BADANIA STANU TECHNICZNEGO ZACHOWANIA ŻELBETOWEJ ZABYTKOWEJ WIEŻY WODNEJ

ZBIGNIEW PAJĄK, *zbigniew.pajak@polsl.pl*
MIROSŁAW WIECZOREK
Politechnika Śląska

Streszczenie: Przedstawiono wyniki badań i statyczno-wytrzymałościowych analiz żelbetowej konstrukcji 80-letniej wieży wodnej. Wieżę o szkieletowej konstrukcji wsporczej, ze zbiornikiem o pojemności 1000 m^3, posadowiono na 3 podporach w postaci stalowych łożysk sferycznych. Obecnie obiekt wyłączony jest z użytkowania i wykazuje znaczne uszkodzenia o korozyjnym charakterze. Podjęte badania laboratoryjne i badania na obiekcie, oraz obliczeniowe analizy nośności istniejącej konstrukcji, z uwzględnieniem prognozowanych wpływów eksploatacji górniczej, pozwoliły użytkownikowi na podjęcie racjonalnej decyzji odnośnie remontu i przyszłego wykorzystania obiektu.

Słowa kluczowe: wieża wodna, konstrukcje żelbetowe, uszkodzenia konstrukcji, badania nieniszczące, stan techniczny.

1. Wstęp

Konstrukcje przemysłowych, kolejowych i miejskich wież wodnych stanowią najczęściej oryginalne dzieła architektoniczne i inżynierskie, które warto zachować dla przyszłych pokoleń. Obecnie na terenie województwa śląskiego zachowało się około 130 różnych stylowo i konstrukcyjnie wież wodociągowych, pochodzących z lat 1870–1935 [1]. W większości są to obiekty nieużytkowane, często niszczejące i oczekujące na remont i nowe przeznaczenie. Wiele z tych obiektów jest pod ochroną konserwatorską i zostało wpisanych do wojewódzkiego rejestru zabytków.

W referacie przedstawiono ciekawą pod względem konstrukcyjnym żelbetową wieżę wodną zlokalizowaną w Bytomiu. Zachowała się archiwalna budowlana dokumentacja tej wieży – obliczenia statyczne i rysunki konstrukcyjne. Pozwoliło to na porównanie wyników dawnych obliczeń wykonanych „ręcznie" uproszczonymi metodami inżynierskimi, z wynikami dostępnych współcześnie, analiz komputerowych metodami MES.

Opisano uszkodzenia konstrukcji, podjęte badania na obiekcie i badania laboratoryjne. Oceniono stan zachowania żelbetowej konstrukcji, jej bezpieczeństwo, oraz zaproponowano sposób remontu i możliwości przyszłego wykorzystania obiektu.

2. Opis konstrukcji

Miejska wieża wodna w Bytomiu wzniesiona została w latach 1934–1935 i oddana do użytkowania w lutym 1936 r. Projekt obiektu opracowała, oraz budowę prowadziła bytomska firma Kaller & Stachnik.

Wieżę zaprojektowano i wykonano jako żelbetową monolityczną ze zbiornikiem wody o pojemności 1000 m^3, wspartym na lekko pochylonych słupach rozmieszczonych współśrodkowo na siatce dziewięciokąta wpisanego w okrąg o średnicy 16,08 m. Wysokość wieży wynosi 44,30 m ponad poziom przyległego terenu, średnica walcowego zbiornika wody – 14,0 m, a jego wysokość 8,05 m. Obecnie obiekt od kilku lat jest wyłączony z eksploatacji, opróżniony

