

1. Wstęp

Niniejsza Specyfikacja Techniczna dotycząca nasypów lekkich z zastosowaniem keramzytu.

1.1. Przedmiot Specyfikacji

Przedmiotem niniejszej Specyfikacji są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót związanych z wykonaniem nasypów lekkich z zastosowaniem keramzytu tj. kruszywa lekkiego o gęstości nasypowej około 300 kg/m³ i o wytrzymałości na ściskanie od 0,7 do 2,0 MPa, zwanego dalej keramzytem.

1.2. Zakres stosowania Specyfikacji

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

1.3. Zakres robót objętych Specyfikacją

Ustalenia zawarte w niniejszej Specyfikacji dotyczą zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem nasypów lekkich z keramzytu i obejmują

- nasypy na autostradzie,
- nasypy na węzłach,
- nasypy na drogach o skorygowanej trasie w rejonie autostrady (drogi poprzeczne),
- nasypy na drogach publicznych.

Specyfikacja nie obejmuje robót związanych z ulepszeniem spoiwami hydraulicznymi mieszanki stabilizowanej mechanicznie wg PN-S-06102 oraz w stabilizacji cementem wg PN-S-96012. W przypadku stosowania takich robót i innych spoiw hydraulicznych należy sporządzić Specyfikację uzupełniającą.

1.4. Podstawowe określenia

Poniżej podano podstawowe określenia na potrzeby tej Specyfikacji.

- 1.4.1. Nasyp** – budowla ziemna wykonana powyżej powierzchni terenu w obrębie pasa drogowego, zbudowana z odpowiednich materiałów.
- 1.4.2. Budowla ziemna** – budowla wykonana w gruncie lub z materiałów, spełniająca warunek stateczności i odwodnienia.
- 1.4.3. Wysokość nasypu** – różnica rzędnej terenu i rzędnej robót ziemnych, wyznaczona w osi nasypu.
- 1.4.4. Nasyp niski** – nasyp, którego wysokość jest mniejsza niż 1 m.
- 1.4.5. Nasyp średni** – nasyp, którego wysokość jest w granicach od 1 do 3 m..
- 1.4.6. Nasyp wysoki** – nasyp, którego wysokość przekracza 3 m.
- 1.4.7. Materiał** – wszelkie tworzywa niezbędne do wykonania Robót posiadające świadectwo lub certyfikat zgodności z polską normą PN lub Aprobata techniczną oraz jeżeli jest to konieczne z Dokumentacją Projektową i Specyfikacjami Technicznymi na zasadzie jednostkowej certyfikacji, zaakceptowanymi przez Inżyniera.
- 1.4.8. Materiały ziarniste** – materiały o określonych właściwościach przydatne do budowy nasypu: grunty i kruszywa.
- 1.4.9. Grunt** – materiały stanowiące podłoże rodzime nasypu.
- 1.4.10. Kruszywo** – ziarnisty materiał pochodzenia mineralnego, bądź otrzymywane sztucznie. Kruszywo jest scharakteryzowane przynajmniej pochodzeniem, rodzajem surowca i uziarnieniem.
- 1.4.11. Keramzyt** - kruszywo sztuczne, które powstaje w procesie wypalania gliny w piecach obrotowych w temperaturze około 1150 °C w
- 1.4.12. Wskaźnik zagęszczenia materiału ziarnistego poza keramzytem** - wielkość charakteryzująca stan nośności zagęszczonego materiału ziarnistego po wbudowaniu w nasyp. Ocenę zagęszczenia materiału ziarnistego należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-S-02205, pkt. 3.2.11 z dokładnością 0,01 wg wzoru:

$$I_s = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}} \quad 1)$$

gdzie:

- ρ_d - gęstość objętościowa szkieletu materiału ziarnistego zagęszczonego w optymalnych warunkach po wbudowaniu w nasyp określona w zależności od wielkości maksymalnego ziarna materiału ziarnistego metodą piasku kalibrowanego lub inną sprawdzoną metodą [Mg/m³],
- ρ_{ds} - maksymalna gęstość objętościowa szkieletu materiału ziarnistego określona w warunkach laboratoryjnych wg metody Proctora wg normy PN-88/B-04481 [Mg/m³].

