



#HYDROTECHNIKA
#PALE PREFABRYKOWANE

Wykonywanie robót palowych w wodzie

mgr inż. Leszek Cichy
dr inż. Dariusz Sobala

materiał z:
czasopisma 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

Dr inż. DARIUSZ SOBALA

Politechnika Rzeszowska, Aarsleff sp. z o.o.

Mgr inż. LESZEK CICHY

Aarsleff sp. z o.o.

Wykonywanie robót palowych w wodzie

Kluczowym zagadnieniem związanym z wykonawstwem robót palowych jest technologiczne uniezależnienie prowadzenia prac od wpływu wody opadowej, gruntowej lub poziomu wody w ciekach i zbiornikach, w których prowadzi się roboty. Roboty palowe na lądzie są zwykle wykonywane ze stabilnej platformy roboczej [6], usytuowanej co najmniej 0,5 m powyżej naturalnego lub obniżonego poziomu wody gruntowej. Utrzymaniu założonego poziomu wody gruntowej towarzyszy konieczność skutecznego odprowadzenia wód opadowych, obniżenia naturalnego poziomu wody lub/i wykonania dodatkowych zabezpieczeń terenu robót, np. przy użyciu obudowy z grodzic stalowych.

Jeżeli terenem robót palowych jest ciek lub zbiornik wodny, to zazwyczaj standardowe rozwiązania stosowane na lądzie nie mają zastosowania. W artykule, na przykładzie zrealizowanych robót, omówiono podstawowe schematy technologiczno-organizacyjne palowania w wodzie, tj. palowania z **lądu**, z **grobli**, z **platformy pływającej** lub/i na **sztucznej wyspie**.

Wykonanie robót palowych w wodzie wymaga z reguły lepszego przygotowania i organizacji oraz ścisłej współpracy wykonawcy robót palowych z projektantem i wykonawcą robót hydrotechnicznych, ponieważ warunki realizacji robót (poziomu wody lub/i dna) są zwykle zmienne. Roboty są prowadzone w warunkach silnie limitowanych obszarem dostępnej platformy roboczej, często brak jest realnej alternatywy technologicznej/konstrukcyjnej do realizowanych robót, angażując wiele jednostek specjalistycznego sprzętu, są z reguły droższe i bardziej niebezpieczne od analogicznych robót prowadzonych na lądzie, a ewentualne przestoje są bardziej kosztowne. Wykonawstwo robót palowych w wodzie wymaga więc dużego doświadczenia.

Pale drewniane

Pale drewniane to najstarsze pale prefabrykowane z powodzeniem wykorzystywane do palowania w wodzie. Współczesne rozumienie rozwiązań ekologicznych w palowaniu pozwoli zapewne ponownie zwiększyć zakres stosowania tego rodzaju pali w konstrukcjach tymczasowych i trwałych. Pale drewnia-

ne były, są i zapewne będą wykorzystywane do budowy pomostów trwałych i tymczasowych (rys. 1), ostróg i falochronów, podpór tymczasowych w korytach rzek lub w innych zbiornikach wodnych oraz obiektów mieszkalnych bądź komercyjnych zlokalizowanych nad lustrem wody.



Rys. 1. Wbijanie pali drewnianych pod pomosty rekreacyjne na jeziorze Krzywe w Olsztynie przy użyciu kafara na platformie pływającej (po lewej) i z łądu przy użyciu młota na ramieniu koparki (po prawej) [6]

Podstawowymi zaletami pali drewnianych są mały ciężar, łatwość obróbki, łatwość transportu i podnoszenia do kafara, odporność na uszkodzenia technologiczne i eksploatacyjne oraz powszechna dostępność.

Podstawową wadą pali drewnianych są ograniczone wymiary, a zatem i ograniczona nośność wykonanych fundamentów. Jednak najczęściej podnoszoną w praktyce wadą jest ograniczona trwałość, związana najczęściej z niewłaściwym doбором rozwiązania materiałowego do warunków użytkowania obiektu. Nie jest to wada samego materiału. Pale drewniane stosowane w pełnym zanurzeniu stanowią najstarsze znane dziś fundamenty użytkowanych obiektów. Prawdłowo stosowane w wodzie słonej podlegają dodatkowej impregnacji.

Pale stalowe

Pale stalowe są współcześnie najczęściej kojarzone z robotami w wodzie. Mają one postać grodzic stalowych, dwuteowników, rur, pali skrzynkowych oraz pali i palisad kombinowanych z grodzic, dwuteowników lub/i rur.

