

Strukturalna naprawa żelbetowych zbiorników na wodę pitną

Dr inż. Wojciech Biliński, dr inż. Kazimierz Piszczek

W artykule przedstawiono stan techniczny żelbetowego zbiornika na wodę pitną po 20-letniej eksploatacji. Opisano i sklasyfikowano występujące uszkodzenia oraz podano przyczyny ich powstania. Dla potrzeb realizacji prac naprawczych dobrano materiały i technologie ich wykonania gwarantujące spełnienie aktualnych wymagań stawianych tego typu obiektom. Doszczelnienie wewnętrznych powierzchni żelbetowych zbiornika oraz polepszenia ekologicznych warunków gromadzenia wody do spożycia osiągnięto stosując natrysk zaprawy zawierającej mikrokrzemionkę.

Słowa kluczowe: żelbetowy zbiornik, remont, beton natryskowy, mikrokrzemionka.

The structural repair of reinforced the concretes reservoirs on drinking water

The technical condition of the reinforced concrete reservoir was moved in the report on drinking water after 20-years exploitation. Describe and classify stepping out damages and give the causes of their rise. Materials and the technologies of their realization were chosen for the needs of the realization of repair works the guaranteeing fulfilment of current requirements placed this type the objects. Applying the sprayed concrete including of the microsilica for the seal (packing) of the internal reinforced concretes surfaces of the reservoir and improvement of the ecological conditions of accumulating water to consumption were reached.

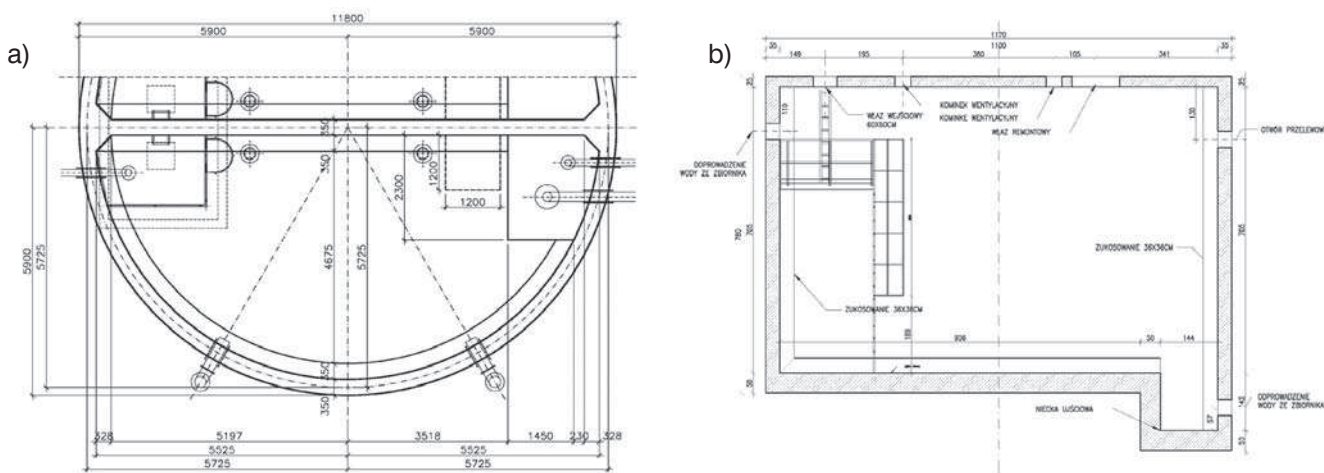
Key words: reinforced the concrete reservoir, repair, the sprayed concrete, mikrosilica.

