

Uszkodzenia i koncepcja naprawy żelbetowego zbiornika na ścieki

Dr hab. inż. Andrzej Seruga, mgr inż. Szymon Kaźmierczak, Politechnika Krakowska

1. Wprowadzenie

Przedmiotem artykułu są uszkodzenia i propozycja sposobu wzmocnienia monolitycznego, żelbetowego zbiornika gminnej oczyszczalni ścieków [1]. W budynku głównym oczyszczalni, o wymiarach w obrysie ścian zewnętrznych w rzucie 37,53 m × 12,05 m, zasadniczą część stanowią 4 osadniki wtórne i 2 komory biologiczne (rys. 1). W wyniku przyjętego rozwiązania konstrukcyjno-technologicznego wewnętrzna, podłużna ściana usytuowana w osi „B” dzieli obiekt na dwa mogące funkcjonować niezależnie układy.

Przedmiotem oceny był fragment konstrukcji zlokalizowanej w osiach „A”, „B” i „C” obejmujący osadniki

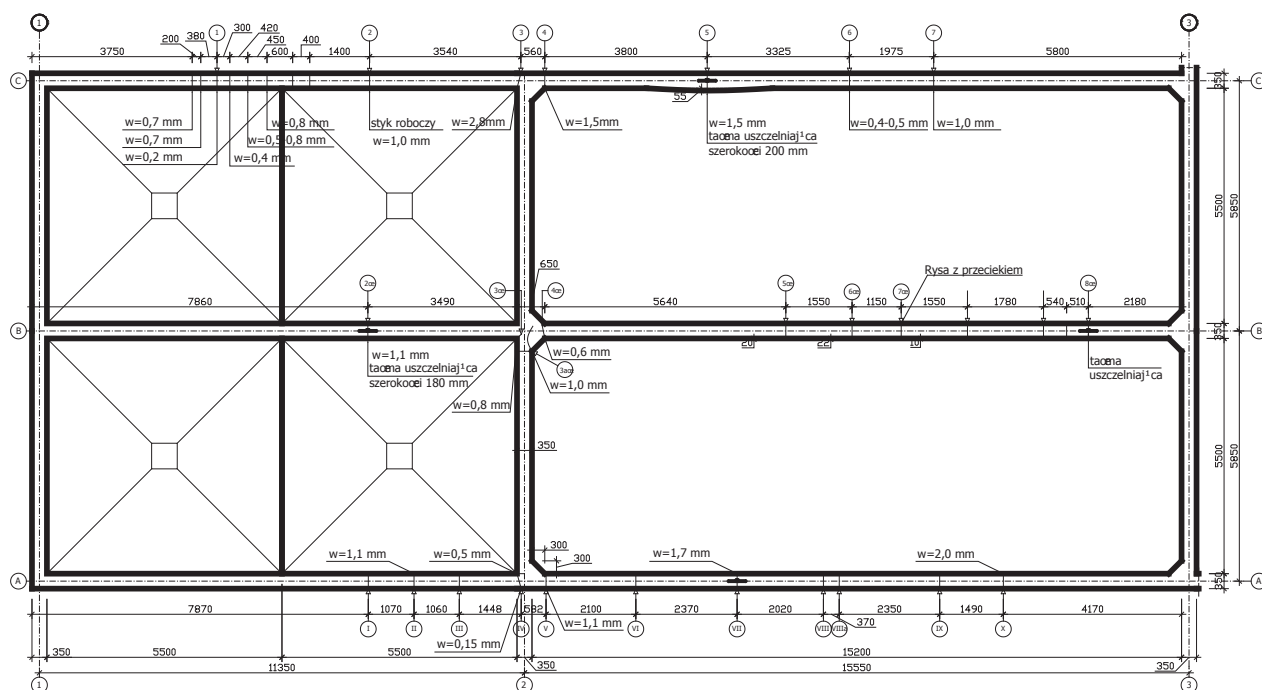
wtórne i komory biologiczne. Ściany podłużne i poprzeczne o wysokości 5,70 m mają stałą grubość równą 0,35 m. Długość pojedynczej komory fermentacyjnej w świetle wynosi 15,20 m, natomiast szerokość 5,50 m. Komora osadników wtórnych ma w świetle długość 11,0 m i szerokość 5,50 m. Wewnątrz komory przewidziano wykonanie dwóch lejów betonowych o wysokości 4,245 m. Zewnętrzne ściany zbiornika zostały obsypane skarpą o wysokości 4,0 m.

