

Likwidacja suchego doku przy Nabrzeżu Przemysłowym w Porcie Gdańsk

Dr hab. inż. Adam Bolt, prof. nadzw. PG, dr inż. Witold Sterpejkowicz-Wersocki
Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska

Mgr inż. Mirosława Pilarska, mgr Tomasz Bolt – Geo-Ekspert Sp. z o.o., Gdańsk

W niniejszej pracy przedstawiono problemy techniczne związane z likwidacją dużego obiektu hydrotechnicznego, stanowiącego utrudnienie nawigacyjne w intensywnie eksploatowanym portowym kanale dostępowym w Porcie Gdańsk.

Dwukomorowy dok zlokalizowany przy Nabrzeżu Przemysłowym wybudowano w latach 1970-1972. Komory dokowe służyły do budowy żelbetowych, pływających skrzyń falochronowych, na potrzeby budowanego w tym czasie Portu Północnego.

Prace projektowe dotyczące możliwości rozbiórki poprzedziła ekspertyza techniczna [4], określająca możliwości, warunki i sposób rozbiórki dwu komór dokowych znajdujących się przy Nabrzeżu Przemysłowym w Kanale Kaszubskim w Gdańsku, wykonana w 2000 roku przez bardzo doświadczony zespół projektantów hydrotechników mgr inż. Kazimierza Mioduszewskiego i mgr inż. Barbarę Zrzelską z PPBH „Aquaprojekt” Sp. z o.o. Problem rozbiórki nie był prosty, zarówno pod względem pozyskania środków, jak i wykonawczym, o czym świadczy podjęcie przez Inwestora prac projektowych dopiero w roku 2012. Ten sam zespół opracował wówczas projekt robót rozbiórkowych komór dokowych przy Nabrzeżu Przemysłowym w Porcie Gdańsk [6]. W dokumentacji tej określono podstawowe założenia rozbiórki istniejącego obiektu wraz z koncepcją zachowania części elementów określających linię Nabrzeża Przemysłowego. Ze względu na złożoność problemów geotechnicznych i hydrogeologicznych związanych ze zmianami w podłożu podczas rozbiórki tak dużego obiektu poniżej zwierciadła wody konieczne było opracowanie w lutym 2013 roku specjalnego projektu technologicznego wykonania dalszych robót rozbiórkowych komór dokowych przy Nabrzeżu Przemysłowym w Porcie Gdańsk, obejmującego – docelowe i tymczasowe zabezpieczenie stateczności konstrukcji nabrzeża (ścianki

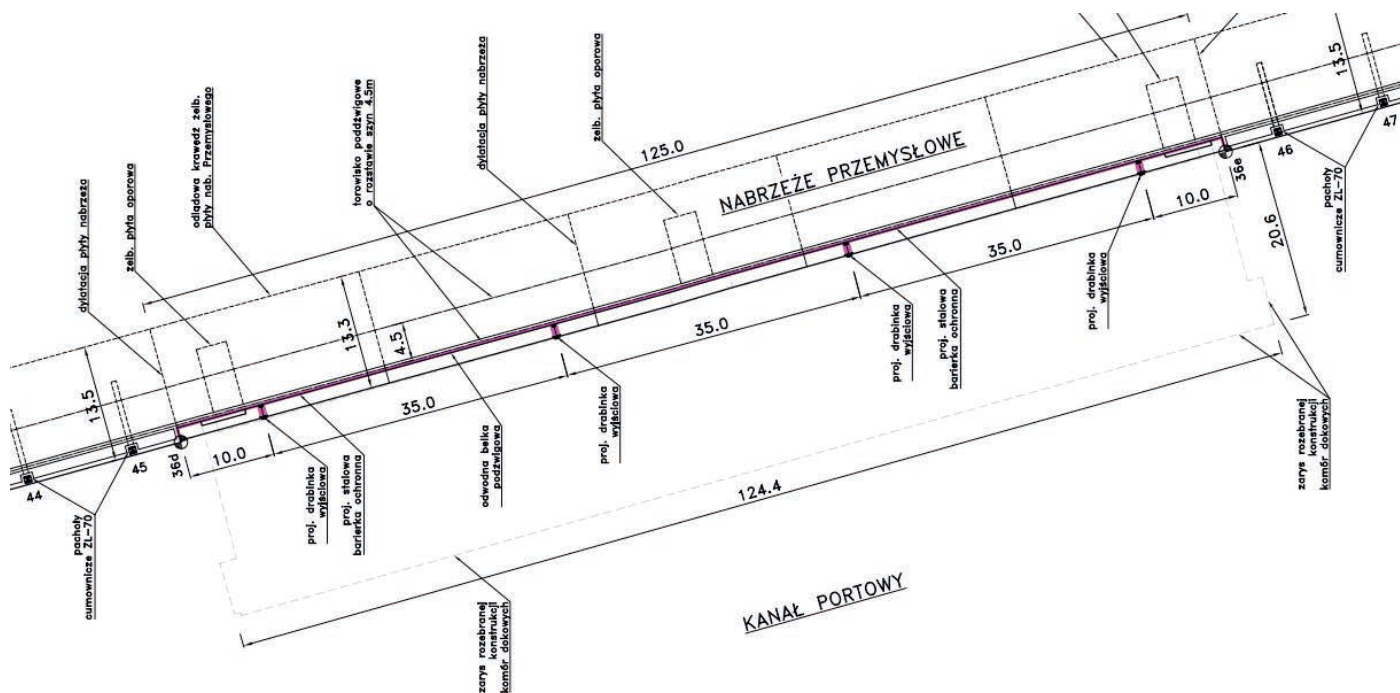
szczelnej) wraz z określeniem etapów prac rozbiórkowych oraz obniżenia ciśnienia wody naporowej pod płytą korka. Projekt ten wykonał Adam Bolt z zespołem projektowym Przedsiębiorstwa Geo-Ekspert Sp. z o.o. w Gdańsku. Realizacji tak trudnego zadania podjęła się firma MARTOM Sp. z o.o. z siedzibą w Słupsku. Inwestorem był właściciel terenu Zarząd Portu Gdańskiego S.A. Dużą pomocą była projektowa dokumentacja archiwalna [1] z okresu budowy wykonana przez Przedsiębiorstwo BPBM Projmors oraz rozpoznanie podłoża zawarte w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej Nr 0513/191 Cz. „B” [5], wykonanej przez Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Gdańsku w 1971 roku, a także informacje dotyczące technologii wykonanych robót, przekazane przez pracowników Przedsiębiorstwa Hydrobudowa 4, realizujących ten obiekt. Badania sprawdzające podłoże przed nabrzeżem wykonał dr inż. Arkadiusz Kryczka z zespołem Przedsiębiorstwa GEOSSET s.c. w Gdańsku.

Wszystkim osobom zaangażowanym w realizację prac rozbiórkowych składamy serdeczne podziękowania za współpracę.

OPIS OBIEKTU

Na rys. 1 przedstawiono ogólne wymiary nabrzeża i jego wyposażenie zgodnie z projektem [6].