1. Wprowadzenie

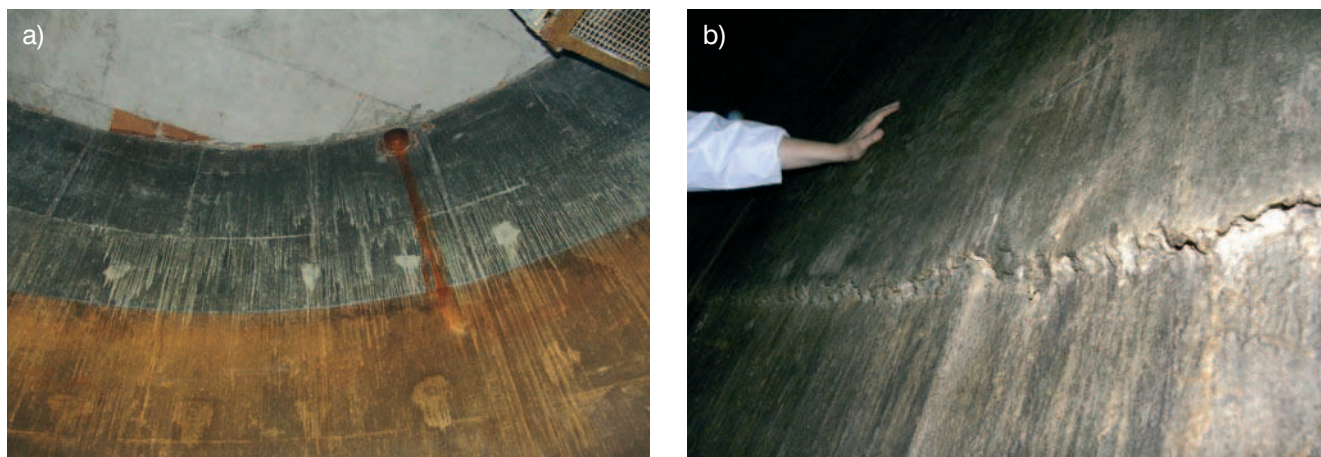
Żelbetowe zbiorniki (podziemne lub częściowo zagłębione w podłożu) służące do gromadzenia wody czystej przeznaczonej do spożycia, są ważnymi obiektami budowlanymi w dziedzinie budownictwa

wodnego. Struktura wewnętrznych powierzchni betonowych tych obiektów, mających bezpośrednią styczność z wodą do picia, jest szczególnie ważna dla Zakładów MPWiK w aspekcie wymagań stawianych w stosunku do jakości gromadzonej i przechowywanej wody.

W wielu sytuacjach stan powierzchni wewnętrznych zbiorników uniemożliwia osiągnięcie i utrzymanie wymaganych reżimów w zakresie czystości wody. Problem ten dotyczy wielu zbiorników o różnej konstrukcji nośnej (żelbetowej [1, 2], murowej), i to zarówno obiektów sta-



Rys. 1. a) b) Rzut poziomy i przekrój poprzeczny zbiornika na wodę pitną
Fig. 1. a) b) The horizontal throw and cross section of the reservoir on drinking water



Rys. 2. a) b) Stan betonowych powierzchni wewnątrz żelbetowej komory zbiornika przed remontem

Fig. 2. a) b) The condition of concrete surfaces inside the reinforced the concrete chamber of the reservoir before the repair

rych odznaczających się znacznym zużyciem technicznym, jak i nowych, które są eksploatowane czasami zaledwie od kilku lat. Doświadczenia zebrane przy realizacji modernizacji zbiorników wody pitnej położonych w zachodniej Europie wskazują na przewagę natryskowych zapraw z zawartością mikrokrzemionki w stosunku do innych materiałów (np. organicznych, nieorganicznych z zawartością tworzyw sztucznych) używanych w celu powierzchniowego wzmocnienia i doszczelnienia struktury betonu.