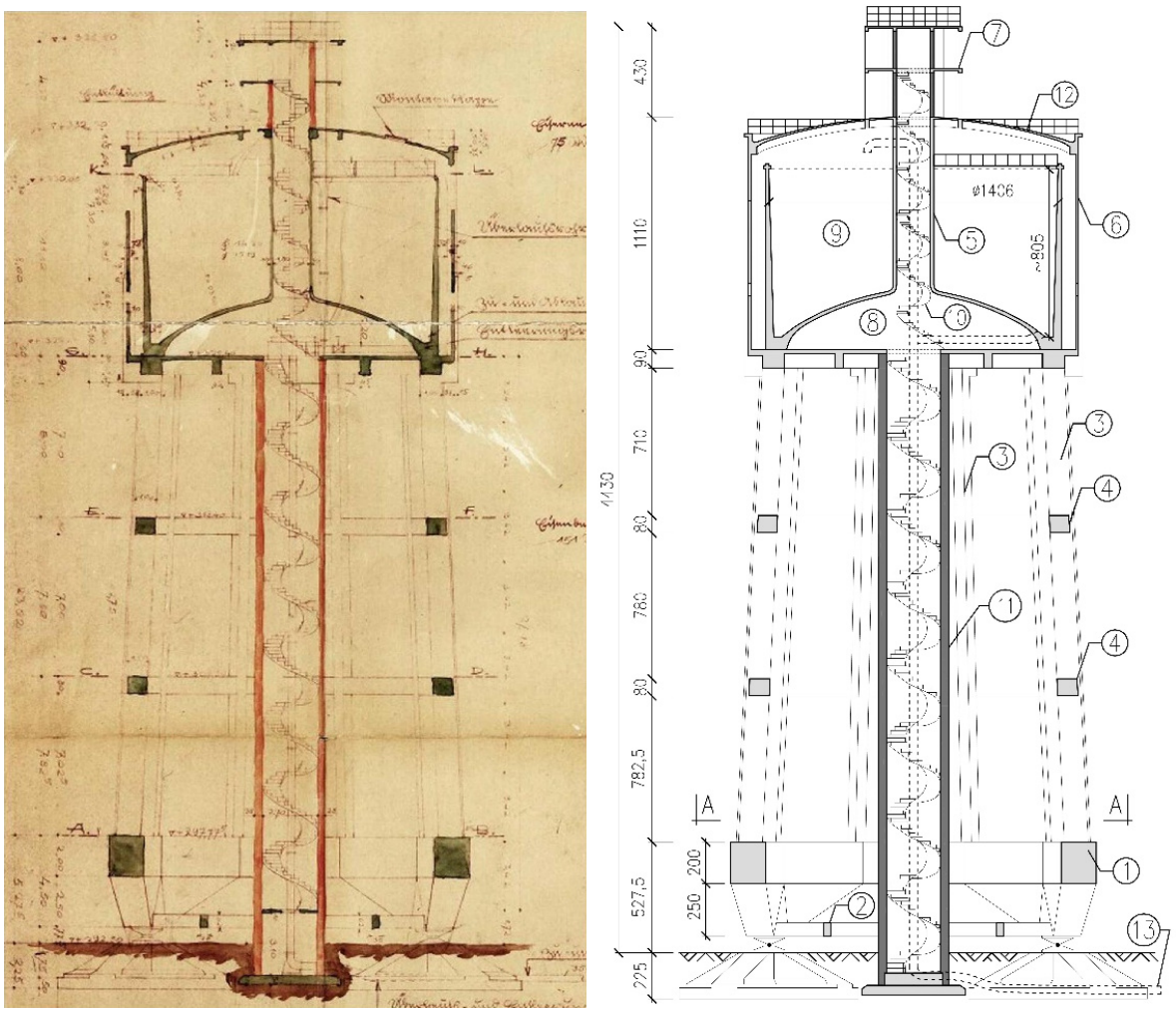
i wykorzystywany jedynie jako konstrukcja wsporcza dla licznych anten telefonii komórkowych. Ogólny widok obiektu przedstawiono na fotografiach – rys. 1, a poprzeczny przekrój z archiwalnej dokumentacji [2] na rys. 2.

