości po 42 dniach pielęgnacji pozostają bez zmian.

Mieszanki klasyfikuje się według wytrzymałości na ściskanie R_c po 42 dniach określonej zgodnie z normą PN-EN 13286-41, na próbce przygotowanej zgodnie z normą PN-EN 13286-50 i pielęgnowanej według p. 5.4.10. W ocenie lub projektowaniu mieszanek w laboratorium, wartość R_c powinna być średnią z wyników badań co najmniej trzech próbek. Wynik badania różniący się od średniej o więcej niż 20% należy odrzucić, a jako miarodajne R_c należy przyjąć średnią obliczoną z pozostałych dwóch wyników. Klasa R_c powinna być wybrana z tablicy 10, z uwzględnieniem wybranej metody przygotowania próbki.

Tablica 10. Klasyfikacja R_c

Klasa R_c	Minimalne R_c [MPa] dla cylindra o wskaźniku smukłości 2 ^a	Minimalne R_c [MPa] dla cylindra o wskaźniku smukłości 1 ^a
C 0,4/0,5	0,4	0,5
C 0,8/1	0,8	1
C 1,5/2	1,5	2
C 3/4	3	4
C 6/8	6	8
C 9/12	9	12
C 12/16	12	16
C 15/20	15	20
C 18/24	18	24
C 21/28	21	28
C 24/32	24	32
C 27/36	27	36
C_{Dv}	wartość deklarowana	wartość deklarowana
^a jeżeli wykorzystano cylindry o wskaźniku smukłości innym niż 1 lub 2, należy przed użyciem określić ich korelację z cylindrami o wskaźnikach smukłości 1 lub 2		

Dopuszcza się podawanie wytrzymałości na ściskanie R_c z dodatkowym indeksem informującym o czasie pielęgnacji, np. R_{c7} , R_{c14} , R_{c28} .

5.4.9. Badanie mrozoodporności

Wskaźnik mrozoodporności mieszanki popiołowej określany jest stosunkiem wytrzymałości na ściskanie R_c^{z-o} próbki po 42 dniach pielęgnacji i po 14 cyklach zamrażania i odmrażania do wytrzymałości na ściskanie R_c próbki po 42 dniach pielęgnacji wg p. 5.4.10.

$$\text{Wskaźnik mrozoodporności} = \frac{R_c^{z-o}}{R_c}$$

Próbki do oznaczenia wskaźnika mrozoodporności należy przechowywać przez 42 dni w temperaturze pokojowej z zabezpieczeniem przed wysychaniem (w komorze o wilgotności 95% ÷ 100% lub w wilgotnym piasku). Następnie należy zanurzyć je całkowicie na 1 dobę w wodzie, a następnie w ciągu

kolejnych 14 dni poddać cyklom zamrażania i odmrażania. Po 57 dniach należy oznaczyć wytrzymałość na ściskanie wg PN-EN 13286-41 i obliczyć wskaźnik mrozoodporności. Jeden cykl zamrażania i odmrażania w wodzie o temp. $+18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ przez 16 godzin. Oznaczenie wskaźnika mrozoodporności należy przeprowadzać na 3 próbkach i do obliczeń przyjmować średnią. Wynik badania różniący się od średniej o więcej niż 20% należy odrzucić, a jako miarodajną wartość wytrzymałości na ściskanie R_c^{z-o} , R_c należy przyjąć średnią obliczoną z pozostałych dwóch wyników, z dokładnością 0,1 MPa.

5.4.10. Natychmiastowy wskaźnik nośności (IPI)

Natychmiastowy wskaźnik nośności stosuje się w celu określenia wymaganych właściwości mieszanki umożliwiających prowadzenie ruchu technologicznego po warstwie oraz ułatwienia zagęszczenia kolejnej warstwy. Wskaźnik określany jest według normy PN-EN 13286-47 (bez stosowania obciążników) i klasyfikowany na podstawie tablicy 11.

Tablica 11. Kategorie natychmiastowego wskaźnika nośności IPI dla mieszanki

Kategoria IPI	Wymagany natychmiastowy wskaźnik nośności
IPI_{40}	≥ 40
IPI_{25}	≥ 25
IPI_{NR}	brak wymagań

Mieszanki z natychmiastowym wskaźnikiem nośności IPI mniejszym niż 40 mogą nie wytrzymać natychmiastowego obciążenia ruchem i powinny być używane z rozwagą. W przypadku konieczności użycia takiej mieszanki może być konieczne dodanie innego kruszywa w celu osiągnięciażądanego natychmiastowego wskaźnika nośności.