2. Opis stanu technicznego i przyczyn powstania uszkodzeń wewnętrznych powierzchni zbiornika

Rozważanym obiektem jest cylindryczny, żelbetowy, dwukomorowy zbiornik na wodę pitną. Całkowita objętość zbiornika wynosi 500 m³. Obiekt składa się z dwóch symetrycznie rozmieszczonych komór o pojemności 250 m³ każda [2]. Na rysunku 1 przedstawiono rzut poziomy oraz przekrój poprzeczny pojedynczej komory tego zbiornika. Bezpośrednią przyczyną podjęcia działań remontowych wewnętrznych powierzchni zbiornika był brak możliwości utrzymania wymaganego standardu czystości i jakości gromadzonej wody. Przed podjęciem działań remontowych, na etapie projektowym [2] zaistniała konieczność wykonania bieżącej

oceny stanu technicznego zbiornika, inwentaryzacji i opisu uszkodzeń oraz podania przyczyn ich powstania.

W wyniku przeprowadzonych wizji lokalnych i analiz stwierdzono ogólnie dość dobry stan techniczny przedmiotowego zbiornika. Przyczyny zidentyfikowanych uszkodzeń nie leżały po stronie złej pracy statycznej lub wytrzymałościowej konstrukcji zbiornika, natomiast były one spowodowane przyjętymi, na etapie dokumentacji projektowej, niedopracowanymi rozwiązaniami materiałowo-technologicznymi (np. zbyt małe otuliny zbrojenia) lub wynikały ze złego wykonawstwa (kawerny i nieciągłości koncentrujące się wzdłuż przerw roboczych). Rozmiary i zakres tych uszkodzeń w większości miały raczej charakter lokalny, ale wpływały znacznie na obniżenie walorów technologiczno-użytkowych zbiornika i w przyszłości mogły doprowadzić do wydatnego obniżenia jego trwałości. W wielu przypadkach wykazane uszkodzenia sygnalizowały wyraźnie zapoczątkowanie procesu miejscowej korozji poszczególnych materiałów (betonu, stali), której dalszy rozwój w przypadku braku działań naprawczych mógł mieć charakter gwałtownie przyśpieszony w czasie (lokalne odstąpienia skorodowanego zbrojenia konstrukcyjnego, skorodowanie orurowania przelewu itp.). Stąd zalecono przeprowadze-

nie działań remontowo-modernizacyjnych polegających na usunięciu występujących uszkodzeń oraz zmierzających do poprawienia wymaganych warunków związanych z utrzymaniem i bieżącą eksploatacją zbiornika.

3. Opis zastosowanej technologii naprawy wewnętrznych powierzchni betonowych

Z uwagi na szczelność konstrukcji żelbetowych, można wyróżnić następujące typy zbiorników służących do gromadzenia wody czystej: a) budowle, w których funkcję szczelności pełni wyłącznie element konstrukcyjny, b) budowle, w których funkcję szczelności spełnia zarówno element konstrukcyjny, jak i dodatkowa powłoka, c) budowle, w których uzyskanie warunku szczelności odbywa się jedynie na drodze zastosowania dodatkowej wewnętrznej powłoki. Zastosowanie betonu natryskowego z mikrokrzemionką – oprócz zapewnienia wymaganej wytrzymałości i szczelności – dodatkowo umożliwia uzyskanie odpowiedniej gładkości powierzchni stykających się z wodą. Materiały zastosowane do realizacji nowych zbiorników, czy też doszczelnienia starych, wewnętrznych powierzchni żelbetowych zbiorników posiadają odpowiednie, doskonałe właściwości fizyko-mechaniczne i higieniczne, co znacznie ogranicza możli-

wości zanieczyszczenia wody oraz zmiany jej jakości. Beton natryskowy z mikrokrzemionką spełnia odpowiednie wymagania dotyczące m.in.:

- zapewnienia skutecznej wodoszczelności wnętrza obiektu,
- spełnienia ekologicznych aspektów środowiska i przydatności fizyko-chemicznej,
- spełnienia warunku braku występowania aktywności mikrobiologicznej wewnątrz obiektu,
- zapewnienia łatwości utrzymania czystości wewnątrz obiektu dzięki gładkiej, nieporowatej i homogenicznej powierzchni,
- zapewnienia osiągnięcia wysokiej wytrzymałości mechanicznej, chemicznej, jak i odporności na hydrolizę,
- zapewnienia wieloletniej trwałości połączonej z efektywnością gospodarczą przy eksploatacji obiektu.