Rys. 1. Widok wieży wodnej przy ul. Oświęcimskiej w Bytomiu: z lewej – fotografia archiwalna [3], z prawej – stan obecny

Wieżę posadowiono na 3 fundamentowych stopach (rys. 3), usytuowanych w wierzchołkach trójkąta równobocznego, bezpośrednio na gruncie rodzimym, na głębokości 2,25 m poniżej poziomu terenu. Na stopach, za pośrednictwem stalowych łożysk sferycznych (rys. 3), przegubowo oparta jest masywna żelbetowa belka obwodowa o rzucie dziewięciokąta (rys. 4). Belka ma szerokość 1,5 m i zmienne wysokości, od 4,5 m przy podporach do 2,0 m w przęsłach. Belka nad łożyskami spięta jest żelbetowymi przekątniowymi ściągami o przekroju 0,35×0,75 m. W wierzchołkach belki, na jej górnej powierzchni, usytuowane są słupy o poprzecznych przekrojach 0,50×1,15 m. Słupy w dwóch poziomach usztywnione są obwodowymi ryglami o przekroju 1,15×0,8 m, a u góry zwieńczone są pierścieniem o średnicy 14 m i żelbetową, trójkątnie użebrowaną, płytą o grubości 0,15 m. Na pierścieniu wspiera się konstrukcja walcowego żelbetowego zbiornika o kształcie nawiązującym do zbiornika typu Intze, z dnem w formie kopuły środkowej, lecz bez zewnętrznego stożka ściętego. Zbiornik w środku ma wbudowaną żelbetową rurę komunikacyjną o grubości 10 cm, która dochodzi do promieniście użebrowanej kopuły przekrycia zbiornika (rys. 5). Kopuła opiera się na walcowej, wzmocnionej pilastrami (pod żebrami kopuły), żelbetowej walcowej ścianie o grubości 0,07–0,10 m, która stanowi obudowę zbiornika. Na szczycie kopuły, usytuowana jest dwupoziomowa nadbudówka, zwieńczona stalowym masztem.

W osi wieży znajduje się murowany trzon komunikacyjno-technologiczny o wewnętrznej średnicy 2,70 m i grubości murów 0,38 m, posadowiony na niezależnym fundamencie w postaci żelbetowej kołowej płyty. W ścianach trzonu wspornikowo zakotwione są spiralne schody, a środkiem poprowadzono przewody technologiczne instalacji wodociągowych. Schody od poziomu terenu do poziomu płyty pod zbiornikiem mają żelbetową konstrukcję, a powyżej stalową.

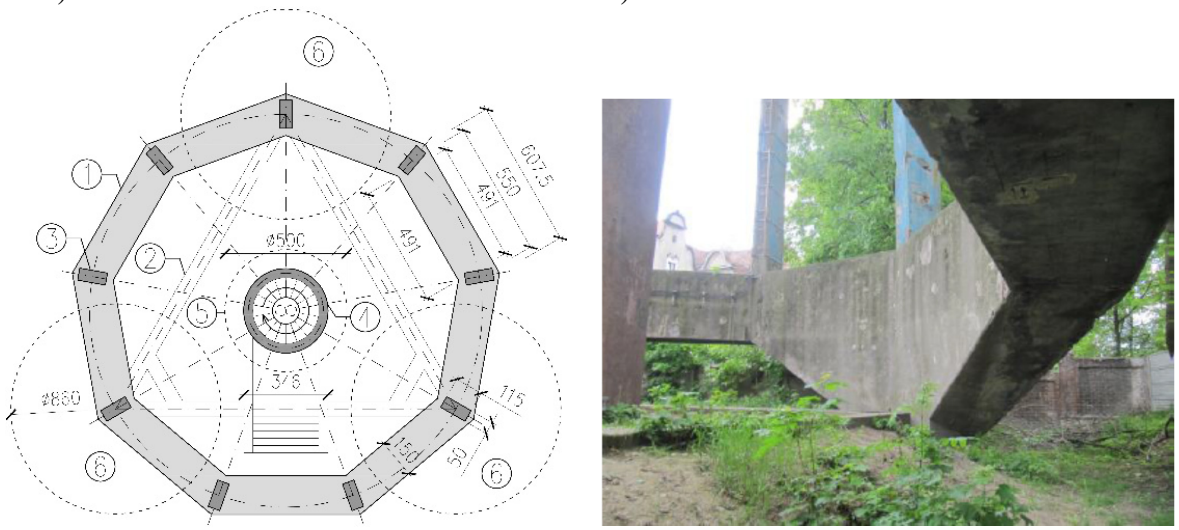
a) b)



