Prawidłowy dobór obudów do wykopów tymczasowych na przykładzie inwestycji w ramach Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego

mgr inż. Marek Kopras doktorant

Wydział Inżynierii Środowiska i Gospodarki Przestrzennej

Streszczenie

W artykule opisano realizację kilku projektów na terenie Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego ze szczególnym uwzględnieniem użycia obudów do wykopów tymczasowych, zasad ich doboru i stosowania.

Podano przykłady doboru trzech różnych obudów, obliczenia parcia czynnego gruntu oraz wyboru z katalogu producenta: obudowy skrzynkowej typu boks STANDARDBOX 3,50 x 2,40 m + NADSTAWKA 3,50 x 1,40 m, obudowy liniowej OWS 5AN oraz obudowy punktowej 5,50 x 4,20 x 4,80 m.

Słowa kluczowe: obudowy wykopów, obudowy skrzynkowe, obudowy liniowe

1. Wprowadzenie

Modernizacja oraz budowa i rozbudowa sieci wodno-kanalizacyjnych w ramach Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego trwa nieprzerwanie od wielu lat. W poniższym artykule opisano zadania wykonywane w roku 2019 w ramach projektów:

1) Budowa sieci kanalizacji sanitarnej wraz z przyłączeniami w ulicy Ostrowskiej i sąsiednich oraz na terenie osiedli Krzesiny i Krzesinki w Poznaniu, (zastosowano obudowę punktową słupową)
2) Budowa sieci kanalizacji sanitarnej w ulicach Kawalerów Maltańskich oraz Bliskiej w miejscowości Rabowice, (zastosowano obudowę słupową liniową oraz obudowę typu boks)

Na obszarze Poznańskiego Obszaru Metropolitalnego zalegają grunty o bardzo zróżnicowanych rodzajach i parametrach. Utwory Czwartorzędowe Holocen i Plejstocen, piaski drobne i piaski średnie, gliny zwałowe i piaski gliniaste.

W referacie opisano zasady doboru obudów do wykopów tymczasowych, wymagania dotyczące odwodnienia oraz użytkowania.Do najbardziej znanych metod zabezpieczania wykopów należą: ścianki berlińskie, ścianki szczelne, obudowy z bali drewnianych, obudowy z wyprasek oraz systemowe obudowy płytowo-segmentowe. Wyróżnia się trzy podstawowe typy obudów systemowych: obudowy skrzynkowe, obudowy słupowe linioweoraz obudowy słupowe punktowe.

Zgodnie z rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas robót budowlanych (Dz. U. z 2003 r. Nr 47, poz. 401 **§** 147.1.1), wykopy o ścianach pionowych i nieumocnionych, bez rozparcia, mogą być wykonywane tylko do głębokości 1 m w gruntach zwartych, pod warunkiem, że teren przy wykopie nie jest obciążony w pasie o szerokości równej głębokości wykopu. Przepisy dopuszczają wykonywanie wykopów tymczasowych ze skarpami o bezpiecznym nachyleniu, jednak ze względu na brak miejsca na terenie istniejących osiedli oraz wąskich ulicach, wykonawcy decydują się na użycie obudów do wykopów.

2. Zasady doboru obudowy do wykopu tymczasowego

Prawidłowa kolejność postępowania w celu właściwego doboru obudowy to:

- wstępne rozpoznani projektu,
- kwalifikacja przekrojów geotechnicznych,
- obliczenie parcia czynnego gruntu,
- wybór odpowiedniego produktu.

Wstępne rozeznanie projektu wiąże się ze sprawdzeniem profili podłużnych trasy przebiegu rurociągów w celu rozpoznania głębokości, szerokości wykopu oraz średnicy rurociągu. W następnej kolejności należy sprawdzić miejsca występowania i ilość kolizji, a na końcu możliwość użycia sprzętu ze względu na lokalizację wykopu.

Na podstawie przekrojów geotechnicznych dotyczących posadowienia trzech obiektów inwestycyjnych, będących przedmiotem niniejszego rozdziału, kierując się rozporządzeniem MTBiGM z dnia 25 kwietnia 2012 r.w sprawie geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych zakwalifikowano je odpowiednio:

- przepompownia PS7 przy ul. Sokalskiej; warunki gruntowe proste; druga kategoria geotechniczna,

- budowa sieci kanalizacji sanitarnej w ulicy Kawalerów Maltańskich i w ulicy Bliskiej w miejscowości Rabowice: warunki gruntowe proste; druga kategoria geotechniczna,
- budowa sieci kanalizacji sanitarnej wraz z przyłączeniami w ulicy Ostrowskiej i sąsiednich oraz na terenie osiedli Krzesiny i Krzesinki w Poznaniu: warunki gruntowe proste; druga kategoria geotechniczna.

W ramach projektów wykonano badania terenowe i laboratoryjne gruntów zgodnie z wytycznymi rozporządzenia MTBiGM z dnia 25 kwietnia 2012 roku. W przypadku pierwszej kategorii geotechnicznej w zakres rozpoznania podłoża wchodziło jakościowe określenie właściwości podłoża na podstawie analizy materiałów archiwalnych, uwzględnienia doświadczeń porównywalnych oraz badań terenowych. Z kolei przy drugiej kategorii geotechnicznej zakres rozpoznania podłoża wchodzi ilościowe określenie liczbowych wartości parametrów geotechnicznych na podstawie analizy materiałów archiwalnych i doświadczeń porównywalnych, wyników badań polowych i wyników badań laboratoryjnychz uwzględnieniem korelacji bezpośrednich badań. Przy trzeciej kategoria geotechnicznej w zakres rozpoznania podłoża wchodzi ilościowe określenie liczbowych wartości parametrów geotechnicznych na podstawie analizy materiałów archiwalnych i doświadczeń porównywalnych, wyników badań polowych, wyników badań laboratoryjnych i wyników badań specjalistycznych z uwzględnieniem korelacji bezpośrednich badań.

Obliczenie parcia czynnego gruntu najczęściej oblicza się wykorzystując metodę *Rankine*'a (PN-83/B-03010). W przypadku gruntów niespoistych parcie czynne gruntu oblicza się za pomocą równania:

$$e_a = K_a \cdot (\gamma \cdot z + q) \tag{1}$$

gdzie:γ – ciężar objętościowy gruntu [kN/m^3],z – głębokość dla której oblicza się parcie [m],q – obciążenie naziomu [kN/m^2], φ_k – kąt tarcia wewnętrznego gruntu [^{0}]; K_a – współczynnik parcia czynnego gruntu obliczany za pomocą równania:

$$K_a = \frac{1 - sin\,\varphi_k}{1 + sin\,\varphi_k} \tag{2}$$

Z kolei w przypadku gruntów spoistych parcie czynne gruntu oblicza się za pomocą równania:

$$e_a = K_a \cdot (\gamma \cdot z + q) - 2c \cdot \sqrt{K_a} \quad [\mathrm{kN/m^2}] \tag{3}$$

gdzie:*c* – spójność gruntu [kPa].

