

Obudowa wykopu – obliczenia z wykorzystaniem programu PLAXIS

Dr inż. Simon Rabarijoely, mgr inż. Łukasz Stolec, SGGW, Warszawa

1. Wprowadzenie

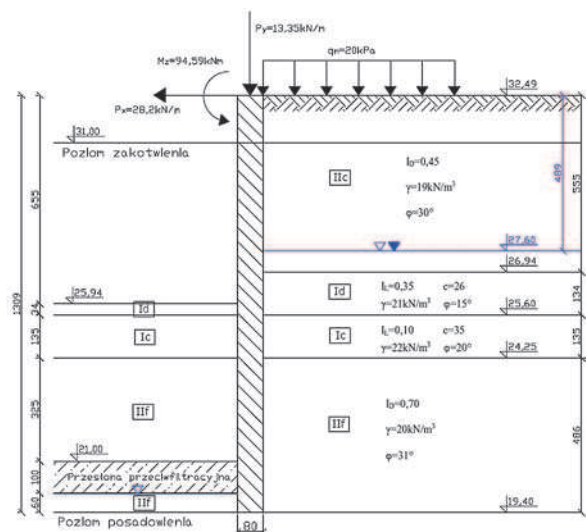
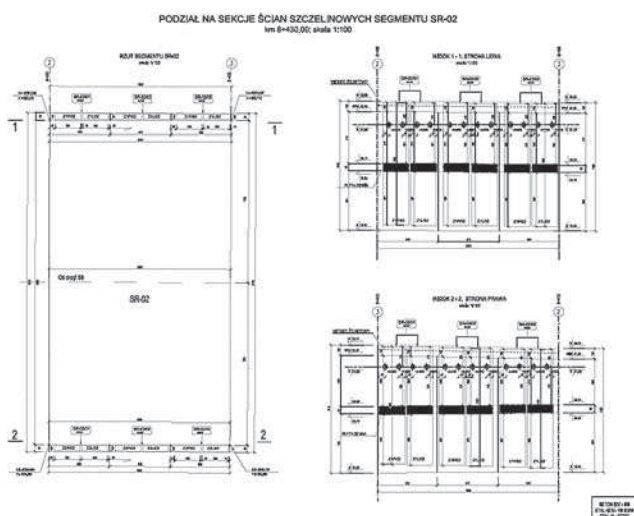
Powszechnie stosowanym rozwiązaniem stają się ściany szczelinowe, które w połączeniu ze stropami oraz płytą fundamentową tworzą obudowę wykopu lub fundament skrzyniowy. Stanowią one niejednokrotnie jedyną alternatywę dla klasycznych metod fundamentowania w przypadku, gdy nie można zastosować tradycyjnego wykopu ze względu na ograniczoną powierzchnię [1, 2, 4].

W niniejszym artykule omówiono przykład wykorzystania ścian szczelinowych jako konstrukcji oporowej, która stanowi zabezpieczenie wykopu drogi ekspresowej S8. Przedstawiono sposób ich projektowania, który różni się od metod stosowanych w przypadku klasycznych ścian oporowych lub ścianek szczelnych.

Celem pracy jest analiza stateczności obudowy głębokiego wykopu na drodze ekspresowej S8 – Trasy Armii Krajowej w Warszawie. W obliczeniach wykorzystano program PLAXIS wersja 8.5.0.1133 [6]. Uwzględniając kolejne fazy realizacji inwestycji, oszacowano siły wewnętrzne występujące w ścianach szczelinowych.

2. Zakres obliczeń

Do analizy przyjęto segment SR-02 o długości 20 m (rys. 1 i 2) położony pomiędzy osiami 2 i 3 (km 8+430 do km 8+450). Ściany szczelinowe na tym odcinku mają grubość 80 cm i są posadowione na głębokości około 13 m. W podłożu zalegają grunty piaszczyste (głównie piaski drobne i pylaste) z przewarstwieniami gruntów spoistych w postaci pyłów i glin piaszczystych. Obliczenia wykonano dla ścian strony lewej, ponieważ w tym obszarze występują bardziej zróż-



Rys. 1. Podział na sekcje ścian szczelinowych segmentu SR-02, km 8+430,00 [9, 10]

Rys. 2. Schemat obliczeniowy – prace przy wykonaniu płyty dolnej (Trasa S8 – odcinek Radiowa) [5, 7, 8]

