

3.4.1.13 W przypadku wykonywania wykopów fundamentowych dla dwóch lub kilku konstrukcji położonych blisko siebie należy rozpoczynać roboty ziemne od wykopów dla konstrukcji głębiej posadowionej.

3.4.1.14 W przypadku wykopów o głębokości większej niż 1,25 m należy w odstępach do 20 m zapewnić wyjścia z nich przy użyciu, np. drabin lub schodków.

3.4.1.15 W przypadku, gdy przewiduje się obniżenie zwierciadła wody gruntowej poniżej dna i wykop wykonywany pod wodą stanowi wstępną fazę robót, należy go wykonać do głębokości o ok. 50 cm mniejszej niż projektowana głębokość dna i dokończyć oraz wykonać ewentualne zabezpieczenia dopiero przy obniżonym zwierciadle wody gruntowej.

3.4.1.16 W przypadku lokalizacji drogi wzdłuż wykopu, w zasięgu klina odłamu gruntu, należy przeprowadzić obliczenia z uwzględnieniem najniekorzystniejszego oddziaływania parcia gruntu przy obciążonym naziemiu na obudowę wykopu.

3.4.1.17 W przypadku wykonywania wykopów sprzętem przekazującym drgania na podłoże gruntowe należy ocenić wpływ tych drgań na istniejące konstrukcje.

3.4.1.18 Dno i skarpy lub ściany wykopów stałych należy trwale umocnić.

3.4.2 Kategorie urabialności gruntów

Grunty i skały podzielono na siedem kategorii w zależności od specyfiki i stopnia trudności urabiania w złożu.

Kategoria 1: Gleba

Wierzchnia warstwa gruntu zawierająca oprócz materiałów nieorganicznych: żwiru, piasku, pyłu, ilu, również części organiczne: próchnicę (humus) oraz organizmy żywe.

Kategoria 2: Grunty płynne

Grunty w stanie płynnym, trudno oddające wodę.

Kategoria 3: Grunty łatwo urabialne

a) grunty niespoiste i mało spoiste: grunty frakcji żwirowej lub piaskowej oraz ich mieszaniny, z domieszką do 15 % cząstek frakcji pyłowej i ilowej, zawierające mniej niż 30 % kamieni i głazów o objętości do 0,01 m³ (co odpowiada kuli o średnicy $\approx 0,30$ m),

b) grunty organiczne o małej zawartości wody, dobrze rozłożone, słabo skonsolidowane.

Kategoria 4: Grunty średnio urabialne

a) mieszaniny frakcji żwirowej, piaskowej, pyłowej i ilowej, zawierające więcej niż 15 % cząstek frakcji pyłowej i ilowej,

b) grunty spoiste o wskaźniku plastyczności $I_p \leq 15$ %, w stanie od plastycznego do półzwarłego, zawierające nie więcej niż 30 % kamieni i głazów o objętości do 0,01 m³,

c) grunty organiczne skonsolidowane ze szczątkami drzew.

Kategoria 5: Grunty trudno urabialne

a) grunty jak w kategorii 3 i 4, lecz zawierające więcej niż 30 % kamieni i głazów o objętości do 0,01 m³,

b) grunty niespoiste i spoiste zawierające mniej niż 30 % głazów o objętości od 0,01 m³ do 0,1 m³ (objętość 0,1 m³ odpowiada kuli o średnicy $\approx 0,60$ m),

c) grunty bardzo spoiste ($W_L \geq 70$ %), w stanie od plastycznego do półzwarłego ($0,50 \geq I_L \geq 0$).

Kategoria 6: Skały łatwo urabialne i porównywalne rodzaje gruntu

a) skały mające wewnętrzną cementację ziarn, lecz mocno spękane, łamliwe, kruche, łupkowate, miękkie lub zwietrzałe,

b) porównywalne grunty zwięzłe lub zestalone (np. przez wyschnięcie, zamrożenie, związanie chemiczne), spoiste lub niespoiste,

c) grunty niespoiste i spoiste zawierające więcej niż 30 % głazów o objętości od 0,01 m³ do 0,1 m³.

Kategoria 7: Skały trudno urabialne

a) skały mające wewnętrzną cementację ziarn i dużą wytrzymałość strukturalną, lecz spękane lub zwietrzałe,

b) zwięzłe, nie zwietrzałe łupki ilaste, warstwy zlepieńców, hutnicze haldy żużlowe itp.

c) głazy o objętości powyżej 0,1 m³.

3.4.3 Wymiary wykopów

3.4.3.1 Wymiary wykopów w planie powinny być dostosowane do:

- wymiarów fundamentów w planie lub średnicy przewodu,
- głębokości wykopu,

- zakresu i technologii robót, które mają być wykonywane w wykopie,
- rodzaju gruntu i sposobu zabezpieczenia ścian wykopu (obudowa, bezpieczne nachylenie skarp),
- szerokości potrzebnej przestrzeni roboczej.