Dok zlokalizowano na środkowym odcinku nabrzeża Przemysłowego w Kanale Kaszubskim. Miał łączną długość 124,4 m i szerokość w osiach ścianek zewnętrznych 20,6 m. Nabrzeże to na całej długości miało głębokość techniczną 9,0 m. Dok składał się z dwóch komór o identycznej konstrukcji, zamkniętych z obu stron bramami i przedzielonych grodzą poprzeczną – stacją pomp.



Rys. 1. Nabrzeże przemysłowe według [6]



Rys. 2. Widok komory wschodniej doku i grodzki zewnętrznej od strony Kanału oraz bramy wschodniej doku i Nabrzeża Przemysłowego przed rozpoczęciem robót rozbiórkowych (fot. własna)

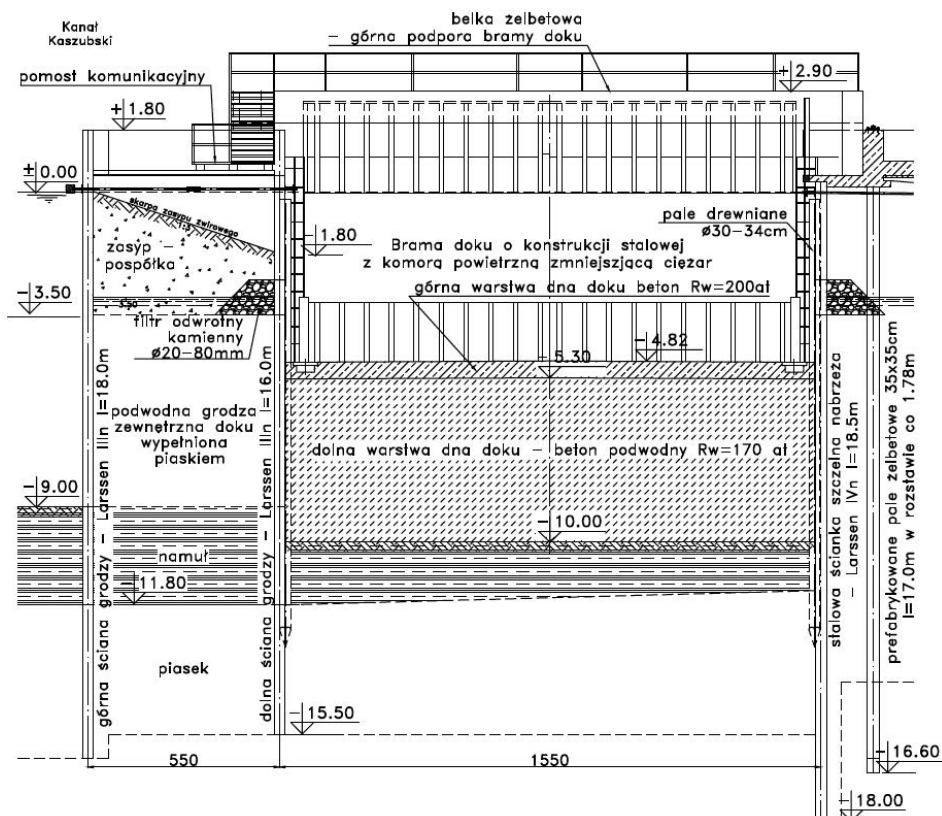


Rys. 3. Widok komory zachodniej doku i grodzki zewnętrznej grodzki od strony kanału po rozpoczęciu rozkuwania płyty dna doku (fot. własna [9])

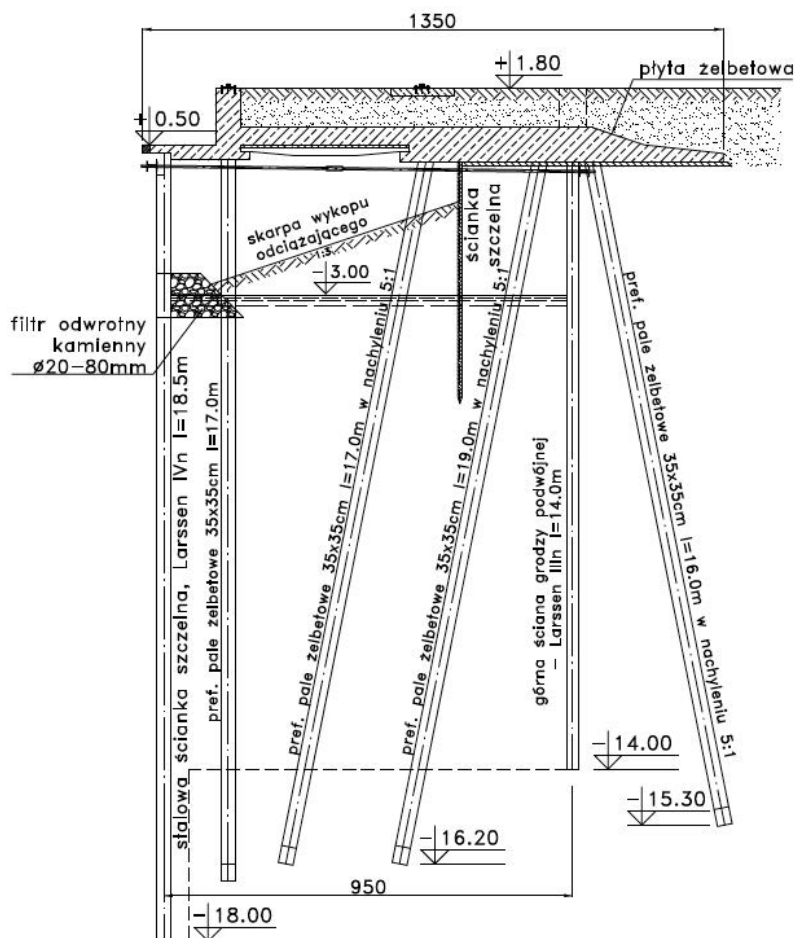
Były to komory z dnem grawitacyjnym, betonowym i ścianami bocznymi, podłużnymi w postaci podwójnych gródz ze stalowej ścianki szczelnej. Typowy przekrój pokazano na rys. 4. Grodza od strony lądu wbudowana jest w nabrzeże i stanowi część jego konstrukcji. Grodza ta pozostała w stanie nienaruszonym. Grodza zewnętrzna (rys. 2 i 3) była wykonana z dwu rzędów stalowych ścianek szczelnych Larssen IIIIn, wbitych do rzędnej -16,2 m od strony Kanału Kaszubskiego i do rzędnej -15,5 m od strony wewnętrznej. Korona grodzki (ścianki zewnętrznej) znajdowała się na rzędnej +1,8 m. Obie ścianki grodzki były kleszczone i spięte ściągami oraz połączone przeponami wykonanymi z takiej samej ścianki szczelnej. Przestrzeń pomiędzy ściankami była wypełniona piaskiem od dna do rzędnej -3,5 m. Materiał ten usunięto przed wyciągnięciem zewnętrznej ścianki szczelnej

oddzielającej nieckę doku od kanału portowego. Po usunięciu ścianki osady denne kanału mogły swobodnie przemieszczać się do niecki poddokowej o większej głębokości. Bramy doku miały konstrukcję stalowych tarcz, szczelnie osadzonych w specjalnych wnękach. Istotną rolę w pracach rozbiórkowych odegrała grodza poprzeczna (komora pomp) wykonana z brzoś ścianki stalowej Larssen IIIIn, zapuszczonych do głębokości -16,5 m. Grodza była kleszczona i spięta ściągami oraz wyposażona w żelbetowy strop. Strop ten rozebrano w pierwszej kolejności, udostępniając dno grodzki.