Tabela 1. Parametry gruntowe do interfejsu i do modelu Coulomba-Mohra

Lp.	Nazwa warstw	Warunek przepływu	γ_{unsat} [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	k_x [m/doba]	k_y [m/doba]	ν [-]	E_{ref} [kN/m ²]	c_{ref} [kN/m ²]	ϕ [°]	ψ [°]
1	llc	z odpływem	19,0	19,0	8,640	8,640	0,3	42000,0	0,1	30,0	0,0
2	ld	bez odpływu	21,0	21,0	0,0864	0,0864	0,25	20000,0	26,0	15,0	0,0
3	lc	bez odpływu	22,0	22,0	0,0860	0,0860	0,30	36000,0	35,0	20,0	0,0
4	llf	z odpływem	20,0	20,0	8,640	8,640	0,30	65000,0	0,1	31,0	0,0
5	zasyпка	z odpływem	18,0	18,0	8,640	8,640	0,30	65000,0	0,1	35,0	0,0

Tabela 2. Materiał zestawów danych – płyty

Lp.	Rodzaj konstrukcji	Materiał	EA [kN/m]	EI [kNm ² /m]	W [kN/m ³]	ν [-]	Mp [kNm/m]	Np [kN/m]
1	ściana	sprężysty	2,56 10 ⁷	1,364 10 ⁶	20,0	0,20	1,0 10 ¹⁵	1,0 10 ¹⁵
2	plyta denna	sprężysty	2,56 10 ⁷	1,364 10 ⁶	20,0	0,20	1,0 10 ¹⁵	1,0 10 ¹⁵
3	przesłona	sprężysty	1,0 10 ⁷	8,34 10 ⁵	20,0	0,20	1,0 10 ¹⁵	1,0 10 ¹⁵

Tabela 3. Materiał zestawów danych – kotwice

Lp.	Rodzaj konstrukcji	EA [kN/m]	$ F_{max,comp} $ [kN/m]	$ F_{max,lens} $ [kN/m]
1	ciągnio	1,3333 10 ⁵	6,6667 10 ¹⁴	6,6667 10 ¹⁴

Tabela 4. Materiał zestawów danych – geosiatki

Lp.	Rodzaj konstrukcji	Materiał	EA [kN/m]	Np [kN/m]
1	buława	sprężysty	1,0 10 ⁵	1,0 10 ¹⁰

nicowane warunki gruntowe (wspomniane przewarstwienia gruntów spoistych). Poziom wody gruntowej znajduje się na głębokości około 5,8 m ppt [9][10].

Z powodu dosyć skomplikowanego schematu statycznego, analizę przemieszczeń ścian szczelinowych przeprowadzono za pomocą programu komputerowego PLAXIS, wersja 8.5.0.1133 [6] (licencja dla Katedry Geoinżynierii, SGGW w Warszawie). Program działa w oparciu o Metodę Elementów Skończonych (MES) oraz model gruntu Coulomba-Mohra (tabele 1, 2, 3 i 4). Przemieszczenia wyznaczono z uwzględnieniem poszczególnych faz realizacji obiektu.

Obliczenia w programie PLAXIS przeprowadzono z uwzględnieniem wszystkich etapów robót. Zostały one podzielone na następujące fazy:

Faza 1 – wykonanie ścian szczelinowych oraz wieńca żelbetowego,

Faza 2 – wykonanie przesłony przeciwfiltracyjnej,

Faza 3 – wykonanie wykopu do poziomu zakotwienia oraz wykonanie kotwi gruntowych,

Faza 4 – odwodnienie gruntu ograniczonego ścianami szczelinowymi i przesłoną przeciwfiltracyjną,

Faza 5 – wykonanie wykopu do poziomu projektowanego,

Faza 6 – wykonanie płyty dennej,

Faza 7 – wykonanie 2,5 m zasyпки z gruntu niespoistego, w której zostanie wykonany stały drenaż oraz konstrukcja nawierzchni drogowej,

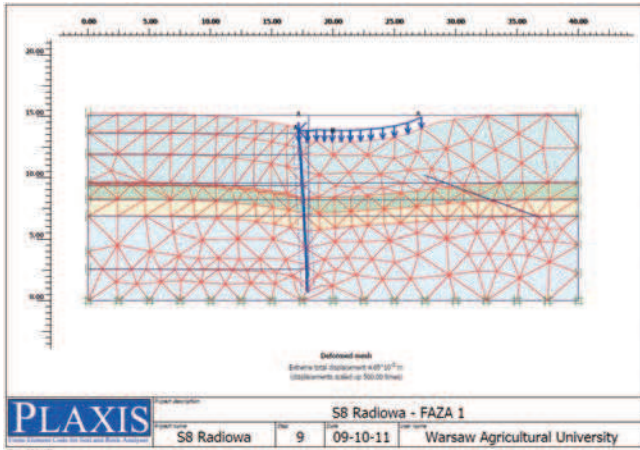
Faza 8 – usunięcie zakotwienia.

