ANNA HALICKA, *a.halicka@pollub.pl*
DOMINIKA FRANCZAK-BALMAS, *d.franczak@pollub.pl*
ŁUKASZ JABŁOŃSKI, *l.jablonski@pollub.pl*
Politechnika Lubelska

HISTORIA BUDOWY I USZKODZENIA ŻELBETOWEGO ZBIORNIKA WODOCIĄGOWEGO Z OKRESU MIĘDZYWOJENNEGO XX WIEKU

THE HISTORY OF ERECTION AND DAMAGE OF CONCRETE WATER TANK OF INTERWAR PERIOD OF XX CENTURY

Streszczenie W referacie omówiono historię budowy żelbetowego zbiornika wodociągowego wykonanego przez firmę amerykańską w okresie międzywojennym XX wieku w Lublinie. Użytkowany do dnia dzisiejszego zbiornik jest dwukomorowym prostopadłościennym zbiornikiem podziemnym. Na podstawie danych historycznych i oryginalnych rysunków konstrukcyjnych odtworzono historię zbiornika: uszkodzenia na etapie budowy oraz wzmocnienia poprzez częściowe posadowienie na palach. Kolejne spękania zbiornika stwierdzone w ostatnich latach przypisano podniesieniu się zwierciadła wody gruntowej.

Abstract In the paper the history of erection of concrete water tank built in Lublin in interwar period of XX century by American company is described. This tank is used up till now. It is underground cubicoid tank consisted of two chambers. On the basis of historical data and original drawings the history of damage occurred during erection of the tank was retraced as well as the manner of strengthening of the damaged tank. The next cracks were observed in the last years because of raising of underground water level.

1. Wprowadzenie

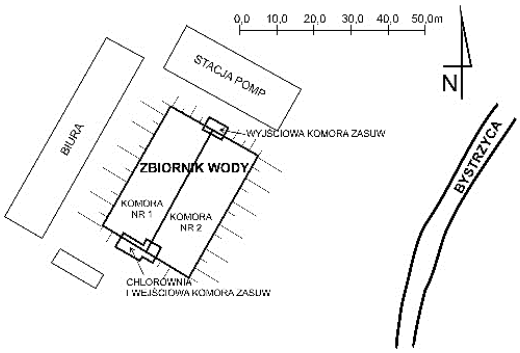
Zbiornik opisywany w niniejszym referacie znajduje się na terenie stacji wodociągowej „Centralna” w Lublinie. Jest to żelbetowy dwukomorowy zbiornik podziemny, w którym gromadzona jest woda pitna przed wprowadzeniem do miejskiej sieci wodociągowej. Zbiornik użytkowany jest od 83 lat i od początku wykazywał uszkodzenia. W ciągu ostatnich lat nastąpił ich wyraźny postęp, co stało się powodem zlecenia ekspertyzy technicznej [1].

Obok znacznie zaawansowanych uszkodzeń typu korozyjnego, które nie będą tu szerzej omawiane, autorzy stwierdzili intensywne zarysowania zbiornika. Dysponując oryginalnymi rysunkami [2] pochodzącymi z projektu zbiornika oraz danymi z archiwów miejskich zestawionymi w pracach [3,4] odtworzyli historię budowy zbiornika i jego pierwotnego uszkodzenia. Ustalili też przyczynę narastania zarysowań w ostatnich latach.

2. Położenie zbiornika i podstawowe dane konstrukcyjne

Stacja wodociągowa „Centralna” znajduje się w centrum Lublina w dolinie rzeki Bystrzycy. Na terenie stacji, obok pokazanych na rys. 1 budynków sąsiadujących ze zbiornikiem (stacja

