



#INFRASTRUKTURA
#GŁĘBOKIE WYKOPY

Rozwiązania geotechniczne zastosowane w rozbudowie Międzynarodowego Portu Lotniczego Kraków-Balice

dr inż. Dariusz Sobala
mgr inż. Andrzej Repel
mgr inż. Wojciech Tomaka
mgr inż. Piotr Maksim
mgr inż. Radosław Szpak
inż. Barbara Kawalec

materiał z:
miesięcznika Inżynieria i Budownictwo



AARSLEFF

Technologie

Pale prefabrykowane:
żelbetowe, stalowe i drewniane

Pale i kolumny FDP

Pale i kolumny wiercone CFA

Mikropale

Kotwy i gwoździe gruntowe

Kolumny DSM

Grodzice stalowe / ścianki szczelne

Berlinki

Palisady wiercone

Obiekty

Budownictwo mieszkaniowe
i kubaturowe

Elektrownie wiatrowe

Budownictwo kolejowe

Drogi i autostrady

Budownictwo przemysłowe

Budownictwo hydrotechniczne

Obiekty sportowe i rekreacyjne

Od redakcji

Publikujemy kolejny w ostatnich latach zeszyt specjalny poświęcony problematyce inżynierii geotechnicznej. Zeszyt ten został przygotowany we współpracy z Instytutem Badawczym Dróg i Mostów. Serdecznie dziękujemy Autorom artykułów oraz współpracującemu z nami Instytutowi, a w szczególności dr. inż. *Bolesławowi Klośińskiemu* i mgr. inż. *Piotrowi Rychlewskiemu*.

Wyrażamy nadzieję, że zeszyt zainteresuje naszych Czytelników.

Dr inż. **DARIUSZ SOBALA**

Wydział Budownictwa, Inżynierii Środowiska i Architektury

Politechnika Rzeszowska

Aarsleff sp. z o.o.

Mgr inż. **ANDRZEJ REPEL**

Dr inż. **WOJCIECH TOMAKA**

Mgr inż. **PIOTR MAKSIM**

Mgr inż. **RADOSŁAW SZPAK**

Inż. **BARBARA KAWALEC**

Aarsleff sp. z o.o.

Geotechnika

Rozwiązania geotechniczne zastosowane w rozbudowie Międzynarodowego Portu Lotniczego Kraków-Balice

Decyzję o rozbudowie infrastruktury do obsługi pasażerów podjęto ze względu na wyczerpanie przepustowości istniejącego terminalu pasażerskiego w Międzynarodowym Porcie Lotniczym im. Jana Pawła II Kraków-Balice. Zaistniała także konieczność przebudowy istniejącej jednotorowej, niezelektryfikowanej linii kolejowej łączącej port lotniczy z centrum Krakowa. W trakcie rozbudowy należało utrzymać funkcjonowanie terminalu i zapewnić ciągłość ruchu na linii kolejowej, którą jest dostarczane paliwo na lotnisko. Głównym wykonawcą robót na kontraktach była firma Astaldi, a większość specjalistycznych robót geotechnicznych wykonała firma Aarsleff sp. z o.o.

W artykule przedstawiono zakres zaprojektowanych i wykonanych zabezpieczeń geotechnicznych, które obejmowały:

- obudowę wykopu pod kondygnację podziemne terminalu II, realizowaną w trzech etapach (rys. 1);
- projekt platformy roboczej umożliwiającej wykonanie wzmocnienia podłoża pod płytą fundamentową terminalu II;
- wzmocnienie podłoża pod płytą fundamentową terminalu II;
- wykonanie fundamentów palowych wiaduktu kolejowego nad ul. Balicką, które stanowiły jednocześnie zabezpieczenie wykopu technologicznego;

- wzmocnienie podłoża oraz zabezpieczenie wykopów tymczasowych w trakcie etapowej budowy prefabrykowanych wiaduktów ekologicznych w ciągu czynnej linii kolejowej;

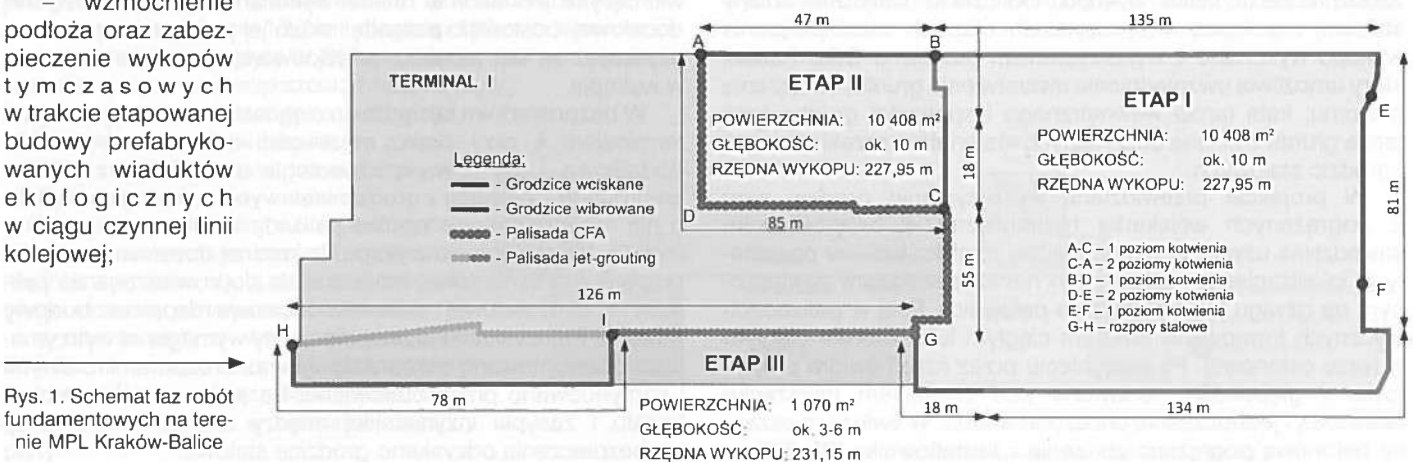
- budowę konstrukcji oporowych z grodzic stalowych stanowiących obudowę nasypu kolejowego;
- posadowienie palowe części słupów trakcyjnych na przebudowywanym odcinku linii kolejowej.

