



XIV INTERDYSCYPLINARNE SYMPOZJUM

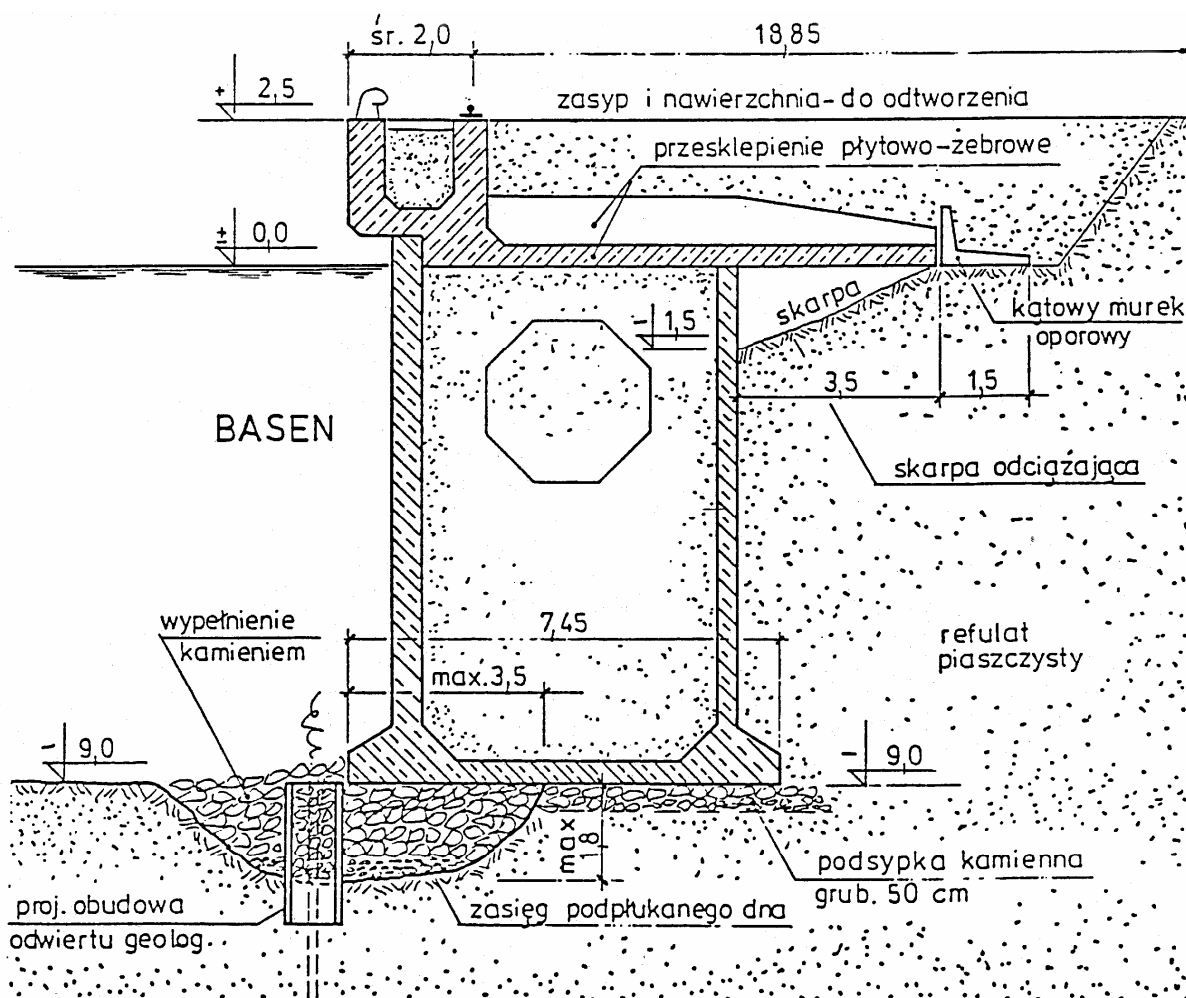
na temat

ZAPOBIEGANIE AWARIOM I KATASTROFOM BUDOWLANYM

Mgr inż. Krzysztof Kowalski

Inż. Witold Smoliński

MODERNIZACJA NABRZEŻA PRZEŁADUNKOWEGO W WYNIKU STANU AWARYJNEGO ORAZ DALSZA JEGO PRZEBUDOWA W CELU ZAINSTALOWANIA ŻURAWI INNEGO TYPU



nabrzeża, szyna odlądowa na żelbetowej belce typu Vierendeela nad ścianą przyległych magazynów oraz na estakadzie (na odcinkach pomiędzy magazynami).

