

AWARIA ZBIORNIKA RETENCYJNO-OCZYSZCZAJĄCEGO SPOWODOWANA WYPOREM WODY GRUNTOWEJ

ZBIGNIEW PAJĄK, e-mail: pajakz@poczta.onet.pl
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

MIROSŁAW WIECZOREK
Politechnika Śląska

Streszczenie: Płyta denna zbiornika retencyjno-oczyszczającego uległa zniszczeniu na skutek wyporu wody gruntowej. W referacie przedstawiono konstrukcję zbiornika, warunki geotechniczne jego posadowienia i przeanalizowano przyczyny awarii. Opisano sposób odbudowy zbiornika.

Słowa kluczowe: zbiornik retencyjno-oczyszczający, wypór wody gruntowej, zniszczenie, odbudowa

1. Wprowadzenie

Zbiornik opisywany w referacie usytuowany jest przy autostradzie i pełni funkcję zbiornika retencyjno-oczyszczającego. Gromadzi wody opadowe z jezdni, a następnie odprowadza je do rowu melioracyjnego. Zbiornik zaprojektowano, a następnie wykonano na podmokłym terenie. Po około 3 miesiącach od zakończenia budowy doszło do awarii, po której niezbędna była przebudowa zbiornika. W referacie opisano konstrukcję zbiornika, jego wykonanie, przeanalizowano przyczyny awarii i przedstawiono sposób jego odbudowy.

2. Konstrukcja zbiornika

Zbiornik retencyjno-oczyszczający o wymiarach w planie 39,9×21,8 m i całkowitej głębokości 2,73 m zaprojektowano jako szczelny, otwarty w postaci ziemnej konstrukcji o dnie i skarpach umocnionych żelbetowymi prefabrykowanymi płytami drogowymi o wymiarach 300×150×15 cm, wykonanymi z betonu C30/37. W narożach ścian i dna zastosowano odpowiednio docinane prefabrykowane płyty. Płyty układano na podsypce piaskowej o grubości 15 cm.

Szczelność zbiornika miała zapewnić geomembrana PCV o grubości 2,5 mm, ułożona także na 15 cm warstwie podsypki piaskowej. Ze względu na wysoki poziom wody gruntowej zaprojektowano betonową nieckę odciążającą o 60 cm grubości dna i skarp, wykonaną z betonu C16/20 na 10 cm warstwie „chudego” betonu. Nachylenie skarp przyjęto 1:1,5, natomiast spadek dna 0,5%.

Zbiornik wyposażono w komory wlotową K1 i wylotową K2, oraz w betonowe schody służące do zejścia do zbiornika i obsługi krat. Komory wykonano z hydrotechnicznego zbrojonego betonu C25/30.

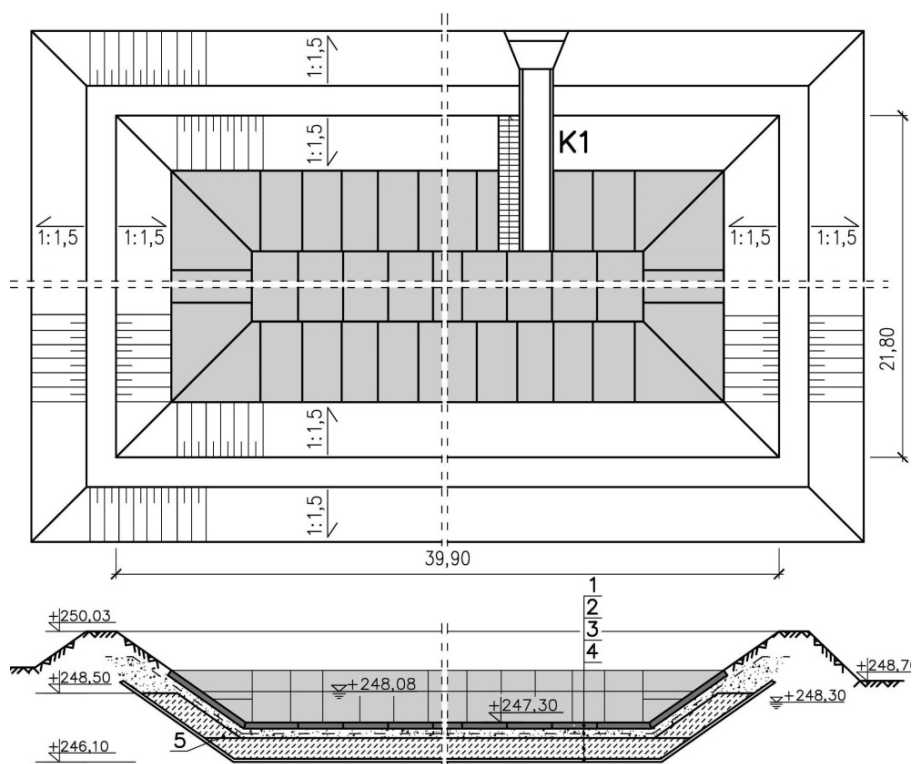
Na rysunku 1 przedstawiono widok zbiornika w końcowej fazie budowy, a na rys. 2 rzut i przekrój zbiornika.