3.4.3.2 Szerokość przestrzeni roboczej w wykopach obudowanych nie powinna być mniejsza niż 0,50 m, a w przypadku gdy na ścianach konstrukcji ma być wykonywana izolacja – nie mniejsza niż 0,80 m.

3.4.3.3 Minimalna szerokość dna wykopu dla przewodów podziemnych o głębokości od 1,0 m do 1,25 m bez przestrzeni roboczej powinna wynosić 0,60 m, a w przypadku układania rurociągów i drenaży co najmniej po 0,30 m z każdej strony.

3.4.4 Nienaruszalność struktury gruntu w dnie wykopu

3.4.4.1 W celu ochrony struktury gruntu w dnie wykopu należy wykonywać wykopy do głębokości mniejszej od projektowanej co najmniej o 20 cm, a w wykopach wykonywanych mechanicznie o 30 cm do 60 cm w zależności od rodzaju gruntu. Pozostawiona warstwa powinna być usunięta bezpośrednio przed wykonaniem fundamentów lub ułożeniem urządzeń instalacyjnych.

3.4.4.2 W przypadku wykonania wykopu o głębokości większej niż przewidywana, należy zastosować odpowiednie środki zapewniające wymaganą nośność podłoża w poziomie posadowienia konstrukcji (np. odpowiednio zagęszczona lub stabilizowana spoiwem podsypka piaskowo-żwirowa, albo warstwa chudego betonu).

3.4.5 Wykopy nieobudowane

3.4.5.1 Wykopy nieobudowane o ścianach pionowych

Wykopy o ścianach pionowych albo ze skarpami o nachyleniu większym od bezpiecznego, bez podparcia lub rozparcia mogą być wykonywane w skałach i w gruntach nienawodnionych, z wyjątkiem ekspansywnych ilów, gdy teren nie jest osuwiskowy i gdy przy wykopie, w pasie o szerokości równej głębokości wykopu, naziom nie jest obciążony, a głębokość wykopu nie przekracza:

- 4,0 m – w skałach litych odspajanych mechanicznie,
- 1,0 m – w rumoszach, wietrzelinach, w skałach spękanych i w nienawodnionych piaskach,
- 1,25 m – w gruntach spoistych i w mieszaninach frakcji piaskowej z ilową i pyłową o $I_p \leq 10\%$ (mało spoistych, takich jak piasek gliniasty, pyły, lessy, gliny zwałowe).

3.4.5.2 Wykopy ze skarpami o bezpiecznym nachyleniu

Wykopy ze skarpami o bezpiecznym nachyleniu należy wykonywać wówczas, gdy nie są spełnione wszystkie warunki z 3.4.5.1 i gdy nie przewiduje się podparcia lub rozparcia ścian.

Jeżeli w projekcie nie ustalono inaczej, dopuszcza się stosowanie następujących bezpiecznych nachyleń skarp wykopów tymczasowych o głębokości do 4 m:

- a) 1 : 0,5 – w ilach i mieszaninach frakcji ilowej z piaskową i pyłową, zawierających powyżej 10 % frakcji ilowej (zwięzłych i bardzo spoistych: ilach, glinach), w stanie co najmniej twardoplastycznym,
- b) 1 : 1 – w skałach spękanych i rumoszach zwietrzelinowych,
- c) 1 : 1,25 – w mieszaninach frakcji piaskowej z ilową i pyłową o $I_p \leq 10\%$ (mało spoistych, jak piasek gliniasty, pyły, lessy, gliny zwałowe) oraz w rumoszach zwietrzelinowych zawierających powyżej 2 % frakcji ilowej (gliniastych),
- d) 1 : 1,5 – w gruntach niespoistych oraz w gruntach spoistych w stanie plastycznym.

Nachylenie skarp wykopu o głębokości większej niż 4 m należy przyjmować na podstawie obliczeń stateczności skarpy.

W przypadku wykopów ze skarpami o bezpiecznym nachyleniu powinny być spełnione następujące wymagania:

- w pasie przylegającym do górnej krawędzi skarpy, o szerokości równej trzykrotnej głębokości wykopu, powierzchnia terenu powinna mieć spadki umożliwiające łatwy odpływ wody opadowej od krawędzi wykopu,
- podnóże skarpy wykopów w gruntach spoistych powinno być zabezpieczone przed rozmoczeniem wodami opadowymi przez wykonanie w dnie wykopu, przy skarpie, spadku w kierunku środka wykopu,
- naruszenie stanu naturalnego gruntu na powierzchni skarpy, np. rozmycie przez wody opadowe, powinno być usuwane z zachowaniem bezpiecznych nachyleń w każdym punkcie skarpy,
- stan skarp należy okresowo sprawdzać w zależności od występowania czynników działających destrukcyjnie (opady, mróz itp.).