Podłoże gruntowe w poziomie posadowienia skrzyń stanowią grunty nośne. Są to piaski średnioziarniste, średniozagęszczone, przechodzące w niższych partiach w zagęszczone. Za skrzyniami wykonano zasyp z piasków drobnych i średnich.

Omawiane nabrzeże było normalnie eksploatowane do roku 1945. W czasie działań wojennych (w wyniku zdetonowania założonych w komorach skrzyń ładunków wybuchowych) nabrzeże doznało znacznych uszkodzeń. Ściany wielu skrzyń zarysowały się, w innych powstały wyrwy. Poszczególne skrzynie uległy przechyleniu, maksymalnie nawet do 50 cm. Po wojnie nabrzeże odbudowano. Komory z wyrwami i licznymi spękaniem zabetonowano aż do wierzchu korpusu skrzyń. Odtworzono mur nadwodny. Na ścianie odwodnej skrzyni nabrzeżowej wykonano żelbetową belkę, na której osadzono odwodną szynę poddźwignicową. Szyna odlądowa spoczywała nadal na belce Vierendeela.

Po przeprowadzonej odbudowie nabrzeża, rozpoczęto jego dalszą eksploatację. Podstawowe parametry eksploatacyjne odbudowanego nabrzeża były następujące:

- Obciążenie użytkowe naziomu w standardowej wielkości $p=20 \text{ kN/m}^2$
- Przeładunek przy nabrzeżu statków drobnicowców o nośności 8 000 DWT i zanurzeniu max. 8,5 m.
- Praca na nabrzeżu żurawi szynowych, półportalowych o udźwigu $Q=30 \text{ kN}$, w rozstawie torów $B=18,925 \text{ m}$.
- Mur nadwodny nabrzeża wyposażono w urządzenia cumowniczo-odbojowe: pachoty typu gdyńskiego o nośności 500 kN oraz drewnianą ramę odbojową.
- W pasie nawierzchni pomiędzy murem nadwodnym a rampą przyległego magazynu przebiegają trzy tory kolejowe.