Obliczone parcie czynne gruntu należy jeszcze pomnożyć przez cząstkowy współczynnik bezpieczeństwa w stosunku do działania gruntu $\gamma_F \geq 1{,}5$ zgodny z normąPN-EN 13331-1:

$$e_d = e_a \cdot \gamma_F \tag{4}$$

Następnie z katalogu producenta firmy Kopras należy dobrać odpowiednie systemy zabezpieczenia wykopów.

3. Przykłady zastosowania różnych typów obudów

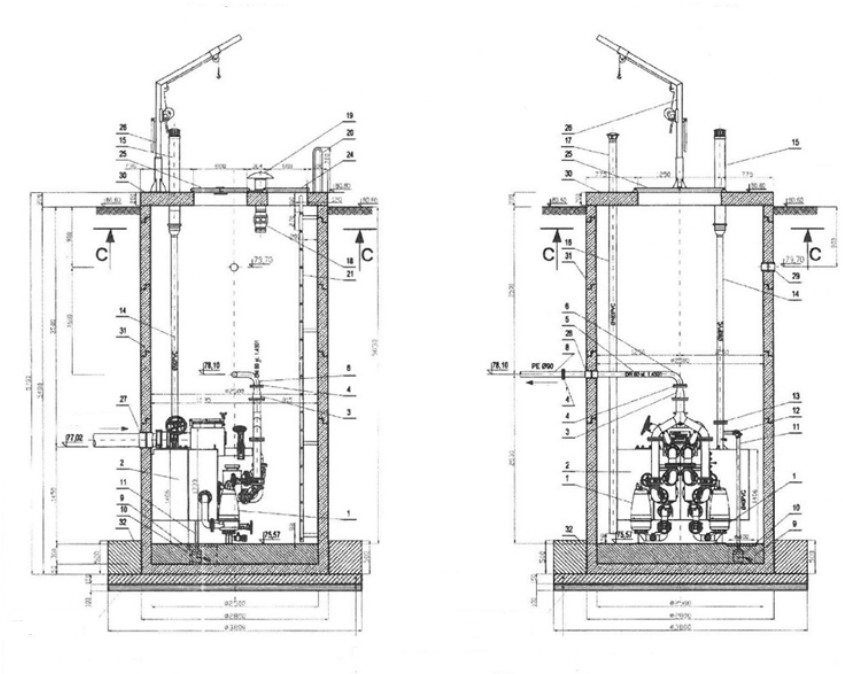
W rozdziale tym przedstawionopostępowanie dotyczące doboru oraz użytkowania zabezpieczeń do wykopów tymczasowych. Podano trzy charakterystyczne przykłady najbardziej popularnych obudów do wykopów obecnie stosowanych przez wykonawców (obudowa słupowa, słupowo-liniowa, skrzynkowa).

Dobór obudowy słupowej do wykopów punktowych został przedstawiony na przykładzie budowy przepompowni PS7 przy ul. Sokalskiej w ramach budowa sieci kanalizacji sanitarnej wraz z przyłączeniami w ulicy Ostrowskiej i sąsiednich oraz na terenie osiedli Krzesiny i Krzesinki w Poznaniu (przykład A).

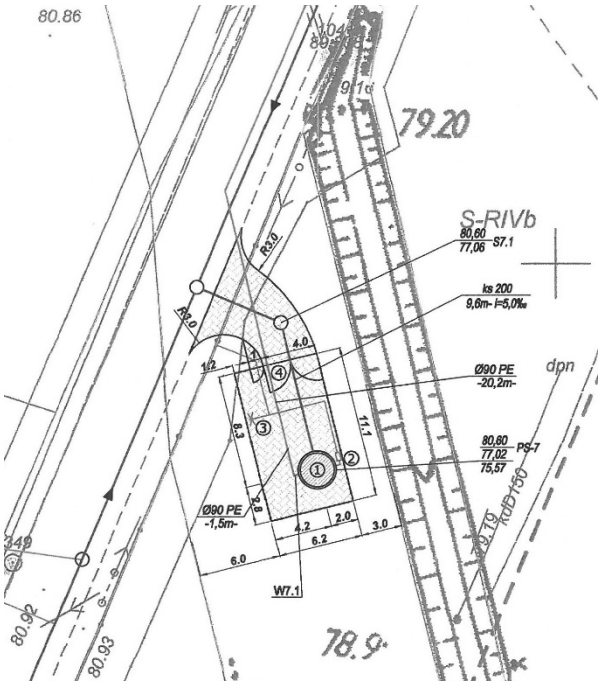
Budowa obiektów takich jak przepompownie wymaga użycia punktowej obudowy wykopu. Na podstawie projektu przepompowni należy dobrać elementy obudowy (płyty, słupy, ściany segmentowe) tak, aby zabezpieczyć wykop w całości zgodnie z przepisami normy PN-EN 13331-1 i PN-EN 13331-2oraz zapewnić wystarczającą ilość miejsca wokół przepompowni (celem zagęszczenia gruntu i podłączenia rurociągów). Przekroje pionowe przepompowni pokazano na ryc. 1.

Ze względu na to, że poszczególne elementy obudowy systemowej dobiera się z katalogu, a grubość obudowy może wynosić nawet 45 cm (licząc płyty po 12 cm każda oraz przestrzeń pomiędzy nimi) poszczególne ściany wykopu mogą kolidować z urządzeniami

podziemnymi lub obiektami naziemnymi takimi jak: słupy energetyczne, budynki, drzewa. Na podstawie planu sytuacyjno-wysokościowego oraz wizji lokalnej należy upewnić się, że wybrana obudowa będzie możliwa do zastosowania. Lokalizację przepompowni pokazano na ryc. 2.

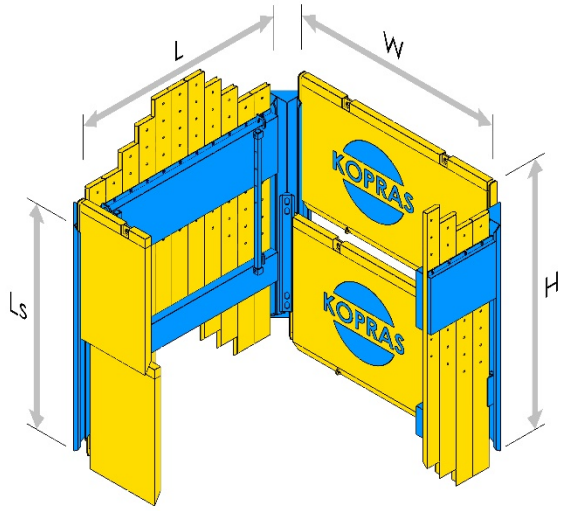


Ryc. 1.Przekroje pionowe przepompowni ścieków PS7
Fig. 1.Pumping station cross – section



Ryc. 2. Plan sytuacyjno-wysokościowy lokalizacji przepompowni
Fig. 2. Site and height guidelines plan of pumping station

Wybór konstrukcji zabezpieczenia wykopu jest prosty i szybki, dokonuje się tego przed przystąpieniem do obliczeń parcia mając jedynie na uwadze możliwości sprzętowe, koparki, dźwigi oraz zapewnienie prawidłowego odwodnienia wykopu. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że obudowy systemowe nie są szczelne i nie wydłużają drogi filtracji. Wykop powinien być odwodniony przed przystąpieniem do kopania, szczególnie w miejscu występowania gruntów niespoistych o silnym nawodnieniu i tendencji do powstania kurzawki. Na podstawie powyższych uwarunkowań dobrano obudowę punktową pokazaną na ryc. 3.