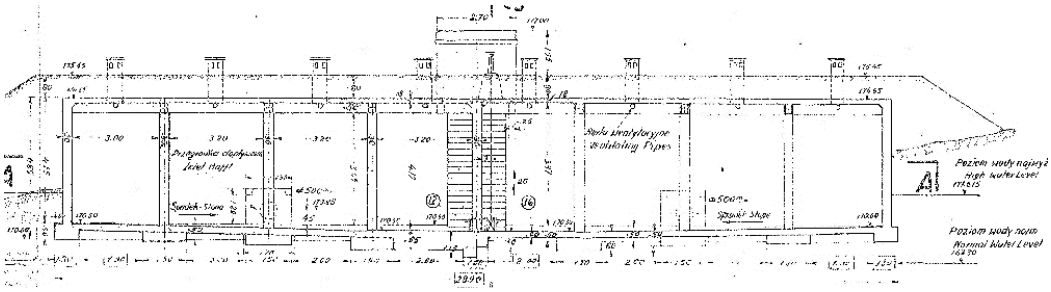
pomp, biura i magazyny), znajduje się także ujęcie wody. Trzy studnie z przełomu XIX i XX wieku, pracowały przez pierwsze ćwierćwiecze XX wieku. Według [3] dwie ze studni uruchomiono ponownie w roku 1952 roku, a na przełomie lat 80-tych i 90-tych XX wieku studni było aż cztery. Ze względu na fakt, że pobór wody jest zdecydowanie mniejszy niż 20 lat temu, obecnie działają dwie studnie głębinowe, a ich pompy pracują w sposób nieciągły.



Rys. 1. Położenie zbiornika na terenie stacji wodociągowej „Centralna”

Przekrój poprzeczny zbiornika pochodzący z dokumentacji projektowej [2] pokazano na rys. 2. Żelbetowy zbiornik składa się z dwóch komór o pojemności roboczej 1617 m^3 każda. Wymiary zewnętrzne zbiornika wynoszą 27,90×38,40 m, zaś wymiary wewnętrzne każdej z komór 13,50×37,80×4,00 m. Wysokość słupa wody wynosi 3,40 m.

Zbiornik jest zagłębiony w gruncie i obsypany, grubość zasypki wynosi 70÷80 cm. Porośnięte trawą „wzgórze” zbiornika wyniesione jest ponad otaczający teren 130÷190 cm.

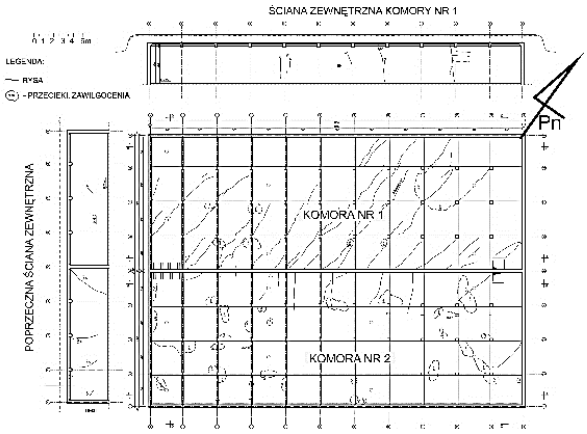


Rys. 2. Przekrój poprzeczny zbiornika pochodzący z dokumentacji projektowej [2]

Żelbetowe ściany zbiornika są utwierdzone w ławach fundamentowych połączonych monolitycznie z płytą denną. Grubość ścian podłużnych (wewnętrznych i zewnętrznych) wynosi 30 cm, a ścian zewnętrznych poprzecznych – 35 cm. Ściany są zbrojone dwustronnie. Przekrycie zbiornika tworzy monolityczna płyta o polach kwadratowych (wymiar osiowy 3,50×3,50 m) i grubości 18 cm, zbrojona krzyżowo dołem i górą ϕ14 co 20 cm. Płyta oparta jest na krzyżujących się belkach o szerokości 25 cm i wysokości 50 cm (łącznie z grubością płyty), które z kolei opierają się na słupach oraz ścianach zewnętrznych i ścianie wewnętrznej. Belki zbrojone są jednakowo w przęśle dołem i nad podporą górą 4 ϕ16, dwa z prętów są odgięte. Strzemiona mają średnicę 10 mm i rozmieszczone są przy podporach co 10 cm i 15 cm, w przęśle co 30 cm. Słupy mają przekrój 30×30 cm, a ich zbrojenie stanowią 4 pręty ϕ16.