5.4.11. Wymagania wobec mieszanek

W zależności od typu mieszanki oraz od jej przeznaczenia wg tablicy 7, wymagania odczytuje się z tablic 13 ÷ 17.

Mieszanka typu 1

Tablica 13. Wymagania wobec mieszanki typu 1 o uziarnieniu 0/31,5 mm

Właściwość	Wymagania dla ruchu							Uwagi
	KR1 – KR2		KR3 – KR4		KR5 – KR6		KR1 – KR6	
	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Warstwa ulepszonego podłoża	
Składniki								
Popioły lotne	wg p. 2.2.4							
Kruszywo	wg tablicy 1							
Wapno	wg p. 2.2.5							
Cement	wg p. 2.2.6							
Gips	wg p. 2.2.7							
Granulowany żużel wielkopiecowy	wg p. 2.2.8							
Woda	wg p. 2.2.10							
Inne składniki	deklarowane przez producenta							
Mieszanka typu 1								
Uziarnienie:	krzywe graniczne uziarnienia							
-mieszanka typu 1, 0/31,5 mm	rys. 1 lub 2							
Wytrzymałość na ściskanie ^{*)} – klasa wytrzymałości R _c wg tablicy 10	C 3/4 ale nie więcej niż 8 MPa	C 1,5/2 ale nie więcej niż 4 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 12 MPa	C 3/4 ale nie więcej niż 12 MPa	C 9/12 ale nie więcej niż 16 MPa	C 6/8 ale nie więcej niż 16 MPa	C 0,4/0,5 ale nie więcej niż 4 MPa	wg p. 3.2.6 Badanie wg PN-EN 13286-41 po 42 dniach pielęgnacji
Mrozoodporność	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	NR – nie określa się	wg p. 5.4.12

*) W przypadku przekroczenia wytrzymałości na ściskanie 5 MPa należy stosować rozwiązania przeciwpękaniowe wg p. 5.7

Mieszanka typu 4

Tablica 16. Wymagania wobec mieszanki typu 4

Właściwość	Wymagania dla ruchu							Uwagi
	KR1 – KR2		KR3 – KR4		KR5 – KR6		KR1 – KR6	
	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Podbudowa zasadnicza	Podbudowa pomocnicza	Warstwa ulepszonego podłoża	
Składniki								
Popioły lotne	wg p. 2.2.4							
Kruszywo	wg tablicy 1							
Wapno	wg p. 2.2.5							
Cement	wg p. 2.2.6							
Gips	wg p. 2.2.7							
Granulowany żużel wielkopiecowy	wg p. 2.2.8							
Woda	wg p. 2.2.10							
Inne składniki	deklarowane przez producenta							
Mieszanka typu 4								
Uziarnienie:	deklarowane przez producenta							
Wytrzymałość na ściskanie ^{*)} – klasa wytrzymałości R _c wg tablicy 10	R _c deklarowana ale nie mniej niż 4 MPa	R _c deklarowana ale nie mniej niż 2 MPa	R _c deklarowana ale nie mniej niż 8 MPa	R _c deklarowana ale nie mniej niż 4 MPa	R _c deklarowana ale nie mniej niż 12 MPa	R _c deklarowana ale nie mniej niż 8 MPa	R _c deklarowana ale nie mniej niż 0,5 MPa	wg p.5.4.11 Badanie wg PN-EN 13286-41 [26] po 42 dniach pielęgnacji
Szczelność	C deklarowane	C deklarowane	C deklarowane	C deklarowane	C deklarowane	C deklarowane	C deklarowane	wg p. 5.4.14
Natychmiastowy wskaźnik nośności mieszanki IPI	IPI deklarowany	IPI deklarowany	IPI deklarowany	IPI deklarowany	IPI deklarowany	IPI deklarowany	IPI deklarowany	wg p. 5.4.13
Mrozoodporność	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	≥ 0,7	≥ 0,6	NR – nie określa się	wg p. 5.4.12

*) W przypadku przekroczenia wytrzymałości na ściskanie 5 MPa należy stosować rozwiązania przeciwpękaniowe wg p. 5.7

5.5. Odcinek próbny

Wykonawca powinien wykonać odcinek próbny w celu:

- stwierdzenia czy sprzęt do produkcji mieszanki oraz jej rozkładania i zagęszczania jest właściwy,
- określenia grubości warstwy wbudowanej mieszanki przed zagęszczeniem, koniecznej do uzyskania wymaganej grubości warstwy zagęszczonej,
- określenia liczby przejazdów walców do uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia warstwy.