Ryc. 3. Obudowa słupowo-punktowa W =5,50 m, L= 4,20 m, H= 4,80 m,maksymalna wytrzymałość płyty 55 kPa
Fig. 3. Visualization of point shoring system W= 5,50m, L = 4,20 m,H= 4,80 m, plate resistance 55 kPa

Na podstawie dokumentacji geologicznej przedstawiającej przekrój geotechniczny podłoża gruntu w rejonie budowy przepompowni, wydzielono cztery warstwy gruntu (PN-86/B-02480).Obciążenie naziomu q = 15,0 kN/m^2 pojazdami poruszającymi się w pobliżu obiektu inwestycyjnego przyjęto na podstawie normy PN-82/B-02004.Dla każdej z kolejnych warstw określono:

– miąższość warstwy [m],

– rodzaj gruntu: niespoisty lub spoisty i odpowiednio do tej kwalifikacji:

- I_D - stopień zagęszczenia gruntu niespoistego,

- I_L - stopień plastyczności gruntu spoistego,

– dla gruntów spoistych, dodatkowo pomocny jest symbol dotyczący pochodzenia i stopnia konsolidacji gruntu:

- wilgotność gruntu [%],
- γ – ciężar objętościowy gruntu [kN/m^3],
- φ_k - kąt tarcia wewnętrznego [^{0}].

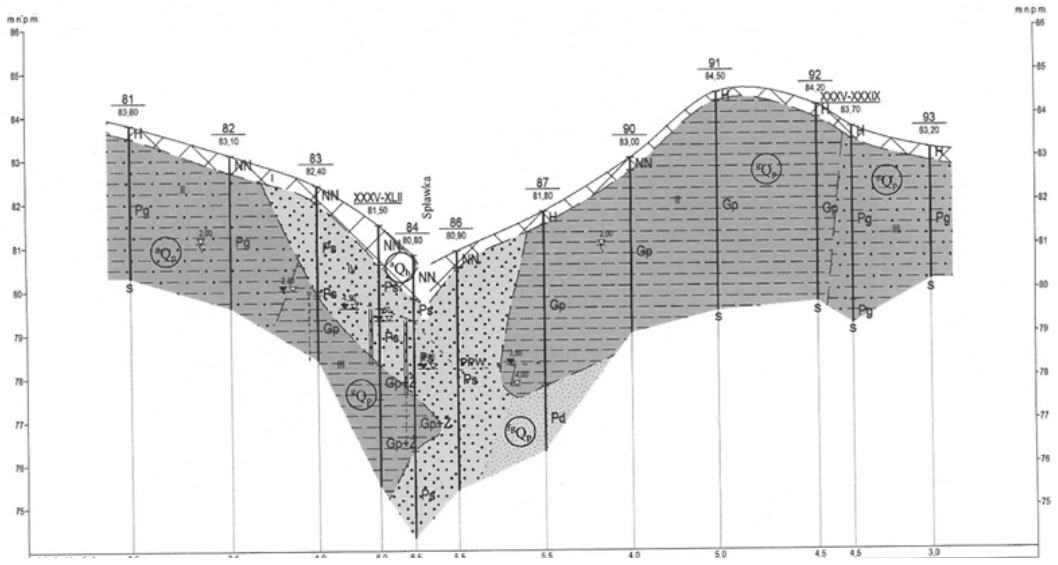
Wydzielono pionowy pas od powierzchni naziomu do dna wykopu o głębokości 4,8 m. Na tym pionowym pasie odwzorowano prostokąty o jednakowej szerokości 1,0m i wysokości odpowiadającej grubościom poszczególnych warstw gruntu zidentyfikowano:

- pierwszą warstwę od powierzchni gruntu (poziom zero z= 0,0) do spągu pierwszej warstwy (terminologia: spąg pierwszej warstwy jest równocześnie stropem drugiej warstwy) o szerokości1,0 m i grubości 2,0 m (przypadkowa zbieżność),
- drugą warstwę o szerokości 1,0 m i grubości 2,0 m (strop drugiej warstwy jest spągiem pierwszej warstwy),
- trzecią warstwę o grubości 1,0 m (strop trzeciej warstwy jest spągiem drugiej warstwy, a spąg trzeciej warstwy jest stropem czwartej warstwy),
- czwartą warstwę o grubości 0,8 m (strop czwartej warstwy jest spągiem trzeciej warstwy, a spąg tej warstwy jest dnem wykopu).

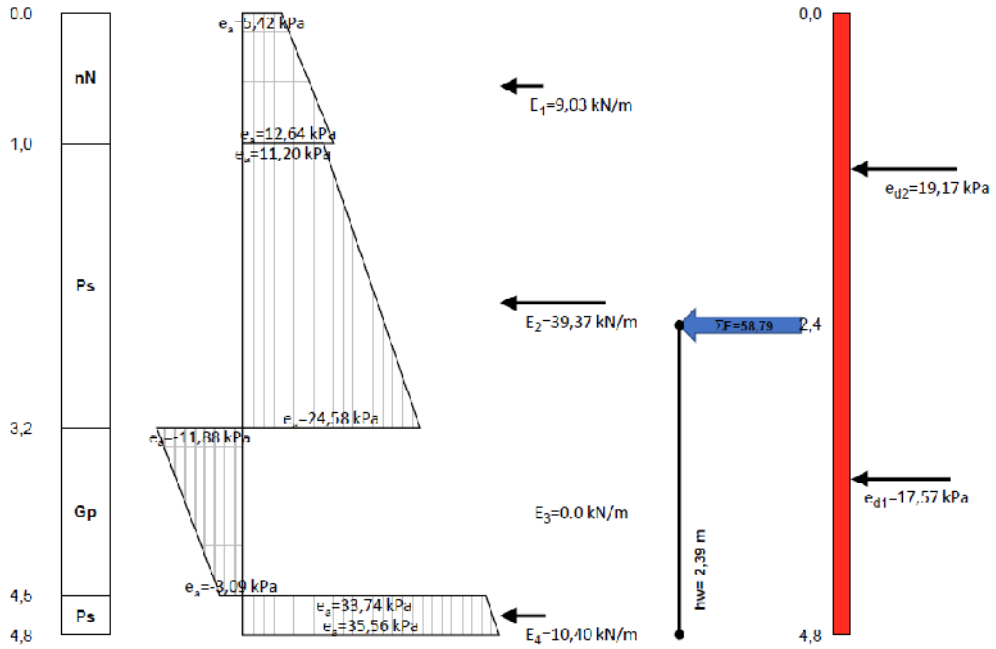
Następnie obliczono parcie czynne pierwszej warstwy wykorzystując równanie (1), (2), (3) i (4), a następnie obliczono parcie drugiej warstwy i tak kolejno, aż do dna wykopu.Obliczono położenie wypadkowej siły parcia względem dna wykopu, a następnie, kierując się konfiguracją płyt obudowy określono wartości bezwzględne parcia gruntu na poszczególne płyty obudowy. Na ryc. 4 pokazano przekrój geotechniczny w rejonie przepompowni.

