

## GEOINŻYNIERIA

# PIĘĆ ROZWIĄZAŃ NA WYKONANIE OBIEKTÓW INFRASTRUKTURALNYCH

## Z WYKORZYSTANIEM ŚCIAN SZCZELINOWYCH

### ■ URSZULA TOMCZAK

Główny Projektant i Ekspert Soletanche Polska

Absolwentka Politechniki Warszawskiej, gdzie kształciła się na wydziale Inżynieria Lądowa w specjalności Mosty i Budowle Podziemne. Jest wykładowcą Politechniki Warszawskiej oraz głównym ekspertem w firmie Soletanche Polska, z którą jest związana od 2004 r. Brała udział w realizacji takich projektów, jak np.: Suchy wykop dla Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku – kotwione ściany szczelinowe, betonowy korek, mikropale kotwiące; Warsaw Spire w Warszawie – kotwione ściany szczelinowe; Trasa WZ w Łodzi – ściany szczelinowe jako mury oporowe i podpory dla linii tramwajowej; KTW w Katowicach – kotwione ściany szczelinowe oraz baretę jako posadowienie pośrednie części wysokiej budynku.



### ■ MICHAŁ ZORZYCKI

Kierownik Zespołu Projektowego, Soletanche Polska

Absolwent kierunku Geotechnika i Budownictwo Specjalne na wydziale Górnictwa i Geoinżynierii Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Zawodowo od 14 lat jest związany z geotechniką – pracuje w firmie Soletanche Polska na stanowisku Kierownika Zespołu Projektowego. Posiada uprawnienia projektowe oraz do kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń. Na co dzień, oprócz kierowaniem zespołem projektowym, zajmuje się projektowaniem oraz wspieraniem budów. Aktualnie jest zaangażowany w projekt stacji Śródmieście tunelu średnicowego w Łodzi, projekt palowania i obudów wykopów w projekcie Rozbudowa Kompleksu Olefin dla PKN Orlen, a także projekt obudów wykopów komór i obiektów liniowych na potrzeby Budowy Kolektora Wiślanego w Warszawie.



### ■ KAROLINA BUKAŁA-GŁOWA

Manager ds. Marketingu i Komunikacji, Soletanche Polska



## Z TEKSTU DOWIESZ SIĘ:

- ☑ dlaczego tak ważne jest dobranie odpowiedniego rozwiązania geotechnicznego,
- ☑ jakie są korzyści wynikające z wykorzystania ścian szczelinowych,
- ☑ w jakich inwestycjach znalazły swoje zastosowanie.





Ściany szczelinowe to technologia najczęściej kojarzona z realizacjami obiektów kubaturowych i parkingów podziemnych. Coraz częściej wybierana jest jako rozwiązanie, które pomaga „kupić czas” potrzebny na wykonanie podziemnych obiektów infrastrukturalnych. Konieczność rozbudowy infrastruktury drogowej i kolejowej nie ulega wątpliwości. Nie tylko ze względu na walor ekologiczny w kontekście transportu pasażerskiego i przewozu towarowego, ale również ekonomiczno-gospodarczy. Realizacja

kolei wysokich prędkości oraz bezkolizyjnych przejazdów drogowych coraz bardziej angażuje geotechnikę. Wiąże się to z kolejnym trendem jakim jest oddanie przestrzeni naziemnej lokalnemu ruchowi. To rozwiązanie zmniejszające emisję dwutlenku węgla do atmosfery oraz obniżające hałas.

Aktualna sytuacja na rynku jest niestety wyjątkowo niekorzystna ze względu na brak czasu, pieniędzy, materiałów budowlanych oraz ludzi do pracy. Te problemy dotyczą nie tylko generalnych wykonawców, ale także firm podwykonawczych. Rozwiązaniem tych trudności może być dobranie jak najbardziej efektywnego rozwiązania geotechnicznego współgrającego z warunkami gruntowymi, ale przede wszystkim zmniejszające liczbę dni roboczych potrzebnych na jego wykonanie. Ponadto, jeżeli pozwoli ono przyspieszyć realizację dalszych faz procesu budowlanego, to znajdziemy się na dobrej drodze do zmniejszenia wpływu inflacji na daną inwestycję. Każdy dodatkowy dzień roboczy przekłada się na konkretne pieniądze, a wykonanie prac szybciej pozwoli je zaoszczędzić lub obniżyć stratę.