Zbrojenie ścian stanowią dwie, symetrycznie usytuowane siatki prętów zbrojeniowych. Zewnętrzną warstwę każdej siatki tworzą pręty $\phi 12$ mm co 0,15 m, natomiast wewnętrzne zbrojenie poziome wyko-

nano z prętów $\phi 8$ mm w rozstawie co 0,20 m. Płytę fundamentową, o grubości 0,40 m, zbrojono górą i dołem, w kierunku poprzecznym prętami $\phi 12$ mm co 0,15 m, natomiast w kierunku podłużnym prętami $\phi 8$ mm co 0,20 m.

Całą żelbetową konstrukcję zbiornika należało wykonać z betonu klasy B25 na cemencie hutniczym i zbroić stałą żebrowaną A-III (34GS).

Wstępne badania geologiczne wykazały, że w poziomie posadowienia obiektu występują gliny w stanie plastycznym. W projekcie przewidziano, po zdjęciu warstwy humusu grubości 0,30 m, wykonanie poduszki z pospółki grubości 0,50 m. Wymianę gruntu zalecono wykonać przez ułożenie po-



Rys. 1. Uszkodzenia ścian żelbetowego zbiornika na ścieki



Rys. 2. Widok zarysowania ścian w osi B i C, odwierty w miejscach rys oraz uskok ściany w strefie przerwy roboczej

spółki z cementem w ilości 100 kg cementu na 1m³ pospółki grubości 0,15 m, z mechanicznym zagęszczeniem do uzyskania stopnia zagęszczenia $I_s = 0,95$. Wymianę gruntu należało przeprowadzić na powierzchni o obrysie szerszym o 0,50 m od krawędzi płyty fundamentowej. Według badań geotechnicznych, zwierciadło wody gruntowej występuje na poziomie 0,20 m poniżej warstwy pospółki.

2. Ocena stanu technicznego żelbetowej konstrukcji zbiornika

Na podstawie przeprowadzonych oględzin stanu konstrukcji, stwierdzono występowanie licznych rys i pęknięć żelbetowych ścian zbiornika (rys. 1 i 2). Do chwili zauważenia przez użytkownika obiektu uszkodzeń i przecieku, eksploatowana była jedynie połowa obiektu (komora biologiczna i 2 osadniki usytuowane między osiami A – B). Przeciek przez ścianę wewnętrzną między komorami biologicznymi (ściana w osi B) oraz znaczne wychylenie jej górnej krawędzi (~30 mm), były przyczyną podjęcia przez Projektanta konstrukcji próby wzmocnienia tej części zbiornika. Wykonano stalową konstrukcję spinającą górne krawędzie ścian obu komór biologicz-

nych, złożoną z sześciu ceowników C200, stężonych poprzecznie ceownikami C120. Montaż wzmocnienia zrealizowano przy częściowym napełnieniu wodą nieużytkowanej komory biologicznej.

Po zapoznaniu się z dokumentacją projektową, dziennikiem budowy oraz wykonaniu własnej analizy obliczeniowej, za główne przyczyny pionowego zarysowania ścian poprzecznych i podłużnych uznano:

1. Nierównomierne osiadanie konstrukcji zbiornika spowodowane znacznym ciężarem własnym betonowych lejów wykonanych w czterech komorach osadników wtórnych, po przeprowadzeniu próby szczelności, przy jednoczesnym nieprawidłowym wykonaniu zagęszczenia wymienianych warstw gruntu.
2. Niedobór zbrojenia poziomego ścian zbiornika.
3. Niska klasa betonu.

