

**REMONT ISTNIEJĄCEGO BUDYNKU ŚWIETLICY WIEJSKIEJ  
W MIELESZKACH GM. GRÓDEK**

**Mieleszki 25 gm. Gródek , dz. Nr geodez. 340**

**Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych**

**ST – 01 ROBOTY BUDOWLANE  
ST-01/2 ROBOTY ZIEMNE**

**Rodzaje robót według Wspólnego Słownika Zamówień (CPV)**

45111000-8 Roboty w zakresie burzenia, roboty ziemne  
45111291-4 Roboty w zakresie zagospodarowania terenu  
45215500-2 Obiekty użyteczności społecznej

**Pozycje przedmiaru robót:**

poz. 1, 2, 70, 71

## **A. PRZEDMIOT ST**

Przedmiotem S.T. są wymagania dotyczące wykonania i odbioru robót w zakresie robót ziemnych dla zadania pod nazwą: REMONT ISTNIEJĄCEGO BUDYNKU ŚWIETLICZY WIEJSKIEJ W MIELESZKACH GM. GRÓDEK Specyfikacja Techniczna stanowi dokument pomocniczy przy realizacji i odbiorze robót.

## **B. ZAKRES ROBÓT**

- Wykonanie wykopów pod fundamenty budynku projektowanego.
- Usunięcie ziemi z budynku i z zewnątrz, oczyszczanie dna wykopów
- Zasypanie wykopów z ubijaniem
- Wykonanie pochylni, podjazdów.
- Zagospodarowanie terenu.
- Wywóz ziemi samochodami samowyladowczymi

## **A. MATERIAŁY**

Ziemia pochodząca z wykopów, piaski, żwiry, pospółki.

## **B. SPRZĘT**

Poziomice, łopaty i szpadle, zagęszczarki do gruntów, taczki, koparka.

## **C. TRANSPORT**

Samochód ciężarowy, rozładunek ręczny, dźwig pionowy, transport ręczny.

## **D. WYKONANIE ROBÓT**

Prace ziemne należy wykonywać ze szczególną ostrożnością i zabezpieczeniami. Prace należy kontynuować w koordynacji z robotami betonowymi i żelbetowymi oraz robotami izolacyjnymi oraz branżowymi. W skład robót ziemnych wchodzi wykopu związane z pracami fundamentowymi oraz wykonaniem fundamentów dla budynku istniejącego (segment B)

### **I. Zalecenia ogólne**

- Wykopy należy wykonać jako wykopy otwarte. Metody wykonania robót (ręcznie lub mechanicznie) powinny być dostosowane do głębokości wykopu, danych geotechnicznych, ustaleń instytucji uzgadniających oraz posiadanego sprzętu mechanicznego.
- W rejonie istniejącego uzbrojenia podziemnego roboty ziemne należy wykonywać sposobem ręcznym.

- Ziemię z wykopów w ilości przewidzianej do ponownego wykorzystania (zasyp wykopów) należy składować wzdłuż wykopu lub na składowiskach tymczasowych zależnie od zagospodarowania terenu.
- Nadmiar wydobytego gruntu z wykopu, który nie będzie użyty do zasypania, powinien być wywieziony przez Wykonawcę na odkład.
- Zagęszczenie gruntu w zasypanych wykopach powinno spełniać wymagania dotyczące wartości wskaźnika zagęszczenia ( $I_s$ ) 0,97-1,0.
- W czasie robót ziemnych należy uwzględnić ewentualny wpływ kolejności i sposobu odspajania gruntów oraz terminów wykonywania innych robót na spełnienie wymagań dotyczących prawidłowego odwodnienia wykopu w czasie postępu robót ziemnych. Źródła wody, odsłonięte przy wykonywaniu wykopów, należy ująć w rowy i/lub dreny. Wody opadowe i gruntowe należy odprowadzić poza teren robót ziemnych.
- wywóz ziemi samochodami samowyładowczymi na odległość > 10 km,
- zasypanie (podsypka) wykopów z ubijaniem warstwami 30-40 cm.

Roboty ziemne powinny być prowadzone na podstawie projektu, określającego położenie instalacji i urządzeń podziemnych, mogących się znaleźć w zasięgu prowadzonych robót. Jeżeli teren, na którym wykonywane są roboty ziemne nie może być ogrodzony, wykonawca robót powinien zapewnić jego stały dozór.

Przed rozpoczęciem wykonywania robót ziemnych w bezpośrednim sąsiedztwie sieci, takich jak: elektroenergetyczne, gazowe, telekomunikacyjne, ciepłownicze, wodociągowe i kanalizacyjne, kierownik budowy jest zobowiązany do określenia bezpiecznej odległości, w jakiej mogą być one wykonywane od istniejącej sieci i sposobu wykonania tych robót. W sąsiedztwie w/w sieci wykopy należy wykonywać ręcznie. Bezpieczną odległość kierownik budowy ustala w porozumieniu z właściwą jednostką, w której zarządzie lub użytkowaniu znajdują się te instalacje. Miejsca tych robót należy oznakować napisami ostrzegawczymi i ogrodzić.

Podczas wykonywania robót ziemnych w razie przypadkowego odkrycia lub naruszenia instalacji niezwłocznie przerywa się pracę i ustala z właściwą jednostką zarządzającą daną instalacją dalszy sposób wykonywania robót. Jeżeli podczas wykonywania robót ziemnych zostaną odkryte przedmioty trudne do identyfikacji, przerywa się dalszą pracę i zawiadamia się osobę nadzorującą roboty ziemne.

W czasie wykonywania robót ziemnych miejsca niebezpieczne należy ogrodzić i umieścić napisy ostrzegawcze. Prowadzenie robót ziemnych w pobliżu instalacji podziemnych, a także głębienie wykopów poszukiwawczych powinny odbywać się ręcznie.

W miejscach dostępnych dla osób niezatrudnionych przy tych robotach należy wokół wykopów pozostawionych na czas zmroku i w nocy ustawić balustrady składające się z deski krawężnikowej o wysokości 0,15 m i poręczy ochronnej umieszczonej na wysokości 1,1 m oraz w odległości nie mniejszej niż 1 m od krawędzi wykopu. Wolną przestrzeń między deską krawężnikową a poręczą wypełnia się w sposób zabezpieczający pracowników przed upadkiem z wysokości. Dodatkowo balustrady takie powinny być zaopatrzone w czerwone światło ostrzegawcze.

Niezależnie od ustawienia balustrad, w przypadkach uzasadnionych względami bezpieczeństwa, wykop należy szczelnie przykryć w sposób uniemożliwiający wpadnięcie do niego. W przypadku przykrycia wykopu zamiast balustrad teren robót można oznaczyć za pomocą balustrad z lin lub taśm z tworzyw sztucznych, umieszczonych wzdłuż wykopu na wysokości 1,1 m i w odległości 1 m od krawędzi wykopu.

Wykopy o ścianach pionowych nieumocnionych, bez rozparcia lub podparcia, mogą być wykonywane tylko do głębokości 1 m w gruntach zwartych, w przypadku gdy teren przy wykopie nie jest obciążony w pasie o szerokości równej głębokości wykopu. Wykopy bez umocnień o głębokości większej niż 1 m, ale nie większej niż 2 m, można wykonywać, jeżeli pozwalają na to wyniki badań gruntu i dokumentacja geologiczno-inżynierska. Zabezpieczenie ażurowe ścian wykopów można stosować tylko w gruntach zwartych. Jednak stosowanie zabezpieczenia ażurowego ścian wykopów

w okresie zimowym jest zabronione.

Niedopuszczalne jest podczas wykonywania robót ziemnych:

- (1) tworzenie nawisów przy wykonywaniu wykopów,
- (2) włączanie mechanizmu obrotu maszyny roboczej w trakcie napełniania naczynia roboczego gruntem,
- (3) przebywanie osób w zasięgu działania naczynia roboczego maszyny roboczej,
- (4) przemieszczanie maszyny roboczej po pochyleniach przekraczających dopuszczalny stopień, określony w jej dokumentacji techniczno-ruchowej,
- (5) wykonywanie tych robót pod czynnymi napowietrznymi liniami energetycznymi w odległości mniejszej niż określają to odrębne przepisy,
- (6) przebywanie osób w kabinie pojazdu do transportu wykopanego gruntu, w czasie załadunku jego skrzyni w przypadku, gdy kabina pojazdu nie została konstrukcyjnie wzmocniona.

W czasie wykonywania wykopów ze skarpami o bezpiecznym nachyleniu (bezpieczne nachylenie powinno być określone w dokumentacji projektowej w określonych prawem przypadkach) należy:

- (1) w pasie terenu przylegającego do górnej krawędzi skarpy, na szerokości równej trzykrotnej głębokości wykopu, wykonać spadki umożliwiające łatwy odpływ wód opadowych w kierunku od wykopu;
- (2) likwidować naruszenie struktury gruntu skarpy, usuwając naruszony grunt, z zachowaniem bezpiecznego nachylenia w każdym punkcie skarpy;
- (3) sprawdzać stan skarpy po deszczu, mrozie lub po dłuższej przerwie w pracy.

W czasie wykonywania koparką wykopów wąsko-przestrzennych należy wykonywać obudowę wyłącznie z zabezpieczonej części wykopu lub zastosować obudowę prefabrykowaną, z użyciem wcześniej przewidzianych urządzeń mechanicznych. Jeżeli wykop osiągnie głębokość większą niż 1 m od poziomu terenu, należy wykonać zejście (wejście) do wykopu. Odległość między zejściami (wejściami) do wykopu nie powinna przekraczać 20 m. Wchodzenie do wykopu i wychodzenie po rozporach oraz przemieszczanie osób urządzeniami służącymi do wydobywania urobku zabronione.

Przy wykonywaniu robót ziemnych sprzętem zmechanizowanym należy wyznaczyć w terenie strefę niebezpieczną i odpowiednio ją oznakować. Koparka w czasie pracy powinna być ustawiona w odległości od wykopu co najmniej 0,6 m poza granicą klina naturalnego odłamu gruntu. Przebywanie osób pomiędzy ścianą wykopu a koparką jest zabronione nawet w czasie postoju.

Jeżeli roboty odbywają się w wykopie wąskoprze-strzennym jednocześnie z transportem urobku, wykop musi zostać przykryty szczelnym i wytrzymałym zabezpieczeniem. Pojemniki do transportu urobku powinny być załadowane poniżej górnej krawędzi. Składowanie urobku, materiałów i wyrobów jest zabronione:

- (1) w odległości mniejszej niż 0,6 m od krawędzi wykopu, jeżeli ściany wykopu są obudowane oraz jeżeli obciążenie urobku jest przewidziane w doborze obudowy;
- (2) w strefie klina naturalnego odłamu gruntu, jeżeli ściany wykopu nie są obudowane.

W czasie zasypywania obudowanych wykopów zabezpieczenie należy demontować od dna wykopu i stopniowo je usuwać, w miarę zasypywania wykopu.

Zabezpieczenie można usuwać jednoetapowo z wykopów wykonanych:

- (1) w gruntach spoistych - na głębokości nie większej niż 0,5 m;
- (2) w pozostałych gruntach - na głębokości nie większej niż 0,3 m.

Tymczasowa obudowa wykopów i wyrobisk podziemnych nie powinna być eksploatowana dłużej niż 2 lata, jeżeli projekt zabezpieczeń nie przewiduje inaczej.

Podgrzewanie, rozmrażanie lub zamrażanie gruntu powinno być prowadzone zgodnie z dokumentacją projektową oraz instrukcją bezpieczeństwa, opracowaną przez wykonawcę. Teren, na którym odbywa się podgrzewanie, rozmrażanie lub zamrażanie gruntu powinien być przez cały czas procesu ogrodzony i oznakowany tablicami ostrzegawczymi, oświetlony o zmroku i w porze nocnej oraz fachowo nadzorowany.

Zakładanie obudowy lub montaż rur w uprzednio wykonanym wykopie o ścianach pionowych i na głębokości poniżej 1 m wymaga tymczasowego zabezpieczenia osób klatkami osłonowymi lub obudową prefabrykowaną.

Grodzie i kesony powinny być:

- (1) zbudowane z materiałów trwałych o wymaganej w projekcie wytrzymałości;
- (2) wyposażone w urządzenia zapewniające schronienie w przypadku wpływu wody lub innych substancji.

Budowa, przebudowa oraz demontaż grodzi i kesonów powinny się odbywać pod nadzorem kierownika robót oraz mistrza budowlanego. W czasie wbijania grodzi przebywanie osób w odległości mniejszej niż 10 m od miejsca ich wbijania jest zabronione. Natomiast w czasie wrywania grodzi zabronione jest przebywanie w promieniu równym długości grodzi powiększonym o 5 m.

Pomieszczenia zamknięte, tunele, zbiorniki, studnie, urządzenia techniczne, kanały powinny być wyposażone w wentylację grawitacyjną lub w razie potrzeby w wentylację mechaniczną.

W czasie prowadzenia robót ziemnych metodą bezodkrywkową należy zapewnić osobom bezpieczne połączenie podziemnych stanowisk pracy ze stanowiskami pracy zlokalizowanymi na powierzchni terenu za pomocą szybów i tuneli, obudowanych w sposób uwzględniający parcie ziemi i wód gruntowych. Każda osoba pracująca w wyrobiskach podziemnych lub udająca się pod ziemię, niezależnie od oświetlenia ogólnego, powinna posiadać sprawnie działającą lampę z własnym zasilaniem, zapewniającym nieprzerwane oświetlenie co najmniej przez 10 godzin.

Na każdym odcinku prowadzenia robót podziemnych należy zapewnić:

- (1) system łączności, umożliwiający porozumiewanie się podziemnych stanowisk roboczych ze stanowiskami na powierzchni ziemi oraz z pogotowiem zabezpieczającym;
- (2) ustalony system alarmowania osób znajdujących się pod poziomem terenu i pogotowia zabezpieczającego na wypadek zagrożenia, wymagającego wycofania z wyrobisk podziemnych.

W przypadku zagrożenia w czasie wykonywania robót pod ziemią osoba sprawująca nadzór techniczny jest zobowiązana do niezwłocznego wstrzymania robót na zagrożonych stanowiskach pracy i wycofania osób w bezpieczne miejsce. Wyrobiska i pomieszczenia podziemne z dostępem dla ludzi powinny być przewietrzane w taki sposób, aby zawartość tlenu w powietrzu nie była mniejsza niż 19%. W przypadku gdy zawartość tlenu jest mniejsza, osoby znajdujące się w tych pomieszczeniach należy niezwłocznie ewakuować w bezpieczne miejsce.

Temperatura powietrza w miejscu pracy nie powinna przekraczać 301 K(28°C).

Ilość powietrza doprowadzonego do wyrobisk powinna zapewniać utrzymanie wymaganego składu i temperatury powietrza. Objętość dostarczanego powietrza powinna wynosić co najmniej 6 m<sup>3</sup> na jedną osobę najliczniejszej zmiany, a prędkość ruchu powietrza w wyrobiskach korytarzowych powinna wynosić nie mniej niż 0,1 m/s i nie więcej niż 8 m/s.

Wykonawca robót tunelowych jest zobowiązany do zapewnienia na powierzchni terenu odpowiednio wyposażonego w środki medyczne punktu pierwszej pomocy medycznej. Punkt medyczny ma być czynny w czasie każdej zmiany roboczej, a na poszczególnych odcinkach, na których trwają roboty powinny się znajdować punkty wyposażone w niezbędne środki opatrunkowe i nosze.