Nachylenie skarp wykopów stałych nie powinno być większe niż:

- 1 : 1,5 – przy głębokości wykopu do 2 m,
- 1 : 1,75 – przy głębokości wykopu od 2 m do 4 m,
- 1 : 2 – przy głębokości wykopu od 4 m do 6 m.

Większe nachylenie skarp należy uzasadnić obliczeniami stateczności.

Stateczność skarp i dna wykopu głębszego niż 6 m zawsze powinna być sprawdzona obliczeniowo.

3.4.6 Wykopy obudowane

3.4.6.1 Jeśli nie są spełnione warunki podane w p. 3.4.5, to ściany wykopów należy zabezpieczyć przed osunięciem się gruntu obudową z podparciem lub rozparciem. Należy przy tym uwzględnić wszystkie możliwe oddziaływania i wpływy, które mogą naruszyć stateczność ścian wykopu i ich obudowy.

3.4.6.2 Przy wykonywaniu wykopów obudowanych (podpartych lub rozpartych) powinny być zachowane następujące wymagania:

- górne krawędzie elementów przyściennych powinny wystawać ponad teren co najmniej na 10 cm dla ochrony przed wpadaniem do wykopu gruntu lub innych przedmiotów,
- rozpory powinny być trwale umocowane w sposób uniemożliwiający ich spadnięcie,
- powinny być zapewnione odpowiednio przystosowane awaryjne wyjścia z dna wykopu,
- w każdej fazie robót pracownicy powinni znajdować się w obudowanej części wykopu,
- w razie potrzeby dokonywania pośredniego przerzutu urobku należy w pionie zbudować pomosty.

3.4.6.3 Stateczność obudowy musi być zapewniona w każdym stadium robót, od rozpoczęcia wykopu i konstruowania obudowy do osiągnięcia projektowanego dna wykopu, a następnie do całkowitego zapełnienia wykopu i usunięcia obudowy.

3.4.7 Składowanie ukopanego gruntu

3.4.7.1 Ukopany grunt powinien być niezwłocznie przetransportowany na miejsce przeznaczenia lub na odkład przewidziany do zasypywania wykopu po jego zabudowaniu.

3.4.7.2 Składowanie ukopanego gruntu bezpośrednio przy wykonywanym wykopie jest dozwolone tylko w przypadku wykopu obudowanego, gdy obudowa została obliczona na dodatkowe obciążenie odkładem gruntu.

3.4.7.3 Odkłady gruntu powinny być wykonywane w postaci nasypów o wysokości do 2 m, o nachyleniu skarp 1:1,5 i spadku korony 2 do 5 %.

3.4.8 Zabezpieczanie skarp wykopów stałych

W przypadku wykopów stałych należy zapewnić:

- stałe odwodnienie wykopu,
- zabezpieczenie przed rozmyciem terenu u podnóża i ponad skarpą w pasie o szerokości równej głębokości wykopu, jeśli projekt nie przewiduje inaczej,
- zabezpieczenie skarp przed erozją.

3.4.9 Zasypywanie wykopów

3.4.9.1 Jeśli w projekcie nie ustalono inaczej, zaleca się zasypać wykop gruntem uprzednio wydobytym z tego wykopu; materiał zasypki nie powinien być zmarznięty ani zawierać zanieczyszczeń (np. torfu, darniny, korzeni, odpadków budowlanych itp. materiałów).

3.4.9.2 Zasypywanie wykopu należy wykonywać warstwami, które po ułożeniu powinny być zagęszczane; miąższość warstw zasypki powinna być wybrana w zależności od przyjętej metody zagęszczania.

3.4.9.3 Nasypywanie warstw gruntu i ich zagęszczanie w pobliżu ścian obiektów powinno być dokonywane w taki sposób, aby nie spowodowało uszkodzenia ścian lub izolacji wodochronnej albo przeciwwilgociowej, jeśli taka została wykonana.

3.4.9.4 Jeżeli w zasypywanym wykopie znajduje się przewód lub rurociąg, to użyty materiał i sposób zasypywania nie powinien spowodować uszkodzenia lub przemieszczenia przewodu ani uszkodzenia izolacji (wodochronnej, przeciwwilgociowej, cieplnej).

3.4.10 Rozbiórka obudowy ścian wykopów

3.4.10.1 Rozbiórka obudowy ścian lub skarp wykopów powinna być przeprowadzana etapowo, w miarę zasypywania wykopu, poczynając od dna.

3.4.10.2 Obudowę ścian wykopów można usunąć za każdym razem na wysokość nie większą niż:

- 0,5 m – z wykopów w gruntach spoistych,
- 0,3 m – z wykopów w innych gruntach.