Na odcinku próbnym Wykonawca powinien użyć materiałów oraz sprzętu takich, jakie będą stosowane do wykonania podbudowy lub podłoża ulepszonego.

Powierzchnia odcinka próbnego powinna wynosić od 400 m².

Odcinek próbny powinien być zlokalizowany w miejscu wskazanym przez Inżyniera.

Wykonawca może przystąpić do wykonywania podbudowy lub podłoża ulepszonego po zaakceptowaniu odcinka próbnego przez Inżyniera.

5.6. Warunki przystąpienia do robót i przygotowanie podłoża

Podbudowa lub podłoże ulepszone z mieszanek związanych popiołem lotnym powinny być wykonywane, gdy temperatura powietrza jest wyższa od +5oC oraz w okresie suchym.

Podłoże pod mieszankę powinno być przygotowane zgodnie z wymaganiami określonymi w dokumentacji projektowej i ST. Zaleca się do korzystania z ustaleń podanych w SST D-04.01.01 „Koryto wraz z profilowaniem i zagęszczeniem podłoża” i SST D-02.xx.xx „Roboty ziemne”.

Jeśli warstwa mieszanki kruszywa ma być układana w prowadnicach, to należy je ustawić na podłożu tak aby wyznaczały ściśle linie krawędzi układanej warstwy według dokumentacji projektowej. Wysokość

prowadnic powinna odpowiadać grubości warstwy mieszanki kruszywa w stanie niezagęszczonym. Prowadnice powinny być ustawione stabilnie, w sposób wykluczający ich przesuwanie się pod wpływem oddziaływania maszyn użytych do wykonania warstwy. Od użycia prowadnic można odstąpić przy zastosowaniu technologii gwarantującej odpowiednią równość warstwy, po uzyskaniu zgody Inżyniera.

5.7. Wytwarzanie i wbudowanie mieszanki

Mieszankę kruszywa związanego popiołem lotnym o ściśle określonym składzie zawartym w recepturze 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 popiołu lotnego oraz objętościowego dozowania wody.

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. Warstwę można wykonać o grubości np. 20 cm po zagęszczeniu. Gdy wymagana jest większa grubość, to do układania drugiej warstwy można przystąpić po odbiorze pierwszej warstwy przez Inżyniera. Grubość górnej warstwy nie powinna być mniejsza niż 10 cm. Przy układaniu mieszanki za pomocą równiarek konieczne jest stosowanie prowadnic.

Przed zagęszczeniem warstwa powinna być wyprofilowana do wymaganych rzędnych, spadków podłużnych i poprzecznych. Natychmiast po wyprofilowaniu mieszanki należy rozpocząć jej zagęszczanie, które należy kontynuować do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia nie mniejszego od 0,98 maksymalnego zagęszczenia określonego według normalnej próby Proctora przy ruchu lekkim i średnim oraz 1,03 przy ruchu ciężkim i bardzo ciężkim. Zagęszczenie powinno być zakończone w dniu prowadzenia robót. Specjalną uwagę należy poświęcić zagęszczeniu mieszanki w sąsiedztwie spoin roboczych podłużnych i poprzecznych oraz wszelkich urządzeń obcych. Zaleca się aby Wykonawca organizował roboty w sposób unikający podłużnych spoin roboczych. Jeśli jest to niemożliwe, przy warstwie wykonywanej w prowadnicach, przed wykonaniem kolejnego pasa należy pionową krawędź wykonanego pasa zwilżyć wodą. Jeżeli stosowano jako dodatek cement i od momentu zakończenia zagęszczania pasma upłynęło ponad 60 minut, to spoinę roboczą należy wykonać przez wyrównanie pionowo obciętej krawędzi i usunięcie stwardniałego, odciętego materiału. Przyległe pasmo warstwy należy wbudować po zwilżeniu wodą krawędzi wykonanego pasma. Jeśli jednak w dolnej warstwie podbudowy występują spoiny robocze, to spoiny w górnej warstwie podbudowy powinny być względem nich przesunięte o co najmniej 30 cm dla spoiny podłużnej i 1 m dla spoiny poprzecznej.