3. Zinwentaryzowane uszkodzenia i stan techniczny elementów zbiornika

W czasie wizji lokalnej autorzy stwierdzili, że ściany i strop zbiornika nie są pokryte żadną wyprawą, a na ścianach i słupach występuje brązowo-czerwony nalot związków żelaza.



Rys. 3. Uszkodzenia stropu i wybranych ścian zbiornika

Stwierdzono zarysowania ścian, stropów i płyty dennej (rys. 3, 4, 5):

– intensywne rysy w płycie stropowej komory nr 1 pod kątem 45° do osi ścian; część z nich wnika w belki, kilka wnika w ścianę dzielącą komory i przechodzi na strop komory nr 2,
– dwojakiego rodzaju zarysowania podłużnej ściany dzielącej zbiornik na komory: jedne – pionowe rozpoczynające się u góry od rys w stropie i zmniejszające swą rozwartość ku dołowi i drugie w środku długości ściany – ukośne o większej rozwartości (do 1,5 mm),
– pionowe zarysowania podłużnej ściany zewnętrznej komory nr 1 oraz pionowe i ukośne rysy w poprzecznej ścianie zewnętrznej obydwu komór od strony południowo-zachodniej,
– rysa w płycie dennej komory nr 2 wzdłuż ściany wewnętrznej odchylająca się w narożniku komory w kierunku południowym.

Stwierdzono, że kilka rys było już naprawianych. Większość z nich pozostaje szczelna, ale w trzech rysach w ścianie dzielącej komory widoczne są wtórne zarysowania i wysolenia.

Oprócz zarysowań zinwentaryzowano (rys. 5): plamy wilgoci na stropie; biało-żółte nacieki i wysolenia w rysach stropu, tworzące stalaktyty i spływające na belki i ściany; wysolenia w rysach ścian. Na znacznej części powierzchni stropu w miejscach cienkiej otuliny widoczne są plamy korozji wzdłuż prętów zbrojeniowych w płycie i strzemion w belkach, w wielu takich miejscach nastąpiło odłupanie otuliny, a korozja spowodowała zmniejszenie przekroju prętów nawet o 50%.

Rys. 4. Przykładowe uszkodzenia ścian zbiornika: zarysowanie ściany dzielącej komory i wysolenia

Rys. 5. Strop zbiornika: korozja prętów zbrojeniowych w miejscach zbyt cienkiej otuliny oraz zarysowania płyty stropowej z biało-żółtymi wyciekami

Badając odwierty rdzeniowe uzyskano wytrzymałości betonu odniesione do próbki kostkowej o boku 150 mm równe 60,4 MPa oraz 67,8 MPa. Wykonując badania sklerometryczne stwierdzono znaczną niejednorodność betonu – wskaźnik zmienności liczb odbicia w komorach wynosił odpowiednio 10,5% i 17%.

Na podstawie oględzin odwiertów (rys. 6) oraz odkrywek stwierdzono, że beton jest zwarty, dobrze zagęszczony (poza przerwami technologicznymi u góry słupów i kilkoma miejscami w belkach). Zawiera kruszywo grube wapienne (prawdopodobnie z Gór Świętokrzyskich) o nieregularnych ziarnach, których wymiar dochodzi do 80 mm. Mało jest kruszywa o średniej granulacji, występują zanieczyszczenia np. kawałki cegły.

Rys. 6. Odwierty rdzeniowe

Warstwy powierzchniowe, których grubość oceniono na 10÷15 mm, zawierają mniej kruszywa grubego i są zdecydowanie słabsze od warstw głębszych. Występują też ubytki betonu w narożnikach słupów u podstawy oraz w poziomie lustra wody.