3.4.10.3 Pozostawienie obudowy w gruncie jest dopuszczalne tylko w przypadku braku technicznych możliwości jej usunięcia lub wtedy, gdy wydobywa-

nie elementów obudowy zagraża bezpieczeństwu pracy albo konstrukcji wykonywanego lub sąsiedniego obiektu.

3.5 Nasypy

3.5.1 Ogólne zasady budowy nasypów

3.5.1.1 Materiał w nasypie należy układać i zagęszczać warstwami.

3.5.1.2 Poszczególne warstwy materiału w nasypie powinny mieć stałą miąższość na całej szerokości, jeśli to możliwe.

3.5.1.3 Warstwy materiału powinny być układane w zasadzie poziomo. Jednak w celu ułatwienia odprowadzenia wód opadowych warstwy z gruntów spoiстых o małej przepuszczalności ($k_{10} \leq 10^{-5}$ m/s) powinny mieć nachylenie górnej powierzchni w kierunku podłużnym do 10 %, a w kierunku poprzecznym około 4 do 5 %.

3.5.1.4 Miąższość warstw nasypu należy ustalać w zależności od rodzaju materiału, od wymaganego zagęszczenia oraz od rodzaju sprzętu zagęszczającego, zgodnie z 3.5.5.

3.5.1.5 Każda wykonana warstwa nasypu musi być poddana procedurze odbioru częściowego. Następna, wyżej położona warstwa może być układana dopiero po osiągnięciu wymaganego zagęszczenia warstwy poprzedniej, potwierdzonym w trakcie odbioru.

3.5.1.6 W kształcie nasypu: nachyleniu i liniach skarp oraz szerokości i rzędnych korony, należy uwzględnić poprawki na osiadanie podłoża i korpusu nasypu.

3.5.1.7 Jeśli dopuszcza się wykonanie nasypu z różnych materiałów, lecz projekt nie określa miejsca ich wbudowania, należy przestrzegać warunków podanych w 3.5.3.

3.5.1.8 Grunty spoiyste na skarpach i na koronie nasypu powinny być przykryte warstwą ochronną z gruntów sypkich o grubości nie mniejszej niż 0,5 m.

3.5.1.9 Jeżeli w układanym materiale znajdują się głazy, kamienie albo bryły gruntu, to należy je tak rozmieścić w nasypie, aby nie powodowały powstawania szkodliwych pustek.

3.5.1.10 Nasypy należy zagęszczać od zewnątrz ku środkowi.

3.5.1.11 Materiały, a szczególnie grunty spoiyste, należy zagęszczać bezpośrednio po ułożeniu warstwy.

3.5.1.12 Gdy po zagęszczeniu gruntów spoiстых otrzymuje się gładką powierzchnię warstwy (np. przy

zastosowaniu walców gładkich), należy ją na krótko przed ułożeniem warstwy następnej spulchnić na głębokość około 5 cm i, ewentualnie, zrosić wodą w celu lepszego połączenia warstw.

3.5.1.13 W przypadku gdy nadmierne zagęszczenie nasypu nie jest dopuszczalne, musi być ustalona górna granica zagęszczenia.

3.5.1.14 Urządzenia odwadniające podłoże grunto-we powinny zapewniać poprawienie warunków wykonania nasypu (np. przez wykonanie rowów opaskowych oraz rowów poprzecznych w podłożu pod nasypem) oraz warunków pracy podłoża w czasie eksploatacji nasypu.

3.5.1.15 Należy zapobiegać przedostawaniu się wody w głąb nasypu przez wykonanie np. rowów bocznych, oddzielonych od podnóża skarpy ochronną odsadzką gruntu, oraz przez odpowiednie ukształtowanie podłoża.

3.5.1.16 Jeżeli przewiduje się umieszczenie w nasypie konstrukcji i urządzeń, to powinny one być wykonane wcześniej niż nasyp, chyba że w projekcie ustalono inaczej.

3.5.1.17 Zagłębienia powierzchni terenu w miejscu posadowienia nasypu lub konstrukcji należy wypełnić odpowiednim gruntem tak zagęszczonym, aby miał takie same właściwości jak grunt przyległy.

3.5.1.18 Jeżeli to konieczne, wierzchnią warstwę podłoża nasypu należy zagęścić według wymagań dla nasypu, a następnie powierzchniowo (na głębokość od 5 cm do 10 cm) spulchnić w celu lepszego związania z nasypem.

3.5.1.19 Grunty słabe (np. torfy, namuły organiczne itp.) i glebę, zalegające w podłożu nasypu, jeśli w projekcie nie ustalono inaczej, należy usunąć i zastąpić nasypem z odpowiedniego materiału.

3.5.1.20 Jeśli obecność słabych gruntów ujawniono dopiero w fazie wykonywania robót ziemnych, roboty należy przerwać do czasu ustalenia sposobu dalszego postępowania.