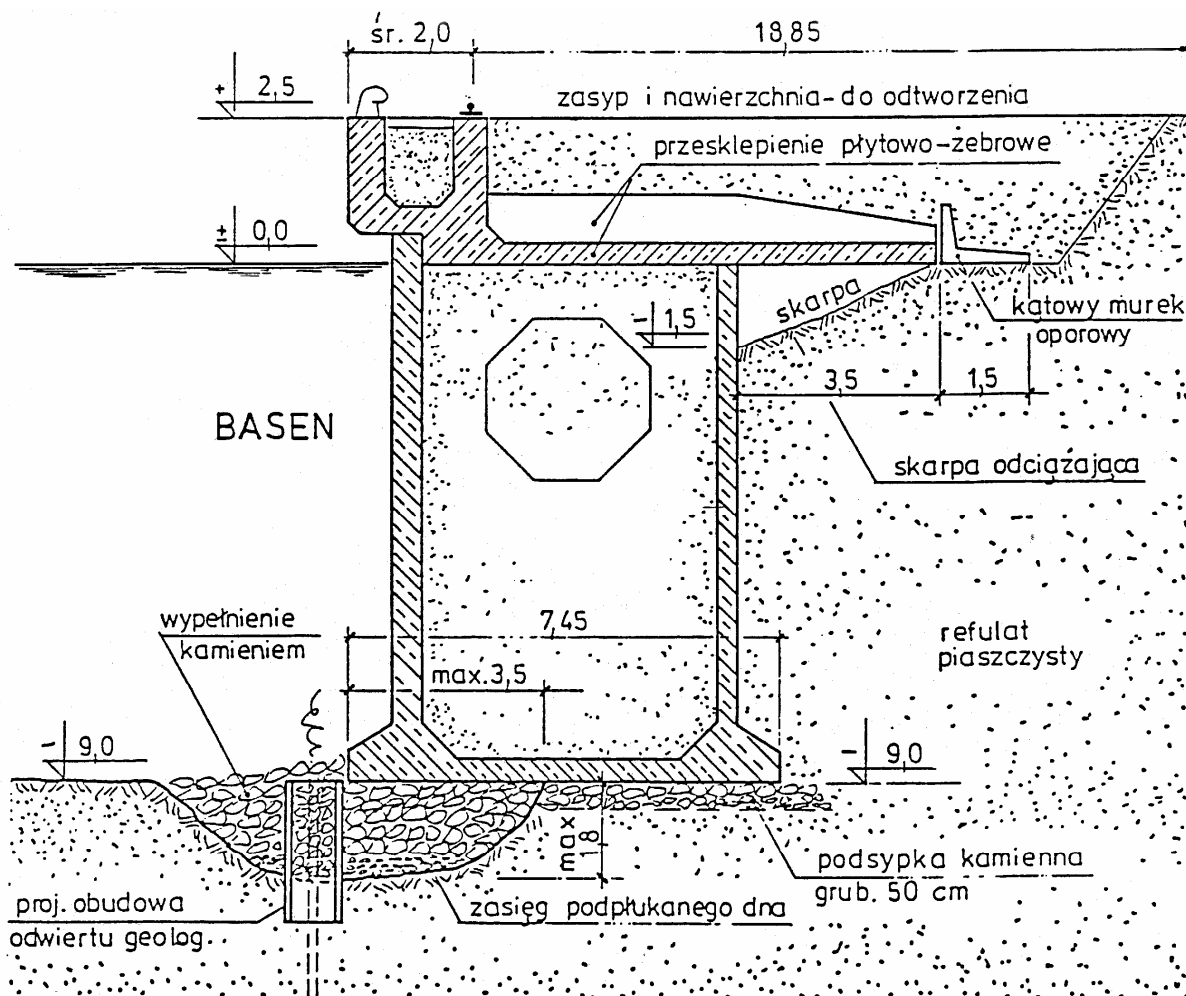
3. Stan awaryjny nabrzeża w wyniku jego podmycia

3.1 Podmycie skrzyń nabrzeżowych

Występujące nieznaczne przegłębienia lub spłylenia dna są zjawiskiem typowym i nie stwarza to większego problemu w eksploatacji nabrzeży. Jednakże na podstawie kolejnego, okresowego sondażu dna stwierdzono w 1962 roku wyjątkowo niebezpieczne przegłębienia. Miały one miejsce w pobliżu stóp niektórych skrzyń nabrzeżowych. Wielkość tych przegłębień dochodziła do 1,8 m poniżej podstawy jednej ze skrzyń i rozciągała się na ok. 2/3 długości dwóch kolejnych skrzyń. Wykonany przez ekipę nurków przegląd dna wykazał, iż poprzeczny zasięg tych przegłębień sięgał max. do 3,5m, tj. na blisko połowie szerokości podstawy skrzyni. Orientacyjny zasięg tych przegłębień oraz zastosowany sposób naprawy obrazuje rys. nr 2.

W tej sytuacji Użytkownik wstrzymał eksploatację na przegłębionych odcinkach nabrzeża. Wydanie opinii zlecono do Biura Projektów Budownictwa Morskiego w Gdańsku.

Już pierwsze ustalenia wykazały, że występujące przegłębienia są wynikiem wypłukania gruntu spod podstawy skrzyń.



Rys . 2. Zasięg podmycia nabrzeża oraz zastosowane konstrukcje wzmocnienia.

Dalsza analiza doprowadziła do zbieżności miejsc tych wypłyków z miejscami wykonanych otworów geologicznych. Szczegółowa analiza przekrojów geologicznych wskazywała na przebicie wykonanymi wówczas odwiertami, warstwy wodonośnej będącej pod ciśnieniem artezyjskim. Zauważalne podczas badań podwodnych pulsacje wody z niszy przegłębień wskazywały na niezaitowanie lub wybite nieuszczelnione zaitowanych otworów wiertniczych. Powierzchnia kontaktu fundamentu z podłożem gruntowym uległa w omawianym przypadku zmniejszeniu do 60%, powodując zagrożenie dla dalszej eksploatacji nabrzeża. Omawiany stan warunków posadowienia był tym groźniejszy, że w podłożu gruntowym następowało rozluźnianie jego struktury.