Do remontu i wyprawy zniszczonej powierzchni betonu w zbiornikach wody [1, 2] przeznaczonych do spożycia stosuje się mikrokrzemionkowy beton natryskowy wg norm polskich [3, 4], który umożliwia spełnienie warunków wymienionych w pkt. 4. Betony natryskowe z uziarnieniem kruszywa o wielkości do 4 mm nazywane są zaprawami natryskowymi. Jest to wysokowartościowa i wodoszczelna zaprawa natryskowa, która powstaje z doboru odpowiednich cementów, wypełniaczy o określonej krzywej przesiewu, jak też, dla wykorzystania efektu puco-

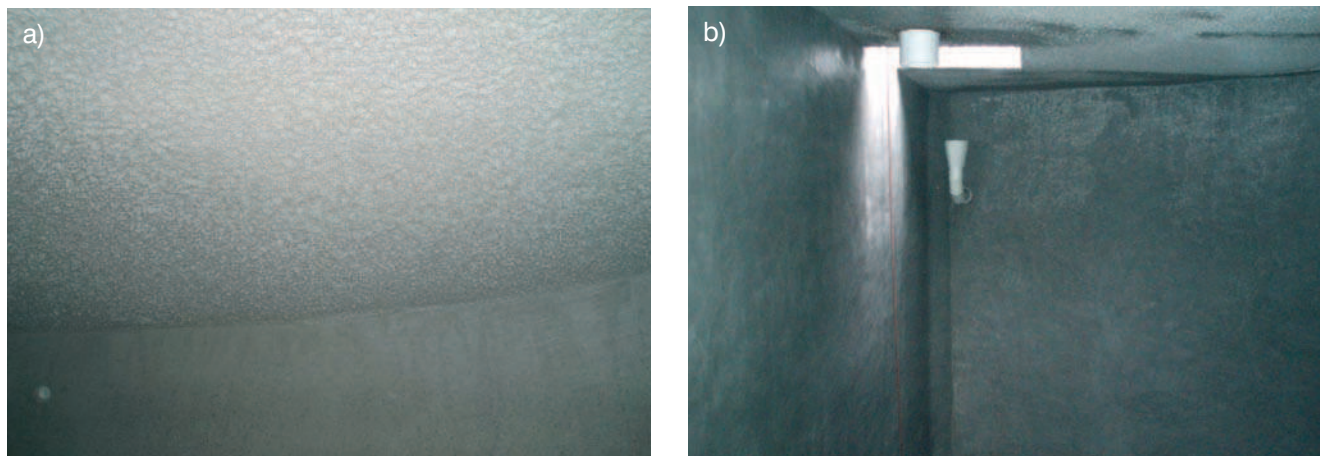
lanowego z dodatkiem nieorganicznego pyłu krzemionkowego (SF). Przez wzgląd na mikrobiologię rezygnuje się z domieszek czy modyfikatorów organicznych powszechnie stosowanych w innych metodach naprawczych. Zastosowanie najdrobniejszych cząstek w postaci pyłu krzemionkowego znacznie podnosi siły kohezyjne świeżej zaprawy, co wpływa na zmniejszone odbicie przy natrysku ścian zbiornika. Pył krzemionkowy lub mikrokrzemionka jest najdrobniejszym, nieorganicznym, dalece amorficznym dodatkiem typu II stosowanym do betonu zgodnie z normą PN-EN 206-1/DIN 1045-2, powstającym w procesie produkcji stopów krzemu, pozyskiwanym podczas filtracji spalin. Tak pozyskany pył krzemionkowy składa się w około 95% z dwutlenku krzemu. Mikrokrzemionka w zaprawie powoduje dodatkowe wiązanie kamienia cementowego. Z łatwo rozpuszczalnego wodorotlenku wapnia powstaje trudno rozpuszczalny w wodzie wodzian (hydrat) wapniowo-krzemianowy (C-S-H), co prowadzi do znacznego podniesienia wytrzymałości na ściskanie i odporności na hydrolizę. Proces modelowania twardnienia cementu zależy od wartości współczynników W/C. Im mniejszy jest ten stosunek, tym mniejszą przestrzeń zajmują kapilary i pory żelowe, a większą zajmuje szkielet. Obserwuje się nieliniową zależność między wodoszczelnością kamienia

