

prof. dr hab. inż. Adam Podhorecki^{1*)}mgr inż. Izabela Kasprzyk¹⁾dr inż. Magdalena Lachowicz¹⁾mgr inż. Magdalena Sosnowska¹⁾

Rozbudowa zabytkowej kamienicy na warszawskiej Starówce z wykorzystaniem ścian szczelinowych i zmodyfikowanej metody budowy top & down

Expansion of a historic building in the Old Town of Warsaw with the use of diaphragm walls and a modified construction method Top & Down

DOI: 10.15199/33.2015.12.23

Streszczenie. Wymaganą stateczność głębokich wykopów można zapewnić, stosując jako obudowę ściany szczelinowe. Stanowią one nie tylko sztywną i szczelną obudowę, ale także efektywny element ścian nośnych do oparcia stropów kondygnacji podziemnych i nadziemnych. Jedną z metod wykonywania głębokiego wykopu przy obudowie ścianami szczelinowymi jest metoda top & down, polegająca na jednoczesnym budowaniu kondygnacji podziemnych i nadziemnych. Przy rozbudowie kamienicy, będącej przedmiotem artykułu, dokonano pewnej modyfikacji tej metody w celu uniknięcia ewentualnego wypiętrzenia, głównie ścian szczelinowych, po wykonaniu głębokiego wykopu. Modyfikację wdrożono i uzyskano bardzo pozytywne rezultaty.

Słowa kluczowe: głębokie wykopy, ściany szczelinowe, technologia wykonania wykopu, modyfikacja metody top & down.

Budowa dużych obiektów kubaturowych wiąże się zwykle z projektowaniem i wykonywaniem głębokich wykopów [1]. Obecnie bardzo często rozbudowujemy obiekty starówek miast, budujemy nowe obiekty w pobliżu mocno zurbanizowanej przestrzeni i zabytkowej zabudowy. Te nowe obiekty mają często kondygnacje podziemne, przeznaczone głównie na garaże podziemne, sięgające nierzadko do 30 m poniżej poziomu terenu. Przy tego typu realizacjach występują prawie zawsze następujące problemy (fotografia 1):

- trudne i złożone warunki gruntowo-wodne;
- bliskie lub bezpośrednie sąsiedztwo istniejących budynków, często w nie najlepszym stanie technicznym;
- bardzo mały, ciasny plac budowy.

Wówczas stosuje się najczęściej bardzo pomocną, nowoczesną i efektywną technologię budowy części podziemnych z użyciem tzw. ścian szczelinowych. Ściany szczelinowe, obudowa berlińska lub ściany z grodzic stalowych (tak zwana ścianka szczelna), to najczęściej stosowane technologie zabezpieczania głębokich wykopów o ścianach pionowych [2]. Ściany szczelinowe o wysokości dochodzącej nawet do 100 m mają dużą sztywność i mogą stanowić zarówno

Abstract. The required stability of deep excavation can be ensured by the housing diaphragm walls. These walls are not only rigid and tight housing, but also an effective element of load-bearing walls to support floors of underground and ground floors. One method to perform a deep pit with diaphragm walls housing is a method Top & Down. This method consists of simultaneously building underground and the ground floors. With the expansion of the building, which is the subject of this article, we made a modification of the method. The purpose of this modification is to avoid any upheaval, mainly diaphragm walls, after the deep trench. Modification implemented and the results of this are very positive.

Keywords: deep excavations, diaphragm walls, excavation technology of construction, modification of the method Top & Down.



Fot. 1. Budowa w centrum Poznania, trudne warunki gruntowe, bezpośrednie sąsiedztwo istniejących budynków [Fot. Autorzy]
Photo 1. Building in the center of Poznań city, difficult ground conditions and the direct neighborhood of existing buildings [Photo Authors]

no szczelne ściany podziemia, jak i fundamenty budynku. Metoda ta polega na wykonaniu sekcjami wykopu wąsko przestrzennego długości kilku metrów, grubości 60 – 80 cm z wypełnieniem zawieszoną bentonitową, która stabilizuje krawędzie zewnętrzne wykopu. Następnie wkłada się (wciska się) w tak przygotowane sekcje – kosze zbrojenia i ostatecznie odbywa się betonowanie od dołu, które wypiera bentonit. Ściana szczelinowa spełnia trzy podstawowe funkcje:

¹⁾ Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji: e-mail: podhorecki@utp.edu.pl

1) stanowi skuteczne zabezpieczenie ścian wykopu przed ruchami poziomymi (zapewnia stateczność wykopu budowlanego);

2) przenosi duże siły pionowe (tzn. stanowi w istocie ścianę fundamentową);

3) stanowi bardzo dobrą barierę wodoszczelną (jest przeciwfiltracyjną przegrodą pionową).