Według danych projektowych, całkowita długość zakotwienia wynosi 20 m, nośność kotew jest równa 600 kN, natomiast kąt nachylenia względem poziomu wynosi 20°. Z powodu braku dokładniejszych danych, przyjęto w obliczeniach komputerowych

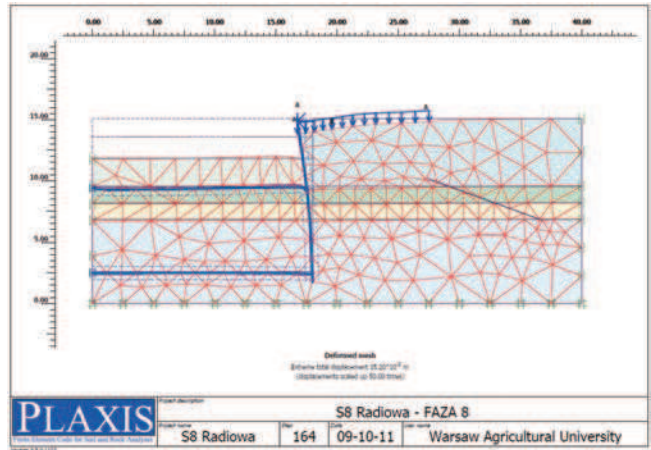
długość buławy nośnej równą 10 m oraz długość ciągną kotwy równą 10 m (w sumie 20 m). Nośność ciągną na potrzeby programu PLAXIS przyjęto równą EA = 2,5 × 10⁵ kN/m (według rozwiązań proponowanych przez twórców programu). Wyniki obliczeń oraz zestawienie przyjętych w obliczeniach parametrów gruntu i materiałów dla ściany, płyty dennej oraz kotwi gruntowych przedstawiono na rysunkach 3a, 3b, 3c, 3d, 3e i 3f [5].

3. Analiza wyników

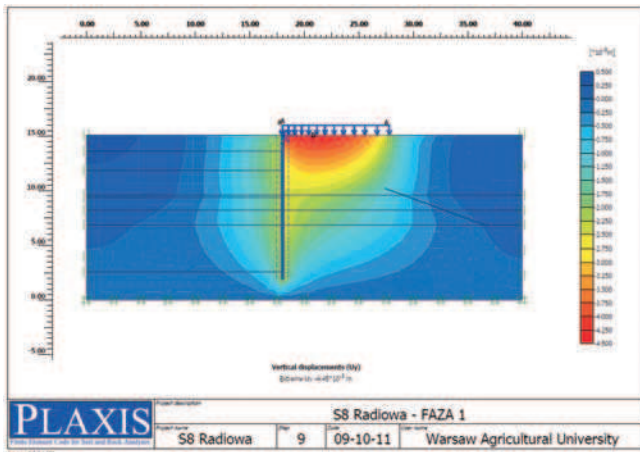
Na podstawie obliczeń wykonanych programem PLAXIS wersja 8.5.0.1133 [6] stwierdzono, że największe przemieszczenia ściany szczelinowej występują w koronie ściany. Natomiast przemieszczenia w poziomie posadowienia są na tyle niewielkie (nie przekraczają 5 mm), że mogą zostać pominięte. W pierwszej fazie robót, tzn. po wykonaniu ścian i wieńca, przemieszczenia korony ściany są nieznaczne i osiągają wartości: 1,61 mm przemieszczenie poziome oraz 4,45 mm – pionowe. Wykonanie przesłony przeciwfiltracyjnej (faza 2) nie wpływa znacząco na zachowanie się ściany. Przyrost przemieszczeń nie przekracza 1 mm. Dopiero wykonanie wykopu do poziomu zakotwienia (faza 3) sprawia, że wartość przemieszczeń poziomych wraża do 4,43 mm, natomiast pionowych do 6,79 mm. Największy wpływ na przyrost przemieszczeń ściany ma wykonanie wykopu do poziomu posadowienia płyty fundamentowej (faza 5). Przemieszczenia poziome w kierunku wykopu osiągają wartość 17,10 mm, natomiast pionowe – 16,93 mm. W ostatniej fazie robót tj. po usunięciu kotwi gruntowych, przemieszczenia poziome w kierunku wykopu wrastają do 24,74 mm, a pionowe do 25,04 mm.



