

# Wodoszczelność grodzie

Szczelność zamków



Fot. 1. Budowa śluzy Spandau, Niemcy

**W** budownictwie śródlądowym grodzie produkowane przez Arcelor są głównie stosowane jako tymczasowe obudowy wykopów. Inżynierowie, decydując się na ich stosowanie, pamiętają także o ich zdolności do odcinania dopływu wody do wykopu. Jak wiadomo, stalowa ścianka szczelna nie odcina tego dopływu w stu procentach. Napływ wody do wykopu może następować nie tylko pod ścianką z grodziec, ale także przez zamki łączące brusy ze sobą. W przypadku niekorzystnych warunków gruntowo-wodnych projektanci mogą zażądać, aby ze względu na bezpieczeństwo znajdujących się w pobliżu placu budowy obiektów nie obniżano zwierciadła wody gruntu w otoczeniu wykopu. Podobne wymagania mogą być stawiane przez inwestora w sytuacjach gdy z rachunku ekonomicznego wynika, że zwiększenie szczelności obudowy wykopu jest tańszym rozwiązaniem od wypompowywania z niego wody przez okres wykonywania części podziemnej budynku.

O ile dopływ wody do wykopu pod ścianką można zmniejszyć w gruntach piaszczystych przez głębsze pograżenie grodziec powodujące zwiększenie drogi pokonywanej przez wodę lub zatrzymać jej przepływ całkowicie wprowadzając podstawę grodziec odpowiednio głęboko w warstwę gruntu nieprzepuszczalnego. O tyle sposoby zmniejszania przepływu wody przez zamek są w Polsce mało znane. Celem tego artykułu jest przybliżenie Czytelnikom tej tematyki.

## Badania

Firma Arcelor z Luksemburga będąca największym producentem grodziec na świecie dostarcza swoim klientom wsparcie techniczne na każdym etapie projektowania oraz wykonywania stalowych ścianek szczelnych z uszczelnionymi zamkami. Należy tutaj wspomnieć, że Arcelor wraz z Delft Geotechnics (Holenderskim Instytutem Narodowym do spraw Geoinżynierii) przeprowadził pierwsze zakrojone na tak szeroką skalę badania przepływu wody przez zamek, których głównymi wynikami były: opracowanie metod obliczania szczelności zamków, metod pomiaru przepływu wody przez zamek, zbadanie szczelności zamków pustych i wypełnionych różnymi materiałami w funkcji czasu i ciśnienia. Warto także pochwalić się, że na podstawie tych doświadczeń kolega z naszego luksemburskiego biura brał udział w pisaniu załącznika E obowiązującej także w Polsce normy EN 12063 „Ścianki szczelne. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych”. Fakt ten jest doskonałym dowodem zarówno wielkiego zaangażowania firmy Arcelor w rozwój swoich produktów, jak i gwarantem profesjonalnej obsługi jej klientów.



Fot 2. Przyrząd do pomiaru wycieku wody przez zamek

Od momentu rozpoczęcia badań w roku 1992 przeprowadzono za pomocą specjalnie do tego celu skonstruowanego przyrządu (fot. 2) setki pomiarów. Na podstawie otrzymanych wyników wyznaczono konieczne do szacunkowego obliczania przecieku wody przez zamek wartości parametrów szczelności (oporu na przeciek)  $p$ . Parametr ten określono dla zamków zarówno pustych, jak i wypełnio-



Fot. 3. Komora z grodzic Połaniec

nych różnymi materiałami uszczelniającymi, a motywem jego wprowadzenia był fakt niemożności wykorzystania prawa Darcy'ego do opisu tego zjawiska. W trakcie eksperymentów określono także maksymalne dopuszczalne parcie wody na ściankę, przy którym można stosować dany rodzaj uszczelnienia. Zbadano także zachowanie się substancji stosowanych do wypełnienia zamków w środowiskach o różnej agresywności.

### Obliczanie przepływu wody przez zamek

Na podstawie wyników z przeprowadzonych pomiarów zaproponowano by całkowity przeciek przez jeden zamek obliczano z poniższego ogólnego wzoru, który można znaleźć także w polskiej normie PN-EN 12063:

$$Q_1 = \left( \frac{\rho}{\gamma_w} \right) \int_0^{h+H} \Delta p_z dz \quad (1)$$

Powyższy wzór dla najczęściej spotykanej sytuacji przedstawionej na rys.1 przyjmuje postać:

$$Q_1 = \rho \cdot H(0.5 + h) \quad (2)$$

we wzorach tych:

$Q_1$  – przepływ wody przez jeden zamek [ $m^3/s$ ],

$H, h$  – wymiary jak na rys. 2 [m],

$\rho$  – parametr szczelności uzależniony od rodzaju wypełnienia zamka [m/s], który np. dla zamka bez uszczelnienia jest większy od  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s,

$\Delta p$  – różnica ciśnień na głębokości  $z$  [kPa],

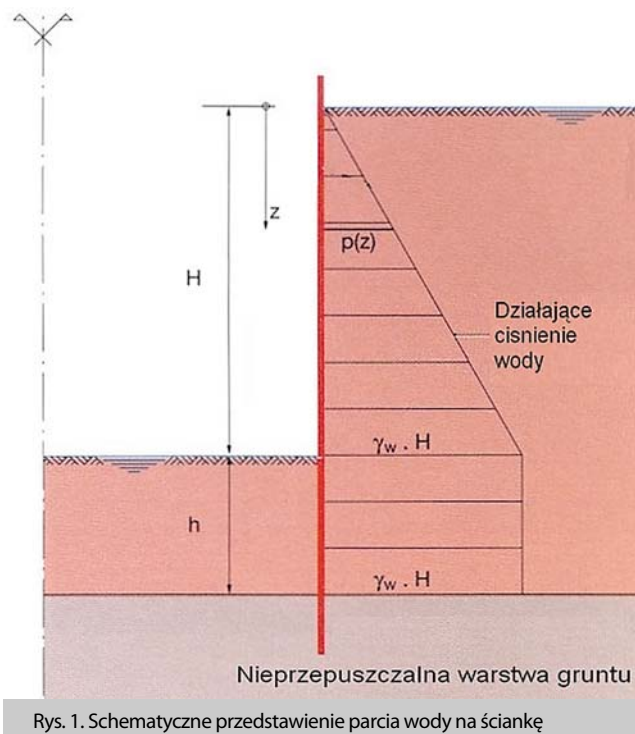
$\gamma_w$  – ciężar objętościowy wody [ $kN/m^3$ ].

Oczywiście ilość wody przeciekającej do wykopu przez zamki otrzymuje się, mnożąc wartość  $Q_1$  przez ilość zamków znajdujących się na obwodzie wykopu. Widać tu więc, jakie znaczenie ma wybór grodzic o jak największym rozstawie zamków. Otrzymany wynik napływu wody do wykopu należy przemnożyć przez współczynnik bezpieczeństwa. Zalecamy, by jego wartość nie była mniejsza od pięciu.

### Szczelność zamków

Jak powszechnie wiadomo, szczelność zamków grodzic zależy w głównej mierze od takich czynników, jak:

- kształt zamka, który może wydłużyć oraz zwężyć drogę pokonywaną przez wodę;
- szerokość pojedynczej grodzicy - im większa tym mniejsza ilość zamków na jednostkę długości ściany; np. zastępując grodzice o szerokości 400 mm grodzicami o szerokości modułowej 750 mm uzyskamy prawie dwukrotne zmniejszenie dopływu wody do wykopu przez zamek;
- skład granulometryczny gruntu otaczającego wykop – mający wpływ na zdolność przenoszonych przez wodę cząstek gruntu do zatykania zamka; proces ten może prowadzić do znacznego zwiększenia szczelności ścianki;
- ciśnienie hydrostatyczne działające na ścianę – im większe tym mniejsze prawdopodobieństwo zatykania zamków przez grunt,
- stan naprężeń na powierzchni styku zamków – im ścianki zamków sąsiadujących grodzic bardziej się dociskają tym mniejsza jest pomiędzy nimi szczelina, a co za tym idzie przepływ wody jest utrudniony;



Rys. 1. Schematyczne przedstawienie parcia wody na ściankę

- zastosowanie uszczelnienia zamka;
  - technika, jakość i kontrola wprowadzania grodzic w grunt.
- Z powyższych czynników dwa ostatnie zostaną w tym artykule omówione dokładnie.

### Uszczelnienia zamków

Zagadnienie uszczelniania zamka zostało poruszone m.in. przez Hückla w książce „Grodze” (wyd. 1959). Autor wymienia w niej między innymi takie metody uszczelniania zamków, jak: „wypełnianie wnętrza zamków ścianki (...) za pomocą mieszaniny piasku, opiłków żelaznych i cementu oraz stosowanie od zewnątrz uszczelnienia sznurem konopnym, impregnowanym środkami bitumicznymi”, „wypełnianie wnętrza zamków drobnym śrutem powleczonym bentonitem”, „wprowadzanie w zamki rurek z plastiku (na podstawie polichlorku winylu), które są tak sprężyste, że zdolne są pod wpływem wewnętrznego ciśnienia do 3 atmosfer powiększać swą średnicę o 50-100%”. Obecnie istnieją bardziej wyrafinowane metody



Fot. 4. Wysypisko śmieci

rozwiązania tego problemu.