Do zalet ścian szczelinowych należą:

■ skrócenie czasu realizacji budowy i korzystny rachunek ekonomiczny;

■ możliwość budowy głęboko posadowionego obiektu w bezpośrednim sąsiedztwie istniejących budynków;

■ mała uciążliwość prac budowlanych dla otoczenia (niski poziom hałasu, brak drgań przy wykonywaniu ścian).

Ze względu na sposób zapewnienia stateczności wykopu wyróżnia się **trzy rodzaje ścian szczelinowych**:

- **niepodparte** (pracujące jako wspornikowe);
- **rozparte specjalną konstrukcją** – rozporami (fotografia 2) lub stropami (metoda stropowa);
- **kotwione**.



Fot. 2. Ściany szczelinowe rozparte stalowymi rozporami rurowymi [Fot. Autorzy]

Photo 2. Diaphragm walls spread by steel tubular struts [Photo Authors]

Metoda stropowa, nazywana też podstropową, to jeden ze sposobów budowy kondygnacji podziemnych w obudowie wykopu ze ścian szczelinowych. Istnieje kilka odmian metody stropowej:

■ **metoda top & down** – po wykonaniu ścian szczelinowych i baret (lub pali), zakończonych w poziomie projektowanej płyty fundamentowej, wykonuje się słupy tymczasowe lub docelowe osadzone na wymienionych baretach lub/i palach, a następnie budowane są kolejno płyty stropowe, począwszy od najwyższej kondygnacji podziemnej. Wydobywanie urobku z wykopu w obudowie ścian szczelinowych następuje przez otwory technologiczne pozostawione w budowanych stropach. Słupy tymczasowe/docelowe służą do podparcia stropów i jednocześnie do podparcia nadziemnej konstrukcji żelbetowej, gdyż w rozważanej metodzie wznoszone są jednocześnie kondygnacje podziemne i nadziemne. Ta metoda w Polsce była dotychczas bardzo rzadko stosowana;

■ **metoda stropowa klasyczna** (fotografia 3) różni się od metody *top & down* tylko tym, że w metodzie klasycznej najpierw wykonuje się stropy kondygnacji podziemnych, a dopiero po tym kondygnacji nadziemnych. Metoda stropowa klasyczna jest w Polsce najczęściej stosowana;

■ **metoda półstropowa**, to w istocie metoda stropowa klasyczna, przy czym w przypadku dużych gabarytów wykopu w rzucie poziomym, stropy kondygnacji podziemnych wykonu-

je się tylko w części, na styku ze ścianami szczelinowymi. Pod tymi częściowymi stropami wykop wykonuje się jak w metodzie stropowej klasycznej, natomiast w części centralnej roboty ziemne są prowadzone na otwartym wykopie.

Rozważany problem

Rozważane zadanie inwestycyjne dotyczy przebudowy zabytkowej kamienicy śródmieścia Warszawy (Starówka) i budowy oficyny. Przebudowa polega na pogłębieniu piwnic kamienicy (z użyciem tradycyjnego podbijania i metody jet grouting), wzmocnieniu lub wymianie niektórych stropów i wzmocnieniu ścian. Budowana, nowa oficyna przylega dwoma bokami do budynku głównego i istniejącej oficyny, a trzecim bokiem do oficyny sąsiedniej kamienicy. Ta ostatnia kamienica i jej oficyna są w złym stanie technicznym. Istotne jest to, że budowana oficyna ma 5 kondygnacji podziemnych i 5 nadziemnych. Część podziemna budynku opierać się ma na słupach pośrednich i ostatecznie na płycie fundamentowej oraz częściowo na ścianach szczelinowych. Część nadziemna budynku w dużej mierze opiera się na ścianach szczelinowych.