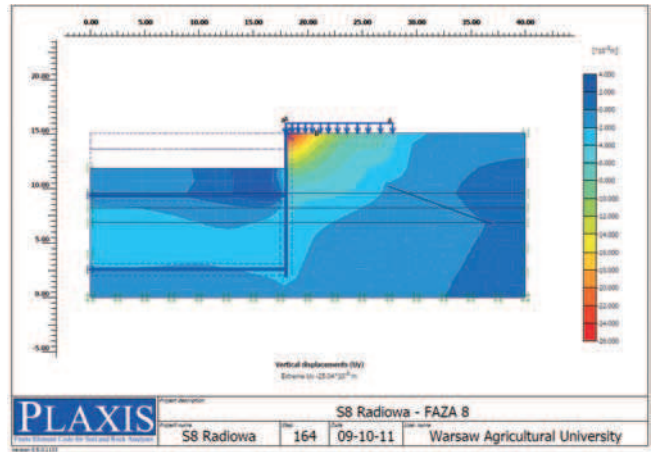
Rys. 3a. Przeszczenie węzłowe [5]



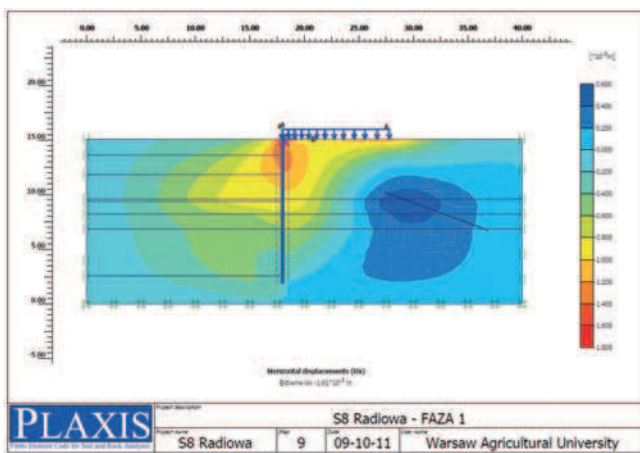
Rys. 3d. Przeszczenie węzłowe [5]



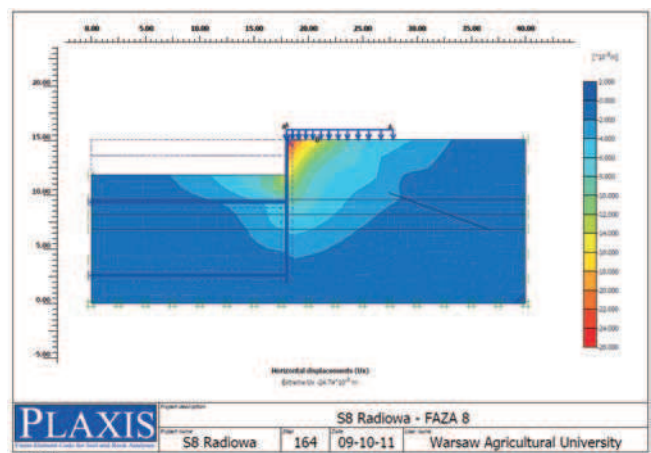
Rys. 3b. Przeszczenie pionowe [5]



Rys. 3e. Przeszczenie pionowe [5]



Rys. 3c. Przeszczenie poziome [5]



Rys. 3f. Przeszczenie poziome [5]

Obecnie trwają jeszcze roboty budowlane na rozpatrywanym obiekcie i kotwy gruntowe nie zostały zdemontowane. Nie ma również wykonanych pomiarów przemieszczeń konstrukcji.

4. Podsumowanie

Ściany szczelinowe mają szerokie zastosowanie jako obudowy głębokich wykopów, przegrody szcze-

ne, fundamenty wysokich budynków z podziemiami o kilku kondygnacjach, są coraz częściej stosowane w budownictwie komunikacyjnym przy budowie tuneli oraz dróg przebiegających poniżej powierzchni terenu. Główną zaletą tego typu konstrukcji jest fakt, że umożliwiają realizację głęboko posadowionych fundamentów bez konieczności wykonywania szeroko-przestrzennych wykopów. Nie wymagają one dużych placów budowy, mogą być wykonywane w bliskim sąsiedztwie istniejących obiektów. Wszystkie wymienione czynniki sprawiają, że ściany szczelinowe stanowią dobre i często jedyne możliwe do realizacji rozwiązanie w dużych miastach o gęstej zabudowie.

