

O sposobach zabezpieczania zabytkowego muru oporowego nabrzeża portowego przy rzece Warcie w Poznaniu

Prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska

1. Wprowadzenie

W latach 1900–1905 zbudowano w Poznaniu, przy rzece Warcie, nabrzeże portowe. Zlokalizowano je w rejonie ulicy Garbary. Nabrzeże miało długość 740 m i wyposażono je w bocznicę kolejową, żurawie i inne urządzenia przeładunkowe. Urządzenia te umożliwiały przeładunek około 200 tys. ton towarów

masowych rocznie, głównie zboża, drewna i węgla [1].

W drugiej połowie XX wieku żegluga na Warcie straciła na znaczeniu, transport rzeczny przestał odgrywać znaczącą rolę. Przyczyną tego były niskie stany wód w rzece w okresie wczesnej wiosny i lata.

W roku 1968 zakończono regulację Warty w rejonie Poznania. Polegała ona na przeprowadzeniu nowego ko-

ryta rzeki i likwidacji zakola, przy którym wykonane było nabrzeże portowe. Dawny port usytuowany pierwotnie przy nurcie rzeki znalazł się obecnie w spokojnej zatoce (rys. 1 i 2).

W 1986 roku oddano do użytku zbiornik Jeziorsko, zlokalizowany w górnym biegu rzeki Warty pomiędzy Sieradzem a Ujściem. Zbiornik Jeziorsko zapewnił wyrównanie przepływów w rzece Warcie w ciągu całego roku. Pierwotny oraz obecny przebieg koryta Warty oraz lokalizację nabrzeża portowego pokazano na fragmentach map topograficznych z 1915 (rys. 1) oraz z 1998 roku (rys. 2).

2. Opis konstrukcji nabrzeża

Na rysunku 3 pokazano układ konstrukcyjny nabrzeża.

Analizując dostępne fragmenty dokumentacji nabrzeża pochodzącej z początku XX wieku można było odtworzyć sposób realizacji budowli, który prawdopodobnie przebiegał następująco:

- za pomocą kafara ustawionego na pierwotnym terenie wbijano w dno rzeki dźwigary dwuteowe 300, o nachyleniu 10:1, w odstępach co 1,60 m; głębokość wbicia tych dźwigarów sięgała od 4 do 5 m poniżej istniejącego dna rzeki,
- założono stalowe kotwy zapewniające stateczność konstrukcji; kotwy z prętów o średnicy 50 mm (po dwie na każdy dźwigar) były zamocowane w specjalnie wykonanej ścianie kotwiącej, zlokalizowanej poza klinem odłamu gruntu w odległości około 8,5 m od lica muru;



Rys. 1. Plan miasta Poznania z 1915 roku



Rys. 2.
Fragment
planu
Poznania
z 1998 roku

- uzupełniono grunt za murem, podwyższając istniejący teren do górnej krawędzi muru, tj. do wysokości dochodzącej do 5,5 m,
- górną część muru nabrzeża wyłożono blachą, a następnie płytami granitowymi,
- ułożono odpowiednie tory jezdne dla dźwigów portalowych służących do załadunku i rozładunku towarów w porcie.

3. Stan techniczny nabrzeża

Po regulacji rzeki Warty, która miała miejsce w 1968 roku w użytkowaniu pozostało około 580 m nabrzeża (na odcinku od ulicy Estkowskiego do mostu kolejowego – rys. 2).

Stan techniczny tego fragmentu nabrzeża w części podwodnej był badany na przestrzeni ostatnich 30 lat trzykrotnie przez ekipy nurków. Ekspertyzy wykonywane były w latach 1979, 1993 i 1997. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w wyniku około 100-letniej eksploatacji nabrzeża wystąpiły liczne uszkodzenia elementów muru, zagrożające jego bezpiecznej eksploatacji, a także bezpieczeństwu użytkowania budynków zlokalizowanych w jego sąsiedztwie.

