

# Współczesne metody zabezpieczania wykopów szerokoprzestrzennych

Dr inż. Wojciech Drozd, Politechnika Krakowska

## 1. Wprowadzenie

W dobie intensywnego rozwoju budownictwa oraz ograniczeń urbanistycznych, wynikających z wielkości działek i zamierzeń budowlanych w sąsiedztwie istniejących budynków, projektanci zmuszeni są do stosowania zabezpieczeń wykopów budowlanych metodami wywodzącymi się z nurtu głębokiego fundamentowania. Brak możliwości prowadzenia robót na tzw. „rozkop” jest jednym z powodów, dla którego coraz częściej stosuje się technologie zabezpieczania dla wykopów szerokoprzestrzennych. Składają się na to przyczyny techniczne i ekonomiczne. Te pierwsze wynikają z potrzeby zabezpieczania istniejących obiektów liniowych (drog, linii kolejowych itp.), które nie mogą zostać wyłączone z ruchu lub z potrzeby prowadzenia robót poniżej sąsiadujących fundamentów, zwierciadła wody gruntowej, czy też w pobliżu akwenów. Drugą przyczynę stanowią względy ekonomiczne: ograniczenie kosztów wywozu gruntu ze ścisłego terenu miasta (w tym wynajmu koparek i samochodów samowładadczych), skrócenie czasu pozwoleń na przejazd ciężkiego sprzętu, koszty wynajmu placu sąsiedniej działki, zapewnienie objazdu zamykanych czasowo dróg.

Inwestor zyskuje w takich przypadkach również na powiększeniu placu magazynowego przy budowie, braku utrzymywania skarpi i spadków w aspekcie długotrwałych ulewnych opadów. Podjęcie decyzji o zastosowaniu takich rozwiązań daje możliwość adaptacji wykonanego zabezpieczenia jako ściany zewnętrznej projektowanego obiektu (podziemna lub naziemna) bądź jako stała część konstrukcji nośnej. Z drugiej jednak strony kosztem jest prowadzenie monitoringu drgań sąsiedniej zabudowy podczas robót zabezpieczających wykop i innych prac związanych z bezpieczeństwem istniejących zabudowań.

Sprostać takim zadaniom można przez zastosowanie konstrukcji inżynierskich zapewniających ochronę pracownikom, jak i prowadzonym robotom. Biura projektowe mają coraz większą gamę możliwości w doborze możliwych zabezpieczeń wykopów szerokoprzestrzennych. Zadaniem projektanta jest dobór odpowiedniej konstrukcji (optymalnej dla danego zadania pod względem kosztów, czasu realizacji, warunków gruntowowodnych, istniejących instalacji) oraz uwzględnienie

czynników takich, jak np. niemożność realizacji zabezpieczeń z wykorzystaniem sił dynamicznych (szkodliwy wpływ drgań na istniejący budynek). Warto również podkreślić, że uwarunkowania prawne związane zarówno z projektowaniem, a później wykonaniem zabezpieczeń wykopów szerokoprzestrzennych wymagają znajomości wielu przepisów, norm, wytycznych lub zaleceń postępowania.

## 2. Metody zabezpieczania wykopów szerokoprzestrzennych

Przez pojęcie zabezpieczenia należy rozumieć konstrukcję utrzymującą ścianę przed utratą stateczności. Główne rodzaje obudów wykopów i ich procentowy udział wśród stosowanych na świecie [1] jest następujący:

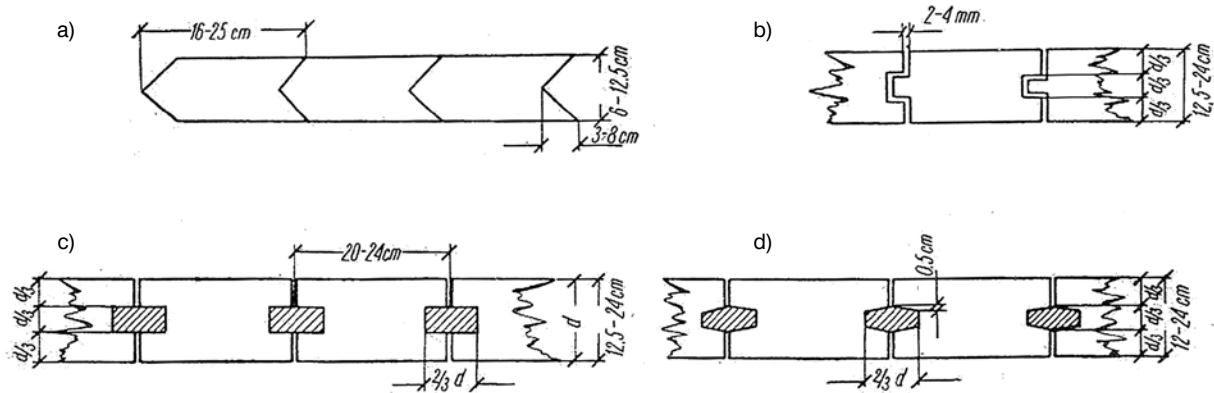
- ściany szczelne – 19%,
- obudowa berlińska – 8%,
- ścianka z grodziec stalowych – 5%,
- palisada z pali lub mikropali – 48%,
- ściany z kolumn wykonanych metodą iniekcji strumieniowej – 8%,
- ściany gwoździowane – 1%,
- inne (np. kolumny DSM – deep soil mixing) – 11%.

Stateczność obudowy głębokiego wykopu uzyskuje się stosując rozpory, kotwy gruntowe lub stropy kondygnacji podziemnych.

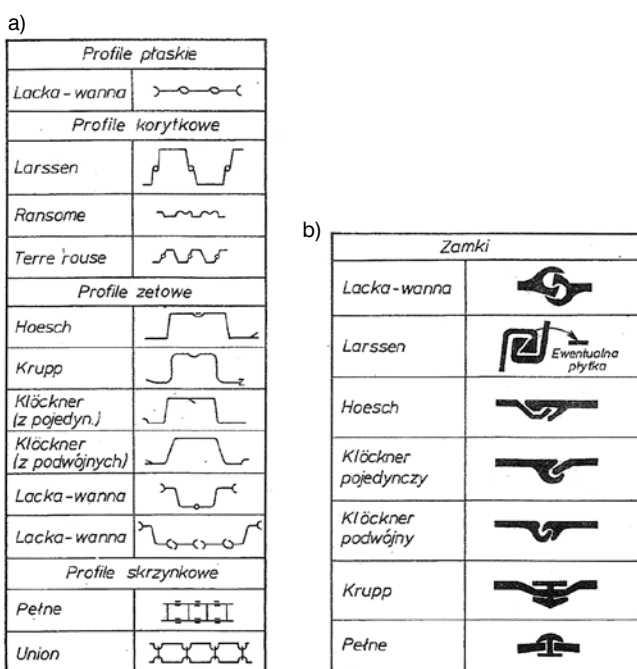
### 2.1. Ściany szczelne

W celu umożliwienia wykonania wykopu, zwłaszcza w gruntach nawodnionych, należy przed rozpoczęciem wydobywania gruntu zabezpieczyć wykop przed przenikaniem wody. Uzyskuje się to przez wbicie w ziemię różnego rodzaju ścianek szczelnych lub w grodzach. Ścianki szczelne są powszechnie stosowane przy fundamentowaniu, także jako stałe elementy fundamentów wielu budowli.

Zastosowanie ścianki szczelnej powoduje także oprócz odgradzenia od wody wydłużenie średniej drogi filtracji i zmniejszenie średniej wartości spadku hydraulicznego, a tym samym prędkości filtracji i ciśnienia sphywowego. Przyczynia się także do zwiększenia szczelności pod podstawą fundamentu. W posadowieniach bezpośrednich, na gruntach nawodnionych, powoduje wygrozdzenie podłoża obciążonego (zwłaszcza w piaskach

