

WYKOPY I ICH ZABEZPIECZENIA PODCZAS PROWADZENIA ROBÓT BUDOWLANYCH

EXCAVATIONS AND THEIR SECURITY IN CONSTRUCTION OF BUILDING WORKS

Dr inż. Jerzy OBOLEWICZ, j.obolewicz@pb.edu.pl

Mgr inż. Dariusz MIEDZIAŁOWSKI

Politechnika Białostocka

*Artykuł recenzowany

Streszczenie

Zwarta zabudowa miejska wymusza stosowanie nowych metod, technologii i organizacji robót podczas wykonywania obiektów budowlanych, w tym robót ziemnych niezbędnych do posadowienia budynków.

W pracy scharakteryzowano wykopy i ich zabezpieczenia na czas prowadzenia robót ziemnych. Zwrócono szczególną uwagę na wykonywanie ścianek szczelnych i szczelinowych.

Słowa kluczowe: wykopy, roboty ziemne, wykopy, zabezpieczenia ścian wykopów, ścianki szczelne, ścianki szczelinowe

Abstract

Compact urban development requires the use of new methods, technology and organization of works during construction works, including earthworks necessary for the foundation of buildings. The excavations and their protection during excavation works were characterized. Particular attention was paid to the production of sealed and crevice walls.

Key words: excavation, earthworks, excavation, trench walls, sealed walls, crevice walls

1. Wprowadzenie

Sprawy projektowania, wykonawstwa i eksploatacji obiektów budowlanych reguluje prawo budowlane [1]. Proces robót, w którym powstaje obiekt budowlany obejmuje między innymi roboty ziemne.

Roboty ziemne wykonuje się w celu:

- wykonania fundamentów obiektu budowlanego na projektowanej głębokości,
- przeprowadzenia linii instalacji podziemnych,
- budowy dróg,
- sztucznego formowania krajobrazu,
- regulacji cieków wodnych,
- budowy sztucznych zbiorników wodnych,
- w innych, szczególnych przypadkach.

Wiłun [2] podzielił wykopy ze względu na wymiary:

- wykop szerokoprzestrzenny – wykop płytszy od jego szerokości lub wykop o szerokości dna przekraczającej 1,5 m,
- wykop wąskoprzestrzenny – wykop głębszy od jego szerokości lub wykop o szerokości dna nieprzekraczającej 1,5 m,
- wykop płytki – wykop płytszy od 1 m,
- wykop głęboki – wykop o ścianach pionowych, zabezpieczonych obudową o wysokości przekraczającej 3 m.

W projektowaniu bezpiecznej [3] technologii i organizacji [4,5,6,7,8,9] wykonywania wykopów [10,11,12] należy brać pod uwagę następujące czynniki:

- warunki geotechniczne i poziom wody gruntowej,

- głębokość wykopu i jego położenie względem sąsiadujących obiektów,
- rodzaj zabudowy sąsiadującej z wykopem,
- metody budowy w wykopie części podziemnej obiektu.

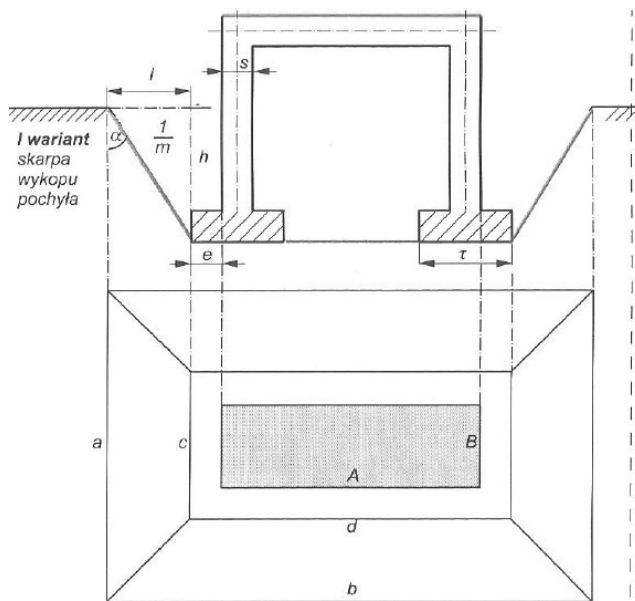
Przy dobrych warunkach gruntowo-wodnych i wolnej przestrzeni zabudowy nie zabezpiecza się bezpośrednio ścian wykopów. Wykorzystując kąt stoku naturalnego gruntu (tab.1) poszerza się górną koronę wykopu o wymaganą odległość (szerokość skarpy wykopu). Po wykonaniu podpiwniczenia obiektu budowlanego, obsypuje się je gruntem do zaprojektowanego poziomu. Przykład zastosowania zasady przy posadowieniu budynku mieszkalnego podpiwniczonego w wolnej przestrzeni przedstawiono na rys.1.