Zabezpieczenie wykopu pod terminal II

W ramach przygotowań i w trakcie realizacji robót wykonano szereg badań geotechnicznych, na których podstawie w podłożu gruntowym pod terminalem II wyróżniono pięć warstw geotechnicznych:

- nasypy niekontrolowane przypowierzchniowe o miąższości od 0,2 do 1,5 m, które nie miały wpływu na wzmocnienie podłoża;
- mady rzeczne wykształcone w postaci glin pylastych i pyłów, w których występują laminacje piasku z sączeniami;
- lessy w postaci glin pylastych z wkładkami organicznymi w stanie od miękkoplastycznego do twardoplastycznego;
- piaski o stopniu zagęszczenia $I_D = 0,4$ i $0,7$ z napiętym zwierciadłem wody gruntowej.

W lessach stwierdzono występowanie wkładek gruntów organicznych, w tym namulów i glin pylastych z domieszką części organicznych. W poziomie posadowienia terminalu II



Rys. 1. Schemat faz robót fundamentowych na terenie MPL Kraków-Balice

występowały grunty w stanie twaroplastycznym i miękkoplastyczne organiczne. Niejednorodne cechy mechaniczne gruntów w poziomie posadowienia w połączeniu z nierównomiernym obciążeniem mogły powodować nierównomiernie osiadania obiektu. Dodatkowe utrudnienie technologiczne stanowiły lessy zalegające w poziomie posadowienia obiektu, bezpośrednio nad warstwą nawodnionych piasków. Grunty te wykazują zdolność dużego podsiąku, a przy zawilgoceniu lub w trakcie intensywnych oddziaływań technologicznych tracą swoje właściwości wytrzymałościowe.

W celu zapewnienia możliwości ciągłego funkcjonowania terminalu I budowę terminalu II podzielono na trzy etapy. Wykop pod główną część terminalu II miał powierzchnię 10 408 m² i głębokość, od poziomu płyty lotniska, około 10 m [9]. Do zabezpieczenia wykopu wykorzystano:

- grodzice stalowe wibrowane od strony płyty lotniska i drogi na długości 269 m;
- grodzice stalowe wciskane na krótkich odcinkach przy budynku terminalu I i wzdłuż budynku cargo na długości 118 m;
- palisadę styczną ze 110 pali wierconych świdrem ciąglym średnicy 480 ÷ 500 mm w bezpośrednim sąsiedztwie terminalu I na długości 55 m.

Zakres wykorzystania poszczególnych sposobów zabezpieczenia wykopu pokazano na rys. 1. Podparcie na wysokości ścian z palisad stalowych i żelbetonowych zrealizowano przy użyciu kotew tymczasowych jedno- lub dwubulawowych wykonanych, w zależności od wartości i rodzaju obciążenia naziomu za palisadą, w jednym bądź dwóch poziomach (tabl. 1).

Tablica 1
Zestawienie kotew gruntowych w etapie I

Odcinek	Poziom	Długość całkowita kotwy [m]	Długość bulawy [m]	Średnica bulawy [m]	Nośność obliczeniowa [kN]
C-E		23,0	8,0	0,133	545
E-F	górnny	22,5 ÷ 27,0	12,0	0,175	460
	dolny	21,0 ÷ 25,0	13,5	0,200	700
F-G		23,5	8,0	0,133	545
G-C	górnny	24,0 ÷ 25,5	7,5	0,200	620
	dolny	18,0 ÷ 19,5	7,0	0,175	520

Prace rozpoczęto od przygotowania platformy roboczej i skarpowania, które umożliwiło pograżenie ścianki z grodzic stalowych i wykonanie pali (por. rys. 1). Po uzyskaniu przez beton wymaganej wytrzymałości pogłębiono wykop do górnego poziomu kotwienia, wykonano podparcie ścian wykopu kotwami gruntowymi i przeprowadzono badania odbiorcze. Podobny zakres robót dotyczył dalszego głębszenia wykopu i kotwienia w dolnym poziomie. Wymienione prace wymagały wykonania stabilnej platformy roboczej wzdłuż wykonywanego zabezpieczenia ścian wykopu. Obliczenia statyczne ściany stalowej i palisady we wszystkich etapach zabezpieczenia wykopu wykonano z wykorzystaniem programu GGU Retain, który umożliwia uwzględnianie uwarstwienia gruntu, obciążenia naziomu, kąta tarcia wewnętrznego i spójności gruntu, kąta tarcia gruntu o ścianę oraz różnych materiałów, przekrojów pali i grodzic stalowych.