## **I. Dokumentacja techniczna**

Zestaw wymaganej, a w niektórych przypadkach zalecanej, dokumentacji związanej z

wykonywaniem robót ziemnych podaje norma PN-B-06050. Według niej roboty ziemne powinny być wykonywane na podstawie następujących dokumentów:

- dokumentacja geotechniczna i ewentualnie geologiczno-inżynierska;
- projekt robót ziemnych;
- wyniki kontrolnych badań gruntów i materiałów użytych w robotach ziemnych;
- wyniki badań laboratoryjnych i dokonane na ich podstawie zmiany technologii wykonywania robót;
- dziennik budowy;
- protokoły odbioru robót częściowych i końcowych;
- operaty geodezyjne;
- książka obmiarów

Roboty ziemne oraz inne roboty przygotowawcze i towarzyszące według normy PN-B-06050 powinny być wykonywane według projektu robót ziemnych. Odstępstwo od tego wymogu odnosi się do przypadku niewielkich obiektów, dla których roboty ziemne mogą być bezpiecznie wykonane na podstawie projektu budowlanego. Dla tego rodzaju obiektów można nie sporządzać projektu robót ziemnych.

Zakres projektu robót ziemnych powinien uwzględniać rozwiązywanie wszystkich problemów warunkujących prawidłowe i bezpieczne wykonanie robót ziemnych, fundamentów i budowli ziemnych. Powinien również zapewniać bezpieczeństwo projektowanej konstrukcji lub budowli ziemnej oraz konstrukcji i urządzeń istniejących, a także umożliwiać dokonanie obmiaru i wyceny robót.

W projekcie należy rozwiązać w szczególności takie zagadnienia jak: warunki odwodnienia, urabianie materiałów w złożu, transport i układanie materiałów w nasypie oraz transport i odkład gruntu z wykopów a także bilans mas ziemnych.

Na dokumentację projektową robót ziemnych składają się z reguły:

- plan sytuacyjny warstwicowy orientacyjny w skali 1:25000, 1:10000, 1:5000;
- plan sytuacyjny warstwicowy szczegółowy w skali 1:2000, 1:1000, 1:500 z zaznaczonymi konturami i wymiarami budowli ziemnych, obiektów inżynierskich, urządzeń odwadniających, podziemnych i nadziemnych linii energetycznych, tras komunikacyjnych i innych charakterystycznych obiektów, zawierający punkty nawiązania i granice działek;
- charakterystyczne przekroje terenu z liniami konturowymi projektowanych robót, co najmniej w kierunku podłużnym i poprzecznym do projektowanego obiektu, w szczególności przekroje podłużne i poprzeczne dla robót o charakterze liniowym;

- rzuty i przekroje obiektów dla robót związanych z posadowieniem obiektów;
- wyniki badań geotechnicznych, w szczególności badań hydrogeologicznych gruntu;
- wyniki obliczeń bilansu i rozdziału mas ziemnych z projektem organizacji ich przemieszczenia;
- metody realizacji poszczególnych rodzajów robót;
- wyniki obliczeń i zestawienie robocizny oraz środków niezbędnych do realizacji robót;
- plan pracy maszyn z uwzględnieniem ich przygotowania i rozruchu;
- harmonogram ogólny prac;
- plan zagospodarowania i uzbrojenia terenu budowy z podaniem sposobu odwodnienia;
- inne projekty lub elementy projektu uzależnione od specyfiki robót.

Dane zawarte w dokumentacji geotechnicznej dołączonej do projektu robót ziemnych powinny być skontrolowane w miejscu wykonywania robót ziemnych lub posadowienia budowli.

W szczególności kontrola powinna określić:

- wyjściowe warunki wodno-gruntowe;
- nośność gruntu i parametry geotechniczne w momencie przystąpienia do robót;
- przydatność gruntu jako materiału do danego rodzaju robót ziemnych.

Badania powinny być wykonane bezpośrednio przed rozpoczęciem prac i powtarzane w miarę potrzeby w trakcie ich wykonywania. Wyniki badań należy załączyć do dokumentacji powykonawczej.

W projekcie należy uwzględnić odpowiednie rozmieszczenie mas ziemnych różniących się właściwościami fizycznymi, które zapewni uzyskanie wymaganego stopnia zagęszczenia gruntu oraz odporność na działanie wód opadowych.

Obliczenia mogą być wykonywane na podstawie bezpośrednich pomiarów terenowych lub w oparciu o mapy sytuacyjno-wysokościowe opracowane zarówno w wersji analogowej (papierowej), jak i w wersji numerycznej.

Założeniem dla ww. obliczeń jest dokonanie podziału fizycznej bryły wycinka powierzchni ziemi, będącej przedmiotem obliczenia, na szereg brył geometrycznych - graniastosłupów o podstawach trójkątnych, kwadratowych lub innych, wybranych dla danego przypadku. Regułą jest, że powierzchniami projektowanymi są płaszczyzny poziome lub nachylone. W związku z tym jedną podstawą graniastosłupa jest płaszczyzna, a drugą fizyczna powierzchnia terenu.

Do tego celu muszą zostać określone następujące parametry zarówno powierzchni topograficznej (rzeczywistej-terenowej), jak i projektowanej:

- (a) kształt,
- (b) usytuowanie w określonym układzie współrzędnych.

#### Warunki geotechniczne

Warunki geologiczne, hydrologiczne, hydrogeologiczne oraz geotechniczne na terenie, na którym mają być wykonane roboty ziemne (w tym także na terenie złoża), oraz na terenach sąsiednich, na które te roboty oddziałują, powinny być rozpoznane w stopniu dającym możliwość odpowiedniego zaprojektowania i bezpiecznego wykonania robót. Warunki te należy przeanalizować także pod względem ich wpływu na posadowienie konstrukcji lub pracę budowli ziemnych i innych obiektów lub urządzeń sąsiadujących z budową.

Dane dotyczące występowania wód powierzchniowych i podziemnych powinny umożliwić zaprojektowanie efektywnego systemu odprowadzenia wód powierzchniowych lub regulacji cieków oraz systemu odwodnienia podłoża gruntowego.

Działania rozpoznawcze warunków geotechnicznych na terenie robót ziemnych (w tym także na terenie złoża) i na terenach sąsiednich, na które może się rozprzestrzeniać oddziaływanie tych robót, powinny obejmować:

- (a) rodzaj i stan gruntów w podłożu;
- (b) uwarstwienie podłoża;
- (c) poziom wód gruntowych i powierzchniowych oraz ich okresowe wahania;
- (d) właściwości fizyko-mechaniczne gruntów i ich zmienność;
- (e) kategorie urabialności gruntów;
- (f) posadowienie istniejących konstrukcji.

Charakterystyki fizyczne gruntów i innych materiałów stosowanych w robotach ziemnych według norm PN-B-06050:1999 i PN-S-02205:1998 przytoczone zostały w tabeli 10. Z kolei przydatność i zastrzeżenia co do zastosowania różnych rodzajów gruntów i innych materiałów do robót ziemnych wymienione zostały w tabeli 11.

W trakcie wykonywania robót ziemnych, a następnie eksploatacji konstrukcji lub budowli ziemnej podłoże gruntowe w całej strefie oddziaływania robót nie powinno być podatne na osiadanie. Jeżeli prognozowane osiadania mogą być większe niż dopuszczalne, to należy zastosować odpowiednie zabezpieczenia techniczne w celu redukcji osiadań (np. wzmocnienie podłoża).

Grunty charakteryzujące się zbyt małą nośnością, zalegające bezpośrednio w miejscu przewidzianego obiektu, powinny być usunięte i zastąpione lub wzmocnione zgodnie z projektem robót ziemnych.

W przypadku braku urządzeń odwadniających lub ich niewłaściwego działania powodującego poruszenie gruntu w poziomie posadowienia obiektu na skutek działania wody, należy taki grunt usunąć i zastąpić go innym, o odpowiednich właściwościach.

Przy wykonywaniu robót ziemnych zarówno w wykopach, jak i w nasypach należy uwzględniać zdolność niektórych rodzajów gruntów do tworzenia wysadzin. W przypadku występowania gruntów

wysadzinowych w podłożu, na którym ma być posadowiony obiekt budowlany i nieuwzględnienia w projekcie przykrycia ich warstwą zabezpieczającą przed przemarzaniem, należy je usunąć co najmniej do głębokości przemarzania gruntu.

Podłoże gruntowe przewidziane do posadowienia konstrukcji powinno być przedmiotem odbioru częściowego.

## **I. Roboty przygotowawcze i towarzyszące**

### **1) Roboty pomiarowe**

Roboty pomiarowe i wytyczające zarysy robót w gruncie polegają na oznaczeniu na czas budowy wszystkich charakterystycznych punktów i linii, tj. przekroju podłużnego i poprzecznego wykopów i nasypów, położenia ich osi geometrycznych, szerokości korony, wysokości nasypów, głębokości wykopów, zarysów skarp, krawędzi przecięcia skarpy z powierzchnią terenu itp.

Roboty geodezyjne wykonywane przed przystąpieniem do robót ziemnych powinny obejmować między innymi:

(a) wytyczenie i stabilizację w terenie, w nawiązaniu do stałej osnowy, nowej lub uzupełnionej roboczej osnowy realizacyjnej, dostosowanej do kształtu obiektu i poszczególnych jego elementów, jeśli istniejąca osnowa geodezyjna nie jest wystarczająca lub wymaga zmian;

(b) wytyczenie, w nawiązaniu do stałej lub realizacyjnej osnowy geodezyjnej, punktów głównych i punktów charakterystycznych obiektu, przebiegu osi, obrysów, krawędzi, załamania itp. w zakresie umożliwiającym wytyczenie zarówno konturów robót ziemnych, jak i elementów konstrukcji obiektu (np. ścian konstrukcyjnych);

(c) wyznaczenie na terenie budowy i w bezpośrednim jej sąsiedztwie odpowiedniej liczby punktów wysokościowych (reperów), dowiązanych do geodezyjnej osnowy wysokościowej; repery należy wyznaczyć nie rzadziej niż co 250 m dla trasy robót liniowych, a także obok każdego projektowanego obiektu;

(d) wytyczenie budowli drogowej powinno uwzględniać punkty charakterystyczne, określające usytuowanie budowli w planie i w profilu, przy czym przekroje poprzeczne wytyczenia powinny być w odległości nie więcej niż co 100 m na odcinkach prostych i nie więcej niż 50 m na łukach poziomych;

(e) wytyczenie wykopów o charakterze tymczasowym, np. pod fundamenty, trasy instalacyjne itp. można wyznaczyć na ścianach pionowych (bez kształtowania skarp), przy odpowiednim zabezpieczeniu ich przed osuwaniem się ziemi.

Poszczególne elementy geometryczne obiektu lub jego części powinny być wyznaczone w taki sposób, aby istniała możliwość pełnego korzystania z wyznaczonych punktów podczas wykonywania robót budowlanych. Ze względu na prowadzone roboty i transport technologiczny geodezyjne wyznaczenie osi i obrysów elementów obiektu wymaga wyznaczenia bocznych odnośników usytuowanych poza bezpośrednią strefą robót, nienarażonych na zniszczenie i umożliwiających szybkie odtworzenie uszkodzonych punktów.

Punkty wysokościowe należy lokalizować poza granicami projektowanego obiektu, a ich rzędne określić z dokładnością do 0,5 cm. Punkty wysokościowe powinny być wyznaczone na trwałym elemencie wkopanym w grunt w taki sposób, aby nie zmienił on swego położenia, i był chroniony przed działaniem czynników atmosferycznych.

Granice robót ziemnych w robotach drogowych przy zmechanizowanym sposobie ich prowadzenia należy wyznaczać za pomocą palików lub wiech, w odstępach nie mniejszych niż 50 m. Natomiast przy robotach wykończeniowych podstawę nasypu lub krawędzie wykopu należy oznaczać palikami w odstępach nie większych niż 15 m. Z kolei pochyłość skarp należy zaznaczyć łatami przybitymi do palików.

Roboty geodezyjne w trakcie wykonywania robót ziemnych powinny, jeśli to jest konieczne, obejmować między innymi:

(a) wyznaczenie oraz kontrolę wymaganych spadków, poziomów oraz nachylenia skarp;

(b) wykonanie pomiarów inwentaryzacyjnych urządzeń i elementów zakończonych, robót zanikających lub podlegających zakryciu oraz sporządzanie planów sytuacyjno-wysokościowych budowli i ich aktualizację; pomiar inwentaryzacyjny budowli lub jej części należy wykonać zanim stanie się ona niedostępna.

Powykonawcza dokumentacja geodezyjna opracowana po zakończeniu robót (lub ich etapu albo odcinka) powinna obejmować: mapy, szkice i operaty obsługi realizacyjnej, sprawozdanie techniczne z podaniem stosownych dokładności itp.

Dokładność pomiarów geodezyjnych powinna być dostosowana do wymagań realizacyjnych obiektu w poszczególnych etapach czy fragmentach. Dokładność ta powinna być określona w projekcie.

## **2) Oczyszczenie i przygotowanie terenu pod budowę**

Oczyszczenie i przygotowanie terenu do wykonania robót ziemnych powinno być wykonane na podstawie projektu, po dokładnym rozpoznaniu istniejących na terenie obiektów i związanych z nimi instalacji i urządzeń oraz roślinności, i powinno obejmować:

- zabezpieczenie, likwidację lub usunięcie z terenu budowy obiektów i urządzeń (budynków lub ich fragmentów, innych konstrukcji, zbędnych ogrodzeń, słupów, studni, drenów, przewodów rurowych, kabli i innych); w przypadku budowy drogi można pozostawić fundamenty, jeżeli wysokość nasypu ponad nimi wyniesie co najmniej 2 m;

- usunięcie (przesadzenie lub ścięcie i wykarczowanie pni) lub zabezpieczenie przed uszkodzeniem drzew i krzewów; jeśli projekt nie przewiduje inaczej, karczowanie pni drzew powinno być dokonane na powierzchni odpowiadającej obrysowi zewnętrznemu obiektu, powiększonemu o 3 m z każdej strony; doły po karczowaniu pni powinny być wypełnione zagęszczonym gruntem tego samego rodzaju co grunt podłoża, a w odległości powyżej 1 m poza obrysem przykryte warstwą humusową; w przypadku budowy nasypów karczowanie pni drzew i krzewów jest konieczne przy ich grubości przekraczającej 15 cm; pnie o grubości od 5 cm do 15 cm mogą być pozostawione w przypadku, gdy projektowany nad nimi nasyp będzie miał wysokość ponad 2 m; niewykarczowane pnie należy ścinać na wysokości 10 cm nad poziomem terenu;

- zdjęcie darniny przewidzianej do prac wykończeniowych na terenie budowy; darninę zaleca się przechowywać poza terenem przez okres nieprzekraczający 30 dni, podlewając ją w razie potrzeby; płyty darniny układa się w stosy do 1 m wysokości, warstwami na przemian trawą do góry i trawą do dołu; niewykorzystaną darninę należy usunąć razem z glebą;

- usunięcie wierzchniej warstwy gleby (humus) należy wykonać na powierzchni odpowiadającej obrysowi zewnętrznemu konstrukcji lub budowli ziemnej, powiększonemu o około 0,5 m do 1,0 m z każdej strony; przewidzianą do późniejszego wykorzystania; ziemię urodzajną należy zebrać w pryzmy o wysokości do 2 m i obsiać mieszaną traw; dopuszczalny okres składowania ziemi wynosi 1 rok; przy niwelacyjnych robotach ziemnych wykonywanych poza obiektem budowlanym darń i wierzchnią warstwę gleby można pozostawić w przypadkach, gdy projektowany w danym miejscu nasyp ma mieć wysokość większą niż 1,0 m;

- usunięcie rumowisk, wysypisk odpadów (jeśli projekt nie przewiduje inaczej) oraz gleby zanieczyszczonej związkami chemicznymi; czynności te powinny być wykonane z uwzględnieniem wymogów ochrony środowiska; z pasa robót ziemnych przy budowie dróg należy usunąć kamienie i bloki skalne jeżeli ich wysokość przekracza 1/3 wysokości nasypu;

- zabezpieczenie obiektów chronionych prawem (pomniki przyrody, pomniki kultury, wykopaliska archeologiczne); w przypadku natrafienia pod czas prac na nieprzewidziane przedmioty, materiały lub urządzenia należy zastosować się do wymagań zawartych w normie PN-B-06050:1968 oraz w innych przepisach;

- zabezpieczenie rzek i kanałów przed zakłóceniem przepływu lub zanieczyszczeniem wód;
- jeżeli położenie przewodów, kabli, drenów, oznaczeń granic terenu oraz innych urządzeń lub przeszkód nie może być ustalone przed rozpoczęciem robót, to należy je rozpoznać w trakcie robót.