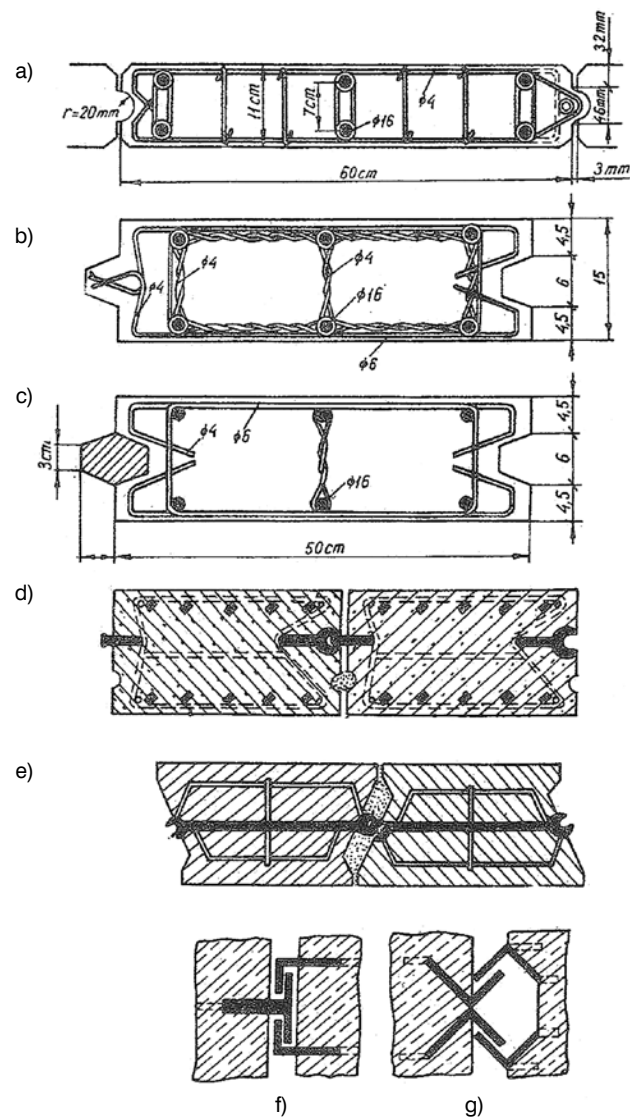


Rys. 1. Łączenie ścian szczelnych drewnianych [3]



Rys. 2. Stalowe ścianki szczelne: a) profile b) zamki [3]

Ściany szczelne drewniane: wykonuje się z zastosowaniem pali kierujących i bez takich pali.

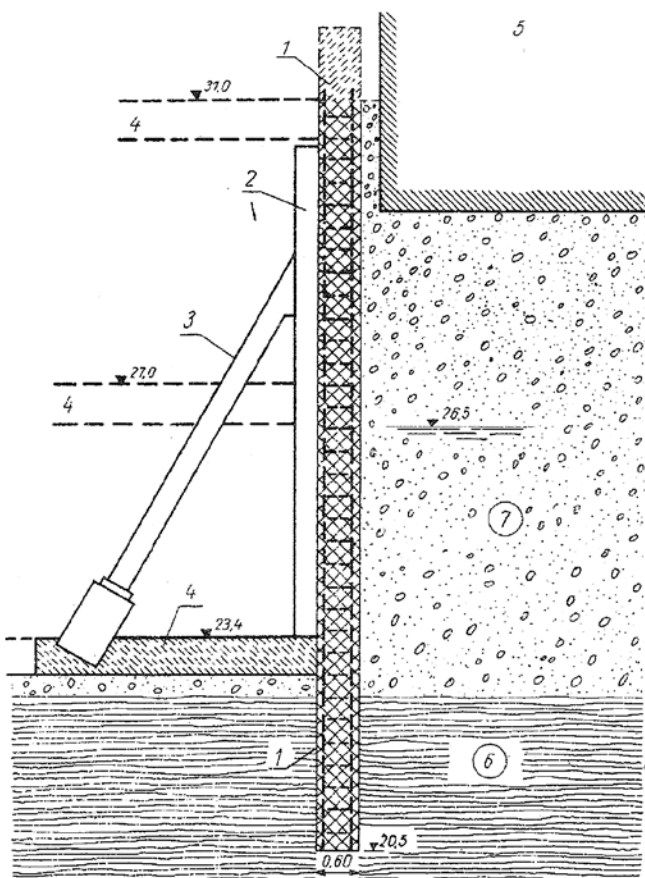


Rys. 3. Przekroje poprzeczne brusew żelbetowych [4]

drobnych i wodach gruntowych ruchomych, które mogą spowodować wypłukiwanie drobnych ziaren gruntu spod podstawy fundamentu) [3].