Wyniki te zostały uśrednione dla każdej z przyjętych płyt obudowy w zależności od głębokości, na jakiej zostaną użyte. Projektant na podstawie charakterystyki

projektowanego obiektu oraz warunków geotechnicznych podłoża zaliczył obiekt do drugiej kategorii geotechnicznej. W związku z tym parametry geotechniczne zostały określone na podstawie badań polowych oraz badań laboratoryjnych, uwzględniając przy tym zalecenia wynikające z polskiejnormy PN-B-02479 oraz ENV 1997-1. Rozkład parcia gruntu oraz obciążenie płyt w kPa przedstawiono na ryc. 5, a parametry gruntu przejęte do obliczeń przedstawiono w tab. 1. Maksymalne obciążenie w tym wypadku dla płyty górnej wynosi 19,17 kPa.



Ryc. 4. Przekrój geotechniczny w rejonie budowy przepompowni
Fig. 4. The overall geotechnical cross-section in the area of construction site of pumping station



Ryc. 5. Rozkład parcia gruntu oraz średnie obciążenie płyt w kPa (nN - nasyp niekontrolowany, Gp – glina piaszczysta, Ps - piasek średni)
Fig. 5. Lateral earth pressure distribution and average plates load in kPa (nN - uncontrolled embankment, Gp – sandy loam, Ps - medium sand

Tab. 1. Parametry gruntu przyjęte do obliczeń bocznego parcia gruntu dla przykładu A
Tab. 1. Parameters of the soil used for computation lateral earth pressure distribution for case A

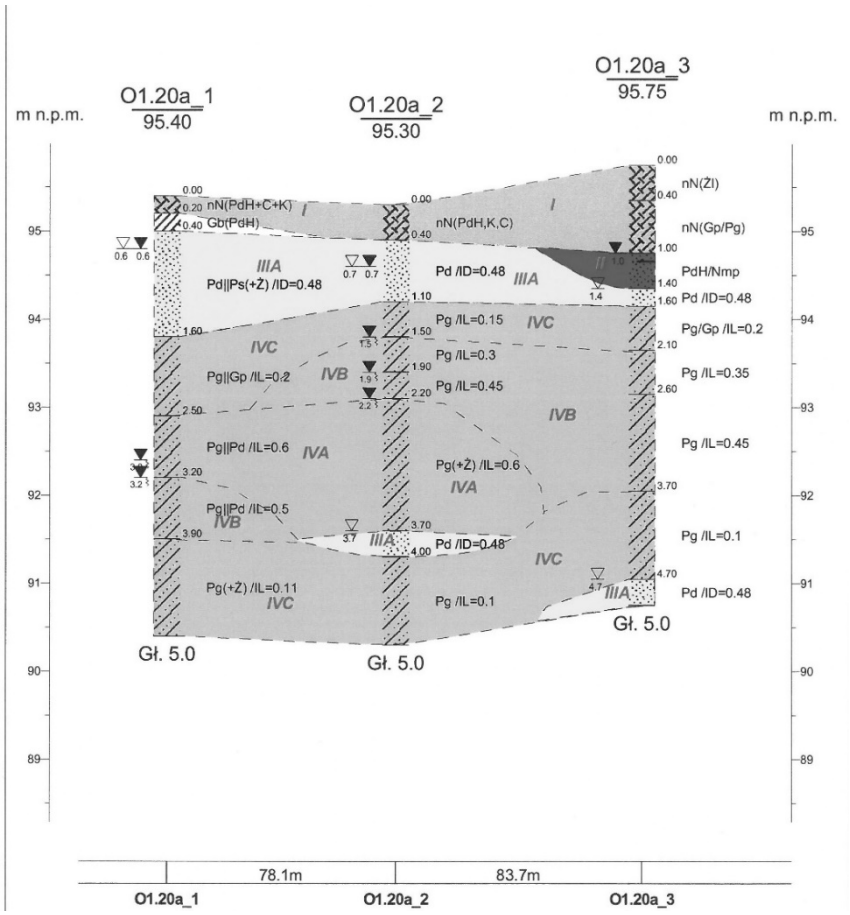
Nr warstwy No of layer	Miąższość warstwy Thickness of the layer		Opis Description	Kolor Color	Parametry gruntu Parameters of the soil		
	Od from	Do to			γ	ϕ	c
[-]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN/m^3]	[°]	[kPa]
1	0	1	nN	K1	20	28	0
2	1	3,2	Ps	K1	19	31	0
3	3,2	4,5	Gp	K1	22	32	32
4	4,5	4,8	Ps	K1	19	31	0

Słupowo-liniowy system obudów pokazano na przykładzie budowy sieci kanalizacji sanitarnej w ulicy Kawalerów Maltańskich oraz Bliskiej w miejscowości Rabowice (przykład B). Poniższy przykład przedstawia dobór oraz użycie słupowo-liniowej obudowy wykopów. Na podstawie projektu sieci kanalizacyjnej stwierdzono, że rurociągi będą układane na głębokościach od 4,50 - 4,80 m i na tej podstawie wybrano z katalogu producenta obudowę liniowo-słupową OWS 5 AN mając oczywiście na uwadze inne

względy techniczno organizacyjne oraz możliwości sprzętowe wykonawcy. Na ryc. 6 pokazano plan sytuacyjno-wysokościowy części istniejącego osiedla w rejonie ulic Kawalerów Maltańskich i Bliskiej.