Analiza zachowania się ścian szczelinowych w kolejnych fazach budowy, którą wykonano za pomocą programu komputerowego PLAXIS, wykazała, że największe przemieszczenia konstrukcji występują w koronie ściany. Ściana odkształca się w kierunku wykopu. Największy przyrost wartości przemieszczeń stwierdzono w fazie głębienia wykopu do poziomu posadowienia płyty fundamentowej. Przemieszczenia poziome i pionowe osiągają wartości graniczne (około 25 mm) po usunięciu zakotwienia.

Wartości przemieszczeń ściany w poziomie posadowienia są minimalne. Nie stwierdzono możliwości nadmiernego osiadania ścian szczelinowych.

Występujące w podłożu gruntowym piaski, o stopniu zagęszczenia $I_d = 0,7$ stanowią dobrą podstawę do posadowienia ścian szczelinowych.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę MNiSW w latach 2009–2012 jako projekt badawczy nr N N506 432436.

BIBLIOGRAFIA, NORMY I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] Grzegorzewicz K., 2005: Projektowanie i wykonywanie ścian szczelinowych, „Geoinżynieria Drogi, Mosty, Tunele”, nr 03/2005[06]
- [2] Jarominiak A., 1999: Lekkie konstrukcje oporowe, Wydawnictwa Komunikacji głębokiego Łączności, Warszawa
- [3] Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z 2 czerwca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie
- [4] Siemińska-Lewandowska A., 2006: Projektowanie ścian głębokich wykopów – teoria i praktyka, „Geoinżynieria Drogi, Mosty, Tunele”, nr 02/2006[09]
- [5] Stolec Ł., 2010: Ocena zachowania się obudowy głębokiego wykopu na przykładzie trasy S8. (Praca magisterska), SGGW, Warszawa
- [6] PLAXIS v. 8.5.0.1133 Users manual. A.A. Balkema 2002
- [7] PN-81/B-03020 Grunty budowlane – Posadowienie bezpośrednie budowli – Obliczenia statyczne i projektowanie
- [8] PN-83/B-03010 Ściany oporowe – Obliczenia statyczne i projektowanie
- [9] Projekt uszczelnienia gruntu pod wykopem metodą iniekcji strumieniowej na budowie Drogi Ekspresowej S8 – Trasa Armii Krajowej od węzła „Konotopa” do węzła „Prymasa Tysiąclecia”. Odcinek Radiowa od km 8+400 do km 9+305, Keller Polska Sp. z.o.o. Specjalistyczne techniki fundamentowania. Ożarów mazowiecki 2008
- [10] Dokumentacja Geologiczno-Inżynierska. Projekt Drogowy. Droga ekspresowa S8 – Trasa Armii Krajowej od węzła „Konotopa” do węzła „Prymasa Tysiąclecia”. Profil Grupa ARCADIS Polska, Warszawa 2005

Analiza termiczna konstrukcji ramy okiennej z PVC

Dr hab. inż. Edward Michłowicz, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków,
mgr inż. Rafał Karaś, OKNOPLAST Kraków

1. Rodzaje konstrukcji i ich parametry

Użycie konstrukcji z kształowników PVC jest obecnie bardzo powszechne. Znajdują one swoje zastosowanie w różnych warunkach środowiska naturalnego oraz w budynkach i pomieszczeniach o bardzo różnym przeznaczeniu. W zależności od warunków, w któ-

rych się znajdują, muszą posiadać odpowiednie parametry.

Podstawowymi parametrami charakteryzującymi okienne konstrukcje z PVC są:

- statyka konstrukcji,
- szczelność konstrukcji,
- właściwości antywłamaniowe,
- właściwości akustyczne,
- właściwości cieplne.

Najważniejszym czynnikiem

jest statyka konstrukcji, ponieważ konstrukcja musi spełniać wymagania wytrzymałościowe dla bezpieczeństwa użytkownika. Jest ona zależna od momentów bezwładności profili stalowych zastosowanych w konstrukcji. Ten parametr decyduje o tym, czy pod naporem wiatru konstrukcja ugnie się w granicach bezpiecznych wartości, które nie spowo-