Ściany szczelne są konstrukcją składającą się z brusów, tj. podłużnych elementów drewnianych, stalowych lub żelbetowych zapuszczonych w grunt, najczęściej przez wbijanie oraz z zamków, których kształt zależy od materiału brusa. Zamki służą do uszczelniania ściany. Ściany szczelne dzielą się na prowizoryczne (służące do zabezpieczania wykopów w robotach ziemnych i fundamentowych) oraz stałe (które są częścią konstrukcji fundamentu czy obiektu np. nabrzeże płytowe lub stanowią stałe zabezpieczenie przed przepływem wody w obrębie budowli piętrzących albo przed podmyciem podpór mostowych [4].

Rozróżnia się kilka rodzajów ścian szczelnych ze względu na rodzaj materiału:



**Rys. 4.** Ściana szczelinowa zbrojona, podparta przyporami od strony wykopu [4]

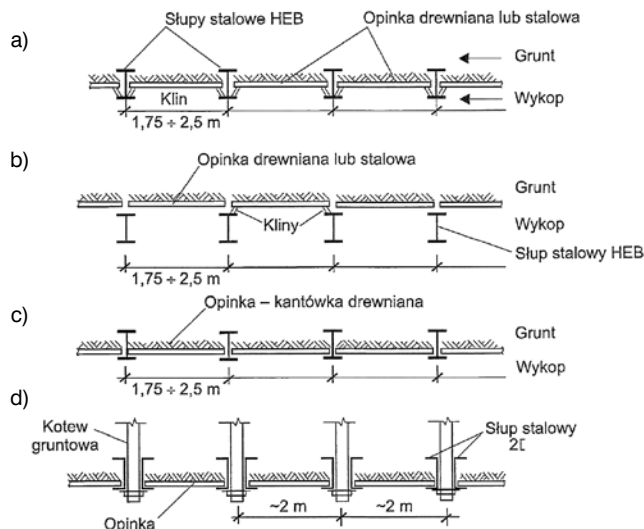
**Ściany szczelne stalowe:** są stosowane, gdy zachodzi potrzeba uzyskania większej szczelności lub gdzie obliczenia wskazują na duże momenty zginające, a także gdzie wykopki sięgają ponad 12 m.

**Ściany szczelne żelbetowe:** stosowane są zwłaszcza do konstrukcji trwałych, tj. gdy mają pozostać w gruncie jako część fundamentu, a w gruncie nie istnieją przeszkody w formie starych murów, wielkich głazów, wody nie są agresywne lub wskutek zmiennych poziomów wód gruntowych nie można użyć ścianek drewnianych.

**Ścianki szczelinowe:** ścianki szczelne, które stanowią element konstrukcyjny posadowienia, zatem są elementem nośnym, mogą stanowić sposób fundamentowania zastępujący posadowienie pośrednie na palach. Mają wówczas znaczną grubość (0,60–1,20 m).

## 2.2. Obudowa berlińska

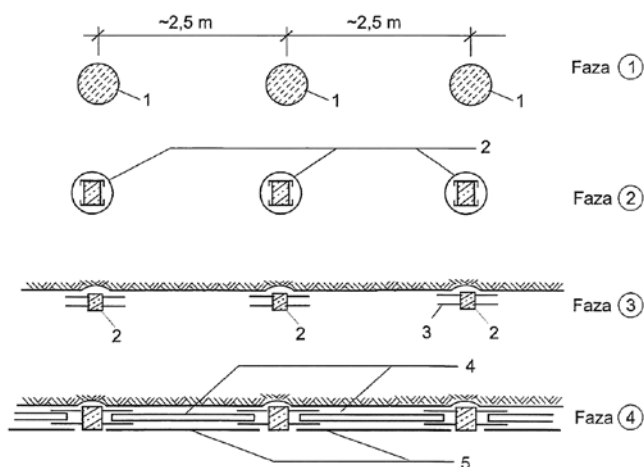
Obudowa berlińska jest to tymczasowa obudowa wykopu, wykonywana sukcesywnie w miarę postępu robót ziemnych. Składa się z pionowych słupów (zazwyczaj dwuteowniki, profile IPE, dwa ceowniki) wbijanych udarowo, wibracyjnie lub w wywierconych otworach w gruncie oraz poziomych elementów opinki drewnianej (np. deski, kantówki, półokrągłaków) lub stalowej [1]. Obudowa berlińska jest konstrukcją stosunkowo wiotką i dlatego istnieją ograniczenia co do jej stosowania.