3.2 Przywrócenie stateczności nabrzeża

W pierwszej kolejności należało ukierunkować wypływ wody artezyjskiej tak, aby wyeliminować destruktywny efekt jej działania. W tym celu przystąpiono do wypełniania dawnych odwiertów betonem pod ciśnieniem. Należy jednak stwierdzić, że nie uzyskano zamierzonego efektu. Trudności tłumaczono głównie tym, że nie sposób było dokładnie zlokalizować miejsca dawnego otworu wiertniczego o średnicy (pierwotnie) 15 cm. Wskutek erozyjnego działania wybijającej wody artezyjskiej na kamienną podsypkę (i

poniżej występujący piasek) następowało coraz rozleglejsze rozluźnienie struktury podłoża.

Wobec powyższego zdecydowano wykonać obudowę wgłębną w miejscu wysięku wody. Obudowę tę wykonano przy użyciu typowych kręgów betonowych o średnicy 1,0 m zapuszczonych na głębokość ok. 0,75 m poniżej powstałego przegłębienia. Aby ułatwić wypływ wody, przestrzeń wewnątrz studni wypełniono kamieniem o średnim wymiarze $D=20\div 30$ cm.

Następnie uzupełniano całą walną przestrzeń pod stopą, materiałem kamiennym o tej samej wielkości, układanym na podkładzie z tłuczni kamienno. Praktycznie należało upychać kolejno wkładane kamienie tak, aby zapewnić ich jak najściślejsze doleganie do podstawy skrzyni nabrzeżowej.

Niezależnie od prac wykonanych w strefie posadowienia podpiłukanych skrzyń, zdecydowano o odciążeniu nabrzeża. Ze względu na zapewnienie jego dalszej pełnej eksploatacji nie ograniczono obciążeń użytkowych. Zdecydowano natomiast odciążyć konstrukcję nabrzeża poprzez zmniejszenie parcia gruntu na ścianę skrzyni. Powyższe uzyskano poprzez wykonanie przesklepienia w postaci żelbetowej płyty żebrowej o grubości 25 cm ze wspornikiem o wysięgu 3,5 m. W ramach tej płyty wykonano nową odwodną belkę podźwignicową. Pod wspornikiem płyty wykonano skarpe odciążającą w nachyleniu ok. 1:3, zmniejszającą dodatkowo wielkość parcia gruntu.

Zapewniono w ten sposób dalszą, bezpieczną eksploatację omawianego nabrzeża.

4. Stan awaryjny magazynu w wyniku intensywnej pracy żurawi nabrzeżowych

4.1 Utrata nośności konstrukcji magazynu

Magazyny składu drobnicy I linii zostały (podobnie jak i nabrzeże) wybudowane w latach trzydziestych XX w. Stanowią je parterowe, trójnawowe hale o konstrukcji nośnej szkieletowej, ze ścianami z cegły. Na żelbetowej belce typu Vierendeela usytuowanej nad ścianą magazynu i wspierającej się na żelbetowych słupach, przebiega odlądowy tor żurawia nabrzeżowego. Rozstaw słupów równy jest rozstawowi ram poprzecznych hali i wynosi 6,0 m. Magazyny te odbudowane po wojnie, po dwudziestu latach dalszej eksploatacji wykazywały stopniową utratę nośności. W roku 1968 stwierdzono wyraźne już rozwarcia w miejscach styków słupów z belką podźwignicową.

Wobec powyższego Zarząd Poru Gdynia zlecił wykonanie przez P.Z.I.T.B. orzeczenia na temat stanu technicznego magazynu. W orzeczeniu określono aktualny stan jego konstrukcji oraz wymagany zakres remontu. Zwrócono wyraźną uwagę na niekorzystne oddziaływanie przejmowanych obciążeń od pracujących żurawi i wnioskowano o odciążenie konstrukcji hali.