Zbiornik posadowiono na miękkoplastycznych piaszczystych namulach o miąższości 2,2 m. Grunty te charakteryzują się bardzo słabymi i zmiennymi parametrami oraz wysokimi wskaźnikami osiadań. Poziom wody gruntowej znajdował się nieco poniżej górnej krawędzi betonowych skarp niecki odciążającej (rys. 2).



Rys. 1. Widok zbiornika w końcowej fazie budowy

Na rys. 3 przedstawiono profil geotechniczny w miejscu lokalizacji zbiornika.



Rys. 2. Rzut i przekrój zbiornika: 1 – płyty betonowe 300×150×15 cm, 2 – piasek 15 cm, geomembrana PCV 2,5 mm, piasek 15 cm, 3 – betonowa niecka odciążająca 60 cm, 4 – „chudy” beton 10 cm, 5 – przerwa robocza uszczelniona taśmą bentonitową

Poziom wody	Profil litograficzny	Głębokość w m	Miąższość warstw	Opis warstw	Symbol gruntu	Wilgotność	Stan gruntu
▼▼ 0,4		0,4	0,4	Gleba	Gb		
		0,6	0,2	Pasek próchniczny, ciemnobrązowy	PH	nw	szg
		1,6	1,0	Pasek średni, szary	Ps	nw	szg
		2,2	0,6	Namuł piaszczysty, szary	Nm	w	pl/lpl
		2,4	0,2	Pasek średni, szary	Ps	nw	szg
		2,6	0,2	Namuł piaszczysty, szary	Nm	w	pl
		4,8	2,2	Namuł piaszczysty, szary	Nm	w	mpl
		6,0	1,2	Pył piaszczysty, szary	Πp	w	pl

Rys. 3. Warunki gruntowe w miejscu lokalizacji zbiornika

3. Budowa zbiornika i awaria

Przedmiotowy zbiornik budowano w okresie od sierpnia do listopada 2014 roku. Wcześniej wykonane zostały żelbetowe komory K1 i K2. Po odwodnieniu terenu i wykonaniu wykopu ułożono „chudy” beton i zabetonowano odciażającą nieckę. Przerwę roboczą pomiędzy dnem a skarpami oraz styki ze ścianami komór uszczelniono taśmą bentonitową. Powierzchnię betonu dna i skarp nacięto na głębokość kilku cm tarczą diamentową na pola około 4,0×4,0 m, tworząc ortogonalną siatkę wymuszonych dylatacji skurczowych. Następnie naniesiono warstwę piasku 15 cm, położono geomembranę 2,5 mm, ponownie naniesiono 15 cm warstwę piasku, na której ułożono prefabrykowane płyty drogowe. Fotografie z okresu budowy zbiornika przedstawiono na rys. 4 i 5.



Rys. 4. Układanie „chudego” betonu i betonowanie dna



Rys. 5. Szalunki na skarpach i betonowanie skarp

Po miesiącu od wybudowaniu obiektu zaobserwowano wybrzuszenie (wypłynięcie) dna zbiornika z betonowych płyt drogowych, na wysokość około 50 cm w stosunku do pierwotnego poziomu dna. Widok podniesionego dna zbiornika przedstawiono na rys. 6.