Rzędna korony grodzki wynosiła +1,8 m. Grodza miała dno betonowe o grubości 5,0 m, które skruszono w pierwszej kolejności z pozostawieniem skruszonego materiału w postaci kruszbtu uzupełnionego materiałem żwirowym. Warstwa ta



Rys. 4. Typowy przekrój poprzeczny komory doku przed rozbiórką [4, 6]

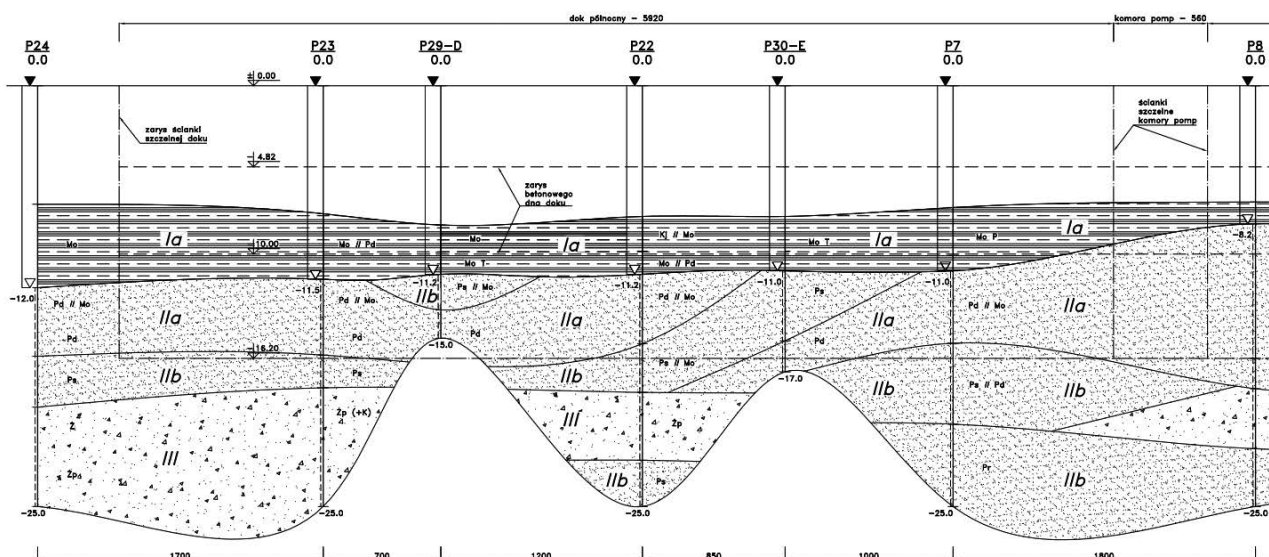


Rys. 5. Przekrój Nabrzeża Przemysłowego z grodzą wewnętrzną

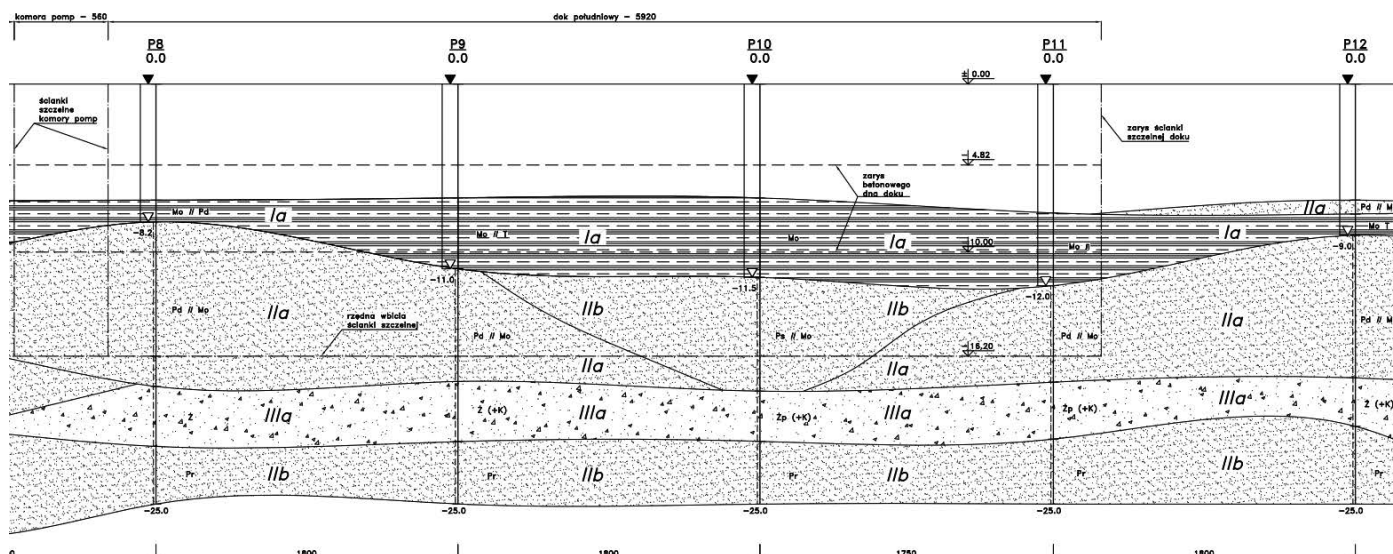


Rys. 6. Korozja ścianki Nabrzeża Przemysłowego (fot. własna [9])

a)



b)



Rys. 7. Schemat budowy geologicznej: a) pod dkiem północnym i komorą pomp, b) pod dkiem południowym

o dobrych właściwościach filtracyjnych wykazywała niezbędną w celu redukcji ciśnienia przepuszczalność oraz granulację zabezpieczającą przed powstaniem zjawisk sufozyjnych.

Konstrukcję Nabrzeża Przemysłowego (rys. 5) stanowi nabrzeże płytowe o szerokości 13,5 m, na ruszcie z żelbetowych pali prefabrykowanych o przekroju 35×35 cm, o długościach 16,0 i 17,0 m, w trzech rzędach. Płytę oparto na grodzy ze stalowych ścianek szczelnych w rozstawie co 10 m. Przednią (odwodną) ściankę z brusów Larssen IVn pograżono do głębokości -18,0 m, tylną, z brusów Larssen IIIIn, wbito do rzędnej -14,0 m. Obie ścianki są kleszczone i spięte ściągiem $\phi 55$ mm na rzędnej 0,00 m A. Grodza ze ścianek nie jest powiązana z żelbetową konstrukcją płyty nabrzeża.