Zaistniała sytuacja wymagała zainstalowania lżejszych żurawi półbramowych lub zainstalowania żurawi o konstrukcji bramowej, w całości usytuowanych na nabrzeżu. Drugie rozwiązanie w sposób oczywisty odciążałoby całkowicie konstrukcję hali. Należało spełnić wymóg Zarządu Portu o zapewnieniu możliwości pracy żurawi o udźwigu nie mniejszym jak dotychczasowy tj. $Q=30$ kN.

4.2 Modernizacja istniejącego nabrzeża

Do prac projektowych modernizacji nabrzeża przystąpiło B.P.B.M. Gdańsk. Rozważono możliwość zainstalowania na nabrzeżu żurawi bramowych o takim rozstawie torów, który nie kolidowałby z istniejącymi torami kolejowymi. Szczegółowe obliczenia statyczne wykazały, że na nabrzeżu można bezpiecznie zainstalować żurawie o udźwigu $Q=30$ kN, $R=25$ m, o maksymalnych naciskach od kół jezdnych $P_{max}=220$ kN i ich rozstawie w balansjerze $r=67$ cm. Rozstaw torów jezdnych omawianych żurawi wynosi 6,00 m.

Z uwagi na utrzymanie skrajni osi toru odwodnego w odległości 2,0 m od krawędzi linii cumowniczej, tor odlądowy musi przebiegać w granicach szerokości płyty wspornikowej. Ostatecznie zdecydowano:

- odlądowy tor poddźwignicowy wykorzystany będzie nadal, jednakże z koniecznością wymiany istniejącej szyny i nowego przesuwnej jej zakotwienia
- odlądowy tor poddźwignicowy będzie wykonany:
 - a) na sekcjach nabrzeża bez płyty wspornikowej – bezpośrednio na podłożu gruntowym
 - b) na sekcjach nabrzeża ze wspornikową płytą odciążającą – bezpośrednio na wsporniku tej płyty i z nią odpowiednio połączony

Przekrój zmodernizowanej konstrukcji nadwodnej nabrzeża przedstawia Rys. nr 3.

Wykonanie nowego odlądowego toru poddźwignicowego spowodowało pewne zmiany warunków pracy konstrukcji nabrzeża.

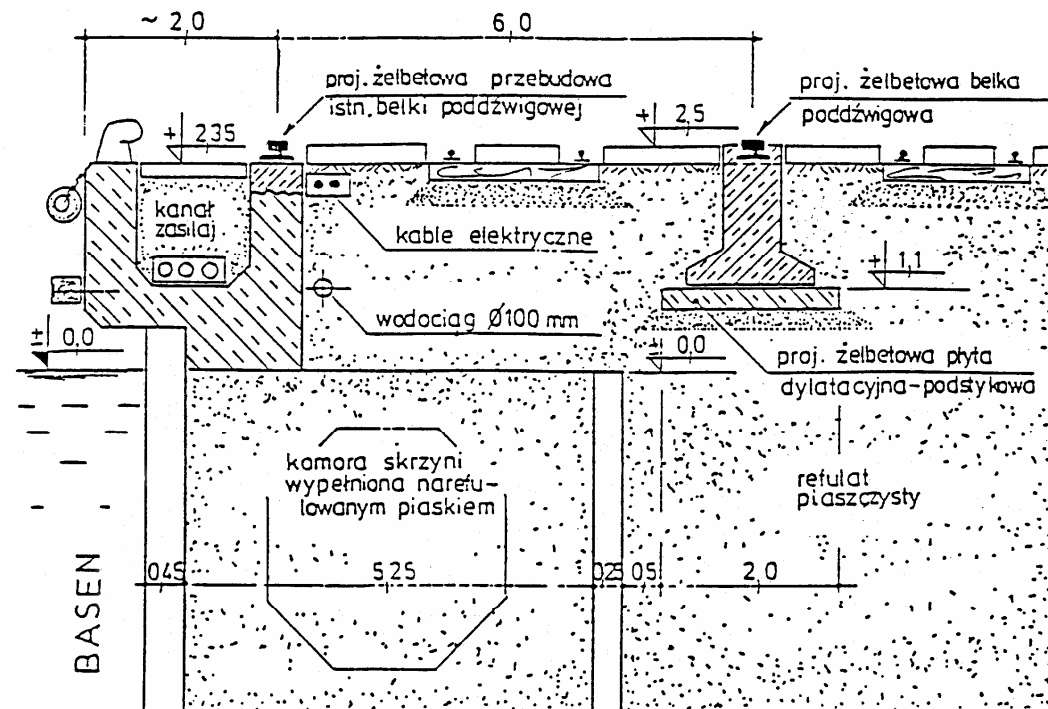
Na sekcjach nabrzeża bez płyty wspornikowej (przypadek a) występuje dodatkowe parcie na ścianę skrzyni nabrzeżowej od obciążenia odlądowej belki poddźwignicowej. Powoduje to zwiększenie naprężeń pod odwodną krawędzią stopy oraz zmniejszenie współczynnika na przesunięcie. Przeprowadzone obliczenia wykazały, że warunek stateczności na tych sekcjach nabrzeża będzie nadal zachowany.

