

Wpływ środowiska morskiego na korozję żelbetu w morskich budowlach hydrotechnicznych

Inż. Paweł Chudziak – PORR S.A. / Politechnika Gdańska

Inż. Marcin Zaborowski – Politechnika Gdańska

Beton, jako produkt powstały ze zmieszania wody, cementu, kruszywa oraz ewentualnych domieszek, może ulegać różnym rodzajom korozji. Wśród nich wyróżniamy korozję:

- wywołaną karbonatyzacją,
- wywołaną chlorkami nie pochodzącymi z wody morskiej,
- wywołaną agresywnym oddziaływaniem zamrażania/rozmarzania,
- spowodowaną chlorkami pochodzącymi z wody morskiej,
- wywołaną czynnikami mechanicznymi.

Omawiana budowla jest narażona głównie na korozję związaną z oddziaływaniami chemicznymi (korozja chlorkowa stali zbrojeniowej), fizycznymi (falowanie) oraz wpływami pogody (cykle rozmrażania/zamrażania). Należy mieć na uwadze, że w przypadku tego rodzaju budowli uszkodzeniom ulegają

nie tylko elementy i powierzchnie betonowe (rys. 1), ale także wszelkie inne części budowli.

Falowanie odpowiada za uszkodzenia mechaniczne betonu. W strefie falowania można dostrzec znaczne ubytki na powierzchni elementu. Powstają one w wyniku przekazania energii kinetycznej fali w momencie uderzenia fali w przeszkodę. Ponadto można zauważyć, że rozkołysane zwierciadło wody szkodzi konstrukcji nie tylko w momencie silnych wiatrów (np. sztormu), lecz również wtedy, gdy element żelbetowy jest stale podmywany przez wodę i dochodzi do zjawiska ścierania betonu.

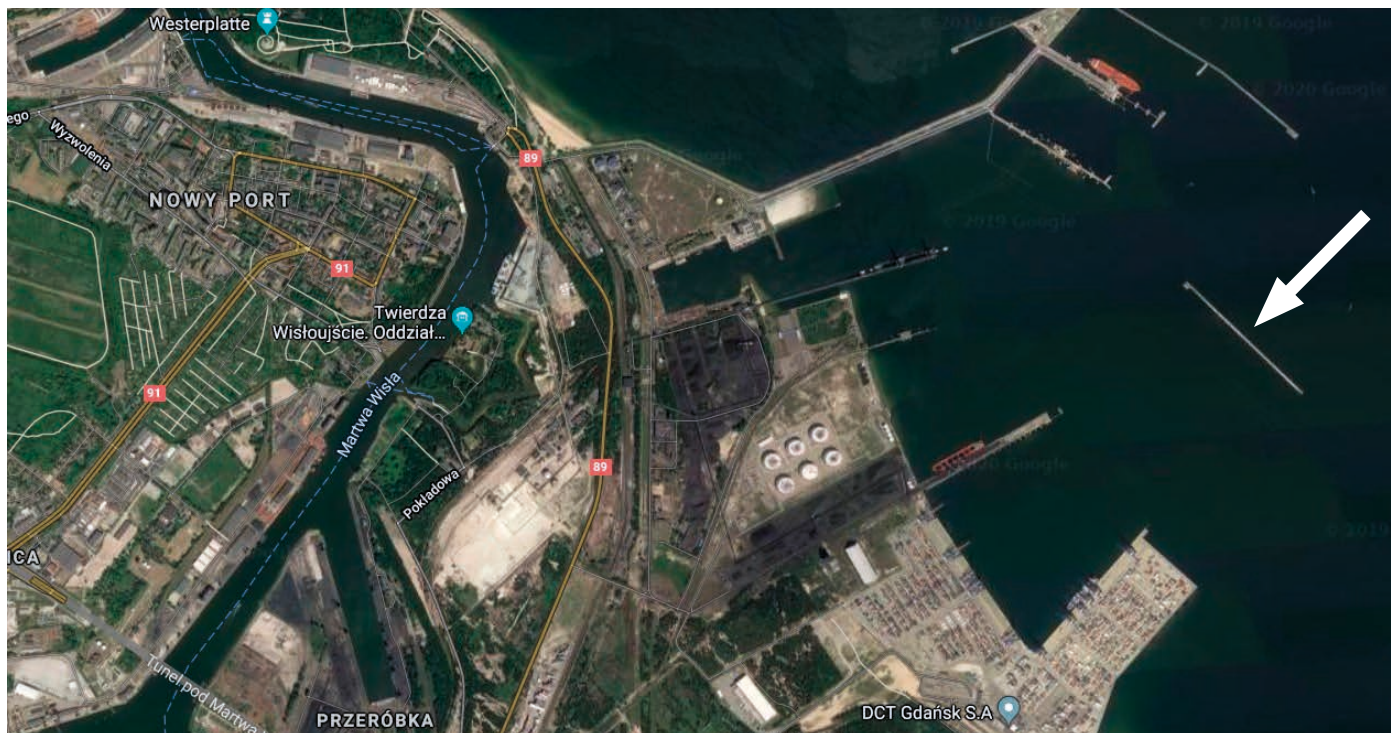
Korozja wywołana jonami chlorkowymi postępuje z dużą szybkością z powodu łatwości z jaką przenikają one do matrycy cementowej. Chlorki powodują obniżenie pH betonu oraz powstanie związków chemicznych, które mogą doprowadzić do spękania betonu. Przez powstałe rysy woda przenika do zbroje-