Tego rodzaju pale umożliwiają pograżenie i odzyskanie materiału po przewidywanym okresie użytkowania. Ma to także niebagatelne znaczenie

ekologiczne, ponieważ współcześnie produkowana stal jest wytwarzana głównie ze złomu, a ponadto elementy używane, które utrzymują wymagane tolerancje, mogą być i są współcześnie wykorzystywane na równi z elementami nowymi (recykling materiałowy/konstrukcyjny).



Główny obszar zastosowań pali stalowych w fundamentach wykonywanych w wodzie stanowi rozwinięcie zakresu stosowania pali drewnianych. Są to (rys. 2÷5) wszelkiego rodzaju nabrzeża, falochrony, dalby, odbojnice i izbice, obudowy wysp stałych i technologicznych, fundamenty i podpory stałe lub tymczasowe/technologiczne mostów i pomostów komunikacyjnych bądź transportowych w rzekach i zbiornikach wodnych, fundamenty morskich turbin wiatrowych (z reguły monopale), fundamenty różnego rodzaju obiektów mieszkalnych i komercyjnych zlokalizowanych nad lustrem wody oraz stawy nawigacyjne.



Rys. 2. Wibrowanie dalb na Wiśle koło Polanica [6] z platformy pływającej i wibratora zawieszzonego na ramieniu dźwigu



Rys. 3. Molo w Międzyzdrojach na monopalach rurowych [6]; monopale wibrowane przy użyciu dźwigu z platformy pływającej stabilizowanej na dnie morza



Rys. 4. Budowa nabrzeża w porcie w Świnoujściu [6] – palowanie przy użyciu kafara z platformy pływającej typu jack-up



Rys. 5. Wbijanie rur stalowych pod pomost spacerowy na jeziorze Chełmżyńskim [6] przy użyciu kafara na platformie pływającej

Główne zalety i wady pali stalowych są podobne jak pali drewnianych. Pali stalowe mogą mieć jednak zdecydowanie większe wymiary niż pale drewniane, a tym samym znacznie szerszy zakres stosowania. Warto podkreślić, że największe wykonane dotychczas pale to właśnie pale stalowe. Podstawową wadą tych pali jest ich wysoki koszt bezpośredni. Analizy kosztów palowania w okresie życia konstrukcji i kosztów środowiskowych coraz częściej wykazują, że pale stalowe są rozwiązaniem tańszym i bardziej efektywnym od innych, alternatywnych rozwiązań.

Żelbetowe pale prefabrykowane

To kolejny rodzaj pali wykorzystywanych do palowania w wodzie w fundamentach konstrukcji trwałych i tymczasowych. Trzony żelbetowych pali prefabrykowanych wystające ponad dno są także wykorzystywane jako słupy podporowe. Współcześnie żelbetowe pale prefabrykowane coraz częściej są wykorzy-

stywane jako elementy składowe fundamentów zespolonych wykonywanych w wodzie (złożonych najczęściej z różnych kombinacji grodzic stalowych, zasypek konstrukcyjnych i żelbetowych pali prefabrykowanych).

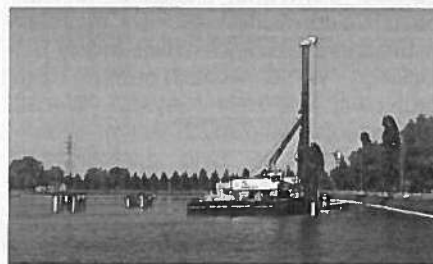
Równie interesujące są różne sposoby wykorzystania żelbetowych pali prefabrykowanych w fundamentach podpór tymczasowych wykonywanych w korytach rzek i zbiornikach wodnych. Dobrym przykładem wykorzystania tego rodzaju prefabrykatów są rozwiązania fundamentów podpór tymczasowych dużego mostu drogowego o konstrukcji podwieszanej przez Wisłok i zbiornik wody technologicznej elektrociepłowni w Rzeszowie. Podpory stałe mostu (przyczółki, filary i pylony) zostały również posadowione na żelbetowych palach prefabrykowanych. Fundamenty podpór tymczasowych stanowiły efektywną ekonomicznie kontynuację palowania pod podpory stałe, zrealizowaną w zdecydowanie trudniejszych warunkach; podpory stałe zostały zlokalizowane na łodzi, podpory tymczasowe w zdecydowanej większości w wodzie.

