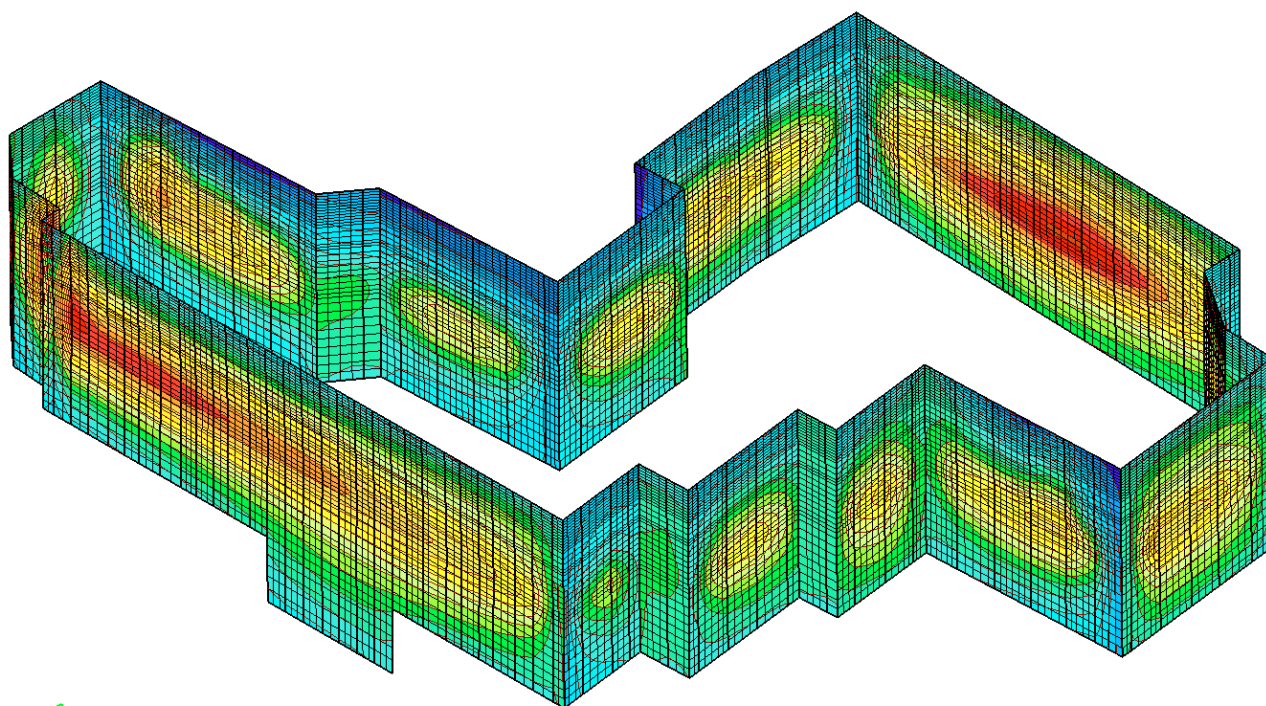


Budujemy w coraz trudniejszych warunkach gruntowo-wodnych

tekst: dr inż. **GRZEGORZ KACPRZAK**, Politechnika Warszawska; Instytut Dróg i Mostów; Warbud SA, mgr inż. **MICHAŁ ZORZYCKI**, mgr inż. **RAFAŁ BAGIŃSKI**, Warbud SA, zdjęcie i ilustracje: **WARBUD SA**

Obserwując rynek budowlany, łatwo zauważyć, że współczesne realizacje to coraz bardziej skomplikowane obiekty, budowane w coraz trudniejszych warunkach, w tym gruntowo-wodnych. Zarazem zamawiający oczekuje od wykonawcy zachowania jak najkrótszych okresów realizacji oraz najwyższej jakości robót, w tym geotechnicznych, za najniższą cenę, przy jednoczesnym pozbyciu się ryzyka. Poprzeczka postawiona jest więc wysoko.