Główny problem polega na tym, że kamienica sąsiednia, przede wszystkim oficyna tej kamienicy, jest w złym stanie technicznym, a właściciel obiektu nie pozwala na wzmocnienie konstrukcji. Wobec tego inwestor poszukiwał takiej technologii budowy, szczególnie wykonania wykopu pod budowaną oficynę, aby wszelkiego rodzaju przemieszczenia ścian szczelinowych i obiektów z sąsiedztwa sprowadzić do minimum. Zaprojektowano i wykonano ściany szczelinowe wysokości ok. 27 m (spód płyty dennej znajduje się na głębokości ok. 20 m). Podłoże gruntowe składa się kolejno z: gruntów antropogenicznych (warstwa I); piasków gliniastych i glin piaszczystych (warstwa II); piasków drobnych (warstwa III); glin piaszczystych (warstwa IV) i ilów pstrych (warstwa V). Ściany szczelinowe wchodziły w warstwę V, a dno wykopu znajduje się w warstwie IV. Wody gruntowej w zasadzie nie stwierdzono; zauważono jedynie drobne sączenia w warstwach piaszczystych. Uzasadniona jest obawa, że po wykonaniu wykopu może nastąpić reakcja sprężysta podłoża gruntowego, mogąca spowodować wypiętrzenia (wynika to z opinii geotechnicznych), co może w konsekwencji skutkować uszkodzeniem konstrukcji budynków z otoczenia, zwłaszcza istniejącego budynku (oficyny kamienicy) będącego w złym stanie technicznym.

Rozpoczęliśmy rozwiązywać istniejący problem, kiedy już wykonano podstawowe prace konstrukcyjne w przebudowywanej kamienicy oraz wykonano ściany szczelinowe związane z nowo budowaną oficyną. Konieczne było wówczas opracowanie takiej technologii dalszego budowania nowej oficyny, aby przemieszczenia ścian szczelinowych sprowadzić do minimum.



Fot. 3. Metoda stropowa – stropy kolejnych kondygnacji widziane z poziomu płyty dennej [1]

Photo 3. Ceiling method – ceilings of subsequent floors seen from the bottom plate [1]

Zmodyfikowana metoda *top & down*

Zaproponowano zastosowanie technologii budowy oficyny pod nazwą *top & down* (oznacza to budowę jednoczesną w dół i w górę). W metodzie tej, po wykonaniu ścian szczelinowych oraz baret lub/i pali (zakończonych w poziomie posadowienia płyty fundamentowej), montuje się słupy tymczasowe osadzone w tych baretach lub/i palach. Następnie budowane są cyklicznie płyty stropowe kondygnacji podziemnych (zaczynając od kondygnacji najwyższej) opierane na słupach tymczasowych (i docelowych) lub/i ścianach szczelinowych. W kolejnych stropach podziemnych pozostawia się otwory do wydobywania urobku (gruntu) z systematycznie pogłębianego wykopu (fotografia 4). Słupy tymczasowe służą jako podparcie stropów podziemnych oraz czasami nadziemnej konstrukcji, ponieważ budowane są jednocześnie kondygnacje podziemne i nadziemne. Po wykonaniu płyty fundamentowej słupy tymczasowe można wyburzyć, a słupy docelowe oczywiście pozostają i zaczynają pełnić funkcję projektową.



Fot. 4. Wydobywanie urobku przez otwór technologiczny [3]

Photo 4. Mining of ore using technological hole [3]

Modyfikacja metody budowania *top & down* polega, w przedmiotowym przypadku, na ustaleniu takiej kolejności budowania poszczególnych kondygnacji (podziemnych i nadziemnych), aby suma wybieranego gruntu z wykopu była w miarę możliwości równoważona masą budowanych kondygnacji, co ma zapobiegać ewentualnym wypiętrzniom podłoża gruntowego.

Po wykonaniu odpowiednich symulacji zaprojektowano następującą modyfikację metody *top & down*: wykonanie kolejno wszystkich kondygnacji nadziemnych i dopiero następnie budowanie kolejnych kondygnacji podziemnych.