cementowego wyrażoną w jednostkach $[(\text{mm/s}) \times 10^{-9}]$, a procentową wartością objętości jaką zajmują pory kapilar. Stwierdzono gwałtowny wzrost wodoszczelności kamienia cementowego dla wartości od 20 do 140 $[(\text{mm/s}) \times 10^{-9}]$ przy wzroście objętości kapilar od 30 do 40%. Optymalizacja kształtowania betonu odbywa się przez zwiększenie udziału trudno rozpuszczalnych wodzianów (CSH = Calcium – Silicat – Hydrat):

- proces uwodnienia cementu: $\text{cement} + \text{woda} \Rightarrow \text{CSH żel} + \text{Ca(OH)}_2 + \text{produkty glinianu}$
 - działanie mikrokrzemionki (SF): $\text{Ca(OH)}_2 + \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \Rightarrow \text{CSH żel}$
- Zastosowanie mikrokrzemionki powoduje zwiększenie sił kohezyjnych świeżej zaprawy. Na powierzchni ziarna cementu powstaje warstwa wody tzw. „film”, a dodanie mikrokrzemionki poprawia szczelność i jakość powierzchni w procesie twardnienia betonu. Zwiększenie całkowitej powierzchni napięcia błonowego uzyskuje się przez zwiększenie potrzebnej ogólnej powierzchni lepiszcza przez dodanie mikrokrzemionki, a im cieńsza będzie warstwa wody tym siły kapilarne będą mocniejsze.

4. Etapy prac naprawczych wewnętrznych powierzchni betonowych

Remont prawej komory zbiornika w zakresie prac związanych z do-



Rys. 3. a) b) Stan betonowych powierzchni wewnątrz żelbetonowej komory zbiornika po remoncie

Fig. 3. a) b) The condition of concrete surfaces inside the reinforced the concrete chamber of the reservoir after the repair

szczelnieniem i wzmocnieniem wewnętrznych powierzchni betonowych zaproponowano w [2] i wykonano w systemie betonu natryskowego zawierającego mikrokrzemionkę. Prace naprawcze obejmowały następujące etapy:

1. oczyszczenie strumieniowo-ścierne wszystkich powierzchni betonowych poszczególnych elementów komory z nacieków rdzawo-brunatnych (rys. 2a), skodowanych częściowo elementów technologicznego pomostu komunikacyjnego oraz nielicznych odstłoniętych z powodu braku otulenia prętów zbrojenia;

2. sprawdzenie – przed rozpoczęciem natrysku zaprawy wyrównawczej – wytrzymałości podłoża na odrywanie metodą pull-off, które powinno wynieść nie mniej niż 1,0 MPa. Po przeprowadzeniu badań średnia wytrzymałość wyniosła 2,8 MPa, czyli podłoże spełniało wymagania stawiane powierzchniom betonowym w celu zastosowania ww. mikrokrzemionkowej zaprawy natryskowej;