Na sekcjach nabrzeża ze wspornikową płytą odciążającą (przypadek b) występuje bezpośrednie dociążenie wspornika płyty od obciążenia odlądowej belki poddźwignicowej. Powoduje to zwiększenie naprężeń pod odlądową krawędzią stopy, a zmniejszenie naprężeń pod krawędzią odwodną, jak również zmniejszenie współczynnika pewności uskoju naziomu. Obliczenia wykazały, że również na tych sekcjach nabrzeża będzie zachowany warunek stateczności.

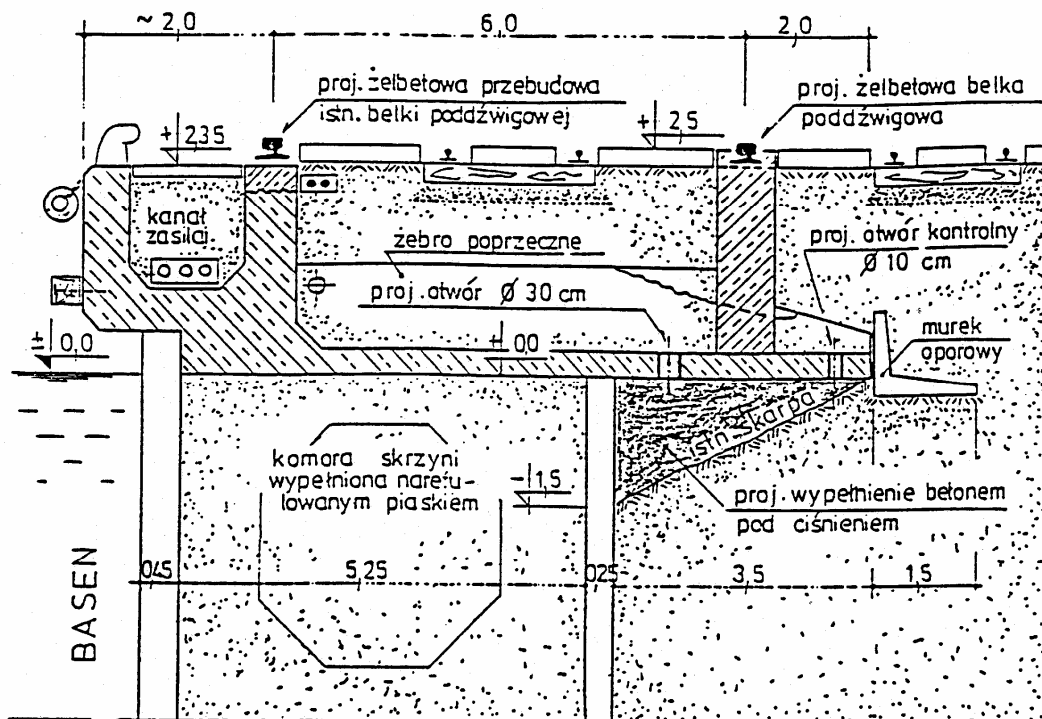
Jednakże obliczona nośność płyty wspornikowej, dociążonej belką odlądową okazała się niewystarczająca. Wobec powyższego zmieniono schemat pracy tego elementu. Zaprojektowana wypełnienie wolnej przestrzeni pod wspornikiem betonem pod ciśnieniem, powodując zmianę układu sił i naprężeń w strefie obciążonego (belką poddźwignicową) wspornika.