W korycie Wisłoka palowanie fundamentów dwóch podpór tymczasowych wykonano z tymczasowej grobli ziemnej (rys. 6). Górną jej powierzchnię wzmocniono płytami drogowymi. Pale zwiększono żelbetowym oczepem monolitycznym, na którym zbudowano podporę z typowych klatek. Grobla tymczasowa została rozebrana. Podpory wykonano jesienią, a montaż (nasuwanie) przęsła – jesienią i zimą. Ze względu na zagrożenie ewentualnym lodochoodem przed podporą tymczasową pograżono rury stalowe pełniące rolę izbicy. Zaletą tego rozwiązania była możliwość pełnego odzysku konstrukcji izbicy, która znajdowała się poza obrysem konstrukcji montowanego przęsła mostu. Po nasunięciu stalowej konstrukcji przęsła rozebrano podpory tymczasowe. Oczep żelbetowy i górne odcinki pali zostały odcięte na poziomie dna rzeki i poddane utylizacji. Rozwiązanie to przeszło pozytywną weryfikację technologiczną i ekonomiczną na kontrakcie „projektuj i buduj”.

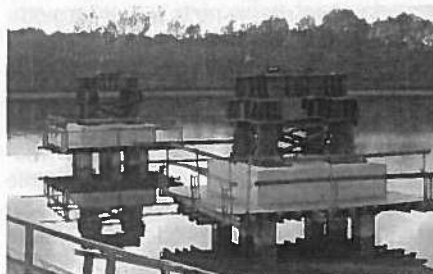


Rys. 6. Palowanie fundamentów podpór tymczasowych w korycie Wisłoka [3] z tymczasowej grobli przy użyciu kafara z młotem hydraulicznym

Z kolei w zbiorniku Elektrociepłowni Rzeszów powstał problem zapewnienia szczelności dna zbiornika wykonanego z geomembrany po wykonaniu palowania. Spośród rozwiązań: na rurach i pełnych palach żelbetowych wybrano rozwiązanie na prefabrykatkach żelbetowych ze względu na ograniczenie potencjalnych miejsc przecieku do powierzchni zewnętrznej prefabrykatów. Palowanie wykonano z platformy pływającej (rys. 7, 8) przy użyciu żelbetowych pali prefabrykowanych o przekroju 400×400 mm i długości do 18 m (a więc także przy użyciu pali łączonych). W omawianym przypadku pojęcie „platforma pływająca” jest bardzo adekwatne. Ze względu na konieczność ochrony dna zbiornika niemożliwe było kotwienie platformy w trakcie wbijania pali w dno zbiornika. Kotwienie zrealizowano przy użyciu odciągów linowych, które spełniły swoje zadanie, ale nie zapewniły pełnej stabilności platformy.



Rys. 7. Wbijanie pali (przy użyciu kafara z młotem hydraulicznym) podpór tymczasowych w zbiorniku Elektrociepłowni Rzeszów [3]



Rys. 8. Podpory tymczasowe w zbiorniku Elektrociepłowni Rzeszów [3]

Brak w pełni stabilnej platformy generuje dodatkowe problemy technologiczne, które zostały pośrednio ujęte w nor-

mie [8]. Tolerancje wykonania/wbicia pali w wodzie należy uzgodnić przed rozpoczęciem robót, ponieważ normy wykonawcze nie określają ściśle tolerancji dotyczących wykonania pali w takich warunkach. Uzyskiwana dokładność wbicia pali zależy od

możliwości zapewnienia stabilnej platformy, przyjętej technologii robót, głębokości wody oraz warunków gruntowych w dnie zbiornika/rzeki, ale także od umiejętności i doświadczenia wykonawcy robót palowych.

Palowanie w wodzie wymaga zdecydowanie lepszego przygotowania, wariantowego planowania z dużym wyprzedzeniem i uwzględnieniem alternatywnych sposobów postępowania w zmieniających się warunkach realizacji robót. Celem jest minimalizacja przestojów, które w robotach palowych na wodzie są zdecydowanie bardziej kosztowne.

Mikropale kotwiące korek i płytę denną Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku

Pierwszy etap budowy muzeum polegał na wykonaniu „suchego” wykopu pod budynek muzeum o wysokości/głębokości efektywnej około 18 m, który został zaprojektowany w piaskach w bezpośrednim sąsiedztwie Morza Bałtyckiego. W tej sytuacji poziom wody gruntowej jest stały i wysoki. W celu rozwiązania związanych z tym problemów konieczne było zastosowanie szczelnej obudowy wykopu oraz szczelnego dna, które umożliwiła zakotwienie docelowej konstrukcji budynku muzeum w przewidywanym w przypadku budowy monumentalnych 100-letnim okresie użytkowania. Tradycyjne korki betonowe lub cementowo-gruntowe nie wchodziły w tym przypadku w rachubę ze względu na znaczne rozmiary wykopu w planie i konstrukcję budynku muzeum. Pozostało więc wykonanie płyty/korka kotwionego.