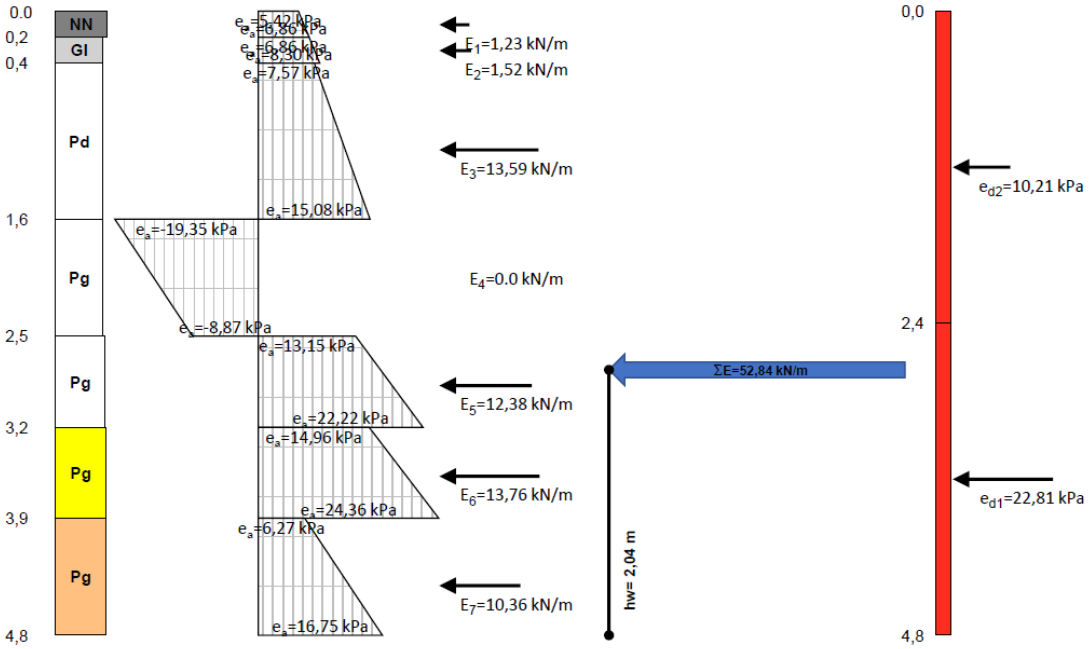
Ryc. 6. Plan sytuacyjno-wysokościowy osiedla w rejonie ulic Kawalerów Maltańskich i Bliskiej w miejscowości Rabowice
Fig. 6. Situational plan of the estate in the vicinty of Kawalerow Maltanskich, Bliskiej, streets in the Rabowice town

Na podstawie projektu geotechnicznego w rejonie budowy (otwory badawcze nr O1.20a_1, 01.20a_2, 01.20a_3 – ryc. 7) obliczono parcie czynne oraz średnie obciążenie płyt na poszczególnych głębokościach (ryc. 8), a parametry techniczne przyjęte do obliczen zestawiono w tab. 2.Warunki geotechniczne określono na podstawie danych uzyskanych z wierceń badawczych, badań laboratoryjnych i prac kameralnych. Parametry geotechniczne wyznaczono metodami „A” i „B” wg normy PN-B-03020.



Ryc. 7. Profil geotechniczny w rejonie budowanej kanalizacji

Fig. 7. The overall geotechnical cross-section, boreholes location according to the situational plan.



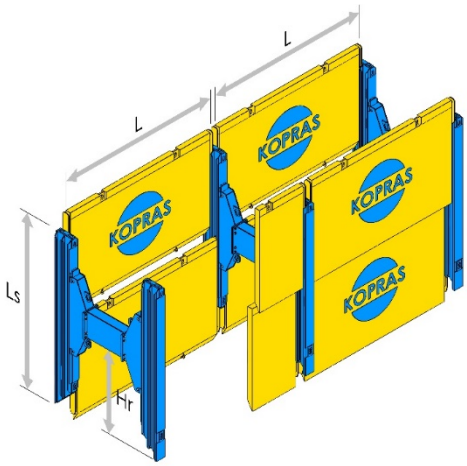
Ryc. 8. Rozkład parcia oraz średnie obciążenie płyt obudowy wykopu (nN - nasyp niekontrolowany, Gl – gleba rolnicza, Pd - piasek drobny, Pg – piasek gliniasty)

Fig. 8. Diagrams for lateral earth pressure distribution against trench shoring with resultant forces(nN - uncontrolled embankment, Gl – agriculturesoil, Pd - fine sand, Pg – loamy sand)

Tab. 2. Parametry gruntu przyjęte do obliczeń bocznego parcia gruntu dla przykładu B
Tab. 2. Parameters of the soil used for computation lateral earth pressure distribution for case B

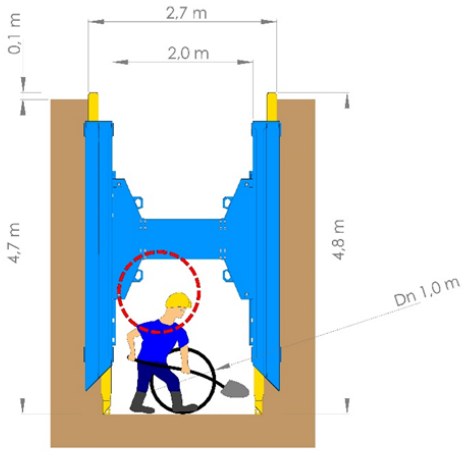
Nr warstwy No of layer	Miąższość warstwy Thickness of the layer		Opis Description	Kolor Color	Parametry gruntu Parameters of the soil		
	Od from	Do to			γ	ϕ	C
[-]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN/m^3]	[°]	[kPa]
1	0	0,2	nN	K3	20	28	0
2	0,2	0,4	Gl	K2	20	28	0
3	0,4	1,6	Pd	K1	19	30,3	0
4	1,6	2,5	Pg	K1	21,5	17,3	30
5	2,5	3,2	Pg	K1	18,94	10,8	19
6	3,2	3,9	Pg	K6	21	12,7	22
7	3,9	4,8	Pg	K8	21,5	17,3	30

Stwierdzono, że dobór obudowy OWS 5AN (ryc. 9) jest prawidłowy, ponieważ wytrzymałość tej płyty wynosi 55 kPa zgodnie z informacją zawartą w DTR producenta. Obudowę tą wybrano też, ze względu na wiele zalet związanych z montażem i demontażem w wykopie, możliwością przejścia kolizji przy użyciu ścian segmentowych oraz z zastosowaniem dodatkowej pary słupów. Pojedyncza rozpora rolkowa obudowy OWS 5AN pozostawia wiele miejsca w wykopie dla poruszających się w nim pracowników(ryc. 10). Obecnie jest najbezpieczniejszym typem obudowy liniowej.



Ryc. 9. Obudowa wykopu OWS 5AN do głębokości 4,80 m

Fig. 9.Visualization of linear shoring system OWS 5AN



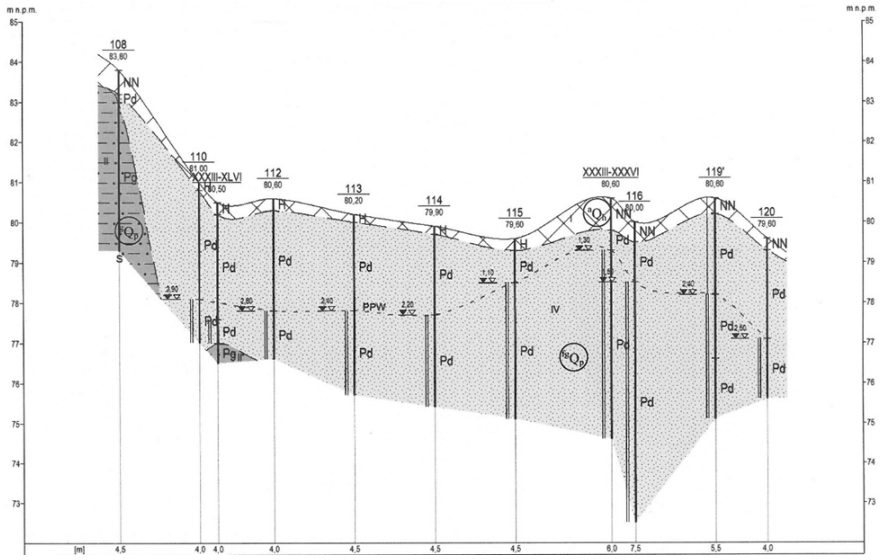
Ryc. 10. Przekrój poprzeczny przez wykop z użyciem obudowy OWS 5 AN i możliwości pracy pod rozporą rolkową

