

Błędy w doborze obudowy wykopów przyczyną awarii

Mgr inż. Marek Kopras

1. Wprowadzenie

Przy wykonywaniu wykopów liniowych, np. przy budowie kanalizacji, pionowe ściany wykopów należy zabezpieczyć odpowiednią obudową. W ostatnich latach najczęściej obudowę ścian wykopów wykonuje się z elementów prefabrykowanych np. typu BOKS, który składa się z dwóch płyt i czterech rozpór (rys. 1) lub obudowy z prowadnicami ślizgowymi (rys. 2).

W poszczególnych typach obudów produkowanych jest kilka odmian różniących się konstrukcją i parametrami wytrzymałościowymi. Dobór typu i odmiany obudowy do wykonania konkretnych robót powinien być uzależniony od głębokości przewidywanego wykopu, rodzaju gruntu i przewidywanego obciążenia naziomu.

W artykule opisano jeden konkretny przypadek nieprawidłowego doboru i zastosowania obudowy do wykopów liniowych. Sytuacja ta miała miejsce przy budowie kolektora sanitarnego. Poziom posadowienia kolektora sięgał lokalnie 5,0 m poniżej powierzchni terenu. Tymczasem wykonawca kolektora użył obudowy typu BOKS $3 \times 2 \times 0,06$ m (o długości 3 m i wysokości 2 m) z nadstawką o wysokości 1,25 m. Takie boksy przeznaczone są dla głębokości do 3,15 m i maksymalnego nacisku gruntu na ściany obudowy do 34 kN/m^2 . Przekrój geotechniczny na analizowanym obiekcie to trzy formacje gruntów o zróżnicowanej genezie. Miękkoplastyczny i plastyczny stan gruntów dodatkowo pogarszał

sytuację zapuszczonego boksu. Wskutek nieprawidłowego doboru obudowy wykopów nastąpiła awaria obudowy i przerwanie robót.

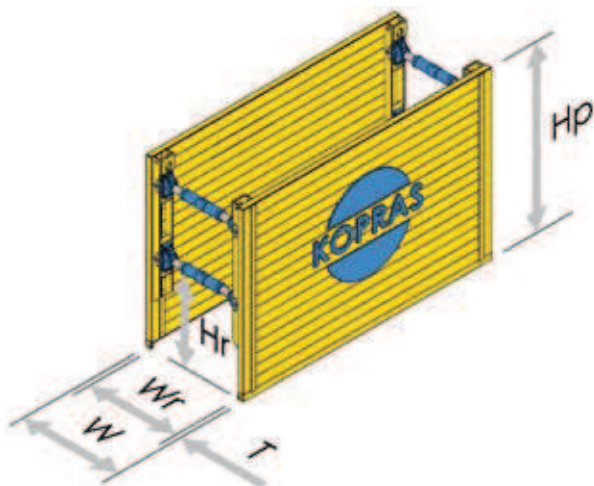
2. Opis realizowanych robót

Najemca boksów $3 \times 2 \times 0,06$ m o wytrzymałości obudowy wynoszącej 34 kN/m^2 zgłosił wynajmującemu, że na budowie odcinka kolektora sanitarnego w Poznaniu nastąpiła awaria płyty boks. Pod naporem gruntu zaczął odginać się pas płyty równoległy do noża w kierunku osi wykopu. Nastąpiło trwałe plastyczne odgięcie dolnej krawędzi (noża) płyty boks. Wielkość ugięcia wynosiła około 220 mm. Awaria nie spowodowała żadnych obrażeń u pracowników przebywających w wykopie. Nie wystąpiły także żadne uszkodzenia koparki. Najemca poinformował także, że uszkodzone elementy obudowy znajdują się już na placu w jego siedzibie. Producent obudów do wykopów podjął działania zapobiegające w przyszłości podobnym awariom.

3. Wstępna ocena przyczyn awarii

Przedstawiciele producenta dokonali oględzin i sporządzili dokumentację fotograficzną uszkodzonej płyty boks. Najemca udzielił informacji, które w oczywisty sposób wyjaśniły sytuację, a mianowicie:

- najemca boksów, wbrew umowie najmu urządzenia,



Rys. 1. Obudowa typu BOKS



Rys. 2. Obudowa z prowadnicami ślizgowymi



Rys. 3. Widoczne odgięcie dolnej krawędzi boksu

użyczył go grzecznościowo innej firmie instalacyjnej, wykonującej kolektor sanitarny w Poznaniu;

- nowy użytkownik przedmiotowych boksów przeznaczonych do głębokości maksymalnej 3,15 m i wytrzymałości 34 kN/m² zastosował je do budowy kolektora sanitarnego w Poznaniu, układanego na głębokości dochodzącej do 5,0 m.