W zrealizowanym rozwiązaniu kotwienia płyty dennej (pierwotne rozwiązanie zakładało wykorzystanie baret) wykorzystano wcześniejsze doświadczenia z wykonania podparcia/kotwienia dna niewielkiego przepustu pod jezdnią al. Jerozolimskich w Warszawie przy użyciu mikropali samowiercących z połączeniem bagnetowym (roboty prowadzone z łądu, mikropale „gubione” pod poziomem wody gruntowej i terenem na głębokości do około 2 m) oraz wykonania fundamentu z mikropali samowiercących na stacji poboru wody w jednym ze sztucznych zbiorników wodnych zlokalizowanych w południowej Polsce (fundament i konstrukcja stacji wykonywana z wody, w dnie zbiornika, pod i nad wodą, przy głębokości wody od kilku do kilkunastu metrów). Koncepcja technologiczno-konstrukcyjna kotwienia tymczasowego i trwałego korka oraz płyty dennej omawianego muzeum w Gdańsku obejmowała wykonanie z wody mikropali z połączeniem bagnetowym o długości technologicznej blisko 40 m i docelowej

około 20 m oraz wymaganej nośności granicznej na wyciąganie (po wypięciu bagnetu na głębokości około 15–18 m pod terenem) przekraczającej 2000 kN. Roboty prowadzono z wody (grunt przed wykonaniem kotwienia został wybrany między ścianami obudowy – powstało sztuczne jezioro, z którego prowadzono roboty palowe) – z platform pływających (rys. 9). Badania nośności mikropali na potrzeby projektowania wykonano z powierzchni terenu przed wykonaniem wykopu. Badania powykonawcze nośności mikropali kotwiących przeprowadzono jako próbne obciążenia podwodne. Płytę denną wykopu wykonano podwod-

w Szczecinie, budowanych w sąsiedztwie toru wodnego, fundamenty podpory środkowej łukowego mostu drogowego przez Wisłę w Toruniu oraz fundament/konstrukcja staw nawigacyjnych na torze wodnym północnym przy dojściu do portu w Swinoujściu. Skomplikowanie w tego rodzaju fundamentach z reguły dotyczy struktury wewnętrznej – zewnętrznie przypominają one konstrukcją duże monopale, kesony lub grodzice.

Fundamenty zespolone mostów przez Odrę i Regalicę w Szczecinie

Pod względem wykonawczym najprostszymi spośród wyżej wymienionych



Rys. 9. Wykonywanie mikropali samowiercących z platform pływających [6]

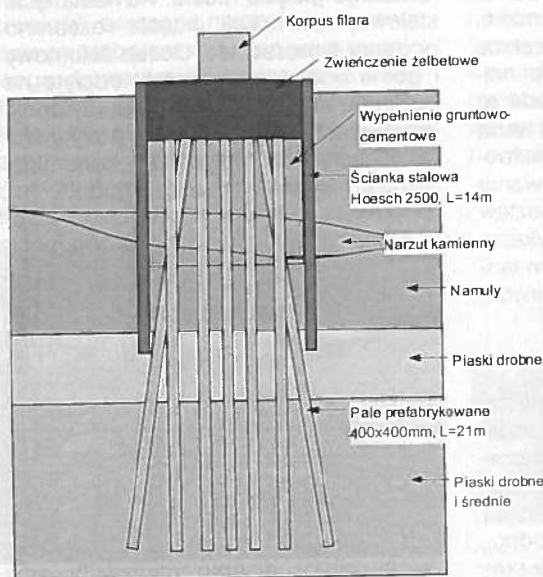
nie, a płytę denną budynku muzeum wykonano po odpompowaniu wody z wykopu.

Fundamenty zespolone

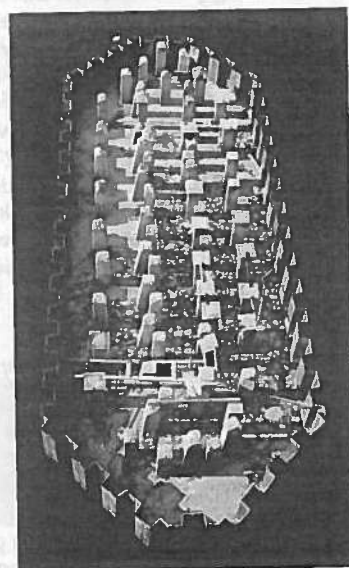
W miejsce prostych układów technologiczno-konstrukcyjnych w praktyce coraz częściej są stosowane struktury złożone z wielu elementów i rozwiązań technologiczno-konstrukcyjnych. W niniejszym artykule nazwano je **fundamentami zespolonymi**. Przykładami takich z pozoru skomplikowanych fundamentów są zespolone fundamenty podpór nurtowych mostów przez Odrę i Regalicę

były fundamenty podpór nurtowych mostów przez Odrę i Regalicę, budowane przy torze wodnym, który zapewniał pływalność platform roboczych.