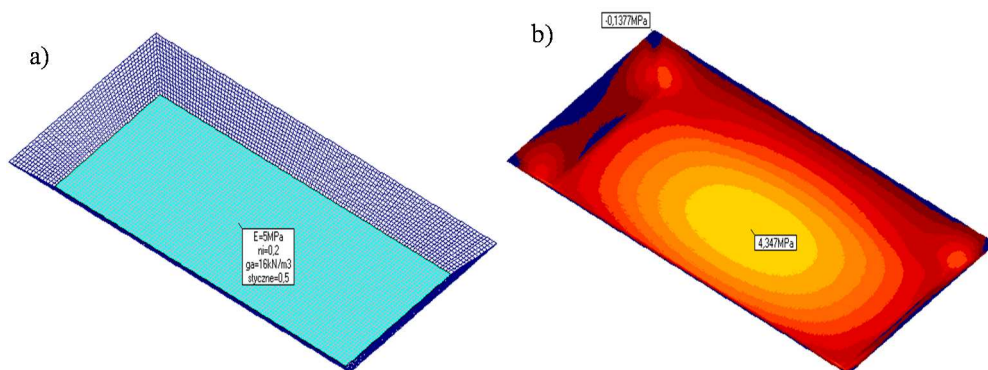


Rys. 6. Widok podniesionego dna zbiornika

4. Przyczyny awarii

Charakter deformacji dna wskazuje jednoznacznie, że bezpośrednią przyczyną awarii było wyporowe oddziaływanie wody gruntowej, która przedostała się pod geomembranę, mającą gwarantować szczelność konstrukcji. Z rys. 2 wynika, że górny poziom zewnętrznej krawędzi skarp betonowej niecki odciążającej położony był o 20 cm powyżej maksymalnego poziomu wody gruntowej, nawierconego w otworze geotechnicznym w środku zbiornika. Przedostanie się wody gruntowej pod geomembranę poprzez koronę niecki było więc mało prawdopodobne. Za najbardziej prawdopodobną przyczynę przedostania się wody gruntowej pod geomembranę uznano nieszczelności betonowej płyty odciążającej. Płyta została zaprojektowana jako niezbrojona, bez żadnej izolacji wodoszczelnej pod płytą i dodatkowo posadowiona na bardzo odkształcalnym podłożu gruntowym w postaci 2,2 m warstwy piaszczystych namulów. Z obliczeń statycznych w zakresie sprężystym, zamodelowanej w MES konstrukcji odciążającej, spoczywającej na jednorodnym podłożu, obciążonej wyporem wody gruntowej o wartości $2,2 \text{ m} \times 10 \text{ kN/m}^3 = 22,0 \text{ kN/m}^2$, uzyskano wartości rozciągających naprężeń wynoszące

4,35 MPa (rys. 7). Wartości te przekraczały wartość średniej wytrzymałości betonu C16/20 na rozciąganie $f_{ctm} = 1,9$ MPa. W takim wypadku betonowa denna płyta niecki odciążającej mogła się zarysować. Nieszczelności niecki mogły też występować na odcinkach styków dna z fundamentami komór oraz wzdłuż styków roboczych dna ze skarpami.



Rys. 7. Model obliczeniowy niecki (a), mapa naprężeń (b)

W wypadku opisywanego zbiornika, obciążonego wyporem wody gruntowej, przyjęte rozwiązania okazały się niewłaściwe. Dotyczyło to przede wszystkim usytuowania izolacji wodoszczelnej z geomembraną nad niecką odciążającą. Naporowa woda gruntowa przedostała się nad nieckę odciążającą i wyparła szczelną geomembranę wraz z warstwą piasku i płyt drogowych.

5. Odbudowa zbiornika

Odbudowa uszkodzonego obiektu polegała na: odwodnieniu terenu, demontażu płyt drogowych z dna i skarp, usunięciu warstw piasku wraz z geomembraną. Pozostawiono istniejącą betonową nieckę odciążającą i komory. Po rozbiórce ujawniono wycieki wody przez dno i skarpy niecki oraz przecieki przy ścianach komór. Odpompowano wodę, oczyszczono powierzchnię betonu pozostawionej niecki odciążającej, ułożono nową geomembranę, a na niej wykonano kolejną betonową nieckę (dno i skarpy) także o grubości 60 cm. Fotografie z naprawy i odbudowy zbiornika przedstawiono na rys. 8, 9 i 10.



Rys. 8. Odbudowa zbiornika – rozbiórka płyt drogowych

Przy odbudowie obiektu nie stosowano już warstw piasku pod i nad geomembraną. Kolejną nieckę betonowano bezpośrednio na geomembranie (rys. 9). Po odbudowie grubość dna i skarp

niecki zbiornika wynosiła więc $0,6\text{ m} + 0,6\text{ m} = 1,2\text{ m}$, i zabezpieczała konstrukcję przed wypłynięciem: $1,2\text{ m} \times 23\text{ kN/m}^3 = 27,6\text{ kN/m}^2 > 2,2\text{ m} \times 10\text{ kN/m}^3 = 22,0\text{ kN/m}^2$.

Odbudowany zbiornik retencyjny użytkowany jest od 2 lat i nie stwierdzono w tym czasie nieprawidłowości w jego eksploatacji.



Rys. 9. Odbudowa zbiornika – usunięcie warstw piasku i geomembrany



Rys. 10. Odbudowa zbiornika – nowa izolacja, betonowanie dna i skarp

6. Podsumowanie

Przedstawiony przykład pokazuje, jak ważnym jest właściwe rozwiązanie konstrukcji i izolacji zbiornika obciążonego wyporem wody gruntowej. W projekcie bezkrytycznie wykorzystano standardowe rozwiązanie stosowane w warunkach bez wyporowego oddziaływania wody – pogrubiono jedynie warstwę betonu podkładowego do 60 cm, tworząc w ten sposób betonową nieckę odciążającą. Założono, że betonowa niecka odciążająca miała być szczelna, co przy znacznych wymiarach konstrukcji, braku zbrojenia, oraz dużego obciążenia wyporem wody, w praktyce nie było możliwe do uzyskania i musiało doprowadzić do opisanej awarii.

FAILURE OF THE RETENTION-PURIFICATION TANK CAUSED BY UPLIFT PRESSURE OF GROUNDWATER

Abstract: A bottom plate of the retention and purification tank became damaged by the uplift pressure of the groundwater. The construction of the tank, as well as site geotechnical conditions of the foundation are described in the paper. The consequences of failure along with options for reconstruction of the tank are also discussed herein.

Keywords: retention-purification tank, uplift pressure of the groundwater, failure, rebuild