Nowy użytkownik uznał, że po zdjęciu nadkładu może zastosować boks 3,0 m × 2,0 m z nadstawką o wysokości 1,25 m do obudowy wykopu na głębokości 5 m. W opisywanej sytuacji nowy użytkownik postanowił zaoszczędzić, przy zdejmowaniu nadkładu. W rezultacie po zdjęciu nadkładu pozostały strome skarpy niezgodne z zasadami BHP przy robotach ziemnych opisanych w Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 6 lutego 2003r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas wykonywania robót budowlanych na podstawie art. 23715 § 2 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r.- Kodeks pracy (Dz. U. z 1998r. Nr 21, poz. 94, z późn. zm.) [1].

W konsekwencji nacisku gruntu większego niż wytrzymałość boks nastąpiło uszkodzenie dolnego wspornika boks. Rezultatem popełnionych błędów było opóźnienie robót i dodatkowe koszty związane z wymianą typu obudowy.

4. Analiza przyczyn zaistniałej sytuacji

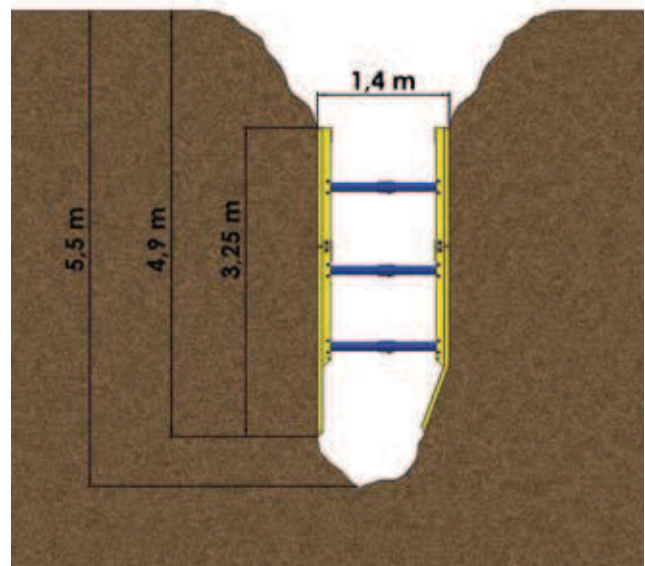
Producent w swej kilkunastoletniej praktyce rzadko miał okazję do analizy uszkodzeń spowodowanych przekroczeniem wytrzymałości granicznej elementów konstrukcyjnych obudowy wykopów pod naporem gruntu. Dlatego w odniesieniu do awarii w Poznaniu uznano za celowe przeprowadzenie szczegółowych badań. Sytuację obliczeniową boks pokazano na rysunku 5.

W celu wyjaśnienia przyczyn awarii wykonano:

- metodami CPTU i DMT określono parametry geotechniczne podłoża na budowie odcinka kolektora



Rys. 4. Widok wykopu o głębokości 5 m zaszalowanego boksami o wysokości 2 m z nadstawką 1,25 m



Rys. 5. Sytuacja obliczeniowa boks 3,0 × 2,0 m z nadstawką w czasie awarii w Poznaniu

- sanitarnego, na którym nastąpiła awaria;
- obliczenia, oddzielnie dla każdej warstwy geotechnicznej, doraźnego nacisku gruntu e_a [kN/m²] występującego w poszczególnych warstwach;
- obliczenia sił oddziaływania gruntu na płytę boks w sytuacji opisaną podczas awarii boks;

- obliczenia rzeczywistego wspornikowego momentu gnącego działającego na pas płyty poniżej rzędnej, na której nastąpiło przekroczenie wytrzymałości granicznej.

Na podstawie przeprowadzonych badań geotechnicznych podłoże gruntowe na obiekcie oceniono jako podłoże o złożonej strukturze genetycznej i wytrzymałościowej. Przekrój geotechniczny dokumentuje, że na budowę podłoża do głębokości 7,0 m składają się trzy formacje gruntów o zróżnicowanej genezie. Grunty te występują poniżej warstwy nasypów, które zalegają lokalnie do głębokości 1,5 m poniżej powierzchni terenu. Nasypy wspierają się na stopie osadów zastoiskowych. Grupa tych osadów jest silnie zróżnicowana ze względu na skład granulometryczny i zawartość części organicznych. Na obiekcie, na długości 60 m, osady zastoiskowe reprezentowane są przez pyły i pyły piaszczyste z domieszkami i przewarstwieniami namułów lub torfów. Warstwa ta sięga głębokości 3,3 m i wspiera się na stopie piasków pochodzenia rzeczno, a głębiej wodnolodowcowego. Pyły są w stanie konsystencji miękkoplastycznej i plastycznej. W części przekroju, na kolejnym odcinku o długości 30 m, bezpośrednio pod nasypami, występują namuły organiczne przewarstwione torfami. Stan tych gruntów jest miękkoplastyczny i plastyczny. Piaski rzeczne i wodnolodowcowe wspierają się na dosyć głęboko rozmytym podłożu iłów pstrych, plicieńskich. Jest to tzw. formacja iłów poznańskich, która zawiera przewarstwienia glinami pylastymi zwięzłymi. Piaski są w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym. Stan konsystencji iłów jest twaroplastyczny, a zmienność stopnia plastyczności iłów obejmuje przedział od 0,08 do 0,25.

