

# INSTALACJA GEORUR W ŚWIETLE BADAŃ POLOWYCH I LABORATORYJNYCH

Błażej SMOLIŃSKI\*

Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska,  
Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 20, 00-653 Warszawa

**Streszczenie:** W pracy zaprezentowano proces instalacji georur – wielkogabarytowych syntetycznych kontenerów, stosowanych między innymi do budowy i renowacji wałów przeciwpowodziowych, konstrukcji ostróg regulacyjnych, podpiętrzania poziomu wód, załadowania obszarów wodnych czy odwadniania osadów dennych. W artykule omówiono przebieg wybranych etapów prac i badań polowych zrealizowanych na poligonie badawczym zlokalizowanym na brzegu Wisły w Warszawie. Zaprezentowano program badań, mający na celu wyznaczenie parametrów geotechnicznych charakteryzujących grunt wykorzystany do napełnienia georury oraz parametry wytrzymałościowe płaszczka. Analizie poddano techniczne aspekty związane z możliwościami stosowania georur w konstrukcji obwałowań przeciwpowodziowych.

*Słowa kluczowe:* georury, geosyntetyki, badania polowe.

## 1. Wprowadzenie

Technologia georur jest znana na Zachodzie od przeszło 50 lat i jest z powodzeniem stosowana w projektowaniu konstrukcji hydrotechnicznych, w tym: obwałowań, falochronów i przeciweerozyjnych umocnień brzegowych (Smoliński, 2016). Obecnie georury stosowane są coraz częściej również w Polsce. Funkcjonujące na rynku firmy posiadają w swojej ofercie produkty klasy światowej, o ogólnie uznanej renomie i jakości. Z uwagi na znaczne oszczędności związane z minimalizacją robót betonowych, kosztów wykonania narzutów i materacy kamiennych, technologia georur wzbudza coraz większe zainteresowanie podmiotów i osób zajmujących się projektowaniem konstrukcji hydrotechnicznych. Z uwagi na relatywnie krótki czas stosowania tego typu rozwiązań w warunkach polskich, wszelkie spostrzeżenia dotyczące aspektów wykonawczo-eksploatacyjnych należy uznać za szczególnie cenne. Zgromadzenie odpowiednio rozbudowanego zbioru danych dotyczących wykonawstwa i eksploatacji georur pozwoli na opracowanie specjalistycznych zaleceń i krajowych wytycznych umożliwiających zoptymalizowanie projektowanych rozwiązań bazujących na technologii georur.

## 2. Instalacja i napełnianie georur

Planując podjęcie prac nad zagadnieniem, nawiązano współpracę z licznymi podmiotami zewnętrznymi

z branży szeroko pojętej hydrotechniki i geotechniki.

Na terenie piaskarni Miejskiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji w Warszawie, na praskim brzegu Wisły, zorganizowany został poligon badawczy, na którym podczas seminarium hydrotechnicznego (Popielski, 2017) zaprezentowano proces instalacji i napełniania georur.

Istotnym aspektem związanym z końcowym sukcesem w napełnianiu georury jest odpowiednie przygotowanie podłoża pod konstrukcję. W tym celu fragment poligonu przeznaczony pod posadowienie georury został wyrównany oraz wstępnie zagęszczony za pomocą sprzętu ciężkiego (spycharka). Po uformowaniu platformy roboczej (rys. 1), umożliwiającej równomierne rozłożenie geotkaniny (georury), wykonano warstwę podkładową z geowłókniny, stanowiącą zabezpieczenie przed wymywaniem gruntu spod napełnianej georury przez odsączającą się z niej wodę. Na wstępnym etapie przygotowań konieczne było również odpowiednie rozplanowanie kanałów odpływowych, którymi odcieki z refulatu mogły być odprowadzane w sposób bezpieczny z powrotem do koryta rzecznego. Doświadczenia praktyczne pokazują, że rozwiązaniem optymalnym jest wykonanie platformy roboczej z niewielkim, stałym spadkiem w kierunku pożądanego kierunku odpływu.