Fundamenty zespolone składały się w tym przypadku z układu prostych i pochylonych żelbetowych pali prefabrykowanych wbitych w dno rzeki, obudowy z grodzic stalowych, podwodnego wypełnienia obudowy mieszaniną piasku i cementu oraz zwieńczenia żelbetowego, w którym zakotwiono jednocześnie grodzice i pale bez konieczności ich rozkucia (rys. 10). Podpora zlokalizowana przy torze wodnym musi zapewniać



Rys. 10. Schemat podpory mostu i wykonany fundament [6]



odpowiednią odporność na uderzenia jednostek pływających, co uzyskano przez wykonanie masywnego fundamentu zespolonego.

Niespodzianką była niedoszacowana na etapie projektowania głębokość wody w rejonie palowania, co wymusiło dokonanie zmian konstrukcyjno-technologicznych pali prefabrykowanych żelbetonowych (łącznie pali przed wbiciem), a także zaleganie w dnie niewybuchów i przeszkód w postaci elementów zniszczonych wcześniej przęsła starych mostów. Roboty zrealizowano przy asyście nurków, z platformy roboczej pływającej i kotwionej w dnie rzeki za pomocą opuszczanych szcudel.

Fundament zespolony podpory nurtowej łukowego mostu drogowego przez Wisłę w Toruniu

Sztuczna wyspa (rys. 11), na której posadowiono podporę środkową, powstała przez obudowanie grodzicami stalowymi naturalnej łachy piasku zlokalizowanej na środku koryta. Grodzice, ze względu na zmienny stan wody w korycie Wisły, musiały być wykonywane z wody ze specjalnej platformy pływającej, która w trakcie pograżania grodzic była stabilizowana w dnie przez opuszczenie podpór szcudłowych. Wyporność platformy umożliwiła realizację robót palowych przy użyciu wibratora zamontowanego na maszynie ciężkiego kafara. Wibrowanie grodzic przy użyciu takiego zestawu sprzętowego umożliwia zapewnienie większej dokładności pograżania grodzic, co ma szczególnie duże znaczenie w robotach prowadzonych z wody.

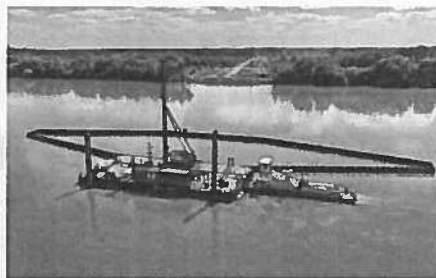
Wibrowaniu grodzic z pływającej platformy roboczej towarzyszyły:

- roboty refulacyjne zapewniające utrzymanie żeglowności technologicznej koryta rzeki (minimalna wymagana głębokość umożliwiająca realizację robót to około 1,2 m);

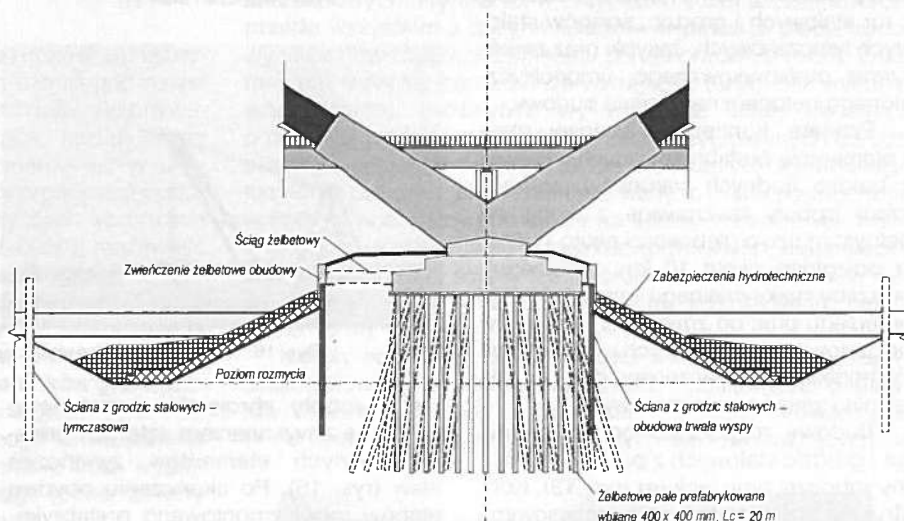
- roboty zabezpieczające wykonaną obudowę wyspy przed podmyciem; wykonano m.in. dodatkową ściankę z grodzic stalowych stanowiącą osłonę (izbicę) tymczasową budowanej wyspy (por. rys. 11) oraz wypełniano lokalnie powstające rozmycia workami, które stanowiły również element docelowego zabezpieczenia sztucznej wyspy.