Poziom wód gruntowych jest zróżnicowany i mieści się w przedziale od 1,0 m do 2,0 m poniżej powierzchni terenu.

Osady zastoiskowe są generalnie normalnie konsolidowane.

Na podstawie przeprowadzonych badań określono, że w rejonie, w którym nastąpiła awaria, grunt ma zróżnicowane parametry geotechniczne w kolejnych warstwach.

Przy obliczeniu doraźnego nacisku gruntu na ściany obudowy wykopu skorzystano ze wzorów podanych w normie PN-83/B-03010 Ściany oporowe [2] do obliczenia doraźnego parcia gruntu, odpowiednio:

– dla gruntów niespoistych

$$e_a = (q + \gamma^{(n)} \cdot H) \cdot K_a \quad (1)$$

– dla gruntów spoistych

$$e_a = (q + \gamma^{(n)} \cdot H) \cdot K_a - 2 \cdot C_u^{(n)} \cdot \sqrt{K_a} \quad (2)$$

gdzie:

e_a – doraźny nacisk gruntu [kN/m²],

K_a – współczynnik parcia granicznego gruntu,

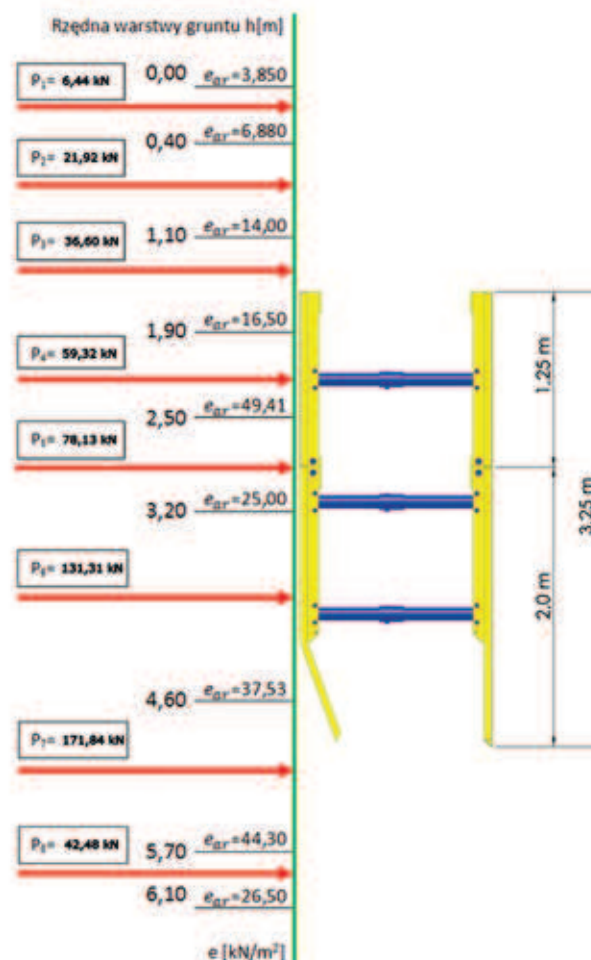
$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi^{(n)}}{2} \right)$$

Podstawiając parametry geotechniczne uzyskane z badań, obliczono nacisk doraźny gruntu w poszczególnych warstwach. Stosując obowiązujący dla obudów wykopów cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa $\gamma_F = 1,5$, wyliczono nacisk obliczeniowy e_{ar} [kN/m²] w poszczególnych warstwach gruntu ze wzoru:

$$e_{ar} = e_a \times \gamma_F$$

Wyniki tych obliczeń naniesiono na modelu obliczeniowym boks z zapuszczoną w wykopie w rejonie tego profilu (rys. 6).

Aby określić siły oddziaływania gruntu na płytę, sporządzono model obliczeniowy boks z rozporami i nadstawką, zagłębiony nożem na głębokość około 4,9 m w wykopie.



