

NUMERICAL WORK ESTIMATION OF RESERVOIR PLUNGED IN GROUND MEDIUM IN CRISIS CONDITIONS

Balawejder Adam, Surowiecki Andrzej, Kozłowski Wojciech ^{*)}

ABSTRACT

The research object is reinforced concrete one chamber reservoir, open at the top, full of water and completely sunk in the ground medium. There were discussed the problem of influence of elasticity coefficient of ground base on bending moments and components displacement values. Reservoir model was studied in numerical ROBOT Millenium 15.0 system.

Keywords:

water reservoir, elasticity coefficient of ground base, numerical model

ABSTRACT

Obiektem badań jest żelbetowy, jednokomorowy prostopadłościenny zbiornik, otwarty od góry, wypełniony wodą i całkowicie zagłębiony w ośrodku gruntowym. Omówiono problem wpływu wartości współczynnika sztywności podłoża gruntowego na wartość momentów zginających i przemieszczeń występujących w elementach zbiornika. Wskazano miejsca, w których badane wielkości osiągają wartości ekstremalne. Model konstrukcji zbiornika opracowano w systemie ROBOT Millenium 15.0, opartym na metodzie elementów skończonych.

Słowa kluczowe:

zbiornik na wodę, współczynnika sztywności podłoża gruntowego, model numeryczny

*)

¹ Adam Balawejder PhD, Eng., Wrocław University of Environmental and Life Sciences; Department of Building, Wrocław, Poland, e-mail: adam.balawejder@up.wroc.pl

² Andrzej Surowiecki, Assoc. Prof. Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Department of Civil Engineering, Pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław, Poland, e-mail: andrzej.surowiecki@up.wroc.pl

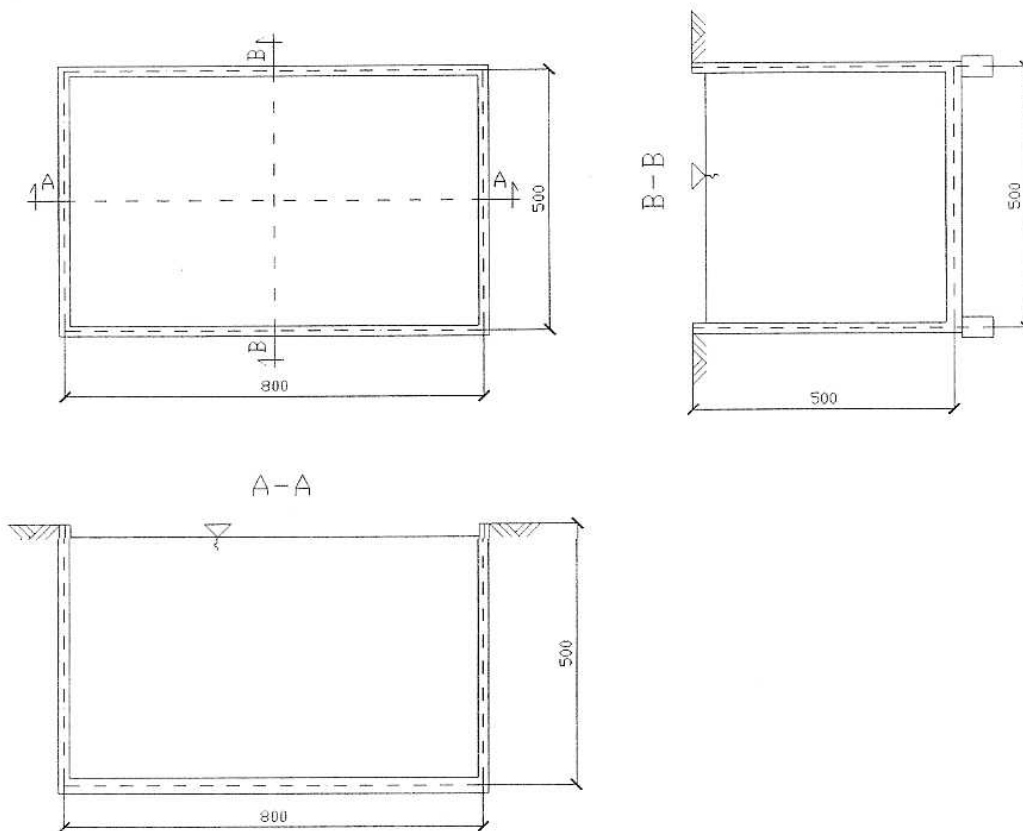
³ Wojciech Kozłowski, PhD, Eng., Opole University of Technology, Department of Roads and Bridges, ul. Ozimska 75A, 45-368 Opole, Poland, e-mail: w.kozlowski@po.opole.pl

