

prof. dr hab. inż. Wiesław Buczkowski¹⁾
dr inż. Anna Szymczak-Graczyk^{1)*}
dr inż. Zbigniew Walczak¹⁾

Przyczyny zarysowań żelbetowych płyt kołowych przekrywających zbiorniki na ścieki

*Reasons of scratches in reinforced concrete circular plates
covering tanks for sewage*

DOI: 10.15199/33.2015.09.21

(Studium przypadku)

Streszczenie. W pracy omówiono przyczyny zarysowań powierzchniowych i obwodowych płyt żelbetowych przekrywających cylindryczne zbiorniki na ścieki. Płyty oparte były na całym obwodzie ścian zbiornika oraz na trzech słupach umieszczonych wewnątrz zbiornika. Przyczyną zarysowań była praca termiczna płyt. **Słowa kluczowe:** zbiorniki cylindryczne, płyty przekrywające, praca termiczna.

Abstract. The article presents reasons of surface and circular scratches in reinforced concrete plates covering cylindrical tanks for sewage. Plates were based on the entire circumference of the tank walls and on the three pillars placed inside of the tank. Thermal working of the plates was the cause of scratches.

Keywords: cylindrical tanks, overlapping plates, thermal work.

W jednej z oczyszczalni ścieków w województwie wielkopolskim wybudowano w 2012 r. pięć zbiorników cylindrycznych: dwa o średnicy wewnętrznej 10 m i trzy o średnicy wewnętrznej 16 m. Niektóre zbiorniki zostały całkowicie zagłębione w gruncie, a niektóre częściowo wyniesione ponad otaczający teren i obsypane gruntem w taki sposób, że górna ich część o wysokości ok. 80 cm wystawała ponad koronę skarpy utworzonej wokół zbiorników (fotografia 1). Wszystkie zbiorniki przekryto płytami żelbetowymi opartymi bezpośrednio na ścianach zbiorników, bez zastosowania jakichkolwiek warstw poślizgowych. Płyty przekrywające zbiorniki o średnicy 10 m oparte zostały na obwodzie na ścianach zbiornika oraz podparte słupem umieszczonym w punkcie środkowym płyty, natomiast płyty przekrywające zbiorniki o średnicy 16 m oparto na

obwodzie na ścianach zbiornika oraz na trzech słupach, przy czym w każdej z tych płyt w środkowej ich części znajdował się otwór kwadratowy o boku 2,8 m. Po krótkim okresie użytkowania wszystkie płyty przekrywające uległy zarysowaniu. Rysy w płytach wystąpiły zarówno na obwodzie płyt, jak i na ich powierzchni.

Analiza przyczyn zarysowania płyty kołowej o średnicy zewnętrznej 16,5 m

Analizowana płyta żelbetowa przekrywająca zbiornik o średnicy wewnętrznej $d_w = 16,0$ m, z kwadratowym otworem o boku 2,8 m zlokalizowanym w centralnym punkcie płyty, oparta została na ścianach zbiornika i trzech słupach umieszczonych wewnątrz zbiornika, ma grubość 30 cm i wykonana została z betonu klasy C30/37. Kwadratowy otwór w płycie zbiornika przekryto przeszkloną konstrukcją stalową. Wewnątrz zbiornika znajdują się ścieki bytowe, które przez zamontowane wewnątrz mieszadło są w stałym ruchu. Ogólny widok omawianego zbiornika pokazano na fotografii 1.

Po niespełna dwóch latach eksploatacji na płycie zbiornika pojawiły się rysy widoczne na górnej płaszczyźnie (rysunek 1), biegnące promieniowo ponad słupami podpierającymi płytę oraz rysy widoczne na obwodzie płyty, biegnące przez całą jej grubość, a także niekiedy przechodzące na ścianę zbiornika. W związku ze stwierdzonymi zarysowaniami przeprowadzono wizję lokalną, na podstawie której ustalono prze-



Rys. 1. Inwentaryzacja rys na płycie przekrywającej zbiornik o średnicy zewnętrznej 16,5 m, pokazany na fotografii 1

Fig. 1. Building inventory of scratches on the disc overlapping the tank with an outside diameter of 16,5 m, as shown in photo 1

bieg i rozmieszczenie rys. Inwentaryzację stanu zarysowania płyty pokazano na rysunku 1 oraz fotografiach 2 i 3.