1.4.13. Stopień zagęszczalności keramzytu – wielkość charakteryzująca podatność na zagęszczenie keramzytu oznaczona w warunkach laboratoryjnych dla kontroli jednorodności dostawy i określona z dokładnością 0,01 wg wzoru:

$$S = \frac{\rho_{nl}}{\rho_{nz}} \quad 2)$$

gdzie:

ρ_{nl} - gęstość nasypowa keramzytu w stanie luźnym określona dla danej partii keramzytu do wbudowania, zgodnie z normą PN-77/B-06714-07 [Mg/m³],

ρ_{nz} - gęstość nasypowa keramzytu w stanie zagęszczonym, określona dla danej partii keramzytu do wbudowania, zgodnie z normą PN-77/B-06714-07 [Mg/m³].

1.4.14. Wskaźnik zagęszczenia keramzytu - praktycznie na budowie określa się z dokładnością 0,01 wg wzoru:

$$I_s = \frac{h_z}{h_l} = \frac{h_z}{\Delta h + h_z} \quad 3)$$

gdzie:

h_z - wysokość warstwy keramzytu po zagęszczeniu [cm], określona niwelacyjnie,

h_l - wysokość warstwy keramzytu przed zagęszczeniem [cm], określona niwelacyjnie,

Δh - zmiana wysokości warstwy keramzytu po zagęszczeniu [cm].

1.4.15. Wskaźnik różnoziarnistości - wielkość charakteryzująca zagęszczalność materiałów ziarnistych ujętych w tej Specyfikacji, określona z dokładnością 0,1 wg wzoru:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad 4)$$

gdzie:

d_{60} - średnica oczek sita lub długość boku sita, przez które przechodzi 60% materiału ziarnistego [mm],

d_{10} - średnica oczek sita lub długość boku sita, przez które przechodzi 10% materiału ziarnistego [mm].

1.4.16. Pozostałe określenia podstawowe są zgodne z odpowiednimi polskimi normami i z definicjami podanymi w Specyfikacji D.00.00.00. „Wymagania ogólne” pkt. 1.4.

1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

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

2. MATERIAŁY

2.1. Warunki ogólne stosowania materiałów

Warunki ogólne stosowania materiałów, ich pozyskiwania i składowania podano w Specyfikacji D.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt. 2.

2.2. Przydatność keramzytu do budowy nasypów

Akceptacja keramzytu do wykonania nasypów powinna być dokonana po przeprowadzeniu badań laboratoryjnych i zakwalifikowaniu go jako przydatnego, to jest spełniającego wymagania określone w Aprobacie Technicznej oraz dodatkowe wymagania określone w niniejszej Specyfikacji. Keramzyt przeznaczony do wbudowania w nasyp powinien uzyskać akceptację Inżyniera. Akceptacja następuje na bieżąco w czasie trwania robót ziemnych na podstawie przedkładanych przez Wykonawcę wyników badań laboratoryjnych.

Jeżeli Wykonawca wbuduje w nasyp keramzyt niezgodny z Aprobata Techniczną, to wszelkie takie części nasypu zostaną przez Wykonawcę usunięte i wykonane powtórnie z keramzytu o odpowiednich właściwościach na jego koszt.

3. SPRZĘT

3.1. Ogólne wymagania dotyczące sprzętu

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

3.2. Sprzęt do zagęszczania materiału ziarnistego obudowy brzegowej (OB), górnej warstwy nasypu (GWN), stopy nasypu (SN) lub/i ulepszenia podłoża naturalnego

Sprzęt używany do zagęszczania powinien uzyskać akceptację Inżyniera.

Wykonawca jest zobowiązany do używania jedynie takiego sprzętu, który nie spowoduje niekorzystnego wpływu na właściwości materiału ziarnistego, zarówno w miejscach jego naturalnego zalegania, jak też w czasie odpajania, transportu, wbudowania i zagęszczania.