## CHARAKTERYSTYKA ROZWIĄZAŃ Z WYKORZYSTANIEM ŚCIAN SZCZELINOWYCH

Tego typu rozwiązania dają możliwość zastosowania ścian o zmiennej grubości w zakresie typowym od 50 do 150 cm i dopasowanym kształcie oraz różnych systemach zabezpieczenia stateczności zarówno tymczasowej, jak i docelowej. Dzięki temu w łatwy sposób mogą zaspokoić potrzeby inwestora.

Zastosowanie znacznej grubości ściany szczelinowej sprawia, że może ona w fazach tymczasowych, jak i docelowych pracować jako element wspornikowy nie wymagający dodatkowego zabezpieczenia stateczności w postaci stalowych rozpór lub kotew gruntowych. Soletanche Polska realizowało sekcje ścian szczelinowych o maksymalnej szerokości 150 cm na budowie Komory Odolanowskiej w Łodzi oraz ścian stacji Łódź Śródmieście. Oba obiekty wykonywane były w ramach realizacji łódzkiego tunelu średnicowego. W przypadku braku odpowiedniej sztywności

elementu można także zastosować elementy o kształcie teowym z żebrem zwróconym zarówno na zewnątrz, jak i do wykopu.

Realizacja tuneli otwartych, murów oporowych oraz wiaduktów to również świetna okazja na wykorzystanie ścian szczelinowych w połączeniu z kotwami gruntowymi. Takie rozwiązanie pozwala na uproszczenie prac ziemnych (brak kolizji z rozpórami czy stropami) i realizację robót żelbetowych w ślad za postępem zakresu geotechnicznego. Taka współpraca w istotny sposób przyspiesza prace wszystkich zaangażowanych w proces budowlany. Warunkiem sukcesu jest ścisła kooperacja i wspólne planowanie prac, tak aby poszczególne harmonogramy robót się uzupełniały, a nie nakładały na siebie. Stosunkowo dużym wyzwaniem jest przy tym zachowanie odpowiednich procedur BHP oraz ciągów komunikacyjnych dostosowanych do potrzeb realizacyjnych wszystkich wykonawców.

Kolejnym rozwiązaniem są tunele, których ściany stanowią sekcje ścian szczelinowych (w późniejszym etapie często zastąpione odpowiednią okładziną wykończeniową), rozpięte za pomocą stropu, gdzie wykop odbywa się metodą podstropową. Metoda ta jest niezwykle wygodna, jeśli w ramach kontraktu generalny wykonawca ma do zrealizowania również część nadziemną, na przykład w postaci nawierzchni drogowej lub terenów zielonych. Zastosowanie metody stropowej pozwala na wykonywanie równocześnie prac pod stropem (na przykład prace ziemne, konstrukcja płyty fundamentowej, warstwy drogowej), jak i na powierzchni terenu. To rozwiązanie wykorzystywane było m.in. przy budowie Południowej Obwodnicy Warszawy i realizacji największego tunelu drogowego w Polsce, jak również do wykonania podziemnego przystanku i hali dworcowej podczas przebudowy Dworca Warszawa Zachodnia.

## ŚCIANY SZCZELINOWE A CZAS

Technologia ścian szczelinowych może dać wiele korzyści dla wykonawców projektów infrastrukturalnych. Po pierwsze zapewnia bezpieczeństwo w zakresie możliwości zachowania ciągłości ruchu, co jest niezwykle istotne zwłaszcza w trakcie

remontów czy przebudowy trakcji kolejowych. Prace można podzielić na poszczególne etapy, pozostawiając wymaganą liczbę czynnych torów, a wymagane prace prowadzić w wyznaczonych dniach lub też godzinach o najmniejszym natężeniu ruchu. Kolejnym wyzwaniem realizacyjnym jest konieczność prowadzenia prac w bliskim sąsiedztwie infrastruktury podziemnej (gazociągi, wodociągi, itp.), co dzięki dużej sztywności i małym odkształceniom ścian szczelinowych jest możliwe. Często realizujemy prace w bardzo bliskim sąsiedztwie obiektów mieszkalnych, gdzie naszym zadaniem jest ograniczenie wpływu budowy na jej otoczenie, tak aby uniknąć na przykład długotrwałych i skomplikowanych prac związanych z podbijaniem fundamentów. Ponadto, technologia ta jest mało uciążliwa ze względu na minimalizację drgań i hałasu. Najważniejszym aspektem w realizacji kontraktów drogowych i kolejowych jest jak najszybsze zakończenie prac, aby kolejni wykonawcy mogli rozpocząć swoje zakresy. Tutaj świetnie sprawdza się metoda podstropowa czyli ściany szczelinowe jako fundament oraz równocześnie ściany docelowej konstrukcji rozpięte stropem opisane powyżej.