W projekcie przewidziano wykorzystanie grodzic typu Z pograżanych wciskarką hydrauliczną w bezpośrednim sąsiedztwie użytkowanych obiektów lotniska lub – w pozostałych lokalizacjach – wibratorem nierezonansowym zawieszonym na dźwigu lub na maszcie palownicy. Pali w palisadach stycznych formowano świdrem ciąglym lub świdrem ciąglym w rurze osłonowej. Po osiągnięciu przez rdzeń świdra projektowanej głębokości podawano pod ciśnieniem mieszankę betonową i jednocześnie unoszono wiertło. W świeżą mieszankę betonową pograżano zbrojenie z kształtownika IPE 360 ze

stali S355. Na wykonanej ścianie zabezpieczenia wykopu zamontowano oczepty (kleszcze) stalowe z ceowników od C260 do C320 i wykonano kotwienie.

Kotwy gruntowe wykonano świdrem ślimakowym w rurach osłonowych średnicy 133 mm z użyciem płuczki wodnej lub jako mikropale samowierzące składające się z dwóch elementów roboczych, tj. długości wolnej i bulawy iniekcyjnej. Zbrojenie/cięgno mikropali kotwiących stanowiła systemowa żerdź stalowa z łącznikami (mufami).

Drugi etap zabezpieczenia wykopu o powierzchni 1709 m² i głębokości wynoszącej do około 8 m poniżej poziomu płyty lotniska został zrealizowany z wykorzystaniem:

- grodzic stalowych wciskanych i wibrowanych (zmiana technologii pograżania następowała po przekroczeniu ustalonego dopuszczalnego poziomu drgań w budynku terminalu I) pograżonych na odcinku długości 47 m;
- palisady stycznej ze 154 pali CFA o średnicy 480 ÷ 500 mm na odcinku długości 85 m.

Podparcie obudowy wykopu w etapie II wykonano z wykorzystaniem kotew gruntowych tymczasowych jedno- lub dwubulawowych, zlokalizowanych w jednym poziomie w sąsiedztwie płyty lotniska lub dwóch poziomach w sąsiedztwie terminalu (por. rys. 1). Parametry zaprojektowanego i wykonanego kotwienia podano w tabl. 2.

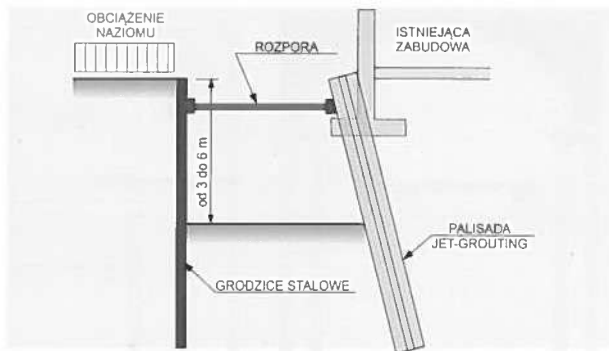
Tablica 2
Zestawienie kotew gruntowych w etapie II

Odcinek	Poziom	Długość całkowita kotwy [m]	Długość bulawy [m]	Średnica bulawy [m]	Nośność obliczeniowa [kN]
A-B		22,0	8,0	0,133	465
C-D	górnny	27,0	7,0	0,133	430
	dolny	27,0	2 × 6,0	0,133	710
D-A	górnny	27,5	8,0	0,133	480
	dolny	29,0	2 × 7,0	0,133	830

Prace etapu II zrealizowano w sposób analogiczny jak w etapie I. Po wykonaniu wykopu do poziomu docelowego wzniesiono budynek terminalu, zasypano przestrzeń między ścianami zabezpieczenia wykopu a konstrukcją budynku zasypką inżynierską o wskaźniku zagęszczenia $I_s = 1,0$, odcięto kotwy na poszczególnych poziomach i odzyskano grodzice stalowe.

Zabezpieczenie wykopu w etapie III wykonano w postaci palisady z kolumn jet-grouting średnicy 800 mm, o rozstawie 0,6 m i długości 5,5 ÷ 10,0 m. Zbrojenie palisady stanowiły stalowe kształtowniki IPE220, IPE240, HEB200 i HEB220 ze stali S355. Całkowita powierzchnia rzutu wykopu wynosiła 1070 m². Roboty polegały na wykonaniu wykopu do głębokości 0,5 m poniżej istniejącego terenu, przygotowaniu platformy roboczej, wykonaniu palisady wraz z zakotwieniem mikropalami samowierzącymi. Po siedmiu dniach wykonano wykopy do rzędnej docelowej, odsłonięto palisadę i skuto jej powierzchnię boczną, uzyskując w ten sposób projektowaną przestrzeń roboczą w wykopie.