Tablica 1. *Orientacyjne dane przy doborze sprzętu zagęszczającego*

Działanie sprzętu	Rodzaj sprzętu	Grubość warstwy, [cm]	Liczba przejazdów
Statyczne	1. walce gładkie	od 10 do 20	od 4 do 8
	2. walce okołkowane	-	-
Dynamiczne	3. walce ogumione	od 20 do 40	od 6 do 10
	4. płyty spadające	-	-
	5. szybkuuderzające ubijaki	od 20 do 40	od 2 do 4
	6. walce wibracyjne	lekkie	od 3 do 5
		średnie	od 3 do 5
		ciężkie	od 3 do 5
	7. płyty wibracyjne	lekkie	od 5 do 8
		ciężkie	od 4 do 6

Do zagęszczania obudowy brzegowej (OB), górnej warstwy nasypu (GWN), stopy nasypu (SN) lub/i ulepszenia podłoża naturalnego należy używać odpowiednio walce ogumione, walce wibracyjne, ubijaki mechaniczne. Dobór sprzętu zagęszczającego zależy od rodzaju materiału ziarnistego i grubości zagęszczanej warstwy. Dobór sprzętu zagęszczającego Wykonawca ustali i potwierdzi doświadczalnie przed przystąpieniem do wykonywania ww/ elementów nasypów. Dopuszcza się każdy inny rodzaj sprzętu zagęszczającego zaproponowany przez Wykonawcę i zaakceptowany przez Inżyniera. W tablicy 1 podano orientacyjne dane przy doborze sprzętu zagęszczającego.

3.3. Dobór sprzętu do zagęszczania keramzytu

Sprzęt używany do zagęszczania keramzytu powinien uzyskać akceptację Inżyniera. Wykonawca jest zobowiązany do używania jedynie takiego sprzętu, który nie spowoduje niekorzystnego wpływu na właściwości keramzytu, zarówno podczas transportu, wbudowania i zagęszczania.

Do zagęszczania keramzytu należy używać sprzęt zagęszczający o maksymalnym nacisku $\leq 30 \text{ kN/m}^2$. Warunkowi temu odpowiadają pojazdy gąsiennicowe. W przypadku mniejszych robót, przy obiektach mostowych i przy obiektach inżynierskich niedostępnych dla wielkogabarytowego sprzętu rozłożone keramzyt należy zagęszczać przy użyciu płyt wibracyjnych o nacisku $\leq 5 \text{ kN/m}^2$. Dobór sprzętu zagęszczającego zależy od grubości zagęszczanej warstwy i miejsca zagęszczenia w nasypie. Dobór sprzętu zagęszczającego Wykonawca ustali doświadczalnie przed przystąpieniem do wykonywania nasypów. Dopuszcza się każdy inny rodzaj sprzętu zagęszczającego zaproponowany przez Wykonawcę i zaakceptowany przez Inżyniera. W tablicy 2 podano orientacyjne dane przy doborze sprzętu.

Tablica 2. *Orientacyjne dane przy doborze sprzętu zagęszczającego*

Działanie sprzętu	Rodzaj sprzętu	Grubość warstwy, [cm]	Liczba przejazdów
Statyczne	Spycharka na podwoziu gąsiennicowym	od 50 do 90	od 2 do 4
Dynamiczne	Płyty wibracyjne	lekkie	od 2 do 4
		ciężkie	od 2 do 4

4. TRANSPORT

4.1. Ogólne wymagania dotyczące transportu

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

Wykonawca proponuje i uzasadni typ sprzętu przejeżdżającego przez obiekty inżynierskie i uzyska akceptację Inżyniera. Wykonawca przewidzi i ułoży warstwę ochronną zabezpieczającą izolację na obiektach.

4.2. Wybór środków transportu do wykonania obudowy brzegowej (OB), górnej warstwy nasypu (GWN), stopy nasypu (SN) lub/i ulepszenia podłoża naturalnego

Wybór środków transportu powinien być dostosowany do kategorii gruntu, jego objętości, technologii odspajania i załadunku oraz od odległości transportu. Wydajność środków transportu powinna być dostosowana do wydajności sprzętu używanego do wykonywania wykopów oraz sprzętu używanego do odspajania gruntu pozyskiwanego z ukopu.