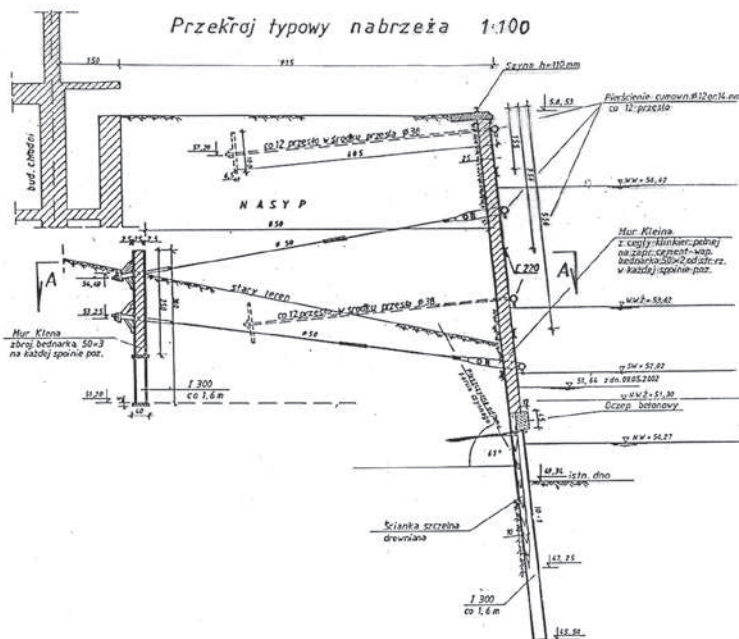
Drewniana ścianka szczelna znajdująca się pod murem ceglany znajdowała się pod nadgniłą, pojawiły się ubytki zarówno pomiędzy poszczególnymi brusami ścianki jak i w górnej jej części, pod oczepek żelbetowym (rys. 4). Zmienił się schemat statyczny brusów, gdyż straciły one oparcie w górnej części w oczepek, a więc zaczęły pracować jak elementy wspornikowe, zamocowane w dnie.

W wyniku uszkodzenia drewnianej ścianki szczelnej, na skutek migracji wód opadowych oraz bezpośredniego kontaktu wody w rzece z gruntem za murem, nastąpiło jego silne wymywanie. W górnej części nabrzeża pojawiły się liczne osuwiska gruntu. Badania warunków gruntowo-wodnych potwierdziły dane z profilu archiwalnego, wykazując, że górna warstwa gruntu przy nabrzeżu jest zbudowana z materiału sypkiego. Nasypany zbudowane zostały z piasków

- naciągami tych kotew, poprzez śruby rzymskie, wyrównywano ewentualne odchyłki powstałe przy wbijaniu dźwigarów dwuteowych,
- pomiędzy dźwigarami zabito ściankę szczelną drewnianą o długości ok. 3,5 m, której zadaniem było zabezpieczenie przed wymywaniem gruntu z za nabrzeża; ściankę szczel-

ną zwieńczono oczepek żelbetowym lub drewnianym,

- na oczepek wykonano mur typu Kleina o grubości 25 cm, z cegły klinkierowej, na zaprawie cementowo-wapiennej, zbrojony w każdej spoinie poziomej bednarką 50 x 2 mm,
- mur od strony gruntu pokryto tynkiem cementowo-wapiennym,



Rys. 3. Przekrój obrazujący układ konstrukcyjny nabrzeża portowego przy rzece Warcie w Poznaniu [2]



Rys. 4. Dolny fragment muru. Pod murem ceglanyym stwierdzono ubytki drewnianej ścianki szczelnej