3. Zbiornik jako jeden z obiektów „robót publicznych” miasta Lublina z lat 1925÷1929

Stacja wodociągowa, zwana dziś „Centralną”, zbudowana została zgodnie z umową zawartą w roku 1924 między Miastem Lublin a amerykańskim Towarzystwem Ulen and Company. Umowa realizowana była dzięki pożyczce inwestycyjnej udzielanej miastom na podstawie porozumienia między Bankiem Gospodarstwa Krajowego w Warszawie a Towarzystwem [4]. Z umowy takiej skorzystało kilka miast (m.in. Częstochowa, Kielce, Radom). W Lublinie umowa obejmowała wykonanie tzw. robót publicznych wymaganych dla potrzeb i dobrobytu Samorządu [4], w jej zakres wchodziła kanalizacja miejska z oczyszczalnią ścieków, wodociągi z ujęciem wody, stacją wodociągową omawianą w niniejszym referacie oraz wieżą ciśnień, a także rzeźnia i hale targowe. Na stacji wodociągowej wykonano żelbetowy zbiornik na wodę oraz murowaną stację pomp wysokiego ciśnienia.

Towarzystwo Ulen and Company oświadczyło, że wcześniej wybudowało wiele bardzo ważnych robót dla rządów, samorządów i spółek w różnych częściach świata [4]. W umowie z Miastem zobowiązało się zużyć całą swą umiejętność i doświadczenie działając w ten sam sposób oszczędny i staranny, w jaki by wykonywało swoje własne roboty [4].

Zgodnie z umową, projekt i kierowanie budową zapewniało Towarzystwo, ale do robót zatrudniano Polaków (z zagranicy mogli być sprowadzani jedynie eksperci i specjaliści). Zagwarantowano także pierwszeństwo stosowania polskich maszyn, urządzeń technicznych oraz materiałów [4]. Miasto miało prawo nadzoru robót i wnoszenia zastrzeżeń w ciągu 6 miesięcy od zakończenia każdego etapu robót.

Roboty rozpoczęto w 1925 roku, a oddanie do użytku stacji wodociągowej, w tym zbiornika, nastąpiło w roku 1929. W kilka miesięcy po zakończeniu realizacji umowy Komitet Rzeczoznawców Polskiego Instytutu Wodociągowo-Kanalizacyjnego w Warszawie wydał opinię, w której stwierdził, że Towarzystwo większą część robót wykonało w znacznym stopniu niestarannie, a nawet nieumiejętnie, w wielu wypadkach wykazując brak odpowiedniego technicznego doświadczenia w zakresie urządzeń wodociągów i kanalizacji; ponadto nie rozporządzając należycie opracowanymi projektami, planami oraz rysunkami szczegółowymi, nadto nie przeprowadziwszy przedwstępnych badań, naraziło Miasto na nieobliczalne

w przyszłości koszty eksploatacyjne [4]. Jedną z przyczyn ostrej opinii rzeczoznawców był zbiornik, który wykonany został bez przeprowadzenia próbnych badań, a w konsekwencji osiadł wykazując pęknięcia i rysy, w związku z czym zaszła potrzeba wzmocnienia fundamentów za pomocą pali betonowych [4]. Miasto wystąpiło z reklamacją, ale według Towarzystwa wszystkie wydatki stanowiły prawidłowe obciążenie funduszu budowlanego [4]. Miasto uzyskało zwrot jedynie około 1% kosztów dodatkowych.

4. Analiza dokumentacji i ustalenie pierwotnych przyczyn uszkodzenia zbiornika

Jak podano wyżej, zbiornik od początku wykazywał pęknięcia i rysy. Nie wiadomo, których elementów pęknięcia te dotyczyły – płyty dennej, ścian czy stropu. Nie wiadomo zatem, które z obserwowanych obecnie rys są rysami pierwotnymi.