Jeśli dokumentacja projektowa przewiduje wykonanie szczelin pozornych w podbudowie, to zaleca się je wykonać przez wycięcie szczelin np. grubości 3÷5 mm na głębokość około 1/3 jej grubości w początkowej fazie twardnienia betonu, tak aby powierzchnia podbudowy była podzielona na kwadratowe lub prostokątne płyty.

Dla warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki o wytrzymałości na ściskanie R_c powyżej 10 MPa należy stosować dylatowanie poprzeczne i podłużne według ustaleń dokumentacji projektowej.

Dla warstwy podbudowy zasadniczej z mieszanki o wytrzymałości R_c przekraczającej 5 do 10 MPa należy stosować technologie przeciwspekaniowe według ustaleń dokumentacji projektowej, z zastosowaniem geosyntetyków lub membran, odpowiadających wymaganiom norm lub europejskich i krajowych aprobat technicznych.

5.8. Pielęgnacja warstwy kruszywa związanego popiołem lotnym

Warstwa kruszywa związanego popiołem lotnym powinna być natychmiast po zagęszczeniu poddana pielęgnacji według jednego z następujących sposobów:

- skropienie emulsją asfaltową lub preparatem pielęgnacyjnym, posiadającym aprobatę techniczną,
- przykrycie na okres 7 do 10 dni nieprzepuszczalną folią z tworzywa sztucznego, ułożoną na zakład co najmniej 30 cm i zabezpieczoną przed zerwaniem przez wiatr,
- innymi środkami zaakceptowanymi przez Inżyniera.

Nie należy dopuszczać ruchu pojazdów i maszyn po warstwie kruszywa związanej popiołem lotnym w okresie do 30 dni, chyba że natychmiastowy wskaźnik nośności mieszanki charakteryzuje warstwę jako

umożliwiająca prowadzenie ruchu technologicznego po warstwie.

5.9. Roboty wykończeniowe

Roboty wykończeniowe, zgodne z dokumentacją projektową, ST lub wskazaniemi Inżyniera, dotyczą prac związanych z dostosowaniem wykonanych robót do istniejących warunków terenowych, takie jak: odtworzenie przeszkód czasowo usuniętych,

- uzupełnienie zniszczonych w czasie robót istniejących elementów drogowych lub terenowych,
- roboty porządkujące otoczenie terenu robót,
- usunięcie oznakowania drogi wprowadzonego na okres robót.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w SST D-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 6.

6.2. Badania przed przystąpieniem do robót

Przed przystąpieniem do robót Wykonawca powinien:

- uzyskać wymagane dokumenty, dopuszczające wyroby budowlane do obrotu i powszechnego stosowania (np. stwierdzenie o oznakowaniu materiału znakiem CE lub znakiem budowlanym B, certyfikat zgodności, deklarację zgodności, aprobatę techniczną, ew. badania materiałów wykonane przez dostawców itp.),
- ew. wykonać własne badania właściwości materiałów przeznaczonych do wykonania robót, określone przez Inżyniera.

Wszystkie dokumenty oraz wyniki badań Wykonawca przedstawia Inżynierowi do akceptacji.

6.3. Badania w czasie robót

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów, które należy wykonać w czasie robót podaje tablica 18.

Tablica 18. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów w czasie robót