Rys. 5. Fragment muru zabezpieczonego w dolnej części ścianką Larssena

średnich i drobnych z domieszką glin piaszczystych i piasków gliniastych. W stropowej warstwie nasypów pojawiła się duża ilość gruzu, tłucznia i kamieni. Obecność gruzu ceglanoego i kamieni stwierdzono również w dolnej warstwie nasypu. Pod utworami nasypowymi zalegają piaski aluwialne o różnej granulacji, od piasków drobnych do grubych i pospółtek. Poziom zwierciadła wody gruntowej przy ścianie nabrzeża odpowiadał stanowi wody w porcie. Materiał gruntowy wykorzystany do zasypu muru nabrzeża jest podatny na wymywanie przez wody w rzece, a także wody opadowe intensywnie przesiąkające wzdłuż ściany muru. W ceglach muru stwierdzono liczne ubytki. Elementy stalowe, do których zamocowano drewniane odbojnice, zostały silnie skorodowane, miejscami ich brakowało. Nie było także drewnianych odbojnic. Po wykonaniu odkrywek w gruncie stwierdzono, że stalowe odciągi o średnicy 50 mm, zapewniające w znacznej mierze stateczność nadbrzeża, były w dobrym stanie. Dostrzeżono jedynie powierzchniowe ślady korozji.

4. Opis dotychczas podjętych prac naprawczych

Pierwsze prace zabezpieczające wykonano w końcu lat siedemdziesiątych XX wieku. Dotyczyły one środkowego fragmentu muru o długości 280 m, na odcinku od 110 m do 390 m licząc od ulicy Estkowskiego. Naprawę tego odcinka wykonał ówczesny użytkownik, Żegluga Bydgoska. Na

prawa polegała na zabiciu w dolnej części muru ścianki Larssena, zasypaniu piaskiem szczeliny między murem a zabitym ścianką, zamknięciu góry ścianki betonową czapą. Uzupełniono również ubytki gruntu za murem. Widok fragmentu tak zabezpieczonego muru pokazano na rysunku 5.

W roku 2002 dokonano naprawy i zabezpieczenia muru na odcinku o długości 72 m, zaczynającym się 38 m od ulicy Estkowskiego i sięgającym do początku zabitej ścianki Larssena.

Prace remontowe przewidywały wykonanie zbrojonych płyt żelbetowych w dolnej, podwodnej części muru, znajdującej się poniżej oczepu. Płyty umieszczono między stopkami dźwigarów dwuteowych, stanowiących główny element nośny konstrukcji nabrzeża. Zadaniem zaprojektowanych płyt było przejście parcia gruntu zza muru, zastąpienie roli ścianki szczelnej drewnianej oraz podparcie oczepu żelbetowego, na którym wzniesiono mur oraz samego muru ceglanoego. Jako alternatywne rozwiązanie rozważano zabicie ścianki szczelnej stalowej od strony wody, tuż przy istniejącym murze, ale z uwagi na stan techniczny nabrzeża oraz sąsiedztwo istniejących budynków od tego pomysłu odstąpiono. Drgania powodowane wbijaniem brusów stalowych mogłyby doprowadzić do katastrofy budowlanej. Przed wykonaniem płyt żelbetowych przewidziano odmulenie dna rzeki przy murze za pomocą refulerów, aż do osiągnięcia gruntu rodzimego, nośnego. W dalszej kolejności zaprojektowano umieszczenie pomiędzy stopkami

dwuteowników 300, siatek zbrojenio-
wych o oczkach 10 x 10 cm, z prętów o średnicy 10 mm ze stali 18G2. Jako szalunek (tzw. szalunek tracony) od strony wody zastosowano płyty stalowe, o grubości 8 mm w specjalny sposób mocowane do dźwigarów głównych. Płyty te poprzez odpowiednie kotwy przewidziano połączyć z betonem płyt żelbetowych, tak aby współpracowały. Po zamontowaniu zbrojenia i szalunków, przestrzenie pomiędzy istniejącą ścianką szczelną drewnianą a szalunkiem z blachy stalowej, wypełniono betonem klasy B 25, stosując betonowanie podwodne. Po wzmocnieniu podwodnych części muru na całej jego długości (po uzgodnieniu z konserwatorem zabytków) oczyszczono cegły za pomocą piaskowania i zabezpieczono je powierzchniowo środkiem hydrofobowym oraz założono nowe odbojnice z belek dębowych. W górnej części nabrzeża projekt remontu zakładał uzupełnienie ubytków gruntu za murem, założenie drenażu przechwytyjącego wody opadowe oraz ponowne ułożenie płyt granitowych wieńczących górną część muru ceglanoego. Prace remontowe przebiegały zgodnie z projektem aż do momentu, gdy w jednym z przęseł podczas odmulenia dna nastąpiło intensywne osuwanie się gruntu i gruzu zza muru, zagrażające bezpieczeństwu pracujących nurków (rys. 6).