Przemieszczenia w kierunku normalnym do powłok odwzorowujących obudowę wykopu

Stawiamy na komplementarność działań

Przeniesienie ryzyka na generalnego wykonawcę oznacza konieczność umiejętnego nim zarządzania. Warbud SA od ponad 13 lat posiada w swoich strukturach Biuro Techniczne, które oferuje wsparcie techniczne, m.in. w zakresie projektowania geotechnicznego. To znacząco podnosi konkurencyjność firmy. Udział własnych specjalistów w analizie głębokich posadowień czy innych trudnych zagadnień związanych z fundamentowaniem pozwala minimalizować ryzyka związane z geotechniką i optymalizować koszty.

Podejmujemy wyzwania

Niezwykłe dynamiczny rozwój aglomeracji miejskich stawia przed nami nowe wymagania dotyczące wykorzystywania, szczególnie w obszarach śródmiejskich, wolnej powierzchni, tj. nawet niewielkich działek zlokalizowanych w ścisłej zabudowie [2]. Wysokie koszty takich działek powodują, że coraz częściej planuje się realizację obiektów budowlanych z kilkoma kondygnacjami podziemnymi. Wiąże się to z potrzebą wykonywania wykopów w bezpośrednim lub bliskim sąsiedztwie istniejących budynków.

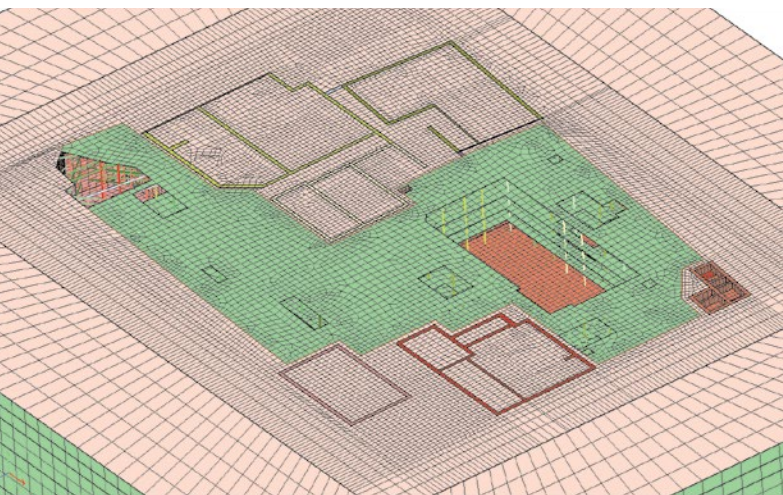
Konstruowanie części podziemnych nowych budynków wymaga wykonania wykopów z odpowiednią obudową (z rozparciem lub zakotwieniem). Przemieszczenie obudowy wykopu, a co za tym idzie – podłoża gruntowego w strefie wpływu wykopu, powoduje przemieszczenia zabudowy w sąsiedztwie wykopu.

Już na etapie projektowania nowego obiektu należy przeprowadzić analizę wpływu wykopu na sąsiednie budynki [4, 6]. Trzeba zwrócić również uwagę na wpływ obniżanego na potrzeby wykopu zwierciadła wód gruntowych. Reasumując, wykonywanie wykopów w gęstej zabudowie miejskiej i ich wpływ na sąsiednią zabudowę stanowią jeden z ważniejszych problemów geotechnicznych podczas planowania nowej inwestycji [3].