**Rys. 5.** Schemat ściany berlińskiej [1]: a) typowy montaż opinki za półkami słupów dwuteowych z użyciem klinów, b) montaż opinki pomiędzy słupem, a gruntem, gdy obudowę wykopu stanowi ściana szczelinowa, a ściana berlińska jest górną częścią obudowy, c) typowy montaż opinki za półkami słupów dwuteowych bez klinów, d) słupy stalowe z dwóch ceowników

Tego typu obudowa nie powinna być stosowana w sąsiedztwie istniejących obiektów. W przypadku wykopów głębszych od 4 m wymaga dodatkowego rozpięcia lub kotwienia na wielu poziomach.

## 2.3. Obudowa paryska

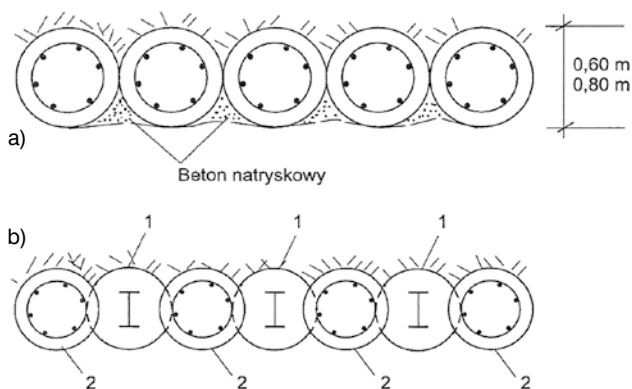


**Rys. 6.** Schemat ściany paryskiej [1]

Obudowa paryska jest odmianą obudowy berlińskiej. Wykonanie jej polega na osadzeniu w gruncie prefabrykowanych słupów żelbetowych, w których pozostawia się startowe pręty zbrojeniowe. W miarę systematycznego wybierania gruntu, pręty odsłania się i odgina, a następnie po ustawieniu siatki zbrojeniowej betonuje

się fragment obudowy wykopu. Rysunek 6 przedstawia schemat ściany paryskiej, w rozbiciu na poszczególne fazy. Faza 1 polega na wierceniu otworów, w fazie drugiej wkłada się w otwory prefabrykowane słupy. Faza 3 to pogłębianie wykopu, odstawianie słupów i odginanie prętów startowych. Faza 4 – układanie zbrojenia ściany i zewnętrznych szalunków, faza 5 – betonowanie.

### 2.4. Palisady

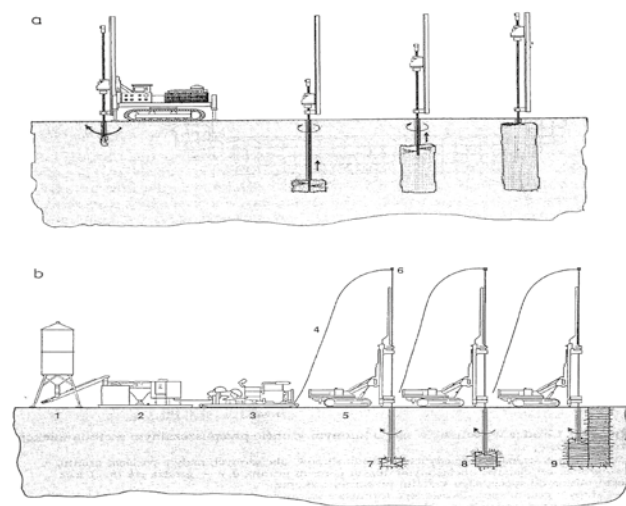


**Rys. 7.** Schemat palisady [1]: (a) z palami stykającymi się pobocznicami, (b) z palami wzajemnie wciętymi: (1) pale pierwotne, (2) pale wtórne

Palisady to wykonywane w gruncie pale, które stykają się ze sobą lub nachodzą na siebie, z których tylko jeden jest zazbrojony. W przypadku precyzyjnie wykonanych prac, palisada może stanowić rodzaj ścianki szczelnej.