W bezpośrednim sąsiedztwie ciągów komunikacyjnych pod terminalem I, przy braku możliwości kotwienia, wykonano dodatkową – usytuowaną równolegle do palisady z kolumn jet-grouting – palisadę z grodzic stalowych wciskanych i oparto o nią rozpory stalowe rurowe palisady z kolumn jet-grouting (rys. 2). Po zagłębieniu wykopu do rzędnej docelowej wykonano płytę fundamentową, która została doprowadzona do palisady i ścianki stalowej i stanowiła docelowe rozparcie obudowy wykopu. Po uzyskaniu przez beton płyty wymaganej wytrzymałości zdemontowano oczepty stalowe wraz z rozporami rurowymi i kontynuowano prace budowlane. Po wykonaniu konstrukcji kanału i zasypki inżynierskiej między ścianami konstrukcji i zabezpieczenia odzyskano grodzice stalowe.



Rys. 2. Przekrój poprzeczny przez wykop – etap II

Wzmocnienie podłoża pod terminalem II

Pierwotnie fundament terminalu II stanowiła żelbetowa płyta dena grubości 0,9 m, z lokalnymi przegłębieniami i pogrubieniami, posadowiona na naturalnym podłożu. Ostatecznie pod płytą denną terminalu przewidziano selektywne wzmocnienia podłoża dostosowane do warunków gruntowych i projektowanych, a także nierównomiernych obciążeń. Celem wzmocnienia było ograniczenie nierównomierności osiadań, co z kolei pozwoliło na zmniejszenie grubości i optymalizację zbrojenia płyty.

Do wzmocnienia było niezbędne wykonanie platformy roboczej umożliwiającej pracę ciężkiego sprzętu o ciężarze około 900 kN. Zaprojektowano platformę roboczą grubości całkowitej 0,45 m z kruszywa bądź gruzu, odseparowaną od podłoża naturalnego warstwą geowłókniny.

Wzmocnienie podłoża polegało na wykonaniu kolumn przemieszczeniowych (wzmocnienie dna wykopu w etapie II) i bezprzemieszczeniowych (wzmocnienie dna wykopu w etapie I) z zaprawy. Roboty wykonywano w następującej kolejności: wykonanie kolumn z zaprawy z pustym przewiertem zagłębionych co najmniej 0,5 m w warstwie piasków, obniżenie poziomu wody gruntowej, zagłębienie wykopu do rzędnej docelowej wraz z lokalnymi przegłębieniami, ścięcie głowic kolumn do projektowanej rzędnej wynikającej z rzędnych spodu płyty dennej i wykonanie warstwy betonu wyrównawczego.

Przyjęte w projekcie rozwiązania wynikały głównie z analizy stanu granicznego użyteczności w zakresie osiadań. Analizę wpływu wzmocnienia na osiadania płyty przeprowadzono metodą *Priebe*, wykorzystując parametry podłoża podane w dokumentacjach geotechnicznych. Po uwzględnieniu odciążenia dna głębokiego wykopu okazało się, że projektowanie równomiernego wzmocnienia dna wykopu jest zbędne i nieskuteczne, a osiągnięte w ten sposób ograniczenie różnicy osiadań jest niewielkie w stosunku do obliczonych wartości całkowitych.

Przeprowadzono indywidualne analizy projektowe wydzielonych obszarów płyty i wyznaczono sztywność podparcia płyty uwzględniając różny rozstaw kolumn, a w szczególności:

- pasma szerokości 10,7 m i długości 100 m odwzorowujące warunki pracy płyty w paśmie między lub pod słupami, charakterystyczne w większości obszaru płyty;

- pasmo szerokości 8 m i długości 100 m odwzorowujące fragmenty z maksymalnymi obciążeniami krawędziowymi podłoża od strony płyty lotniska;

- pasmo szerokości 4,5 m i długości 60 m odwzorowujące miejsca zwiększonej intensywności obciążenia na krawędzi płyty od strony istniejącego terminalu;

- obszar płyty o wymiarach w rzucie 30×30 m odwzorowujący charakterystyczne obszary obciążenia w rejonie słupów konstrukcyjnych w centralnej części płyty.

Wyniki analizy wykorzystano zarówno w projektowaniu geotechnicznym wzmocnienia, jak i konstrukcyjnym płyty dennej terminalu II.

Celem zróżnicowania układów kolumn w poszczególnych wydzielonych obszarach było wyrównanie osiadań do wartości zbliżonej do wyliczonej uprzednio wartości średniej. Długości kolumn zostały początkowo dostosowane do lokalnych warunków gruntowych w celu zapewnienia zagłębienia kolumny wynoszącego co najmniej 0,5 m w warstwie piasków. Ostatecznie przyjęto stałą długość kolumny równą 5,0 m, która spełniała wymagania stanu granicznego nośności na całym obszarze wzmocnienia.

Charakterystyczne w etapie I było praktycznie jednoczesne wykonywanie wszystkich podanych robót geotechnicznych, w tym palisady, kotwienia i sprężenia kotew, platformy roboczej, wzmocnienia wykopu do docelowej głębokości wraz ze ścięciem kolumn i ułożeniem betonu wyrównawczego. Roboty wymagały bardzo dobrej koordynacji i jednoczesnej mobilizacji wielu jednostek sprzętowych.

