

WOJCIECH BILIŃSKI, KAZIMIERZ PISZCZEK*

WPŁYW BŁĘDÓW PROJEKTOWYCH
I WYKONAWCZYCH NA TRWAŁOŚĆ
I BEZPIECZEŃSTWO ŻELBETOWEJ KONSTRUKCJI
OBIEKTU OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓWTHE INFLUENCE OF PROJECT AND EXECUTIVE
MISTAKES ON DURABILITY AND SAFETY
OF THE REINFORCED CONCRETE CONSTRUCTION
OF THE SEWAGE TREATMENT PLANT

Streszczenie

W artykule przedstawiono wpływ błędów projektowych i wykonawczych na trwałość i bezpieczeństwo mieszanej, żelbetowo-stalowej, konstrukcji wielofunkcyjnej komory fermentacyjnej zlokalizowanej w oczyszczalni ścieków. Fundament przedmiotowego obiektu został rozwiązany w postaci masywnej konstrukcji żelbetowej, natomiast nadziemną część komory zbiornika zaprojektowano w konstrukcji stalowej. Błędy popełnione na etapie projektowania oraz podczas wykonywania płyty fundamentowej przyczyniły się do powstania stanu zarysowania zewnętrznej i wewnętrznej powierzchni nadziemnej części fundamentu. Skośny charakter niektórych rys spowodował utratę szczelności komory zbiornika doprowadzając do przedostawania się gromadzonych nieczystości do podłoża gruntowego.

Słowa kluczowe: masywny fundament żelbetowy, zbiornik stalowy, remont, oczyszczalnia ścieków

Abstract

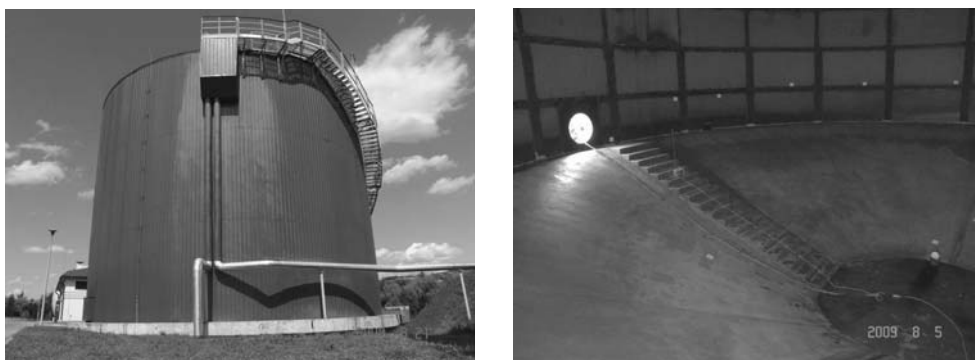
The paper covers the problem of the influence of project and executive mistakes on durability and safety of the joint concrete-steel construction of the versatile fermentation chamber (WKF) in the sewage treatment plant. The foundation of the object consists of a massive reinforced concrete construction, whereas the superstructure of reservoir's chamber has been designed in a steel construction. The mistakes, which had been committed on the stage of projecting the massive reinforced concrete foundation as well as while its realization, have resulted in scratches of the outer and inner surface of the superstructure part of the foundation. A slanting character of particular cracks has led to the loss of tightness of the chamber and subsequently has caused leaking of sewage into the ground.

Keywords: massive reinforced concrete, steel reservoir, repair, sewage treatment plant

* Dr inż. Wojciech Biliński, dr inż. Kazimierz Piszczek, Instytut Geotechniki, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska.

1. Wstęp

Realizacja obiektów budowlanych na podstawie niekompletnej lub obarczonej poważnymi błędami dokumentacji budowlanej, szczególnie w zakresie branży konstrukcyjnej, często jest pierwotną przyczyną stanów awaryjnych powstających zaraz w początkowym okresie eksploatacji tych obiektów. Na stan ten niejednokrotnie nakładają się również błędy wykonawcze obejmujące m.in. brak staranności i dokładności w zakresie prowadzonych prac budowlanych, brak zapewnienia odpowiednich warunków materiałowych, technologicznych oraz brak nadzoru nad prowadzonymi robotami. W przypadku obiektów budowlanych służących do magazynowania nieczystości, wystąpienie stanu awaryjnego konstrukcji polegające na utracie szczelności obiektu skutkuje poważnymi konsekwencjami dla środowiska. W referacie przedstawiono analizę błędów projektowych i wykonawczych oraz ich wpływ na obniżenie trwałości i stateczności konstrukcji żelbetowo-stalowej wielofunkcyjnej komory fermentacyjnej (nz. skrótowo WKF) zlokalizowanej w jednej z oczyszczalni ścieków w Polsce południowej. Jest to obiekt budowlany kubaturowy, złożony z masywnej, żelbetowej płyty fundamentowej oraz stalowej konstrukcji zbiornika połączonej z ww. płytą (rys. 1). Obiekt został przekazany do eksploatacji w 2005 roku. Na przestrzeni pierwszych dwóch lat eksploatacji przedmiotowa komora fermentacyjna nie uzyskała docelowej sprawności technologicznej. Dodatkowo wystąpiły, a następnie rozwijały się, uszkodzenia żelbetowej konstrukcji fundamentu w postaci zarysowań powierzchni zewnętrznej, skutkujących lokalnymi wyciekami gromadzonych wewnątrz zbiornika nieczystości.



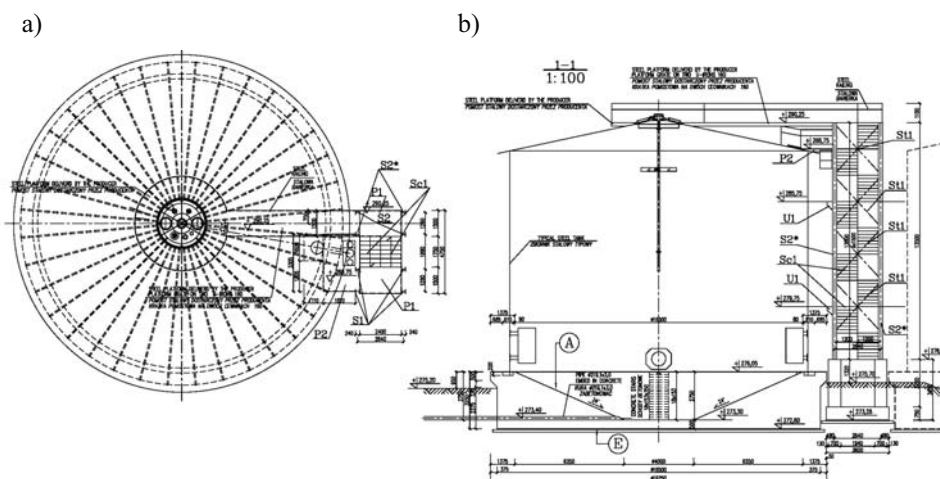
Rys. 1. Wielofunkcyjna komora fermentacyjna (WKF) o pojemności 3176,22 m³

Fig. 1. The versatile, fermentational chamber (WKF), capacity 3176,22 m³

2. Opis konstrukcji wielofunkcyjnej komory fermentacyjnej (WKF)

Przedmiotowa komora jest obiektem kołowo symetrycznym, której konstrukcja nośna została zaprojektowana z dwóch zróżnicowanych materiałowo części (rys. 2, 3). Część nadziemną zbiornika wykonano w konstrukcji stalowej w formie cylindrycznej powłoki przykrytej dachem stożkowym. Całkowita wysokość części stalowej komory wynosi $H_s = 14,20$ m, a jej

wewnętrzna średnica $D_s = 17,05$ m. Stalowa część zbiornika została posadowiona na masywnym fundamencie żelbetowym o wysokości $H_f = 3,25$ m i średnicy zewnętrznej wynoszącej $D_f = 19,25$ m. Fundament zagłębiono w podłożu na głębokości 2,40 m.



Rys. 2. a) Rzut poziomy, b) przekrój poprzeczny kołowej płyty fundamentowej komory fermentacyjnej WKF

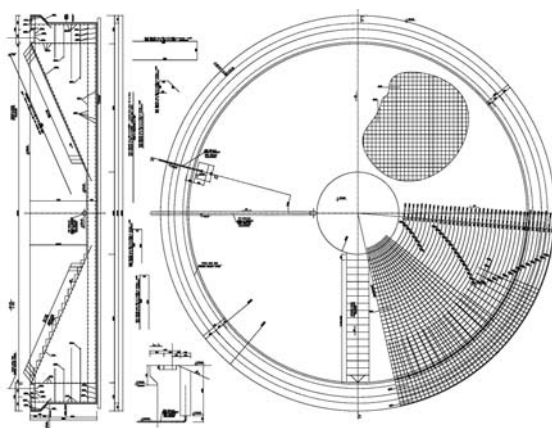
Fig. 2. a) The plan, b) cross section of the circular foundation plate of the fermentational chamber

3. Analiza dokumentacji projektowej

W wyniku analizy dokumentacji projektowej obejmującej projekt budowlany branży architektonicznej i konstrukcyjnej, projekt technologiczny oraz projekt wykonawczy części konstrukcyjnej stwierdzono:

- dla przedmiotowego obiektu budowlanego nie dokonano ustalenia rodzaju warunków gruntowych oraz nie została określona kategoria geotechniczna obiektu wg [1];
- w projekcie budowlanym części konstrukcyjnej zostały zawarte żadne założenia dotyczące obliczeń konstrukcyjnych w tym m.in. rodzaju uwzględnionych oddziaływań i ich zestawienia, zastosowanych schematów statycznych oraz podstawowych wyników analiz statyczno-wytrzymałościowych zarówno dotyczących samej konstrukcji zbiornika jak również jego posadowienia. W tym zakresie dokumentacja projektowa została opracowana w całkowitej sprzeczności z wymaganiami prawa budowlanego dotyczącymi szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego [2, 3];
- w poszczególnych częściach dokumentacji projektowej zostały wprowadzone rozbieżne informacje: projekt branży architektonicznej podaje, że przedmiotowy zbiornik w całości jest przewidziany do realizacji w konstrukcji żelbetowej; projekt branży konstrukcyjnej informuje, że obiekt składa się z żelbetowego fundamentu oraz stalowej konstrukcji obejmującej część nadziemną komory; projekt branży technologicznej imiennie wskazuje dostawcę stalowej części zbiornika, bez podania informacji o rodzaju bądź typie samego zbiornika;

- d) w projekcie technologicznym została podana wewnętrzna średnica stalowej części zbiornika ($D = 17,05$ m) różniąca się od średnicy wyspecyfikowanej w projekcie konstrukcyjnym ($D = 16,50$ m);
- e) projekt budowlany dopuszczający wariantowe rozwiązania w zakresie typu, rodzaju i geometrii górnej części zbiornika przewidzianej do realizacji w konstrukcji stalowej, nie podaje żadnych informacji dotyczących niezbędnych działań związanych z wykonaniem adaptacji podstawy zbiornika, tj. jego żelbetowego fundamentu;
- f) dla potrzeb wymiarowania konstrukcji żelbetowych nie zostały określone warunki środowiska i klasa ekspozycji konstrukcji wg [4], determinujące dobór minimalnej klasy betonu oraz minimalnej grubości otulenia prętów z uwagi na zagrożenie korozyjne;
- g) projekt wykonawczy części konstrukcyjnej w zakresie żelbetowej konstrukcji masywnego fundamentu nie podaje sposobu i technologii jego wykonania, tj. m. in. nie zawiera proponowanego etapowania prac betonarskich oraz sposobu pielęgnacji dojrzewającego betonu;
- h) dokumentacja projektowa nie podaje kryteriów zapewnienia szczelności żelbetowej płyty fundamentowej i nie rozstrzyga, czy konstrukcja stanowiąca dno zbiornika ma sama zapewnić szczelność dzięki odpowiedniej kategorii rysoodporności (tzn. rozwarłości powstałych rys nie mogą przekroczyć wartości większej niż 0,1 mm), czy też poprzez dodatkowe zastosowanie powłok ochronnych zapewnia się szczelność zbiornika;
- i) dokumentacja projektowa nie podaje parametrów technicznych (typ, gęstość, nazwa materiału i producenta) materiału przyjętego w rozwiązaniu projektowym do izolacji termicznej górnej powierzchni stalowego zbiornika. W projekcie zawarto jedynie informację dotyczącą grubości tej izolacji (15 cm) oraz, że ma być ona wykonana z wełny mineralnej. Dokumentacja nie zawiera żadnej analizy ilościowo-jakościowej materiału ocieplającego, uzasadniającej jego grubość bądź rodzaj, czy też stosowną gęstość;
- j) projekt nie zawierał opisu systemu odwodnienia przedmiotowego obiektu oraz sposobu odprowadzenia wód opadowych poza jego obrys.



Rys. 3. a) Przekrój poprzeczny, b) rzut poziomy kołowej płyty fundamentowej komory fermentacyjnej WKF

Fig. 3. a) The cross section, b) the plan of the circular foundation plate of the fermentational chamber WKF



Rys. 4. Żelbetowa płyta fundamentowa komory WKF w trakcie realizacji

Fig. 4. Reinforced concrete foundation plate of the chamber WKF during the realization

4. Ocena stanu technicznego wielofunkcyjnej komory fermentacyjnej

Oceny stanu technicznego komory fermentacyjnej dokonano na podstawie: przeprowadzonych wizji lokalnych na zewnątrz i wewnątrz przedmiotowego obiektu, przeprowadzonej inwentaryzacji powstałych uszkodzeń, a także uzyskanych informacji z lokalnych odkrywek i dokumentacji budowlanej. Zakres badań podzielono na dwie zasadnicze części ze względu na specyfikę konstrukcji jak i zastosowane do realizacji różnego rodzaju materiały. W trakcie wizji lokalnej stwierdzono wykonanie żelbetowej płyty fundamentowej w sposób niedokładny, niekołowy (wahania obwodowe wynosiły do 20 cm w stosunku do zewnętrznej powłoki ścian zbiornika), bądź też nieprecyzyjne, niecentryczne zamocowanie do niej konstrukcji stalowej zbiornika. W pierwszej kolejności przeprowadzono badania makroskopowe i wykonano dokumentację zarysowań zewnętrznych górnych i bocznych powierzchni żelbetowego fundamentu. Inwentaryzacja została przeprowadzona w zakresie pomiaru lokalizacji występujących uszkodzeń oraz pomiaru wielkości maksymalnej rozwarości rys lub pęknięć. W 2008 r. stwierdzono lokalne sączenia i przecieki przez zarysowaną żelbetową konstrukcję płyty. W roku 2009 przeprowadzono we wnętrzu zbiornika WKF badania makroskopowe istniejącej systemowej powłoki POLYMENT® zabezpieczającej fundament (określono jej zły stan techniczny, gdyż zaobserwowano m.in. powstałe liczne pęcherze, wybrzuszenia, spękania i nieszczelności). Stwierdzono stan zarysowania wewnętrznej betonowej powierzchni masywnego fundamentu (zlokalizowany w jej górnej poziomej oraz spadkowej strefie) w postaci promieniście zlokalizowanych sześciu rys o zróżnicowanej rozwarości od 0,1 do 0,5 mm na całej

długości występującej rysy od dna do górnej powierzchni pilastra oraz przy zróżnicowanym rozstawie obwodowym (rozpoczynając od schodów i poruszając się w kierunku lewoskrętnym na wysokości ok. 2,0 m od kołowego dna o średnicy 4,10 m) co: 1,46 m; 3,60 m; 3,36 m; 4,00 m; 2,74 m; 2,35 m. Postać zarysowania betonowej powierzchni fundamentu wewnątrz komory wskazuje, że zarysowania szczególnie w centralnej części zbiornika mają charakter skrośny. W wyniku przeprowadzonych nieniszczących badań sklerometrycznych młotkiem Schmidta zewnętrznej, bocznej, powierzchni żelbetowego fundamentu określono klasę betonu B25, wskazując na dobrą jego jednorodność (wyniki wszystkich przeprowadzonych pomiarów otrzymano w 12 punktach pomiarowych, po 7 pomiarów w każdym punkcie). Na podstawie archiwalnej dokumentacji fotograficznej i obserwacji powierzchni betonowej fundamentu, zauważono, że w trakcie prowadzonych prac wykonawczych (tuż po przeprowadzonej próbie szczelności) doszczelniano boczną powierzchnię żelbetowej konstrukcji fundamentu pakerami również w obszarze poniżej poziomu terenu.

5. Analiza przyczyn powstałych uszkodzeń oraz podanie ukierunkowania działań naprawczych

Powstałe uszkodzenia w postaci powierzchniowych zarysowań lub pęknięć świadczą o popełnieniu błędów na poszczególnych etapach realizacji obiektu:

- a) opracowania dokumentacji projektowej (patrz rozdział 3),
- b) prowadzenia robót budowlanych niezgodnie z zatwierdzonym projektem budowlanym, przepisami i warunkami technicznymi oraz
- c) nieprawidłowo prowadzonego nadzoru budowlanego.

Niedokładności, niejednoznaczności i brak spójności w zakresie interdyscyplinarnych rozwiązań projektowych (architektonicznych, konstrukcyjnych, instalacyjnych, technologicznych) dotyczących realizacji przedmiotowego obiektu budowlanego jako całości powoduje, że zmiana w trakcie realizacji ustalonych, uzgodnionych i zatwierdzonych wymiarów, geometrii, powierzchni, kubatury, skutkuje tzw. pojęciem istotnego odstępstwa od zatwierdzonej dokumentacji budowlanej ([2] art. 36a, ust. 1). Na tej podstawie należało opracować tzw. projekt zamienny. Dopuszczenie na etapie realizacji do zarysowania masywnej płyty fundamentowej zbiornika w okresie dojrzwania betonu, przy nieprawidłowo prowadzonych robotach budowlanych w zakresie technologii i pielęgnacji betonu (braku etapowania, odpowiedniego ułożenia i zagęszczania mieszanki betonowej) było jedną z przyczyn powstania rys o szerokości znacznie przekraczającej graniczną, normową wartość 0,1 mm, co z kolei stanowiło jedną z przeszkód w osiągnięciu bezusterkowej długoletniej eksploatacji zbiornika WKF. Z przedstawionego ukierunkowania działań naprawczych inwestor zrezygnował z części propozycji dot. konstrukcyjnego wzmocnienia górnej powierzchni płyty fundamentowej, polegającej na wykonaniu odpowiedniej grubości dodatkowego spinającego płaszcza żelbetowego z zastosowaniem zbrojenia rozproszonego. Zrealizował jednak drugą część zaproponowanej powłokowej technologii naprawy Firmy MC-Bauchemie Sp. z o.o. dot. naprawy doszczelnienia rys i zabezpieczenia powłokowego wewnętrznych betonowych powierzchni żelbetowego fundamentu komory na bazie materiałów PCC.

6. Wnioski

Lokalne sączenia i przecieki przez zarysowaną żelbetową konstrukcję fundamentu stwarzają bezpośrednie zagrożenie bezpieczeństwa użytkowania (nie jest spełniony warunek stanu granicznego użytkowalności z uwagi na istniejące rysy i pęknięcia) i ochrony środowiska (ma miejsce przenikanie z wnętrza zbiornika do podłoża gruntowego szkodliwych substancji) oraz pośrednie zagrożenie w zakresie bezpieczeństwa samej konstrukcji. W stosunku do zinventaryzowanych uszkodzeń nastąpił istotny wzrost ilości z 16 do 26 radialnych zewnętrznych zarysowań górnej powierzchni fundamentu w ciągu 2 lat. Stwierdzono jednak brak wykonania dokumentacji powykonawczej ([2] art. 22, pkt 8)), szczególnie dla obiektu, w przypadku którego w trakcie jego realizacji poczyniono istotne odstępstwa w stosunku do treści zawartych w zatwierdzonej dokumentacji projektowej. Obowiązek wykonania dokumentacji powykonawczej dot. m.in. nowoprojektowanej wydzielonej komory fermentacyjnej należy do podstawowych obowiązków kierownika budowy ([2], art. 22, pkt 8), biorąc pod uwagę spełnienie wymagań określonych przepisami prawa budowlanego ([2], art. 5, pkt 1a, pkt 1c, pkt 1d, pkt 1f) w zakresie bezpieczeństwa konstrukcji, bezpieczeństwa użytkowania, ochrony środowiska oraz oszczędności energii i odpowiedniej izolacyjności cieplnej przegród.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24.09.1998 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych (Dz. U. z dnia 8 października 1998 r.).
- [2] Prawo Budowlane, ustawa z 07.07.1994 r. (Dz.U. Nr 89, poz. 414), tekst jednolity Dz.U. 2006 r. Nr 156 poz. 1118.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego z dnia 3 lipca 2003 r. (Dz. U. z 2003 r. Nr 120, poz. 1133).
- [4] PN-EN 206-1:2003. Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność + PN-EN 206-1:2003/Ap1.