1 CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Konstrukcja zbiornika (rys. 1), otwartego od góry, wypełnionego wodą i całkowicie zagłębionego w ośrodku gruntowym jest narażona na oddziaływanie złożonego układu sił poziomych i pionowych o dość trudnym do oszacowania prawdopodobieństwie wystąpienia i wartościach. Wartość i charakter oddziaływania medium gruntowego na płaszczyzny ścian i dno zbiornika są generowane zmianami stanu naprężeń w warstwach ośrodka gruntowego. Upraszczając zagadnienie, jako miarę oddziaływania poziomego można przyjąć współczynnik parcia poziomego K_0 , jako miarę odporu podłoża-współczynnik sztywności K . Wartości tych parametrów są zmienne w czasie i w przestrzeni. W przypadku podłoża, ze zmianą wartości współczynnika K związane są zmiany wartości przemieszczeń pionowych (osiadanie), w szczególnym przypadku jest to nierównomierne osiadanie podłoża.

Omówiono problem wpływu wartości współczynnika sztywności podłoża K na wartość momentów zginających i przemieszczeń występujących w elementach zbiornika. Wskazano miejsca, w których badane wielkości osiągają wartości ekstremalne [1]. Model konstrukcji zbiornika opracowano w systemie ROBOT Millenium 15.0 [1, 2, 3, 4, 5].

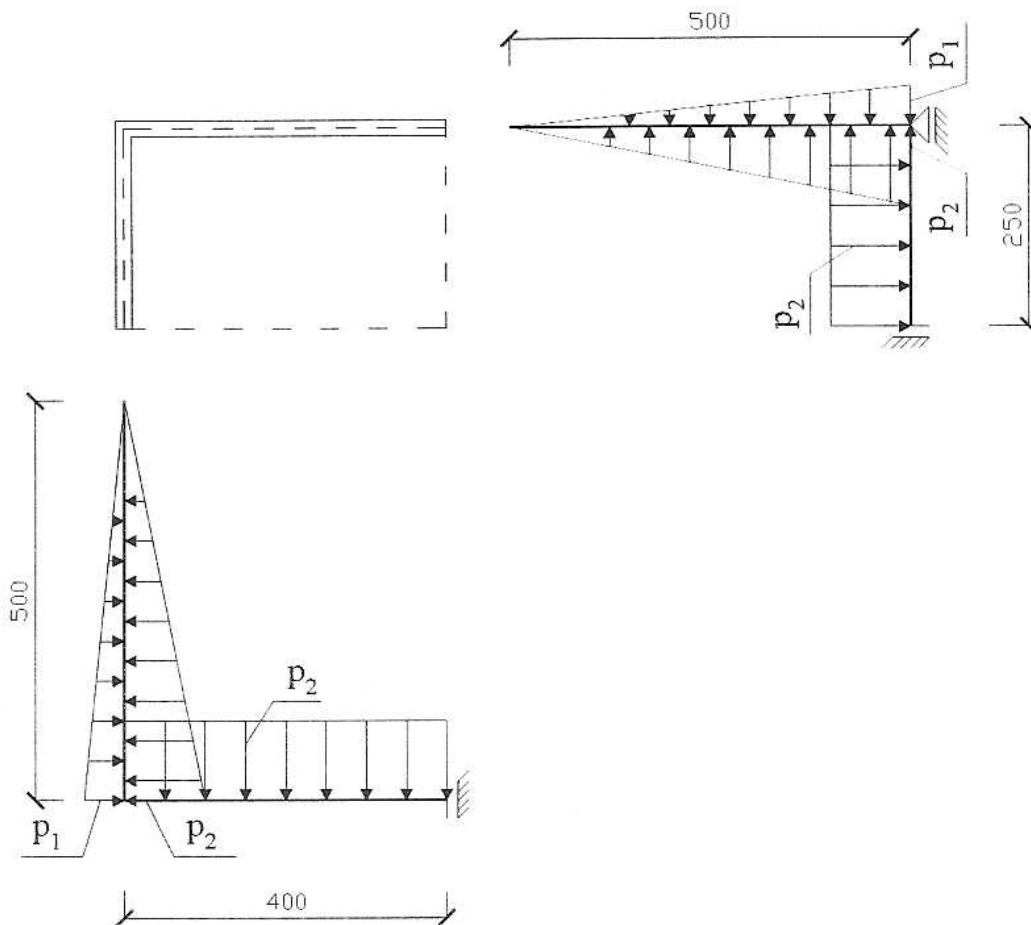
Wymiary zbiornika (rys. 1): długość $L = 8$ m, szerokość $B = 5$ m i głębokość $H = 5$ m. Przyjęto grubość ścian bocznych $g_b = 0,20$ m oraz grubość płyty dennej $g_d = 0,30$ m. Tworzywem zbiornika jest beton. Połączenia ścian ze ścianami oraz ścian z płytą denną potraktowano jako sztywne. Zbiornik jest podparty podłużnie, przegubowo, na dwóch ławach fundamentowych znajdujących się pod dłuższymi krawędziami.