Wiadukt nad ulicą Balicką

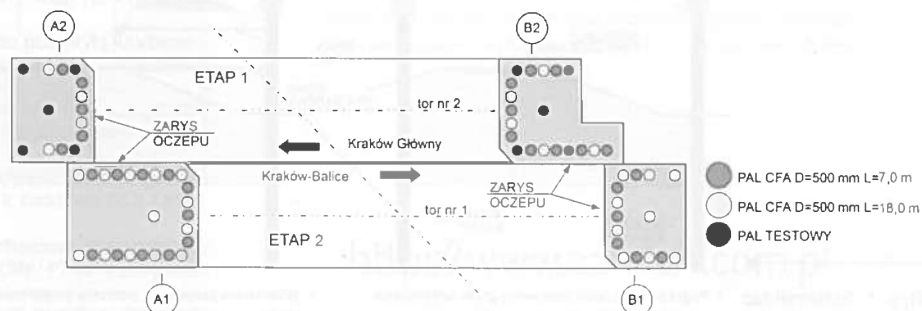
Wiadukt kolejowy jest położony w km 7+641 linii kolejowej nr 118 Kraków Główny – Mydlinki-Balice nad ul. Balicką w Krakowie. Jego rozpiętość teoretyczna wynosi 23,85 m, całkowita szerokość 11,70 m, a klasa obciążenia według PN-S-10030:1985 – k+2. W pierwotnym projekcie obiekt miał być posadowiony na 5 palach wierconych wielkośrednicowych wykonanych pod każdym z czterech przyczółków. Ostatecznie wiadukt został posadowiony na palach wierconych świdrem ciągłym CFA średnicy 500 mm w rurze obsadowej [4] w formie palisady ażurowej, stanowiącej jednocześnie tymczasowe zabezpieczenie wykopów. Wykonano pale:

- długości 18 m, których zadaniem było jednoczesne przenoszenie obciążenia pionowego i poziomego;

- długości 7 m, stanowiące uzupełnienie palisady i przystosowane wyłącznie do przenoszenia obciążeń poziomych.

Formowanie pala CFA (Continuous Flight Auger) odbywało się przez wwiercenie w podłożę świdra ślimakowego, przez który pompowano pod ciśnieniem mieszankę betonową i jednocześnie unoszono świder. Po wypełnieniu otworu mieszanką betonową pograżano w niej zbrojenie pala.

W projekcie przewidziano etapowanie budowy wiaduku z względu na konieczność utrzymania ciągłości ruchu kolejowego. Najpierw wykonano fundament wiaduku w ciągu toru nr 2 (przyczółki w osi A2-B2; rys. 3), a następnie – w celu weryfikacji przyjętych założeń projektowych – przeprowadzono próbne obciążenia statyczne pali i wiaduku. Roboty w ciągu toru 1 były prowadzone w ten sam sposób, z pominięciem etapu próbnych obciążeń pali. Wykorzystane rozwiązanie zamienne fundamentu palowego pozwoliło na etapowe wykonanie obiektów bez konieczności dodatkowych i kosztownych tymczasowych zabezpieczeń technologicznych towarzyszących etapowanej budowie wiaduku kolejowego w ciągu czynnej linii kolejowej.



Rys. 3. Schemat palowania fundamentu wiaduku nad ulicą Balicką

Zrealizowany obiekt z przyczółkami, które tworzy obetonowana palisada ze styčných pali CFA, przedstawiono na rys. 4.

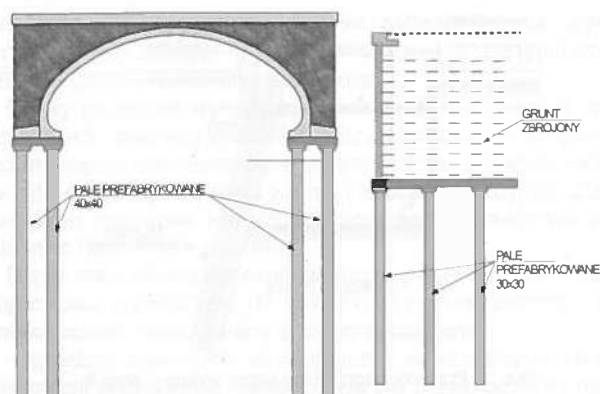


Rys. 4. Wiadukt nad ulicą Balicką

Wiadukty ekologiczne w ciągu linii kolejowej

Przejścia dla zwierząt (wiadukty ekologiczne) są zlokalizowane w km 8+773 oraz w km 9+201 linii kolejowej. Długość pierwszego wiaduktu wynosi 21,04 m, a szerokość ze skrzydłami – 25,12 m. Drugi wiadukt ma długość 32,88 m i szerokość 30,16 m. Pierwotnie wiadukty miały być posadowione bezpośrednio na wymienionym podłożu. Na potrzeby zaprojektowanej wymiany było niezbędne wykonanie rozległych zabezpieczeń tymczasowych czynnego toru. Wyniki przeprowadzonej analizy ekonomicznej rozwiązania projektowego skłoniły wykonawcę do zaproponowania rozwiązania alternatywnego, w którym zabezpieczenia tymczasowe ograniczono do wykonania ścian z grodzic stalowych w międzytorzu, a wymianę gruntu zastąpiono posadowieniem na kolumnach prefabrykowanych. Ścianę rozdzielającą od strony użytkowanego toru wykonano z grodzic stalowych wibrowanych podpartych ściągniętymi kotwionymi w grodzicach pograżonych po drugiej stronie toru.