Realizacja procesu napełniania georury wymagała odpowiedniego zaplecza technicznego. Wskazane jest, aby niezbędny sprzęt ciężki wyposażony był w napęd gąsienicowy. W trudnym, zwłaszcza grząskim lub piaszczystym terenie, znacznie ułatwia to prowadzenie

\* Autor odpowiedzialny za korespondencję. E-mail: blazej.smolinski@is.pw.edu.pl



Rys. 1. Przygotowanie platformy roboczej. Widoczna pompa bagrowa (fot. B. Smoliński)

prac. Nie bez znaczenia są również względy bezpieczeństwa, wynikające z działań w bezpośrednim sąsiedztwie zbiorników wodnych, w tym także o wysokich brzegach.

Pobór rumowiska rzecznoego odbywał się za pomocą wysokowydajnej pompy bagrowej zasilanej hydraulicznie za pośrednictwem koparki. Szlam tłoczono do wnętrza georury systemem rur ciśnieniowych wyposażonych w szybkozłącza, które w przypadku zapchania się rurociągu umożliwiały szybkie usunięcie zatoru. W celu uniknięcia potencjalnych komplikacji i związanych z tym przestoi technologicznych prowadzono bieżącą kontrolę proporcji tłoczonego refulatu, okresowo zwiększając zawartość wody dla przepłukania całej instalacji.

Sam proces napełniania realizowany był za pośrednictwem systemu kominków (rys. 2), zlokalizowanych w górnej części płaszczu. Ważnym aspektem jest ich rozstaw oraz liczba. Ma to znaczący wpływ na równomierność napełniania geosyntetyku i uzyskanie w końcowym efekcie pożądanej formy przestrzenno-geometrycznej płaszczu oraz parametrów materiału wypełniającego georurę. Rurociąg tłoczny systematycznie przepinano pomiędzy poszczególnymi kominkami, starając utrzymywać równomierny przyrost objętości napełnianej georury na całej jej długości. Dzięki zastosowaniu na końcowym odcinku rurociągu tłocznego głowicy obrotowej z możliwością regulacji kierunku wypływu, wydajność i efektywność procesu znacząco wzrastała (rys. 3). Cały proces napełniania podlegał stałemu nadzorowi doświadczonego pracownika.

Napełnianie georury odbywało się etapowo: fazy pompowania oddzielały od siebie fazy odsączania, podczas których następowało stopniowe odwadnianie zgromadzonego w płaszczu refulatu. Było to możliwe dzięki parametrom stosowanego płaszczu geosyntetycznego, charakteryzującego się wysoką wodo-



Rys. 2. Kominek do napełniania georury (fot. B. Smoliński)

przepuszczalnością (Pilch, 2013). Wymagane było również staranne dobranie charakterystycznego wymiaru porów materiału płaszcza, względem uziarnienia refulatu, tak aby zapobiec wymywaniu frakcji gruntowych z wnętrza georury, przy jednoczesnym zminimalizowaniu zjawiska kolmatacji geosyntetyku. Oznaką pełnego napełnienia georury było zaobserwowanie wypływu pompowanej mieszanki przez jeden z kominków (rys. 4 i 5).

Cennym elementem wykonywanych prac był ciągły pomiar odkształceń płaszcza podczas poszczególnych faz napełniania i odsączania. Wykorzystano do tego celu zestaw nowoczesnych czujników (na przykład profilometr), o bardzo dużej dokładności i częstotliwości akwizycji danych, dzięki czemu pozyskano precyzyjne informacje dotyczące stanu wyężenia konstrukcji (rys. 6). Opracowanie i wykorzystanie tych pomiarów do dalszych analiz oraz modelowanie numeryczne będą przedmiotem oddzielnych publikacji.



Rys. 3. Napełnianie georury. Widoczny rurociąg tłoczny z głowicą podłączoną do kominka (fot. B. Smoliński)



Rys. 4. Napełnianie georury. Widoczny wypływ refulatu z kominka (fot. B. Smoliński)



Rys. 5. Napełniona georura (fot. B. Smoliński)



Rys. 6. Napełnianie georury. Widoczne czujniki pomiarowe zamontowane na płaszczu (fot. B. Smoliński)

### 3. Badania polowe i laboratoryjne

Systematycznemu i stopniowemu odwadnianiu refulatu towarzyszyły procesy konsolidacji. Powodowało to zmianę parametrów materiałowych wypełnienia georury w czasie. Po zakończeniu napełniania i odsączeniu materiału przystąpiono do dalszych badań. Po rozcięciu geosyntetycznego płaszczu zaobserwowano wyraźne zróżnicowanie stref materiałowych, związanych z kolejnymi fazami napełniania (rys. 7). Zmianie uległo również zagęszczenie materiału. W celu dokonania analizy tego zjawiska wykonano badania terenowe.