Rys. 1. Rzut poziomy i przekroje pionowe (A-A, B-B) przez zbiornik

W badaniach wzięto pod uwagę zespół obciążeń: 1) obciążenie pochodzące od ciężaru własnego konstrukcji; 2) parcie gruntu na ściany boczne p_1 ; 3) parcie wody na całkowitej wysokości ścian bocznych p_2 . Odpór gruntu w płaszczyźnie płyty dennej pominięto. Właściwości ośrodka gruntowego oddziałującego na konstrukcję przyjęto jak dla średniozagęszczonych, mokrych piasków grubych i średnich: ciężar objętościowy $\gamma_0 = 2,0 \text{ T/m}^3$; kąt tarcia wewnętrzny $\varphi = 35^\circ$; współczynnik $\lambda = \text{tg}^2(45^\circ - 0,5\varphi) = 0,271$. Wartości przyjętych obciążeń obliczono: $p_1 = \lambda \gamma_0 = 0,271 \cdot 19,62 \text{ kN/m}^3 = 5,32 \text{ kN/m}^2$, $p_2 = \gamma_w h_w = 9,81 \text{ kN/m}^3 \cdot 5,0 \text{ m} = 49,05 \text{ kN/m}^2$.

Ze względu na symetrię obciążeń i symetrię warunków brzegowych, analizie poddano ćwiartkę zbiornika. Obliczenia statyczne wykonano przy użyciu programu numerycznego ROBOT Millenium 15.0. [3]. Przyjęto opcję podziału konstrukcji na 680 elementów skończonych, otrzymując kwadratowe elementy o wymiarach $0,25 \times 0,25 \text{ m}$. Rys. 2 ilustruje schemat statyczny ćwiartki zbiornika.