Fig. 10.Cross-section through the excavation with rail shoring system and single roller strut with accentuation on the possibility to carry out work under the roller strut

Obudowę skrzynkową typu boks przedstawiono na przykładzie budowy sieci kanalizacji sanitarnej wraz z przyłączeniami w ulicy Ostrowskiej i sąsiednich oraz na terenie osiedli Krzesiny i Krzesinki w Poznaniu (przykład C). Obudowa skrzynkowa typu boks to najpopularniejsza dzisiaj obudowa wykopów tymczasowych wąskoprzestrzennych. Wprawdzie ma wiele ograniczeń, lecz prosta konstrukcja oraz łatwość montażu powodują, że wykonawcy chętnie sięgają po ten typ zabezpieczeń. Obudowy skrzynkowe typu boks oferowane obecnie na rynku mają wytrzymałość od 20 kPa do 68 kPa (z katalogu firmy KOPRAS) i jest to ściśle związane z pojedynczą wagą elementów. Wykonawca powinien w zależności od głębokości wykopów i parcia gruntu zaplanować użycie możliwie najlżejszej obudowy. Oszczędza w ten sposób na koszcie użycia sprzętów takich jak koparki oraz obudowy. Przykład obejmuje dobór obudowy w miejscowości Krzesiny w ulicy Rakietowej w ramach budowy kanalizacji o średnicy od 75-400 mm.

W przypadku decyzji o wyborze obudowy skrzynkowej typu boks powinniśmy na podstawie profili geotechnicznych oraz parametrów gruntu (ryc.11), obliczyć parcie gruntu na obudowę wykopu. Parcie gruntu na obudowę wykopu dla poszczególnych warstw oblicza się tak jak już wcześniej wspomniano według wzoru Rankine'a

uwzględniając współczynniki bezpieczeństwa podane w normie PN-EN 13331-1. Tak też zrobiono w opisanym przypadku, a wyniki przedstawiono naryc.12. Parametry gruntu przyjęte do obliczeń przedstawiono w tab. 3. Obudowę typu boks wybraną z katalogu producenta przedstawia ryc.13. Z uwagi na to, że parcie gruntu na płytę podstawową boksu wyniosło według obliczeń 30,25 kPa wybrano z katalogu producenta boks STANDARDBOX 3,50 x 2,40 m z nadstawką 3,50 x 1,40 m.



Ryc. 11. Przekrój geotechniczny w rejonie budowy kanalizacji

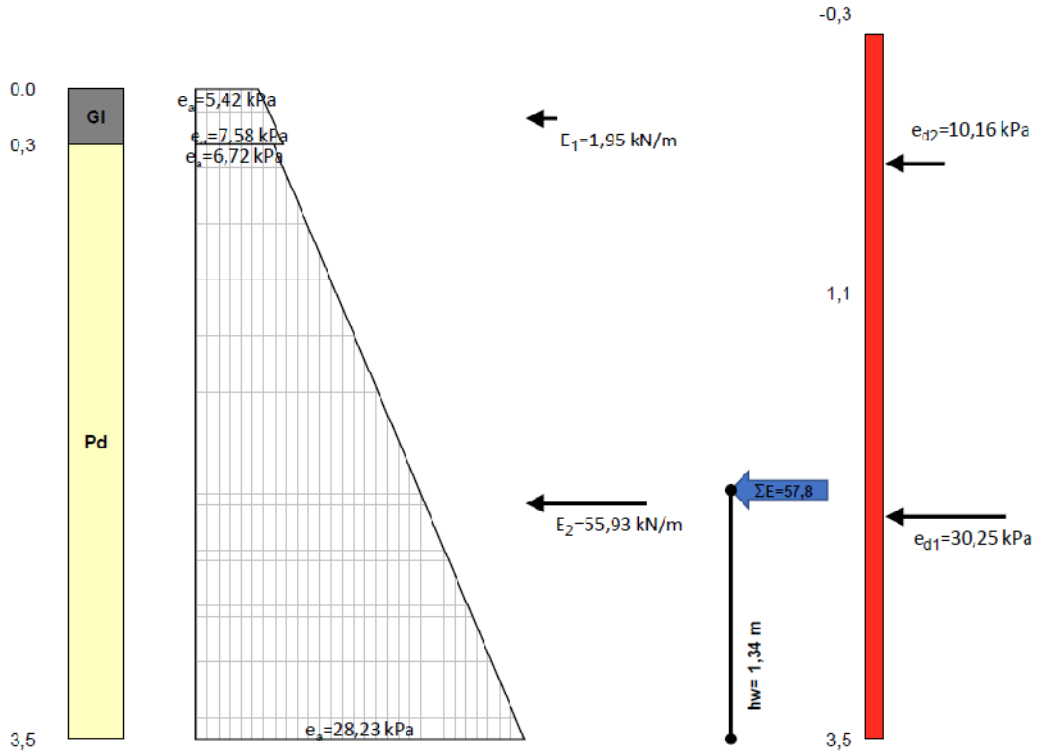
Fig. 11. The geotechnical cross – section of soil in the area of sewage system construction

Projektant na podstawie charakterystyki projektowanego obiektu oraz warunków geotechnicznych podłoża zaliczył obiekt do drugiej kategorii geotechnicznej. W związku z tym parametry geotechniczne zostały określone na podstawie badań polowych oraz badań laboratoryjnych, uwzględniając przy tym zalecenia wynikające z polskiejnormy PN-B-02479 i ENV 1997-1.

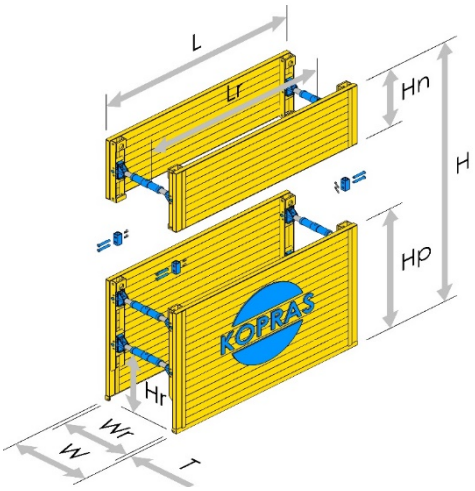
Tab. 3. Parametry gruntu przyjęte do obliczeń bocznego parcia gruntu dla przykładu C
Tab. 3. Parameters of the soil used for computation lateral earth pressure distribution for case C

Nr warstwy No of layer	Miąższość warstwy Thickness of the layer		Opis Description	Kolor Color	Parametry gruntu Parameters of the soil		
	Od from	Do to			γ	ϕ	C
[-]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN/m^3]	[°]	[kPa]
1	0	0,3	Gl	K3	20	28	0