### 2.5. Ścianka z kolumn wykonywanych metodą iniekcji strumieniowej

Metoda iniekcji strumieniowej [5] polega na zniszczeniu naturalnej struktury gruntu strumieniem cieczy, o bardzo



**Rys. 8.** Iniekcja strumieniowa [2]: a) schemat etapów realizacji, b) zestaw stosowanego sprzętu

dużym ciśnieniu i zmieszaniu uzyskanej przez to pulpy gruntowej ze spoiwem, wtryskiwanym w pulpę również pod bardzo dużym ciśnieniem – do 50 MPa. Kolumna taka może osiągać wytrzymałość od kilku do kilkunastu MPa. Prace prowadzone w tej technologii nadają się do wykonania głębokiego wykopu, w bardzo bliskim sąsiedztwie istniejących budowli. Realizacja prac w takiej technologii nie potrzebuje dużo miejsca dla ciężkiego sprzętu budowlanego oraz nie wywołuje drgań.

### 2.6. Mrożenie gruntu

Jednym ze sposobów wzmacniania ścian wykopów fundamentowych jest zamrażanie gruntów – przy posadowieniach poniżej poziomu zwierciadła wody gruntowej lub w trudnych warunkach wodno-gruntowych. Ściana zamrożonego gruntu okalająca przyszły wykop chroni go przed dopływem wody i podtrzymuje ściany w okre-



**Rys. 9.** Technologia mrożenia gruntu azotem (źródło: Messer)

sie robót ziemnych i budowy fundamentu. W zależności od stopnia obniżenia temperatury i czasu zamrażania gruntu, można utworzyć ściany o znacznej wytrzymałości, wystarczającej do przyjęcia parcia gruntu i wody znajdującej się za ścianą [4].

### 3. Zastosowanie poszczególnych metod

Miejsca realizacji i pełnione funkcje zabezpieczeń wykopów szerokoprzestrzennych klasyfikują je do kilku kategorii:

- miejsca, w których będzie prowadzone zabezpieczenie:
- tereny wysoko zurbanizowane (miasta) – tereny niezabudowane (rzeki, torowiska, nabrzeża),
- technologie, w których elementy zabezpieczenia będą mogły być ponownie użyte, bądź będą elementami traconymi,
- możliwości przywrócenia stanu sprzed wejścia na budowę (odwrócenie procesu zamrożonego gruntu, wyjęcie ścianki szczelnej),

- możliwości adaptacji zabezpieczenia jako fundamentów budowli,
- technologie ingerujące w działki sąsiednie,
- technologie zabezpieczające sąsiednie fundamenty,
- możliwości głębokiego zabezpieczenia,
- technologie dla poszczególnych warunków grunto-wo-wodnych.

Projektowanie prac geoinżynierskich – zabezpieczających szerokie wykopu, nie jest prostym zadaniem. Należy uwzględnić maksymalne wykorzystanie działki, dużą głębokość wykopu (np. z uwagi na parking podziemny) oraz zminimalizowanie utrudnień związanych z procesem budowy i dostępnym miejscem na placu budowy, dla maszyn o dużych gabarytach. Są to niejednokrotnie mocno wyśrubowane czynniki, zwiększające koszty budowy. Zaplanowanie odpowiedniego zabezpieczenia wymaga od projektanta obszernej wiedzy z dziedziny wykonawstwa oraz znajomości dostępnych technologii, łącznie z wiedzą na temat ich kosztu. Ogólnie można przyjąć zasadę, że dla większych budowli i dużych głębokości rozwiązanie zabezpieczenia wykopu, w postaci ścian szczelinowych, jest rozsądnym wyborem, szczególnie w miejscach zurbanizowanych. Tym bardziej że są adaptowalne jako elementy nośne budowli. W przypadku wykonywania zabezpieczeń mniejszych budowli, najczęstszym wyborem są ścianki szczelne z grodzic stalowych, ścianki berlińskie lub palisady, które dodatkowo mogą być wzmocnione przez system kotew gruntowych lub rozparć z kształtowników stalowych. Każde z ww. kryteriów ma wpływ na dobór rodzaju zabezpieczenia pod kątem finansowym.