4.3. Wybór środków transportu dla keramzytu

Keramzyt jako kruszywo lekkie jest dostarczany przez producenta w kontenerach w ilości 60 m³, ale może być dostarczane dowolnymi środkami transportu. Ogólnie, środki transportu dla keramzytu powinny być dostosowane do wydajności sprzętu zagęszczającego, prowadzonych robót i ich zakresu.

5. WYKONANIE ROBÓT

5.1. Ogólne zasady wykonania robót

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

5.2. Przygotowanie podłoża w obrębie podstawy nasypu

Należy zwrócić uwagę na Warunki prowadzenia Robót związanych z przygotowaniem podłoża w obrębie podstawy nasypu:

1. Podstawę przygotowania podłoża w obrębie podstawy nasypu stanowią projekt techniczny i określenia na Rysunkach w nim zawarte.

2. Warunki prowadzenia robót

Wykonawca i Inżynier jest zobowiązany zwrócić szczególną uwagę na warunki hydrogeotechniczne podłoża naturalnego. Należy zwrócić uwagę, że poziom wody gruntowej w projekcie technicznym jest określony na podstawie dostępnych najwyższych notowań uwarunkowanych opadami atmosferycznymi albo ich skutkami lub wysokimi stanami wód powierzchniowych. Projekt techniczny powinien zawierać jednoznacznie lub wariantowo określone warunki prowadzenia robót w odniesieniu do do warunków wodnych i nośności podłoża naturalnego, a szczególnie w odniesieniu do swobodnego zwierciadła wody. Warunki prowadzenia robót w projekcie technicznym powinny pozwolić na przygotowanie podłoża w obrębie podstawy nasypu; przy właściwej organizacji robót związanej z wbudowaniem warstwy lub warstw keramzytu.

Organizację robót dla zastanych i przewidywanych w okresie budowy warunków wodnych w podłożu naturalnym nasypu określa i przedstawia Wykonawca i może przystąpić do dalszych robót po akceptacji przez Inżyniera, lub w przypadkach znacznie odbiegających od projektu, również w uzgodnieniu z Inwestorem po spisaniu stosownych dokumentów budowy wymaganych w Specyfikacji D-00.00.00.

3. Warunki projektowe wykonania robót w odniesieniu do podłoża naturalnego powinny obejmować określenie rodzaju i typu geotekstyliów, które mogą być następujące:

a) Podłoże w warunkach wodnych i nośności G1 do głębokości co najmniej 0,5 m:

Możliwe jest prowadzenie robót zgodne z wymaganiami podanymi w normie PN-S-02205 „Drogi samochodowe. Roboty ziemne.”. W celu zapewnienia warunku nieprzenikania ziarn i składników podłoża do warstwy keramzytu należy dobrać odpowiednie geotekstyle przede wszystkim o właściwościach separacyjnych.

b) Podłoże w warunkach wodnych i nośności innych niż G1 i G1 o gr. mniejszej niż 0,5 m:

Jeżeli keramzyt jest stosowany na gruncie nienośnym, np. mokrej glinie, torfie, itp., to należy zastosować odpowiednie geotekstyle dla polepszenia nośności i w celu zapewnienia warunku nieprzenikania ziarn i składników podłoża do warstwy keramzytu.

c) Wymiana gruntu podłoża naturalnego do określonej głębokości:

Przy przewidzianej wymianie gruntu podłoża naturalnego, w celu kompensacji naprężeń i możliwych osiadań nasypu, należy założyć w okresie wykonywanych robót, że poziom wody gruntowej znajduje się blisko poziomu wykopu oraz typ geotkaniny jak w powyższym punkcie 3b).

Przed przystąpieniem do wykonywania nasypu należy w obrębie jego podstawy zakończyć roboty przygotowawcze, określone w Rysunkach oraz w Specyfikacjach GDDKiA:

- D.01.01.01 - Wyznaczenie trasy i punktów wysokościowych.
- D.01.02.01 - Usunięcie drzew i krzaków.
- D.01.02.02 - Zdjęcie warstwy humusu.