Badania polowe zrealizowane przy współpracy z Instytutem Techniki Budowlanej obejmowały między innymi sondowania sondą lekką, na podstawie których możliwe jest określenie stopnia zagęszczenia badanego gruntu. Ponadto wykonano sondowania CPT, i pomiary dylatometrem płaskim (DMT). Zaletą wykonanych badań jest ciągłość wykonanych pomiarów, w każdym z profili pionowych.

Uzupełnieniem badań polowych są badania laboratoryjne, stanowiące ważny element weryfikacyjny. Z poszczególnych przekroji pomiarowych wyznaczonych w obrębie georury pobrane zostały próbki NNS.

Na podstawie wykonanych oznaczeń wilgotności i gęstości objętościowej wyznaczony zostanie przestrzenny rozkład gęstości objętościowej szkieletu gruntowego. Parametry wytrzymałościowe gruntu ( $c$ ,  $\varphi$ ), otrzymano w wyniku badań przeprowadzonych w aparacie bezpośredniego ścinania. Analizie podlegały również wilgotność optymalna gruntu oraz maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego, określone z badań w aparacie Proctora (metoda I).

#### 4. Dalsze kierunki prac

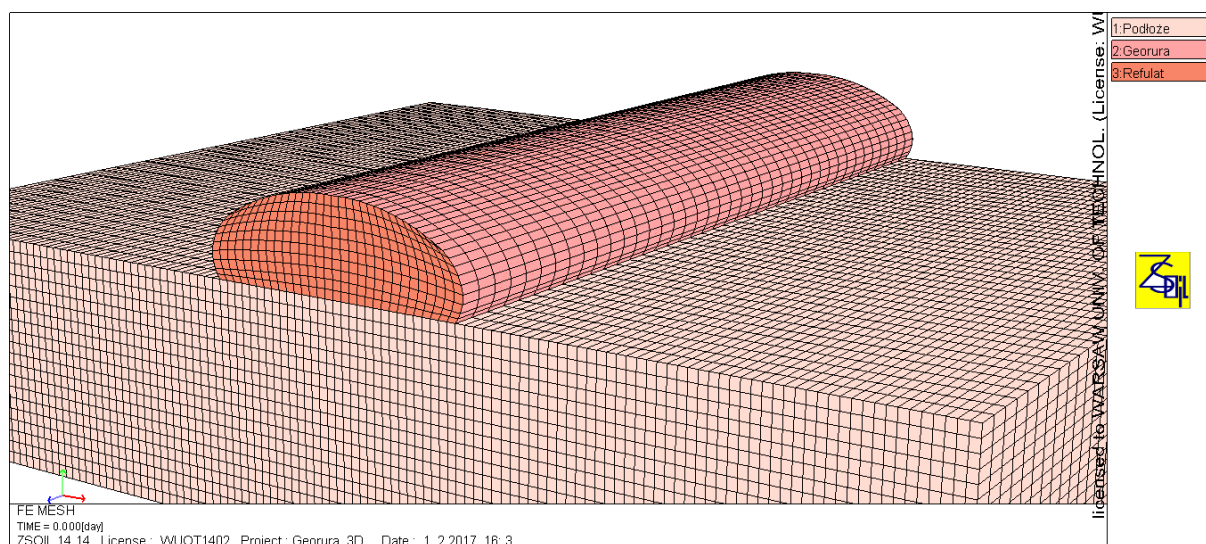
Obecnie prowadzone są prace związane z weryfikacją uzyskanych wyników pochodzących zarówno z badań laboratoryjnych, jak i polowych. Na podstawie zależności

korelacyjnych (CPT, DMT) i badań polowych wyznaczone zostaną parametry geotechniczne gruntu wraz z modułami opisującymi jego sztywność.