### **3) Przygotowanie dróg dojazdowych i odwodnienie terenu od wód powierzchniowych i gruntowych**

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy wybudować lub przygotować niezbędne drogi dojazdowe do terenu i na terenie budowy oraz ewentualnie wyznaczyć objazdy dla ruchu drogowego. Drogi dojazdowe należy oznakować jak miejsca niebezpieczne, wymagające szczególnej ostrożności.

Zarówno wykonywane roboty ziemne i budowlane, odwodnienie terenu jak i same obiekty budowlane należy zabezpieczyć przed destrukcyjnym działaniem wód powierzchniowych i gruntowych. Prace te należy zrealizować zgodnie z projektem rowów stokowych i innych urządzeń odwodnieniowych dla danego terenu budowy. Odstłonięte podczas wykonywania prac ziemnych źródła wody należy ująć za pomocą rowów i drenów. Wody opadowe i źródłane napływające w miejsce wykonywanych robót należy odprowadzić rowami poza teren budowy. Jeżeli jest to niezbędne, należy wykonać odwodnienie wgłębne podłoża gruntowego.

Zbiorniki i ciekły wodne znajdujące się na terenie robót ziemnych powinny być osuszone, przełożone lub uregulowane przed przystąpieniem do robót podstawowych. Prace należy wykonać zgodnie z odrębnym projektem.

Odwodnienie wgłębne podłoża gruntowego, tymczasowe lub stałe, powinno być wykonane na podstawie odrębnego projektu.

Kolejność przeprowadzania prac związanych z wykonaniem nasypów, wykopów i kształtowaniem urządzeń odwadniających powinna zabezpieczać stałe odprowadzenie wód powierzchniowych i gruntowych.

W przypadku konieczności obniżenia zwierciadła wody gruntowej, należy je przeprowadzić w taki sposób, aby nie została naruszona struktura gruntu w podłożu wykonywanej konstrukcji, a także w podłożu sąsiednich obiektów oraz aby na skutek wytworzonej depresji nie wystąpiły nadmierne osiadania podłoża budowli istniejących w sąsiedztwie.

System odwodnienia powinien zapewnić spełnienie następujących podstawowych zadań:

- utrzymanie bez znaczących wahań poziomów wody i ciśnień w porach gruntu przewidzianych w projekcie;
- zapewnienie stałego odpływu określonej ilości wody;
- całkowite usunięcie wody z wykopu poza obszar wykopów;
- zapewnienie niezawodności odwodnienia.

Wybór systemu odwodnienia i wymaganą dla niego wydajność należy ustalać na podstawie obliczeń.

Urządzenia do odprowadzania wód powierzchniowych (rowy odwadniające opaskowe, stokowe itd.) lub osuszenie terenu należy wykonać przed rozpoczęciem właściwych robót ziemnych.

Efektywność odwodnienia należy sprawdzać przez monitorowanie poziomu wody gruntowej, ciśnień w porach gruntu i przemieszczeń podłoża gruntowego. Zgromadzone dane powinny być analizowane i interpretowane w celu określenia wpływu odwodnienia na warunki na budowie i na zachowanie się realizowanych oraz sąsiednich konstrukcji. Urządzenia odwadniające powinny być kontrolowane i konserwowane przez cały okres ich eksploatacji.

Odwodnienia wgłębne przewidziane jako stałe powinny być wyposażone w urządzenia do automatycznej sygnalizacji przerw w działaniu, pompy rezerwowe oraz dwa niezależne źródła zasilania w energię.

Prace związane z zabezpieczeniem odprowadzenia wód powierzchniowych powinny obejmować:

- (a) wykonanie rowów opaskowych lub podłużnych oraz ewentualnie rowów stokowych lub poprzecznych (w podłożu pod budowlą) o przekroju i spadku zapewniającym odprowadzenie wód przesączających się od wód opadowych;
- (b) nadanie spadku powierzchni podłoża w kierunku rowów w granicach od 0 do 1%, zależnie od rodzaju gruntu; z zachowaniem zasady: mniejszy spadek w przypadku gruntów bardziej przepuszczalnych;
- (c) w razie konieczności - wypełnienie rowów poprzecznych materiałem dobrze przepuszczalnym, tj. pospółką lub drobnym żwirem;
- (d) ewentualne - wykonanie zbiorczego odprowadzenia wód.

**UWAGA!**

*W szczególnych przypadkach odwodnienie robocze może być wykonane również z zastosowaniem innych metod.*

Jeżeli dno wykopu znajduje się poniżej poziomu posadowienia fundamentów istniejących blisko budowli, przy odwadnianiu wykopu należy zachować szczególną ostrożność.

Odległość w planie między krawędzią dna rowu odwadniającego a krawędzią dna wykopu lub obiektu powinna być obliczona, lecz nie powinna być mniejsza niż 1,20 m.

Rowy stokowe wykonywane np. w celu ochrony skarp wykopów lub stoków przed erozją spowodowaną przez wody powierzchniowe, uniknięcia nadmiernego zawilgocenia skarp oraz zapobiegania spływom gruntu powinny być:

- możliwie płytkie, z głębokością rowów nieprzekraczającą 40 cm;
- przystosowane do przejmowania wód opadowych;
- szczelne w celu ograniczenia infiltracji wód przez dno i skarpy rowu;
- odsunięte od górnej krawędzi skarpy wykopu lub nasypu o co najmniej 3 m w gruntach suchych i zwartych i o 4 m w gruntach wilgotnych i luźnych, ale nie mniej niż o odległość równą wysokości skarpy;
- starannie wykonane i okresowo oczyszczane.

Do rowów stokowych nie należy podłączać innych rowów, a woda powinna być z nich odprowadzana w sposób niepowodujący zagrożenia wykonywanych robót ziemnych lub realizowanych innych obiektów.

Jeżeli rowy odwadniające wykonywane są w gruntach o wskaźniku osiadania zapadowego  $i_{mp} > 0,02$ , to dno i skarpy rowów powinny być zagęszczone przez ubicie oraz umocnione np. przez odarnio-wanie.

Odprowadzenie wody z rowów stokowych do studzienek zbiorczych w wykopie należy wykonać tylko w miejscach odpowiednio zabezpieczonych przed rozmyciem.

Podczas wykonywania rowów odwadniających należy sprawdzić, czy nie staną się one przyczyną niekorzystnego dla robót ziemnych nawodnienia gruntu w miejscach, w których występują grunty przepuszczalne nienawodnione, albo czy nie spowodują powstania szkód na terenach sąsiednich.

Spadek podłużny dna rowu powinien być dostosowany do rodzaju gruntu lub umocnienia rowu oraz do chronionych robót ziemnych lub obiektów i nie powinien być mniejszy niż 0,2%.

Drenaż poziomy stosowany jest niezależnie od rodzaju gruntu w:

- (a) środowisku gruntowo-wodnym agresywnym, przy przewidywanym stałym obniżeniu zwierciadła wody gruntowej poniżej projektowanych fundamentów pod obiekty i podłoża przewodów w celu zapewnienia skutecznej ochrony przewodu i obiektów na

przewodzie;

(b) środowisku gruntowo-wodnym przy przewidywanym stałym, częściowym lub całkowitym obniżeniu zwierciadła wody gruntowej w celu zmniejszenia lub likwidacji naporu wody.

Rodzaj i materiał, z którego wykonane są dreny oraz osypka filtracyjna powinny być dostosowane do głębokości ułożenia drenów, stopnia agresywności środowiska i powinny być zgodne z projektem.

Zmiany przekroju i spadku drenażu powinny być wykonane w studzienkach kontrolnych umieszczonych w odległości od 25 m do 50 m oraz w miejscach charakterystycznych uwzględnionych w projekcie.

Wyloty drenażu powinny być wprowadzone do odbiorników powyżej maksymalnego poziomu wody zgodnie z projektem. Ostatnia rurka drenarska powinna być wpuszczona do rury ochronnej (kanalizacyjnej) o długości od 1 m do 2 m.

Wyloty położone poniżej maksymalnego poziomu wody lub wprowadzone do kanalizacji ogólnospławnej wymagają zastosowania automatycznych zaworów zwrotnych.

Wyloty doprowadzone do studni czerpalnej wymagają zaopatrzenia jej w samoczynnie włączającą się pompę.

Uziarnienie osypki filtracyjnej i grubość osypki powinny być zgodne z projektem uwzględniającym dopływ wody przy najwyższych stanach wód gruntowych i skład gruntu taki, aby nie spowodować jego rozmywania i przenoszenia drenażu.

Stałe obniżenie zwierciadła wody powinno być zgodne z projektem i powinno wynosić co najmniej 0,5 m poniżej dna wykopu (podłoża naturalnego). Natomiast odchylenie obniżenia zwierciadła wody gruntowej nie powinno być mniejsze niż 5 cm.

Drenaż pionowy powinien być stosowany do tymczasowego obniżenia wody gruntowej przy głębokościach do 20 m. Rodzaj drenażu oraz sposoby jego wykonania powinny być zgodne z projektem.

#### **4) Ukształtowanie terenu**

*Wyprofilowanie terenu należy przeprowadzić w taki sposób i takiej kolejności, aby w każdej fazie robót zapewniony był odpływ powierzchniowy wód opadowych poza teren budowy.*

W celu ochrony wykopów przed niekontrolowanym napływem wód opadowych powierzchnia otaczającego terenu powinna być wyprofilowana ze spadkiem kierującym odpływ wody poza teren robót. W przypadku gdy w górnej części podłoża występują grunty o współczynniku filtracji  $k_{10} < 10^{-5}$  m/s, powierzchnię podłoża należy ukształtować ze spadkami poprzecznymi od 3% do 5%.

W razie konieczności od strony spadku terenu należy wykonać rowy ochronne usytuowane poza prawdopodobnym klinem odłamu skarpy wykopu.

Przy wykonywaniu wykopów odspajanie gruntu zaleca się realizować stopniami o wysokości nie przekraczającej 1,5 m.

Jeżeli teren pod nasyp ma pochylenie większe niż 1:5 w celu zabezpieczenia nasypu przed zsuwaniem się gruntu należy wyciąć w zboczu stopnie o wysokości 0,5 m do 1 m; szerokość stopni należy przyjąć w granicach od 1 m do 2,5 m, a spadek górnej powierzchni około 4% w kierunku zgodnym ze spadkiem zbocza w gruntach słabo przepuszczalnych lub przeciwnym do spadku zbocza w gruntach o dużej przepuszczalności (co najmniej w piaskach średnioziarnistych); stopnie należy wykonać również w przypadku poszerzenia istniejącego nasypu. Podobne stopnie należy wykonać w przypadku poszerzenia istniejących nasypów.

#### **I. Okoliczności *nieprzewidziane* w robotach ziemnych**

Jeżeli w trakcie prowadzenia robót ziemnych wykonawca napotyka na nieopisane w

dokumentacji obiekty podziemne lub materiały takie jak:

- urządzenia i przewody infrastruktury instalacyjnej: wodociągowej, kanalizacyjnej, ciepłej, gazowej, elektrycznej, telekomunikacyjnej itd.;
- kanały, dreny;
- resztki konstrukcji;
- materiały nadające się do dalszego użytku (złoża kamienia naturalnego, żwiru, piasku)

roboty należy przerwać do czasu uzgodnienia sposobu dalszego postępowania.

Jeżeli w wykonywanym wykopie na poziomie posadowienia fundamentu znajduje się grunt o nośności mniejszej od przewidzianej w projekcie lub grunt mocno nawodniony, roboty ziemne należy przerwać do momentu ustalenia sposobu dalszego postępowania.

Również w sytuacji wystąpienia osuwisk lub przebieg hydraulicznych zagrażających stateczności budowli do czasu ustalenia sposobu dalszego postępowania należy:

- (a) wstrzymać wykonywanie robót w sąsiedztwie zaobserwowanego zjawiska i zabezpieczyć obszar zagrożony ruchami gruntu przed dostępem ludzi;
- (b) zabezpieczyć miejsce, w którym nastąpiło przebicie, przed dalszym naruszeniem struktury gruntu.

Podobnie w przypadku odsłonięcia w ziemi starych przedmiotów (wykopaliska archeologiczne) lub niewybuchów i innych pozostałości wojennych roboty należy przerwać i zawiadomić odpowiednie władze administracyjne, a miejsca odkryć i zabezpieczyć przed dostępem postronnych ludzi i zwierząt.

## **I. Urabialność gruntów**

Podczas wykonywania prac ziemnych grunt i inne materiały stosowane w tych pracach mogą zmieniać cechy fizyczne, w szczególności dotyczy to zmiany gęstości objętościowej.

Przedziały przyrostu procentowego objętości gruntu w rezultacie jego spulchnienia podczas odspajania, według [1], ujęte zostały w tabeli 4.1.6/1. Właściwości gruntów kategorii od I do V zmieniają się istotnie przy zmianie wilgotności materiału. Szczególnie zawilgocenie gruntów ilastych i gliniastych przekraczające 20% znacznie utrudnia prace przy ich odspajaniu. Zmniejszeniu ulega wówczas stopień napełnienia sprzętu i zwiększa się gęstość objętościowa gruntu.

Kategoryzację gruntów uwzględniającą specyfikę i stopień trudności urabiania w złożu zawarto w normie PN-B-06050:1999. Różne rodzaje gruntów i skał podzielono na siedem kategorii.

Dane dotyczące przyrostu objętości dla różnych rodzajów gruntów i innych materiałów stosowanych w robotach ziemnych po ich urobieniu zamieszczone zostały również w zestawieniu podstawowych parametrów fizycznych gruntów w normie PN-B-06050:1999.

## **II. WYKOPY I UKOPY**

### **5) Ogólne zasady wykonywania wykopów i ukopów**

Metoda wykonywania wykopów lub ukopów powinna być dobrana do zakresu robót, rodzaju, rozmiarów i głębokości wykopów, ukształtowania terenu, rodzaju gruntu oraz posiadanego sprzętu mechanicznego. Wykopy mogą być obudowane, nieobudowane ze skarpami lub kombinowane ze skarpami obudowane w dolnej części. Sposób ich wykonania powinien być zgodny z projektem.

Przystępując do wykonywania wykopów lub ukopów, należy sprawdzić poziom wody gruntowej w miejscu wykonywania robót i ustalić ciśnienie sphywowe, które może powodować utrudnienia w wykonaniu robót w efekcie naruszenia równowagi skarp wykopu, ukopu lub zbocza.

W przypadku prowadzenia robót wykopowych poniżej zwierciadła wody gruntowej, obniżenie poziomu wody powinno być wykonane zgodnie z projektem.

Odsłonięte podczas wykonywania wykopów źródła wody należy ująć za pomocą rowów, korytek lub drenów i odprowadzić rowami stokowymi poza teren robót. Szczególną uwagę należy zwrócić na występowanie w podłożu gruntów ekspansywnych.

Wykopy tymczasowe powinny być wykonywane bezpośrednio przed wykonaniem przewidzianych w nich robót i zlikwidowane zaraz po ich zakończeniu.

Dno i skarpy lub ściany wykopów stałych należy trwale umocnić.

Dno ukopu należy wykonać ze spadkiem od 2% do 3% w kierunku przewidywanego spływu wody. Dno i skarpy wykopu lub ukopu powinno harmonizować z otoczeniem według wytycznych zawartych w projekcie. Sposób rekultywacji powinien być uzgodniony z organami administracji terenowej. Na dnie i skarpie wykopu lub ukopu należy odtworzyć warstwę humusu i obsiać trawą oraz ewentualnie obsadzić innymi roślinami.

