

Błędy projektowe i wykonawcze jako przyczyna uszkodzeń dwóch zbiorników – komór napowietrzania ścieków znajdujących się na terenie oczyszczalni ścieków w Grodzisku Wielkopolskim

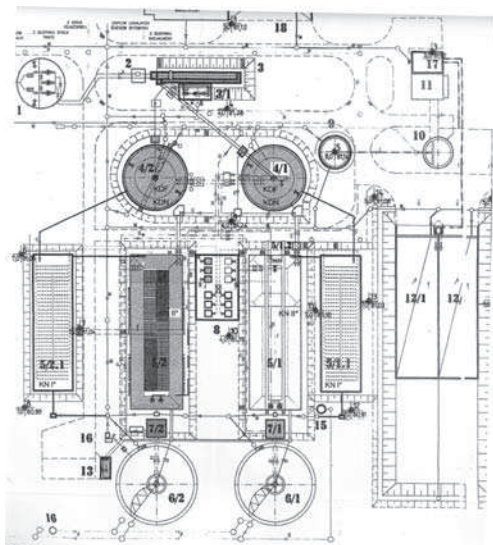
Dr inż. Edmund Przybyłowicz, dr inż. Michał Pikos, Instytut Konstrukcji Budowlanych, Politechnika Poznańska

1. Wprowadzenie

Zbiorniki w oczyszczalniach ścieków ze względu na bardzo niekorzystne warunki środowiskowe, w których pracują, charakteryzować się muszą wysoką trwałością. Związane to jest bezpośrednio z niską nasiąkliwością, chemoodpornością, mrozoodpornością i przede wszystkim szczelnością betonu [1, 2, 5, 6]. Przedstawione w artykule uszkodzenia zbiorników stanowią kolejny przykład wadliwego zaprojektowania konstrukcji. W projekcie przewidziano zbyt małą ilość zbrojenia poziomego, niewłaściwe rozmieszczenie dylatacji, co w połączeniu z brakiem izolacji termicznej ścian zaskutkowało nadmierną ilością rys skurczowych i termicznych, pozabawiając zbiornik wymaganej szczelności. Dodatkowym elementem potęgującym uszkodzenia ścian zbiornika były błędy wykonawcze polegające na zastosowaniu betonu o znacznej porowatości i obecności pęczniejącego pod wpływem wilgoci i ścieków margla.

2. Ogólny opis konstrukcji komór napowietrzania

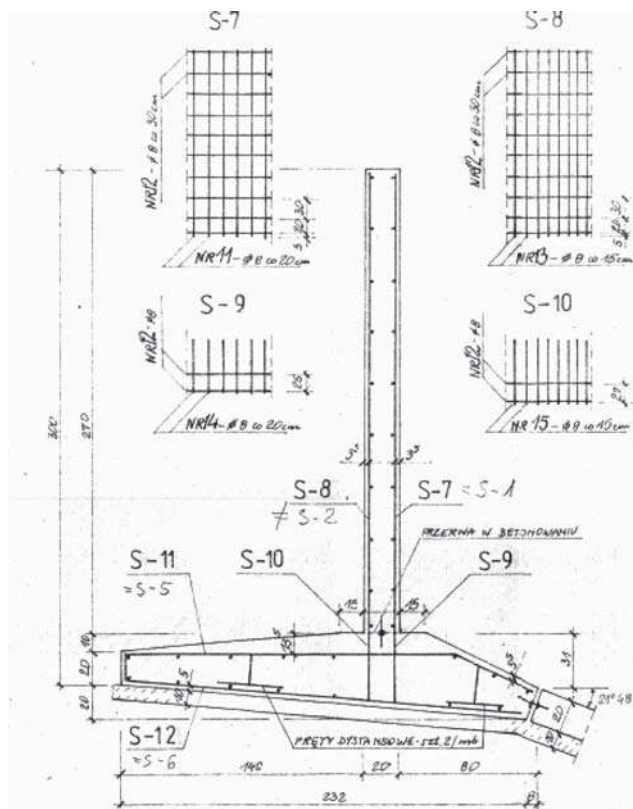
Dwie bliźniacze, pod względem konstrukcji, komory napowietrzania wykonano jako prostokątne w rzucie, odkryte



Rys. 1. Plan sytuacyjny oczyszczalni ścieków

zbiorniki o wymiarach w świetle ścian $15,0 \times 45,0$ m, co przedstawiono na rysunku 1.

Ściany zbiorników zaprojektowano jako ściany oporowe, kątowe z pochyłą ławą zewnętrzną połączone z dnem, zdylatowanym na połączeniu ze ścianami i na powierzchniach ukośnych i poziomych (rys. 2). Głębokość zbiorników była zmienna (w przedziale 2,7–4,2 m), przy grubości ścian zbiorników – 0,2 m, kącie pochylenia ławy – $21,8^\circ$, wysokość napelnienia – 1,6 m, zagłębienie w gruncie – 2,0 m. Obciążenie naziomu przyjęto – $10,0 \text{ kN/m}^2$. Ściany zbiorników zaprojektowano z betonu klasy B20 (C16/20) zbrojonego stalą klasy A-II o znaku 18G2. Ściany zbiorników zazbrojono zbrojeniem pionowym w następujący sposób: ściana zewnętrzna z korytem: zbrojenie od wewnątrz $\phi 8$ co 20 cm zbrojenie od zewnątrz $\phi 12$ co 20 cm, ława pod ścianą z korytem: zbrojenie górą $\phi 12$ co 25 cm, zbrojenie dołem



Rys. 2. Przekrój przez ścianę oporową



Rys. 3. Przemieszczenie i spękanie ściany

$\phi 12$ co 20 cm, ściana zewnętrzna bez koryt: od wewnątrz $\phi 8$ co 20 cm od zewnątrz $\phi 8$ co 15 cm, zbrojenie poziome ścian na wszystkich powierzchniach $\phi 8$ co 30 cm. Ława pod ścianą bez koryt: zbrojenie górną $\phi 12$ co 25 cm, zbrojenie dołem $\phi 12$ co 20 cm, naroża ścian zbiorników: zbrojenie $\phi 8$ co 15 cm. Płytę denną zbiornika o grubości 20 cm zaprojektowano ze zbrojeniem umieszczonym górną i dołem z prętów $\phi 8$ co 30 cm. Układ zbrojenia w ścianach przedstawiono na rysunku 2. Pod płytą denną i ławami pod ścianami zaprojektowano podbeton o grubości 10 cm. Ściany oporowe kątowe przewidziano zaizolować od zewnątrz: 2 \times Bitizol (R+P), a od wewnątrz 2 \times Bitizol R+ 2 \times lepek.

3. Opis uszkodzeń konstrukcji

W zbiorniku DN/N nr 1 stwierdzono zarysowania ścian widoczne powyżej chodnika – obejścia zbiornika ułożonego po obwodzie jego ścian. Rozstaw widocznych rys waha się od 3 do 5 m. Większe rysy o rozwartości $> 0,3$ mm naprawiono w czasie przeglądu zbiornika, podczas którego zbiornik opróżniono ze ścieków i doszczelniono jego dylatacje w ścianach i płycie dennej, a także rysy o szerokości $> 0,3$ mm tzw. przeciekające przy użyciu kitu trwale elastycznego (SIKA PRO 3WF).



Rys. 5. Rysy w ścianie (wypełnione i niewypełnione)



Rys. 4. Rysy w ścianie (wypełnione i niewypełnione)

Rys pozostałych, nieprzeciekających nie doszczelniono. Założono także plomby szklane na spękaną ścianę szczytową zbiornika przy kanale odpływowym znajdującym się od strony zachodniej. Według informacji uzyskanych od użytkownika spękania tej części zbiornika powstały w wyniku wbijania ścianki szczelnej z profili stalowych Larsena, która miała wzmocnić istniejącą skarpe przy zbiorniku na czas prowadzonych wykopów pod nowy projektowany zbiornik, oznaczony jako 5/1 (komora napowietrzania).

Oględziny ścian ujawniły ponadto, że ich powierzchnię pokryto sztywną zaprawą mineralną. Pod tą zaprawą zaobserwować można było odpryski betonu, które świadczyły o obecności w betonie kruszywa pęczniącego typu margiel, wapień. Widoczne były również lokalne zanieczyszczenia betonu kawałkami zbutwiałego drewna, torfu itp.

Stan fundamentów pod ścianami zbiornika, w wykonanych odkrywkach fundamentowych uznano za dobry. Nie stwierdzono zawilgocenia gruntu ani rozluźnienia jego struktury. Wymiary odsadzek ław pod ścianami były zgodne z projektem konstrukcyjnym zbiornika.

W przypadku zbiornika DN/N nr 2 również stwierdzono zarysowania ścian widoczne powyżej chodnika – obejścia ułożonego z kostki brukowej po obwodzie jego ścian.



Rys. 6. Odpryski powłoki elastycznej

Rozstaw rys wahał się od 3 do 5 m. Rysy o rozwarości $> 0,3$ mm naprawiono, wypełniając je kitem trwale elastycznym. Ściany zbiornika pokryto od zewnątrz i jego wnętrza zaprawą mineralną, elastyczną (AQUAFIN 2K firmy Schomburg). Mimo tej wyprawy ściany wykazywały ślady zawilgoceń oraz odspojień (odprysków betonu). W miejscach tych widoczne było kruszywo pęczniące typu margiel, a także kawałki zanieczyszczeń organicznych w postaci np. węgla i torfu.

W wykonanych odkrywkach ścian i fundamentów zbiornika nie zaobserwowano przecieków, a wymiary odsadzek fundamentów były zgodne z projektem. Poniżej na rysunkach 5 i 6 przedstawiono występujące uszkodzenia ścian w postaci rys i lokalnych ubytków betonu bądź jego zawilgocenia świadczące o niewłaściwej jego jakości.

4. Badania laboratoryjne

Badania wytrzymałości betonu na ściskanie wykonano metodą niszczącą na próbkach betonu o średnicy $\phi 103,6$ mm pobranych metodą odwiertów rdzeniowych ze ścian obu zbiorników reaktorów [8]. Z każdego zbiornika odwiercono po trzy próbki o wysokości ~ 20 cm, tj. grubości równej ścianie zbiorników. Odwiercone próbki przecięto na połowę i poddano badaniom niszczącym. Wyniki badania próbek poddano ocenie wg kryterium zgodności podanym w [7]. Na podstawie powyższej oceny klasa betonu w ścianach zbiornika nr 1 wynosiła C25/30 (B30), a odwiercone próbki betonu charakteryzowały się drobnymi mikroporami. W przypadku zbiornika nr 2 aktualna klasa betonu w ścianach wynosiła C20/25 (B25). Badane próbki betonu charakteryzowały się dużą porowatością i obecnością licznych „raków” w betonie.

Badania stopnia skarbonatyzowania wykonano na próbkach betonu pobranych ze ścian obu zbiorników metodą odwiertów rdzeniowych. Badania te wykonano za pomocą 1% roztworu fenoloftaleiny, natraskując go na powierzchnię odwierconych walców.

Z przeprowadzonych orientacyjnych badań stopnia skarbonatyzowania betonu wynikało, że zewnętrzna część ścian do głębokości 3,5 cm nie wykazywała zabarwienia, co oznaczało, że przy pH $\sim 9,0$ beton jest już prawie całkowicie skarbonatyzowany i otulina betonowa nie stanowi warstwy ochronnej dla stali zbrojeniowej, która zaczyna korodować. Fakt ten potwierdziły wykonane odkrywki zbrojenia. Stwierdzono ponadto, że otuliny osłaniające zewnętrzną warstwę zbrojenia wynoszą od 1,5 do 2,0 cm, a więc są mniejsze od wartości założonych w projekcie.

Beton w ścianach zbiornika nr 2 był znacznie gorszej jakości, od betonu w ścianach zbiornika nr 1. Mimo pokrycia jego ścian elastyczną wykładziną mineralną p. wilgociową i p. wodną (z AQUAFIN-u 2K) jego ściany wykazywały lokalne przecieki i zawilgocenia powstałe na skutek porowatości betonu i lokalnych odprysków

betonu spowodowanych użyciem do jego składu kruszywa z dodatkiem margla.

5. Analiza wyników badań

Przeprowadzone badania na obu zbiornikach – reaktorach służących do napowietrzania ścieków wykazały, że przy ich projektowaniu i realizacji popełniono szereg błędów.

Do najważniejszych błędów projektowych należy zaliczyć:

- niewłaściwe zaprojektowanie rozmieszczenia dylatacji w ścianach (zbyt duże odległości między dylatacjami, co spowodowało lawinowy rozwój rys skurczowych i termicznych w ścianach (> 15 m) przyczyniający się do przecieków przez ściany, korozji zbrojenia i zmniejszenia trwałości obiektów [3, 4],
- zbyt małe zbrojenie poziome w ścianach zbiorników, nie chroniące ich przed rysami skurczowymi i termicznymi. Praktycznie przy istniejącym zbrojeniu poziomym w postaci $3\phi 8/m$ należy ściany traktować jako betonowe, a nie jako żelbetowe i w przypadku ich nasłonecznienia dylatować max co 5 m, co pokrywa się z siatką stwierdzonych zarysowań ścian [2, 5],
- przyjęcie zbyt niskiej klasy betonu konstrukcyjnego w ścianach i płycie dennej B20 (C16/20) zamiast B37 (C30/37), a nawet B45 (C35/45), uwzględniając fakt, że zbiorniki pracują w środowisku o słabej i średniej agresywności [5, 6],
- zaprojektowanie wadliwej izolacji pionowej ścian w postaci emulsji i lepiku asfaltowego, których czarny kolor potęguje wpływ nasłonecznienia na beton, powodując powstawanie rys w niedostatecznie zbrojonych ścianach;
- zaprojektowanie w celu wykonania w bliskim sąsiedztwie zbiornika nr 1 nowego zbiornika po uprzednim wbiciu w podłoże gruntowe złożone z gruntów twardoplastycznych ścianki szczelnej typu Larsena, co spowodowało m.in. uszkodzenie i pęknięcie istniejącej ściany szczytowej zachodniej zbiornika nr 1 w pobliżu kanału odpływowego.

Do najważniejszych błędów wykonawczych zaliczamy:

- wykonanie zbiorników z betonu o niewłaściwie dobranym składzie kruszywa zanieczyszczonego związkami margla, nieodpowiednio zagęszczonego, którego struktura nie gwarantuje jego szczelności i nie chroni tym samym ściany przed wnikaniami w głąb ścieków (głównie reaktor nr 2). Zanieczyszczone marglem i częściami organicznymi kruszywo jest powodem powstania odprysków betonu w ścianach obu zbiorników;
- wykonanie naprawy i wygładzenie ścian zbiornika nr 1 przy użyciu sztywnej wyprawy mineralnej z przykryciem nią dylatacji i rys istniejących, co zaskutkowało powstaniem kolejnych rys, odspojień wyprawy uszczelniającej i podciekania w głąb wody opadowej i dalszej destrukcji;

- wykonanie zbyt małej otuliny betonowej dla prętów zbrojenia ściany (~1 – 1,5 cm) zamiast przewidzianej projektem otuliny zbrojenia o grubości 3,5 m.

Przeprowadzone badania niszczące betonu na pobranych metodą odwiertów rdzeniowych ze ścian zbiorników próbkach betonu ujawniły, że aktualnie po ~25 latach od wykonania zbiorników beton w ścianach zbiornika nr 1 ma klasę C25/30 (B30), a w zbiorniku nr 2 C20/25 (B25).

Beton w zbiorniku nr 2 charakteryzował się znaczną porowatością, występowaniem w nim odprysków betonu i wykładziny z elastycznej zaprawy mineralnej, co zostało spowodowane obecnością pęcznijącego pod wpływem wilgoci i ścieków margla.

Beton był ponadto mocno nasiąkliwy i przesiąkliwy, co objawiało się obecnością na ścianach zbiornika nr 2 plam wilgoci.

W nieco lepszym stanie technicznym i jakości był beton w ścianach zbiornika nr 1.

W ścianach obu zbiorników widoczne są liczne rysy i spękania w rozstawie nieprzekraczającym ~5 m. Część z tych rys została doraźnie uszczelniona. Występujące rysy potwierdzają nieprawidłowo zaprojektowane zbrojenie i dylatowanie ścian zbiorników.

Przeprowadzone badania stopnia skarbonatyzowania betonu ujawniły, że zasięg karbonatyzacji betonu sięgał w głąb ścian na 2–3,0 cm. Tym samym właściwości ochronne otuliny betonowej w stosunku do prętów zbrojenia zostały wyczerpane i zbrojenie w ścianach obu zbiorników zaczęło korodować, co potwierdziły wykonane odkrywki.

6. Podsumowanie

Na podstawie analizy uzyskanych wyników stwierdzono, że nie jest celowym remontowanie ścian oraz płyt dennych zbiorników, gdyż kompleksowy remont wiązałby się z koniecznością usunięcia skarbonatyzowanego

betonu (skucia warstwy betonu na grubość 2,5–3,0 cm), wypłaskowania korodujących prętów w celu usunięcia z nich rdzy, a następnie wykonania nowych otulin zbrojenia, np. z torkretu po uprzednim wykonaniu nowych dylatacji w ścianach oraz naprawy spękanej ściany zachodniej w zbiorniku nr 1 przy jej połączeniu z kanałem odpływowym a następnie nałożeniem odpowiednich powłok ochronnych. Taki zakres remontu oprócz kosztów porównywalnych z budową nowego zbiornika i tak nie gwarantuje dalszego długotrwałego użytkowania obu obiektów przez kolejne dziesięciolecia z powodu niewłaściwej struktury betonu w podstawowej części rdzenia przekroju ścian (szczególnie w zbiorniku nr 2).

Z tych względów zdecydowano o doraźnym remoncie, a następnie o rozebraniu obu zbiorników i wykonaniu w ich miejsce nowych zbiorników – reaktorów zaprojektowanych zgodnie z obowiązującymi przepisami, normami i uwzględnieniem współczesnych technologii, materiałów izolacyjnych i środków polepszających jakość i trwałość betonu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Płaskowski R., Roman M., Konstrukcje budowlane w oczyszczalniach ścieków. Arkady, Warszawa 1975
- [2] Franczak D., Halicka A., Projektowanie zbiorników żelbetowych. Zbiorniki na ciecz, tom 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013
- [3] Knauff M., Obliczanie konstrukcji żelbetowych według Eurokodu 2. Wydanie drugie. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2015
- [4] Starosolski W., Konstrukcje żelbetowe według Eurokodu 2 i norm związanych., tom 1–4, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013
- [5] Norma PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie
- [6] Norma PN-EN 1992-3:2008 Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 3: Silosy i zbiorniki na ciecz
- [7] Norma PN-EN 206-1:2003, PN-EN 206-1:2003/A1:2005, PN-EN 206-1:2003/A2:2006, PN-EN 206-1:2003/Ap1:2004 Beton cz. 1. Wymagania produkcji i zgodność
- [8] Norma PN-EN 12524-1:2001 Badania betonu w konstrukcjach. Cz. 1. Odwierty rdzeniowe, wycinanie, ocena i badanie wytrzymałości na ściskanie

Za publikację w miesięczniku
„Przegląd Budowlany”
uzyskuje się 5 punktów
zgodnie z komunikatem
MNiSW

z dnia 23.12.2015 roku,
wykaz B, pozycja 1381.

Serdecznie zapraszamy autorów do publikowania w „Przeglądzie Budowlany”.

Zapraszamy
do udziału
w Konkursie PZITB
**Budowa
Roku
2017**

www.budowaroku.pl