### ROZWIĄZANIE 1 : POŁUDNIOWA OBWODNICA WARSZAWY

Soletanche Polska w ramach tej inwestycji wykonywała fundamentowanie specjalistyczne na dwóch odcinkach:

- POW A - wykonanie ścian szczelinowych w ramach realizacji tunelu;
- POW C - posadowienie wanny szczelnej wraz z realizacją pomieszczenia dla przepompowni. Ten obiekt został wykonany w technologii ścian szczelinowych, a wodoszczelną przesłonę poziomą stanowił kotwiony korek betonowy realizowany metodą podwodną.

**Tunel Południowej Obwodnicy Warszawy** jest najdłuższym tunelem w stolicy, mierzy 2,3 km i został wykonany w technologii ścian szczelinowych. Budowa tego obiektu to duże przedsięwzięcie - w tunelu POW zmieściłby się Pałac Kultury i Nauki,

a wykonawca łącznie zrealizował tu prawie 4 km ścian szczelinowych. Obiekt jest realizowany metodą odkrywkową polegającą na wykonaniu wykopu zabezpieczonego przez odpowiednie konstrukcje wsparcze, czyli ściany szczelinowe oraz strop rozpięający. Następnie wykop wnętrza tunelu jest wykonywany metodą podstropową. Jest to rozwiązanie znane w obiektach infrastrukturalnych. Było zastosowane na przykład przy budowie wszystkich stacji centralnego odcinka II linii metra w Warszawie. Na ścianach szczelinowych lub palisadach wykonywany jest docelowy lub tymczasowy strop, spod którego wybierany jest grunt. W ramach tego zadania Soletanche wykonała około 4 km ścian szczelinowych, a w kulminacyjnym momencie pracowały obok siebie trzy brygady realizujące tę technologię.

### WANNA SZCZELNA I WYKONANIE SUCHEGO WYKOPU DLA PRZEPOMPOWNI W OKOLICY WĘŻŁA PATRIOTÓW

1. Wykonanie pali CFA jako elementów kotwiących: wannę szczelną, korek betonowy oraz płytę fundamentową przepompowni; średnica  $\phi 600$  mm, długość 7-12 m, zbrojenie żerdź SAS  $\phi 43$ ;
2. Realizacja ściany szczelinowej grubości 80 cm, głębokości od 14,4 m do 18,4 m
3. Wykonanie elementów tymczasowych:
  - ścianki szczelnej kotwionej jednym i dwoma rzędami tymczasowych kotew gruntowych o długości 14,5-16,0 m;
  - przesłony kopanej, wykonanej w technologii Slurry Trench (zawiesina samotwardniejąca) zbrojonej kształtowni-

kami IPE360, schemat wspornikowy częściowo z przyporą ziemną.

4. Wykonanie korka betonowego poniżej poziomu płyty fundamentowej odcinającego dopływ wód gruntowych do przepompowni, grubość 1,0 m.

Przedstawiany obiekt nie imponuje rozmiarami, ale warto zwrócić uwagę na połączenie ścian szczelinowych z wykonanym korkiem betonowym metodą podwodną, który pozwolił w sprawny sposób ujarzmić wysoki poziom wód gruntowych. Najbardziej spektakularną podobną realizacją, aczkolwiek wykonaną w znacznie większym zakresie, było zrealizowanie suchego wykopu dla Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku. Jak widać rozwiązanie stosowane dla realizacji kubaturowej z powodzeniem można zastosować także w obiekcie infrastrukturalnym. Sprawdza się niezależnie od skali.