### **6) Zasady zabezpieczania wykopów i ukopów**

Wykopy o głębokości przekraczającej 4 m należy wykonywać stopniami (piętarami), przy tym z każdego stopnia powinny być przewidziane miejsca wyjazdu dla środków transportu oraz odprowadzenie wody uniemożliwiające jej spływanie na stopnie położone niżej. Przy ręcznym odspajaniu gruntu zaleca się wykonywanie stopni o wysokości nie większej niż 1,5 m.

Ściany wykopów należy odpowiednio kształtować lub obudowywać tak, aby nie nastąpiło obsunięcie gruntu; należy przy tym uwzględnić wszystkie oddziaływania i wpływy, które mogłyby naruszać stateczność gruntu. Stateczność ścian lub skarp wykopów i ukopów powinna być zachowana w każdej porze roku.

Ściany wykopu nie mogą być podkopywane; powstałe nawisy, jak również odsłonięte przy wydobywaniu gruntu głązy narzutowe, resztki budowli, fragmenty nawierzchni dróg itp., które mogą spaść lub ześlizgnąć się, należy niezwłocznie usunąć.

Sposób zabezpieczenia ścian wykopu należy ustalać, według [2], w zależności od:

- rodzaju gruntu;
- głębokości wykopu;
- wymiarów wykopu w planie;
- przewidywanych niekorzystnych oddziaływań i obciążeń;
- czasu trwania wykopu (tymczasowy, stały);
- warunków miejscowych;
- kalkulacji kosztów.

W przypadku wykonywania wykopów w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących obiektów, a w szczególności, gdy ich głębokość jest większa niż głębokość posadowienia tych konstrukcji, należy zastosować środki zabezpieczające przed osiadaniem i odkształceniem tych konstrukcji. Minimalna odległość krawędzi dna wykopu od pionowej ściany fundamentu konstrukcji posadowionej powyżej dna wykopu, jeżeli nie przewiduje się specjalnych zabezpieczeń, powinna być obliczona w projekcie.

Jeżeli wykonywane są wykopy fundamentowe dla dwóch lub kilku konstrukcji położonych blisko siebie, roboty ziemne należy rozpoczynać od wykopu dla konstrukcji posadowionej głębiej.

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.

Jeżeli przewidywany jest ruch ludzi wzdłuż górnych krawędzi wykopów, należy ukształtować i

pozostawić podłużne pasy o szerokości co najmniej 0,60 m, na których nie powinien się znajdować ukopany grunt, sprzęt ani inne przeszkody. W przypadku wykopów o głębokości do 0,80 m taki pas terenu można zabezpieczyć tylko po jego jednej stronie.

W przypadku wykopów o głębokości większej niż 1 m od poziomu terenu [3] lub 1,25 m według [2], należy w odstępach do 20 m zapewnić wyjścia (zejścia) z nich przy użyciu np. drabin lub schodków.

W obrębie klina odłamu ścian wykopu nie jest dopuszczalna komunikacja i tylko w przypadku konieczności lokalizacji drogi wzdłuż wykopu dla wykonawcy lub innych środków komunikacji, w zasięgu klina odłamu gruntu, należy przeprowadzić obliczenia uwzględniające najniekorzystniejsze oddziaływanie parcia gruntu przy obciążonym naziemiu na obudowę wykopu.

Według normy PN-B-10736:1999 [3] odległość b w metrach krawędzi wykopu, mierzona w planie od przyległej krawędzi jezdni, nie powinna być mniejsza niż obliczona według zależności

$$b \leq \frac{H}{\operatorname{tg} \phi_u} + 0,5 \quad \text{PN} \quad (1)$$

gdzie:

H - głębokość wykopu liczona od rzędnej terenu do rzędnej dna wykopu, m;

$\phi_u$  - kąt stoku naturalnego (tarcia wewnętrznego gruntu), w stopniach, w zależności od rodzaju gruntu.

W sytuacjach specyficznych należy stosować środki techniczne zmniejszające rozmiary klina odłamu (np. zastrzyki, wprowadzenie ścianki w grunt rodzimy). Elementy te powinny być uwzględnione w projekcie.

Odległość a w metrach krawędzi dna wykopu od pionowej ściany fundamentu budowli posadowionej powyżej dna wykopu i sąsiadującej z nim, jeżeli nie są zastosowane zgodnie z projektem specjalne zabezpieczenia, nie powinna być mniejsza niż obliczona zgodnie z [3], według wzoru:

$$a \leq \frac{H - h + 0,3}{\operatorname{tg} \phi_u} + 0,5 \quad (2)$$

gdzie:

H i  $\phi_u$  — jak we wzorze (1);

h - głębokość fundamentu budowli sąsiadującej, liczona od rzędnej terenu do rzędnej posadowienia fundamentu budowli, m.

Zabezpieczenie sąsiadującej z wykopem budowli przed możliwością zsuwu gruntu spod fundamentów w przypadku niemożliwości zachowania warunków określonych zależnością (2) powinno przebiegać następująco:

- przed przystąpieniem do robót ziemnych należy ocenić, czy nie występują spękania ścian i w przypadku ich stwierdzenia założyć na nich plomby szklane, a w szczególnych przypadkach osadzić w fundamentach stalowe trzpienie;
- wykonując roboty ziemne, należy pozostawić obudowę wykopu lub zbudować mur oporowy, optymalnie zagęścić zasyp i wykonać jego stabilizację lub wykonać zabezpieczenie w inny równoważny sposób.

Odległość d w metrach, w planie między przyległymi równoległymi krawędziami dna jednocześnie wykonywanych sąsiadujących ze sobą wykopów głębszych niż 1 m, według [3] nie powinna być mniejsza niż odległość obliczona z zależności:

$$d = \frac{H - 1}{\operatorname{tg} \phi_u} \quad (3)$$

gdzie:

H - głębokość wykopu głębszego liczona od rzędnej terenu do rzędnej dna wykopu, w m;

$\Phi_u$  - jak we wzorze (1).

Odległość w planie między krawędzią dna rowu odwadniającego i wykopu nie powinna być mniejsza od obliczonej według zależności (3). Wprowadzenie wód opadowych z rowów odwadniających do studzienek zbiorczych w wykopie powinno być wykonane zgodnie z projektem, w miejscach zabezpieczonych przed rozmyciem.

Zabezpieczenia skrzyżowań wykopu z urządzeniami podziemnymi powinny być wykonane zgodnie z projektem, w sposób wskazany przez użytkowników tych urządzeń.

Przy prowadzeniu robót wykopowych nad wykopem należy ustawić łaty celownicze, umożliwiające odtworzenie projektowanej osi wykopu oraz kontrolę rzędnych dna. Łaty należy ustawić na poziomie około 1 m nad powierzchnią terenu, w odstępach około 30 m.

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

W przypadku wykopów lub ukopów stałych należy je zabezpieczyć przez zapewnienie:

- stałego odwodnienia wykopu;
- zabezpieczenia przed rozmyciem terenu u podnóża i ponad skarpą w pasie o szerokości równej głębokości wykopu, jeśli projekt nie przewiduje inaczej;
- zabezpieczenia skarp przed erozją

#### **7) Wymiary wykopów i nienaruszalność struktury gruntu w dnie wykopu**

Wymiary wykopów w planie powinny być dostosowane, według [2], 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.

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.

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 układanego przewodu.

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 od 30 cm do 60 cm w zależności od rodzaju gruntu. Pozostawiona warstwa powinna być usunięta bezpośrednio przed wykonaniem fundamentów lub ułożeniem urządzeń instalacyjnych.

Nie zaleca się przekraczać projektowanej głębokości wykopu, a następnie dosypywać gruntu do odpowiedniej głębokości.

Nie należy doprowadzać do zalania wodami opadowymi lub innymi dna wykopów fundamentowych.

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).

### **8) Wykopy nieobudowane i obudowane**

Wykopy otwarte 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 iłów, gdy teren nie jest osuwiskowy i gdy przy wykopie, w pasie o szerokości równej głębokości wykopu, naziom nie jest obciążony. Wykop taki, w zależności od rodzaju gruntu, w jakim jest wykonywany, nie może przekraczać głębokości:

- 4,00 m - w skałach litych odspajanych mechanicznie;
- 2,00 m - w gruntach bardzo spoistych zwartych;
- 1,25 m - w gruntach spoistych i w mieszaninach frakcji piaskowej z iłową i pyłową o  $I_p < 10\%$  (mało spoistych, takich jak piaski gliniaste, pyły, lessy, gliny zwałowe);
- 1,00 m - w rumoszach, zwietrzelinach, w skałach spękanych i w nienawodnionych piaskach [2, 3].

Wykopy otwarte nieobudowane ze skarpami o bezpiecznym nachyleniu należy wykonywać wówczas, gdy nie mogą być spełnione wymagania dla wykopów o ścianach pionowych lub wykopów ze skarpami o nachyleniu większym od bezpiecznego i gdy nie przewiduje się podparcia lub rozparcia ścian. Nachylenie skarp należy przyjmować zgodnie z projektem.

Jeżeli w projekcie nie ustalono inaczej, dla ukopów i wykopów o głębokości do 4 m, przy niewystępowaniu wody gruntowej, osuwisk oraz nieobciążaniu naziomu w zasięgu klina odłamu, dopuszcza się według [2] stosowanie następujących bezpiecznych nachyleń skarp:

- 1:0,50 - w gruntach zwięzłych i bardzo spoistych, tj. w iłach i mieszaninach frakcji iłowej z piaskową i pyłową, zawierających powyżej 10% frakcji iłowej, iłach, glinach, w stanie co najmniej twardoplastycznym;
- 1:1,00 - w gruntach kamienistych, tj. w skałach spękanych, rumoszach, zwietrzelinach;
- 1:1,25 - w pozostałych gruntach spoistych, będących mieszaninami frakcji piaskowej z iłową i pyłową o  $I_p < 10\%$  (mało spoistych, takich jak piaski gliniaste, pyły, lessy, gliny zwałowe), oraz w rumoszach zwietrzelinowych zawierających powyżej 2% frakcji iłowej (gliniastych);
- 1:1,50 - w gruntach niespoistych oraz w gruntach spoistych w stanie plastycznym.

Nachylenie skarp ukopów i wykopów nieobudowanych stałych według [2] nie powinno być większe niż:

- 1:1,50 - przy głębokości wykopu do 2 m;
- 1:1,75 - przy głębokości wykopu od 2 m do 4 m;
- 1:2,00 - przy głębokości wykopu od 4 m do 6 m.

Nachylenie skarp ukopu lub wykopu o głębokości większej niż 4 m, według [3], i 6 m, według [2], zawsze należy przyjmować na podstawie obliczeń stateczności skarpy.

W przypadku wykonywania wykopów ze skarpami o bezpiecznym nachyleniu należy równocześnie spełnić 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 (tj. opady, mróz, wiatr itp.).

W przypadku braku możliwości zastosowania wykopów nieobudowanych stosuje się wykopy obudowane. Obudowa ścian wykopów z podparciem lub rozparciem zabezpiecza je przed osunięciem gruntu przez obudowę. Należy przy tym uwzględnić wszystkie możliwe oddziaływania i wpływy, które mogą naruszyć stateczność wykopu i jego obudowy.

Obudowa wykopu powinna odpowiadać stawianym jej wymaganiom. Rodzaj i materiał obudowy oraz wymiary elementów, przyjęte w następstwie przeprowadzonych obliczeń statycznych, powinny być podane w projekcie.

Przy wykonywaniu wykopów obudowanych (podpartych lub rozpartych) powinny być zachowane, według [3], następujące wymagania:

- górne krawędzie elementów przyściennych powinny wystawać ponad teren co najmniej na 10 cm w celu ochrony przed wpadaniem do wykopu gruntu lub innych przedmiotów i na wysokość 15 cm ponad teren, w przypadku występowania dodatkowo możliwości zalania wykopu wodami opadowymi;
- rozpory powinny być trwale umocowane w sposób uniemożliwiający ich spadnięcie;
- w każdej fazie robót pracownicy powinni się znajdować w obudowanej części wykopu;
- w razie potrzeby dokonywania pośredniego przerzutu urobku należy w pionie zbudować pomosty.

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.

### **9) Składowanie ukopanego gruntu**

Ukopany grunt powinien być niezwłocznie przetransportowany na miejsce przeznaczenia lub na odkład przewidziany do zasypania wykopu po jego zabudowaniu. Nadmiar gruntu uzyskanego z wykopów należy zużyć do wyrównania terenu, zasypania dołów lub rozplantowań.

Składowanie wykopanego gruntu bezpośrednio przy wykonywanym wykopie jest dozwolone tylko w przypadku wykopu obudowanego. Przy tym obudowa wykopu powinna przenieść napór spowodowany obciążeniem terenu odkładem gruntu składowanym w zasięgu klina odłamu ściany.

Odkłady gruntu powinny być wykonane w postaci nasypów o wysokości do 2÷2,5 m, o nachyleniu skarp 1÷1,5, przy czym kąt nachylenia skarpy odkładu wydobytego gruntu nie powinien być większy niż kąt jego stoku naturalnego i spadku korony od 2% do 5% [2, 4].

Wydobyty grunt powinien być składowany z jednej strony wykopu, z pozostawieniem między krawędzią wykopu a stopą odkładu, w przypadku wykopów pod przewody wodociągowe, kanalizacyjne i in., wolnego pasa terenu o szerokości co najmniej 1 m dla komunikacji [3].

W przypadku braku możliwości zapewnienia powyższych warunków wydobyty grunt należy wywieźć na odkład stały lub przesunięty tak, aby odległość od podnóża nachylonej skarpy odkładu tymczasowego do górnej krawędzi wykopu była równa głębokości wykopu. Przy czym minimalna odległość uzależniona jest od rodzaju gruntu i wynosi:

- (a) dla gruntów przepuszczalnych - nie mniej niż 3 m;
- (b) dla gruntów o współczynniku filtracji  $k_{10} < 10^{-5}$  m/s - nie mniej niż 5 m [4].

W terenie o małym pochyleniu odkłady można wykonać z obu stron wykopu. Na odcinkach zagrożonych przez zawiewanie budowli śniegiem odkłady wykonuje się od strony najczęściej wiejących wiatrów, w odległości od 20 m do 30 m od krawędzi wykopu.

Zaleca się formować odkłady gruntu wzdłuż ciągów komunikacyjnych w celu wykorzystania

ich jako bariery izolujące akustycznie.

Przy pochyleniu terenu do 20% odkłady wskazane jest wykonywać od górnej strony wykopu w celu ochrony od napływających wód stokowych, jeżeli obliczenie wykaże dostateczną stateczność zbocza. W terenie o pochyleniu większym niż 20% zaleca się lokalizować odkłady poniżej wykopu [4]. Odkład i rozplanowany nadmiar gruntu należy obsiać trawą i obsadzić krzewami, ewentualnie drzewami.

#### **10) Zasypywanie wykopów i rozbiórka obudowy ścian wykopów**

Jeśli projekt nie podaje innego rozwiązania, wykop zaleca się zasypać gruntem uprzednio wydobytym z tego wykopu, bezpośrednio po zakończeniu robót. Przy tym dno wykopu powinno być oczyszczone z odpadów budowlanych, a zasypka nie powinna być zmarznięta, jak również zanieczyszczona takimi materiałami jak: torf, darnina, korzenie, odpady budowlane itp.

Zasypywanie wykopu należy wykonać warstwami, które po ułożeniu powinny być zagęszczone, do wskaźnika zagęszczenia określonego w projekcie. Grubość zagęszczanej warstwy nie powinna być większa, według [3], niż:

- 15 cm - przy zagęszczaniu ręcznym;
- 30 cm - przy zagęszczaniu mechanicznym.

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

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

Zasypka przewodu do powierzchni terenu lub wymaganej rzędnej powinna być wykonana według projektu. Jeżeli nie został podany w projekcie wskaźnik zagęszczenia, to powinien on wynosić co najmniej 1.