Po wstrzymaniu robót rozszerzono zakres prac geotechnicznych w celu wychwycenia wszystkich miejsc, gdzie mogłoby dojść do osuwania się gruntu zza muru. W związku z tym wyko-

nano pięć sondowań lekką sondą dynamiczną DPL(SL) z końcówką stożkową. Sondowania rozmieszczono tuż za poziomymi płytami granitowymi wieńczącymi mur nabrzeża. W efekcie tego odległości sondowań od krawędzi wewnętrznej muru wynosiły od 0,8 do 1,2 m. Przy rozmieszczeniu miejsc sondowań brano pod uwagę widoczne na powierzchni terenu ubytki i kawerny. Uwzględniono również informację uzyskaną od wykonawcy remontu, który wskazał miejsca obsuwającego się gruntu. Odległości pomiędzy sondowaniami zmieniały się od 9,1 do 19,3 m. Głębokość sondowań dochodziła do 11 m, tj. do rzędnej wbicia istniejącej drewnianej ścianki szczelnej. Przeprowadzone badania wykazały, że zagęszczenie gruntu zasypowego w sąsiedztwie ceglanej ściany nabrzeża jest zróżnicowane, przy czym większość warstw odznacza się stanem luźnym na pograniczu średnio zagęszczonego. Stopień zagęszczenia omawianego gruntu wahał się najczęściej w granicach od 0,20 do 0,37. Wyraźną zmianę stanu zagęszczenia obserwowano na poziomie oczepu drewnianej ścianki szczelnej. Warstwy podłoża poniżej tego oczepu były początkowo w stanie średnio zagęszczonego i stopniowo osiągały stan zagęszczonego. Biorąc pod uwagę wyniki sondowań i obserwowane w terenie kawerny (zapadliska) stwierdzono, że największe rozluźnienie gruntu występowało przy samym murze nabrzeża. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły wyznaczyć w terenie odcinki najbardziej zagrożone obsuwami, na których na-

leżało wykonać wzmocnienie gruntu. Po analizie wyników badań geotechnicznych podjęto decyzję o zabezpieczeniu zagrożonych dwudziestu jeden przęseł poprzez stabilizację gruntu iniekcją cementową. W tym celu poprzez wywiercone otwory w murze tuż nad oczepem żelbetowym zaprojektowano wprowadzenie, perforowanych rur stalowych o długości 2,5 m, w rozstawie co 53 cm. Poprzez te rury wprowadzono do gruntu pod ciśnieniem ok. 100 kPa (1 atm) zaczyn cementowy. Ciśnienie iniekcji przyjęto na podstawie obliczeń parcia spoczynkowego gruntu na poziomie oczepu. Wartość obliczeniowa tego parcia wynosiła 95 kPa. Pozostawione rury stwardniały, wymieszany z gruntem zaczyn cementowy, ustabilizowały osuwiska i prace mogły być bez większych przeszkód kontynuowane.

Widok muru oporowego naprawionego w powyższy sposób pokazano na rysunku 7.

Na naprawę do dnia dzisiejszego czeka ostatni odcinek muru, o długości około 190 m od zakończenia wzmocnienia ścianką Larssena do mostu kolejowego. Poniżej podano proponowany sposób naprawy tego odcinka zaczerpnięty z projektu opracowanego przez jedno z biur projektowych w Poznaniu.