3.5.1.21 Jeśli projekt przewiduje pozostawienie gruntów słabych w podłożu nasypu, należy wykonać odpowiednie zabiegi, zapewniające wymaganą nośność podłoża.

3.5.1.22 Gdy w podłożu nasypu występują grunty wysadzinowe, należy postępować zgodnie z 3.1.8.

3.5.1.23 Urządzenia pomiarowe, które zostały wbudowane w nasyp w celu obserwacji osiadania, przesunięć itp. należy chronić przed uszkodzeniem i zmianą położenia.

3.5.1.24 W przypadku wbudowywania gruntów o bardzo zróżnicowanym uziarnieniu należy zapobiegać ich rozsegregowaniu się podczas wyładowywania ze środków transportowych. Rozsegregowany materiał nie może być wbudowany w strefy styku z innymi gruntami, z podłożem oraz konstrukcjami betonowymi.

3.5.2 Dobór materiałów na nasyp

3.5.2.1 Do budowy nasypów należy stosować materiały ziarniste o możliwie najbardziej zróżnicowanym uziarnieniu. Można stosować:

- grunty ziarniste,
- grunty spoiste i organiczne,
- materiały przemysłowe i odpadowe.

Bez ograniczeń można stosować grunty z twardych gatunków skał: głązy, kamienie oraz żwiry, piaski i piaski gliniaste.

Grunty spoiste i organiczne oraz materiały przemysłowe, takie jak lekkie kruszywa, lub odpadowe, takie jak selekcionowane odpady z kopalni węgla i sproszkowane popioły z elektrowni, można stosować w określonych warunkach, przy spełnieniu specjalnych wymagań ustanowionych dla tych materiałów.

3.5.2.2 Wymiar ziarn gruntu stosowanego do budowy korpusu nasypu w zasadzie nie powinien przekraczać 200 mm. Stosowanie gruntów o wymiarze ziarn do 500 mm dopuszcza się pod warunkiem wypełnienia przestrzeni między nimi gruntem o drobniejszym uziarnieniu.

W dolnej części nasypu mogą być pozostawione pojedyncze głązy i bloki skalne o wymiarach większych niż 500 mm, gdy miąższość warstwy nasypu ponad nimi wynosi co najmniej 2 m i gdy możliwe jest zagęszczenie gruntu wypełniającego pustą przestrzeń między nimi. Należy wówczas ustalić specjalne zabiegi umożliwiające zagęszczenie gruntu.

3.5.2.3 Jeśli miejscowe materiały w stanie naturalnym nie są odpowiednie do budowy nasypu, należy rozważyć możliwość polepszenia ich właściwości i zagęszczalności.

3.5.2.4 Do wykonania nasypów nie należy stosować bez specjalnych zabiegów:

- gruntów pęczniących i rozpuszczalnych w wodzie,
- ilów i glin zwięzłych o granicy płynności w_L powyżej 65 %,
- gruntów z domieszkami rozpuszczalnymi w wodzie,

- gruntów zanieczyszczonych (zawierających odpady, gruz, części roślinne, karcze drzew, śnieg, lód lub torf itp.),
- gruntów zamarzniętych.

3.5.2.5 Grunty organiczne (namuły, torfy, gytie) i materiały o gęstości objętościowej szkieletu gruntuowego poniżej $1,6 \text{ g/cm}^3$ można stosować tylko w szczególnych przypadkach, np. do budowy nasypów na słabych gruntach.

3.5.2.6 W przypadku, gdy w projekcie nie określono rodzaju materiałów do budowy nasypu, można posługiwać się informacjami podanymi w załączniku A.

3.5.3 Rozmieszczenie gruntów w nasypie

3.5.3.1 Rozmieszczenie gruntów w nasypie zależy od przeznaczenia i funkcji nasypu, warunków terenowych i klimatycznych, możliwości wyboru materiałów oraz od innych ewentualnych czynników.

3.5.3.2 Gdy projekt nie określa rozmieszczenia różnych gruntów w nasypie, należy przestrzegać następujących reguł:

- do głębokości przemarzania nasypu zaleca się stosowanie gruntów niewysadzinowych (grunty wątpliwe pod tym względem można stosować tylko w korzystnych warunkach wodnych),
- grunty spoiste o wilgotności naturalnej bliskiej wilgotności optymalnej, które nie wymagają dodatkowych zabiegów w celu uzyskania wymaganego wskaźnika zagęszczenia, można wbudowywać na dowolnym poziomie nasypu, ale zaleca się wbudowywanie ich poniżej głębokości przemarzania,
- grunty o różnych właściwościach, jeśli to możliwe, powinny być układane jednolitymi warstwami na całej szerokości nasypu,
- jeśli warstwy nie są jednolite, to grunty mniej przepuszczalne powinny być układane w środkowej części nasypu, a grunty bardziej przepuszczalne bliżej skarp,
- w celu zapewnienia odpływu wody przez skarpy, warstwy gruntów bardziej przepuszczalnych powinny być układane poziomo na całej szerokości nasypu,
- skład jednolitych warstw w nasypach z różnych materiałów należy tak ustalać, aby nie dochodziło do mieszania gruntów, jeśli to jest niepożądane; warstwy gruntów o różnych właściwościach, które nie powinny się ze sobą mieszać, należy oddzielić,
- grunty ułożone obok siebie w nasypie powinny mieć takie uziarnienie, aby na skutek filtracji nie powstawały kawerny lub rozmycia,