Rys. 2. Poprzeczny przekrój wieży wodnej: a) wg archiwalnego rysunku [2], b) wg pomiarów na obiekcie (wymiary w cm); 1 – obwodowa dziewięciokątna belka konstrukcji wsporczej, 2 – żelbetowe ściągi nad łożyskami podporowymi, 3 – żelbetowe słupy podpierające konstrukcję zbiornika, 4 – żelbetowe belki stężające, 5 – żelbetowa rura komunikacyjna połączona z dnem zbiornika, 6 – obudowa zbiornika, 7 – żelbetowa płytowo-słupowa konstrukcja wieży obserwacyjnej, 8 – przestrzeń pod zbiornikiem, 9 – zbiornik o pojemności 1000 m^3, 10 – stalowa konstrukcja schodów, 11 – murowany trzon komunikacyjny z żelbetową konstrukcją schodów, 12 – otwory odpowietrzające w żelbetowej kopule, 13 – przewody instalacji technologicznych wody

Rys. 3**.** Łożysko podporowe konstrukcji wsporczej wieży

a) b)



Rys. 4. Obwodowa dziewięciokątna belka konstrukcji wsporczej wieży: a) przekrój A-A wg rys. 2, b) widok fragmentu belki; 1 – obwodowa dziewięciokątna belka konstrukcji wsporczej, 2 – żelbetowe ściągi nad łożyskami podporowymi, 3 – żelbetowe słupy podpierające konstrukcję zbiornika, 4 – murowany trzon komunikacyjny z żelbetową konstrukcją schodów, 5 – płyta fundamentowa trzonu, 6 – żelbetowy stopy fundamentowe

Rys. 5. Kopuła przekrycia nad zbiornikiem

3. Opis uszkodzeń

Na podstawie przeprowadzonych oględzin żelbetowej konstrukcji wieży wodnej, stwierdzono:

– znaczne zniszczenia korozyjne betonu i stali zbrojeniowej konstrukcyjnych elementów wieży w postaci ubytków betonowej otuliny z całkowitym odsłonięciem prętów zbrojeniowych, odspojeń i spękań otuliny, korozji zbrojenia, a zwłaszcza odsłoniętych strzemion. Największe uszkodzenia wystąpiły na dziewięciokątnej belce obwodowej pod słupami konstrukcji wsporczej, na słupach i ryglach stężających konstrukcji wsporczej, walcowych ścianach i pilastrach obudowy zbiornika, słupach i pomostach nadbudówki. Pozostałe elementy – pierścień i płyta stropowa pod zbiornikiem, zbiornik, kopuła, wykazywały jedynie lokalne uszkodzenia.
– odpadanie cementowych warstw naprawczych na słupach, pilastrach i ścianie obudowy zbiornika.
– powierzchniową korozję stalowych łożysk podporowych.
– korozję i znaczne uszkodzenia metalowych schodów, drabin, pomostu nad zbiornikiem, balustrad na obwodzie kopuły i na pomostach nadbudówki, masztu i pozostałych metalowych elementów wyposażenia wieży.
– zupełne zużycie przeciwwilgociowej izolacji pokrycia kopuły, wykonanego z warstw papy, izolacyjnych bitumicznych powłok na pomostach nadbudówki, obróbek blacharskich, stolarki okiennej i drzwiowej.

Rys. 6. Przykłady korozyjnych uszkodzeń żelbetowej konstrukcji wsporczej wieży

4. Analiza wyników badań i obliczeń

W celu sprawdzenia wytrzymałości betonu i stali zbrojeniowej w żelbetowej konstrukcji wieży wykonano badania na obiekcie oraz badania laboratoryjne [4]. Badaniami objęto elementy głównej nośnej konstrukcji podbudowy wieży – pierścieniową dziewięciokątną belkę i oparte na niej słupy.

Z belki i słupów wycięto betonowe rdzenie o średnicy 83 mm (rys. 7) oraz pobrano odcinki prętów zbrojeniowych (rys. 8).