Tabela 1. Kąt stoku naturalnego gruntu [13,14]

Kategoria gruntu normalnej wilgotności	Skarpy nieobciążone				Skarpy obciążone	
	szerokość dna				głębokość	
	do 3 m		ponad 3 m		głębokość	
	do 3 m	ponad 3 m	do 5 m	ponad 5 m	do 3 m	ponad 3 m
	h:l	h:l	h:l	h:l	h:l	h:l
I	1:1,25	1:1,5	1:1,25	1:1,5	1:1,25	1:1,5
II	1:1	1:1,25	1:1	1:1,25	1:1	1:1,25
III	1:0,67	1:0,75	1:0,5	1:0,67	1:0,67	1:0,75
IV	1:0,5	1:0,67	1:0,35	1:0,5	1:0,5	1:0,67
V–XVI	1:0,1	1:0,2	1:0,1	1:0,2	1:0,2	1:0,35

A, B – wymiary obiektu w poziomie stropu nad piwnicami; a, b – wymiary wykopu z poziomu terenu; c, d – wymiary dna wykopu; l – szerokość skarpy wykopu; h – głębokość wykopu (wysokość skarpy wykopu); l/m – pochylenie skarpy wykopu zależne m.in. od kategorii gruntu

i głębokości wykopu; s – grubość ściany budynku; τ – szerokość ławy fundamentowej.



Rys. 1. Schemat wykopu szerokoprzestrzennego z nieumocnionymi skarpami [13,14]

W przypadku niekorzystnych warunków gruntowo-wodnych, wysokiego poziomu wody gruntowej czy też utrudnionego położenia względem sąsiadujących obiektów, stosuje się zabezpieczenia pionowych ścian wykopów przed osuwaniem się gruntu. W zależności od rodzaju i kategorii gruntu (tab.2) oraz warunków gruntowo – wodnych można zastosować następujące rodzaje zabezpieczeń ścian wykopów: deskowania poziome, deskowania pionowe, ścianki szczelne stalowe, deskowania segmentowe.

Tabela 2. Kategorie gruntów i ich przykłady [15]

Lp.	Kategoria gruntu	Przykład gruntu
1.	2.	3.
1.	I	Piasek suchy, gleba zaorana, torf bez korzeni.
2.	II	Piasek wilgotny i gliniasty, pyły, lessy wilgotne, gleba uprawna z darnią, torf z korzeniami, żwir mało spoisty.
3.	III	Piasek gliniasty, pyły i lessy półzwarte, gleba uprawna z korzeniami, rumosz skalny, gliny i ropy wilgotne, namuły gliniaste rzeczne.
4.	IV	Less suchy zwarty, nasyp zleżały z gliny lub ropy, glina zwięzła, ropy wilgotne, glina zwałowa, ilołupek miękki, grube, otoczaki, rumosz.
5.	V	Gлина zwałowa z glazami, margle miękkie, gruby rumosz skalny, opoka kredowa, ilołupek twardy, gips.
6.	VI – XVI	Wapień, piaskowiec, marmur, dolomit, gnejs, porfir, andezyt, bazalt, gabro.

Deskowania pionowe zabezpieczające ściany wykopów wykonuje się w gruntach sypkich lub nawodnionych. Najpierw wbija się w grunt pionowo deski lub bale i w miarę wybierania gruntu podpira się je podłużnymi ryglami i zastrzałami w wykopach szerokoprzestrzennych lub rozpira rozporami w wykopach wąsko-przestrzennych. Ten sam efekt zabezpieczenia można osiągnąć stosując ścianki szczelne stalowe. Szczelne ścianki stalowe stosuje się też w gruntach silnie nawodnionych i w miejscach występowania kurzawki. Profil ścianek mają krawędzie przystosowane do szczelnego połączenia ze sobą. Stalowe elementy ścianek wbijane są w grunt jeszcze przed rozpoczęciem wykonywania wykopów. Dopiero po osadzeniu ścianek w gruncie rozpoczyna się wybieranie urobku i w ten sposób powstaje wykop.

Deskowania poziome wykonuje się w gruntach spoiwstych. Najpierw wykonuje się wykop, a następnie w kilkucentymetrowej odległości od jego ściany wbija się pionowe słupki. Między słupkami a ścianą wykopu układa się poziome deski gwarantujące utrzymanie ściany wykopu w pozycji pionowej.