– grunty znajdujące się w nasypie nie powinny tworzyć soczewek, gniazd lub warstw ułatwiających poślizg bądź filtrację wody; aby uniknąć powstawania w nasypie gniazd i soczewek gruntowych bardziej nawodnionych i zatrzymujących wodę, nie należy dopuszczać do przemieszczania się w bryle nasypu gruntów o różnej przepuszczalności.

3.5.4 Dobór technologii układania i zagęszczania nasypu

3.5.4.1 Procedury układania i zagęszczania nasypu powinny zapewniać stateczność nasypu podczas całego okresu budowy i nie wywierać niekorzystnego wpływu na naturalne podłoże pod nasypem bądź na konstrukcje i urządzenia umieszczone w nasypie.

3.5.4.2 Kryteria zagęszczenia należy ustalać dla każdej strefy lub warstwy, w zależności od przeznaczenia nasypu i wymagań co do jego zachowania.

3.5.4.3 W celu opracowania właściwej procedury zagęszczania i ustalenia kryteriów kontroli należy wykonywać próbne zagęszczanie (próbny test polowy zagęszczania) z użyciem materiału, który ma być zastosowany, oraz sprzętu, którym materiał będzie zagęszczany w nasypie.

3.5.5 Zagęszczanie nasypów

3.5.5.1 Przy zagęszczaniu nasypów należy przestrzegać następujących zasad:

- każda warstwa materiału w nasypach lub zasypkach powinna być zagęszczona mechanicznie lub ręcznie;
- ułożona warstwa powinna być równomiernie zagęszczona na całej szerokości nasypu, przy czym liczba przejazdów maszyn zagęszczających powinna zapewnić wymagane zagęszczenie; ślady przejazdu maszyny zagęszczającej powinny pokrywać na szerokości do 25 cm ślady poprzednie;
- miąższość warstwy zagęszczanego materiału zaleca się ustalać doświadczalnie, na podstawie próbnego zagęszczania;
- miąższość warstwy gruntu przy zagęszczaniu ręcznym nie powinna być większa niż 15 cm;
- zagęszczenie materiału ocenia się na podstawie wskaźnika zagęszczenia I_s lub stopnia zagęszczenia I_D (w przypadku gruntów niespoistych), modułów odkształcenia (w przypadku gruntu zawierającego kamienie) bądź innych wybranych parametrów;

f) wymaganą wartość parametru zagęszczenia należy ustalać w zależności od przeznaczenia nasypu, poziomu zalegania warstwy gruntu w nasypie i możliwości prowadzenia kontroli zagęszczenia;

g) zagęszczanie warstwy gruntu powinno być dokonywane możliwie szybko, tak aby nie nastąpiło nadmierne przesuszenie lub nawilgocenie gruntu;

h) czas pomiędzy zakończeniem procesu zagęszczania warstwy gruntu spoistego a ułożeniem warstwy następnej powinien być jak najkrótszy. Gdy ten warunek nie może być spełniony, zagęszczoną warstwę gruntu należy zabezpieczyć przed wpływami atmosferycznymi;

i) w czasie opadów atmosferycznych zagęszczanie gruntów należy przerwać.

3.5.5.2 Wilgotność gruntu w czasie zagęszczania powinna być zbliżona do wilgotności optymalnej.

Zaleca się, aby wilgotność gruntów spoistych wynosiła $w_n = w_{opt} \pm 2\%$, z wyjątkiem gliniastych pospółek, żwirów i rumoszy, dla których zaleca się $w_n \geq 0,7 w_{opt}$ (górna granica wilgotności zależy od rodzaju maszyn zagęszczających).

W przypadku gdy grunt spoisty ma wilgotność naturalną znacznie wyższą lub niższą od dopuszczalnej, przed wbudowaniem należy go przesuszyć na odkładzie lub nawilżyć przez zraszanie wodą.

3.5.5.3 Podczas wykonywania nasypu powinna być przestrzegana równomierność zagęszczenia każdej warstwy gruntu.

3.5.5.4 Wskaźnik zagęszczenia nasypów, na których mają być posadowione fundamenty konstrukcji, nie powinien być mniejszy niż 0,97. Należy też wykluczyć wystąpienie nadmiernych różnic osiadań w obrębie nasypu.