Rys. 6. Model obliczeniowy boks $3,0 \times 2,0$ m z nadstawką w czasie awarii w Poznaniu

Wyznaczono rzędne określone warstwami poszczególnych warstw gruntu naciskających prostopadle na płytę boku.

Siły oddziaływania gruntu na poszczególnych głębokościach wykopu obliczono z wzoru (3).

$$P_i = e_{ar} \times A_p \quad [kN] \quad (3)$$

gdzie:

P_i – wartość obliczeniowa siły oddziaływania gruntu na pas płyty wyznaczony rzędnymi profilu gruntu [kN],

A_p – pole powierzchni wydzielonego pasa płyty [m²].

Na modelu obliczeniowym (rys. 6) boku 3,0 × 2,0 × 0,06 m zapuszczonego w wykopie na głębokość 4,9 m pokazano, że nacisk obliczeniowy gruntu na część wspornikową płyty boku wynosi od 37,5 kN/m² do 44,3 kN/m².

5. Podsumowanie

Wobec tego, że naciski gruntu na boks 3,0 × 2,0 × 0,06 m zastosowany do wykopu w Poznaniu są większe od nacisków dopuszczalnych 34 kN/m², wynika wniosek, że na obiekcie tym należało zastosować inny typ obudowy wykopu. Dla tego obiektu można było wybrać obudowę z prowadnicami ślizgowymi do wykopów liniowych typu OWS-5AN. Dane katalogowe tej obudowy są następujące:

- wytrzymałość 55 kN/m²,
- długość pola L = 4000 mm,
- wysokość pola H = 4800 mm,
- szerokość wykopu regulowana stopniowo wstawkami od 900 mm (bez wstawki) do 5000 mm z kompletem wstawek.

W celu wyeliminowania w przyszłości możliwości awarii należy:

- zapobiegać nieprawidłowemu użyciu obudów do wykopów już na etapie sprzedaży lub wynajmu;
- respektować na etapie projektowania i wykonawstwa inwestycji wodno-kanalizacyjnych Rozporządzenie ministra spraw wewnętrznych i administracji z dnia 24 września 1998 r. w sprawie ustalenia geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych. Na podstawie art. 34 ust. 6 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. Nr 89, poz. 414, z 1996 r. Nr 100, poz. 465, Nr 106, poz. 496 i nr 146, poz. 680, z 1997 r. Nr 88, poz. 554 i Nr 111, poz. 726 oraz z 1998 r. Nr 22, poz. 118) (Dz.U. nr 126 poz. 837 dot. Interpretacji zapisów) [4].

BIBLIOGRAFIA

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 06 lutego 2003 r.
- [2] PN-83/B-03010 – Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [3] PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów
- [4] Rozporządzenie MSWiA z dnia 24 września 1998 r.



63. Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN oraz Komitetu Nauki PZITB Krynica Zdrój, 17-22.09.2017 r.

TEMATYKA CZĘŚCI PROBLEMOWEJ - INNOWACYJNE WYZWANIA TECHNIKI BUDOWLANEJ

- obiekty budowlane - aspekty środowiskowe i społeczne
- budynki i energia
- konstrukcje budowlane
- przegrody budowlane
- inżynieria materiałów budowlanych
- inżynieria przedsięwzięć budowlanych

TEMATYKA CZĘŚCI OGÓLNEJ - PROBLEMY NAUKOWE BUDOWNICTWA

- budownictwo hydrotechniczne
- budownictwo ogólne
- fizyka budowli
- geotechnika
- inżynieria komunikacyjna
- inżynieria materiałów budowlanych
- inżynieria przedsięwzięć budowlanych
- konstrukcje betonowe
- konstrukcje metalowe
- mechanika konstrukcji i materiałów

NAJBLIŻSZE TERMINY ORGANIZACYJNE

10.03.2017 zgłoszenie uczestnictwa i tematyki referatów

15.03.2017 przesłanie referatów do Komisji Nauki właściwych Oddziałów PZITB

BIURO KONFERENCJI

Instytut Techniki Budowlanej, Dział Marketingu

ul. Filtrowa 1, 00-611 Warszawa

e-mail: krynica2017@itb.pl; tel. (22) 57 96 132; (22) 57 96 279; (22) 57 96 378; fax (22) 57 96 479

www.krynica2017.itb.pl

ORGANIZATORZY

Komitet Inżynierii
Lądowej i Wodnej
Polskiej Akademii Nauk



Komitet Nauki
Polskiego Związku Inżynierów
i Techników Budownictwa



Instytut
Techniki Budowlanej

