

# Analiza ściany głębokiego wykopu – studium przypadku

tekst: **dr inż. MONIKA MITEW-CZAJEWSKA**, Politechnika Warszawska

W artykule omówiono przykład analizy statycznej ściany głębokiego wykopu stacji metra w Warszawie z zastosowaniem metody parć zależnych. Wartości modułu reakcji podłoża określano z zastosowaniem teorii Chadeisso-na [1]. Obliczenia przeprowadzono programem GEO5 *Ściana analiza*.

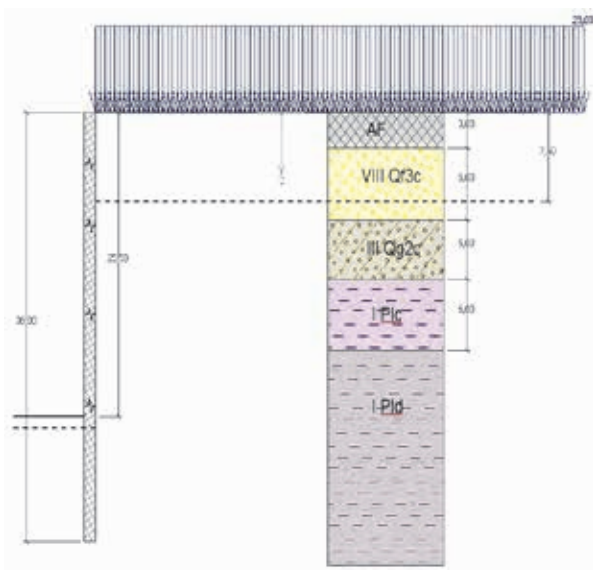
Analizę statyczną obudów głębokich wykopów wykonuje się obecnie, stosując [2]:

- metody klasyczne, w których ścianę liczy się jako statycznie wyznaczalny ustrój obciążony parciem gruntu i obciążeniami dodatkowymi;
- metodę parć zależnych (inaczej nazywaną metodą modułu reakcji), w której ściana traktowana jest jako belka sprężysta, a wartość odporu gruntu w danym punkcie ściany jest wprost proporcjonalna do poziomych przemieszczeń w tym punkcie. W metodzie tej uwzględnia się współpracę konstrukcji z masywem gruntowym oraz fazowy charakter pracy konstrukcji;
- metodę elementów skończonych w wersji 2D lub coraz częściej także 3D, która umożliwia modelowanie całego obszaru obejmującego konstrukcję, otaczający masyw gruntowy oraz sąsiadujące z nią obiekty.

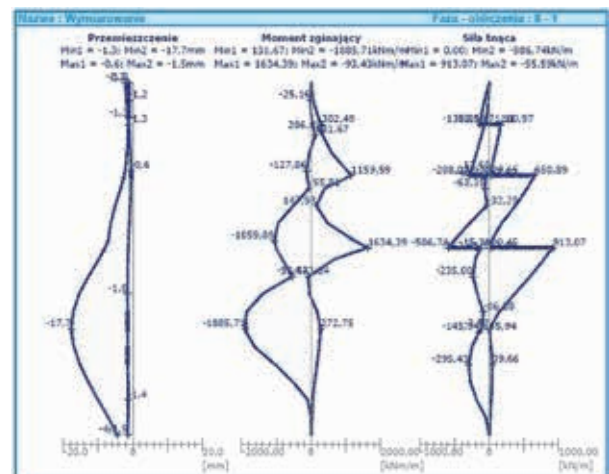
Do obliczeń w niniejszym artykule przyjęto następujące założenia:

- głębokość docelowa wykopu – 25,5 m,
- długość całkowita ściany szczelinowej – 36 m,
- grubość ściany szczelinowej – 1,2 m,
- realizacja wykopu metodą stropową, trzy stropy rozpierające ścianę w fazie tymczasowej; grubości stropów odpowiednio (od najwyższego do najniższego) – 1,2 m, 0,6 m, 0,5 m,
- grubość płyty fundamentowej – 1,2 m.

Geometrię modelu oraz warunki geotechniczne przedstawiono na rycinie 1.



Ryc. 1. Geometria modelu



Ryc. 2. Obwiednie przemieszczeń i sił wewnętrznych z wszystkich faz budowy, uzyskanych w obliczeniach w programie GEO5 *Ściana analiza*

W podłożu inwestycji wyróżniono kolejno następujące warstwy geotechniczne:

- bezpośrednio pod powierzchnią terenu, grunty nasypowe, antropogeniczne o miąższości ok. 3–5 m (oznaczone na rycinie jako AF, ang. *Artificial Fill*),
- fluwiogłacjalne piaski drobne i średnie o miąższości ok. 6–7 m (VIII Qf3c),
- gliny morenowe wykształcone w postaci glin piaszczystych o miąższości 5–6 m (III Qg2c),
- do głębokości rozpoznania – iły plicenińskie, wykształcone w postaci iłów, iłów pylastych, iłów pylastych zwięzłych; warstwę tę podzielono, uwzględniając zmienność parametrów wraz z głębokością, na dwie warstwy (I Plc oraz I Pld). Poziom zwierciadła wody gruntowej przyjęto na głębokości 7,5 m p.p.t. Parametry wydzielonych warstw gruntowych uwzględnione w analizie numerycznej zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Parametry geotechniczne warstw gruntowych