Okresu powstania rys nie udało się ustalić. Nie wiadomo też, czy rysy pojawiły się w okresie zimowym czy letnim. Analizując układ rys, stwierdzono, że rysy na powierzchni płyty, które przebiegały nad słupami, mogły powstać w wyniku zbyt słabego zbrojenia płyty na przebicie lub w wyniku pracy termicznej płyty wywołanej różnicą temperatury pomiędzy górną i dolną powierzchnią płyty występującą w okresie zimowym. Natomiast przyczyną powstania rys widocznych na obwodzie



Fot. 1. Zbiornik o średnicy wewnętrznej 16 m, wyniesiony ponad teren i obsypany gruntem
Photo 1. Tank with an inner diameter of 16 m, elevated above ground and showered ground

¹⁾ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Melioracji i Inżynierii Środowiska

^{*)} Autor do korespondencji:

anna.szymczak-graczyk@up.poznan.pl

ZBIORNIKI NA MATERIAŁY SYPKIE I CIECZE



Fot. 2. Rysy na płycie zbiornika od strony wschodniej

Photo 2. Scratches on upper plate of the tank on the east side



Fot. 3. Jedna z rys od strony południowej widoczna na płycie oraz na jej obwodzie

Photo 4. One of the scratch visible from south side

płyty mogło być nierównomierne ogrzanie całej płyty, tzn. w wyniku różnicy temperatury na krawędzi płyty oraz w jej obszarze bardziej oddalonym od krawędzi. W celu potwierdzenia lub wyeliminowania wymienionych przyczyn zarysowań przeprowadzono odpowiednie badania i obliczenia. Obliczenia wykonano w przypadku dwóch rodzajów obciążeń płyty: ciężarem własnym oraz różnicą temperatury w okresie zimowym, przyjmując temperaturę zewnętrzną powierzchni płyty $t_z = -20^\circ\text{C}$ oraz temperaturę wewnętrzną powierzchni $t_w = +10^\circ\text{C}$. Wymiary płyty oraz niezbędne do obliczeń dane pokazano na rysunku 2.

Płyta zbrojona była górną i dolną ortogonalną siatką z prętów $\phi 12$ mm w rozstawie co 20 cm ze stali klasy A-IIIIN. Powierzchnia zbrojenia jest większa od minimalnego, wymaganego ze względów przeciwskurczowych. Równoległe do krawędzi otworu znajdującego się w środku płyty (o boku 2,8 m) do siatki zbrojeniowej dodano przy każdej krawędzi otworu po 6 prętów $\phi 12$ mm, uzyskując rozstaw zbrojenia $\phi 12$ mm co 5 cm,

które bieгло wzdłuż cięciw przez cały przekrój zbiornika (od ściany do ściany zbiornika). Nad słupami o średnicy 40 cm zastosowano siatkę zbrojeniową górną i dolną z prętów $\phi 12$ mm w rozstawie co 5 cm umieszczone w polach kwadratowych o boku 250 cm. Otulina zbrojenia wynosiła 3,0 cm.

W wyniku obliczeń przeprowadzonych programem ABC Płyta otrzymano następujące wyniki:

- maksymalny moment zginający radialny nad słupami $M_{Ed} = 203,12$ kNm/m;
- maksymalną reakcję nad słupami $N_{Ed} = 714,65$ kN;
- moment obwodowy na krawędzi płyty $M = 545,99$ kNm/m;
- rysy na górnej powierzchni płyty (nad słupami) o układzie radialnym mogą osiągnąć łącznie 0,7 m nad każdym słupem;
- rysy na dolnej powierzchni płyty nie powinny wystąpić.

Wykonane obliczenia sprawdzające dotyczące stanu istniejącego dały wyniki:

■ nośność płyty zbrojonej prętami $\phi 12$ mm w rozstawie co 5 cm – $M_{Rd} = 225,55$ kNm/m, a więc jest większa od maksymalnego momentu zginającego $M_{Ed} = 203,12$ kNm/m;

■ nośność przekroju na przebiecie – $N_{Rd} = 763,71$ kN, a więc jest większa od maksymalnej reakcji $N_{Ed} = 714,65$ kN.