Ad. 1) Na podstawie zapisów dokonanych w dzienniku budowy stwierdzono nieprawidłowości w zakresie kolejności wykonywania robót. Wykonanie lejów betonowych w osadnikach wtórnych po dokonaniu próby szczelności spowodowało wystąpienie znacznej różnicy osiadań między komorami zbiornika i w efekcie za-

rysowanie ścian w kierunku pionowym (pęknięcia o szerokości do 2,8 mm!).

Ad. 2) Przyjęte zbrojenie w kierunku poziomym po obu stronach ściany w ilości $\phi 8$ mm co 0,20 m ($A_{s,prov} = 2,51 \text{ cm}^2$) nie spełnia normowego warunku dotyczącego minimalnego stopnia zbrojenia przekroju ściany. Zgodnie z warunkiem normowym (p.4.8 [2]), w elementach rozciąganych, stopień zbrojenia podłużnego odniesiony do użytkowego przekroju elementu, usytuowanego przy każdej z dwóch przeciwległych stron przekroju powinien być nie mniejszy niż 0,2%, a zatem $A_{s1,min} = A_{s2,min} = 7 \text{ cm}^2$. Zbiorniki żelbetowe lub z betonu sprężonego na cieczce muszą spełniać warunek szczelności. Będzie on zachowany wówczas, jeśli szerokość ewentualnie powstałych rys na całej grubości ściany nie będzie większa niż 0,1 mm. Wychodząc z warunku normowego [2] określającego minimalne pole, przekroju zbrojenia (p. 6.2, w. 111) strefy przekrojów, które na skutek odkształceń wymuszonych mogą podlegać rozciąganiu, powinny mieć odpowiednie zbrojenie podłużne niezbędne do ograniczenia szerokości rys do wartości $w_{lim} = 0,1 \text{ mm}$. Minimalna powierzchnia zbrojenia betonu w analizowanym przypadku powinna wynosić 49,40 cm². Przy dopuszczeniu rysy o szerokości 0,2 mm nieprzechodzącej przez całą grubość przekroju (tzn. z zachowaniem strefy niezarysowanej grubości co najmniej 50 mm), minimalna powierzchnia zbrojenia powinna wynosić 24,70 cm²

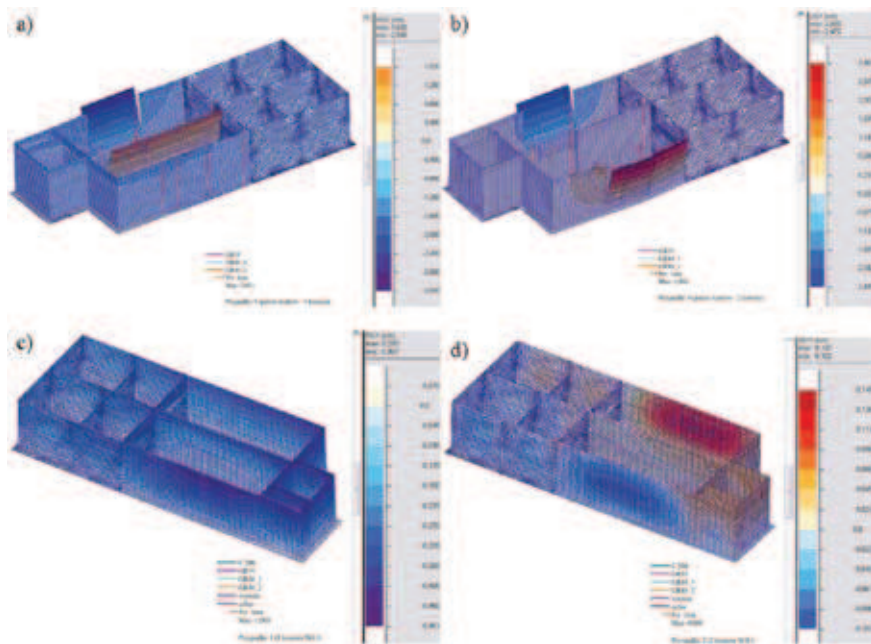
Ad. 3) Wykonane badania sklerometryczne betonu wykazały, że średnia (z 5 miejsc) wartość wytrzymałości na ściskanie wynosi 23,51 N/mm² przy odchyleniu standardowym $s = 2,107 \text{ N/mm}^2$ i współczynnika zmienności $v = 8,96\%$. Wytrzymałość charakterystyczna betonu na ściskanie wynosi: $f_{ck} = 23,51 - 1.64 \cdot 2,107 = 20,06 \text{ N/mm}^2$. Na podstawie próbek pobranych z odwiertów (3