Uwagi z okresu budowy stropów

Autorzy artykułu zaprojektowali zmodyfikowaną metodę budowy oficyny z użyciem technologii *top & down*. W opracowaniu tym podano dokładnie kolejność wykonywania poszczególnych elementów konstrukcyjnych, a mianowicie:

- 1) słupy tymczasowe wykonane z profili stalowych HEB, których fundamentami są pale CFA $\phi 800$ (istnieje projekt na te konstrukcje), stanowią pierwszy etap technologii *top & down*;
- 2) wybudowanie wszystkich kondygnacji nadziemnych łącznie z dachem, stanowi to drugi etap proponowanej technologii;
- 3) cykliczna budowa kondygnacji podziemnych oraz ostatecznie płyty dennej, co oznacza kolejne pogłębianie wykopu dostosowane do wykonywanych stropów podziemnych. Poszczególne stropy kondygnacji podziemnych opierane są na ścianach szczelinowych (docelowo) i słupach tymczasowych (tymczasowo). Po wykonaniu wszystkich stropów podziemnych i płyty dennej (fundamentowej), stropy będą się opierać nadal na ścianach szczelinowych i na słupach żelbetowych, wykonywanych jednocześnie ze stropami. Słupy te zaczęły normalnie pracować dopiero po wykonaniu wszystkich stropów podziemnych i płyty fundamentowej. Niektóre słupy tymcza-

we zostały tak zlokalizowane, że pełnić będą funkcję docelową. Jest to najważniejszy etap technologii *top & down*;

4) demontaż (wyburzenie) zbędnych słupów tymczasowych (profile stalowe HEB). Jest to ostatni etap technologii *top & down*.

Przedmiotem opracowania odnoszącego się do zmodyfikowanej technologii *top & down* był także projekt monitoringu obejmujący:

- dokładną inwentaryzację i ocenę techniczną konstrukcji istniejących kamienic z oficynami, niezależną od opracowań wcześniej sporządzonych;

- rozbudowanie istniejącej bazy pomiarów geodezyjnych, dotyczącej istniejących kamienic z oficynami i ścian szczelinowych; w każdym punkcie bazy przyjęto mierzyć trzy składowe przemieszczenia;

- bazę do pomiaru przyrostu rozwarcia istniejących spękań i zarysowań konstrukcji ścian istniejących budynków (kamienic z oficynami).

W czasie budowy kondygnacji nadziemnych i podziemnych prowadzony był cotygodniowy monitoring obejmujący: pomiary geodezyjne; pomiary rozwarcia rys i spękań oraz oględziny stanu technicznego.

Prace budowlane dotyczące wykonania kondygnacji nadziemnych (łącznie z dachem) i kondygnacji podziemnych zostały zrealizowane. Z raportów geodezyjnych wynika, że składowe przemieszczeń nie przekroczyły 0,5 mm, a z pomiarów rozwarcia rys i spękań, że zmienność pomiarów wahała się na poziomie $\pm 0,2$ mm. Nie stwierdzono żadnych zmian w stanie technicznym konstrukcji istniejących kamienic.

Obecnie trwają prace wykończeniowe w przebudowywanej kamienicy i nowo budowanej oficynie. Monitoring w przedstawionym zakresie jest nadal prowadzony (raz na dwa tygodnie). Aktualne wyniki monitoringu są pozytywne, tzn. nie stwierdzono żadnych negatywnych zjawisk destrukcyjnych związanych z budową oficyny.

Podsumowanie

Zmodyfikowana technologia budowy kondygnacji podziemnych pod nazwą *top & down* (odmiana metody stropowej) została wdrożona z pozytywnym efektem. W omawianym przypadku najtrudniejsze było wykonanie głębokiego wykopu pod kondygnacje podziemne (garaże podziemne) w obudowie ścian szczelinowych w bezpośrednim sąsiedztwie zabytkowych kamienic z oficynami.

Budowa obiektów głęboko posadowionych z wieloma kondygnacjami podziemnymi, zwłaszcza w sąsiedztwie obiektów istniejących, wymaga indywidualnego, a czasami także niekonwencjonalnego projektowania i budowania. Zmodyfikowana technologia budowy *top & down* wzbogaca dostępne, nowoczesne i efektywne metody budowy kondygnacji podziemnych na terenach mocno zurbanizowanych.

Literatura

- [1] Siemińska-Lewandowska A., Budowa obiektu a obudowa wykopu – nietławe zależności, Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, marzec – kwiecień 2010, 64 – 71.
- [2] Siwik D., Miedziałowski Cz., Wpływ głębokiego posadowienia budynku na zabudowę sąsiednią, Civil and Environmental Engineering /Budownictwo i Inżynieria Środowiska, 4, 2013, 61 – 68.
- [3] Grela M., Metoda stropowa, Geotekst Internetowy Magazyn Geotechniczny, sierpień 2013.

Przyjęto do druku: 27.10.2015 r.