Wykonanie obudowy zabezpieczającej ten odcinek nabrzeża zaprojektowano z profili stalowych, np. Larssena G62. Założono, że profile będą wprowadzone w dno rzeki techniką eliminującą niekorzystne, dynamiczne oddziaływanie na otoczenie (zwłaszcza „stare” nadbrzeże portowe), np. przez

wpłukiwanie. Uznano, że niedopuszczalne jest wbijanie przy użyciu udarów o dużej energii lub wwbrowywanie. Profile przewidziano wprowadzić w dno rzeki Warty, równolegle do istniejącej obudowy nadbrzeża. Proponowany poziom zagłębienia profili odpowiada rzędnej 43,0 m n.p.m.; poziom „góry” profili 53,0 m n.p.m.; długość profili: 10,0 m. W projekcie napisano, że profile należy wprowadzić, np. wpłukać w podłoże, nadając im nachylenie równoległe do istniejącego nadbrzeża portowego tj. nachylenie 10:1. Prace należy wykonać z barki, nie obciążając nie wzmocnionego nadbrzeża.

Po zabezpieczeniu dolnej części muru ścianką Larssena przewidziano wykonanie zasyпки za stalową ścianką szczelną, pomiędzy tą ścianką a istniejącym „starym” nadbrzeżem. Planuje się wykonanie zasyпки z piasku stabilizowanego cementem (w ilości 2,5%, tj. około 50 kg/m³). Zasypkę należy wykonać ze szczególną starannością w miejscach, gdzie nurt rzeki wypłukał grunt spod i zza „starego” nadbrzeża, tak aby zasyпка wypełniła kawerny. Końcowym etapem prac powinno być wykonanie betonowej „czapki” na profilach ścianki szczelnej i zasypkę („czapkę” należy wykonać w sposób identyczny, jak wykonano ją w czasie remontu sąsiedniego odcinka nadbrzeża).

5. Uwagi dotyczące napraw

Dwie pierwsze wykonane już naprawy okazały się skuteczne. Wbicie ścianki Larssena 30 lat temu okazało się możliwe i nie spowodowało dodatko-



Rys. 6. Osuwisko gruntu za murem, które uwidoczniło się w trakcie robót remontowych wykonywanych w 2002 roku



Rys. 7. Widok muru nabrzeża naprawionego w 2002 roku

wych uszkodzeń, na co zapewne miał wpływ o wiele lepszy stan muru niż 20 lat później, gdy w 2002 roku wykonywano naprawę na drugim odcinku, oraz 30 lat później (a więc aktualnie), gdy zamierza się naprawić ostatni odcinek muru. Autorzy projektu naprawy ostatniego odcinka muru słusznie wskazują, że zabijanie ścianek Larssena nie wchodzi w grę. Przewidują pogrążenie profili Larssena przez wplukiwanie. Poziom zagłębienia profili założono na rzędnej 43,0 m n.p.m. Według archiwalnej dokumentacji poziomy, do którego sięgają pionowe profile stalowe I300 wynosi 45,5 m n.p.m., a więc ścianka Larssena miałaby być wplukana 2,5 m poniżej istniejących dźwigarów. Autorzy projektu nie wzięli pod uwagę faktu, że przy wplukiwaniu profili ścianki Larssena nastąpi silne rozluźnienie podłoża co jest szczególnie niebezpieczne w rejonie osadzenia istniejących profili stalowych I300. Taki sposób osadzenia ścianki Larssena może doprowadzić do katastrofy muru.

Zakładając, że udałoby się wykonać ściankę z profili Larssena wzdłuż całego odcinka naprawianego muru autorzy przewidzieli w dalszej kolejności „Wykonanie zasyпки za stalową ścianką szczelną, pomiędzy tą ścianką a istniejącym „starym” nabrzeżem”.

Nie wspomniano o konieczności i sposobie usunięcia namułów z dna rzeki pomiędzy palisadą drewnianą a ścianką Larssena, a jest to warunek niezbędny, gdyż w przeciwnym razie można się spodziewać nadmiernych osiadań zasypanego gruntu.

