

# APARATURA

## BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

### Uszkodzenie i koncepcja naprawy żelbetowego osadnika popłuczyn

*ANNA SZYMCZAK-GRACZYK*

**UNIWERSYTET PRZYRODNICZY W POZNANIU, WYDZIAŁ MELIORACJI I INŻYNIERII ŚRODOWISKA,  
KATEDRA MECHANIKI BUDOWLI I BUDOWNICTWA ROLNICZEGO**

**Słowa kluczowe:** zbiornik żelbetowy, remont zbiornika, produkty naprawcze, jakość prac budowlanych

#### **STRESZCZENIE**

W artykule przedstawiono uszkodzenia oraz sposób naprawy monolitycznego, żelbetowego zbiornika – osadnika popłuczyn zlokalizowanego na terenie stacji uzdatniania wody. Zaproponowano naprawę środkami uznanej firmy. Pokazano rezultat zaprojektowanego sposobu naprawy zbiornika. Szczególną uwagę zwrócono, na jakość zrealizowanych robót.

#### **Damage and concept of repair reinforced concrete tank**

**Keywords:** reinforced concrete tank, repair of tank, reparation products, quality of construction work

#### **ABSTRACT**

In article present damages and manner of repair monolithic reinforced concrete tank situated in the area of water station. It suggest repair products of recognize firm. Show the result of designed manner and repair of tank. It return particular note, on quality of realized job.

## 1. WSTĘP

Przedmiotem artykułu są uszkodzenia oraz sposób naprawy monolitycznego, żelbetowego osadnika popłuczyn zlokalizowanego na terenie stacji uzdatniania wody. Funkcją zbiornika jest magazynowanie wód popłucznych z filtrów stacji uzdatniania wody. Ponieważ jest to zbiornik otwarty, zbierają się w nim również wody deszczowe. Zbiornik wybudowany został w 1979 roku. Osadnik żelbetowy ma wymiary w rzucie 15 m na 50 m i składa się z dwóch podłużnych komór o wymiarach w świetle 7 m na 50 m każda. Istniejący zbiornik popłuczyn ma głębokość wynoszącą od 2,35 m do 2,6 m oraz pojemność użytkową 1300 m<sup>3</sup>. Zbiornik jest zagłębiony w gruncie. Górne krawędzie ścian o grubości 30 cm usytuowane są 10 cm powyżej poziomu terenu. Zbiornik wykonany został z betonu klasy C16/20 (w projekcie stosowano poprzednie oznaczenia tj. klasę betonu B20). Otulina zbrojenia wynosiła 3 cm. Na Rysunku 1 przedstawiono widok istniejącego zbiornika.



Rysunek 1 Widok istniejącego zbiornika  
Figure 1 View of existing tank

## 2. USZKODZENIA KONSTRUKCJI ŻELBETOWEJ ZBIORNIKA

Przedmiotem oceny stanu technicznego był zbiornik żelbetowy. Po opróżnieniu zbiornika w pierwszej kolejności oczyszczono wnętrze z osadów. Na podstawie przeprowadzonych oględzin stwierdzono występowanie w ścianach żelbetowych licznych rys i mniejszych ubytków betonu. Na Rysunku 2 pokazano istniejące uszkodzenia w postaci rysy pionowej zlokalizowanej na wewnętrznej ścianie zbiornika. Rysa ta zlokalizowana była w odległości 30 m od ściany szczytowej zbiornika. Natomiast na Rysunku 3 przedstawiono ubytki betonu na ścianach zbiornika.



Rysunek 2 Widok zarysowanej ściany zbiornika  
Figure 2 View scratch the walls of the tank



Rysunek 3 Widok ubytków betonu w ścianie zbiornika  
Figure 3 View cavities in the walls of the tank

Rysunek 4 przedstawia widok części zbiornika z występującymi licznymi uszkodzeniami.