Pod płytą nabrzeża, za przednią ścianką szczelną, uformowano zasyp odciążający z filtrem odwrotnym z tłucznia (usypnym na rzędnej -3,5 m), pozwalającym na obniżenie za ścianką zwierciadła wody do -3,0 m. Zasyp od strony odlądowej oparto o istniejącą, częściowo żelbetową, a częściowo drewnianą ściankę szczelną, pograżoną do głębokości około -5,45 m. Znajduje się ona w odległości około 6,9 m od osi przedniej stalowej ścianki szczelnej.

W płycie nabrzeża przewidziano rozbieralną nawierzchnię (z płyt prefabrykowanych) pozwalającą na wejście do znajdującej się pod nią komory. Przekrój nabrzeża pokazano na rys. 5.

WARUNKI GEOTECHNICZNE

Uogólnione przekroje geotechniczne [1] przedstawiono na rys. 7.

Od strony odlądowej nabrzeża, za ścianką szczelną, w podłożu zalegają:

- Od poziomu terenu na rzędnej +1,8 m do rzędnej $\pm 0,00$ m A, warstwa zasypu o parametrach: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 27^\circ$;
- Następnie do głębokości -2,6 m, warstwa namulów o parametrach: $\gamma' = 7 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 7^\circ$, $c = 17 \text{ kPa}$;
- Poniżej, do głębokości -8,0 m, piasek drobnoziarnisty (IIa) o parametrach: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 30^\circ$;
- Następnie do -11,0 m, warstwa namulów (Ia) o parametrach: $\gamma' = 6 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 12^\circ$, $c = 20 \text{ kPa}$;

Poniżej rzędnej -11,0 do -25,0 m, zalegają piaski (IIa, IIb) o parametrach: $\gamma' = 10 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 34^\circ$.

Od strony odwodnej nabrzeża:

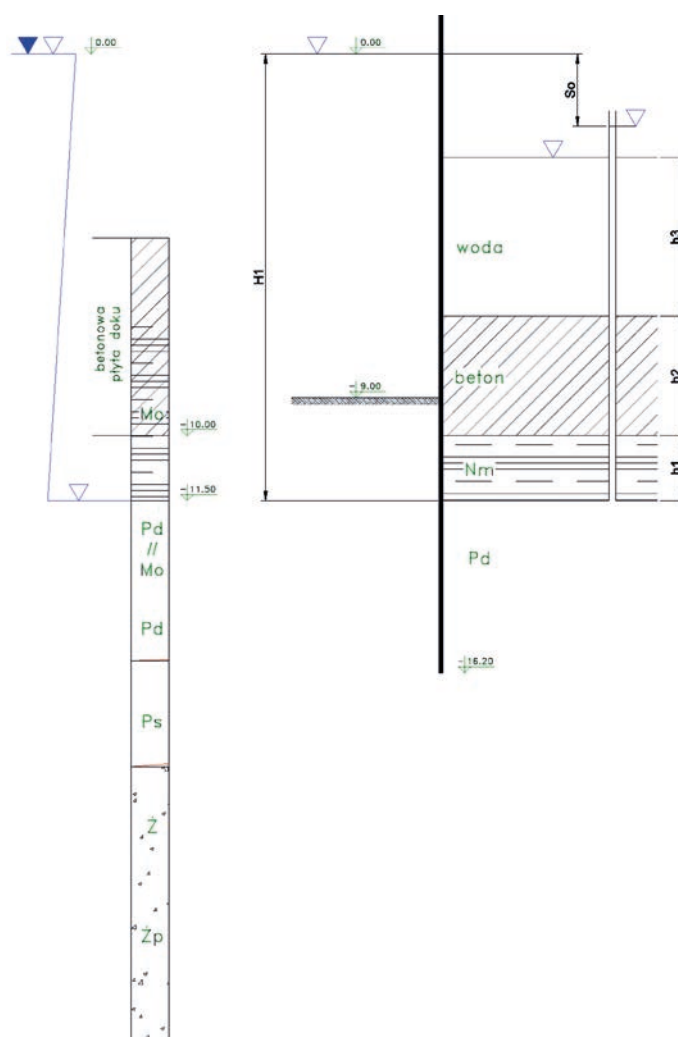
- Warstwa namulów od -10,0 m do -11,8 m o parametrach: $\gamma' = 6 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 9^\circ$, $c = 20 \text{ kPa}$; namuły te w znacznej części wybrano lub zmieszano z pokruszonym betonem (kruszbet). Istnieje duże prawdopodobieństwo, że w zakresie głębokości od 10,5 m do 11,8 m warstwa namulów pozostała nienaruszona (poza zasięgiem narzędzi czerpiących);
- Następnie, znajdują się piaski w stanie średnio zagęszczonym o parametrach: $\gamma' = 11 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 33^\circ$, które przewarstwione są poniżej głębokości wbicia ścianki (-18,0 m) od rzędnej około -18,0 m do około -21,5 m soczewką żwirowo-kamienną (IIIa). Warstwa ta charakteryzuje się dobrymi parametrami wytrzymałościowymi i dobrą przepuszc-

zalnością. W obrębie komory pomp warstwa ta miała bezpośredni kontakt z kruszonym materiałem. Obserwacje prowadzone w trakcie wykonywania prac rozbiórkowych wskazują, że w żadnej fazie prowadzenia prac grunty te nie uległy upłynnieniu na skutek sufozji.

WARUNKI HYDROSTATYCZNE OBIEKTU

W warunkach eksploatacji doku stateczność dna, wynikająca z warunku równowagi sił pionowych, była zapewniona przez odpowiedni ciężar (grubość) płyty dennej. Podczas robót rozbiórkowych, ciężar ten ulega zmniejszeniu, co nieuchronnie prowadzi do pogorszenia warunków stateczności płyty. Warunki te mogą ulec poprawie przez zmniejszenie obciążenia siłą wyporu, co można uzyskać przez zastosowanie otworów odciążających lub odpowiednie dociążenie rozkuwanej płyty betonowej warstwą wody. Możliwy jest również wariant mieszany.

W celu redukcji ciśnień działających na spąg warstwy namulów znajdującej się pod płytą korka doku (rys. 8) zaprojektowano otwory odciążające. W wyniku zmniejszenia ciśnienia możliwe było wykonanie robót rozbiórkowych „na sucho” do rzędnej -7,3 m A. Rozbiórka pozostałej grubości płyty doku wymagała częściowego lub całkowitego zatopienia komór doku.