Lp.	Wyszczególnienie robót	Częstotliwość badań	Wartości dopuszczalne
1	Lokalizacja i zgodność granic terenu robót z dokumentacją projektową	1 raz	Wg pktu 5 i dokumentacji projektowej
2	Roboty przygotowawcze	Ocena ciągła	Wg pktu 5.3
3	Właściwości kruszywa	Dla każdej partii kruszywa i przy każdej zmianie kruszywa	Tablica 1
4	Właściwości wody	Dla każdego wątpliwego źródła	PN-EN 1008 i p. 2.2.10
5	Właściwości popiołu lotnego i innych składników	Dla każdej partii	wg p. 2.2.4÷2.2.10
6	Uziarnienie mieszanki	2 razy dziennie	Rys. 1 ÷ 8
7	Wilgotność mieszanki	Jw.	Wilgotność optymalna z tolerancją +10%, -20%
8	Grubość warstwy podbudowy	Jw.	Tolerancja ± 1 cm
9	Zagęszczenie warstwy mieszanki	Jw.	wg p. 5.7
10	Szczelność mieszanki	Jw.	wg p. 5.4.14
11	Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie	3 próbki dziennie	wg p. 5.4.11
12	Natychmiastowy wskaźnik nośności	wg potrzeb	wg p. 5.4.13
13	Oznaczenie mrozoodporności	Na zlecenie Inżyniera	p. 5.4.12
14	Wykonanie robót wykończeniowych	Ocena ciągła	Według punktu 5.9

6.4. Wymagania dotyczące cech geometrycznych i wytrzymałościowych podbudowy lub ulepszanego podłoża

Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów dotyczących cech geometrycznych podaje tablica 19.

Tablica 19. Częstotliwość oraz zakres badań i pomiarów wykonanej podbudowy lub ulepszanego podłoża

Lp.	Wyszczególnienie badań i	Minimalna częstotliwość	Dopuszczalne odchyłki
-----	--------------------------	-------------------------	-----------------------

	pomiarów	badan i pomiarów	
1	Szerokość	co 25m	+10 cm, -5 cm: różnice od szerokości projektowanej
2	Równość podłużna	wg RMTiGM	wg RMTiGM
3	Równość poprzeczna	wg RMTiGM	wg RMTiGM
4	Spadki poprzeczne *)	co 25m	± 0,5% dopuszczalna tolerancja od dokumentacji projektowej
5	Rzędne wysokościowe	wg RMTiGM	wg RMTiGM
6	Ukształtowanie osi w planie *)	co 25m	Przesunięcie od osi projektowanej ± 5 cm
7	Grubość podbudowy i ulepszanego podłoża	w 3 punktach, lecz nie rzadziej niż raz na 500 m ²	Różnice od grubości projekto-wanej dla: a) podbudowy zasadniczej ±10% b) podbudowy pomocniczej i podłoża ulepszanego +10%, -15%

RMTiGM). Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. nr 43, poz. 430)

7. OBMIAR ROBÓT

7.1. Ogólne zasady obmiaru robót

Ogólne zasady obmiaru robót podano w SST D-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 7.

7.2. Jednostka obmiarowa

Jednostką obmiarową jest m² (metr kwadratowy) wykonanej podbudowy i podłoża ulepszanego.

8. ODBIÓR ROBÓT

8.1. Ogólne zasady odbioru robót

Ogólne zasady odbioru robót podano w SST D-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 8. Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, ST i wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji według pktu 6 dały wyniki pozytywne.

9. PODSTAWA PŁATNOŚCI

9.1. Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności

Ogólne ustalenia dotyczące podstawy płatności podano w SST D-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 9.

9.2. Cena jednostki obmiarowej

Cena wykonania jednostki obmiarowej (1 m²) obejmuje:

- prace pomiarowe i roboty przygotowawcze,
- oznakowanie robót,
- dostarczenie materiałów i sprzętu,
- wyprodukowanie mieszanki i jej transport na miejsce wbudowania,
- dostarczenie, ustawienie, rozebranie i odwiezienie prowadnic oraz innych materiałów i urządzeń pomocniczych,
- rozłożenie i zagęszczenie mieszanki,
- ew. nacięcie szczelin i wykonanie technologii przeciwspekaniowych,
- pielęgnacja wykonanej warstwy,
- przeprowadzenie wymaganych pomiarów i badań,
- uporządkowanie terenu robót i jego otoczenia,
- roboty wykończeniowe,
- odwiezienie sprzętu.

Wszystkie roboty powinny być wykonane według wymagań dokumentacji projektowej, ST,

specyfikacji technicznej i postanowień Inżyniera.

9.3. Sposób rozliczenia robót tymczasowych i prac towarzyszących

Cena wykonania robót określonych niniejszą SST obejmuje:

- roboty tymczasowe, które są potrzebne do wykonania robót podstawowych, ale nie są przekazywane Zamawiającemu i są usuwane po wykonaniu robót podstawowych,
- prace towarzyszące, które są niezbędne do wykonania robót podstawowych, niezaliczane do robót tymczasowych, jak geodezyjne wytyczenie robót itd.