### ROZWIĄZANIE 2: PRZEJAZD DROGOWY POD TRAKCJĄ KOLEJOWĄ W MIEJSCOWOŚCI KOŚCIAN

W miejscowości Kościan na mocy kontraktu z firmą Torpol SA Soletanche wykonała fundamentowanie specjalistyczne w ramach budowy bezkolizyjnego przejazdu drogowego. Prace były realizowane jako jedno z zadań związanych z przebudową linii kolejowej E59 na odcinku Poznań-Wrocław. Inwestycja ta umożliwiła zwiększenie prędkości kursujących pociągów aż do 160 km/h. Nowy wiadukt o szerokości 12 m i wysokości 4,7 m usprawnił komunikację drogową.





Wyzwania i rozwiązania technologiczne:

- ograniczenie do minimum czasu zamknięcia linii kolejowej oraz włączeń sieci trakcyjnych na sąsiednich czynnych torach,
- wykonanie ścian szczelinowych w wymaganym zakresie etapowania robót wraz z płytą ustroju nośnego posadowioną na gruncie,
- wykonanie prac przyobiektowych i wznowienie ruchu kolejowego,
- przystąpienie do zasadniczych prac budowlanych umożliwiających przeprowadzenie ruchu drogowego pod wiaduktem bez wpływu na odbywający się ruch kolejowy.

Ze względu na bliskie sąsiedztwo budynków mieszkalnych zdecydowano się na zmianę pierwotnie założonej technologii ze ścianki szczelnej na ścianę szczelinową. Pozwoliło to ograniczyć do minimum wpływ wykonania wykopu na otoczenie. Na tym obiekcie Soletanche wykonała ściany szczelinowe o zmiennej grubości 50, 60 i 80 cm stanowiących mury oporowe na dojeździe do wiaduktu, jak i ściany przejazdu pod wiaduktem. Głębokość od 5,0 do 15,5 m dostosowana była do poziomu wykopu oraz schematu statycznego od wspornika, poprzez rozpory tymczasowe i stałe do stropu rozpierającego. Ze względu na nierównoważone parcie wody gruntowej zastosowano 119 sztuk mikropali kotwiących płytę fundamentową o długościach elementów od 12 do 17 m w zależności od zmiennego obciążenia. Dodatkowo poza murem oporowym zaprojektowano podbicie sąsiadującego budynku. Zastosowano tutaj kolumny w technologii jet-grouting 64 sztuki o średnicy 1000 mm, długości od 3,4-4,5 m pod kątem 12 stopni. Jet-grouting wykorzystano również w celu wykonania poziomej przesłony wodoszczelnej dla najgłębszej części obiektu ograniczającej dopływ wody do wykopu. Technologia ścian szczelinowych na tym projekcie pozwoliła na sprawne wykonanie prac, umożliwiając ruch pociągów po sąsiednim torze i szybkie wykonanie fundamentowania oraz stropu, aby umożliwić odtworzenie trakcji i przejście z pracami na drugą stronę.



### ROZWIĄZANIE 3: KOMORA ODGAŁĘŻNA „ODOLANOWSKA”

Komora „Odolanowska” składa się z dwóch szachtów połączonych tunelem wykonanych w technologii ścian szczelinowych i obecnie funkcjonuje jak zaplecze techniczne dla dwóch tarcz TBM: „Katarzyna”, drążącej tunel o średnicy 13,04 m i „Faustyna” drążącej tunel o średnicy 7,3 m. W tym projekcie na szczególną uwagę zasługuje zastosowanie technologii ścian szczelinowych jako szachty na planie koła przeznaczone do transportu tarcz TBM. Zastosowanie zmienionego kształtu szachtu pozwoliło przy wykopie ponad 29 m dla średnicy około 30 m uniknąć całkowicie rozparć na fazę tymczasową, czyli transport pionowy tarczy TBM oraz jej prace nad drążeniem tunelu.