Kolejne wątpliwości budzi sposób wypełnienia ubytków gruntu za palisadą drewnianą oraz zagęszczenie i wypełnienie przestrzeni pod samym murem ceglany. Praktycznie nie ma takiej możliwości aby wyspany od góry piasek z cementem mógł zapewnić właściwe wypełnienie pustek i aby stanowił właściwe podparcie dla muru ceglano.

Można założyć, że ubytki gruntu za murem oporowym uzupełnione zostaną przy wykonywaniu projektowanych ko-

lumn DMS (grunt mieszany z cementem), ale to i tak nie eliminuje wcześniej podanych zastrzeżeń.

W projekcie nie znaleziono wzmianki o konieczności i sposobie odprowadzenia wód opadowych z terenu znajdującego się za murem. Jest to istotna sprawa z punktu widzenia stateczności muru.

W świetle powyższych uwag, autorzy projektu powinni jeszcze raz przeanalizować zaproponowane rozwiązania, gdyż biorą na siebie całkowitą odpowiedzialność za ewentualne negatywne skutki, jakie mogą się pojawić przy realizacji prac wzmacniających nabrzeże.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Poznań od A do Z. Leksykon krajoznawczy pod redakcją W. Łęckiego i P. Maluśkiewicza. Wydawnictwo Kurpisz, Poznań 1998
 [2] Buczkowski W., Niedzielski A., Lipiński A., Franczak D., Naprawa zabytkowego muru oporowego przy nabrzeżu portowym na Warcie w Poznaniu. Gospodarka Wodna 8/2003

I Konferencja Techniczno-Budowlana „PROBLEMATYKA PROJEKTOWANIA I WYKONAWSTWA W ASPEKcie STOSOWANIA NOWYCH TECHNOLOGII I MATERIAŁÓW W BUDOWNICTWIE. NORMY EUROPEJSKIE – TEORIA A PRAKTYKA” – TECH-BUD’2012

Kraków 21–23 listopada 2012

ORGANIZATORZY KONFERENCJI:

Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa Oddział Małopolski w Krakowie
 Centrum Usług Techniczno-Organizacyjnych Budownictwa

KOMITET ORGANIZACYJNY:

Mgr inż. Stanisław Nowak – przewodniczący
 Dr inż. Maciej Gruszczyński – wiceprzewodniczący
 Dr inż. Małgorzata Lenart – sekretarz

TEMATYKA KONFERENCJI:

Celem konferencji jest prezentacja najnowszych rozwiązań projektowych, materiałowych i technologicznych oraz wyników badań związanych z wdrażaniem i stosowaniem nowatorskich rozwiązań w budownictwie. Konferencja obejmować będzie następującą tematykę:

- A. nowoczesne rozwiązania technologiczne i projektowe w budownictwie,
- B. prawne i techniczne aspekty wykonywania i napraw konstrukcji betonowych,
- C. oddziaływanie ustawy Prawo zamówień publicznych i kryterium „najniższej ceny” na wdrażanie nowych technologii, konieczność wprowadzenia zmian,
- D. zagrożenia związane z błędami popełnianymi podczas wdrażania nowych rozwiązań materiałowo-technologicznych,
- E. trwałość i ochrona przed korozją konstrukcji żelbetonowych, stalowych, drewnianych i murowych,
- F. modelowanie procesów degradacji materiału konstrukcji, badania laboratoryjne,
- G. metody diagnostyki konstrukcji,
- H. współczesne tendencje w budownictwie.

KOMITET NAUKOWY:

Prof. dr hab. inż. dr h.c. Kazimierz Flaga
 – przewodniczący
 Dr inż. Marian Płachecki
 – wiceprzewodniczący

DANE DO KORESPONDENCJI:

I Konferencja „TECH-BUD. Kraków’2012”
 PZITB-CUTOB O/Kraków
 ul. Straszewskiego 28, 31–113 Kraków
 tel./fax: (12) 421-47-37
 e-mail: techbud@pzitb.org.pl