Wszystkie te działania były konieczną reakcją na zmiany ukształtowania dna w rejonie robót, charakterystyczne dla koryta Wisły. Poziom dna rzeki zmieniał się często o kilka metrów w ciągu kilku godzin.

Zamknięcie obudowy stalowej umożliwiło kontynuowanie robót refulacyjnych, mających na celu wypełnienie komory do pierwszego poziomu technologicznego, na którym zamontowano



Rys. 11. Wibrowanie grodzic przy użyciu kafara na platformie pływającej oraz wyspa po zakończeniu robót palowych [2]



Rys. 12. Schemat fundamentu palowego podpory środkowej [2]

ściąg stalowe. Ich układ musiał być skoordynowany ze skomplikowaną geometrią fundamentu palowego złożonego z pochyłonych w różnych kierunkach wbijanych żelbetonowych pali prefabrykowanych (rys. 12). Po usypaniu nad zamontowanymi ściągniętymi platformy roboczej rozpoczęły się roboty palowe. Wielkość wyspy (powierzchnia większa niż 0,26 ha) umożliwiła jednoczesną pracę kilku kafarów.

Zadaniem inżynierskim było rozwiązanie problemów logistycznych, m.in. umożliwienie wjazdu i ewakuacji kafarów, dźwigów i innych maszyn budowlanych na wyspę z jednostek pływających przy zmiennym poziomie wody. Zaprojektowano w tym celu specjalny pomost najazdowy, który później obsługiwał cały ruch technologiczny, jaki odbywał się między wyspą i lądem.

Palowaniu zasadniczemu musiało towarzyszyć, nieuniknione w takiej sytuacji i zakładane w projekcie, dogęszczanie piasków, ujednoczenie warunków posadowienia podpory środkowej, a także rozpychanie i zmiany kształtu obudowy stalowej ograniczone technologicznie układem ściągniętych. Dopiero w trakcie zasadniczych robót palowych wyspa uzyskała swój ostateczny kształt, który mieścił się w tolerancjach założonych przez projektanta. Zakończenie robót palowych pozwoliło na jednocze-

sne wykonanie żelbetonowych zwieńczeń fundamentu palowego, zwieńczenia grodzic stalowych stanowiących obudowę wyspy oraz wykonanie trwałych ściągniętych żelbetonowych. W tym samym czasie wokół wyspy wykonano roboty hydrotechniczne, które mają zabezpieczyć podporę środkową mostu przed podmyciem i zapewnić jej przewidywaną trwałość w bardzo nieprzewidywalnych warunkach koryta Wisły.

Sztuczna wyspa to jednocześnie platforma robocza, konstrukcja hydrotechniczna (nabrzeże) i jeden wielki zespolony element konstrukcyjny złożony z obudowy z grodzic stalowych ze zwieńczeniem, układu trwałych ściągniętych żelbetonowych, gruntu naturalnego i zasypowego oraz układu pali ze zwieńczeniem. Wszystkie elementy składowe podpory środkowej współpracują ze sobą, tworząc swego rodzaju superelement podporowy. W odniesieniu do poszczególnych elementów składowych na potrzeby realizacji robót palowych sformułowano oddzielne wymagania na poszczególnych etapach realizacji. Głównym celem spełnienia wymagań dotyczących poszczególnych elementów było zapewnienie (pod nadzorem autorskim projektanta) integralności konstrukcyjnej całego boku fundamentowego wykorzystywanego w analizie obiektu.

Fundamenty zespolone/konstrukcja staw nawigacyjnych na północnym dojeździe do portu w Świnoujściu

W odległości kilkunastu kilometrów od główki portu w Świnoujściu zbudowano dwie stawy nawigacyjne, których podstawową funkcją jest naprowadzanie statków na tor wodny podejścia do portu i terminalu LNG w Świnoujściu. Konstrukcja staw nawigacyjnych składa się z obudowy stalowej kombinowanej, złożonej z rur stalowych i grodzic, ściągów stalowych tymczasowych, zasypki oraz zwieńczenia prefabrykowanego, umonolitycznionego betonem na miejscu budowy.

Przyjęta koncepcja budowy staw z elementów prefabrykowanych wynikała z bardzo trudnych warunków realizacji robót (roboty realizowane z wody, na pełnym morzu o głębokości około 11,5 m, w odległości około 10 km od brzegu), potrzeby maksymalnego uniezależnienia przebiegu prac od zmiennych warunków pogodowych panujących na Zatoce Pomorskiej i konieczności dotrzymania terminu zakończenia budowy.