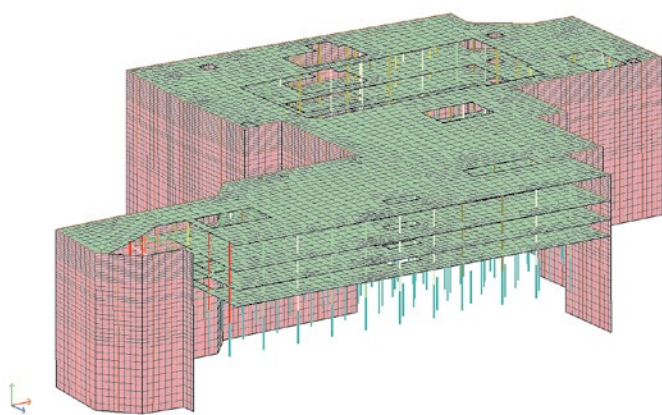
Dobra praktyka

W celu prawidłowego zaprojektowania obudowy wykopu należy poprawnie zamodelować ośrodek gruntowy, tzn. podać odpowiednio dobrane parametry geotechniczne. Wartości parametrów wytrzymałościowych mogą być przyjmowane jako stałe jedynie w przedziale naprężenia, dla którego zostały określone. To samo dotyczy parametrów odkształceniowych, gdzie, znając zakresy pracy danej konstrukcji, można zastosować odpowiednią metodę i dobrać wartość parametru wynikającą z ustalonej wartości odkształcenia, mając na uwadze silną nieliniowość sztywności gruntu w zakresie małych odkształceń. Korzystając z metod obliczeniowych, w których podłoże gruntowe zamodelowane jest jako sprężysto-plastyczne, konieczne jest określenie jedynie cech mechanicznych gruntu (kąta tarcia wewnętrznego oraz spójność), na podstawie których, stosując np. nomogramy Chaidessona, można pośrednio wyznaczyć poziomy moduł sztywności gruntu k_h [kN/m³].

Do weryfikacji i porównania wyników obliczeń 2D przeprowadzonych metodą parć zależnych z poziomym modułem sztywności gruntu, przedstawianych najczęściej w dokumentacjach projektowych, niezbędne jest wykonanie obliczeń, wykorzystując przestrzenny model numeryczny. Stworzenie przestrzennego modelu numerycznego danego przypadku obliczeniowego i dodatkowo wykorzystanie zaawansowanych modeli konstytutywnych służących do opisu zachowania gruntu, takich jak np. model *Hardening Soil-small* (HSs), pozwala odwzorować rzeczywistą współpracę konstrukcji z gruntem. Konieczna jest parametryzacja wszystkich warstw gruntu w celu prawidłowego odwzorowania warunków gruntowo-wodnych i uzyskania bliskich rzeczywistości wartości przemieszczeń terenu sąsiedniego oraz odkształceń konstrukcji obudowy wykopu. Wyznaczenie pełnego kompletu parametrów wymaganych dla opisanie modelu HSs gruntu zobowiązuje do przeprowadzenia kosztownych i czasochłonnych badań w aparacie trójosiowego ściskania w warunkach z odpływem TXCID



Widok przestrzennego modelu numerycznego



Widok przestrzennej konstrukcji podziemia przed wykonaniem płyty fundamentowej

w minimum trzech seriach na każdą parametryzowaną warstwę gruntu. Na podstawie badań przedstawionych w [1] można stwierdzić, że w przypadku gruntów ilastych zasadne jest przeprowadzenie czterokrotnie szybszej metody badania w aparacie trójosiowego ściskania, czyli w warunkach bez odpyły TXCIU. W przypadku tego rodzaju gruntu, przy zachowaniu pełnej procedury nasycenia i konsolidacji, przeprowadzone badania metodą TXCIU dają podobne wartości spójności efektywnej i efektywnego kąta tarcia wewnętrznego jak w badaniu TXCID.

W przestrzennym modelu numerycznym ściana szczelinowa (obudowa głębokiego wykopu) modelowana jest najczęściej za pomocą powłoki sprężystej. W związku z tym, że ściana szczelinowa wykonana jest z sekcji, nie może być rozpatrywana jako element ciągły, a rozwiązaniem tego problemu jest zmniejszenie sztywności giętej w kierunku poziomym dziesięciokrotnie w stosunku do kierunku pionowego. W celu najbliższego rzeczywistości odwzorowania sztywności ściany szczelinowej w obu kierunkach w powłoce, na styku poszczególnych sekcji, należy wprowadzić połączenie przegubowe. Zalecane jest stosowanie w pełni konsystentnej analizy nieliniowej układu podłoże – konstrukcja, w którym zakładamy, że konstrukcja ścian może podlegać zarysowaniu oraz pełzaniu (według wskazań EC2) [5]. Prawidłowe odwzorowanie pracy obudowy wykopu wymaga w obliczeniach uwzględnienia fazowania realizacji wykopu i wykonania konstrukcji podziemnej oraz zamodelowania rzeczywistych wymiarów istniejących i zaprojektowanych obiektów.