3.5.5.5 Przy wstępnym ustalaniu miąższości warstw i liczby przejazdów maszyny zagęszczającej można korzystać z informacji podanych w załączniku B.

3.6 Zabezpieczenie budowli ziemnych i robót

3.6.1 Budowle ziemne należy trwale zabezpieczyć. Skarpy oraz dno wykopu lub koronę nasypu należy umocnić bezpośrednio po wykonaniu. Umocnienie można wykonywać odcinkami.

3.6.2 W przypadku gdy trwałe zabezpieczenie nie jest od razu możliwe, do chwili wykonania właściwego umocnienia należy tymczasowo zabezpieczyć skarpy oraz dno wykopów lub koronę nasypów przed

działaniem wpływów atmosferycznych oraz przed uszkodzeniami mechanicznymi. Dotyczy to również dłuższych przerw roboczych.

3.6.3 W przypadku uszkodzenia warstwy, gdy zabezpieczenia nie wykonano lub okazało się ono mało skuteczne, należy ją usunąć.

3.6.4 Po długiej przerwie roboczej przed wykonaniem umocnień konieczne jest sprawdzenie jakości nasypu i przywrócenie mu stanu i wymiarów zgodnych z projektem.

3.7 Roboty ziemne w okresie mrozów

3.7.1 W okresie mrozów można wykonywać tylko nasypy z gruntów niespoistych, przy zachowaniu warunków specjalnych, determinujących prawidłowe wykonanie nasypu o wymaganym zagęszczeniu.

3.7.2 W okresie mrozów grunt należy odspajać w sposób ciągły, aby nie przemarzał. W przypadkach dłuższych przerw (ponad 2 h) odsłonięte powierzchnie robocze powinny być przykryte odpowiednim materiałem ochronnym lub pozostawioną albo nasypaną warstwą spulchnionego gruntu.

3.7.3 Teren, na którym przewiduje się wykonanie wykopów w okresie mrozów, powinien być zabezpieczony przed przemarzaniem.

3.7.4 W okresie mrozów nie powinno być wykonywane wyrównanie skarp i dna wykopu w gruntach spoistych.

4 Tolerancje geometryczne

4.1 Tolerancje projektowanych wymiarów liniowych oraz rzędnych dla robót i budowli ziemnych powinny być określone w projekcie.

4.2 Jeśli projekt nie zawiera tego rodzaju danych, to odchylenia od wartości projektowanych nie powinny być większe niż:

$\pm 0,02 \%$	dla spadków terenu,
$\pm 0,05 \%$	dla spadków rowów odwadniających,
$\pm 4 \text{ cm}$	dla rzędnych w siatce kwadratów $40 \text{ m} \times 40 \text{ m}$,
$\pm 5 \text{ cm}$	dla rzędnych dna wykopu fundamentowego,
$\pm 3 \text{ cm}$	dla rzędnych dna wykopu dla rurociągów w gruntach spoistych,
$\pm 5 \text{ cm}$	dla rzędnych dna wykopu dla rurociągów w gruntach wymagających wzmocnienia,

$\pm 2 \div 5 \text{ cm}$	dla rzędnych korony nasypu budowlanego,
$\pm 5 \text{ cm}$	dla wymiarów w planie wykopów rozpartych i dla pozostałych wykopów o szerokości dna poniżej $1,5 \text{ m}$,
$\pm 15 \text{ cm}$	dla wymiarów w planie wykopów o szerokości dna większej niż $1,5 \text{ m}$,
$\pm 5 \text{ cm}$	dla odległości krawędzi dna od ustalonej w planie osi wykopów dla przewodów podziemnych,
$+ 10 \text{ cm}$	dla wymiarów w pionie wykopów dla przewodów podziemnych,
$\pm 10 \%$	dla nachylenia skarp wykopów fundamentowych,
$+ 5 \%$	dla nachylenia skarp wykopów dla przewodów podziemnych,
$+ 10 \%$	dla nachylenia skarp stałego odkładu,
$\pm 5 \text{ cm}$	dla szerokości korony nasypu budowlanego,
$\pm 15 \text{ cm}$	dla szerokości podstawy nasypu budowlanego.

5 Kontrola i badania robót ziemnych

5.1 Kontrolne badania geotechniczne

5.1.1 Badania podłoża gruntowego

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy zwerifikować rozpoznanie geotechniczne podłoża gruntowego w celu określenia rodzaju i miąższości warstw gruntów zalegających w miejscu robót ziemnych oraz ustalenia rzeczywistych warunków wodno-gruntowych w podłożu w momencie rozpoczynania robót.

Wyniki kontrolnych badań podłoża gruntowego należy porównać z dokumentacją geotechniczną, która stanowiła podstawę projektu budowlanego i projektu robót ziemnych, i z projektem robót ziemnych.