Rys. 1. Uszkodzenia dywanika asfaltowego (aut. Paweł Chudziak)



Rys. 2. Efekty korozji chemicznej (aut. Paweł Chudziak)



Rys. 3. Lokalizacja falochronu (źródło: <https://www.google.pl/maps>)

nia, które ulega korozji. Rdza powstała w wyniku korozji stali zwiększa objętość pręta i „rozpycha” beton, który zaczyna odpadać. Innym zjawiskiem zwiększającym korozję żelbetu jest ciągle nawilżanie i wysychanie powierzchni betonowych. Jest to tak zwane wietrzenie solankowe. Efektem tego jest sól morską osadzająca się na powierzchni betonu, która następnie dostaje się do jego porów i podczas kolejnego nawilżenia zwiększa swoją objętość, powodując uszkodzenia betonu. Istnieją specjalne domieszki do mieszanek betonowych, które pozwalają zwiększyć odporność konstrukcji na korozję chemiczną.

OPIS I LOKALIZACJA

W niniejszym artykule posłużono się przykładem Falochronu Wyspowego Wschodniego w Porcie Północnym w Gdańsku. Budowla ta składa się z prefabrykowanych elementów żelbetowych takich jak skrzynie, łamacze fal czy szykany. Głównymi elementami konstrukcji są skrzynie żelbetowe posadowione bezpośrednio na podłożu, na których wykonano żelbetową nadbudowę. Z kolei na nadbudowie ustawiono łamacze fal oraz szykany, które znajdują się po stronie północnej falochronu (od strony Zatoki Gdańskiej). Konstrukcja ma 652 m długości i zawiera jedną głowicę od strony północno-zachodniej.

Falochron Wyspowy Wschodni wchodzi w skład podstawowej infrastruktury zapewniającej dostęp do Portu Gdańsk. Wybudowano go w pierwszej połowie lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku równolegle z powstaniem Portu Północnego

(rys. 3). Jego głównym zadaniem jest osłona miejsc przeładunku znajdujących się na terenie Portu Północnego w Gdańsku.

Aktualnie prowadzone są prace polegające na remoncie oraz wydłużeniu istniejącego falochronu, a także na wybudowaniu nowego.

PRZYKŁADY USZKODZEŃ KONSTRUKCJI

Zdjęcia zawarte w artykule są częścią dokumentacji fotograficznej wykonanej na potrzeby realizacji inwestycji pn. „Modernizacja falochronów osłonowych w Porcie Północnym w Gdańsku” i opublikowano je za zgodą Inwestora, którym jest Urząd Morski w Gdyni. Fotografie wykonano w sierpniu 2019 roku, a więc prawie pół wieku po wybudowaniu falochronu (rys. 4, 5, 6, 7).

Analiza uszkodzeń

Za przeważającą większość uszkodzeń żelbetowej konstrukcji falochronu odpowiada zjawisko falowania (korozja mechaniczna) oraz wysoka zawartość chlorków w powietrzu i wodzie morskiej (korozja chemiczna). Na łączeniach skrzyń odnotowano ubytki w konstrukcji żelbetowej, a także wypłukania dyfuzji. Odpadający beton zmniejsza otulinę lub całkowicie ją niweluje, odsłaniając zbrojenie, które następnie bardzo szybko koroduje.