Przy prowadzeniu prac w istniejącej drodze o nawierzchni ulepszonej i występowaniu trudności z osiągnięciem wskaźnika zagęszczenia gruntu równego co najmniej 1 należy zastąpić górną warstwę zasypki wzmocnioną podbudową drogi.

Uzyskanie odpowiedniego wskaźnika zagęszczenia gruntu wymaga zachowania optymalnej wilgotności gruntu, określonej w normie PN-86/B-02480. Wilgotność zagęszczanego gruntu powinna być równa optymalnej lub wynosić co najmniej 80% jej wartości. Odchylenie wskaźnika zagęszczenia gruntu nie powinno być większe niż 2%.

Rozbiórkę obudowy ścian lub skarp wykopów należy przeprowadzać etapowo, w miarę zasypywania wykopu, rozpoczynanego od jego dna.

Obudowę ścian wykopów można wysuwać jednorazowo na wysokość nie większą niż:

- 50 cm - z wykopów w gruntach spoistych;
- 30 cm - z wykopów w innych gruntach.

Pozostawienie obudowy w gruncie jest dopuszczalne tylko w przypadku trudności technicznych z jej usunięciem lub wówczas, gdy usuwanie elementów obudowy zagraża bezpieczeństwu pracy lub mogłoby naruszyć konstrukcję obiektu wykonywanego lub sąsiadującego z budową.

## I. NASYPY

### 11) *Ogólne zasady budowy nasypów*

Zestawienie ilustrujące przydatność różnych rodzajów gruntu wbudowanych w nasypy zawiera tabela 4.1.3/2. Podaje ona warunki zastosowania gruntu w dolnych lub górnych warstwach nasypu, w zależności od spodziewanych warunków hydrologicznych.

W celu zapewnienia stateczności i trwałości nasypu oraz jego równomiernego osiadania, według norm [2,4], należy się stosować do poniższych podstawowych zasad związanych z przygotowaniem podłoża pod nasyp, układaniem i zagęszczaniem warstw gruntu.

#### 1. Przygotowanie i wzmocnienie podłoża nasypu:

- a) w przypadku, jeżeli w górnej części podłoża występują grunty o współczynniku filtracji  $k_{f0} < 10^{-5} \text{ m/s}$ , powierzchnię podłoża należy wykonać ze spadkiem poprzecznym od około 3% do 5%;
- b) urządzenia odwadniające podłoże gruntowe powinny zapewniać poprawienie warunków wykonania nasypu (np. przez poprowadzenie rowów opaskowych oraz rowów poprzecznych w podłożu pod nasypem) oraz warunków pracy podłoża w czasie eksploatacji nasypu;
- c) 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;
- d) zagłębienie powierzchni terenu w miejscu posadowienia nasypu lub konstrukcji należy wypełnić odpowiednim gruntem tak zagęszczonym, aby miał takie same właściwości jak grunt przyległy;
- e) jeżeli jest to konieczne, wierzchnią warstwę podłoża nasypu należy zagęścić według wymagań dla nasypu, a następnie powierzchniowo (na głębokości od 5 cm do 10 cm) spulchnić w celu lepszego związania z materiałem nasypu;
- f) grunty słabe (np. torfy, namuły organiczne itp.) oraz glebę, znajdujące się w podłożu nasypu, należy usunąć i zastąpić odpowiednim materiałem gruntowym;
- g) jeśli projekt dopuszcza pozostawienie gruntów słabych w podłożu nasypu, należy zastosować odpowiednie zabiegi, zapewniające wymaganą nośność podłoża;
- h) jeżeli występowanie słabych gruntów stwierdzono dopiero w fazie wykonywania robót ziemnych, roboty należy przerwać do czasu ustalenia sposobu dalszego postępowania;
- i) podczas użytkowania nasypów obiektów transportowych podłoże nie powinno nadmiernie osiadać; obliczeniowe osiadanie końcowe powierzchni nasypu w okresie jego konsolidacji (suma osiadań końcowych nasypu, podłoża wzmocnionego i podłoża rodzimego) nie powinno przekraczać 10 cm;
- j) osiadanie nie powinno powodować deformacji profilu nawierzchni, szczególnie w obiektach z mało podatnymi fundamentami; metodykę obliczania osiadania podłoża zawiera norma PN-B-03020:1981 - Grunty budowlane. Posadowienia bezpośrednie budowli. Obliczenia statyczne i projektowanie; obliczenia osiadania podłoża można pominąć, jeżeli do głębokości aktywnej  $z_{\text{max}}$ , określonej według ww. normy, w podłożu występują następujące grunty:
  - skaliste i kamieniste;
  - gruboziarniste i drobnoziarniste niespoiste w stanie średnio zagęszczonym, zagęszczonym lub bardzo zagęszczonym;
  - spoiste w stanie zwartym, półzwartym i twaroplastycznym;

**k)** podłoże z obliczeniowym osiadaniem większym niż dopuszczalne (według pkt i), j)) należy wzmocnić; wzmocnienie podłoża można wykonać jednym z następujących sposobów:

- wymiana gruntów bardzo ściśliwych na nasyp budowlany, wykonany z gruntów niespoistych;
- przeciążenie wstępne;
- czasowe obniżenie poziomu wody gruntowej;
- ulepszenie gruntów przez odziarnienie lub stabilizację chemiczną;
- zagęszczenie wgłębne, a zwłaszcza konsolidacja dynamiczna;
- zbrojenie gruntów;
- wykonanie pali wzmacniających lub zagęszczających albo wcinek piaskowych;
- wbudowanie geotekstyliów

Sposób wzmocnienia podłoża należy podać w projekcie budowli.

## 2. Układanie i zagęszczanie warstw nasypu:

**a)** materiał gruntowy o różnych właściwościach należy układać i zagęszczać warstwami o jednakowej grubości na całej szerokości nasypu;

**b)** jeśli dopuszcza się wykonanie nasypu z różnych materiałów, ale projekt nie określa miejsca ich wbudowania, należy przestrzegać reguł podanych w pkt 4.1.8.3.;

**c)** miąższość warstw nasypu należy ustalać w zależności od rodzaju materiału, od wymaganego zagęszczenia oraz od rodzaju sprzętu zagęszczającego, zgodnie z punktem 4.1.8.5.;

**d)** jeżeli w układanym materiale znajdują się głazy, kamienie albo bryły gruntu, to należy je rozmieścić w nasypie tak, aby nie powodowały powstawania szkodliwych pustek;

**e)** jeżeli w podłożu nasypu występują grunty wysadzinowe, należy postępować zgodnie z punktem 4.1.3.;

**f)** warstwy gruntów przepuszczalnych należy układać poziomo; warstwy gruntów mało przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych (o wartości współczynnika  $k_{1i}$ )  $< 10^{-5}$  m/s) należy układać ze spadkiem podłużnym górnej powierzchni do 10% oraz spadkiem poprzecznym górnej powierzchni około 4% do 5%; na terenie równinnym lub wododziale spadek poprzeczny powinien być obustronny, a w przypadku nasypu na zboczu - zgodny z jego spadkiem;

**g)** warstwy nasypu należy zagęszczać od zewnątrz ku środkowi;

**h)** materiały gruntowe, a szczególnie grunty spoiste, należy zagęszczać bezpośrednio po ułożeniu warstwy;

**i)** gdy po zagęszczeniu gruntów spoistych otrzymuje się gładką powierzchnię warstwy (np. przy zastosowaniu walców gładkich), należy ją na krótko przed ułożeniem następnej warstwy spulchnić na głębokość około 5 cm i ewentualnie zrosić wodą w celu lepszego połączenia warstw;

**j)** w przypadku gdy nadmierne zagęszczenie nasypu nie jest dopuszczalne, musi być ustalona górna granica zagęszczenia;

**k)** połączenie dwóch przyległych części nasypu, wykonywane z różnorodnych gruntów, należy zapewnić stopniami ukształtowanymi według zasad przedstawionych w punkcie 4.1.4.5.;

**l)** górną warstwę nasypu (na skarpach i na koronie) o grubości nie mniejszej niż 0,5 m należy wykonać z gruntów niespoistych, niewysadzinowych, o wskaźniku różnoziarnistości co najmniej 5 i współczynniku filtracji  $k_{10} > 6 \times 10^{-5}$  m/s; w przypadku braku takiego gruntu, górną warstwę należy ulepszyć spoiwem (cementem, wapnem lub aktywnymi popiołami), grubość warstwy i sposób ulepszenia powinny być zgodne z dokumentacją projektową;

**m)** każda wykonana warstwa nasypu musi być poddana procedurze odbioru częściowego, a następna, wyżej położona warstwa może być układana dopiero po osiągnięciu wymaganego zagęszczenia poprzedniej warstwy, potwierdzonego w trakcie odbioru;

Inne podstawowe uwarunkowania wykonywania nasypów:

- należy uwzględniać zmiany kształtu nasypu (nachylenie i linie skarp oraz szerokość i rzędne korony) oraz stosować poprawki na osiadanie podłoża i korpusu nasypu;
- jeżeli przewidziano umieszczenie w nasypie konstrukcji i urządzeń, to powinny one być wykonane wcześniej niż nasyp, chyba że w projekcie ustalono inaczej; w trakcie wykonywania nasypu należy je chronić przed uszkodzeniami;
- urządzenia pomiarowe, które zostały wbudowane w nasyp w celu obserwacji osiadania, przesunięć itp., należy zabezpieczyć przed uszkodzeniem i zmianą położenia;
- w przypadku wbudowania gruntów o bardzo zróżnicowanym uziarnieniu należy zapobiegać ich rozsegregowaniu podczas wyładowywania ze środków transportowych; rozsegregowany materiał nie może być wbudowany w strefy styku z innymi gruntami, z podłożem oraz konstrukcjami betonowymi.

### **12) Wybór materiałów na nasyp**

Do wykonania nasypów według norm [2,4] należy stosować materiały ziarniste o możliwie najbardziej zróżnicowanym uziarnieniu. Wskaźnik różnoziarnistości gruntu powinien wynosić co najmniej 3. Grunty z mniejszym wskaźnikiem różnoziarnistości można zastosować, jeżeli wstępne próby na poletku doświadczalnym wykażą możliwość uzyskania wymaganego zagęszczenia. Z reguły stosowane są:

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

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

Można stosować w określonych warunkach, przy spełnieniu specjalnych wymagań ustanowionych dla tych materiałów, grunty spoiste i organiczne oraz materiały przemysłowe lub odpadowe, tj.:

- lekkie kruszywa,
- selekcyjonowane odpady z kopalni węgla,
- sproszkowane popioły z elektrowni.

Średnica ziaren gruntu stosowanego do korpusu nasypu nie powinna przekraczać 200 mm. Zastosowanie gruntów zawierających kamienie o wymiarach do 500 mm dopuszcza się pod warunkiem wypełnienia przestrzeni między nimi gruntem o drobniejszym uziarnieniu.

W dolnej części nasypu mogą być pozostawione pojedyncze kamienie, głązy lub bloki skalne o wymiarach większych niż 500 mm. Wówczas miąższość nasypu ponad nimi musi wynosić co najmniej 2 m oraz muszą istnieć możliwości zagęszczenia gruntu pomiędzy nimi. Należy wówczas przewidzieć specjalne zabiegi umożliwiające zagęszczenie gruntu.

Nie nadają się na górne i dolne warstwy nasypów następujące materiały:

- ły, gliny zwięzłe i inne grunty spoiste o granicy płynności powyżej 60% (w przypadku nasypów obiektów komunikacyjnych) i 65% (w przypadku nasypów innych obiektów budowlanych);
- grunty organiczne (o zawartości części organicznych  $I_{om} > 2\%$ ), z wyjątkiem piasków próchnicznych o  $I_{om} < 5\%$ ; grunty organiczne (namuły, torfy, gytie) i inne materiały o gęstości objętościowej szkieletu gruntowego poniżej  $1,6 \text{ g/cm}^3$  można stosować tylko w szczególnych przypadkach, np. do budowy nasypów na słabych gruntach;
- grunty i materiały trudnozagęszczalne, z maksymalną gęstością objętościową szkieletu mniejszą niż  $1,6 \text{ g/cm}^3$  (przy czym nie dotyczy to żużli i popiołów);
- grunty pęczniejące oraz z domieszkami rozpuszczalnymi w wodzie;
- grunty zanieczyszczone (zawierające odpadki, gruz, części roślinne, karcze drzew, śnieg, lód lub torf itp.) i grunty zamrożone.

Nie nadają się na górne warstwy nasypów grunty spoiste o granicy płynności  $w_L > 35$ . Piaski drobnoziarniste wbudowywane w strefie do 50 cm poniżej powierzchni robót ziemnych powinny się charakteryzować wskaźnikiem nośności  $w_{noś} > 10$ .

Łupki przywęgłowe są materiałem odpowiednim do budowy nasypów pod warunkiem użycia technologii wbudowania dostosowanej do specyficznych właściwości danego materiału, warunków wodnych oraz miejsca w budowlu ziemnej.

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

Materiał w postaci mieszaniny popiołowo-żużło-wej przeznaczony do wbudowania w nasypy powinien się charakteryzować jak najgrubszym uziarnieniem oraz spełniać wymagania podane w tabeli 4.1.8.2/1.

W przypadku planowania zastosowania materiałów odpadowych, mogących stanowić zagrożenie dla środowiska, należy uzyskać odpowiednie pozwolenie z terenowego organu inspekcji ochrony środowiska.

Jeżeli w dokumentacji projektowej nie określono rodzaju materiałów do budowy nasypu, można posłużyć się zaleceniami zawartymi w załączniku A normy PN-B-06050:1999.

### **13) Rozmieszczenie gruntów w nasypie**

Rozmieszczenie gruntów w nasypie zależy od takich czynników jak:

- przeznaczenie i funkcja nasypu,
- warunki terenowe i klimatyczne,
- możliwości wyboru materiałów,
- innych czynników.

Jednym z podstawowych kryteriów wyboru i rozmieszczenia gruntów w nasypach jest ich wysadzi-nowość. Wysadzinowość należy określać na podstawie danych podanych w tabeli 4.1.8.3/1. [4].

Podstawowym wskaźnikiem klasyfikacyjnym jest zawartość drobnych cząstek gruntów, a dodatkowymi, stosowanymi w przypadkach wątpliwych, wskaźnik piaskowy WP i kapilarność bierna  $H_{kb}$ . Wskaźnik piaskowy stanowi kryterium oceny gruntów niespoistych, zwłaszcza zbliżonych do mało spoistych. W sytuacji rozbieżności w ocenie według różnych kryteriów jako decydujące wskazywane są wyniki najmniej korzystne.

Jeżeli projekt nie określa rozmieszczenia różnych gruntów w nasypie, należy się stosować, według [2], do 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 wbudować na dowolnym poziomie nasypu, ale zaleca się wbudowanie 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 ustalać tak, 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 albo 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.

Obliczeniową głębokość przemarzania podłoża nawierzchni drogowych [4] należy podać w dokumentacji projektowej jako głębokość przemarzania  $h_z$  określoną według PN-B-03020:1981, zredukowaną odpowiednio do występujących warunków gruntowych (grupy nośności podłoża) i wodnych oraz projektowej kategorii ruchu. W przypadku stosowania warstw ochronnych z materiałów o małym współczynniku przewodności cieplnej uwzględnia się zmniejszenie głębokości przemarzania  $h_z$  na podstawie obliczeń.

#### **14) Rodzaje nasypów**

##### ***Nasypy z gruntów kamienistych lub gruboziarnistych odpadów przemysłowych z wypełnieniem wolnych przestrzeni***

Każdą ułożoną warstwę materiałów gruboziarnistych o grubości nie większej niż 30 cm należy przykryć warstwą żwiru lub piasku, które to materiały w rezultacie ubijania lub wibrowania wypełniają wolne przestrzenie między grubymi ziarnami. Przy tym sposobie budowania nasypów można stosować okruszywa skał, kamienie i odpady przemysłowe miękkie i niemrozoodporne, a jako materiał wypełniający - materiały sypkie o wskaźniku piaskowym nie mniejszym niż 40 oraz wielkości ziaren do 5 mm, tj. piasek, wysiewki z żużla wielkopieczowego według PN-B-23004:1988, mieszaniny popiołowo-żużlowe z osadników elektrownianych, stawów osadowych itp.