Wynika z tego, że stany graniczne nośności nie zostały przekroczone, rysy na górnej powierzchni płyty powstały w wyniku działania temperatury w okresie zimowym. Przekroczone zostały natomiast stany graniczne użytkowości (zarysowania). W płycie przekrywającej wystąpiły oprócz rys na górnej powierzchni (fotografia 2) również rysy

na obwodzie płyty (fotografia 3). Przyczyną powstania rys na obwodzie była również praca termiczna konstrukcji w okresie letnim. W ciągu dnia płyta pod wpływem operacji słońca silnie się nagrzewa, natomiast w nocy stygnie. Bardziej intensywnie ochładza się na krawędzi zewnętrznej. Taki przypadek zarysowań ścian zbiornika cylindrycznego opisano w pracy [1].

Na podstawie pomiarów wykonanych na obiekcie w godzinach rannych (w lipcu 2014 r.) stwierdzono, że temperatura zewnętrznej krawędzi płyty (od strony południowej) wynosiła $26,5^\circ\text{C}$, a temperatura w środku grubości płyty w przekroju oddalonym o 0,5 m od krawędzi – 32°C . Zakładając, że temperatura zewnętrznej krawędzi płyty ochłodziła się z 32°C do $26,5^\circ\text{C}$ ($\Delta t = 32 - 26,5 = 5,5^\circ\text{C}$), to skrócenie całego obwodu płyty o średnicy 16,5 m powinno wynosić:

$$\Delta l = \alpha_t \cdot \Delta t \cdot l = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 5,5 \cdot 3,14 \cdot 16500 = 2,85 \text{ mm}.$$

W związku z tym, że wewnątrz płyty o temperaturze 32°C nie pozwala na skrócenie zewnętrznego obwodu, musiały pojawić się rysy. Stwierdzono je w 16 miejscach (rysunek 1), a więc średnia ich rozwartość może wynosić $2,85 : 16 = 0,18$ mm.

Wnioski

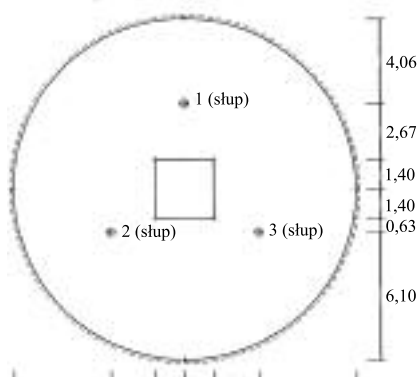
Przyczyną powstania rys na powierzchni płyty przekrywającej badany zbiornik była praca termiczna wynikająca z obciążenia temperaturą w okresie zimowym, natomiast na zewnętrznej krawędzi płyty – praca termiczna wywołana działaniem temperatury w okresie letnim. Chcąc w przyszłości uniknąć opisanych zarysowań płyt przekrywających zbiorniki kołowe, należy wykonać odpowiednie obliczenia statyczne z uwzględnieniem obciążeń temperaturą oraz zastosować odpowiednie zbrojenie.

W analizowanym przypadku, oprócz zastosowanego zbrojenia, należało umieścić przy górnej płaszczyźnie płyty zbrojenie prostopadłe do promieni przechodzących przez słupy podpierające płytę (prostopadłe do powstałych rys). Konieczne byłoby także zastosowanie zbrojenia obwodowego biegnącego po obwodzie zewnętrznym płyty. Takiego zbrojenia w analizowanym przypadku nie było.

Literatura

[1] Buczkowski W.: O przyczynach powstania rys w zbiorniku cylindrycznym, którego ściany mają skokowo zmienną grubość. Przegląd Budowlany, nr 4/2012.

Przyjęto do druku: 04.08.2015 r.



Rys. 2. Wymiary i parametry płyty przyjęte do obliczeń: grubość płyty $h = 30$ cm; średnica wewnętrzna zbiornika $d_w = 16$ m; grubość ścian zbiornika 25 cm; średnica zewnętrzna $d_z = 16,5$ m; beton klasy C 30/37, natomiast obciążenia: ciężar własny; temperatura (zima) $t_z = -20^\circ\text{C}$, $t_w = +10^\circ\text{C}$
Fig. 2. Dimensions and plate used in calculations