Przygotowanie terenu przez Wykonawcę polega na:

- wyznaczeniu zarysu skarp nasypów zgodnie z normą PN-S-02205 przy użyciu widocznych palików lub w inny sposób gwarantujący trwałość wyznaczenia trasy w okresie budowy nasypu,
- usunięciu ziemi roślinnej i humusowej, jeżeli jest to możliwe (np. na bagnach może to być nie możliwe),
- usunięciu drzew, krzewów, korzeni, które mogłyby uszkodzić geotekstylię,
- usunięciu większych kamieni, szczególnie o ostrych kantach, które mogłyby przecinać geotekstylię,
- wyrównaniu podłoża tak aby geotekstylię przylegały do niego na całej powierzchni.

Przed przystąpieniem do wykonywania nasypów Wykonawca dokona obmiaru przygotowanego terenu podłoża w obrębie podstawy nasypu, po zdjętej warstwie humusu jeżeli jego usunięcie było możliwe.

5.3. Zagęszczanie i nośność gruntów w podłożu nasypów

Jeżeli w projekcie technicznym jest przewidziane doprowadzenie nośności gruntów w podłożu nasypów do G1 i zagęszczanie, to powinno być zgodne z wymaganiami podanymi w normie PN-S-02205. Wykonawca powinien skontrolować wskaźnik zagęszczenia gruntów rodzimych, zalegających w górnej strefie podłoża nasypu, do głębokości 0,5 m od powierzchni terenu.

Jeżeli wartość wskaźnika zagęszczenia jest mniejsza niż określona w Tablicy 3, Wykonawca powinien dogęścić podłoże tak, aby powyższe wymaganie zostało spełnione lub zastosować geotekstylię również o cechach poprawiających nośność podłoża.

Tablica 3. Minimalne wartości wskaźnika zagęszczenia

Miejsce w nasypie	Minimalna wartość I_s
Górna warstwa o grubości 20 cm	1,03
Na głębokości od 20 do 50 cm od powierzchni robót ziemnych	1,00

Wskaźnik zagęszczenia wyznacza się na podstawie badań gęstości objętościowej szkieletu gruntu in situ wg PN-S-02205, pkt. 3.2.11. oraz maksymalnej zbadanej metodą Proctora wg PN-88/B-04481. Dla kontroli nośności podłoża nasypów można stosować inne metody zaakceptowane przez Inżyniera np. badanie przy użyciu płyty VSS, belki Benkelmana.

Jeżeli nie jest możliwe ich dogęszczenie, to należy podłoże wzmocnić, np. przez zastosowanie geotekstyliów, stabilizację wapnem, itp. W zależności od potrzeb Wykonawca proponuje możliwe środki i przedstawi do zaakceptowania Inżynierowi wraz z wymaganiami dla kontroli wbudowania.

Częstotliwość badań wskaźnika zagęszczenia I_s lub wg innej metody powinna wynosić 3 pomiary w przekroju poprzecznym co 50 m.

5.4. Wykonywanie nasypów

5.4.1. Zasady wykonywania nasypów lekkich z keramzytu

Nasypy powinny być wykonywane przy zachowaniu przekroju poprzecznego i profilu podłużnego, zgodnie z Rysunkami i ewentualnymi zmianami wprowadzanymi przez Inżyniera.

Przed przystąpieniem do rozkładania keramzytu Inżynier zobowiązany jest sprawdzić poprawność rozłożenia geotekstyli i jej przyleganie do podłoża szczególnie w narożnych wklęsłych. Keramzyt przywieziony w miejsce wbudowania musi być bezzwłocznie wbudowany w nasyp. Nasypy należy wykonywać metodą warstwową równomiernie na całej szerokości nasypu zgodnie z przyjętym w punkcie 1.4.12 układem warstw. Grubość warstwy keramzytu w stanie luźnym do zagęszczenia powinna być odpowiednio dobrana w zależności od od miejsca w układzie warstwowym nasypu i sprzętu używanego do zagęszczania.