##### ***Nasypy z gruntów kamienistych lub gruboziarnistych odpadów przemysłowych bez wypełniania wolnych przestrzeni***

Ten typ nasypu [4] przewidziany jest dla terenów zalewowych lub warunków przepuszczania w dół napływającej po zboczu wody i można go wykonać z materiałów gruboziarnistych: okruszków skał i materiałów odpadowych twardych o maksymalnym wymiarze ziaren 120 mm, a także o średnicy ziaren > 20 mm, mrozoodpornych (straty wagowe po zamrażaniu do 10%), bez wypełniania warstw materiałem drobnoziarnistym. Rolę warstwy oddzielającej może spełniać również geowłóknina separacyjna o odpowiednich parametrach filtracyjnych. Dopuszczalne jest wykonywanie tą metodą tylko

warstwy nasypu położonej poniżej głębokości przemarzania. W tym sposobie wykonania nasypu warstwy kamieniste należy oddzielić od podłoża gruntowego pod nasypem oraz od górnych części nasypu warstwami żwiru, pospółki lub kruszywa łamanego nieodsianego (zawierającego od 25% do 50% ziaren mniejszych od 2 mm) i spełniających warunek:

$$4 d_{85} \geq D_{15} \geq 4 d_{15}$$

gdzie:

$d_{85}$  i  $d_{15}$  - średnice oczek sita, przez które przechodzi 85% i 15% gruntu podłoża lub gruntu górnej warstwy nasypu, mm;

$D_{15}$  - średnica oczek sita, przez które przechodzi 15% materiału gruboziarnistego, mm.

### **Nasypy z mieszanin popiołowo-żużlowych**

Nasypy z mieszanin popiołowo-żużlowych [4] wykonuje się z zachowaniem następujących warunków:

- należy wykonać dolną warstwę odcinającą o grubości co najmniej 50 cm z gruntu lub materiałów o współczynniku filtracji  $k_{1,1} > 6 \times 10^{-5}$  m/s, tj. z kamienia, żwiru, pospółki, żużla wielkopieczowego nierozpadowego według PN-B-23004:1988, wyselekcjonowanego żużla elektrownianego lub innych materiałów odpadowych, o maksymalnej średnicy ziaren 120 mm oraz odporności na rozpad (łącznej stracie masy)  $< 5\%$ ; zamiast warstwy odcinającej z gruntu lub materiałów odpadowych można użyć innego materiału trwale zabezpieczającego przed kapilarnym podsiąkaniem wody; warstwy odcinającej można nie wykonywać, jeżeli poziom wody gruntowej znajduje się co najmniej 1,0 m poniżej podstawy nasypu;
- górnej powierzchni warstwy mieszaniny popiołowo-żużłowej należy nadać spadki poprzeczne około 4% zgodnie z wytycznymi w punkcie 4.1.8.1.;
- górną warstwę nasypu należy wykonać tak, aby zabezpieczała niżej leżące warstwy mieszaniny popiołowo-żużłowej przed nadmiernym zawilgoceniem, np. przez stabilizację spoiwami lub zastosowanie geomembrany, przykrytej co najmniej 10-centymetrową warstwą piasku;
- skarpy nasypu należy zabezpieczyć tymczasową warstwą przeciwoerozyjną, sprzyjającą wytworzeniu stałej okrywy roślinnej.

### **Nasypy na zboczach**

Nasyp na zboczu [4] o pochyleniu od 1:5 do 1:2 należy zabezpieczyć przed zsuwaniem się po podłożu przez wycięcie w zboczu stopni według wytycznych z punktu 4.1.4.5. Zalecane jest również wykonanie rowu stokowego powyżej nasypu w celu ograniczenia dopływu wód powierzchniowych w obszar podstawy nasypu.

W przypadku pochylenia zbocza większego niż 1:2, nasyp należy wykonać według dokumentacji projektowej, opracowanej na podstawie szczegółowych badań podłoża, uwzględniającej zapewnienie stateczności nasypu np. przez zastosowanie podparcia w formie ścianki oporowej.

### **Nasypy na gruntach o małej nośności**

Nasypy przewidziane dla danych warunków gruntowych [4] należy wykonywać według dokumentacji projektowej opartej na:

- (a) wynikach badań warunków geotechnicznych podłoża;
- (b) wynikach badania próbek gruntu z uwzględnieniem określenia rodzaju gruntu, parametrów odkształcalności (z badań edometrycznych, presjometrycznych itp.), współczynnika filtracji, stopnia zwilgocenia i innych właściwości gruntu;
- (c) obliczeniach stateczności nasypu;
- (d) obliczeniach wartości i czasu osiadania;
- (e) obserwacjach osiadań nasypów doświadczalnych;

(f) uzasadnieniu ekonomicznym obranej metody budowy nasypu.

W przypadku małej grubości warstw silnie ściśliwych wskazana jest ich wymiana na grunt mineralny. W razie potrzeby należy zastosować środki przyspieszające konsolidację silnie ściśliwego podłoża (okresowe przeciążenie podwyższonym nasypem, dreny pionowe, wcinki filtracyjne itp.). Zaleca się wykonywanie nasypu co najmniej 1 rok przed ułożeniem podbudowy nawierzchni.

### **15) Wybór technologii, warunki wykonania i zagęszczania nasypów**

Technologia formowania i zagęszczania nasypu powinna zapewniać stateczność nasypu podczas całego okresu realizacji i nie wywierać niekorzystnego wpływu na naturalne podłoże pod nasypem bądź na konstrukcje i urządzenia umieszczone w nasypie.

Technologię zagęszczenia należy ustalać dla każdej strefy lub warstwy, w zależności od przeznaczenia nasypu i wymagań odnośnie do jego funkcjonowania.

W celu określenia najkorzystniejszej procedury zagęszczania i ustalania kryteriów kontroli należy wykonywać próbne zagęszczenie (próbne testy polowe zagęszczenia) z użyciem materiałów, które mają być zastosowane oraz sprzętu, którym materiały będą zagęszczane w nasypie.

Dokładność wykonania budowli ziemnych powinna być określona w projekcie.

Przy poszerzeniu istniejącego nasypu, w celu lepszego związania z nim wbudowanego gruntu, należy w jego skarpach wycinać stopnie według wytycznych z punktu 4.1.4.5.

Dla nasypów wykonywanych na silnie ściśliwym podłożu należy przewidzieć zabiegi zapobiegające nadmiernym dodatkowym osiadaniom i przemieszczeniom bocznym poszerzanego nasypu.

Skarpy nasypów należy formować z pochyleniem zgodnie z dokumentacją projektową, z dokładnością. Pochylenie w gruntach nie-skalistych bez dodatkowych umocnień nie powinno być większe niż 1:1,5. Z wyprofilowanej powierzchni skarp należy usunąć kamienie większe niż 80 mm. Nierówności powierzchni skarp mierzone za pomocą łaty o długości 3 m powinny spełniać wymagania z punktu 4.1.4.1.

Wyprofilowane skarpy należy bezwzględnie i jak najszybciej zabezpieczyć przed erozją, zgodnie z dokumentacją projektową.

W okresach występowania deszczów i mrozów nasypy zaleca się wykonywać jedynie z gruntów i materiałów z grupy przydatnych bez zastrzeżeń według tabeli 4.1.3/2. Nie należy wbudowywać gruntów o nadmiernej wilgotności ( $w > w_{opt}$ ), zamarzniętych albo przemieszanych ze śniegiem lub lodem.

Przy zagęszczaniu nasypów według [2] należy przestrzegać następujących zasad:

(a) każda warstwa materiału w nasypach lub zasypkach powinna być zagęszczona mechanicznie lub ręcznie;

(b) 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 poprzednie ślady;

(c) miąższość warstwy zagęszczanego materiału zaleca się ustalać doświadczalnie, na podstawie próbnego zagęszczania;

(d) miąższość warstwy gruntu przy zagęszczaniu ręcznym nie powinna być większa niż 15 cm;

(e) 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 zagęszczania;

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

(h) czas między 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.

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

Wilgotność technologiczną gruntu  $w_n$  w czasie jego zagęszczania wskazane jest dostosować, według wytycznych normy [4], do metody zagęszczania i rodzaju maszyny zagęszczającej. Głównym kryterium jej ustalenia jest możliwość zagęszczania gruntu do uzyskania wymaganego poziomu nośności.

Jeżeli zagęszczanie wykonywane jest walcami statycznymi, wilgotność powinna być zbliżona do optymalnej, oznaczonej na podstawie próby normalnej metodą I i II wg PN-B-04481:1988 (PN-88/B-04481). Przy tym nie powinna ona przekraczać następujących przedziałów wartości:

- w gruntach niespoistych  $w_n = w_{opt} \pm 2\%$ ,
- w gruntach mało i średnio spoistych  $w'' = (w_{opt} - 2\%) \div (w_{opt} + 0\%)$ ,
- w mieszaninach popiołowo-żużlowych  $w_n = (w_{opt} - 4\%) - (w_{opt} + 2\%)$

Według normy [2] wilgotność technologiczna gliniastych pospółek, żwirów i rumoszy, powinna wynosić  $w_n > 0,7 w_{opt}$ .

Jeżeli zagęszczanie wykonywane jest sprzętem

**PN** wibracyjnym, zalecana jest  
podstawie wstępnych badań

wilgotność mniejsza od optymalnej. Wilgotność tę ustala się na na poletku doświadczalnym.

Urządzeniami wibracyjnymi można zagęszczać grunty niespoiste również w stanie powietrzno-suchym oraz gdy zalegają one poniżej zwierciadła wody, o ile wstępne próby z badań dadzą pozytywne wyniki.

W przypadku gdy wilgotność gruntu przeznaczonego do zagęszczania jest większa od wilgotności optymalnej o wartość większą od podanych wyżej odchyień, grunt wymaga przesuszenia w sposób naturalny (np. na odkładzie) lub ulepszenia przez zastosowanie dodatku spoiw.

Gdy występuje taka konieczność, zaleca się zwiększenie wilgotności gruntu przez zraszanie go wodą.

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

Wskaźnik zagęszczenia nasypów  $I_s$ , na których przewiduje się posadowienie fundamentów konstrukcji, nie powinien być mniejszy niż 0,97 [2]. Należy również przy tym wykluczyć wystąpienie nadmiernych różnic osiadania w obrębie nasypu.

W przypadku formowania nasypów w warunkach specjalnych, do których zalicza się wsypywanie gruntu do wody, po częściowym lub całkowitym usunięciu gruntu organicznego oraz kiedy zakłada się, że nasyp według uzgodnionych warunków wykonywania ma osiadać przez dłuższy czas, należy jego górne warstwy zagęszczać intensywnie za pomocą walców wielokołowych, wibratorów lub ciężkich ubijaków (metodą konsolidacji dynamicznej) [4]. W sytuacji, jeżeli nie udaje się osiągnąć w wymaganym okresie ostatecznego osiadania nasypu, zaleca się ułożyć na nasypie tymczasową nawierzchnię, łatwą do przebudowy w przyszłości.

## **I. OCHRONA OBIEKTÓW I ROBÓT ZIEMNYCH**

### **16) Ogólne zasady działań ochronnych**

Realizowane budowle ziemne należy trwale zabezpieczyć przed działaniem czynników atmosferycznych i wystąpieniem innych niekorzystnych procesów. Skarpy, dno wykopu czy też koronę nasypu należy umocnić bezpośrednio po ich wykonaniu. Umocnienia można wykonywać odcinkami.

Jeżeli nie jest możliwe wykonanie trwałego zabezpieczenia zaraz po zrealizowaniu obiektu, do chwili wykonania właściwego umocnienia należy tymczasowo zabezpieczyć skarpy oraz dno wykopów lub koronę nasypów przed działaniem wpływów atmosferycznych oraz przed uszkodzeniami mechanicznymi. Odnosi się to również do dłuższych przerw roboczych.

W przypadku rozmycia, erozji lub innego uszkodzenia warstwy zewnętrznej, gdy nie zastosowano zabezpieczenia lub okazało się ono mało skuteczne, należy ją usunąć.

Po długiej przerwie roboczej przed wykonaniem umocnień konieczne jest sprawdzenie parametrów obiektu i w przypadku odstępstwa od założeń projektowych przywrócenie stanu i wymiarów zgodnych z projektem.

W przypadku wykopów i ukopów należy się kierować również wytycznymi zawartymi w punkcie 4.1.7.2.

### **17) Drenaż**

Ważnym elementem zabezpieczenia obiektów i robót ziemnych realizowanych w niesprzyjających warunkach gruntowo-wodnych jest stosowanie drenażu. Zadaniem jego jest odprowadzenie poza teren obiektu i budowy wody gruntowej o zwierciadle swobodnym lub napiętym oraz wody infiltracyjnej. Warunki techniczne wykonania drenażu sformułowane zostały w punkcie 4.1.4.3.

### **18) Zabezpieczenie skarp**

Powierzchnię formowanych budowli ziemnych i ich otoczenie należy wyprofilować, wykonując spadki umożliwiające odpływ wody deszczowej poza teren prowadzonych robót, zgodnie z projektem organizacji robót. Jest to szczególnie ważne w przypadku formowania skarp.

Jeżeli w dokumentacji projektowej nie zostały przewidziane specjalne środki ochrony powierzchni skarp, ich zabezpieczenie na czas eksploatacji należy przeprowadzić przez naniesienie warstwy ziemi urodzajnej o grubości po zagęszczeniu od 10 cm do 15 cm. Warstwę tę tworzy się przez zastosowanie jednej z dwóch metod:

- humusowanie - naniesienie warstwy urodzajnej o zawartości co najmniej 2% części organicznych;
- mulczowanie - wymieszanie z materiałem skarpy za pomocą hydrosiewnika ściekowych osadów wtórnych, do uzyskania zawartości części organicznych co najmniej 1% [4].

Ukształtowaną w taki sposób warstwę ziemi urodzajnej należy obsiać mieszankami nasion traw, roślin motylkowych i bylin w ilości od 20 g/m<sup>2</sup> do 30 g/m<sup>2</sup>, dobranych odpowiednio do warunków siedliskowych. Następnie na obsianą powierzchnię należy nanieść metodą hydroobsiewu lub mulczowania (rapowania) tymczasową warstwę przeciwoerozyjną (osadów ściekowych wtórnych, emulsji asfaltowych lub lateksu) [4].

Odbiór nowo ukształtowanej szaty roślinnej dokonywany jest w okresie od 6 miesięcy po pełni wschodów do 12 miesięcy po obsiewie. Dopuszczalne jest, aby łączna powierzchnia niezadarnionych miejsc nie była większa niż 2% powierzchni obsianej skarpy, a maksymalny wymiar pojedynczych niezadarnionych miejsc nie przekraczał 0,2 m<sup>2</sup> [4]. Niedopuszczalne jest występowanie wyżłobień erozyjnych lub lokalnych zsuwów lub spływów w warstwie ziemi urodzajnej.

Możliwe jest zastosowanie innych sposobów i metod umocnienia skarp, tj. darniowanie, brukowanie lub zabezpieczenie biowłókniną, płótkami faszynowymi, płytami ażurowymi, matami,

wykonywanych według indywidualnych projektów.

### **19) Roboty ziemne w okresie mrozów**

Ogólne zasady, jakimi należy się kierować przy wykonaniu robót ziemnych w warunkach zimowych, formułuje norma [2].

Zaleca się wykonywanie w okresie mrozów tylko nasypów z gruntów niespoistych, przy zachowaniu warunków specjalnych, gwarantujących prawidłowe wykonanie nasypu o wymaganym zagęszczeniu.