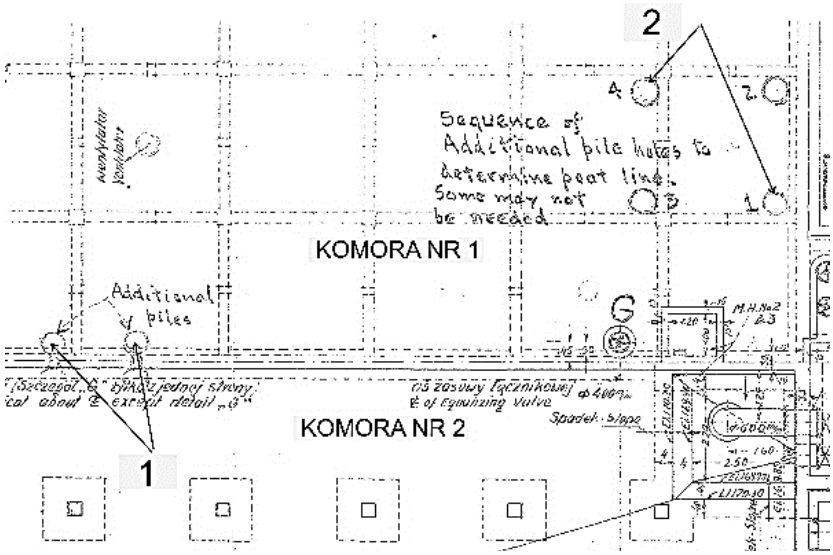
W celu ustalenia przyczyn zarysowań dokonano analizy dostępnej dokumentacji projektowej [2] i niepełnej dokumentacji geotechnicznej [5], wykonanej w roku 1991 na potrzeby budowy chlorowni przylegającej do zbiornika od strony południowo-zachodniej.

Z opinii geotechnicznej [5] wynika, że w podłożu od strony południowo-zachodniej zbiornika pod warstwą nasypów o miąższości 5,20 m, składających się z pyłów humusowych, piasku i kamieni, występują kolejno: torf i namuły organiczne wilgotne w stanie twardoplastycznym, piaski drobne średniozagęszczone i piaski średnie średniozagęszczone. Zestawiając przekroje geotechniczne z rysunkami archiwalnymi [2] można stwierdzić, że ta część zbiornika posadowiona jest na stropie piasków. W chwili wykonywania ekspertyzy [1] nie wiadomo było, jaki jest układ warstw geotechnicznych od strony północno-wschodniej (od strony stacji pomp). Wiadomo jedynie, że budynek stacji pomp został wzniesiony na podmokłym, torfiastym gruncie i posadowiony był na betonowych fundamentach opartych na 340 pilotach (palach) sosnowych[4].

Fundamenty zbiornika zaprojektowano jako monolityczną całość. Żelbetowa płyta denna o grubości 20 cm zbrojona siatką ortogonalną górą i dołem, skonstruowana ze spadkiem, posadowiona jest 30 cm wyżej niż stopy i ławy tak, że jej powierzchnia górna pokrywa się z górną powierzchnią ław i stóp. W strefie poboru wody zaprojektowano obniżenie technologiczne płyty o 65 cm. Ławy fundamentowe zbrojono poprzecznie dołem. Mają one wysokość 50 cm i szerokości: pod ścianami zewnętrznymi podłużnymi i poprzecznymi – 85 cm, pod ścianą podłużną wewnętrzną – 130 cm. Stopy fundamentowe zbrojone dołem siatką ortogonalną mają wysokość 50 cm i wymiary w planie 150×150 cm.