Celem tych analiz jest eksperckie oszacowanie wartości parametrów materiałowych i współczynników jakie zostaną zaimplementowane do opracowanego trójwymiarowego modelu numerycznego analizowanej konstrukcji (rys. 8). Wykonane wariantowe symulacje pozwolą na oszacowanie naprężeń i odkształceń występujących w płaszczu przy założeniu współpracy podłoża gruntowego z refulatem wypełniającym georurę oraz zlokalizowanie rejonów ich koncentracji. Konstrukcja modelu przewiduje uwzględnienie w obliczeniach odpowiednio skalowanych elementów typu interface. Możliwe więc będzie dokładne scharakteryzowanie wzajemnej współpracy w strefie kontaktu



Rys. 7. Uwarstwienie gruntu wewnątrz georury (fot. B. Smoliński)



Rys. 8. Numeryczny model 3D georury

geosyntetyk-grunt. Aspekt ten wedle danych literaturowych jest zazwyczaj pomijany (Leshchinsky i in., 1996; Pilarczyk, 2000) w procesie projektowania, a może mieć wpływ na wytrzymałość płaszcza i stateczność tego typu konstrukcji. W procesie kalibracji wygenerowanego modelu wykorzystane zostaną dane pozyskane z czujników zainstalowanych na płaszczu w czasie napełniania georury. Dzięki analizom numerycznym opartym na parametrach o wartościach wyznaczonych na podstawie badań terenowych i laboratoryjnych, realnej ocenie zostanie poddana efektywność stosowania georur w budownictwie wodnym.

## 5. Podsumowanie

Wykonywane w czasie napełniania georury pomiary i obserwacje pozwolą na dopracowanie zagadnień techniczno-wykonawczych. Rezultaty badań polowych i laboratoryjnych, a także analizy numeryczne będą cennym uzupełnieniem wiedzy w zakresie omawianego zagadnienia.

W opinii autora, umożliwi to rzetelne przedstawienie ograniczeń i zalet technologii georur i przyczyni się w znaczący sposób do rozwoju hydrotechniki w Polsce.

## Literatura

- Leshchinsky D., Leshchinsky O., Ling H.I., Gilbert P.A. (1996). Geosynthetic tubes for confining pressurized slurry: Some design aspects. *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 122, No. 8, 682-690.
- Pilarczyk W.K. (2000). Geosynthetics and Geosystems in Hydraulic and Coastal Engineering. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Pilch M. (2013). Ochrona brzegów morskich georurą SoilTain® na przykładzie zabezpieczenia wydmy w Rowach. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, 4/2013, 106-113.
- Popielski P. (2017). Zastosowanie geosyntetyków w budownictwie wodnym-seminarium hydrotechniczne. *Gospodarka Wodna*, 1/2017, 33.
- Smoliński B. (2016). Zastosowanie technologii geotub w budownictwie hydrotechnicznym. *Monografie "Inżynieria Środowiska - Młodym Okiem"*, Tom 25, 282-302.

## INSTALLATION OF GEOTUBES BASED ON LABORATORY AND FIELD TESTS

**Abstract:** The paper presents the process of installation of geotubes-synthetic containers, used for the construction and renovation of flood embankments, water damming and sludge dewatering. The article discusses the course of selected stages of research and field works carried out on a research field located on the bank of the Vistula rivier in Warsaw. To determine the geotechnical parameters characterizing of soil filling the geotubes and the strength parameters of geosynthetic shell, a systematically implemented researched program was presented. The technical aspects related to the possibilities of using geotubes in construction of flood embankment were analyzed.

Pracę wykonano w Politechnice Warszawskiej w ramach grantu dziekańskiego Nr 504/02640 realizowanego na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, pod opieką naukową dr hab. inż. Pawła Popielskiego, prof. PW. Autor składa serdeczne podziękowania za pomoc w organizacji poligonu badawczego oraz realizacji badań:

- Przedsiębiorstwu Realizacyjnemu INORA® sp. z o.o.,
- NeoStrain sp. z o.o.,
- Miejskiemu Przedsiębiorstwu Wodociągów i Kanalizacji w Warszawie,
- WICHARY Technologies sp. z o.o.,
- EFB Partner,
- Instytutowi Techniki Budowlanej.