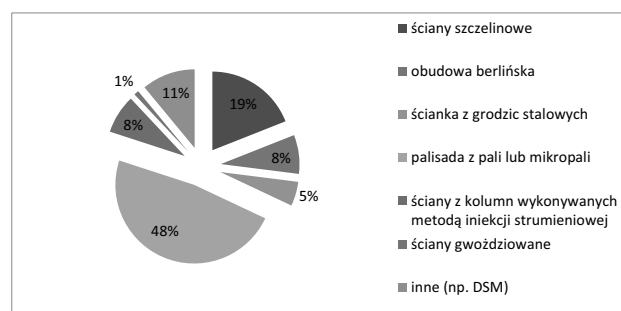
Deskowania segmentowe stosuje się do rozpięcia wykopów wąsko-przestrzennych. Najpierw umieszcza się je w wykopie, a następnie rozkręca śruby rozpięające, dociskające płyty deskowania do ścian wykopu.

2. Zabezpieczenia ścian wykopów głębokich

Głównymi rodzajami zabezpieczenia wykopów głębokich są:

- obudowa berlińska,
- ściana szczelinowa,
- palisada z pali lub mikropali,
- ściany z kolumn wykonanych metodą iniekcji strumieniowej,
- ścianka szczelna (z grodzic stalowych),
- technologie mieszane, np. ściana szczelinowa i obudowa berlińska, palisady i ściany gwoździowane oraz inne.

W Polsce najczęściej stosowane i najbardziej opłacalne są ścianki szczelne, obudowy berlińskie oraz ściany szczelinowe [16]. Procentowy udział technologii obudowy wykopów na świecie przedstawiono na rys.2.



Rys. 2. Procentowy udział technologii obudowy wykopów na świecie [17]

Obudowa berlińska

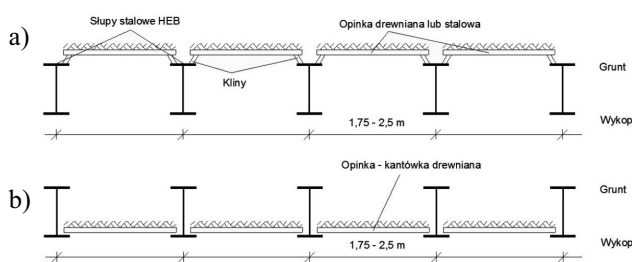
Ścianka berlińska została po raz pierwszy zaprojektowana w latach 20 - XX wieku podczas budowy tunelu metra w Berlinie – stąd jej nazwa. Ściana berlińska została zastosowana m. in. podczas budowy „Szybkiego Tramwaju w Krakowie” [16,18].

Jest to konstrukcja tracona, która zabezpiecza ściany wykopu jedynie na czas jego budowy. Dlatego najczęściej odzyskuje się głównie słupy stalowe konstrukcji.

Obudowa berlińska składa się ze stalowych słupów (kształtowników – przeważnie dwuteowniki i ceowniki) i opinki poziomej najczęściej z krawędziaków drewnianych (rzadziej stali czy żelbetu).

Najczęstszym sposobem zagłębiania słupów stalowych w grunt jest ich wbijanie udarowe lub wibracyjne. Powoduje to jednak niekorzystny wpływ na sąsiadujące obiekty budowlane – mogą w nich powstawać rysy. Dlatego obecnie zaczyna się stosowanie innej metody – wiercenia otworów pod kształtowniki stalowe.

Finalnym etapem realizacji ściany berlińskiej w miarę pogłębiania wykopu jest etapowe osadzanie opinki drewnianej lub stalowej pomiędzy słupami (rys.3).



Rys. 3. Schematy ściany berlińskiej [16]

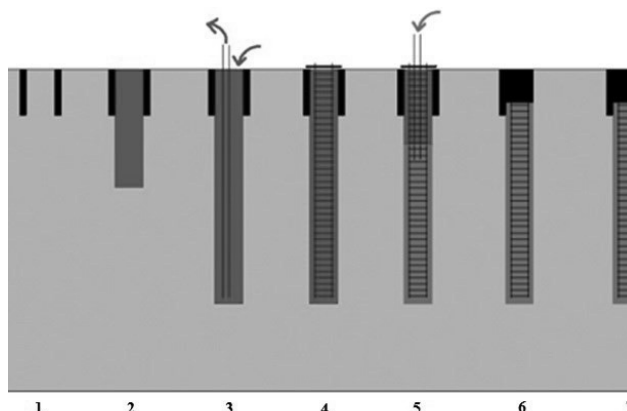
Kotwienie obudowy wykopu jest możliwe przeważnie jedynie w obszarach, gdzie nie ma gęstej zabudowy (kotwy gruntowe sięgają daleko za ścianę berlińską i mogłyby naruszyć inne obiekty budowlane).

Innym sposobem jest zastosowanie rozpór z kształtowników lub rur stalowych.