Budowę rozpoczęto od wykonania rur i grodzic stalowych z pokładu platformy roboczej typu jack-up (rys. 13). Konstrukcją stalową sześciono tymczasowymi ściągami stalowymi (rys. 14), które umożliwiły wykonanie zasypki grodzi mieszanką kruszyw łamanych o kącie tarcia co najmniej 31°. Następnie zagęszczono materiał zasypkowy wewnątrz grodzi i wykonano profilowanie jego górnej powierzchni warstwą chudego betonu. W tym samym czasie na jednym z nabrzeży portowych w Świnoujściu



Rys. 13. Wibracja rur i grodzic [1]



Rys. 14. Montaż ściągów tymczasowych [1]



Rys. 15. Betonowanie elementów prefabrykowanych zwieńczeń staw [1]



Rys. 16. Transport i montaż prefabrykatów – część dolna o masie 540 t [1]

trwały roboty zbrojarskie i betonowe związane z wykonaniem czterech prefabrykowanych elementów zwieńczeń staw (rys. 15). Po ukończeniu obydwu etapów robót zmontowano prefabrykowane zwieńczenia staw przy użyciu jednego z największych dźwigów pływających w Europie (rys. 16) o udźwigu 900 t. Operacja podnoszenia ciężkich i wielkich prefabrykatów wymagała zaprojektowania i zbadania specjalnego systemu podwieszenia, który umożliwił bezpieczny montaż elementów na morzu. Na potrzeby montażu zaprojektowano i zbudowano również specjalny trawers umożliwiający transport górnego prefabrykatu wraz z zamontowaną wcześniej stalową wieżą stawy wysokości 8,0 m.

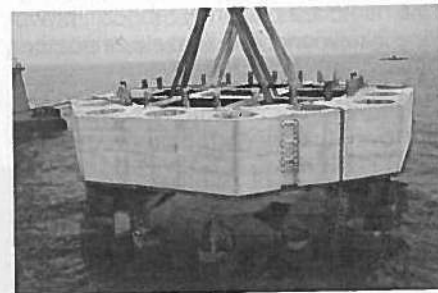
Po zamontowaniu prefabrykatów zabetonowano połączenia pomiędzy palościanką i prefabrykatem dolnym oraz pali od poziomu -1,45 m n.p.m. Zabetonowano też górną część prefabrykatu dolnego po wcześniejszym osadzeniu zestawów kotwiących do pacholów cumowniczych, wypełniono przestrzeń między prefabrykatem dolnym i górnym podlewką samopoziomującą, wykonano iniekcję trzpieni stalowych łączących prefabrykat dolny i górny, zmontowano schody prefabrykowane pomiędzy dolnym i górnym poziomem staw, a także wyposażenie hydrotechniczne i elektryczne oraz anody aluminiowe.

Roboty zrealizowano od 1 maja do 31 sierpnia 2014 r. według założeń przyjętych w projekcie staw. Rzeczywisty czas realizacji robót obejmował 66 dni, co stanowi jedynie 54% ogólnej liczby dni w okresie realizacji robót. W pozostałych dniach warunki hydrometeorolo-

giczne uniemożliwiały wypłynięcie w rejon placu budowy zlokalizowany na pełnym morzu. Pomimo trudnych warunków realizacji robót, w trakcie budowy nie odnotowano wypadków. Omawiane stawy nawigacyjne to najdalej wysunięta w morze konstrukcja trwała w Polsce.

Podsumowanie

· Efektem systematycznego gromadzenia doświadczeń (w skali krajowej i światowej) w palowaniu w wodzie jest zwiększanie możliwości technicznych