Grubość warstw zostanie ustalona na próbnym odcinku w obecności Inżyniera lub jego reprezentanta. Przystąpienie do wbudowania kolejnej warstwy nasypu może nastąpić dopiero po stwierdzeniu przez Inżyniera prawidłowego wykonania i wskaźnika zagęszczenia warstwy poprzedniej, zgodnie z pkt. 5.5.3 niniejszej Specyfikacji.

5.4.2. Poszerzenie nasypów z wykorzystaniem keramzytu

Przy poszerzeniach istniejącego nasypu należy postępować zgodnie z warunkiem 1 w punkcie 5.2.

Ogólnie, z uwagi na lekkość keramzytu, konieczność stosowania geotekstyliów oraz zewnętrznej obudowy brzegowej wykonanie stopni przejściowych nie jest potrzebne; również z uwagi na bardzo dobre właściwości filtracyjne keramzytu.

5.4.3. Wykonywanie nasypów w okresie deszczów

Nie zezwala się na wbudowywanie gruntów przewilgoconych, których stan uniemożliwia osiągnięcie wymaganego wskaźnika zagęszczenia. Wykonywanie nasypów należy przerwać, jeżeli wilgotność gruntu przekracza wartość dopuszczalną, wyznaczoną w pkt. 5.5.

Na warstwie gruntu spoistego, uplastycznionego na skutek nadmiernego zawilgocenia, przed jej osuszeniem i powtórным zagęszczeniem nie wolno układać następnej warstwy gruntu.

Osuszenie można przeprowadzić w sposób mechaniczny lub chemiczny, zaakceptowany przez Inżyniera. W okresie deszczowym nie należy pozostawiać nie zagęszczonej warstwy do dnia następnego. Jeżeli warstwa gruntu niezagęszczonego uległa przewilgoceniu a Wykonawca nie jest w stanie osuszyć jej i zagęścić w czasie zaakceptowanym przez Inżyniera, to może on nakazać Wykonawcy usunięcie wadliwej warstwy.

5.4.4. Wykonywanie nasypów w niekorzystnych warunkach atmosferycznych

Nie należy wbudowywać gruntów przewilgoconych ($W > W_{opt.}$), zamrożonych i przemieszanych ze śniegiem lub lodem. Niedopuszczalne jest wykonywanie nasypów w temperaturze, przy której nie jest możliwe osiągnięcie w nasypie wymaganego wskaźnika zagęszczenia gruntów. W czasie dużych opadów śniegu wykonywanie nasypów powinno być przerwane, a przed wznowieniem prac należy usunąć śnieg z powierzchni nasypu.

5.4.5. Formowanie nasypów

Skarpom nasypu należy nadać pochylenie zgodne z Rysunkami z dokładnością podaną w pkt. 5.6.

5.5. Zagęszczenie gruntu i keramzytu

5.5.1. Warunki ogólne zagęszczenia

Każda warstwa materiału ziarnistego wg 1.4.4.(gruntu, kruszywa, mieszanki) i keramzytu jak najszybciej po jej rozłożeniu, powinna być zagęszczona z zastosowaniem sprzętu odpowiadającego dla danego rodzaju gruntu oraz występujących warunków. Kolejną warstwę można nakładać po stwierdzeniu uzyskania wymaganych parametrów już ułożonej warstwy.

Wykonawca zaproponuje typ sprzętu do zagęszczania nasypów w rejonie obiektów z uwzględnieniem punktu 3 i uzyska akceptację Inżyniera.

5.5.2. Grubość warstwy

Grubość warstwy zagęszczanego gruntu, kruszywa, mieszanki i keramzytu oraz wybór sprzętu i liczba przejść sprzętu zagęszczającego, powinna być ustalona przez Wykonawcę doświadczalnie przed przystąpieniem do wykonywania nasypów. W przypadku niezbędnym na polatku doświadczalnym dla próbnego zagęszczenia, które powinno być wykonane na wyznaczonym odcinku budowy nasypu lub w terenie zbliżonym do warunków rzeczywistego nasypu.