Budowa przestrzennego modelu numerycznego możliwie najwierniej odwzorowującego rzeczywiste warunki daje możliwość uniknięcia koniecznych uproszczeń oraz ograniczeń wynikających bezpośrednio ze stosowania metody obliczeń w płaskim stanie naprężenia. Zakładane w obliczeniach 2D sztywności podparcia obudowy wykopu (stropy rozporowe, rozpory stalowe) są natomiast w przestrzennym modelu numerycznym obliczane na podstawie zadanej geometrii i parametrów materiałowych przestrzennej konstrukcji podziemnej. Założone sztywności przestrzennych układów stropów rozporowych z otworami w uproszczonych modelach dwuwymiarowych wymagają od konstruktora żelbetowej konstrukcji stropów oraz projektanta obudowy przeprowadzenia iteracyjnego procesu projektowego ścian szczelinowych. Proces iteracyjny polega na osiągnięciu jednakowej sztywności, czyli relacji obciążenia i przemieszczenia elementów stanowiących podparcie obudowy zarówno w obliczeniach statycznych układów tarczowych stropów rozporowych, jak i obliczeniach statycznych obudowy wykopu uwzględniających pracę gruntu.

Konieczność bieżącej weryfikacji założeń

Kontrola rzeczywistej pracy konstrukcji obudowy wykopu i przemieszczenia terenu sąsiedniego do realizowanego wykopu powinna odbywać się w nawiązaniu do prognozowanych wartości, uzyskanych na podstawie obliczeń przestrzennego modelu numerycznego. Prawidłowo zaprojektowany i prowadzony monitoring konstrukcji sprawdza w czasie rzeczywistym zgodność przemieszczeń z założeniami projektowymi oraz umożliwia ewentualną kalibrację modelu numerycznego w celu uwzględnienia rzeczywistego zachowania się obudowy. Przestrzenny model numeryczny, w którym uwzględniono zabudowę towarzyszącą, szczególnie budynki objęte opieką konserwatora zabytków, oraz infrastrukturę podziemną, do której należą wymagające obiekty metra lub kolei, pozwala na świadome prowadzenie procesu budowlanego z możliwością podjęcia ewentualnych wyprzedzających działań zmierzających do minimalizacji wpływu wykopu.

Literatura

- [1] Godlewski T., Kacprzak G., Witowski M.: *Practical evaluation of geotechnical parameters of soils for the design of diaphragm walls embedded in Warsaw's Pliocene clays*. „Civil and Environmental Engineering” 2013, Vol. 4, no. 1, pp. 13–19.
- [2] Runkiewicz L., Sieczkowski J.: *Problemy techniczne budowy obiektów na terenie istniejącej gęstej zabudowy*. „Przegląd Budowlany” 2015, t. 86, nr 9, s. 18–23.
- [3] Siemińska-Lewandowska A.: *Głębokie wykopy. Projektowanie i wykonawstwo*. WKŁ. Warszawa 2010.
- [4] Szulborski K.: *Problemy konstrukcyjne w realizacji inwestycji wznoszonych w zabudowie zwartej*. Materiały V Konferencji Naukowo-Technicznej Warsztat pracy rzeczoznawcy budowlanego. Kielce 1999, s. 277–293.
- [5] Truty A.: *On consistent nonlinear analysis of soil-structure interaction problems*. „Studia Geotechnica et Mechanica” 2018, Vol. 40, no. 2, pp. 86–95.
- [6] Kacprzak G., Bodus S.: *The modelling of excavation protection in highly urbanised environment*. „Technical Transactions” 2019, Vol. 1, pp. 133–142.

Więcej na www.warbud.pl





Tworzymy nowoczesną przestrzeń. Jesteśmy dumni, że już od ponad 25 lat nasze obiekty służą ludziom. Z myślą o nich realizujemy komfortowe osiedla mieszkaniowe, funkcjonalne szkoły, nowoczesne biurowce i centra handlowe, mosty, drogi, reprezentacyjne lotniska oraz hotele, multimedialne muzea i sale koncertowe, a także wysokospecjalistyczne szpitale. To prawdziwa radość budować dla ludzi oraz satysfakcja, że robimy to dobrze.

warbud.pl

razem @ VINCI 