Ściana szczelinowa

Historia ścian szczelinowych sięga lat pięćdziesiątych XX wieku, kiedy we Włoszech firma ICOS wykonała pierwszą ścianę z użyciem zawiesziny koloidalnej [16]. Jedną z najważniejszych zalet konstrukcji jest jej późniejsze wykorzystanie w elementach nośnych budynków. Głębokości ścian szczelinowych sięgają nawet kilkudziesięciu metrów, np. przy budowie metra w Warszawie ściana szczelinowa miała głębokość 35 m. Jej szerokość wynika z obliczeń statycznych, ale przeważnie mieści się w przedziale 0,5 – 1,0 m. Obecnie stosuje się najczęściej wartości wynikające z rozmiaru chwytaka – 0,6; 0,8 lub 1,0 m, [20].

Ścianę szczelinową wykonuje się etapowo. Etapy procesu wykonania ścianki szczelinowej przedstawiono na rys.4.



Rys. 4. Etapy wykonania ściany szczelinowej [16]

Głębianie szczeliny pod ścianę szczelinową odbywa się pod osłoną zawiesziny koloidalnej – najczęściej ilowej, która jest odpowiednio zaprojektowana do warunków gruntowo-wodnych panujących w wykopie. Zawieszina ta jest ekologiczna i ma pochodzenie naturalne co pozytywnie oddziałuje na środowisko. Zaprojektowane zbrojenie musi spełniać szereg wymagań. Do najważniejszych z nich należy: nośność, łatwy transport, możliwość prostego i pewnego chwycenia przez żuraw oraz odpowiednie zakotwienie. Betonowanie kolejnych sekcji ściany szczelinowej jest realizowane metodą kontraktor – mieszanka betonowa jest układana stopniowo, warstwowo poprzez rurę wlewową lub ich szereg, gdy sekcja jest długa.

Jednym ze sposobów wzmocnienia ścian szczelinowych jest ich kotwienie. Jest to metoda wygodna, ponieważ nie zajmuje dodatkowego miejsca w wykopie. Kotwy gruntowe sięgają jednak ok. 12 – 20 m poza granice działki i często na ich zastosowanie potrzebna jest zgoda właścicieli lub zarządców działek sąsiednich. Kotwy mocuje się w rozstawie 1,5 – 2,5 m.

Podobnie jak w obudowie berlińskiej, również podczas montażu ściany szczelinowej stosuje się dodatkowe rozparcie. Przeważnie stanowią je dużej średnicy rury stalowe, które po wykonaniu usztywnienia budynku (stropu oraz płyty dennej) zostają zdemontowane.

Innym sposobem jest tzw. metoda stropowa, która polega na wykorzystaniu docelowych stropów budynku jako elementów rozparcia ścian szczelinowych.

Palisady

Palisady z pali wierconych mają szerokie zastosowanie w zabezpieczaniu wykopów w bardzo bliskim sąsiedztwie innych budynków [18]. Jako jedyna metoda może być wykonywana praktycznie na skraju budynku istniejącego, bez jego naruszenia. Możliwe jest to poprzez zastosowanie nowoczesnych maszyn oraz braku wibracji powstających podczas robienia palisady. Metoda ta została użyta m. in. podczas budowy podziemnego Muzeum Śląskiego w Katowicach. W pierwszej kolejności wiercone są otwory w które zagłębiane jest zbrojenie i układana jest mieszanka betonowa. Głębokość wiercenia sięga do ok. 20 m.

Metoda pali zazębiających (wciętych) polega na wykonaniu pali które powierzchnią zachodzą jeden na drugi. Przeważnie co drugi pal jest wykonywany bez zbrojenia, zaś pomiędzy nimi znajdują się pale zbrojone.

Ściana z kolumn wykonywanych metodą iniekcji strumieniowej

Iniekcja strumieniowa (powszechnie znana jako metoda „jet grouting”) polega na wzmacnianiu szkieletu gruntowego za pomocą zaczynu cementowego [18]. Jest to metoda ekologiczna i z tego powodu znajduje szerokie zastosowanie. Polega na upłynnieniu gruntu za pomocą strumienia cieczy wydobywającego się z żerdzi wiertniczej.

Wytrzymałość tak umocnionego gruntu wynosi od kilku do kilkunastu MPa (w szczególnych przypadkach nawet 30 MPa – w gruntach gruboziarnistych). Aby wykorzystać tą metodę do wykonania obudowy wykopu stosuje się stalowe oczepy, które są dodatkowo kotwione w kilku poziomach.

Ścianki szczelne

Ściankami szczelnymi nazywa się konstrukcje budowlane składające się z podłużnych elementów (brusów lub bali) zagłębionych w grunt (najczęściej wbitych), ściśle do siebie przylegających i łączonych na tzw. zamki [16].