W okresie występowania ujemnych temperatur grunt należy odspajać w sposób ciągły, tak aby nie przemarzał. W przypadku dłuższych przerw w prowadzeniu prac ziemnych, przekraczających 2 h, odsłonięte powierzchnie robocze powinny być przykryte odpowiednim materiałem ochronnym lub warstwą spulchnionego gruntu, pozostawionego albo specjalnie nasypanego w te miejsca.

Teren przewidziany na wykonanie wykopów w okresie mrozów powinien być zabezpieczony przed przemarzaniem.

W okresie mrozów nie powinno się wykonywać wyrównania skarp i dna wykopów w gruntach spoistych.

## **I. TOLERANCJA WYKONANIA I KONTROLA ROBÓT ZIEMNYCH**

### **20) Odchylenia od wartości projektowanych**

Podstawowe wymiary liniowe i rzędne robót oraz budowli ziemnych powinny być podane w projekcie. W tabeli 4.1.10.1/1 na podstawie [2] zamieszczono odchylenia od wartości projektowanych podstawowych elementów budowli ziemnych w przypadku braku tego rodzaju danych w opracowaniu projektowym.

**Tabela 4.1.10.1/1. Dokładność wykonania elementów budowli ziemnych**

Lp	Element budowli	Jednostka	Dokładność
1	Teren - spadek terenu - rzędne w siatce kwadratów 40 m x 40 m - spadek rowów odwadniających	% cm %	±0,02 ±4 ±0,05
2	Wykopy - rzędne dna wykopu fundamentowego - rzędne dna wykopu dla rurociągów w gruntach spoistych - rzędne dna wykopu dla rurociągów w gruntach wymagających wzmocnienia - wymiary w planie wykopów rozpartych i dla pozostałych wykopów o szerokości dna poniżej 1,5 m	cm cm cm cm	±5 ±3 ±5 ±5

Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych ST – 01 ROBOTY BUDOWLANE ST-01/2 ROBOTY ZIEMNE			
	- wymiary w planie wykopów o szerokości dna większej niż 1,5 m - wymiary w pionie wykopów dla przewodów podziemnych - odległość krawędzi dna od ustalonej w planie osi wykopów dla przewodów podziemnych - nachylenie skarp wykopów fundamentowych - nachylenie skarp wykopów dla przewodów podziemnych	cm cm cm % %	±15 ±10 ±5 10 5
3	Nasypy - rzędne korony nasypu budowlanego - szerokość podstawy nasypu budowlanego - szerokość korony nasypu budowlanego - nachylenie skarp stałego odkładu	cm cm cm %	±2 <sup>5</sup> ±15 ±5 10

### 21) Badania budowli ziemnych

Przed i w trakcie wykonywania budowli ziemnych niezbędne jest przeprowadzenie szeregu badań kontrolnych jakości realizowanych elementów budowlanych. W przypadku drogowych i inżynierskich budowli ziemnych zestawienie rodzajów badań i momentu ich wykonania w cyklu realizacyjnym budowli przytoczone zostało za normą [4] w tabeli 4.1.10.2/1.

**Tabela 4.1.10.2/1. Zestawienie zakresu i potrzeby wykonania badań drogowych budowli ziemnych**

Lp.	Rodzaj badań	Wskazanie konieczności wykonania lub pominięcia badania		
		przed rozpoczęciem robót	w czasie wykonywania robót	po wykonaniu budowli lub jej części
1	Sprawdzenie zgodności z dokumentacją	-	+	+
2	Sprawdzenie kształtu przekroju poprzecznego i pochyłeń skarp	-	+	+
3	Badanie materiałów do wykonania podłoża ulepszanego	+	+	-
4	Badanie odkształcalności podłoża nawierzchni	-	-	+
5	Sprawdzenie wykonania podłoża ulepszanego	-	+	+
6	Badanie gruntów do korpusu nasypu	+	+	-
7	Sprawdzenie wykonania korpusu nasypu	-	+	+
8	Badanie gruntów do dolnej warstwy odcinającej nasypu	+	+	-

Specyfikacje Techniczne Wykonania i Odbioru Robót Budowlanych ST – 01 ROBOTY BUDOWLANE ST-01/2 ROBOTY ZIEMNE				
9	Sprawdzenie dokładności wykonania warstwy odcinającej	-	+	+
10	Sprawdzenie podłoża wzmocnionego		+	+
11	Badanie zagęszczenia i nośności gruntu	-	+	+
12	Sprawdzenie wypełnienia zasypek obiektów inżynierskich	-	+	+
13	Badanie materiałów do zasypek obiektów inżynierskich	+	+	-
14	Sprawdzenie wykonania poszerzeń lub dobudowy nasypów	—	+	+
15	Sprawdzenie umocnienia skarp	-	+	+
16	Sprawdzenie wykonania rowów	-	+	+

Ogólne zasady przeprowadzenia badań kontrolnych robót i obiektów ziemnych podaje norma [2].

Przed rozpoczęciem robót ziemnych należy upewnić się w poprawności danych rozpoznania geotechnicznego podłoża gruntowego. W szczególności kontrola powinna dotyczyć rodzaju i miąższości warstw gruntów zalegających w miejscu robót ziemnych oraz warunków wodno-gruntowych w podłożu. Wyniki badań kontrolnych podłoża należy porównać z:

- dokumentacją geotechniczną, stanowiącą podstawę projektu budowlanego i projektu robót ziemnych,
- projektem robót ziemnych.

Badania gruntów w wykopach wykonuje się w celu sprawdzenia zgodności rzeczywistego rodzaju i stanu gruntu z założonym w projekcie. Badania tego rodzaju prowadzi się również w miarę potrzeb, dla oceny zagęszczenia gruntu na dnie oraz na skarpach wykopu. Zakres badania gruntów na dnie wykopu zależy od rodzaju, rozmiarów oraz kategorii geotechnicznej budowli ziemnej lub innej konstrukcji, przewidzianej do posadowienia w danym wykopie.

Zagęszczenie gruntu w nasypach określa się z reguły na podstawie pomiarów:

- gęstości objętościowej szkieletu gruntowego,
- wilgotności,
- oporu penetracji,
- modułu odkształcenia i in.

Należy pamiętać, iż wyniki pomiarów mogą być niemiernodajne przy ocenie zagęszczenia gruntów spoistych.

Maksymalną gęstość objętościową szkieletu gruntowego oraz optymalną wilgotność zaleca się oznaczać metodą I i II w badaniach metodą Proctora według normy PN-88/B-04481.

Wtórne moduły odkształcenia należy oznaczać przy powtórным obciążeniu statycznym płytą. Dodatkowym kryterium oceny wymaganego zagęszczenia może być wartość stosunku modułów odkształcenia wtórnego do odkształcenia pierwotnego.

Metoda Proctora nie jest właściwa w przypadku badania niektórych mieszanek materiałów

gruntowych, np. nasypów skalnych lub nasypów zawierających dużą ilość głazów i kamieni oraz niektórych metod zagęszczania. W takich przypadkach badania zagęszczonego gruntu można przeprowadzić metodami sejsmicznymi, ewentualnie zastąpić sprawdzeniem czy zagęszczenie przeprowadzono zgodnie z procedurą ustaloną na podstawie próbnego zagęszczenia lub porównywalnego doświadczenia. Można również sprawdzić czy dodatkowe osiadanie, spowodowane dodatkowym przejściem sprzętu zagęszczającego, jest mniejsze niż określona wartość.

W trakcie wykonywania budowli ziemnej, w celu sprawdzenia stanu i prawidłowości jej zachowania, w zależności od potrzeby mogą być prowadzone następujące pomiary:

- zwierciadła wody gruntowej w podłożu gruntowym,
- ciśnienia wody w porach gruntu,
- parametrów wytrzymałościowych gruntu,
- osiadania lub przemieszczenia poziomego podłoża lub nasypu i in.

Zakres i metoda prowadzenia pomiarów powinna być sprecyzowana w projekcie.

Badania podłoża gruntowego zgodnie z wytycznymi normy [4] należy wykonywać zgodnie z wymaganiami i metodyką podaną w normie PN-B-03020:1981. Zaleca się przy tym wykorzystać szczegółowe wytyczne zawarte w wydawnictwie GDDP z 1998 r. pt. "Instrukcja badań podłoża gruntowego budowli drogowych i mostowych". Zakres badań powinien umożliwiać wydzielenie na podstawie ich wyników warstw geotechnicznych z dokładnością odpowiadającą wymaganiom do przeprowadzenia obliczeń nośności i stateczności budowli ziemnych.

Rozpoznanie podłoża zaleca się przeprowadzać, stosując badania geofizyczne. Przy tym cechy podłoża należy ustalać na podstawie odwiertów lub wykopów badawczych, sondowań lub innych badań polowych, badań makroskopowych oraz badań laboratoryjnych wykonanych wg PN-B-04481:1988. Poziom rozpoznanie podłoża powinien sięgać do głębokości strefy aktywnej  $z_{\max}$  wg PN-B-03020:1981.

Wyniki badań powinny uwzględniać rozpoznanie właściwości gruntów pod kątem możliwości ich wykorzystania jako materiału do budowli ziemnych. Liczbę punktów badawczych i odległości między punktami w terenie należy dostosowywać do warunków geologicznych

Jeżeli na terenie budowy występują grunty bardzo ściśliwe (torf, namuły, sapropel, kreda jeziorna), otwory powinny sięgać co najmniej 3 m poniżej dolnej powierzchni tych pokładów.

Na terenach osuwiskowych liczba otworów, ich rozmieszczenie i głębokość powinny umożliwić zlokalizowanie istniejących lub potencjalnych powierzchni poślizgów.

W miejscach prowadzenia przepustów pod drogami głębokość otworów powinna wynosić co najmniej 4 m poniżej spodu fundamentu.

Dopuszcza się zastąpienie wymogu wykonywania pełnej wymaganej liczby otworów, jeżeli w miejscach pomiarów wykonane zostaną inne badania sprawdzające podłoże, tj. sondowania statyczne lub dynamiczne, badania presjometryczne itp.

W przypadku gruntów bardzo ściśliwych (o module ściśliwości  $M_0 < 5 \text{ MN/m}^2$ ) w celu uściślenia lokalizacji warstw należy zwiększyć liczbę wierceń, wykopów, sondowań itp.

W sytuacji występowania czynnych osuwisk, głębokich bagien, torfowisk, zjawisk krasowych itp. badania geologiczno-inżynierskie należy przeprowadzić według indywidualnie dobranej metodyki.

Kontrola wykonania nasypów i odkładów według normy [4] zarówno w czasie wykonywania robót, jak i po ich wykonaniu, przeprowadzana jest w zależności od badanych cech, wizualnie, przez pomiar lub pomiar i obliczenie. Nierówności powierzchni należy sprawdzić przez pomiar przy użyciu łaty o długości 3 m.

Sprawdzenie w trakcie realizacji budowy prac zakrywanych powinno być odnotowane w dokumentach wykonawczych i potwierdzone przez nadzór. Kontrola po zakończeniu budowy polega na sprawdzeniu następujących zapisów:

- zgodność wyboru materiałów i dostosowania do nich wymagań stawianych danemu typowi materiałowo-konstrukcyjnemu nasypu,
- zgodność z wymaganiami wykonania poszerzeń nasypu,
- zgodność z wymaganiami uformowania skarp nasypu,
- zachowanie dokładności wykonania poszczególnych elementów nasypu,
- zgodność z wymaganiami wykonania odkładów.

Badania wysadzinowości gruntu według normy [4] powinny obejmować co najmniej:

- badania zawartości drobnych frakcji, kapilarności biernej oraz/lub wskaźnika piaskowego, lub wskaźnika nośności - na etapie projektowania obiektu;
- kontrolę wskaźnika piaskowego - na etapie realizacji prac.

Poszczególne rodzaje badań należy wykonywać według następujących wytycznych:

- skład granulometryczny, wilgotność naturalną i granicę płynności - zgodnie z metodyką podaną w normie PN-B-04481:1988;
- kapilarność bierną - zgodnie z metodyką podaną w normie PN-B-04493:1960;
- wskaźnik piaskowy gruntów i mieszanin żużlowo-popiołowych - zgodnie z metodyką podaną w normie BN-64/8931-01;
- zawartość części organicznych zaleca się określać metodą chemiczną (I. W. Tiurina), przez utlenianie za pomocą dwuchromianu potasu;
- zawartość siarczanów dopuszcza się określać dowolną metodą zapewniającą uzyskanie wyniku (wartości bezwzględnej) o dokładności nie mniejszej niż  $\pm 0,1$  %;
- współczynnik filtracji dopuszcza się określać na podstawie uziarnienia gruntu lub materiału oraz ich porowatości (w tym celu można wykorzystać dane empiryczne albo wykonać obliczenia, wykorzystując wzory Slichtera lub USBSC); w przypadkach wątpliwych należy zastosować metody laboratoryjne według odpowiednich szczegółowych wytycznych (zamieszczonych np. w instrukcji ITB nr 339 z 1996 "Badania szczelności izolacji mineralnych składowisk odpadów");
- badania przydatności gruntów powinny być wykonane na próbkach pobranych z każdej partii pochodzącej z nowego źródła, jednak nie rzadziej niż trzy razy na każde noworozpoczęte 5000 m<sup>3</sup>.

Zagęszczenie gruntu według normy [4] należy ustalać na podstawie wskaźnika zagęszczenia  $I_s$ , obliczanego z zależności:

$$I_s = \frac{\rho_d}{\rho_{ds}}$$

gdzie:

$\rho_d$  - gęstość objętościowa szkieletu gruntu w nasypie, określona według BN-77/8931-12, g/cm<sup>3</sup>;

$\rho_{ds}$  - maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntu zagęszczonego według normy PN-B-04481:1988, g/cm<sup>3</sup>.

Zagęszczenie gruntu można ustalać również na podstawie wskaźnika odkształcenia  $I_0$ , równego stosunkowi modułów odkształcenia wtórnego  $E_2$  do pierwotnego  $E_1$ , które należy określać według załącznika B normy [4]. Wykonanie tego badania jest szczególnie zalecane w przypadku nasypu mieszanin popiołowo-żużlowych lub gruntów kamienistych.

Częstotliwość wykonania badania wskaźnika zagęszczenia  $I_s$  każdej układanej warstwy przyjmuje się następującą:

- dla podłoża ulepszanego nawierzchni - nie mniej niż jeden raz w trzech punktach na 1500 m<sup>2</sup> powierzchni;
- dla korpusu nasypu i warstwy odcinającej dolnej - nie mniej niż jeden raz w trzech punktach na 5000 m<sup>2</sup> zagęszczanych warstw nasypu;
- dodatkowo w miejscach wskazanych przez nadzór.

Ocenę zagęszczenia gruntu należy przeprowadzić, stosując metodę porównywania poszczególnych wyników badań z wymaganiami podanymi na odpowiednich schematach rysunkowych w normie [4]. Jeżeli liczba pomiarów wynosi co najmniej 10, zaleca się stosować metodę statystyczną. Uzyskana zgodnie z tą metodą średnia wartość wskaźnika  $I_s$  stanowi miarę poziomu zagęszczenia, a współczynnik zmienności  $z_s$  - miarę jednorodności zagęszczenia.

Badanie zagęszczenia gruntu i materiału można również wykonać za pomocą obciążenia go płytą o średnicy co najmniej 300 mm, przyjmując oznaczenia wskaźnika odkształcenia  $I_0$ , równego stosunkowi modułów odkształcenia wtórnego  $E_2$  do pierwotnego  $E_1$  wg załącznika B normy [4] i stosując częstotliwość badań wymaganą dla wskaźnika zagęszczenia. Należy przy tym zapewnić wilgotność badanego gruntu spoistego na poziomie wilgotności optymalnej.

Sprawdzenie zagęszczenia gruntu należy przeprowadzić, stosując metodę porównywania poszczególnych wyników badań z wymaganiami podanymi w normie [4].

Bieżącą kontrolę zagęszczenia można wykonać przy pomocy gęstościomierzy izotopowych wyskalowanych dla warunków odpowiadających sprawdzanym pracom.