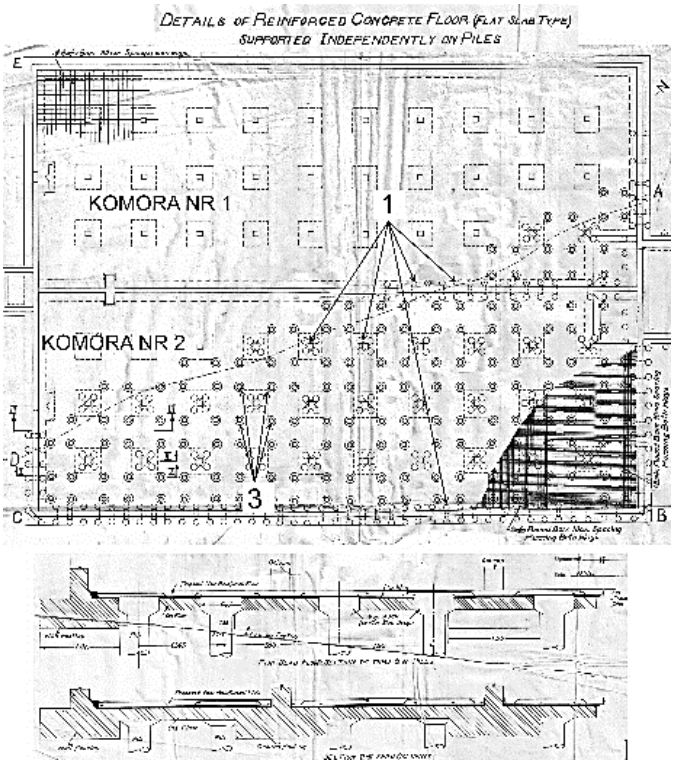
Domniemywać można, że kłopoty z posadowieniem zbiornika pojawiły się już na etapie jego wykonywania. Świadczą o tym odręczne dopiski ołówkiem na oryginalnym rzucie zbiornika [2] (rys. 7). Są to symbole z odręcznym opisem additional piles – dodatkowe pale, dorysowane w linii ściany podłużnej dzielącej komory (oznaczenie „1” na rys. 7). Pale połączone są parami, pale jednej pary znajdują się po dwóch stronach ściany. Z kolei w komorze nr 1 przy ścianie poprzecznej narysowano okręgi z opisem sequence of additional pile holes to determine peat line. Some may not be needed – kolejność dodatkowych otworów dla ustalenia linii torfu. Niektóre z nich mogą nie być potrzebne” (oznaczenie „2” na rys. 7). Jest to wyraźnie program dodatkowych badań geotechnicznych – w p. 3 przytoczono już zarzut komisji rzeczoznawców, która stwierdziła, że zbiornik wykonany został bez przeprowadzenia próbnych badań [2].

Domniemywać też można, że powyższe dopiski powstały przed wykonaniem fundamentu podłużnej ściany środkowej i części stóp fundamentowych, po stwierdzeniu występowania torfów w poziomie projektowanego posadowienia. Fundamenty te ostatecznie posadowiono na palach dodatkowych. Nie wiadomo, jakie pale przewidziano, ale można przypuszczać, że były to, podobne jak w sąsiednim budynku stacji pomp, pale drewniane.



Rys. 7. Fragment oryginalnego rzutu zbiornika [2] z dopiskami ołówkiem: 1 – dodatkowe pale pod ścianą podłużną, 2 – dodatkowe wiercenia mające ustalić poziom torfu

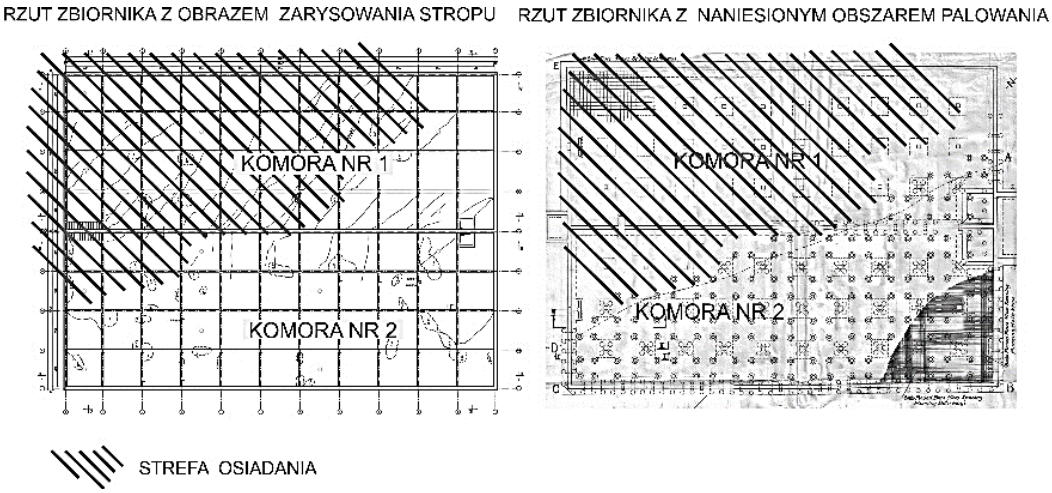
Drugie wzmocnienie posadowienia zbiornika wykonano prawdopodobnie po jego zrealizowaniu, bowiem zaszła potrzeba wzmocnienia fundamentów za pomocą pali betonowych [2]. Na rys. 8 przytoczono projekt tego wzmocnienia [2]. Zaprojektowano je nie pod całym zbiornikiem, a jedynie na obszarze oznaczonym jako ABCD – pod niemal całą komorą nr 2 (bliższą rzeki) oraz pod niewielkim fragmentem komory nr 1. Pale umieszczono przy narożnikach stóp fundamentowych i oparto na nich nową płytę denną (oznaczenie „3” na rys. 8).