Ścianki szczelne spełniają przede wszystkim rolę przepon wodnoszczelnych i gruntoszczelnych. Szczególnie ważne zadanie spełniają w budowlach hydrotechnicznych, gdyż zabezpieczają je przed podmyciem, a podłoże przed wymywaniem i wyparciem drobnych cząstek gruntu. Ponadto stosowane są:

- w celu odcięcia lub zmniejszenia dopływu wody do wykopu,
- w celu uszczelnienia składowisk odpadów niebezpiecznych,
- jako rozparcie głębokich wykopów (szczególnie w gruntach nawodnionych),
- jako zabezpieczenie skarp przed osuwaniem (ściany oporowe),
- w celu umocnienia brzegów,
- w celu zwiększenia nośności fundamentów.

Ścianki szczelne mogą stanowić główny element budowli stałej jako ściany piętrzące jazów stałych, śluz komorowych i stopni wodnych, lub tymczasowej (grodzie), ochraniającej teren robót, np. przy wykonywaniu filarów mostów, przyczółków, zapór, jazów i innych budowli w korycie rzeki lub na terenie pokrytym wodą [rys.5].

Wykonawstwo ścianek szczelnych jest szczegółowo omówione w normie PN-EN 12063:2001 [19].



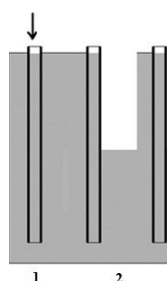
Rys. 5. Widok ścianki szczelnej w złożonych warunkach wodno-gruntowych [32]

Ścianka szczelna jest obudową tymczasową wykopu bądź stanowi element konstrukcji. Jej główną zaletą jest dodatkowa ochrona wykopu przed wodą gruntową napływającą do środka. Ścianka szczelna jest m. in. stosowana do zapobiegania zjawisku powstawania kurzawki na dnie wykopu, co jest bardzo niebezpieczne podczas prowadzenia prac budowlanych. Szczelne grodzice wydłużają drogę filtracji, co znacznie zmniejsza spadek hydrauliczny wody napływającej do głębokiego wykopu. Jest to bardzo korzystna metoda przy gruntach niespoistych. Większy koszt realizacji rekompensuje brak instalacji odwodnieniowej.

Do głównych zastosowań ścianki szczelnej można zaliczyć:

- obudowa wykopów podczas wykonywania robót drogowych (najczęstsza metoda podczas budowy skrzyżowań bezkolizyjnych),
- element ściany docelowej w wykonywanych parkingach podziemnych z konstrukcją szkieletową,
- zabezpieczenie wykopu przed wodą (z racji jej wręcz idealnej szczelności),
- zastosowanie jako docelowej konstrukcji zespolonej (najczęściej w otoczeniu betonu podawanego podczas głębienia grodzic),
- coraz częściej stosowana jest jako obudowa w obszarach silnie zurbanizowanych,
- wykonywanie obudowy budowli znajdującej się na wodzie,
- wykonywanie śluz i tam.

Etapy wykonywania ścianki szczelnej przedstawiono na rys.6.



1. zagłębienie grodzicy,
2. odkopanie wykopu,
3. wykonanie obiektu budowlanego,
4. wypełnienie ewentualne pachwin,
5. ewentualne wyciągnięcie grodzic.

Rys. 6. Etapy wykonywania ścianki szczelnej [19]

Zagłębianie grodzic odbywa się różnymi metodami. Do głównych można zaliczyć:

- wciskanie statyczne,
- wciskanie wibracyjne,
- wciskanie z dodatkowym podmywaniem podłoża.

Wciskanie statyczne jest metodą najtrudniejszą i najdroższą, ale jej zaletą jest brak powstających drgań podczas zagłębiania grodzicy. Nie oddziałuje to negatywnie na sąsiednie obiekty budowlane. Urządzenie do wciskania statycznego posiada cztery siłowniki (np. do wciskania grodzic typu „Z”). Każdy z nich chwytą kolejne grodzice. Na początku łączy się zamkami grodzice i mocuje się je w urządzeniu. Wciskanie statyczne polega na wciskaniu jednej grodzicy, podczas gdy pozostałe trzy wraz z masą własną urządzenia stanowią przeciwwagę.

Wciskanie wibracyjne to kolejna metoda zagłębiania grodzic stalowych. Metoda ta jest dużo ekonomiczniejsza oraz zaoszczędza dużo czasu w porównaniu do metody wciskania statycznego. Jest to możliwe poprzez jednoczesne chwycenie pary grodzic stalowych (które są przywożone parami na budowę z zatrzaśniętymi zamkami) i ich wgłębienie. Skracza to czas, ponieważ w jednym momencie możemy wcisnąć w grunt element dwa razy szerzej. Dodatkowo mamy pewność, że połączenie zamków jest na pewno szczelne. Szybsza realizacja jest też możliwa dzięki konieczności stosowania kleszczy prowadzących. Podsumowując metoda ta jest najbardziej optymalna, jeśli w najbliższym otoczeniu nie znajdują się inne obiekty budowlane [21].