2	0,3	3,5	Pd	K4	21	31	0



Ryc. 12. Obliczenie parcia na obudowę wykopu (Gl – gleba, Pd – piasek drobny)
Fig. 12. Calculation of lateral earth pressure on trench shoring (Gl – agriculture soil; Pd – fine sand)



Ryc.13.STANDARDBOX 3,50 m x 2,40 m z nadstawką 3,50 m x 1,40 m
Fig. 13. Visualization of box shoring set consists of STANDARDBOX 3,50 x 2,40 m with TOP BOX 3,50 x 1,40 m

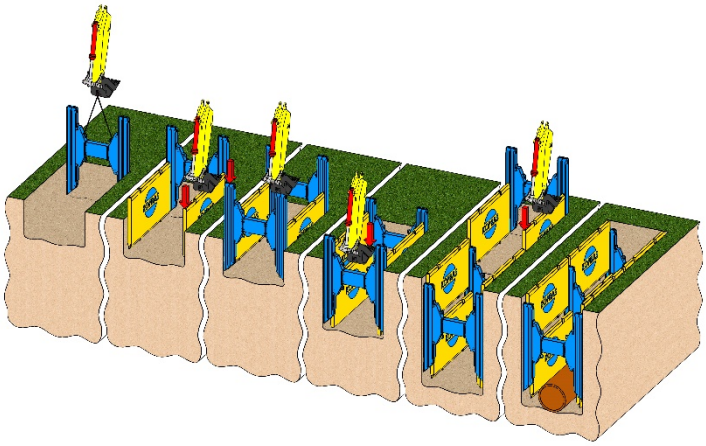
4. Realizacja robót

Zgodnie z przewidywaniami realizacja opisanych projektów przebiegała prawidłowo i bez żadnych opóźnień. Dobra organizacja pracy wykonawców, przygotowanie fachowe i

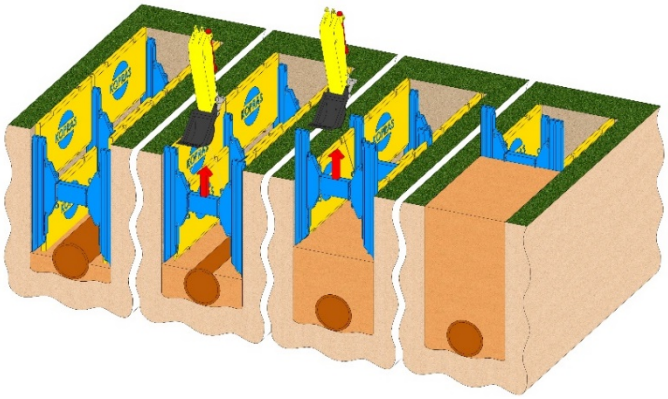
organizacyjne powodowało dotrzymanie terminów zakończenia poszczególnych odcinków. Obudowy wykopów, ich wybór i doświadczenie wykonawcy mają ogromny wpływ na płynność i bezpieczeństwo pracy w wykopach. Poniżej zamieszczono kilka zdjęć z realizacji oraz opis technologii prac w obudowach systemowych.W trakcie realizacji robót w miejscowości Krzesiny stosowano obudowy liniowe słupowe OWS 5AN pokazane na ryc.14.

Ryc. 14. Zastosowanie liniowej obudowy wykopów OWS 5 AN
Fig. 14. Works carried out with use of the linear shoring system OWS 5AN

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas robót budowlanych dotyczącymi technologii robót w wykopach wąskoprzestrzennych, wykop o ścianach pionowych nieumocnionych bez rozparcia lub podparcia może być wykonywany tylko do głębokości 1 m. Jak pokazano na ryc.15po wykonaniu takiego wykopu montuje się kolejno pary słupów obudowy oraz płyty. Następnie zgodnie z obowiązującymi przepisami obudowę opuszcza się etapowo metodą tnij i obniżaj (PN-EN 13331-1) w gruntach spoistych, co 0,5 m a w gruntach niespoistych, co 0,3 m tak, aby teren w sąsiedztwie wykopu nie został naruszony. Po wykonaniu montażu oraz ułożeniu rurociągu wykonawca demontował obudowy tak jak na ryc.16etapowo zagęszczając zasypkę warstwami od 0,3 m do 0,5 m (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas robót budowlanych).



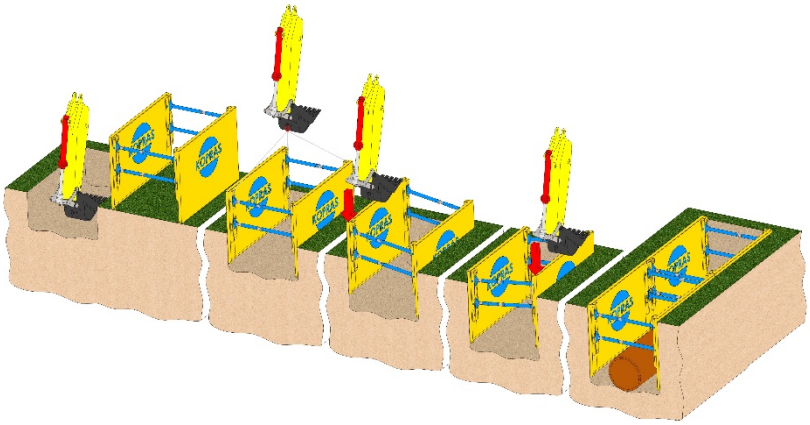
Ryc. 15. Montaż obudowy słupowej OWS 5AN
Fig. 15. Assembly procedure for rail shoring system with single roller strut OWS 5A



Ryc.16. Demontaż obudowy słupowej OWS 5AN z uwzględnieniem etapów zagęszczania
Fig. 16 Dismantling procedure for rail shoring system with single roller strut OWS 5AN including steps of soil compaction

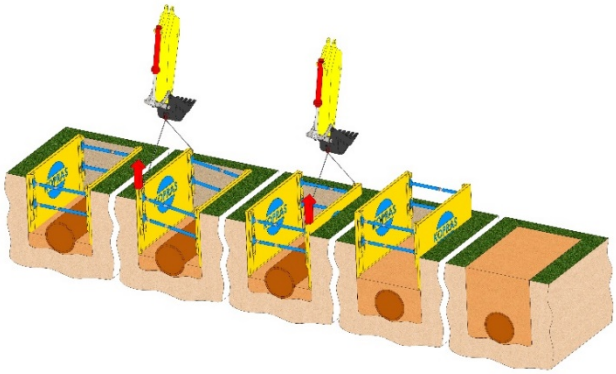
Zastosowanie obudów skrzynkowych typu boksw miejscowości Krzesiny ul. Rakietowa pokazano na ryc.17.W trakcie montażu i demontażu obudów typu boks obowiązują te same przepisy, co w trakcie użytkowania obudów słupowo-liniowych w powyższych przykładach. Wykonawca może wykonać wykop bez umocnienia do głębokości 1 m. Następnie jak pokazano na ryc. 18 wstawia się poszczególne obudowy skrzynkowe i pogłębiając wykop opuszcza się przeciwległe płyty obudowy do żądanego poziomu poniżej terenu.