Rysunek 4 Widok części zbiornika z występującymi uszkodzeniami  
Figure 4 View of the tank with damage

Na wewnętrznych ścianach zbiornika w miejscach przerw dylatacyjnych występują liczne nierówności oraz skorodowane i silnie spękanymi odcinkami betonu o naruszonej przyczepności między zbroje-

niem a betonem. Ściany podłużne zbiornika były podzielone na trzy części o długościach między dylatacjami odpowiednio 15 m, 20 m i 15 m. Na Rysunku 5 przedstawiono jedną z przerw dylatacyjnych wraz z występującymi uszkodzeniami.



**Rysunek 5** Widok przerwy dylatacyjnej zbiornika z występującymi uszkodzeniami

**Figure 5** View of the interruption of the tank with damage

Również stalowe elementy wyposażenia zbiornika takie jak kraty są silnie skorodowane. Na Rysunku 6 pokazano ubytki betonu w górnej części ścian komór zbiornika oraz skorodowane kraty wyłapujące większe powierzchniowo zanieczyszczenia.

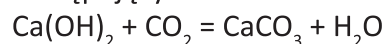


**Rysunek 6** Widok części zbiornika z występującymi uszkodzeniami

**Figure 6** View of the tank with damage

Przedstawione uszkodzenia w postaci ubytków betonu występują w wielu miejscach w zbiorniku. Ponadto są miejsca, gdzie korozja betonu jest na tyle duża, że widoczne są pręty zbrojeniowe. Uszkodzenia te występują na wewnętrznych ścianach komór separatorów, do których dostęp był bardzo trudny. Ponieważ jest to zbiornik otwar-

ty, gromadzący także wodę deszczową oraz osady, niewątpliwie na jego obecny stan techniczny ma wpływ proces karbonatyzacji, pozbawiający beton właściwości ochronnych wobec stali. Głównym czynnikiem rozpoczynającym karbonatyzację jest dwutlenek węgla zawarty w powietrzu i wodzie deszczowej. Dwutlenek węgla przenikając do wnętrza betonu przez pory reaguje z wodorotlenkiem wapnia, w wyniku czego powstaje węglan wapnia i woda. Można opisać ten proces następującym równaniem:



Woda deszczowa, będąca wodą miękką, wyplukuje z betonu związki wapnia, co objawia się charakterystycznymi i widocznymi na zamieszczonych w artykule zdjęciach naciekami o białej barwie. Otulina betonowa z upływem czasu traci swoje właściwości ochronne wskutek karbonatyzacji betonu, spowodowanej w znacznym stopniu oddziaływaniem na ten materiał dwutlenku węgla zawartego w powietrzu, szczególnie wówczas, gdy wilgotność względna powietrza wynosi od 40% do 80%. W bardzo suchym powietrzu i w warunkach całkowitego nasycenia betonu wodą nie ulega on temu procesowi. Praktycznie otulina stanowi ochronę zbrojenia tak długo, jak roztwór wodny w porach betonu charakteryzuje się dużym wskaźnikiem pH. Przeciętnie wskaźnik ten wynosi 12,6 lub więcej, nawet do 13,5. Jeżeli beton ulegnie karbonatyzacji, to wartość pH w jego porach może zmniejszyć się nawet do 8,3. Trzeba jednak zaznaczyć, że beton zaczyna tracić właściwości ochronne w stosunku do zbrojenia już wówczas, gdy wartość pH cieczy w porach betonu zmniejszy się poniżej 11,8 [4].

### 3. KONCEPCJA NAPRAWY ZBIORNIKA

Zaproponowano koncepcję naprawy polegającą na nałożeniu na powierzchnię betonu warstw wypraw systemu PCC firmy Sika. W pierwszej kolejności należało usunąć skorodowane fragmenty betonu, aż do osiągnięcia zdrowego podłoża. Dodatkowo wszelkie pozostałości powłok zabezpieczających, tłuste i oleiste plamy należało również usunąć. Najskuteczniejszą metodą przygotowania powierzchni betonu do naprawy jest piaskowanie mechaniczne lub hydromonitoring. Rysy i spękania o szerokości przekraczającej dopuszczalną wartość tj. 0,1 mm należało zabezpieczyć np. poprzez klamrowanie. Do naprawy wybrano

produkty renomowanej firmy Sika [1] i w konsekwencji technologię naprawy odpowiadającą opisanym poniżej produktom. Na oczyszczony i nasycony wodą do stanu matowo-wilgotnego naprawiany fragment podłoża należało nałożyć zaprawę Sika Repair 10F [1] stanowiącą zabezpieczenie antykorozyjne zbrojenia oraz warstwę szczipną do zaprawy naprawczej betonu. Grubość warstwy zaprawy Sika Repair 10F [1] powinna wynosić minimum 1 mm i warstwa ta powinna wychodzić po około 1 cm poza krawędzie rozkucia. Niezwłocznie po naniesieniu warstwy szczipnej metodą „mokre na mokre” należało wykleić ubytek techniką „na wcisk” zaprawą standard typu Sika Repair 13F [1] (dla ubytków od 1,0 do 4,0 cm) lub Sika Repair 20F [1] (dla ubytków od 0,5 do 2,0 cm) tak, aby jak najsilniej dokleić ją do podłoża i zagęścić. Dla ubytków o większej głębokości prace powinno się wykonywać etapami. Dla wyrównania powierzchni betonu zaleca się na całej powierzchni wewnętrznej osadnika wykonać szlamowanie produktem standard typu Sika Repair F30 [1]. Uszczelnienie istniejących szczelin dylatacyjnych proponuje się wykonać z wykorzystaniem systemu Sika Primer 3 [1].

Alternatywnie można było przyjąć sposób naprawy polegający na nałożeniu na naprawiane ściany siatki zbrojeniowej, a następnie torkretowaniu betonem wysokiej klasy i wykończeniu tak przygotowanej powierzchni produktami np. firmy Schomburg [2]. Jako warstwę wykończeniową proponowano powłokę Gepotech [2], która charakteryzuje się wysokim stopniem elastyczności. Niezależnie od przyjętej metody naprawy konieczne było sprawdzenie wytrzymałości podłoża na przyczepność metodą pull-off, która w opisanym przypadku przy zastosowaniu warstwy szczipnej Sika Repair 10 F powinna wynosić od 2,0 do 3,0 MPa. Ponadto przed rozpoczęciem naprawy należało sprawdzić wilgotność podłoża oraz określić punkt rosy. W przypadku betonu o wilgotności mniejszej niż 5 % należało rozpocząć nawilżanie podłoża w dniu poprzedzającym szpachlowanie, a ewentualny nadmiar wody należało usunąć. Na Rysunku 7 pokazano przyrząd służący do przeprowadzania testów przyczepności do podłoża metodą pull-off.

Zestaw badawczy składa się z jednostopniowej pompy dźwigniowej, manometru cyfrowego z możliwością ustawienia maksymalnego ciśnienia, gniazda do podłączenia ciśnienia, siłownika oraz

złączek [3]. Badanie polega na tym, że na przygotowaną do naprawy powierzchnię przykleja się krążek metalowy klejem o wysokiej wytrzymałości i za pomocą przyrządu pokazanego na Rysunku 7 odrywa się krążek. Powierzchnia odłamu przebiega najczęściej przez beton i na podstawie siły odrywającej określa się wytrzymałość betonu na odrywanie. Przed przystąpieniem do prac naprawczych należałoby również wykonać ocenę postępu procesu karbonatyzacji. Najczęściej stosowaną metodą do pomiaru głębokości karbonatyzacji betonu jest zastosowanie wskaźników pH takich jak: fenoloftaleina lub tymoloftaleina, które nakładane są na zwilżony świeży przełam betonu. W przypadku występowania procesu karbonatyzacji indykatory zmieniają zabarwienie. Można również przeprowadzić analizę chemiczną pobranych próbek w celach określenia pH w poszczególnych warstwach.



Rysunek 7 Przyrząd do badania przyczepności do podłoża  
Figure 7 Apparatus for testing of adhesion to the ground

#### 4. WYKONANIE NAPRAWY ZBIORNIKA

Naprawa realizowana była według pierwszej zaproponowanej koncepcji przy wykorzystaniu produktów firmy Sika. Wykonanie naprawy zbiornika zgodnie z projektem zostało powierzony firmie, która najprawdopodobniej nigdy nie wykonywała tego typu prac. Na pokazanych poniżej zdjęciach przedstawiono efekty prac naprawczych. Na Rysunku 8 oraz 9 pokazano, w jaki sposób wykonano naprawę przerwy dylatacyjnej ściany zbiornika. Odspojeniu uległa warstwa betonu wraz z powłokami.



**Rysunek 8** Widok z góry (z korony zbiornika) odspojenia warstwy betonu wraz z powłokami zabezpieczającymi po wykonanej naprawie

**Figure 8** View from the top of the tank peeled away of coating with protective coatings after made the repair



**Rysunek 9** Widok ściany zbiornika po wykonanych pracach

**Figure 9** A view of the walls of the tank after the performed work

Na Rysunku 10 pokazano "naprawę" kolejnej przerwy dylatacyjnej.



**Rysunek 10** Widok odspojenia się warstwy betonu ściany wewnętrznej zbiornika oraz prac wykonanych przy przerwie dylatacyjnej

**Figure 10** View peeled away of the rebar the inner wall of the tank and the work carried out by the expansion joint break

Na Rysunku 11 pokazano przerwę dylatacyjną ściany żelbetowej wjazdu do zbiornika po przeprowadzonej naprawie ubytków betonu oraz po wykonanym zabezpieczeniu produktami firmy Sika.



**Rysunek 11** Widok odspojenia się tynku wraz z warstwą betonu ściany wjazdu do zbiornika oraz prac wykonanych przy przerwie dylatacyjnej

**Figure 11** View peeled away of the rebar the wall entry and the work carried out by the expansion joint break

Rysunek 12 pokazuje wykonane prace naprawcze przy przerwie dylatacyjnej oraz pionowe pęknięcie ściany zbiornika, które wystąpiło po przeprowadzonych pracach.



**Rysunek 12** Widok prac wykonanych przy przerwie dylatacyjnej oraz pionowe pęknięcie powstałe po przeprowadzonych pracach

**Figure 12** View of the work carried out on the break and expansion joint vertical crack formed after the carried out work

## 5. PODSUMOWANIE

Opisany w artykule przykład naprawy zbiornika żelbetowego pokazuje jak zaniedbania technologiczne i wykonawcze wpływają na jakość prac budowlanych. Inwestor zlecając wykonanie projektu naprawy, a następnie wykonanie prac firmie budowlanej oczekiwał, że istniejący i użyt-

kowany zbiornik popłuczyn zostanie odnowiony. Przyjęte produkty firmy Sika zostały dobrane właściwie, w tym przypadku zawiodło złe wykonawstwo prac. Prawdopodobnie brak odpowiedniego nadzoru nad prowadzonymi pracami lub brak wiedzy w jaki sposób stosować specjalistyczne produkty doprowadził do zwiększenia się liczby uszkodzeń w istniejącym zbiorniku. Możliwa jest również ewentualność, że wykonawca użył innych materiałów niż proponowane w projekcie naprawy lub pomieszał produkty różnych producentów. Przy wykonywaniu tego typu prac należy przestrzegać reżimu wykonawczego polegającego na nakładaniu produktów na odpowiednio przygotowaną powierzchnię. Odspojenie warstw

naprawczych może świadczyć o złym przygotowaniu podłoża, niestarannym oczyszczeniu i usunięciu skorodowanego betonu. Przyczyną odspojenia nowo nałożonej warstwy może być również zastosowanie warstwy szepnej oraz nieprzestrzeganie reżimów technologicznych. Istotny jest sposób aplikacji, a także pielęgnacji i potrzebnego czasu do związania poszczególnych warstw przed położeniem kolejnych. Również temperatura powietrza jest ważna przy prowadzeniu takich prac; producent zaleca przedział temperatur otoczenia minimum + 8°C a maksymalnie + 30°C. Niestety opisane zaniedbania spowodowały, że obiekt po raz kolejny musi być częściowo wyłączony z użytkowania na czas następnej naprawy.

## LITERATURA

- [1] Karty techniczne produktów firmy Sika.
- [2] Karty techniczne produktów firmy Schomburg.
- [3] Materiały handlowe firmy Merazet.
- [4] Ściślewski Z., Ochrona konstrukcji żelbetowych. Warszawa, Arkady 1999.