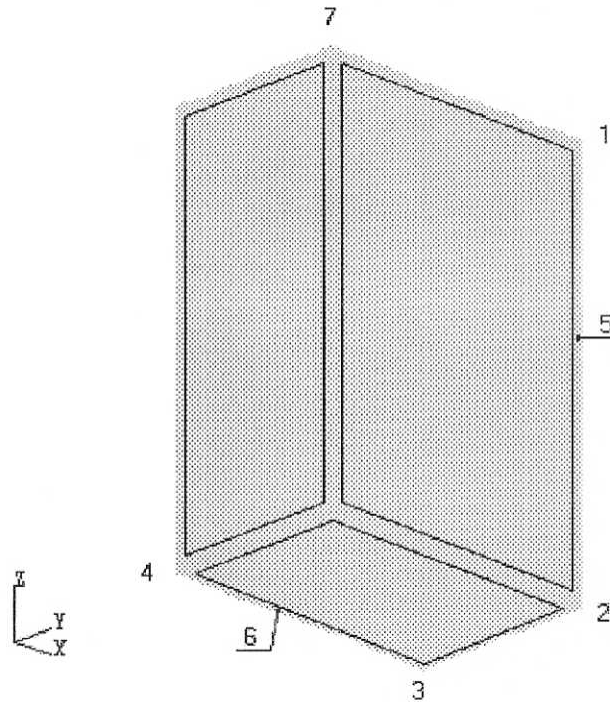


Rys. 2. Schemat statyczny ćwiartki zbiornika z obciążeniem p_1 i p_2

2 ANALIZA PRACY ELEMENTÓW ZBIORNIKA

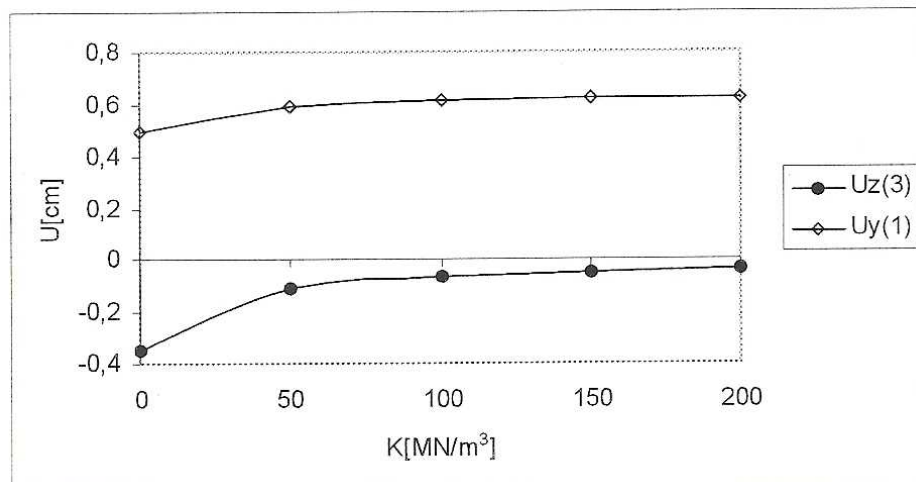
Przyjęto zmienność współczynnika sztywności podłoża K w zakresie $0-200 \text{ MN/m}^3$, mając na uwadze grunty zwarte ($K = 50-100 \text{ MN/m}^3$) i bardzo zwarte ($K = 100-200 \text{ MN/m}^3$).

Wyniki badań stanowią wartości momentów zginających i przemieszczeń, oszacowane w charakterystycznych punktach ścian bocznych i płyty dennej zbiornika. W tych punktach (zlokalizowanych w osiach symetrii zbiornika – wyjątek stanowi punkt nr 7), analizowane wielkości osiągają wartości ekstremalne dla danego elementu. Rys. 3 przedstawia ćwiartkę zbiornika z lokalizacją charakterystycznych punktów. Zależności moment zginający-charakterystyka podłoża oraz przemieszczenia - charakterystyka podłoża zaprezentowano w odniesieniu do: płyty dennej oraz ściany bocznej o dłuższej podstawie.



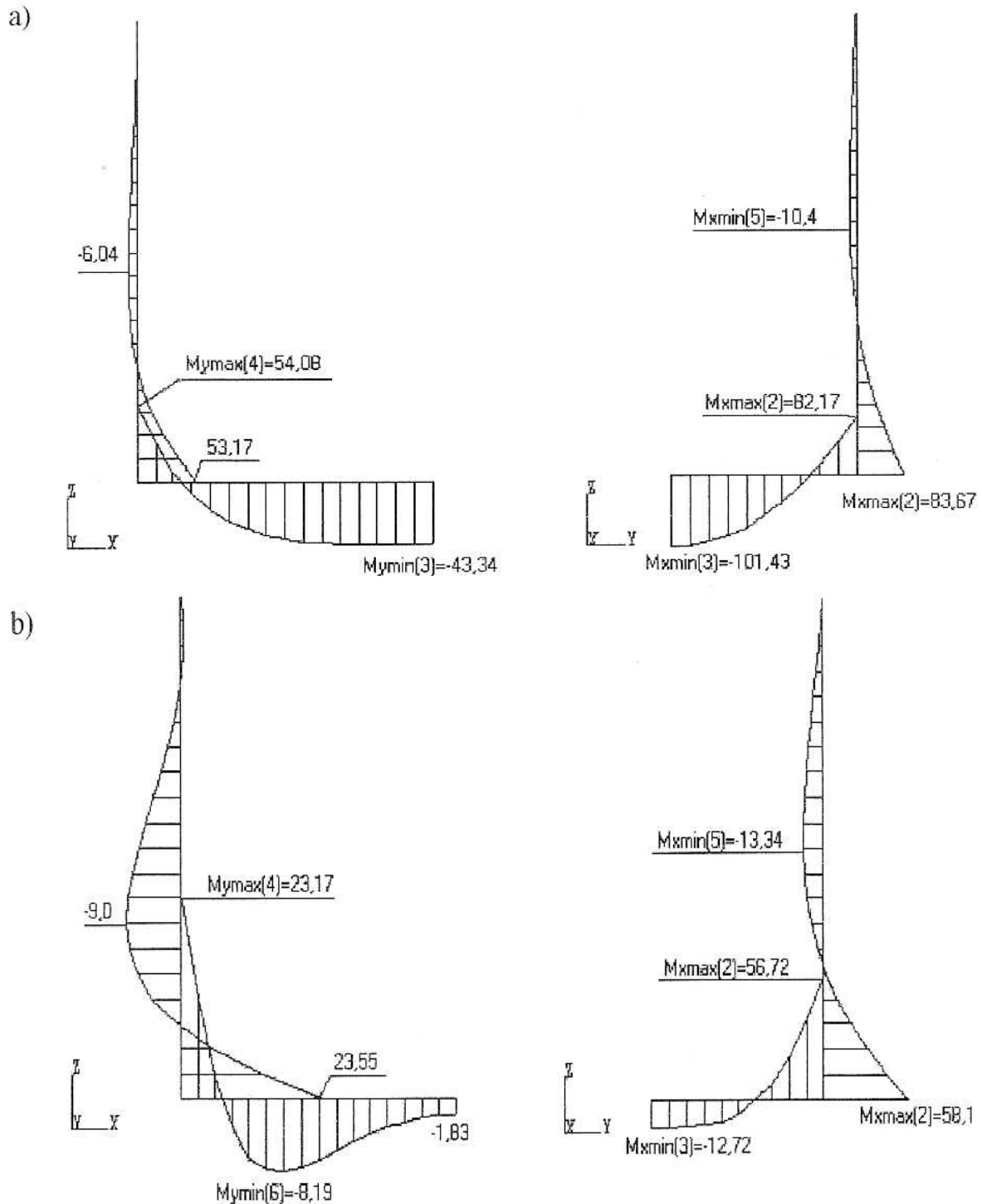
Rys. 3. Lokalizacja charakterystycznych punktów w ćwiartce zbiornika