5.5.3. Wilgotność materiału ziarnistego

Wilgotność gruntów, kruszyw i mieszanek w czasie ich zagęszczania powinna być równa wilgotności optymalnej, oznaczonej na podstawie próby normalnej metodą wg PN-88/B-04481. Odchylenia od wilgotności optymalnej nie powinny przekraczać następujących wartości

- w gruntach, kruszywach i mieszankach niespoistych $\pm 2\%$,
- w gruntach, kruszywach i mieszankach mało i średniospoistych - $+0\%$ - 2% .

Jeżeli wilgotność gruntów, kruszyw i mieszanek przeznaczonych do zagęszczenia jest większa od wilgotności optymalnej o wartość większą od podanych odchyłeń, to grunt, kruszywo lub mieszankę należy przesuszyć w sposób naturalny lub przez zastosowanie dodatku spoiw. Gdy wilgotność jest mniejsza, to zaleca się jej zwiększenie przez polewanie wodą. Sprawdzenie wilgotności gruntu należy przeprowadzić laboratoryjnie lub w terenie. Szczególną uwagę należy poświęcić górnej warstwie nasypu (GWN) z uwagi na jej rolę w konstrukcji nasypu lekkiego z keramzytem

Wilgotność keramzytu nie ma znaczenia dla zagęszczenia.

Keramzyt może być układany w miejscach narażonych na posiąkanie wody i wypełnionych wodą, o takiej wysokości warstwy keramzytu, że ciężar keramzytu powyżej poziomu wód gruntowych pozwoli na właściwe zagęszczenie keramzytu. W przypadkach trudnych można prowadzić zagęszczenie po kilku dniach od rozkładania keramzytu z uwzględnieniem tego, że w przeciągu tygodnia ciężar objętościowy keramzytu poniżej poziomu wód gruntowych wzrośnie o około 30 %.

5.5.4. Wymagania dotyczące zagęszczenia

W zależności od stosowanych materiałów do wykonywania nasypów i ich uziarnienia, zagęszczenie gruntów, kruszyw i mieszanek określane jest na podstawie:

- wskaźnika zagęszczenia I_s ,
- modułu odkształcenia E_2 .
- albo innej metody zaakceptowanej przez Inżyniera, np. metoda belki Benkelmana.

Wskaźnik zagęszczenia I_s , oraz wtórny moduł odkształcenia E_2 określono na podstawie normy PN-S-02205, powinny na całej szerokości korpusu nasypu spełniać wymagania podane w Tablicy 4. Wymagania odnośnie wartości I_s są zgodne z normą PN-S-02205.

Tablica 4 Wymagania pod względem minimalnego zagęszczenia I_s w nasypach z keramzytu

Oznaczenie elementu nasypu z keramzytu wg rys. 2	Kategoria ruchu	Cechy zagęszczenia i nośności	
		Wskaźnik zagęszczenia	Wtórny moduł odkształcenia
K – warstwa keramzytu	KR1 ÷ KR6	$I_k = 0,90 \cdot k$	$E_2 \geq 25/k$ MPa
	Autostrady	$I_k = 0,88 \cdot k$	$E_2 \geq 25/k$ MPa
GWN – górna warstwa nasypu do głębokości h_{GWN}	KR1 i KR2	$I_s \geq 1,00$	$E_2 \geq 100$ MPa
	KR3 ÷ KR6	$I_s \geq 1,03$	$E_2 \geq 120$ MPa
	Autostrady	$I_s \geq 1,03$	$E_2 \geq 180$ MPa
OB – obudowa brzegowa		$I_s \geq 0,96$	-
SN – stopa nasypu		$I_s \geq 0,98$	$E_2 \geq 80$ MPa

k – współczynnik ustalony dla danych warunków wbudowania keramzytu

W przypadku kontroli zagęszczenia przy wykorzystaniu wskaźnika odkształcenia I_b w zależności od zastosowanego materiału ziarnistego powinien on być zgodny z normą PN-S-02205 lub wyznaczony doświadczalnie w laboratorium w cylindrze wielkowieściowym.