#### 4. Podsumowanie

W środowisku branży budowlanej często daje się słyszeć, że koszt obudowy berlińskiej jest niższy niż ściany szczelinowej, mimo że często stanowi ona zewnętrzną formę budowanej w wykopie konstrukcji. Najbardziej opłacalne jest montowanie tego typu obudowy w gruntach słabo nawodnionych, gdyż fakt odwadniania obszaru budowy znacznie podnosi koszt wykonania zabezpieczenia. Innym niebezpieczeństwem jest możliwość rozluźnienia gruntu za obudową, a w konsekwencji możliwość doprowadzenia do osiadania terenu. Z kolei z doświadczeń niemieckich [1] wynika, że koszt ściany szczelinowej jest o kilkadziesiąt procent wyższy, niż ściany z pali wierconych. Prawdopodobnie wynika to z nakładów na: organizowanie wytwórni, produkcję i regenerację zawiesziny, wywiezienie jej z placu budowy, wysokie koszty utrzymania w czystości otoczenia placu budowy.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Siemińska-Lewandowska A., Głębokie wykopu. Projektowanie i wykonawstwo, WKŁ Warszawa 2011
- [2] Prace geoinżynierskie w Jastrzębiu Zdroju, Geoinżynieria drogi mosty tunele, nr 02/2012 (37)
- [3] Biernatowski K., Rybak Cz., Sarniak W., Fundamentowanie. Projektowanie, Politechnika Wrocławska, Wrocław 1981
- [4] Biernatowski K., Fundamentowanie, PWN Warszawa 1984
- [5] Jaromina A., Lekkie konstrukcje oporowe, WKŁ Warszawa 2000



### WARSZTAT PRACY RZECZOZNAWCY BUDOWLANEGO

Kielce-Cedzyna, 11–13 maja 2016 roku

#### MIEJSCE WARSZTATÓW

Konferencja odbędzie się w dniach 11–13 maja 2016 r. w hotelu ORW „ECHO” w Cedzynie k. Kielc. Uczestnicy Konferencji zakwaterowani będą w hotelu „ECHO” oraz w hotelach „GROMADA” i „UROCZYSKO” położonych w sąsiedztwie. Rozpoczęcie konferencji 11 maja (środa) godz. 12:00 – zakończenie konferencji 13 maja (piątek) około godz. 14:00

#### TEMATYKA WARSZTATÓW

1. Zagadnienia formalno-prawne w działalności Rzecznawcy Budowlanego.
2. Systemy monitoringu i nieniszczące metody badawcze stosowane w ocenie stanu technicznego obiektów budowlanych z analizą wyników i przykładami zastosowań.
3. Ocena stanu technicznego, trwałości konstrukcji z uwzględnieniem wpływu środowiska i innych oddziaływań zewnętrznych.
4. Oddziaływania na konstrukcje i metody sprawdzania niezawodności.
5. Zagadnienia eksploatacji i bezpieczeństwa w drogownictwie.
6. Zagadnienia obejmujące stosowanie nowoczesnych technologii budowlanych, a także metody napraw i wzmocnienia konstrukcji.

#### KOMITET ORGANIZACYJNY

Przewodniczący: prof. dr hab. inż. Wiesław Trąmpczyński  
Z-cy Przewodniczącego: dr hab. inż. Barbara Goszczyńska,  
mgr inż. Wiktor Piwkowski  
Członkowie: mgr inż. Tadeusz Durak, dr inż. Stefan Szatkowski,  
dr hab. inż. Grzegorz Świt  
Sekretariat: mgr Anna Pietraszek

#### ADRES KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

Politechnika Świętokrzyska  
Wydział Budownictwa i Architektury „Rzecznawstwo 2016”  
25-314 Kielce, Al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7  
tel. +48 41 34 24 808 , fax +48 41 34 43 784  
e-mail: rzecznawstwo2016@tu.kielce.pl  
www.rzecznawstwo2016.tu.kielce.pl

#### Konto bankowe

Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa  
Oddział Kielce 25-501 Kielce, Sienkiewicza 48/50  
nr konta: 22 1020 2629 0000 9202 0008 9482  
z dopiskiem „Rzecznawstwo 2016”