Ryc.17. Zastosowanie obudów skrzynkowych typu STANDARDBOX 3,50 x 2,40 m z nadstawką 3,50 x 1,40 m
Fig. 17. Works carried out with use of box shoring set consists of STANDARDBOX 3,50 x 2,40 m with TOP BOX 3,50 x 1,40 m



Ryc.18. Technologia montażu obudowy skrzynkowej typu boks
Fig. 18. Assembly procedure for STANDARDBOX system

Po ułożeniu rurociągu demontuje się obudowę etapowo, podnosząc, co 30-50 cm (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas robót budowlanych)i zasypując oraz zagęszczając warstwami wykop. Powyższa technologia zgodna z obowiązującymi przepisami zapewnia bezpieczeństwo pracowników znajdujących się w wykopie oraz nie narusza gruntu w sąsiedztwie wykopu i zapobiega osiadaniu budynków lub budowli w pobliżu. Rycina19przedstawia wyżej opisaną technologię demontażu.



Ryc.19. Kolejne etapy demontażu obudowy skrzynkowej typu boks z uwzględnieniem etapów zagęszczania
Fig. 19. Dismantling procedure for STANDARDBOX system including steps of soil compaction

W przypadku wykopów punktowych technologia montażu i demontażu jest taka sama. Różnice są pomiędzy konstrukcjami słupowymi i boksami. Jednak przepisy i ogólne zasady są te same. Zabezpieczanie wykopów tymczasowych obudowami systemowymi jest proste, szybkie i łatwe. Jednak wymagane jest doświadczenie i wprawa pracowników a szczególnie umiejętności operatora koparki. Na ryc.20pokazano zastosowanie obudowy punktowej do zabezpieczenia wykopu podczas montażu przepompowni PS7 przy ul. Sokalskiej.

Ryc.20. Zdjęcie z realizacji robót podczas budowy przepompowni PS7 w ul. Sokalskiej
Fig. 20. Implementation of works during the construction of the PS7 pumping station in Sokalska street

W trakcie realizacji pracownicy firmy KOPRAS wielokrotnie odwiedzali swoich partnerów orazklientów, a efektem tych wizyt są wnioski z poprawności użytkowania obudów do wykopów tymczasowych. Najczęściej popełniane błędy to:

- niezabezpieczenie wykopu powyżej terenu, co najmniej 10 cm (PN-B-06050: 1999),
- niewystarczające zabezpieczenie miejsc kolizji,
- użycie zbyt ciężkich obudów w miejscach płytkich wykopów.

Trzeba zaznaczyć, że były to przypadki nieliczne, a im dłużej trwały budowy ilość błędów stosowania obudów tymczasowych malała. Błędy te nie wpływały w żadnym stopniu na bezpieczeństwo pracowników znajdujących się w wykopie, a doświadczenia z realizacji tych projektów na skutek współpracy pomiędzy dostawcą obudów a wykonawcą wpłyną na poprawę, jakości zabezpieczenia ścian tymczasowych wykopu

Zaznaczyć należy, że wykonawcy posiadali wystarczające doświadczenie w odwadnianiu tymczasowych wykopów,a to umożliwiło odpowiednie tempo robót oraz bezpieczny montaż i demontaż elementów obudowy do wykopów.Pracownicy wykonawców postępowali zgodnie z obowiązującymi przepisami bhp, a szczególnie pozostawali w trakcie robót przez cały czas w zabezpieczonej części wykopu (PN-B-06050: 1999).

5. **Wnioski**

- Zasady współpracy pomiędzy dostawcą obudów i wykonawcą sprawdziły się całkowicie. Dzięki takiej współpracy dobrano najlepsze rozwiązania zabezpieczenia wykopów w istniejących warunkach.
- Budowy przebiegały bez większych problemów, a już na pewno niezwiązanych z zabezpieczaniem wykopów tymczasowych.
- Wykonawcy otrzymali najtańsze, bezpieczne obudowy wykopów.
- Po raz kolejny dzięki prawidłowemu użyciu obudów pracownicy byli bezpieczni w trakcie przebywania w wykopach.
- W większości przypadków dla posadowienia przepompowni najlepszym rozwiązaniem jest użycie obudowy punktowo-słupowej. Natomiast w przypadku wykopów liniowych wykonawca ma wybór pomiędzy obudowami skrzynkowymi typu boks a obudowami liniowo-słupowymi. O wyborze decyduje wartość parcia na płyty obudowy oraz możliwości sprzętowe wykonawcy. Do głębokości 4 m mamy do wyboru szereg typów obudów skrzynkowych o wytrzymałości od 18-58

kPa. Natomiast obudowy liniowo-słupowe o wytrzymałości od 40-150 kPa wykorzystywane są przy głębokości wykopu od 4-7,8 m.

- Należy stwierdzić, że wykonawcy na tych zadaniach to najlepsze firmy wykonawcze w kraju o dużym doświadczeniu w tego typu zadaniach – projektach.

6. Bibliografia

PN-B-06050: 1999 Geotechnika. Roboty ziemne. Wymagania Ogólne.

PN-EN 13331-1 październik 2004 Obudowy ścian wykopów, część 1: Opisy techniczne wyrobów

PN-EN 13331-2 wrzesień 2005 Obudowy ścian wykopów, część 2: Ocena na podstawie obliczeń lub badań

Rozporządzenie MTBiGM z dnia 25 kwietnia 2012 r. Dz.U. dnia 27 kwietnia 2012 Poz. 463 w sprawie geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych.

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas robót budowlanych (Dz. U. z 2003 r. Nr 47, poz. 401 **§** 147.1.1)

PN-EN 1997-1: 2008/AC czerwiec 2009 Eurokod 7, Projektowanie geotechniczne. Część 1: Zasady ogólne. Załącznik C (informacyjny): Przykładowe sposoby wyznaczania wartości parcia gruntu

PN-83/B-03010 Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie

PN-81/B-03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli

PN-82/B-02004 Obciążenia budowli. Obciążenia zmienne technologiczne. Obciążenia pojazdami

PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów

Katalog firmy KOPRAS, styczeń 2019https://www.kopras.pl/katalog/katalog_2019.pdf

PN-B-02479 Geotechnika. Dokumentowanie geotechniczne. Zasady ogólne.

The correct selection of temporary trench shoring systems on the example of investments within the Poznań Metropolitan Area

The article describes realization of several projects in the „Poznan Metropolitan Area" with particular emphasis on the use of trench shorings for temporary excavation and the principles of their selection and use.

It presents three examples of the selection of three different trench shoring systems. It also presents calculations of active soil pressure and the selection of trench shoring systems from the manufacturer's catalog: box shoring system STANDARDBOX 3,50 x 2,40 m + TOP BOX 3,50 x 1,40 m, linear shoring system OWS 5AN and point shoring system 5,50 x 4,20 x 4,80 m.

Keywords: trench shoring, trench box shoring system, linear shoring