Wciskanie z dodatkowym podmywaniem podłoża jest następną metodą zagłębiania grodzic stalowych. Podczas rozpoznania terenu najważniejsza jest ocena miejsc gdzie grodzice stalowe można wciskać statycznie bez pomocy strumienia wody. Uwarunkowane jest to wcześniejszym montażem rur z twardego PCV do grodzic z jednoczesnym podawaniem wody pod ciśnieniem. Taka metoda pozwala na statyczne wciskanie w trudnych warunkach gruntowych, lecz pociąga też za sobą różne konsekwencje. Podmyty grunt zostaje rozluźniony i znacząco zmienia się tarcie pomiędzy grodzicą a gruntem rodzimym. Powinno to być oczywiście uwzględnione na etapie projektowania.

Kolejnym etapem wykonania ścianki szczelnej jest odkopanie wykopu. Jest to możliwe podczas spełniania wystarczającej nośności samej ściany wspornikowej. Jeżeli obudowa jest zbyt wiotka – należy przewidzieć jej dodatkowe usztywnienie (np. kotwami gruntowymi). Obliczenia powinny zawierać kolejne warianty realizacji oraz eksploatacji budynku. W takim przypadku wykop realizuje się kolejnymi warstwami – po wybraniu urobku do określonej głębokości zostaje zastosowany rząd kotew gruntowych, po czym dalej głębi się wykop. Zaletą ścianki szczelnej jest fakt, który nie wymaga stosowania dodatkowych oczepów do montażu kotew gruntowych.

Następnym etapem jest wykonanie obiektu budowlanego w wykopie. Jego realizacja staje się prostsza, ponieważ

grodzice stalowe nie zawierają rozpór w środku wykopu, przeważnie zostają kotwione. Dodatkowe wykorzystanie przestrzeni jest możliwe przez pozbycie się odwodnienia, które jest realizowane poprzez samą ściankę szczelną. Podczas całej realizacji obiektu budowlanego zalecany jest pomiar odkształceń obudowy wykopu. Jest to ważny aspekt podczas prac budowlanych, ponieważ przekroczenie odkształceń i utrata stateczności ścianki szczelnej może doprowadzić do katastrof budowlanej nie tylko obiektu realizowanego, ale również sąsiednich budynków i budowli.

Finalnie ścianka szczelna może być odzyskana bądź nie. Jest to m. in. uwarunkowane jej montażem. Ścianka szczelna, która była kotwiona jest praktycznie niemożliwa do odzyskania.

Ścianki szczelne drewniane

Ścianki szczelne drewniane dzieli się na płytkie i głębokie.

Ścianki płytkie stosuje się w gruntach niespoistych do wykonywania wykopów do głębokości 1,0 m poniżej zwierciadła wody gruntowej [18]. Wykonuje się je z desek bez połączeń, o grubości 38÷50 mm i długości 1,5÷2,5 m. Deski wbija się za pomocą kafarów.

Ścianki głębokie stosuje się w wykopach głębszych niż 1,0 m poniżej zwierciadła wody gruntowej. Grubość brusów przyjmuje się zależnie od głębokości ich wbijania oraz rodzaju gruntu, ścianka powinna być tak dobrana, aby brusy wytrzymały parcie gruntu i wody oraz ewentualnie naziomu. Stosowane grubości brusów wynoszą 5÷24 cm przy szerokości 16÷30 cm i długości 1,5÷10 m (maksymalnie 15 m).

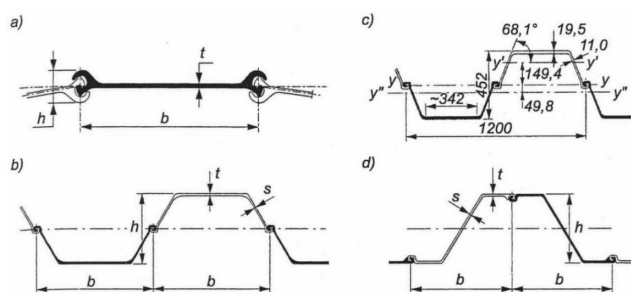
Brusy wzdłuż krawędzi bocznych mają z jednej strony wycięty wpust, a z drugiej pióro (grzebień). Zależnie od grubości brusów stosuje się różne kształty tych wcięć.

Zaletą ścianek szczelnych drewnianych jest: łatwa obróbka materiału, duża szczelność, zwiększająca się w miarę pęcznienia drewna przy wzroście jego wilgotności oraz lekkość (łatwość transportu). Do wad należy zaliczyć: duże zużycie deficytowego materiału, trudności przy wbijaniu i łatwość zniszczenia, możliwość jednorazowego użycia; szybko butwieją poniżej poziomu wody.