Rys. 8. Projekt palowania płyty dennej zbiornika [2] – rzut, przekrój I-I przez płytę denną, przekrój II-II przez płytę denną i stopy fundamentowe; 1 – symbole bez opisu i pokazania detali (pale drewniane pod ławami i stopami ?) 2 – pale betonowe pod płytą

Na rys. 8, oprócz projektowanych pali betonowych, widnieją wzdłuż ścian symbole analogiczne jak te, którymi na rys. 7 oznaczono „dodatkowe pale” (na rys. 7 i 8 oznaczenie „1”). Podobne symbole – tym razem 4 połączone „na krzyż” okręgi znajdują się w obrębie części stóp fundamentowych (w większej części komory nr 2 i na niewielkim fragmencie komory nr 1). Ostatecznie, na podstawie analizy rys. 7 i 8, można domniemywać, że pod fundamentami zbiornika istnieją dwa rodzaje pali: pale wykonane w czasie realizacji pod niektórymi ławami i niektórymi stopami (pale drewniane?) oraz pale betonowe przy narożnikach niektórych stóp.

Zinwentaryzowany obraz zarysowań wskazuje na przyczynę tych zarysowań, jaką jest nierównomierne osiadanie gruntu pod zbiornikiem. Na rys. 9 zestawiono obraz zarysowania stropu zbiornika z określonym na jego podstawie obszarem osiadania oraz rzut zbiornika z oznaczonym obszarem palowania. Zauważyć można, że osiadła część niepalowana – posadowiona na fundamentach bezpośrednich. Potwierdza to także rysa w płycie dennej, która niemal pokrywa się z granicą obszaru palowania komory nr 2, a na następnie przebiega w tej komorze wzdłuż krawędzi ławy fundamentowej pod ścianą środkową.



Rys. 9. Zestawienie rzutów zbiornika z naniesionym obrazem zarysowania stropu i obszarem palowania, na rzutach podcieniowano strefę osiadania zbiornika

Zatem ostatecznie można przyjąć, że przyczyną osiadania narożnika komory nr 1 jest niejednorodny sposób fundamentowania zbiornika – częściowo na palach, częściowo bezpośrednio, przy monolitycznym połączeniu obu części, zwłaszcza, że w czasie eksploatacji występują sytuacje, gdy napełniona jest jedynie jedna komora i obciążenie przekazywane na grunt przez jedną i drugą komorę mogą być różne.

5. Przyczyny narastania zarysowań w ostatnich latach

Narastanie zarysowań zaobserwowano w latach 90-tych XX wieku. W roku 1996 zalecono wypełnienie najbardziej rozwartych rys metodą iniekcji. Obecnie autorzy stwierdzili, że większość sklejonych rys pozostaje szczelna, ale trzy z nich w ścianie dzielącej komory są wtórnie zarysowane, występują tu też wysolenia. Oznacza to, że proces nierównomiernych osiadań zbiornika trwał nadal.

Upatrując przyczynę opisanych wyżej zarysowań w oddziaływaniu wody gruntowej, przeanalizowano dostępne informacje na temat jej poziomu w czasie eksploatacji zbiornika.