Jako nieodzowne, należało zapewnić szczelne wypełnienie masą betonową całej wolnej przestrzeni pod płytą wspornika. Beton podawano pod ciśnieniem przez wykonane w płycie otwory.

PRZEKRÓJ POPRZECZNY NADBUDOWY NABRZEŻA NA SEKCJI
BEZ PŁYTY ODCIĄŻAJĄCEJ (PRZYPADEK "a")



PRZEKRÓJ POPRZECZNY NADBUDOWY NABRZEŻA NA SEKCJI
Z PŁYTĄ ODCIĄŻAJĄCĄ (PRZYPADEK "b")



Rys . 3. Dwa rozwiązania konstrukcyjne posadowień torów podźwignicowych dla zainstalowania żurawia branowego o rozstawie torów 6,00m.

Zapewnienie maksymalnego bezpieczeństwa eksploatacji nabrzeża wymagało wykonania następujących elementów konstrukcyjnych i spełnienia dodatkowych (poza normowymi) warunków:

- Wymieniono dotychczasową szynę jezdnią S-42 zamocowaną na sztywno, na szynę poddźwignicową SD 100, osadzoną w sposób przesuwny na blasze ślizgowej. Szyna na całej długości jest spawana.
- Zaprojektowano żelbetowe płyty podstykowe w strefie dylatacji belek posadowionych bezpośrednio na gruncie (w celu zmniejszenia naprężeń na grunt).
- Podłoże gruntowe pod belkami posadowionymi bezpośrednio na gruncie musiało wykazać wskaźnik zagęszczenia min. 0,97.
- Przewidziano zagęszczenie gruntu z wykonaniem wierzchniej warstwy z tłucznia o grubości 15 cm.
- Zaprojektowano bolce dylatacyjne ograniczające ugięcia krańców belek na dylatacjach. Zastosowano odcinki rur stalowych wzajemnie wpasowanych z pozostawieniem luzu 1,5 mm.

Wykonawstwo omawianych robót zrealizowała firma budowlana „Zakład Usług Hydrotechnicznych” inżyniera Kulińskiego z Gdańska. Należy stwierdzić, że przedmiotowe prace wykonano sprawnie i dokładnie.

5. Eksploatacja nabrzeża po przebudowie

W I etapie przebudowano odcinek nabrzeża na długości 305m. Po trzech minionych latach od zainstalowania 5 nowych żurawi bramowych można ocenić ich pracę za w pełni prawidłową. Ocena samego podtorza, gdzie na torze odlądowym zastosowano dość nietypowe rozwiązanie konstrukcyjne, również nie budzi zastrzeżeń.

Obecnie ukończono II odcinek przebudowy o długości 65 m. Zastosowano tu podobne rozwiązania konstrukcyjne, z pewnymi ich modyfikacjami.

6. Podsumowanie

Bezpieczeństwo eksploatacji nabrzeży udźwigowionych jest w praktyce zagadnieniem złożonym, wymagającym bieżącego i rzetelnego dozoru technicznego. Dotychczasowe doświadczenia w użytkowaniu obiektów tego typu, pozwalają na stwierdzenie, iż zazwyczaj można je bezpiecznie eksploatować nawet przez okres ponad 50 lat, bez ograniczania obciążenia użytkowego. Należy się jednak liczyć z koniecznością częściowej ich przebudowy, zapewniającej dalsze, pełne bezpieczeństwo eksploatacji. W trakcie eksploatacji nabrzeży udźwigowionych, nieodzowna jest wnikliwa ocena aktualnych sondaży dna, dokonywanie okresowych przeglądów skrzyń nabrzeżowych oraz stanu belek poddźwignicowych.

Literatura:

- [1] Hueckel S.: Budowle morskie, Wydawnictwa Morskie Gdańsk 1974.
- [2] Kowalski K., Mazurkiewicz B.: Tory poddźwignicowe. Studia i materiały Katedry Budownictwa Morskiego Politechniki Gdańskiej. Zeszyt 14, 1990.

- [3] Mazurkiewicz B.: Zalecenia do projektowania morskich konstrukcji hydrotechnicznych. Zeszyt 3, 1986.
- [4] Projekty archiwalne, inwentaryzacje konstrukcji, sondaże dna i orzeczenia techniczne omawianego nabrzeża.