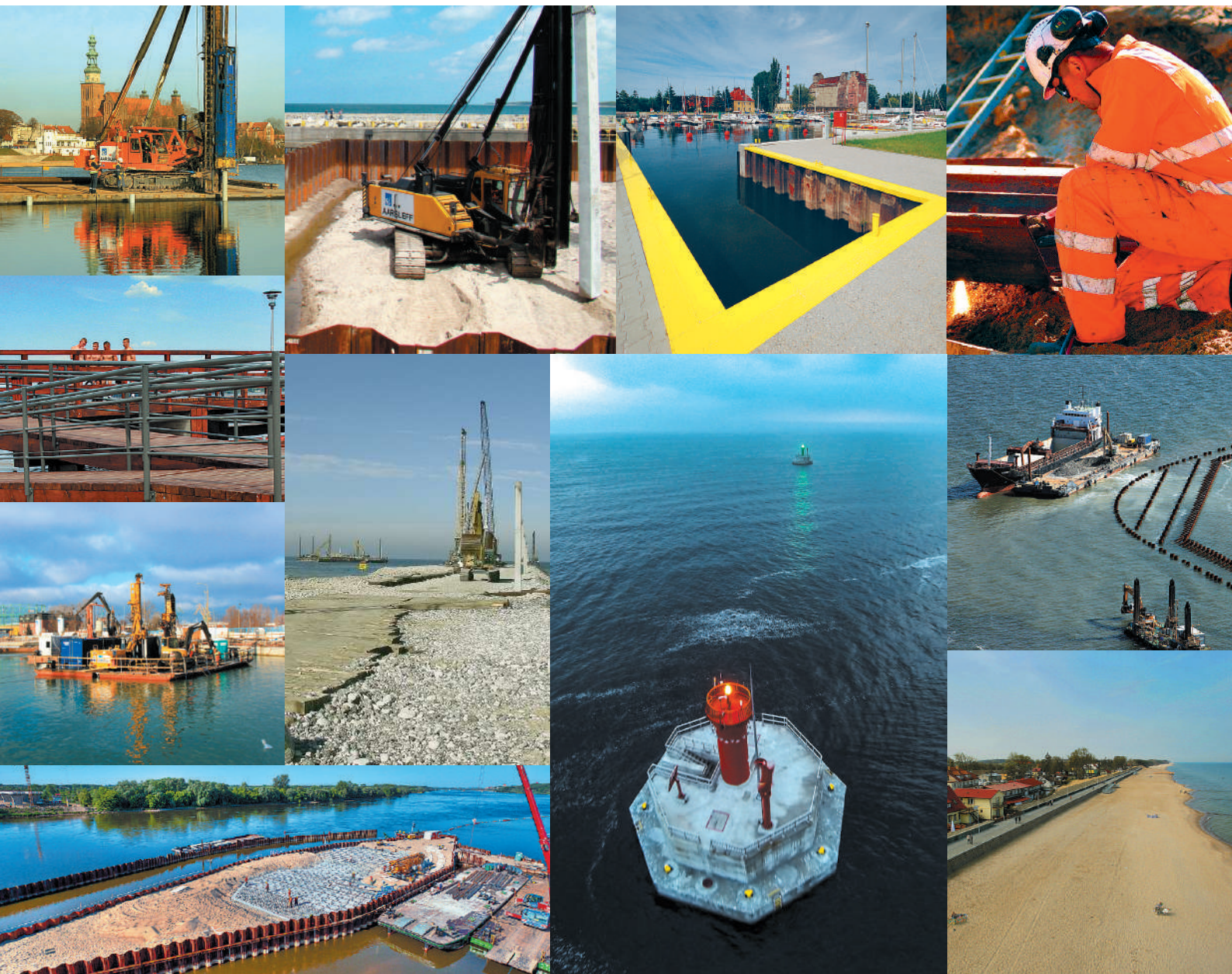


i organizacyjnych realizacji coraz bardziej skomplikowanych projektów hydrotechnicznych w wodach śródlądowych i morskich.

Projekty tego rodzaju wymagają szeroko rozumianej współpracy między projektantami i wykonawcami. Jedynie współpraca ukierunkowana na zrozumienie wzajemnych uwarunkowań i potrzeb gwarantuje osiągnięcie celu, jakim jest realizacja założeń projektu i terminowe przekazanie obiektu do użytkowania.

PIŚMIENNICTWO I WYKORZYSTANE MATERIAŁY

- [1] Sobala D., Iwan D., Krupka J.: Budowa dwóch staw nawigacyjnych na torze podejściowym północnym do Świnoujścia na Zatoce Pomorskiej. „Kwartalnik Budowlany”, 3/2014. Wydawnictwo Zachodniopomorskiej Izby Inżynierów Budownictwa.
- [2] Sobala D., Tomaka W., Szaro J., Sobczak S.: Żelbetowe pale prefabrykowane wbijane w fundamentach mostu łukowego przez Wisłę w Toruniu. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 6/2014.
- [3] Sobala D., Tomaka W., Szaro J., Muchalski R.: Żelbetowe pale prefabrykowane wbijane w fundamentach podpór stałych i tymczasowych mostu drogowego przez Wisłok w Rzeszowie. WDM 2014.
- [4] Sobala D.: Pale prefabrykowane w fundamentach mostów. „Inżynieria i Budownictwo”, nr 7-8/2011.
- [5] Sobala D., Cichy L.: Palowanie w rzekach i zbiornikach wodnych. Materiały seminarium „Fundamenty palowe 2015”, Warszawa, 5 marca 2015 r.
- [6] Materiały archiwalne firmy Aarsleff sp. z o.o. (www.aarsleff.com.pl).
- [7] SST Platformy robocze dla ciężkiego sprzętu budowlanego w ramach realizacji robót geotechnicznych. <http://www.pzwns.com.pl/specyfikacje.html>.
- [8] PN-EN 12699. Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Pale przemieszczeniowe.



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)