Rys. 7. Przykładowe rdzenie wycięte ze słupów i pierścieniowej belki konstrukcji wsporczej

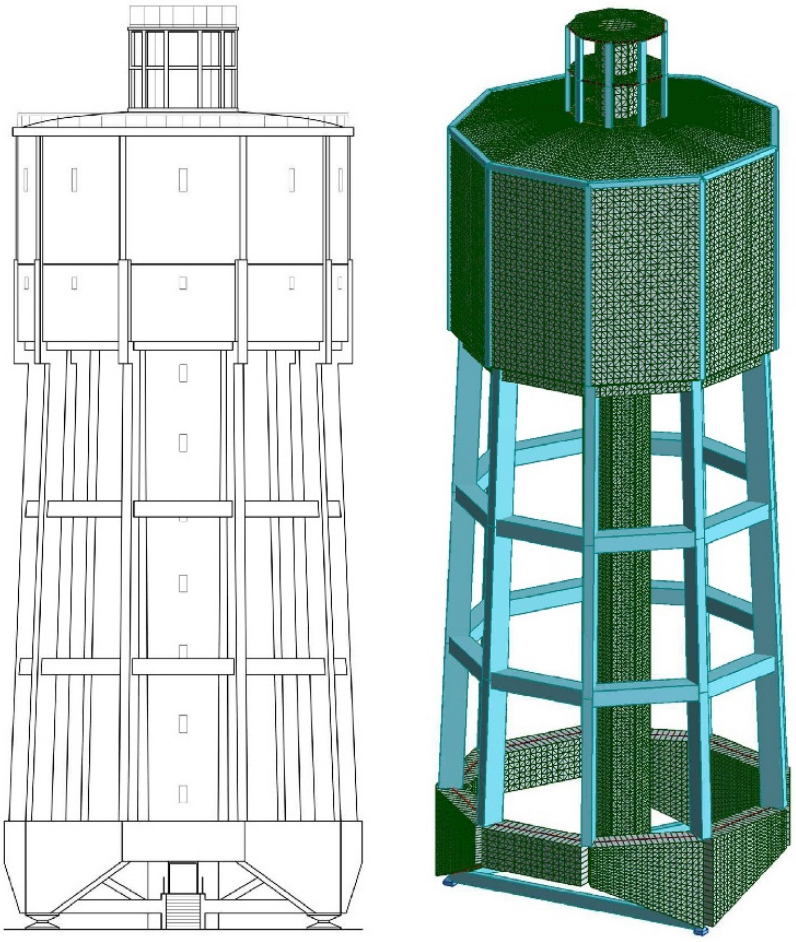
Rys. 8. Próbki zbrojenia wyciętego z konstrukcji przed i po zerwaniu

Na obiekcie kontrolowano wytrzymałość betonu nieniszczącą metodą za pomocą sklerometru Schmidta typu N, oraz metodą elektromagnetyczną dokonano skanowania zbrojenia belek i słupów.

Z badań betonu wynika, że beton konstrukcji wsporczej wieży, w nieuszkodzonych przez korozję i pozbawionych wad betonowania miejscach, odpowiada pod względem wytrzymałości na ściskanie, klasie C25/30 (B30).

W badaniach średnic i usytuowania zbrojenia nie stwierdzono istotnych rozbieżności w stosunku do rozwiązań przedstawionych na rysunkach konstrukcyjnych archiwalnej dokumentacji [2]. W laboratoryjnych badaniach zrywania próbek stali zbrojeniowej wykazano, że do zbrojenia stosowano stal dobrej ciągliwości – wydłużenie przy zerwaniu 24 –27%, o wyraźnej granicy plastyczności wynoszącej od 211 do 267 MPa.

Wyniki przeprowadzonych badań materiałowych wykorzystano następnie do obliczeniowej analizy nośności żelbetowej konstrukcji wieży. Zbudowano przestrzenny model konstrukcji w metodzie MES, wykorzystując elementy powłokowe i prętowe – rys. 9. Model obciążono ciężarem własnym konstrukcji, obciążeniami od wiatru i śniegu zgodnie z obecnie obowiązującymi normami. Uwzględniono wpływ pomierzonego geodezyjnie wychylenia obiektu z pionu (130 mm), oraz wpływy deformacji terenu górniczego III kategorii i wstrząsów parasejsmicznych o przyśpieszeniu drgań 200 mm/s^2.