3. naniesienie zaprawy metodą mokłą z nieciągłym transportem mieszanki za pomocą odpowiednich maszyn dozujących. Dla utrzymania równomiernego współczynnika W/C stosowano stałą, określoną recepturę ilości wody zarobowej. Po wstępnym wymieszaniu składników w agregatach mieszająco-pompujących, np. typu MTEC M300, do zapraw drobnoziarnistych, w czasie nie krótszym niż 5 minut, podano drogą pneumatyczną mieszankę do wnętrza komory. Natryskową

zaprawę betonową z mikrokrzemionką wg [3, 4] naniesiono jednowarstwowo o grubości 10÷20 mm (na płycie dennej zastosowano warstwę grubości 20 mm, na powierzchni ścian i sufitu grubości 10 mm – rys. 3). Natomiast warstwę natrysku na powierzchni płyty stropowej pozostawiono w stanie surowym w postaci stalaktytów, bez dodatkowej ręcznej obróbki wygładzenia powierzchni.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono powstałe uszkodzenia, podano przyczyny ich powstawania oraz sposób naprawy i wzmocnienia wewnętrznych, betonowych powierzchni żelbetowego zbiornika na wodę do picia z zastosowaniem betonu natryskowego zawierającego mikrokrzemionkę [1, 2]. Ten sposób naprawy jest ekologiczny i oparty na nowoczesnej technologii dzięki zastosowaniu materiału nieorganicznego. W naszym kraju znajduje się znaczna ilość starych zbiorników na wodę do picia wymagających pilnych remontów. Odpowiedni dobór systemu naprawczego ww. żelbetowych zbiorników na polskim rynku zwykle wiąże się z daleko posuniętą ostrożnością właścicieli ww. obiektów w zakresie podejmowanych decyzji związanych z zastosowaniem ww. metody naprawczej. Prowadzone doraźne naprawy zbiorników przy wykorzystaniu organicznych materiałów powłokowych kończą się niepowodzeniem już po kilku latach eksploatacji, stawiając właścicieli przed koniecznością ponownej

kosztownej naprawy. Przedstawiony skuteczny system naprawy z zastosowaniem mikrokrzemionki, gwarantuje przedłużenie eksploatacji ww. zbiorników co najmniej o kolejne kilkadziesiąt lat.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Olszewski Z., Stankiewicz S., Remont zbiornika wody pitnej za pomocą zaprawy natryskowej KERASAL®, czasopismo Materiały Budowlane, zeszyt nr 4/2009, Warszawa
 [2] Biliński W., Piszczek K., Ekspertyza konstrukcyjno-budowlana wraz z projektem budowlanym modernizacji jednej komory żelbetowego dwukomorowego zbiornika na wodę czystą, opracowanie – lipiec 2009, Kraków
 [3] PN EN 14487-1: 2007 – Beton natryskowy. Część 1: Definicje, wymagania i zgodność
 [4] PN EN 14487-2: 2007 – Beton natryskowy. Część 2: Wykonywanie

INFORMACJE O AUTORACH

Dr inż. Wojciech Biliński – nazwa ukończonej uczelni: Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, specjalność: Teoria konstrukcji; zawodowe zainteresowania: analizy i projektowanie konstrukcji inżynierskich: masywnych konstrukcji betonowych i żelbetowych, konstrukcji drewnianych oraz fizyki budowli; e-mail: wbilinsk@pk.edu.pl

Dr inż. Kazimierz Piszczek – nazwa ukończonej uczelni: Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, specjalność: Teoria konstrukcji; zawodowe zainteresowania: analizy i projektowanie konstrukcji inżynierskich, w tym m.in. konstrukcji żelbetowych, murowych i drewnianych; e-mail: kpiszcz@pk.edu.pl

Aktualne miejsce pracy i adres do korespondencji: Politechnika Krakowska, Zakład Podstaw Konstrukcji Inżynierskich, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Krakowska, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków.

Prenumerata
elektroniczna
tylko

www.przeглядbudowlany.pl

50
zł