Na rysunku 4 pokazano ekstremalne przemieszczenia u_y , u_z w zbiorniku (punkty nr 1 i nr 3) w funkcji sztywności podłoża K . Przy zwiększającym się współczynniku K zmniejszają się wartości bezwzględne pionowych przemieszczeń w centralnym punkcie nr 3 płyty dennej (zakładając równomierne pole sztywności podłoża).



Rys. 4. Przemieszczenia $u_y(K)$ w punkcie nr 1 ściany i $u_z(K)$ w punkcie nr 3 płyty dennej

Rys. 5 ilustruje przebieg wartości momentów zginających M_x i M_y w przekrojach pionowych prowadzonych przez środek ścian bocznych oraz w ćwiartce płyty dennej, dla podłoża gruntowego o współczynnikach $K = 0 \text{ MN/m}^3$ i $K = 200 \text{ MN/m}^3$.



Rys. 5. Wykresy momentów zginających M_x i M_y w wybranych przekrojach zbiornika:
 a – dla $K = 0$; b – dla $K = 200 \text{ MN/m}^3$

WNIOSKI

Potwierdzono przydatność systemu ROBOT Millennium do wykonania obliczeń sił wewnętrznych i przemieszczeń poszczególnych elementów masywnego zbiornika, całkowicie wypełnionego wodą, pogrążonego w ośrodku gruntowym.

Ze wzrostem współczynnika podłoża K maksymalne wartości momentów zginających w kierunku x oraz y w płycie dennej zmniejszają się. Zwiększenie współczynnika K powoduje wzrost wartości momentów minimalnych, występujących na obu kierunkach w dnie zbiornika. Momenty te mają wartości ujemne, więc ich wartości bezwzględne zmniejszają się ze wzrostem współczynnika K . Momenty minimalne na kierunku osi x występują zawsze w centralnym punkcie płyty dennej (punkt nr 3).

Przy zwiększającym się współczynniku K (zakładając jednakowe pole sztywności podłoża), zmniejszają się wartości bezwzględne ekstremalnych pionowych przemieszczeń u_z w płycie dennej, występujących w centralnym punkcie.

Zmiany stanu naprężeń i przemieszczeń, zaobserwowane w dnie zbiornika i w dłuższej ścianie bocznej, wykazują najbardziej dynamiczny charakter w przedziale zmian współczynnika podłoża $K = 0-50 \text{ MN/m}^3$.

REFERENCES

- [1] Balawejder A.; Konspekt do wykładu „Metody komputerowe w mechanice konstrukcji. Manuskrypt, Wrocław 2010.
- [2] Pacuła B., Oprogramowanie MES, Magazyn 3D, Nr 6, 2000 (22).
- [3] ROBOBAT – Producent i Dystrybutor systemu ROBOT Millennium 15.0., Kraków.
- [4] Rusiński E., Czmochowski J., Smolnicki T., Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych, Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
- [5] Zienkiewicz O.C., Taylor R.L., The Finite Element Method. Fifth Edition, Vol. 1, 2, 3, Butterworth Heinemann, Oxford 2000.

Článok recenzoval:
doc. Ing. Ladislav Novák, PhD.