Posadowienie przejść ekologicznych wraz ze skrzydłami z gruntu zbrojonego zaprojektowano i zrealizowano z wbijanych żelbetonowych pali prefabrykowanych o przekroju 300×300 i 400×400 mm, z betonu klasy C40/50 [3], [12]. Łącznie zaprojektowano i wbito 222 pale prefabrykowane na obydwu obiektach. Prefabrykaty zostały wykorzystane do wzmocnienia podłoża pod płytami fundamentowymi wiaduktów. Uzyskane w ten sposób ograniczenie zakresu niezbędnych zabezpieczeń technologicznych wpłynęło na oszczędności finansowe i czasowe. Na palach prefabrykowanych zamontowano prefabrykowane zwieńczenia, na których wykonawca obiektu wykonał cienkie płyty fundamentowe i wznosił prefabrykowane konstrukcje wiaduktów z łupin żelbetowych, a konstrukcje skrzydełek wiaduktów – z gruntu zbrojonego (rys. 5). W zbudowanych obiektach ograniczono wykorzystanie elementów monolitycznych w każdym etapie budowy, uzyskując rozwiązania atrakcyjne pod względem architektonicznym (rys. 6).



Rys. 5. Schemat przekroju poprzecznego konstrukcji wiaduktu ekologicznego

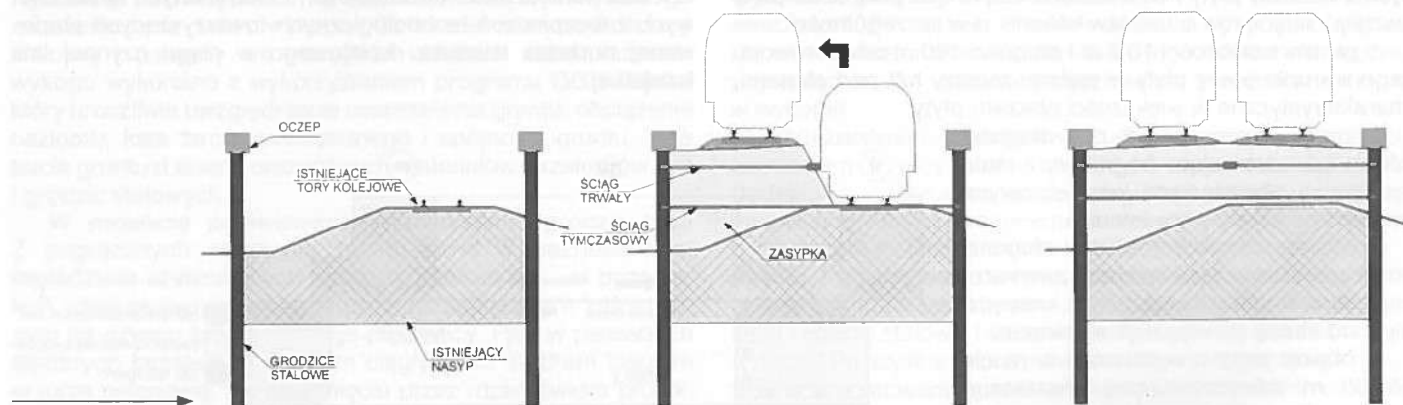


Rys. 6. Wiadukt ekologiczny

Zabezpieczenie nasypu

Wzdłuż modernizowanej linii kolejowej Kraków Główny – MPL Balice, na dojeździe do wiaduktu nad ul. Balicką, zaprojektowano monolityczne ściany oporowe kątowe, które ograniczały zajętość terenu pod poszerzaną linią kolejową. Rozwiązanie projektowe wymagało wykonania szeregu skomplikowanych zabezpieczeń technologicznych i utrzymania ciągłości ruchu kolejowego na linii. W celu uproszczenia przebiegu budowy, wyeliminowania zabezpieczeń tymczasowych i skrócenia czasu realizacji robót wykonawca zaproponował alternatywne rozwiązanie konstrukcji oporowej z wykorzystaniem grodzic stalowych ze ściągiem. Ze względu na konieczne etapowanie robót wykorzystano ściągi tymczasowe tracone z prętów zbrojeniowych i ściągi trwale wykonane z prętów wysokiej wytrzymałości w osłonie podwójnego zabezpieczenia antykorozyjnego [1].

Grodzice pograżono metodą wibrowania i zwieńczono ocepem żelbetowym, na którym zamontowano ekrany akustyczne lub/i balustrady. Schemat przyjętych faz robót przedstawiono na rys. 7, a wykonaną konstrukcję oporową na rys. 8.