### DLACZEGO SZACHTY NA PLANIE KOŁA SĄ LEPSZYM ROZWIĄZANIEM OD TRADYCYJNYCH KWADRATOWYCH/PROSTOKĄTNYCH?

Tego rodzaju rozwiązanie to specjalność Soletanche Polska. W 2006 roku Soletanche jako pierwsza firma geotechniczna w Polsce zrealizowała obudowę wykopu głębokiego w technologii ścian szczelinowych z wykorzystaniem wodoszczelnego złącza CWS® na planie koła. Była to realizacja zbiornika podziemnego w jednej z hut w Polsce. Od tego czasu z powodzeniem stosuje tę metodę do realizacji obudowy głębokich wykopów, wielokondygnacyjnych parkingów podziemnych, szybów górniczych,

silosów podziemnych i zbiorników. Firma zdecydowała się na zaproponowanie w przypadku Komory Startowej dla dużych tarcz TBM „Katarzyna” i „Faustyna” takiego rozwiązania ze względu na warunki hydrogeologiczne (wysoki poziom wód gruntowych) oraz tempo realizacji prac. Jego wybór oznaczał brak konieczności wykonywania dodatkowych rozparć w trakcie głębienia wykopu. Autorem koncepcji jest duet Urszula Tomczak, Główny Projektant i Ekspert oraz Hubert Tomczak, Dyrektor Zarządzający, Soletanche Polska.

Soletanche wykonało projekt zamienny budowlany i wykonawczy, w którym zastosowano kilka innowacyjnych rozwiązań mających pomóc generalnemu wykonawcy w sprawnej realizacji konstrukcji żelbetowej. Szachty w kształcie koła i ściana szczelinowa łącznika o szerokości 1,5 wspierają wygodne realizowanie dalszego zakresu prac, redukując konieczność zastosowania rozparcia.

### ROZWIĄZANIE 4: TRASA W-Z W ŁODZI

Dla tej inwestycji wykonano 2963 m bieżące ściany szczelinowych o głębokości do 12 m. Plac budowy miał tylko 1050 m, tak więc ściany szczelinowe występowały od 2 do 4 w jednym przekroju pracując równolegle do siebie w zmiennym schemacie od ścian wspornikowych, kotwionych kotwami gruntowymi i ściągami poprzez rozpory tymczasowe po stałe i stropy rozpierające. Ściany szczelinowe wspornikowe mają korzystny wpływ na orga-



nizację placu budowy, przyspieszając znacząco prace na budowie z pominięciem etapów montowania odpowiedniego podparcia ścian. Należy jednak pamiętać o tym, że schemat ten wymaga znacznie dłuższego zakotwienia w gruncie, co wpłynie na głębokość i koszt ścian. Tego typu obudowa ulega też większym przemieszczeniom, na co nie zawsze można sobie pozwolić.

W celu ograniczenia przemieszczeń bądź wykonania głębszego wykopu przy zachowaniu mniejszej grubości ściany stosuje się podpory zapewniające stateczność obudowy. W tunelach otwartych najpowszechniej stosowane są kotwy gruntowe stałe bądź tymczasowe. Kotwy tymczasowe będą przydatne w przekrojach, gdzie w fazie tymczasowej mamy głębokość wykopu uniemożliwiającą zastosowanie schematu wspornikowego. Natomiast w fazie docelowej po wykonaniu płyty dennej bądź zasypek drenażowych odsłonięcie obudowy na tyle maleje, że można dopuścić pracę wspornikową. Popularność kotew gruntowych wynika z braku kolizji podpory ze skrajnią drogową. Na podobnej zasadzie jak kotwy gruntowe można zastosować ściągi stalowe.

W przypadkach, gdzie wysokość skrajni na to pozwala, można zastosować rozpory docelowe stalowe bądź żelbetowe. Niejednokrotnie stosuje się również rozpory stalowe tymczasowe w sytuacjach analogicznych jak opisane powyżej kotwy tymczasowe.

Wspomniany projekt Trasy W-Z w Łodzi jest tunelem zamkniętym. To rozwiązanie przynoszące korzyści w postaci udostępnienia miejsca nad ciągiem drogowym podziemnym dla ruchu naziemnego bądź terenu, który może być wykorzystany na parki, trasy rowerowe bądź budownictwo kubaturowe. Z punktu widzenia inżyniera jest to znakomita okazja do wykorzystania stropu tunelu jako rozparcia obudowy

wykopu. Natomiast realizowanie robót metodą podstropową umożliwia szybsze oddanie terenu nad tunelem do użytkowania, co jest szczególnie istotne w terenie zurbanizowanym.