walce o średnicy 100 mm i długości 100 mm) średnia wytrzymałość betonu na ściskanie, w chwili badania, była równa 28,76 N/mm². Biorąc pod uwagę czas badania (4 lata po oddaniu obiektu do eksploatacji), należy przypuszczać, że w chwili przeprowadzenia próby szczelności beton zastosowany do wykonania analizowanego obiektu, nie spełniał wymagań normowych dla betonu klasy B25.

3. Koncepcja wzmocnienia żelbetowej konstrukcji zbiornika

Przed przystąpieniem do opracowywania sposobu naprawy i wzmocnienia konstrukcji pionowych ścian zbiornika, przyjęto dwa główne założenia:

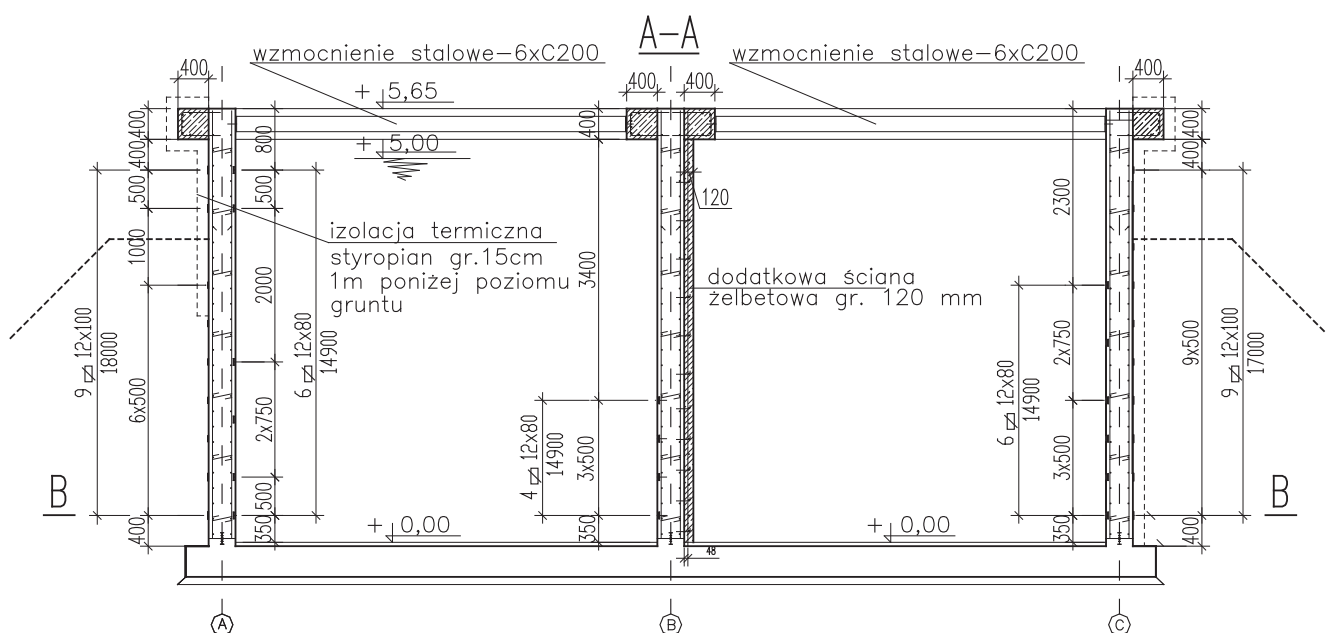
1. Wzmocnienie ma na celu przeniesienie dodatkowych sił wewnętrznych, które wystąpią w wyniku zmiany sposobu eksploatacji obiektu, czyli równoczesnego napełnienia obu ciągów technologicznych.
2. Z uwagi na brak możliwości czasowego wyłączenia wzmacnianego obiektu z eksploatacji, zakłada się dwuetapowy przebieg prac