Rys. 9. Widok wieży i model MES konstrukcji

Z obliczeniowej analizy, dla różnych możliwych kombinacji oddziaływań środowiskowych i górniczych, uzyskano spełnienie granicznych stanów nośności i użytkowania żelbetowej nośnej konstrukcji wsporczej zbiornika – słupy, pierścieniowa belka, fundamenty i posadowienie. Wykorzystanie nośności słupów, dla najbardziej niekorzystnej kombinacji, przy dwukierunkowym mimośrodowym ściskaniu, wynosi 58%, belki pierścieniowej przy zginaniu – 67%, a przy ścinaniu – 30%. Wyłączenie obiektu z eksploatacji spowodowało bowiem znaczną redukcję obciążeń (pojemność zbiornika około 1000 m^3), ponadto konstrukcja już w projekcie została dostosowana do przejęcia wpływów eksploatacji górniczej – posadowienie w 3 punktach i zastosowanie żelbetowych ściągów nad łożyskami podporowymi. Różnice wartości sił wewnętrznych w elementach głównej konstrukcji wsporczej, uzyskane z obliczeń komputerowych, w stosunku do wartości sił zawartych w archiwalnych obliczeniach, nie przekraczały 10%.

Wyniki przeprowadzonych badań i obliczeniowych analiz wskazują na możliwość wykorzystania w przyszłości przedmiotowej konstrukcji wieży wodnej do innych celów, np. jako wieża widokowa, lub inna komercyjna funkcja, przez także możliwą częściową zabudowę przestrzeni między słupami.

W celu doprowadzenia konstrukcji do odpowiedniego technicznego stanu zaproponowano podjęcie remontu obejmującego oczyszczenie konstrukcji przez piaskowanie, uzupełnienie skorodowanego zbrojenia, reprofilację ubytków betonu systemowymi zaprawami PCC, powłokową ochronę powierzchniową, wykonanie przeciwwilgociowych izolacji kopuły i podestów nadbudówki, antykorozyjną renowację elementów stalowych.

5. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań i wyników numerycznej analizy żelbetowej konstrukcji wieży wodnej stwierdzono, że ogólny stan zachowania zabytkowego obiektu architektury technicznej, pomimo korozyjnych zniszczeń, pozwala na jego dalsze wykorzystanie do planowanych celów, po wykonaniu renowacyjnego remontu. Stany graniczne nośności i użytkowania głównej żelbetowej konstrukcji wsporczej wieży są zachowane, także w wypadku wystąpienia prognozowanych oddziaływań górniczych.

Wykorzystane materiały

1. http://jaktrafic.org
2. Archiwalna dokumentacja budowlana wieży wodnej z 1934 r. Dokumenty budowy, obliczenia statyczne i rysunki konstrukcyjne. Kaller & Stachnik. Eisenbeton-, Hoch und Tiefbau. Beuthen O.S. W archiwum Urzędu Miejskiego w Bytomiu.
3. https://pl-pl.facebook.com/Bytom.hsibc/photos
4. Praca badawcza NB-103/RB-2/2014: Badania stanu żelbetowej konstrukcji obiektu wieży wodnej przy ul. Oświęcimskiej w Bytomiu. Katedra Konstrukcji Budowlanych. Politechnika Ślaska. Gliwice 2014.

TECHNICAL CONDITION TESTS OF THE REINFORCED CONCRETE HISTORIC WATER TOWER

Abstract: The results of investigations and the analysis of the static-strength for the reinforced concrete construction of 80-year-old water tower were presented. The tower of skeletal support structure, with the tank capacity of 1000 m3, placed on a three steel supports in the form of spherical bearings. Currently, the tower is excluded from use and shows a significant damaged of corrosive nature. Undertaken the laboratory tests and the research on the building, and also the computational analysis of the carrying capacity of the existing structure, taking into account the projected effects of mining, allowed the user to make a rational decision about the renovation and future use of the building.

Keywords: water tower, reinforced concrete structures, structural damage, non-destructive testing, technical condition.