Rys. 7. Schemat faz wykonania nasypu kolejowego

- Pograżenie grodzic stalowych przez wibrowanie
- Wykonanie żelbetowych ocepów

- Wykonanie zasypki do poziomu projektowanych torów
- Wykonanie połowy ściągu trwałego
- Przeniesienie ruchu kolejowego

- Skrócenie części ściągu stalowego
- Wykonanie nasypu kolejowego do poziomu docelowego



Rys. 8. Wykonany nasyp kolejowy w obudowie z grodzic stalowych

Posadowienie słupów sieci trakcyjnej

Roboty fundamentowe związane z elektryfikacją przebudowywanej linii kolejowej, polegające na wbiciu pali fundamentowych pod słupy sieci trakcyjnej, zrealizował Oddział robót kolejowych firmy Aarsleff. Wykorzystano specjalistyczne kafary torowe. Zastosowano indywidualnie zaprojektowane prefabrykowane fundamenty palowe wyposażone w śruby kotwiące i przygotowane do szybkiego montażu prefabrykowanych słupów sieci trakcyjnej. Montaż słupów był możliwy praktycznie bezpośrednio po zakończeniu robót palowych.

Podsumowanie

W trakcie budowy terminalu II oraz przebudowy linii kolejowej nr 118 Kraków Główny – Mydlinki-Balice zaprojektowano i zrealizowano zabezpieczenia wykopów i nasypów z wykorzystaniem wielu technologii geotechnicznych i dużej liczby jednostek sprzętowych. W ramach inwestycji zaprojektowano i zastosowano grodzice stalowe wibrowane, grodzice stalowe wciskane, kotwy gruntowe jedno- i dwubulawowe, mikropale kotwiące samowierzące, kolumny bezprzemieszczeniowe CFA, kolumny przemieszczeniowe FDP, pale CFA, palisady z pali CFA, pale prefabrykowane wbijane, ściągły stalowe tymczasowe i trwałe, palisady z kolumn jet-grouting, rozpory stalowe tymczasowe, a także platformy robocze.

PIŚMIENICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] Budowa murów oporowych i ekranów na odcinku Kraków Mydlinki – Kraków Balice (km 7,100÷12,016) w zakresie ściany oporowej 1 i 3 (część 1). Pracownia projektowa ARCADIS Sp. z o.o., Infrarés Sp. z o.o.
- [2] Projekt wykonawczy „Projekt zabezpieczenia wykopu – etap III ścianą z grodzic stalowych – odcinek SC3, palisadą z kolumn jet-grouting – odcinek P3 i P4”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [3] Projekt wykonawczy „Budowa przejść ekologicznych dla zwierząt w km 8,773; 9,201. Projekt fundamentów palowych”. Pracownia projektowa ARCADIS Sp. z o.o., Infrarés Sp. z o.o.
- [4] Projekt wykonawczy „Projekt wykonawczy posadowienia wiaduktu kolejowego nad ul. Balicką”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [5] Projekt wykonawczy „Projekt wzmocnienia gruntu pod płytą fundamentową”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [6] Projekt wykonawczy „Projekt wzmocnienia gruntu pod płytą fundamentową – etap II”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [7] Projekt wykonawczy „Projekt wzmocnienia gruntu pod płytą fundamentową kanału technicznego w osiach J+A/1”+7 – etap A”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [8] Projekt wykonawczy „Projekt wzmocnienia gruntu pod płytą fundamentową kanału technicznego w osiach J+A/7+16 – Etap A”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [9] Projekt wykonawczy „Projekt zabezpieczenia wykopu ścianą z grodzic stalowych i palisadą z pali wierconych – etap I z wyłączeniem odcinka P3”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [10] Projekt wykonawczy „Projekt zabezpieczenia wykopu ścianą z grodzic stalowych i palisadą z pali wierconych – etap II (odcinek SC1 i P2)”. Pracownia projektowa Aarsleff Sp. z o.o.
- [11] Sobala D.: Kompleksowe rozwiązania geotechniczne towarzyszące rozbudowie MPL Kraków-Balice. Seminarium IBDiM i PZWFS „Głębokie wykopy 2016”, Warszawa, 3 marca 2016.
- [12] Sobala D.: Pale prefabrykowane w fundamentach mostów. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 7-8/2011.