Jeżeli badania kontrolne wykażą, że zagęszczenie warstwy nie jest wystarczające, to Wykonawca powinien spulchnić warstwę, doprowadzić grunt do wilgotności optymalnej i powtórnie zagęścić. Jeżeli powtórne zagęszczenie nie spowoduje uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia, Wykonawca powinien usunąć warstwę i wbudować nowy materiał, o ile Inżynier nie zezwoli na ponowne próby prawidłowego zagęszczenia warstwy. Na skarpach powierzchniowa warstwa gruntu, kruszywa lub mieszanki grubości 20 cm powinna mieć wskaźnik zagęszczenia $I_s \geq 0,95$.

5.6. Dokładność wykonywania nasypów

Przy wykonywaniu nasypów obowiązują następujące wymagania:

- docelowa szerokość nasypu nie może różnić się od szerokości wymaganej o więcej niż ± 10 cm a krawędzie korony nie powinny różnić się od poziomu pokazanych na Rysunkach,
- rzędne robót ziemnych w stosunku do wymaganych nie mogą przekraczać $+1$ cm i -3 cm,

- pochylenie poprzeczne górnej powierzchni nasypu z tolerancją $\pm 1\%$,
- pochylenia skarp nasypów nie mogą różnić się od wymaganych o więcej niż $\pm 10\%$ ich wartości wyrażonej tangensem kąta,
- wybrzuszenia i wklęsnięcia skarpy nie mogą być większe niż 10 cm przy pomiarze łatą 3 m,
- spadek podłużny powierzchni korpusu ziemnego lub dna rowu, sprawdzony przez pomiar niwelatorem rzędnych wysokościowych, nie może dawać różnic, w stosunku do rzędnych wymaganych, większych niż - 3 cm lub + 1 cm.

6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

6.1. Ogólne zasady kontroli jakości robót

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

6.2. Sprawdzenie jakości wykonania nasypów z keramzytem

Sprawdzenie jakości wykonania nasypów z keramzytem polega na skontrolowaniu zgodności z wymaganiami określonymi w pkt 2, 3 i 5 niniejszej Specyfikacji oraz wymaganiami Rysunkami i poleceniami Inżyniera.

Szczególną uwagę należy zwrócić na:

- badania przydatności gruntów do budowy nasypów,
- badania prawidłowości wykonania poszczególnych warstw nasypu,
- badania zagęszczenia nasypu,
- pomiary kształtu nasypu,
- zagęszczenie należy kontrolować dla korpusu nasypu - nie mniej niż 3 pomiary co 25 m zagęszczanych warstw nasypu oraz dodatkowo w miejscach wskazanych przez Inżyniera.

7. ODBIÓR ROBÓT

Ogólne zasady odbioru robót podano w Specyfikacji D.00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt. 7.

8. NORMY I DOKUMENTY ZWIĄZANE

8.1. Normy

- | | | |
|---|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | PN-88/B-04481 | Grunty budowlane. Badania próbek gruntu. |
| 2 | PN-S-2205 | Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania. |
| 3 | PN-S-06102 | Drogi samochodowe. Podbudowa z kruszyw stabilizowanych mechanicznie |
| 4 | PN-S-96012 | Drogi samochodowe. Podbudowa i ulepszone podłoże z gruntu stabilizowanego cementem |
| 5 | PN-B-11112 | Kruszywo mineralne. Kruszywo łamane do nawierzchni drogowych |
| 6 | PN-77/B-06714-07 | Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczanie gęstości nasypowej |
| 7 | BN-64/8931-02 | Drogi samochodowe. Oznaczanie modułu odkształcania nawierzchni podatnych i podłoża przez obciążenie płyt |

8.2. Dokumenty normalizacyjne

- | | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | Rozporządzeniem Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 30 maja 2000 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogowe obiekty inżynierskie i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 63 poz. 735) |
| 3 | Katalog Typowych Konstrukcji Nawierzchni Podatnych i Półsztywnych, IBDiM, Warszawa 1997 |