W przypadku gdy wykonawca robót zdecyduje się na wprowadzenie uszczelnienia w zamek, proponujemy mu do wyboru jedną z trzech aplikowanych do zamka przed pogrążeniem grodzic substancji:

1. Substancję na bazie bitumów, którą wlewa się do zamka po jej podgrzaniu. Parametr  $\rho$  dla tego materiału wynosi  $6 \cdot 10^{-8}$  m/s, przy czym maksymalne ciśnienie wody na ścianę nie może przekraczać 100 kPa.

2. Substancję będącą mieszaniną wosku i oleju mineralnego. Podobnie jak ta oparta na bazie bitumów jest ona podgrzewana do temperatury, przy której można ją wlać do zamka. Także parametr  $\rho$  oraz maksymalne ciśnienie wody działające na ściankę szczelną jest podobne.

3. Substancję rozszerzającą się pod wpływem kontaktu z wodą. Produkt ten aplikuje się do wcześniej oczyszczonego i suchego(!) zamka na zimno za pomocą specjalnego, opatentowanego przez Arcelor pistoletu. Parametr  $\rho$  dla tego produktu wynosi  $3 \cdot 10^{-10}$  m/s. Maksymalne ciśnienie wody działające na ścianę nie może przekraczać 200 kPa.

Materiały te różnią się pod względem zachowania w różnych środowiskach. Ostatni z powyższych środków jako jedyny z nich zachowuje swoje właściwości nawet w środowiskach agresywnych. Wymaga on jednak, ze względu na jego rozszerzalność pod wpływem wody, większej liczby zabiegów oraz większej ostrożności. Środek rozszerzający się pod wpływem wody w przeciwieństwie do innych wprowadza się w zamek nasadzany na zamek sąsiedniej grodzicy. Wynika to między innymi z faktu jego rozszerzalności pod wpływem wody. Środek ten po dwugodzinnym kontakcie z wodą zwiększa swą objętość dwukrotnie. Gdyby wprowadzać go w przeciwległe zamki pogrążanie grodzic trzeba by było prowadzić prace przez 24 h na dobę.

Fot. 6. Oczyszczalnia ścieków



Wszystkie wyżej wymienione materiały nie gwarantują pełnej stuprocentowej szczelności zamka. Można ją jedynie uzyskać spawając, zamki. Należy tutaj wspomnieć, że istnieją także inne metody zwiększające szczelność przegrody z grodzic, takie jak pogrążanie brusów w szczelinie wypełnio-



Fot. 5. Parking podziemny

nej bentonitem czy wiercenie otworów wypełnianych bentonitem w miejscach, w których będą znajdować się zamki. Jednak proponowane przez Arcelor substancje aplikowane do zamka są rozwiązaniami w większości wypadków wystarczającymi i najtańszymi.

### Zalecenia wykonawcze

Zastosowanie środka uszczelniającego zamek nie jest gwarantem naszego zwycięstwa z wodą zalewającą wykop. Jak zwykle o wiele większe znaczenie ma tu jakość, dokładność i kontrola pogrążania stalowych ścianek szczelnych. Głównym celem tych zabiegów jest zapobieżenie wysprzęgnięcia się zamków, które może mieć katastrofalny wpływ na szczelność przegrody. Najlepsze efekty dają tu panelowe techniki wykonywania ścianki z grodzic, rozwiązujące zarazem inny problem – zmniejszają one ryzyko przegrzania się zamka, które niszczy materiał uszczelniający. Zaleca się także korzystanie z prowadnic, najlepiej na dwóch poziomach (kleszczy).

### Inne pola zastosowań

Proponowanych w artykule rozwiązań nie stosuje się tylko jako środków zabezpieczających wykopy wykonywane na lądzie przed zalaniem. Są one często wykorzystywane przy budowie podpór mostów rzecznych czy obiektów hydrotechnicznych takich jak śluzy (fot. 1) i tamy. Nasze uszczelnienia nie są rozwiązaniami tymczasowymi. Stosuje się je także w tunelach, parkingach podziemnych (fot. 5), oczyszczalniach ścieków (fot. 6) czy w przegrodach oddzielających gleby skażone lub wysypiska śmieci (fot. 4) od terenów niezanieczyszczonych. Uszczelnienia dostarczane przez Arcelor wykorzystuje się także w konstrukcjach będących elementami ochrony przeciwpowodziowej.

autor

mgr inż. Paweł Kwarciański  
Arcelor Long Commercial Polska