10. PRZEPISY ZWIĄZANE

10.1. Normy

- PN-EN 196-2 Metody badania cementu – Część 2: Analiza chemiczna cementu
- PN-EN 196-3 Metody badania cementu – Część 3: Oznaczanie czasów wiązania i stałości objętości
- PN-EN 196-7 Metody badania cementu – Część 7: Metody pobierania i przygotowania próbek cementu
- PN-EN 197-1 Cement – Część 1: Skład, wymagania i kryteria zgodności dotyczące cementów powszechnego użytku
- a) PN-EN 451-1 Metoda badania popiołu lotnego – Część 1: Oznaczanie zawartości wolnego tlenku wapnia oraz
- b) PN-EN 451-2 Metoda badania popiołu lotnego – Część 2: Oznaczanie mialkości przez przesiewanie na mokro
- PN-EN 933-1 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie składu ziarnowego – Metoda przesiewania
- PN-EN 933-3 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie kształtu ziarn za pomocą wskaźnika płaskości
- PN-EN 933-4 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie kształtu ziarn – Wskaźnik kształtu
- PN-EN 933-5 Badania geometrycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie procentowej zawartości ziarn o powierzchniach powstałych w wyniku przekruszenia lub łamania kruszyw grubych
- 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
- PN-EN 1097-1 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Oznaczanie odporności na ścieranie (mikro-Deval)
- PN-EN 1097-2 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie
- PN-EN 1097-6 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Część 6: Oznaczanie gęstości ziarn i nasiąkliwości
- PN-EN 1097-7 Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Część 7: Oznaczanie gęstości wypełniacza – Metoda piknometryczna
- PN-EN 1367-1 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych – Część 1: Oznaczanie mrozoodporności
- PN-EN 1367-3 Badania właściwości cieplnych i odporności kruszyw na działanie czynników atmosferycznych – Część 3: Badanie bazaltowej zgorzeli słonecznej metodą gotowania
- PN-EN 1744-1 Badania chemicznych właściwości kruszyw – Analiza chemiczna
- PN-EN 1744-3 Badania chemicznych właściwości kruszyw – Część 3: Przygotowanie wyciągów przez wymywanie kruszyw
- PN-EN 13242 Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym

- PN-EN 13286-1 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 1: Laboratoryjne metody oznaczania referencyjnej gęstości i wilgotności – Wprowadzenie, wymagania ogólne i pobieranie próbek
- PN-EN 13286-2 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 2: Metody określania gęstości i zawartości wody – Zagęszczanie metodą Proctora
- PN-EN 13286-41 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 41: Metoda oznaczania wytrzymałości na ściskanie mieszanek związanych spoiwem hydraulicznym
- PN-EN 13286-44 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 44: Metoda oznaczania wskaźnika alfa granulowanego żużla wielkopieczowego
- PN-EN 13286-47 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 47: Metoda badania do określenia kalifornijskiego wskaźnika nośności i pęcznienia liniowego
- PN-EN 13286-50 Mieszanki niezwiązane i związane spoiwem hydraulicznym – Część 50: Metoda sporządzania próbek związanych hydraulicznie za pomocą aparatu Proctora lub zagęszczania na stole wibracyjnym
- PN-EN 14227-3 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Wymagania – Część 3: Mieszanki związane popiołami lotnymi
- PN-EN 14227-4 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Wymagania – Część 4: Popioły lotne do mieszanek
- PN-EN 14227-11 Mieszanki związane hydraulicznie – Specyfikacje – Część 11: Grunty stabilizowane wapnem
- PN-EN 14227-14 Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym – Specyfikacja – Część 14: Grunty stabilizowane popiołami lotnymi

10.2. Inne dokumenty

- Mieszanki związane spoiwem hydraulicznym do dróg krajowych – WT-5 2010 Wymagania techniczne (zalecone do stosowania w specyfikacji technicznej na roboty budowlane na drogach krajowych wg zarządzenia nr 102 GDDKiA z dnia 19.11.2010 r.)
- Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz.U. nr 43, poz. 430)
- Katalog typowych konstrukcji nawierzchni podatnych i półsztywnych. Generalna Dyrekcja Dróg Publicznych – Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa 1997