Geotechnika



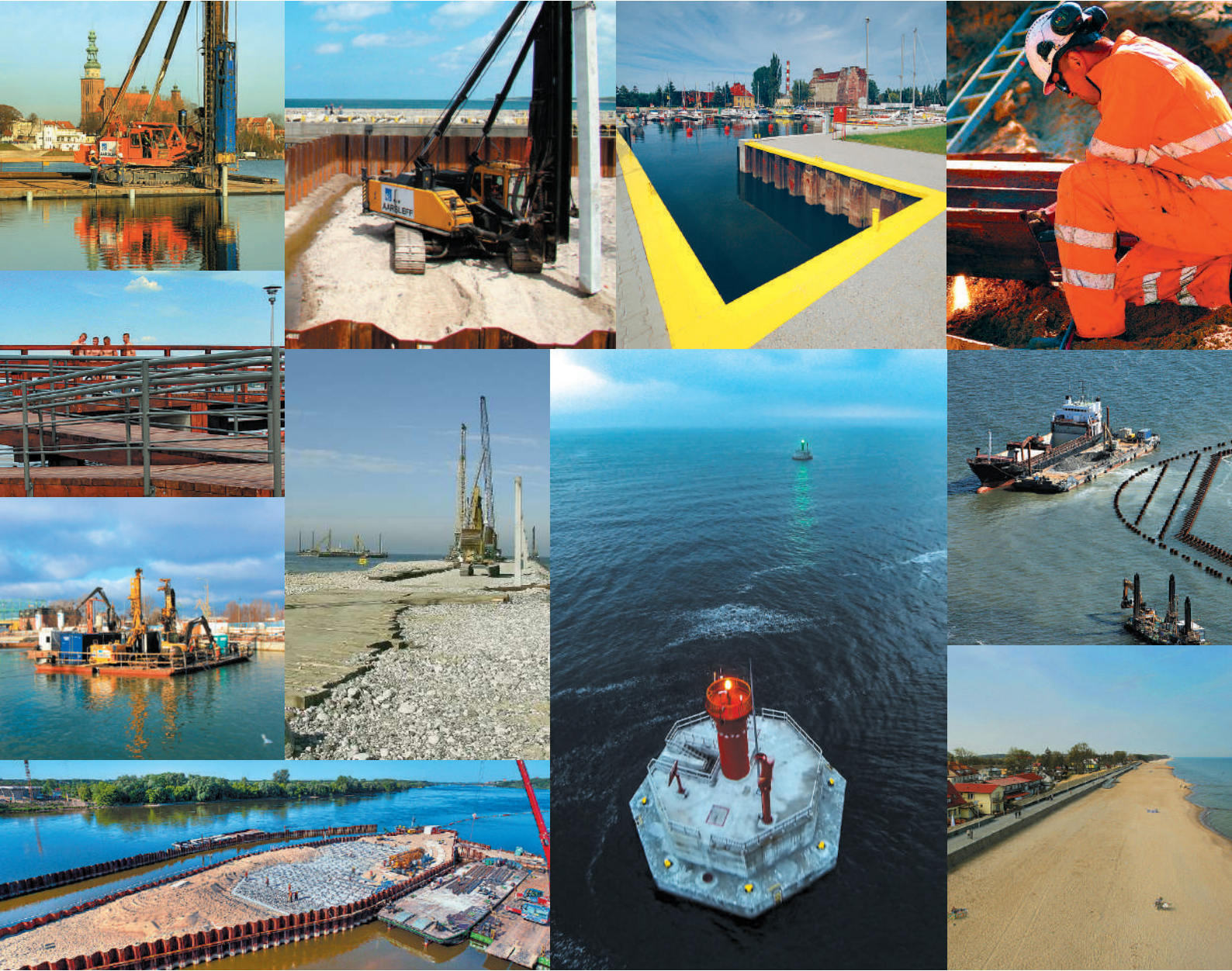
Hydrotechnika

Od dwudziestu lat pracujemy dla Ciebie

Zdjęcie centralne – budynek dworca Wrocław Główny
(fot. Travelarz, vkimedia.com)

Wykonaliśmy ponad 7000 m² ścian szczelnych z grodzic stalowych, jako zabezpieczenie wykopów niezbędnych do modernizacji obiektu.

<http://www.aarsleff.com.pl>



Aarsleff → na zdjęciach
 budownictwo mieszkaniowe, budowa moła w Chełmży, budowa Marina Royale
 kubaturowe, przemysłowe, w Darłowie, marina w Elblągu, fragment moła w Nleporęcie, budowa
 hydrotechniczne, kolejowe, falochronu w Śwnoujściu, Bałtyk — stawy nawigacyjne, budowa
 elektrownie wiatrowe, falochronu w Śwnoujściu, budowa Muzeum II Wojny Światowej
 drogi i autostrady, obiekty w Gdańsku, budowa wyspy na Wiśle pod podporę mostu w Toruniu,
 sportowe i rekreacyjne. nabrzeże w Sarbinowie.



Aarsleff →
budownictwo mieszkaniowe,
kubaturowe, przemysłowe,
hydrotechniczne, kolejowe,
elektrownie wiatrowe,
drogi i autostrady, obiekty
sportowe i rekreacyjne.

na zdjęciach
budowa fundamentu palowego pod zakład produkcyjny Gryfia w Szczecinie, budowa kanalizacji
w ciągu ul. Dźwigowej w Warszawie, posadowienie dzwonnicy w Białymstoku, roboty klejowe,
budowa stadionu narodowego w Warszawie, budowa oczyszczalni ścieków we Wrocławiu, prace
fundamentowe — farma wiatrowa, marina w Elblągu, na budowie budynku wielorodzinnego, budowa
terminala Kraków-Balice, estakady i most w Kwidzynie, budynek dworca Wrocław Główny — podczas
jego modernizacji wykonaliśmy ponad 7000 m² stalowych ścian szczelnych jako zabezpieczenie
wykopów niezbędnych do przeprowadzenia przebudowy obiektu (FOT. EMIL123. WIKIMEDIA)