5.1.2 Badania gruntów w wykopach

Badania gruntów w wykopach powinny być wykonywane w celu sprawdzenia zgodności rzeczywistego rodzaju i stanu gruntu z przyjętymi w projekcie, a także, jeśli to potrzebne, dla oceny zagęszczenia gruntu w dnie i skarpach wykopu.

Zakres badań gruntów w dnie wykopu zależy od rodzaju, rozmiarów i kategorii geotechnicznej budowli ziemnej lub konstrukcji, która ma być posadowiona w wykopie.

5.1.3 Badania zagęszczenia nasypów

Zagęszczenie należy badać na podstawie pomiarów gęstości objętościowej szkieletu gruntowego i, jeśli wymaga tego projekt, pomiarów wilgotności lub na podstawie pomiarów takich właściwości, jak opór penetracji, moduł odkształcenia itp. (pomiaru mogą być niemiarodajne do oceny zagęszczenia gruntów spoistych).

Wartości maksymalnej gęstości objętościowej szkieletu gruntowego oraz wilgotności optymalnej zaleca się oznaczać metodą I i II według PN-88/B-04481.

Wartości wtórnych modułów odkształcenia należy oznaczać przy powtórnym obciążeniu statycznym płytą. Jako dodatkowe kryterium oceny wymaganego zagęszczenia można przyjmować wartość stosunku modułów odkształcenia wtórnego do odkształcenia pierwotnego.

W przypadku niektórych mieszanek materiałów (np. nasypów skalnych lub nasypów zawierających dużą ilość głazów i kamieni, dla których użycie metody Proctora do testowania zagęszczenia nie jest odpowiednie) i niektórych procedur zagęszczania, badania po zagęszczeniu można przeprowadzić metodami sejsmicznymi lub zastąpić sprawdzeniem czy zagęszczenie przeprowadzono zgodnie z procedurą ustaloną na podstawie próbnego zagęszczania lub porównywalnego doświadczenia albo czy dodatkowe osiadanie, spowodowane dodatkowym przejściem sprzętu zagęszczającego, jest mniejsze niż określona wartość.

5.1.4 Badania specjalne

W celu sprawdzenia stanu i prawidłowości zachowania budowli ziemnej w czasie jej wykonywania, w zależności od potrzeby powinny być prowadzone pomiary zwierciadła wody gruntowej w podłożu gruntowym i pomiary ciśnienia wody w porach gruntu, badania parametrów wytrzymałościowych gruntów, pomiary osiadania lub przemieszczeń poziomych podłoża i nasypu itp.

Zakres i sposób prowadzenia pomiarów powinien być określony w projekcie.

5.2 Kontrola wykonania robót ziemnych

5.2.1 Sprawdzenie dokumentacji technicznej

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy sprawdzić dokumentację techniczną i stwierdzić, czy na jej podstawie można wykonać projektowane roboty ziemne lub budowlę ziemną.

5.2.2 Kontrola robót przygotowawczych

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy sprawdzić, czy prace przygotowawcze zostały wykonane zgodnie z projektem i wymaganiami podanymi w 3.2.

5.2.3 Kontrola wykonania wykopów i ukopów

Należy sprawdzić zgodność wykonania wykopów i ukopów z projektem i wymaganiami podanymi w 3.4, ze szczególnym zwróceniem uwagi na:

- zabezpieczenie skarp wykopów,
- obudowę ścian wykopów,
- prawidłowość odwodnienia wykopu,
- dokładność wykonania wykopu (usytuowanie, wykończenie, wymiary, rzędne, naruszenie naturalnej struktury gruntu w dnie wykopu itp.).

W przypadku sprawdzania ukopu należy ocenić:

- zgodność rodzaju gruntu w ukopie z dokumentacją geotechniczną,
- stan równowagi skarp i zboczy,
- stan odwodnienia,
- uporządkowanie terenu wokół ukopu.

5.2.4 Kontrola materiałów w złożu

Przed przystąpieniem do budowy nasypu należy przeprowadzić kontrolne badania złóż, z których materiały mają być pobierane.

Badania powinny być przeprowadzone co najmniej 1 raz w każdej partii materiału pochodzącej z nowego źródła i nie rzadziej niż raz na każde 1 000 m³ objętości materiału. Próbkę do badań należy wybierać na podstawie oceny wizualnej i analizy makroskopowej.

5.2.5 Kontrola wykonania nasypów

Należy sprawdzić zgodność wykonania nasypów z projektem i z wymaganiami podanymi w 3.5, a przede wszystkim:

- jakość materiałów wbudowanych w nasyp i ich przydatność do wykonania nasypu,
- prawidłowość rozmieszczenia poszczególnych gruntów w nasypie,
- prawidłowość wykonania poszczególnych warstw gruntu: jakość i dokładność zagęszczania oraz odwodnienie poszczególnych warstw,
- dokładność wykonania nasypu.