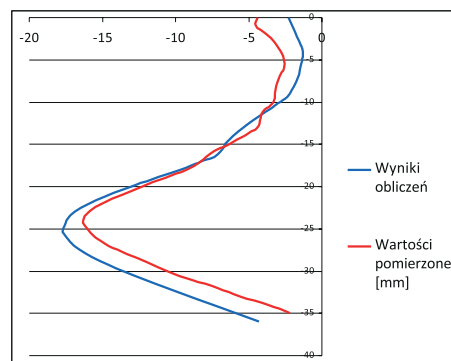
Warstwa geotechniczna	$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	$\varphi$ <sup>2</sup> °	$c$ <sup>2</sup> kPa
AF	18	25	0
VIII Qf3c	19	34	0
III Qg2c	21	31	3
I Plc	20	10	18
I Pld	21	15	18

W analizie statycznej uwzględniono następujące fazowanie budowy:

- faza 1 – wykonanie wykopu o głębokości 4,9 m p.p.t.,
- faza 2 – wykonanie stropu stacji,
- faza 3 – wykonanie wykopu do głębokości 9,8 m p.p.t.,
- faza 4 – wykonanie pierwszego (górnego) stropu pośredniego,
- faza 5 – wykonanie wykopu do głębokości 17,2 m p.p.t.,
- faza 6 – wykonanie trzeciego (dolnego) stropu pośredniego,
- faza 7 – wykonanie wykopu do rzędnej docelowej, tj. do głębokości 25,5 m p.p.t.,
- faza 8 – wykonanie płyty fundamentowej.

W wyniku obliczeń przeprowadzonych w programie GEO5 *Ściana analiza* uzyskano obwiednie momentów zginających, sił tnących oraz przemieszczeń ściany z wszystkich faz budowy (ryc. 2). Wartości maksymalne momentów i przemieszczeń wystąpiły w fazie głębienia wykopu do rzędnej docelowej i wyniosły: moment zginający od strony wykopu 1885 kNm/m (od strony gruntu 1635 kNm/m), przemieszczenie poziome ściany – 17,7 mm. Uzyskane teoretyczne przemieszczenia poziome ściany szczelinowej porównano następnie z wynikami pomiarów inklinometrycznych prowadzonych podczas budowy stacji (ryc. 3).

Uzyskano zgodność zarówno charakteru linii ugięcia ściany, jak i wartości maksymalnego przemieszczenia. Można więc stwierdzić, że metoda parć zależnych jest odpowiednia do projektowania ścian głębokich wykopów pod warunkiem prawidłowego kalibrowania parametrów modelu (parametrów geotechnicznych warstw gruntowych, sprężystości elementów rozparcia, obciążeń dodatkowych itp.) [3].



Ryc. 3. Porównanie wartości przemieszczeń teoretycznych z wartościami przemieszczeń pomierzonych na budowie [mm]

## Literatura

- [1] Mitew-Czajewska M.: *Badania doświadczalne i analiza numeryczna przemieszczeń ścian szczelinowych*. Praca doktorska, Politechnika Warszawska. Warszawa 2005.
- [2] Siemińska-Lewandowska A.: *Przemieszczenia kotwionych ścian szczelinowych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2001.
- [3] Siemińska-Lewandowska A., Mitew-Czajewska M.: *Nowe wyzwania przy projektowaniu obiektów II linii metra w Warszawie*. Materiały seminarium *Głębokie wykopki 2013*, Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Warszawa, 21 marca 2013.

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW.

# geotechnical software suite **GEO5**

## Nowa wersja 18

**Ściana analiza** - wymiarowanie przekrojów żelbetowych i stalowych

**Pał** - analiza nośności poziomej pali metodą Bromsa

**Ściany** - nowe typy fundamentów pod konstrukcjami oporowymi (ławy fundamentowe, pale)

**Ściana analiza** - nowe katalogi ścianek szczelnych (Larsen Knysen, Arcelor Mittal)

[www.mmgeo.pl](http://www.mmgeo.pl)

## Obszary zastosowania

Analiza stateczności

Projektowanie głębokich wykopów

Projektowanie konstrukcji oporowych

Projektowanie fundamentów

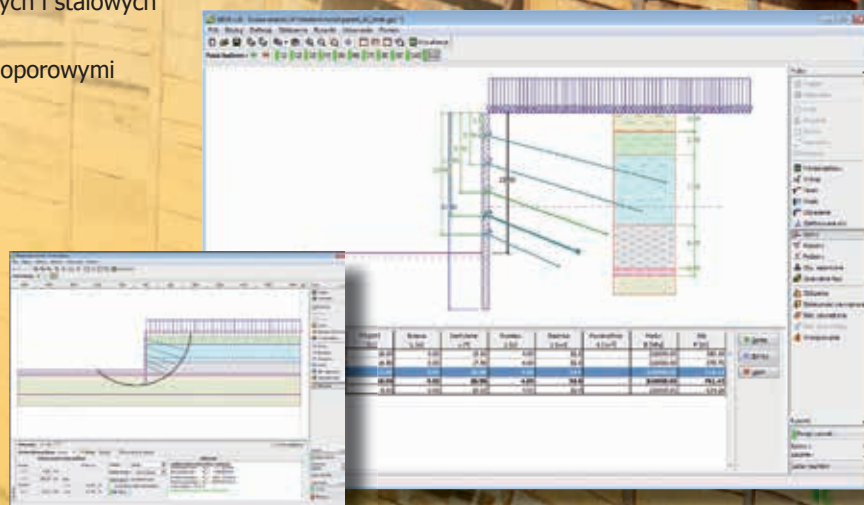
Analiza osiadań gruntu

Cyfrowe modelowanie terenu

Analiza zaawansowanych

zagadnień geotechnicznych MES

## Programy do analizy i projektowania zagadnień geotechnicznych



**mmgeo**

### Wyłączny dystrybutor w Polsce:

MMGEO  
ul. Relaksowa 33/110  
02-796 Warszawa

tel.: +48501700981  
tel./fax.: +48226482787  
email: info@mmgeo.pl