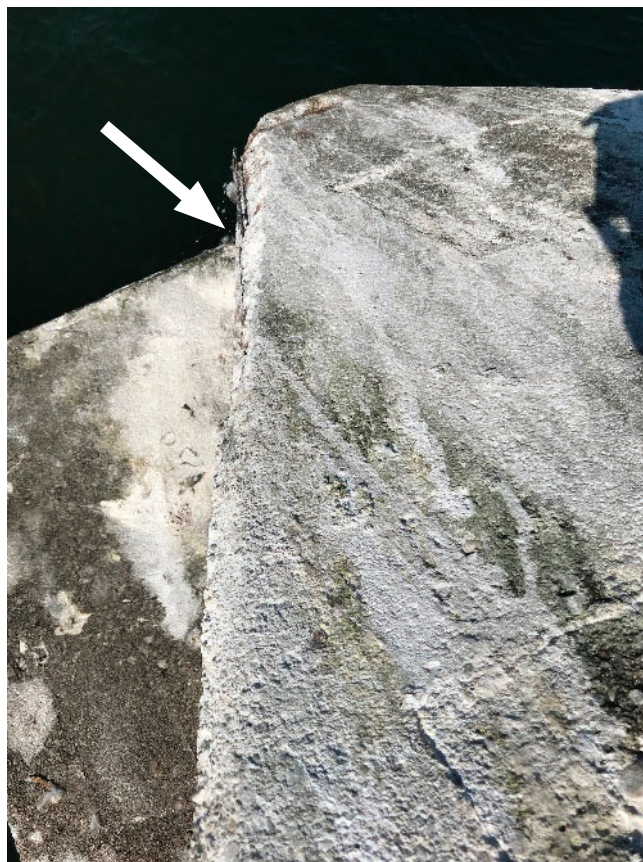
Rys. 4. Widoczne pręty zbrojeniowe na szykanie (aut. Paweł Chudziak)



Rys. 5. Ubytki w betonie (aut. Paweł Chudziak)



Rys. 6. Widoczna korozja prętów zbrojeniowych oraz ubytek w łamaczu fal (aut. Paweł Chudziak)



Rys. 7. Widoczne pręty zbrojeniowe na szykanie (aut. Paweł Chudziak)



Rys. 8. Ubytek w szykanie (aut. Paweł Chudziak)

Innym czynnikiem odpowiadającym za korozję betonu jest kwas moczowy zawarty w odchodach ptactwa, głównie mew i kormoranów zwyczajnych (objętych ochroną na terenie RP). Ptaki te, z racji braku zagrożenia ze strony drapieżników, często przebywają na falochronie, zanieczyszczając go. Na zdjęciu (rys. 8) widać skorodowane zbrojenie w miejscu, gdzie ptactwo zostawia nieczystości.

Dodatkowo należy zauważyć, że Bałtyk jest morzem zasolonym, a nie słonym. Powoduje to zamarzanie jego wód już przy -5°C . Woda znajdująca się w porach betonu zamarzając zwiększa swoją objętość i powoduje dalszą degradację konstrukcji żelbetowej.

WNIOSKI

Nawet prawidłowo zaprojektowany i wykonany beton nie jest w stanie przetrwać w ciężkich warunkach, jakie niewątpliwie panują w obrębie morskich budowli hydrotechnicznych. Należy również wziąć pod uwagę, że opisywana konstrukcja ma prawie 50 lat, natomiast dzisiejszy poziom wiedzy pozwala na odpowiednie wzmocnienie betonu przeznaczonego do wbudowania na morzu przy pomocy odpowiednich domieszek. W celu

ochrony przed uszkodzeniami wywoływanymi falowaniem należy zabezpieczyć konstrukcję narzutem od strony odmorskiej, który będzie rozpraszał energię falowania. Ponadto należałoby wziąć pod uwagę możliwość regularnych inspekcji w celu możliwie najszybszego odkrycia ubytków i dokonania napraw, na przykład poprzez „gałkowanie”, zanim uszkodzeniu ulegnie więcej powierzchni betonowych. Należy również rozważyć pokrycie zewnętrznych powierzchni środkami „zamykającymi” pory w betonie, zwłaszcza w strefie zmiennych poziomów wody. Najważniejsze jest jednak rozpoznanie czynników mających wpływ na pojawienie się i przyspieszanie korozji już na etapie projektowania konstrukcji. Pozwoli to uniknąć kosztownych remontów w przyszłości.

LITERATURA

1. Horszczaruk E., Brzozowski P., Rucińska T.: Odporność na korozję chlorkową podwodnego betonu naprawczego dojrzewającego w warunkach oddziaływania ciśnienia hydrostatycznego, *Budownictwo i Architektura*, vol. 12, nr 3, 2013
2. Materiały firmy Góraźdze Beton - https://www.gorazdze.pl/pl/system/files_force/assets/document/c2_-_korozja_chemiczna_betonu.pdf?download=1