Ścianki szczelne stalowe

Ścianki szczelne stalowe wykonuje się ze specjalnie walcowanych profili stalowych [18]. Profile brusów stalowych (grodzic), stosowanych do wykonywania ścianek szczelnych, można podzielić na: korytkowe, płaskie, zetowe i dwuteowe. Profile brusów stalowych przedstawiono na rys. 7.

Profilu płaskich używa się do wykonywania płaskich ciągów ścianek, profili korytkowych i zetowych – do ciągów falistych i skrzynkowych, a dwuteowych – do ciągów skrzynkowych.



Rys. 7. Grodzice stalowe w sprzedaży (Profilarbed S.A. Arcelor Group): a) profil płaski AS, b) profil korytkowy AU, c) profil korytkowy PU, d) profil zetowy AZ [22]

Wymiary produkowanych elementów są następujące: grubość $6,6 \div 22$ mm, szerokość $30 \div 40$ cm, długość $6 \div 16$ m, ale mogą być również dłuższe. W razie potrzeby do wbitych już bruzów można dospawać dodatkowe. Najbardziej rozpowszechnione są w Polsce ścianki stalowe Larssena.

Zalety ścianek szczelnych stalowych to: mała grubość elementu, umożliwiającą wbijanie, wibrowanie lub wciskanie (nawet przy przeszkodach w gruncie), możliwość wielokrotnego użycia, możliwość łatwego przedłużenia i wykonywania łuków, duża szczelność, mały ciężar (stąd łatwe w obsłudze i transporcie). Z wad należy wymienić: znaczny koszt, zużycie deficytowej stali, trudności przy wyciąganiu w razie skrzywienia elementu, niewielka produkcja elementów w kraju.

Ścianki szczelne z tworzyw sztucznych

Ścianki szczelne z tworzyw sztucznych stosuje się w agresywnym środowisku gruntowo-wodnym (np. skażonym odciekami ze składowisk odpadów komunalnych). Profile grodzic z tworzyw sztucznych są podobne do profili stalowych.

Ścianki szczelne żelbetowe

Ścianki szczelne żelbetowe stosuje się wtedy, gdy mają one służyć jako stałe elementy konstrukcyjne – przede wszystkim w budownictwie wodnym (np. nadbrzeża). Stosować je można w gruntach, w których nie ma przeszkód w postaci kamieni, pni drzewnych itp.

Brusy żelbetowe prefabrykowane mają najczęściej przekrój poprzeczny prostokątny, rzadziej teowy. W celu połączenia bruzów, w ich ścianach bocznych kształtuje się wpusty i żebra albo obustronnie wpusty (wtedy stosuje się pióra drewniane lub otwór zabetonowuje się), albo zamki stalowe.

Grubość bruzów żelbetowych wynosi $10 \div 15$ cm, szerokość $50 \div 60$ cm, długość do 20 m. Masa brusa nie powinna przekraczać 6000 kg. Na górną część brusa nakłada się przy wbijaniu głowicę ochronną. Dolny koniec west wykonany w kształcie klina, który w gruntach zwartych i żwirach powinien być obity blachą o grubości $2 \div 3$ mm, osadzoną na tzw. wąsach. Podczas wprowadzania tych ścianek w piaski i żwiry stosuje się popłukiwanie wodą, podobnie jak pali żelbetowych prefabrykowanych.

Do zalet ścianek szczelnych żelbetowych zalicza się: możliwość przenoszenia obciążeń pionowych, odporność na działanie czynników atmosferycznych, możliwość stosowania w wodzie morskiej. Wady to: duża masa, a więc trudności w transporcie, łatwość uszkodzenia, trudności przy wbijaniu oraz to, że nie mogą być używane wielokrotnie.

Przy realizacji wszystkich rodzajów ścianek szczelnych, ścianek szczelinowych i innych zabezpieczeń skarp wykopów powinny być spełnione wymagania norm i specyfikacji technicznych oraz zasady bezpiecznej pracy [23,24,25,26,27,28,29].

Przykłady realizacji ścianek szczelnych przedstawiono na rys. 8-10.



Rys. 8. Wykonana ścianka szczelna wspornikowa – widok od góry [30]



Rys. 9. Ścianka szczelna kotwiona [31]



Rys. 10. Zabezpieczenie wykopu w trudnych warunkach wodno-gruntowych z rozporą [32]