## ROZWIĄZANIE 5: PODZIEMNA UL. HASA W ŁODZI

Podziemna ul. Hasa w Łodzi to świetny przykład oddania przestrzeni naziemnej mieszkańcom. Nad wykonaną ulicą powstał skwerek, natomiast sama ulica ma w przyszłości nie tylko zapewnić bezkolizyjny przejazd, ale także dotarcie do podziemnych parkingów: publicznego pod mającym powstać w niedługim czasie rynkiem Kobro oraz budynkami biurowymi. W ramach realizacji obiektu powstało ponad 9000 m<sup>2</sup> ściany szczelinowej pełniącej funkcję ścian obiektu, jak również baret mających za zadanie przeniesienie obciążeń od konstrukcji.

**Ryzyko kolizji z infrastrukturą podziemną.** Realizacja inwestycji w ścisłym centrum miasta obciążona była wysokim ryzykiem kolizji z licznymi pozostałościami starych konstrukcji podziemnych (fundamentów, kanałów, piwnic) oraz gęstą siecią uzbrojenia terenu – m.in. linią wysokiego napięcia, która została poprowadzona w znacznym zbliżeniu do zaprojektowanej ściany szczelinowej tunelu.

- Mimo utrudnień Soletanche osiągnęło wydajność 15,5 m.b. ściany szczelinowej na dzień.
- Realizowane ściany miały grubość 60 i 80 cm.
- Głębokość ścian w zależności od warunków gruntowych i założeń projektowych mieściła się w przedziale między 7 a 13 m.

Po wykonaniu zakresu geotechnicznego prace mogły być wykonane w kilku fazach na raz przez generalnego wykonawcę: konsor-

cjum firm Mosty – Łódź oraz BUDOMAL. Z jednej strony mogły być wykonywane prace ziemne, związane z odkopywaniem tunelu metodą podstropową, a równocześnie nad tunelem mogły już toczyć się prace porządkowe, związane z wykonaniem terenu nadziemnego.

## PODSUMOWANIE

**Jako podsumowanie wybraliśmy najważniejsze zalety technologii ścian szczelinowych w kontekście wykonania obiektów infrastrukturalnych.**

- Bezwibracyjna technologia wykonania robót geotechnicznych ogranicza uciążliwość prac.
- Zapewnia bezpieczeństwo sąsiadujących obiektów budowlanych.
- Wysoka sztywność konstrukcji oporowej ogranicza przemieszczenia i osiadania przyległego gruntu.
- Ściana szczelinowa może pełnić jednocześnie funkcje tymczasowej obudowy wykopu oraz docelowej konstrukcji żelbetowej.
- Szybkość wykonania prac.
- Ściana szczelinowa to szczelna przestrona przeciwfiltracyjna
- Nie ma potrzeby usuwania konstrukcji tymczasowej po wykonaniu robót.
- Możliwość wykonania rozpór stałych lub tymczasowych.
- Ograniczenie konieczności realizacji robót szalunkowych.

Zachęcamy do wykorzystania tej technologii i wybranie do jej realizacji doświadczonego wykonawcy. Soletanche Polska ma 25 lat doświadczenia na polskim rynku, a na koncie wiele rekordów, m.in. najgłębsze sekcje ściany szczelinowej sięgające 60 m głębokości wykonane jako posadowienie stacji metra TROCKA. |



VII OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA  
ROSZCZENIA ZWIĄZANE Z COVID-19 W BUDOWNICTWIE  
Strategie i sposoby dochodzenia roszczeń w rzeczywistości sądowej



STOWARZYSZENIE  
INŻYNIERÓW DORADCÓW  
I RZECZCZYNKÓW

SĄD ARBITRAŻOWY  
PRZY STOWARZYSZENIU  
INŻYNIERÓW DORADCÓW  
I RZECZCZYNKÓW

REC

00:00:00

HD 4K 8K

RAW

# OD PROJEKTU DO REALIZACJI

F3.5

RBW  
AUTO



-3.2.1.0.1.2.3+



ISO  
AUTO

100mm  
LR



ZOBACZ  
NASZĄ OSTATNIĄ  
REALIZACJĘ

green studio | webinar | konferencja | streaming

QUALITY-STUDIO.COM

tel.: +48 660 288 299 | +48 664 175 174

e-mail: marketing@quality-studio.com