W dokumentacji projektowej z lat 20-tych XX wieku [2] nie podano poziomu wody gruntowej. Podano natomiast, że normalny poziom wody w rzece był niższy od poziomu posadowienia, ale mógł się podnosić okresowo o ponad dwa metry i wystąpić ponad półtora metra

powyżej poziomu posadowienia. Po uregulowaniu rzeki w latach 70-tych XX wieku wahania te stały się znacznie mniejsze.

W badaniach z roku 1991 [5] stwierdzono, że zwierciadło wody gruntowej stabilizowało się na poziomie o ponad 1,0 metr niższym od najniższego poziomu posadowienia zbiornika. Tymczasem w roku 2000 w obniżeniu płyty dennej zauważono tzw. przebicie hydrauliczne – dwa otwory, z których wypływała woda pod ciśnieniem.

Inną obserwacją wskazującą na podniesienie się poziomu wody w gruncie jest pojawienie się w ostatnich latach wody w sąsiadującym budynku stacji pomp, co stało się przyczyną prowadzonych w roku 2012 prac, polegających na izolacji budynku i zdrenowaniu terenu wokół niego. W czasie trwania prac wystąpił intensywny napływ wody do wykopów.

Opisane podniesienie poziomu wody gruntowej może mieć charakter wahań krótkoterminowych (np. zależnych od poziomu wody w rzece), ale związane być także może z ogólną tendencją zmian poziomu wód na tym terenie. Po zmniejszeniu poboru wody ze studni znajdujących się na stacji wodociągowej (p. 2) zmienił się lej depresyjny i poziom wód się podniósł. Podniesienie poziomu wody obserwowano także na innych posesjach w promieniu kilkuset metrów od stacji wodociągowej.

6. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań i analiz za pierwotną przyczynę uszkodzenia zbiornika uznano osiadanie narożnika zachodniego w wyniku posadowienia zbiornika w sposób niejednorodny – częściowo na palach, częściowo bezpośrednio, bez zastosowania dylatacji między różnie posadowionymi częściami. Dodatkowym niekorzystnym czynnikiem jest posadowienie w nawodnionym podłożu gruntowym i podniesienie poziomu wody gruntowej będące efektem zmniejszenia leja depresyjnego ujęcia wody.

Zalecono monitorowanie stateczności zbiornika przez założenie reperów i wykonanie pomiarów położenia zbiornika oraz monitorowanie rozwarcia rys do czasu wykonania remontu. Zalecono także wykonanie aktualnej dokumentacji hydrogeologicznej. Dopiero po uzyskaniu tych dodatkowych danych będzie można podjąć decyzję o konieczności stabilizacji podłoża gruntowego.

Zalecono także iniekcję rys w ścianach, stropie i dnie oraz naprawę konstrukcji stropu (uzupełnienie ubytków skorodowanego zbrojenia, reprofilację ubytków betonu i wykonanie metodą natrysku otuliny z materiałów mineralnych z mikrokrzemionką).

Literatura

1. Halicka.A, Franczak-Balmas D., Jabłoński Ł.: Ekspertyza techniczna Pt: Ocena stanu technicznego dwukomorowego zbiornika wody pitnej na stacji wodociągowej „Centralna” przy ul. Piłsudskiego w Lublinie (maszynopis), listopad 2012
2. Rysunki konstrukcyjne zbiornika pochodzące z archiwalnej dokumentacji projektowej wykonanej przez firmę Ulen and Company w roku 1927
3. 90 lat wodociągów lubelskich 1899-1989, opracowanie zbiorowe pod merytoryczną redakcją B. Dudek i B. Turskiego, Wydawnictwo MPWiK Lublin 1989
4. Michałowski St.: Sto lat współczesnych wodociągów w Lublinie 1899-1999, Wydawnictwo MPWiK Lublin 1999
5. Opinia z technicznych badań podłoża gruntowego budynku chlorowni przy ul. Piłsudskiego w Lublinie, PP-U „GEPRO” Oddział Geodezji w Lublinie, wrzesień 1991