Bibliografia

- [1] Prawo budowlane, Ustawa z 7 lipca 1994 r. Dz. U z 2014 r. poz. 40, poz. 768, poz. 822, poz. 1133, poz. 1200
- [2] Wiłun Z., Zarys geotechniki, Wyd. KiŁ, Warszawa 2005
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie informacji dotyczącej bezpieczeństwa i ochrony zdrowia oraz planu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia, Dz. U z 2003 r., nr 120, poz. 1126
- [4] Rowiński L., Organizacja procesów budowlanych, PWN, Warszawa, 1979
- [5] Obolewicz J., Szlendak J., Podstawy organizacji, zarządzania i pracy kierowniczej, Wyd. Wszechnicy Mazurskiej, Olecko, 2002
- [6] Martinek W., Nowak P., Woyciechowski P., Technologia robót budowlanych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010
- [7] Rybacz Cz., Rybak J., Sobala D., O zastosowaniu stalowych wciskanych ścianek szczelnych, Inżynieria i Budownictwo, Nr 12, 2001
- [8] Siemińska-Lewandowska A., Głębokie wykopy. Projektowanie i wykonawstwo, Wyd. KiŁ, Warszawa, 2010
- [9] PN-EN 1993-5:2009, Eurokod 5, Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 5: Palowanie i ścianki szczelne
- [10] Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych
- [11] Rychlewski P., Zastosowanie kotew gruntowych i mikropali kotwiących w geoinżynierii, Materiały Budowlane, Nr 12, 2012
- [12] PN-B-03020:1981 Grunty budowlane. Posadowienia bezpośrednie budowli - Obliczenia statyczne i projektowanie
- [13] Martinek W., Książek M., Jackiewicz-Rek W.: Technologia robót budowlanych. Ćwiczenia projektowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2007
- [14] Martinek W., Nowak P., Woyciechowski P.: Technologia robót budowlanych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2010, 314s.
- [15] Staniszewski B., Wykonywanie robót ziemnych, Wydawca Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007, s.9
- [16] Jarominiak A., Lekkie konstrukcje oporowe, Wyd. KiŁ, Warszawa 2000
- [17] Bottiau M., Recent evolutions in deep foundation technologies, Proc. of 10th Int. Conf. of Piling and Deep Foundations, Amsterdam, 2006. Sprawozdanie GUNB
- [18] Pisarczyk S., Fundamentowanie dla inżynierów budownictwa wodnego, Politechnika Warszawska, Warszawa, 2012
- [19] PN-EN 12063, Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne
- [20] Sprawozdanie Głównego Urzędu Nadzoru Budowlanego z dnia 17 marca 2014 r., Katastrofy budowlane w 2013 roku
- [21] Rowiński L., Widera I., Zmechanizowane roboty budowlane, Arkady, Warszawa, 1976
- [22] Kwarciński P., Grodzice Arcelor Mittal, Geoinżynieria drogi, mosty, tunele, nr 2/2007
- [23] Obolewicz J., Bezpieczeństwo pracy i ochrona zdrowia na budowie, Inżynier Budownictwa 2/2013, s. 32-36
- [24] Obolewicz J., Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia przy robotach ziemnych, Praca i Zdrowie, 2/2013, s. 16-20
- [25] Obolewicz J., Bezpieczeństwo pracy i ochrona zdrowia przy wykonywaniu ścianek szczelnych na dużych budowach, Praca i Zdrowie 4/2013, s. 17-21
- [26] Obolewicz J., Bezpieczeństwo i ochrona zdrowia w budownictwie, Wyd. 2, rozszerzone, Wyd. Unimedia, Warszawa 2014, 284 s.
- [27] Obolewicz J., Doskonalenie stanu bioz w polskich przedsiębiorstwach budowlanych Regionu Północno-Wschodniego Polski w świetle projektu badawczego NN115347038 Narodowego Centrum Nauki, rozdz. w: Bezpieczeństwo pracy : Środowisko : Zarządzanie, tom 2, red. nauk. Danuta Zwolińska, Katowice : Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach, Katowice, 2015, s. 47-58
- [28] Technologia i organizacja budownictwa, tom. 2, pod red. Jerzego Obolewicza, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok, 2016, 168 s.
- [29] Miedziałowski D. Wielowariantowy projekt technologii, organizacji, bioz robót ziemnych z zastosowaniem ścianek szczelnych przy niekorzystnych warunkach gruntowo-wodnych, praca dyplomowa magisterska, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Białostockiej, Białystok 2017
- [30] www.chrobok.com.pl
- [31] www.drogi.inzynieria.com
- [32] www.budinz.pl

Zapraszamy do prenumeraty kwartalnika "Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych"		Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych
Typ prenumeraty:	Rodzaj prenumeraty:	
<input type="checkbox"/> papierowa	<input type="checkbox"/> roczna (4 wydania)	76zł brutto*
<input type="checkbox"/> elektroniczna	<input type="checkbox"/> dwuletnia (8 wydań)	144zł brutto*
	<input type="checkbox"/> trzyletnia (12 wydań)	204zł brutto*
* cena jednego egzemplarza wynosi 20zł brutto, w tym 5% podatku VAT.		
Liczba prenumerat:	Dane do wpłaty: Centrum Rzeczoznawstwa Budowlanego Sp. z o.o. ING Bank Śląski S.A. 37 1050 1012 1000 0090 9862 0017	