Ciągłą kontrolę zagęszczenia warstw za pomocą aparatury pomiarowej zainstalowanej na maszynach zagęszczających należy prowadzić według indywidualnie ustalonego programu. Przy tym aparatura powinna być uprzednio wyskalowana na poletku doświadczalnym.

Nośność gruntu na podstawie pomiaru wtórnego modułu odkształcenia  $E_2$  należy sprawdzić dla:

- warstwy powierzchniowej podłoża nawierzchni,
- najwyższej warstwy robót ziemnych,
- ewentualnie głębszych warstw, jeżeli wymaga tego dokumentacja projektowa lub nadzór.

Badania wtórnego modułu odkształcenia  $E_2$  wykonuje się za pomocą obciążenia statycznego płytą o średnicy 300 mm, zgodnie z załącznikiem B normy [4].

Częstotliwość badań wtórnego modułu odkształcenia  $E_2$  sprawdzanej warstwy przyjmuje się następującą:

- nie mniejsza niż jeden raz w trzech punktach na 2000 m<sup>2</sup> powierzchni;
- w dodatkowych punktach wskazanych przez nadzór;
- liczbę punktów badań można zmniejszyć o połowę w przypadku wbudowywania jednorodnego materiału i zagęszczania go w sposób ciągły odcinkami o długości ponad 100 m.

Nośność warstwy uważa się za wystarczającą, jeżeli wszystkie wartości wtórnego modułu odkształcenia  $E_2$  spełniają wymagania podane w [4].

Ponadto w czasie badania należy sprawdzić:

- zgodność wilgotności zagęszczanego gruntu z wymaganiami,
- zgodność grubości warstw zagęszczanych w stosunku do wartości określonych doświadczalnie według [4],
- zachowanie wymagań przy zagęszczaniu nasypów w warunkach specjalnych.

W przypadku nasypów wykonanych wcześniej o nieudokumentowanym zagęszczeniu,

należy sprawdzić je do głębokości 1 m od powierzchni robót ziemnych, wykonując wykop i określając wskaźnik zagęszczenia gruntu  $I_s$  lub moduł  $E_2$ . Badanie zagęszczenia warstw zlokalizowanych głębiej, w przypadku braku danych lub wątpliwych ich wyników, należy wykonać za pomocą sondowania lub przy pomocy innych zalecanych metod.

Sprawdzenie wypełnienia zasypywanych przestrzeni według [4] wykonuje się w sposób wizualny. Ponadto w czasie zasypywania należy sprawdzić:

- pochylenie skarpy ograniczającej zasypywaną przestrzeń,
- zgodność wyboru materiałów zasypki,
- uzyskanie przy wykonywaniu nasypów wymaganego wskaźnika zagęszczenia  $I_s$  oraz uwzględnienie innych wymagań [4],
- wykonanie systemu odwadniającego, z wykorzystaniem odpowiednich materiałów,
- zgodność zasypki wykopów nad instalacjami.

Częstotliwość badań wskaźnika zagęszczenia według [4] należy przyjąć następującą:

- co najmniej trzy pomiary na 500 m<sup>3</sup> objętości zasypki i nie rzadziej niż trzy pomiary dla każdego przyczółka lub przepustu;
- jeden pomiar co 30 m dla ściany oporowej;
- jeden pomiar co 50 m dla zasypki wykopów nad instalacjami.

Zbadanie umocnienia roślinnego skarp według [4] polega na sprawdzeniu:

- grubości zagęszczonej warstwy ziemi urodzajnej,
- zawartości części organicznej według PN-B-04481:1988,
- obecności nasion nie rzadziej niż raz na 500 m<sup>2</sup> skarpy.

Ponadto w okresie od 6 miesięcy po pełni wschodów do 12 miesięcy po obsiewie należy wybrać obszary o powierzchni od 20 m<sup>2</sup> do 30 m<sup>2</sup>, reprezentujące powierzchnie skarp nie większe niż 500 m<sup>2</sup> i wykonać pomiary powierzchni zadarnionych oraz wymiary pojedynczych miejsc niezadarnionych [4].

Należy również sprawdzić, czy nie występują wyłobienia erozyjne, spływy lub lokalne zsuwy gruntu.

Jeżeli zastosowane zostały inne sposoby umocnienia skarp, badania należy wykonać według zasad, które powinny być zamieszczone w dokumentacji projektowej.

Badania innych materiałów, tj. geowłókniny, folii, zaleca się według [4] wykonywać według zasad podanych w innych dokumentach, na przykład w aprobatkach technicznych wydawanych przez IBDiM.

Roboty ziemne uznaje się za zgodne z wymaganiami normowymi, jeśli wyniki wszystkich badań wykonanych zgodnie z powyższymi wytycznymi spełniają wymagania normy [4]. Jeżeli porównanie rezultatów badań z wymaganiami daje wynik negatywny, stwierdzoną wadę budowlaną należy usunąć i wykonać ponownie badania kontrolne. W przypadku powtórzenia się negatywnych wyników, budowlę lub jej część uznaje się za niezgodną z normą [4].

#### **A. KONTROLA WYKONANIA ROBÓT ZIEMNYCH**

Przed rozpoczęciem robót ziemnych należy sprawdzić dokumentację techniczną i stwierdzić, czy na jej podstawie można wykonać projektowane roboty ziemne lub budowlę ziemną. Można to przeprowadzić poprzez porównanie wykonywanych lub wykonanych wcześniej robót z dokumentacją projektową, a także dokonując oględzin i niezbędnych pomiarów.

Przed przystąpieniem do robót ziemnych należy sprawdzić, czy prace przygotowawcze zostały wykonane zgodnie z projektem i wymaganiami wymienionymi w punkcie 4.1.4.

W szczególności należy skontrolować roboty pomiarowe oraz wytyczenie zarysu robót. Kontrola ta zgodnie z normą [4] powinna być przeprowadzona w następujących punktach realizowanych obiektów i według przytoczonych niżej zasad:

- oś budowli - kontrola na wszystkich załamaniach pionowych i krzywiznach w poziomie oraz co najmniej co 200 m na odcinkach prostych;
- robocze punkty wysokościowe (repery) – pomiary geodezyjne na całej długości realizowanego odcinka;
- punkty niezbędne do usytuowania obiektów pomiary geodezyjne na każdym obiekcie;
- punkty niezbędne do wyznaczania nasypów i wykopów - pomiary geodezyjne co najmniej w 5 punktach na każdym kilometrze oraz w miejscach budzących wątpliwości.

Kontrola robót przygotowawczych według [4] polega również na sprawdzeniu stopnia oraz jakości wykonania następujących działań:

- zabezpieczenia wszystkich przewodów telekomunikacyjnych, elektrycznych, gazowych i innych;
- oczyszczenia terenu pod budowlę;
- uprzątnięcia i złożenia darniny;
- zgarnięcia w pryzmy ziemi urodzajnej oraz obsiania jej;
- usunięcia kamieni i bloków skalnych sięgających wyżej niż 1/3 wysokości projektowanego nasypu;
- zapewnienia odprowadzenia wód powierzchniowych i gruntowych;
- wycięcia w zboczach stopni, sprawdzenia ich wymiarów w razie potrzeby przy użyciu taśmy, łąty i poziomnicy.

Przed przystąpieniem do budowy nasypów konieczne jest wykonanie kontrolnych badań złóż, z których ma być pobierany materiał gruntowy.

Badania należy przeprowadzać:

- co najmniej 1 raz dla każdej partii materiału pochodzącego z nowego źródła;
- nie rzadziej niż raz na każde 1000 m<sup>3</sup> objętości materiału.

Próbki do badań należy wybierać na podstawie oceny wizualnej i analizy makroskopowej.

Kontrola wykonania wykopów i ukopów polega na sprawdzeniu zgodności ich parametrów z projektem i wymaganiami podanymi w punkcie 4.1.7, ze zwróceniem szczególnej uwagi na:

- zabezpieczenie skarp wykopu;
- poprawność wykonania obudowy ścian wykopu;
- prawidłowość odwodnienia wykopu;
- dokładność wykonania wykopu (tj. usytuowanie, wykończenie, wymiary, rzędne, stopień naruszenia naturalnej struktury gruntu w dnie wykopu itp.).

W przypadku sprawdzania zgodności wykonania ukopów należy ocenić przede wszystkim:

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

Kontrola wykonania nasypów polega na sprawdzeniu zgodności ich parametrów z projektem i z wymaganiami podanymi w punkcie 4.1.8, a w szczególności powinna dotyczyć:

- jakości materiałów wbudowanych w nasyp i ich przydatności do wykonania nasypu;
- prawidłowości rozmieszczenia poszczególnych gruntów w nasypie;
- prawidłowości wykonania poszczególnych warstw gruntu, tj. jakości i dokładności zagęszczania oraz odwodnienia poszczególnych warstw;
- dokładności wykonania nasypu.

Kontrola jakości zagęszczenia nasypów według [2] powinna zmierzać do ustalenia wartości odpowiedniego w danym przypadku parametru zagęszczenia warstw we wznoszonej budowli ziemnej, a w niektórych przypadkach, przy zastosowaniu właściwej interpretacji, także do wyznaczenia wartości uogólnionego parametru zagęszczenia dla całej budowli lub jej części.

Zakres i częstość kontroli jakości układanego gruntu oraz zagęszczenia nasypów powinna zależeć od rodzaju i właściwości materiału oraz od przeznaczenia, funkcji i rozmiarów nasyp.

Jeżeli w projekcie nie sprecyzowano częstości i zakresu kontroli, to badania zagęszczenia nasypu powinny być przeprowadzone według następujących zasad:

- nie rzadziej niż, jeden test na 1000 m<sup>3</sup> objętości nasypu oraz trzy testy w każdej jednorodnej warstwie nasypu;
- nie rzadziej niż 1 test na 500 m<sup>2</sup> jednorodnej warstwy.

Liczba przeprowadzenia testów zagęszczenia zasypki powinna wynosić:

- nie mniej niż trzy testy na 500 m<sup>3</sup> objętości zasypki;
- nie rzadziej niż 1 test co 30 m długości ściany konstrukcji oraz 50 m długości wykopu dla przewodów.

Kontrolę jakości zagęszczenia należy prowadzić według [2] trzystopniowo:

(a) **kontrola bieżąca** - prowadzona podczas realizacji, w celu sprawdzenia, czy zostało osiągnięte wymagane zagęszczenie danej warstwy;

(b) **kontrola powykonawcza** - przeprowadzona po wykonaniu całej budowli lub jej części, w celu uzyskania informacji o zagęszczeniu gruntów w całej budowli lub jej częściach (w tym przypadku wyniki powinny być opracowane statystycznie) bądź w celu wykrycia miejsc słabych, kawern (pustek) lub innych miejsc zagrażających bezpieczeństwu;

(c) **kontrola eksploatacyjna** - prowadzona w trakcie użytkowania istniejących obiektów, zazwyczaj gdy powstają obawy o ich bezpieczeństwo lub trwałość, które zwiążać można z niedostatecznym zagęszczeniem gruntu.

Należy zawsze brać pod uwagę fakt, iż wiarygodność kontroli powykonawczej i eksploatacyjnej może być zmniejszona wskutek ograniczonych możliwości badania zagęszczenia na dużych głębokościach lub z innych możliwych przyczyn.

Kontrola bieżąca podczas wykonywania robót ziemnych powinna być przeprowadzona w takim zakresie, aby istniała możliwość oceny stanu i prawidłowości wykonania robót przy odbiorze końcowym.

Termin przeprowadzenia określonej kontroli powinien być ustalony w projekcie. Jeżeli w projekcie nie ustalono inaczej, terminy przeprowadzania kontroli robót można przyjmować orientacyjnie według normy [2]

Wszelkie odstępstwa od projektu przy wykonywaniu robót ziemnych i przygotowawczych muszą być opisane, wyjaśnione i uzasadnione.

## **A. OBMIAR ROBÓT**

(m<sup>3</sup>) wykopu, jego zasypanie i roboty pomocnicze, zużycie podsypek

## **B. ODBIÓR ROBÓT ZIEMNYCH**

Odbiór materiałów przeznaczonych do wykonania danego rodzaju robót ziemnych powinien być wykonany na podstawie wyników rozpoznania geotechnicznego lub geologiczno-inżynierskiego i badania kontrolnego przeprowadzonego przed rozpoczęciem eksploatacji złoża lub jego części, a najpóźniej przed ich wbudowaniem.

W przypadku, gdy materiał złoża zostaje uznany za nieprzydatny do wykonania danego rodzaju robót ziemnych, można go użyć tylko wówczas, gdy istnieje możliwość poprawienia jego właściwości zgodnie z wymaganiami.

Odbiór częściowy należy przeprowadzać w przypadku robót ulegających zakryciu (tj. przygotowanie terenu, przygotowanie podłoża gruntowego nasypu lub pod fundamenty konstrukcji, zagęszczenie poszczególnych warstw gruntów w nasypie, wbudowanie urządzeń odwadniających znajdujących się w nasypie itp.) przed przystąpieniem do następnej fazy (części) robót, uniemożliwiającej dokonanie odbioru robót poprzednio wykonanych w terminach późniejszych. Odbioru częściowy należy dokonać na podstawie wyników odpowiednich badań i kontroli.

Odbiór końcowy robót ziemnych należy przeprowadzać po ich zakończeniu i powinien być dokonywany na podstawie dokumentacji wymienionej w punkcie 4.1.2, łącznie z protokołami z odbiorów częściowych i oceną aktualnego stanu wykonania robót.

W razie konieczności, przy odbiorze końcowym mogą być przeprowadzane dodatkowe badania.

Po dokonaniu odbioru końcowego należy sporządzić dokumentację powykonawczą.

Jeżeli wszystkie przewidziane w punktach **4.1.10.2.**, **4.1.1.3.** i **4.1.1.4.** badania, kontrole i odbiory częściowe robót oraz odbiór końcowy wykazują spełnienie wymagań określonych w projekcie, w niniejszych wytycznych i przytaczanych normach, to wykonane roboty ziemne należy uznać za zgodne z wymaganiami.

W sytuacji, jeżeli choćby jedno badanie, jedna kontrola lub jeden z odbiorów dał wynik negatywny i nie zostały dokonane poprawki doprowadzające stan robót ziemnych do ustalonych wymagań oraz gdy dokonany odbiór końcowy robót dał wynik negatywny, wykonane roboty należy uznać za niezgodne z wymaganiami.

Roboty ziemne uznane przy odbiorze za niezgodne z projektem, wytycznymi czy normami należy poprawić w ustalonym podczas odbioru terminie.

Roboty ziemne, które po wykonaniu poprawek nadal wykazują brak zgodności z wymaganiami, należy ocenić pod względem bezpieczeństwa konstrukcji, trwałości i jakości. Wadliwie wykonane obiekty należy rozebrać a następnie wykonać ponownie, albo uznać za mające obniżoną jakość i uwzględnić skutki tego obniżenia dla konstrukcji.

W przypadku wykonanych wykopów oraz podłoży, w których wynik oceny wykazuje rozbieżność między rzeczywistymi warunkami wodno-gruntowymi, a przyjętymi w projekcie, odbiór może być dokonany pod warunkiem uwzględnienia tej różnicy, zarówno w projekcie robót ziemnych, jak i w projekcie konstrukcji, która ma być posadowiona na ocenianym podłożu, i po przedstawieniu oceny skutków zmian dla robót lub konstrukcji.

## **C. PODSTAWA PŁATNOŚCI**

(m<sup>3</sup>) - po odbiorze robót

## **D. LITERATURA, PRZEPISY I NORMY:**

- Praca zbiorowa, red. A. Bratkowski. i in, *Poradnik kierownika budowy*, Arkady, Warszawa 1989.

- PN-B-06050:1999 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania ogólne.
- PN-B-10736:1999 Roboty ziemne. Wykopy otwarte dla przewodów wodociągowych i kanalizacyjnych.
- PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.