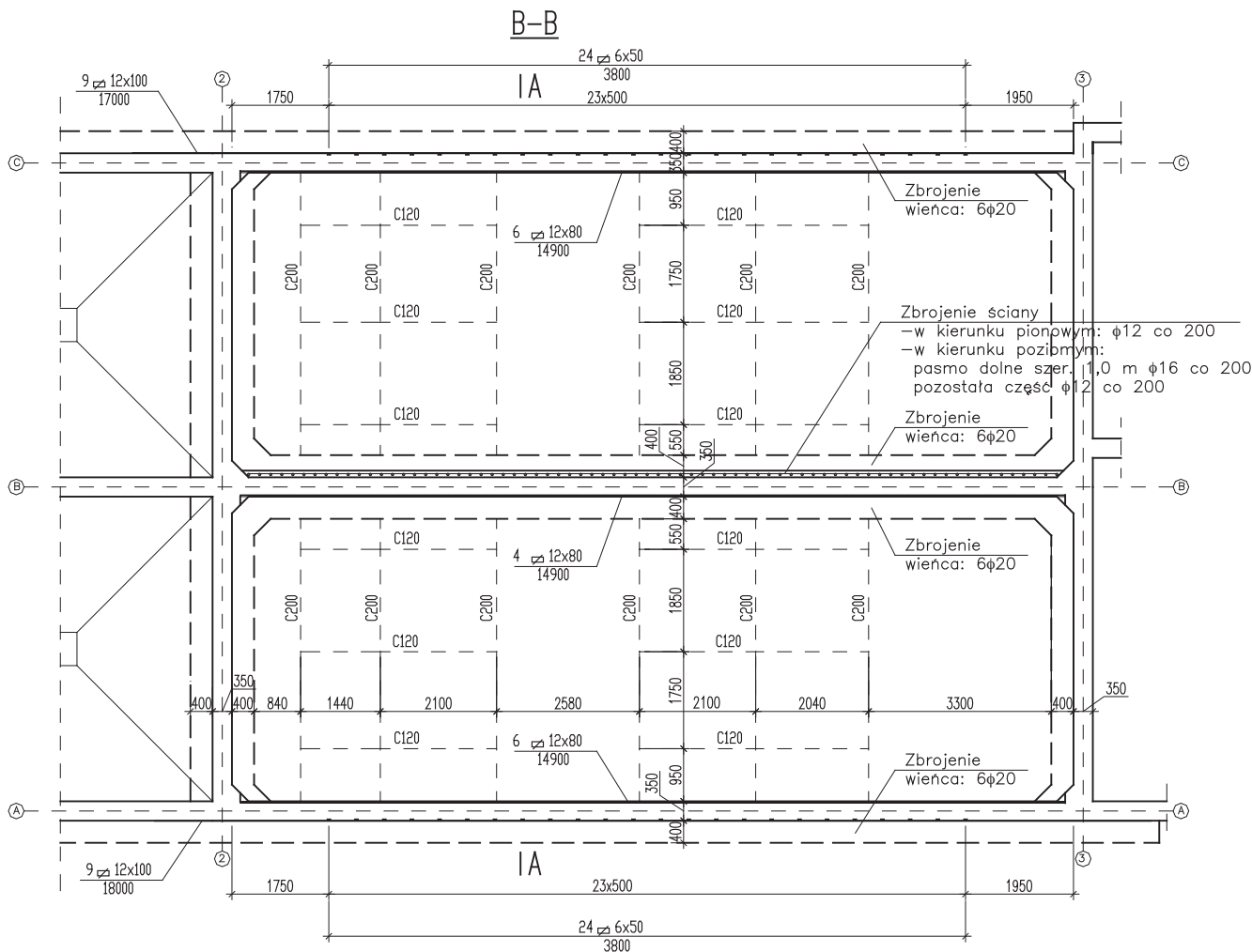
Rys. 3. Przemieszczenia horyzontalne żelbetowego zbiornika: a) przed wzmocnieniem konstrukcji (napełnienia połowy komór), b) przed wzmocnieniem konstrukcji (napełnienia całego zbiornika), c) po wzmocnieniu (napełnienia połowy komór), d) po wzmocnieniu (napełnienia całego zbiornika)