Rys. 8. Schemat przyjęty w obliczeniach stateczności dna

Wariant zaproponowany przez Wykonawcę robót [7] i rozszerzony przez Autorów polegał na zachowaniu stateczności podłoża pod płytą denną doku przez dociążenie wodą w komorach doku. Dodatkowo wykorzystano tu komorę pomp do zredukowania ciśnień działających na spód warstwy namulów. Wykorzystując budowę geologiczną podłoża pod komorą pomp (w tym miejscu nie ma warstwy namulów, a piaski drobne ulegają wypiętrzeniu), po usunięciu płyty dennej wystąpił napływ wody gruntowej do komory, którą należało odpompować. Komora pomp pozbawiona płyty dennej funkcjonowała jak wielka studnia, redukując ciśnienia działające na płytę w przyległych komorach doku. W komorze pomp płytę denną można było usuwać „na sucho” do rzędnej -9,0 m A. Pozostały metr (do rzędnej -10,0 m A) można było również rozkuwać „na sucho”, jednak trzeba było być przygotowanym na odpompowanie wody z komory i ewakuację ludzi oraz sprzętu w przypadku wystąpienia intensywnego napływu wody. W takiej sytuacji dokończenie rozkucia płyty powinno odbyć się ze sprzętu pływającego, w komorze częściowo wypełnionej wodą. Gruz betonowy pochodzący z rozkucia ostatniego metra płyty pozostawiono tymczasowo w komorze. Gruz ten przysypano równomiernie na całej powierzchni komory pomp metrową warstwą drobnego żwiru. W okresie obniżania ciśnień pod płytą denną należało utrzymywać poziom zwierciadła wody w komorze na rzędnej nie niższej niż -5,0 m A. Działając pod osłoną komory pomp, funkcjonującej na tym etapie jak wielka studnia, można było przystąpić do dalszej rozbiórki płyty dennej w komorach doku. Prace te prowadzono przy częściowo zalanych dokach do rzędnej -8,5 m A, utrzymując poziom zwierciadła wody w komorach doku na rzędnej nie niższej niż -5,0 m A. Podczas rozbiórki płyty w zakresie rzędnych od -8,5 m A do -10,0 m A zalano komory doku.

Obliczenia stateczności dna wykopu (ze względu na wyłamanie) przeprowadzono według wzoru:

$$F = \frac{\sum h_i \rho_i}{\rho_w (H_1 - S_0)}$$

gdzie:

h_i, ρ_i – miąższość, gęstość objętościowa (bez wyporu wody),
 γ_w – gęstość wody = 10 kN/m³,
 H_1 – ciśnienie działające na spąg warstwy namulów [m słupa wody],
 S_0 – depresja [m słupa wody].

Przyjęto:

- $h_1 = 1,5$ m (średnia miąższość warstwy namulów pod dnem doku),
- $\rho_1 = 16$ kN/m³ (gęstość objętościowa namulów),
- h_2 – grubość płyty doku (zmienna),
- $\rho_2 = 23$ kN/m³ (gęstość objętościowa betonu),
- h_3 – głębokość wody w komorze doku (zmienna).

Obliczone wymagane głębokości wody w komorze doku zestawiono w tabl. 1 w zależności od wytworzonej depresji (redukcji) ciśnienia pod dnem doku ($F = 1,0$):

Założono, że dla grubości płyty doku mniejszej od 1,0 m nastąpi połączenie z warstwą piasków drobnych ze względu na jej wypiętrzenie w rejonie komory pomp. Przyjęto obniżenie ciśnienia działającego na spąg warstwy namulów. W przypadku wariantu z depresją $S_0 = 3,0$ m obliczono dopływ do komory pomp przez dno wykopu. Jako górne oszacowanie dopływu przyjęto 152 m³/h obliczone dla współczynnika filtracji piasków drobnych $k = 8,64$ m/d bez uwzględnienia wpływu warstwy namulów zalegającej pod dnem doku.

ETAPY ROBÓT ROZBIÓRKOWYCH

W ekspertyzie technicznej [4] określono możliwości, warunki i sposób rozbiórki dwu komór dokowych znajdujących się przy Nabrzeżu Przemysłowym w Kanale Kaszubskim w Gdańsku, natomiast projekt [6] określił sposób i zakres robót rozbiórkowych komór dokowych. Projekt ten przewidywał dwa etapy robót rozbiórkowych.

Etap I – przygotowawczy obejmujący: uszczelnienie i zabezpieczenie bram doku, osuszenie i oczyszczenie dna doku, rozbiórki wyposażenia (pomostu, klatki schodowej, trafostacji), częściową rozbiórkę i oczyszczenie stacji pomp, rozbiórkę nadbudowy grodzy poprzecznej (pozostały ścianki poniżej dna doku), rozkucie żelbetowej płyty dennej o grubości 0,5 m (rzędne od -4,8 do -5,3 m A; rys. 9), obcięcie pali ochronnych przy ścianie nabrzeża do -5,2 m A oraz konserwację stalowej ścianki szczelnej nabrzeża do rzędnej -5,3 m A. Roboty te wykonano do dnia 01.02.2013 r.

Tabl. 1. Wymagana głębokość [m] wody w komorze doku h_3

Grubość [m] płyty doku h_2	Wymagana głębokość [m] wody w komorze doku h_3			
	Depresja pod spagiem warstwy namulów $S_0 = 0$ [m]	Depresja pod spagiem warstwy namulów $S_0 = 1$ [m]	Depresja pod spagiem warstwy namulów $S_0 = 3$ [m]	Depresja pod spagiem warstwy namulów $S_0 = 5$ [m]
5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
4,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3,5	1,0	0,0	0,0	0,0
3,0	2,2	1,2	0,0	0,0
2,5	3,3	2,4	0,3	0,0
2,0	4,5	3,5	1,5	0,0
1,5	5,6	4,6	2,7	0,7
1,0	6,8	5,8	3,8	1,8



Rys. 9. Widok osuszonej zachodniej komory doku po rozpoczęciu robót rozbiórkowych rzędna dna -4,82 m n.p.m. Na wprost widoczna brama doku, po prawej stronie skorodowana ścianka szczelna Nabrzeża Przemysłowego, po lewej stronie ścianka grodzki zewnętrznej (fot. własna [9])



Rys. 10. Widok komory pomp po wycięciu ścianek szczelnych do poziomu dna grodzki wykorzystywanej, jako duża studnia odciażająca po udrożnieniu jej dna (fot. własna [9])

Rozpoczęto też roboty rozbiórkowe II etapu w osuszonych systemem pompowym komorach dokowych polegające na rozkuwaniu płyty betonowej dna doku.

Etap II – zasadniczy. W ramach tego etapu wyłoniła się faza IIa, polegająca na rozkuciu korka betonowego do rzędnej -6,8 m A (około 1,5 m grubości), którą nieco zwiększono po szczegółowej analizie warunków współpracy dna doku ze ściankami szczelnymi obudowy, co pozwoliło na wyrównanie dna doku do rzędnej -7,3 m. Osiągniętą rzędną rozkucia uznano w tej fazie za maksymalną wartość możliwą do osiągnięcia przy zachowaniu warunków bezpieczeństwa konstrukcji obiektu.

Etap III – wykonanie robót końcowych po rozkuciu korka. Dalsze prace wymagały zapewnienia bezpieczeństwa Wykonawców w warunkach wysokiego ciśnienia wody naporowej. Spowodowało to wyłonienie fazy IIIa, poprzedzonej wykonaniem opracowania [8], obejmującego analizę rozwiązań technologicznych prac II etapu rozbiórki doku według [6], które przewidywały przed rozkuciem najgłębszej warstwy korka (o grubości 3,0 m, od rzędnej -7,0 do -10,0 m A) obniżenie poziomu wody pod płytą za pomocą studni depresyjnych, tak, aby można było wykonywać te roboty „na sucho”.

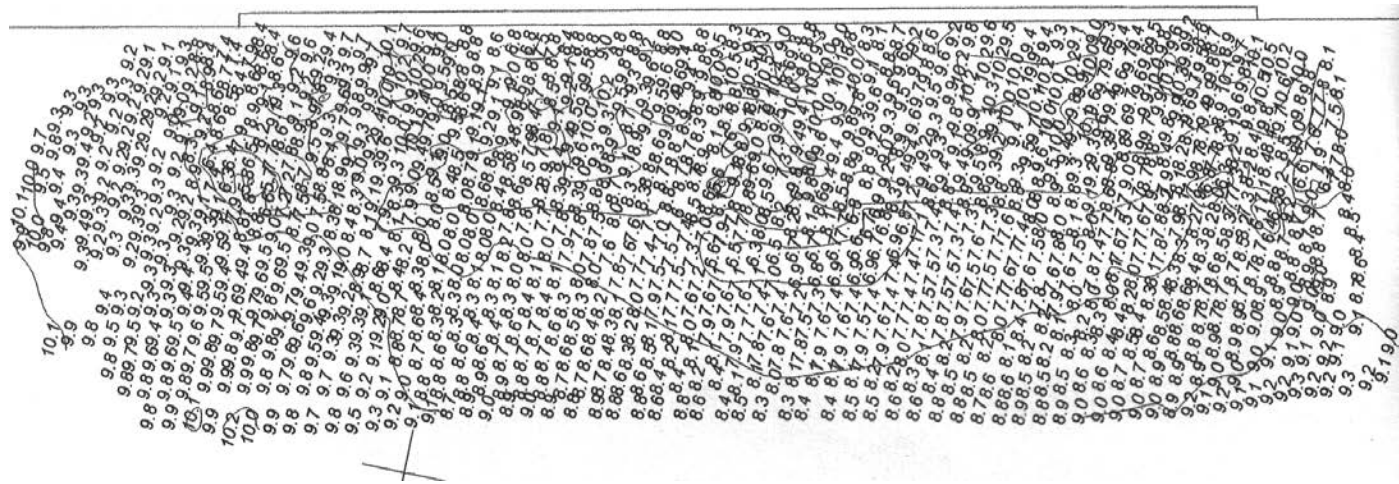
W projekcie [8] dokonano analizy możliwości odwodnienia z wykazaniem liczby otworów odciażających, w systemie przewiertów przez płytę pracujących na samowylew. Jednocześnie dokonano analizy stateczności nabrzeża i koniecznego podparcia ścianki szczelnej nabrzeża. Rozważono tu dodatkowe kotwienie ścianki, zastosowanie rozpór stalowych oraz wariant z przyporą podpierającą ściankę z kruszbetu oraz dociążaniem dna doku kruszonym materiałem. Wariant ten uznano jako optymalny ze względu na wykorzystanie materiału rozbiórkowego do dociążenia podłoża oraz podparcia w formie przemy nabrzeża w trakcie prowadzonych robót. Wszystkie zmiany i kroki postępowania wykonano w porozumieniu z nadzorem autorskim projektu [8]. W realizowanym wariantcie przyjęto następującą kolejność robót:

1. Wykonywanie robót rozbiórkowych w komorach dokowych „na sucho” do rzędnej -7,3 m, bez rozparcia. Sprzęt rozbiórkowy oraz pracownicy ulokowani byli na rozkuwa-

nym dnie korka. Pracowników i sprzęt zabezpieczono pontonami, gwarantującymi pełne bezpieczeństwo prowadzonych robót. W fazie tej pozyskiwany materiał pozostawał wewnątrz komór doku, jako materiał dociążający płytę.

2. Obniżenie poziomu wody pod płytą. Wyróżniono tu kolejne fazy robót:

- Faza I – zainstalowanie dwu pomp zasadniczych i rezerwowej o wydajności 50 m³/h każda, minimalnej wysokości podnoszenia 12,0 m w komorze pomp (rys. 10) oraz wykonanie 2 otworów odciażających do kontrolowania wartości ciśnienia w podłożu pod płytą korka w obrębie komór dokowych. Konstrukcja otworów i ich zasyp zabezpieczały odpowiednią przepuszczalność oraz odporność na sufozję.
- Faza II – rozkucie sukcesywne płyty korka w obrębie stacji pomp do rzędnej -10 m z pozostawieniem kruszonego betonu i jednoczesnym uzupełnianiem żwirem morskim o dobrych właściwościach filtracyjnych z miejscowego składowiska oraz odpompowywaniem wody napływającej do komory. Uzyskany filtr umożliwił bezawaryjną pracę systemu drenazowego i pomp. System ten umożliwił prowadzenie dalszych prac „na sucho” w komorach do głębokości około -9,0 m. W trakcie rozbiórki korka kontrolowano wypływ wody w otworach kontrolnych i w razie potrzeby podnoszono poziom wody w doku.
- Faza III – rozbiórkę korka w komorach dokowych do rzędnej -11,5 m wykonywano przy częściowym lub całkowitym zalaniu wodą komór dokowych. Prowadzone sukcesywnie prace wyburzeniowe i rozbiórkowe pozwoliły uniknąć niebezpieczeństwa wyłamania dna i upłynnienia podłoża. W trakcie robót utrzymywano przyporę z kruszbetu przy ścianie zgodnie z założeniami projektu [8]. Przyporę zmniejszono w ostatniej fazie robót do rzędnej około -9,0 m z pozostawieniem ciągłej warstwy kruszbetu wzdłuż nabrzeża o miąższości około 1 ÷ 1,5 m.



Rys. 11. Plan sondeżowy dna w fazie końcowej robót rozbiórkowych [2]

Etap IV – roboty końcowe. Po rozkruszeniu całości dna doku przystąpiono do usuwania ścianek szczelnych grodzii zewnętrznej i progów bram doku. Prace te nie miały już zasadniczego znaczenia dla możliwych zmian stanu podłoża przed ścianką szczelną nabrzeża. Zasadniczym problemem prac końcowych było usuwanie pozostałości po konstrukcji doku w formie brył betonu, które wymagały rozkucia na dnie kanału. Prace te objęto pełną kontrolą nurków oraz badaniami i atestami czystości dna. Opinie te stanowią załącznik dokumentujący stan głębokości kanału określony jako bezpieczny dla konstrukcji istniejącego nabrzeża.

W trakcie prac remontowych wykonano dodatkowe utwierdzenie górą oraz naprawę ścianki zgodnie projektem [6], co poprawiło utwierdzenie ścianki górą i obliczeniowy wskaźnik wytrzymałości. Przeprowadzone prace rozbiórkowe wykonano, przestrzegając reguł określonych przy redukcji ciśnienia wody naporowej, według [8], co pozwoliło uniknąć destrukcji podłoża gruntowego przed ścianką szczelną. Całkowita rozbiórka konstrukcji doku spowodowała pozostawienie przy Nabrzeżu Przemysłowym, na długości 124 m, dna w stanie nienaruszonym poniżej rzędnej -11,5 m. Powyżej tej rzędnej znajdował się materiał pochodzący z kruszenia betonu (około 1 do 1,5 m) oraz osady dennie, które napłynęły do niecki.

BADANIA ODBIORCZE DNa PRZY NABRZEŻU

Wykonawca uzgodnił z Inwestorem sposób odbioru dna i utrzymania głębokości na tym akwenie, ponieważ robót tych

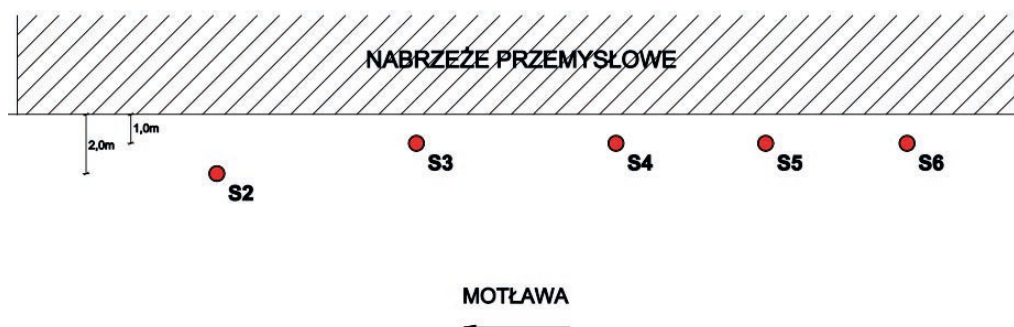
nie obejmował swoim zakresem Projekt Budowlany [6], a harmonogram robót pogłębiarskich kanału nie był skoordynowany z zakończeniem prac rozbiórkowych doku. Profil dna przed przystąpieniem do ostatecznego profilowania przedstawiono na rys. 11. Na analizowanym planie wyraźnie widoczne jest spłylenie kanału portowego wzdłuż doku do szerokości około 50 m. Wobec przegłębienia dna w obszarze niecki doku znacznie poniżej tych rzędnych, po usunięciu zewnętrznej ścianki szczelnej, nastąpiła migracja osadów dennych do obszaru byłej niecki, co uwiaryściło się spłyleniami dochodzącymi do 8,5 m (w dolnej części rys. 11).

Stan zasypu przy ścianie szczelnej zgodnie z tym planem wykazuje następujące parametry:

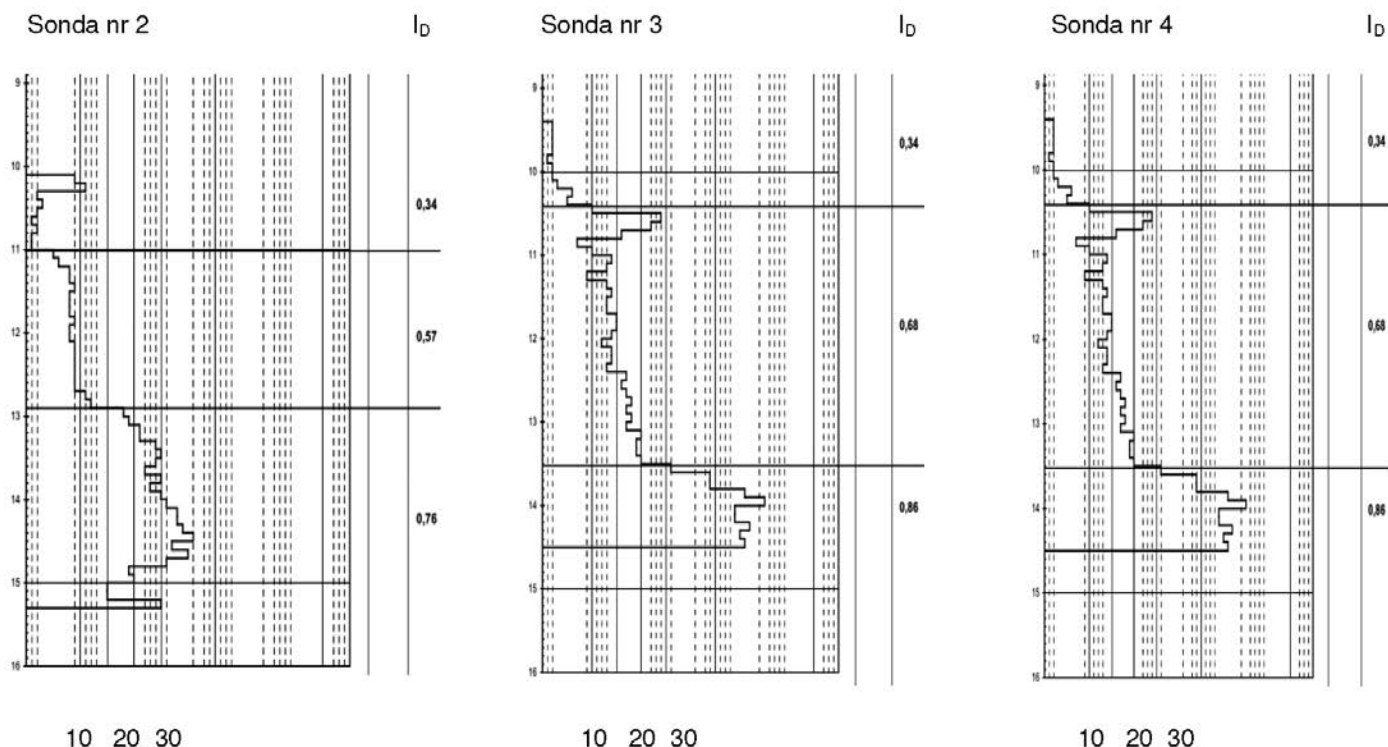
- rzędna góry przypory -8,1 do -9,7 m,
- szerokość półki przy ścianie nabrzeża 3,0 m,
- nachylenie skarpy przypory zmienne,
- całkowita szerokość przypory przy dnie kanału około 5,0 m.

BADANIA TECHNICZNE STANU PODŁOŻA PRZED ŚCIANKĄ SZCZELNĄ

W celu stwierdzenia rzeczywistego stanu podłoża gruntowego po zakończeniu prac rozbiórkowych wykonano badania kontrolne z zastosowaniem sondy dynamicznej średniej, o ciężarze 30 KG. Punkty pomiarowe wyznaczono w odległościach 1 m (otwory nr S3, S4, S5, S6) i 2 m (otwór nr S2) od nabrzeża



Rys. 12. Lokalizacja punktów pomiarowych w badaniach zagęszczenia podłoża



Rys. 13. Przykładowe wyniki badań stanu podłoża sondą dynamiczną średnią [3]

w rozstawie od 15 do 20 m. Badania wykonano w 6 punktach do głębokości około 5 m poniżej dna do strefy zagęszczonych piasków grubych i żwirów. Badania te wykonała firma specjalistyczna Geoset S.C. z Gdańska. Lokalizację punktów badawczych przedstawiono na rys. 12. Uzyskane wyniki potwierdziły wstępną ocenę jakości przeprowadzonych prac i pozwoliły stwierdzić, że podłoże gruntowe nie uległo naruszeniu w trakcie prowadzonych prac.

Charakterystyczne wyniki sondowania sondą dynamiczną średnią poniżej dna kanału wzdłuż ścianki nabrzeża zestawiono na rys. 13.

Obserwacja urobku uzyskiwanego podczas wydobywania materiału skruszonego zmieszanego z namulem wskazuje, że obciążenie przekazywane przez płytę doku spowodowało konsolidację tych gruntów i ich stan w tym miejscu był znacznie lepszy niż wykazywany w dokumentacji [1]. Warstwa ta w trakcie prowadzonych robót stanowiła przepone mało przepuszczalną, ograniczającą dopływ wody do warstwy drenażowej pod płytą niecki doku. Zasięg miąższości zalegania tej warstwy sprawdzono metodą sondowania dynamicznego. Z przeprowadzonych badań wynika, że dla otworów nr 2, 3, 4 i 5 warstwa ta sięga do głębokości około -10,5 do -11,0 m, a występujące grunty są średnio zagęszczone, natomiast poniżej 13,5 m, jako zagęszczone. Z badań tych wynika, że w trakcie robót rozbiórkowych nie doszło do rozluźnienia podłoża i warstwy położone na głębokości poniżej 10 m można traktować jako grunty nośne. Grunty te nie uległy zmianie w trakcie prowadzonych robót, gdyż nie zaobserwowano zjawisk, powodujących możliwość rozluźnienia tego podłoża na wysokości niecki dokowej. W trakcie prowadzonych prac rozbiórkowych nie wystąpiły rozszczelnienia ścianki, mogące powodować wynoszenie materiału gruntowego. Z oceny stanu konstrukcji przed zalaniem oraz dokumen-

tów przeglądu podwodnego przez nurków przyjęto, że ośrodek gruntowy za ścianką szczelną nie uległ istotnemu pogorszeniu w stosunku do warunków przyjmowanych w analizach stateczności [8]. Od strony odwodnej istotną poprawę dała warstwa kruszbetu, zalegająca na rzędnych poniżej głębokości -9,0 m A.

OCENA MOŻLIWOŚCI ZWIĘKSZENIA GŁĘBOKOŚCI TECHNICZNEJ NABRZEŻA DO RZĘDNEJ -10,0 m A

Typowy przekrój przez nabrzeże w stanie po wykonanej rozbiórce doku i rewitalizacji nabrzeża pozostał niezmieniony (patrz rys. 5). W projekcie technologicznym [8] sprawdzono stateczność nabrzeża przy założonej, docelowej głębokości technicznej -10,0 m. Obliczenia przeprowadzono (zgodnie z przepisami) dla głębokości dopuszczalnej ustalonej na rzędnej -10,5 m, dla ścianki niezabezpieczonej oraz z konstrukcjami zabezpieczającymi. W obliczeniach [8] przyjęto pozostawienie przy ścianie szczelnej w dnie przypory z gruzu betonowego. Wyniki obliczeń potwierdziły pełną stateczność nabrzeża. Maksymalny moment zginający wyniósł 408 kNm, a głębokość wbicia ścianki szczelnej okazała się wystarczająca. Proponowana przypora z gruzu betonowego, zgodnie z projektem [8], miała mieć następujące parametry: rzędna góry przypory -7,0 m A, szerokość półki przy ścianie nabrzeża 1,5 m, nachylenie skarpy przypory 1:1,5, całkowita szerokość przypory przy dnie kanału 5,0 m.

PODSUMOWANIE

Po przeprowadzonych robotach rozbiórkowych, pracach rewitalizacyjnych oraz badaniach odbiorowych nabrzeże przekazano do eksploatacji.

Założenia do sposobu eksploatacji określono w projekcie [6] z uwzględnieniem pasa technicznego o głębokości -9,0 m na szerokości 2,5 m wzdłuż ścianki.

W zaleceniach powykonawczych zastrzeżono, że eksploatacja powinna przebiegać bez nadmiernych przegłębień przy nabrzeżu powodowanych przez cumujące statki. Wszelkie przegłębienia przekraczające wartość rzędnej -10,5 m powinny być natychmiast usuwane, gdyż mogą zagrażać bezpieczeństwu obiektu.

Po 4 latach eksploatacji nabrzeża nie stwierdzono jakichkolwiek objawów zagrożenia stateczności, stwierdzono natomiast występujące w jednym miejscu przegłębienie dna.

Po usunięciu przegłębienia dopuszczono wyrównanie dna do głębokości -10 m A oraz podczas eksploatacji przeprowadzono uważną kontrolę stateczności nabrzeża i docelowo zabezpieczenie dna przed rozmyciem w pasie technicznym o szerokości 12 m [6].

LITERATURA

1. Archiwalna dokumentacja techniczna dotycząca „Zakładu Prefabrykacji Skrzyń falochronowych w Gdańsku”, Biuro Projektów Budownictwa Morskiego Projmors, Gdańsk, 1970-1972.

2. Badania profilu dna przy nabrzeżu oraz atesty czystości dna, 2013.
3. Badania sondą dynamiczną średnią, Geoset S.C., Gdańsk, 2013.
4. Ekspertyza techniczna określająca możliwości, warunki i sposób rozbioru dwu komór dokowych znajdujących się przy Nabrzeżu Przemysłowym w Kanale Kaszubskim w Gdańsku, PPBH „Aquaprojekt” Sp. z o.o., 2000.
5. Materiały archiwalne – Dokumentacja geologiczno – inżynierska Nr 0513/191 Cz. „B”, Przedsiębiorstwo Hydrogeologiczne w Gdańsku, 1971.
6. Projekt robót rozbiórkowych komór dokowych Nabrzeżu Przemysłowym w Porcie Gdańsk, PPBH „Aquaprojekt” Sp. z o.o., 2012.
7. Projekt technologiczny robót firmy MARTOM Sp. z o.o., Słupsk, 2012/13.
8. Projekt technologiczny wykonania dalszych robót rozbiórkowych komór dokowych przy Nabrzeżu Przemysłowym w Porcie Gdańsk. Część I – docelowe i tymczasowe zabezpieczenie stateczności konstrukcji nabrzeża (ścianki szczelnej) wraz z określeniem etapów prac rozbiórkowych. Część II – obniżenie ciśnienia pod płytą korka. Przedsiębiorstwo Geo-Ekspert Sp. z o.o., Gdańsk, 2013.
9. Wizje lokalne oraz materiały zdjęciowe z inwentaryzacji i prowadzonych prac rozbiórkowych w okresie luty – sierpień 2013.