przewidzianych w ramach naprawy/wzmocnienia komór. Etap I obejmuje wykonanie wzmocnienia pustej (w chwili obecnej) komory biologicznej, etap II przewiduje przeniesienie obciążenia technologicznego zbiornika do komór wzmocnionych w etapie I oraz wykonanie naprawy/

wzmocnienia ścian komory obecnie użytkowanej. Obliczenia statyczne obejmowały trzy fazy pracy zbiornika: I. Obiekt przed wzmocnieniem, uwzględniono obecność pionowych rys/pęknięć ścian zinventaryzowanych na etapie przygotowywania opinii dotyczącej stanu



Rys. 4. Przekrój pionowy A-A przez zbiornik – projekt wzmocnienia



Rys. 5. Przekrój poziomy B-B przez zbiornik – projekt wzmocnienia

technicznego konstrukcji zbiornika. Z uwagi na bardzo mały stopień zbrojenia ścian w kierunku poziomym i uplastycznienie się poziomych prętów zbrojenia przyjęto założenie, że rysy o rozwarości równej lub większej od 0,5 mm są traktowane jako pionowe przerwy w konstrukcji (rys. 3a i 3b).

II. Obiekt wzmocniony jedynie wieńcem żelbetowym wykonanym wzdłuż górnej krawędzi ścian. Wieńiec współpracuje z istniejącą stalową konstrukcją wzmocnienia. Etap przed wklejeniem dodatkowego zbrojenia w postaci płaskowników.

III. Ściana zostaje zmonolityzowana poprzez wykonanie iniekcji rys/pęknięć i dodatkowe zbrojenie (rys. 3c i 3d).

W oparciu o przeprowadzoną analizę statyczno-wytrzymałościową konstrukcji zbiornika, zalecono:

- Zmianę schematu statycznego pracy ścian oraz ich wzmocnienie w strefie górnej krawędzi przez wykonanie wieńca żelbetowego, współpracującego z istniejącą stalową konstrukcją wzmocnienia. W przypadku ścian w osi A i C zaprojektowano wieńiec zewnętrzny, jednostronny o przekroju 0,40 m x 0,40 m. Ściany w osi B i 2 należy wzmocnić wieńcem obustronnym 2 x 0,40 m x 0,40 m, na długości boków komór biologicznych.
- Dozbrojenie wybranych stref ścian podłużnych komór biologicznych przez przyklejenie płaskowników stalowych w kierunku poziomym i pionowym (wg rysunków 4 i 5).

- Wzmocnienie ściany podłużnej w osi B przez wykonanie dodatkowej ściany o grubości 0,12 m techniką torkretowania.
- Wykonanie iniekcji rys i pęknięć w ścianach zbiornika.
- Zastosowanie powłoki ochronnej na wewnętrznej powierzchni ścian komór biologicznych.
- Ograniczenie niekorzystnych oddziaływań termicznych przez ocieplenie ścian zewnętrznych 0,15 m warstwą styropianu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Seruga A., Kaźmierczak Sz., Opinia techniczna dotycząca stanu technicznego zbiorników oczyszczalni ścieków w Radymnie, Politechnika Krakowska, 2007
 [2] PN-B-03264:2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie