2017 分野 3

nakao

2022 年 8 月 8 日

第 1 問

(1)

立方体 1 の鉛直方向の力のつり合いより、

$$\rho_w r_1^2 h g = \rho_1 r_1^3 g \tag{1}$$

が成り立ち、

$$h = \frac{\rho_1}{\rho_w} r_1 \tag{2}$$

を得る。また、左側の水槽の水面高さを $H_w + H_0$ とする。立方体 1 を入れる前後で左側の水槽の水の体積は変わらないから、

$$A(H_w + H_0) - r_1^2 h = AH_w \tag{3}$$

が成り立ち、

$$H_0 = \frac{r_1^2 h}{A} \tag{4}$$

を得る。したがって、左側の水槽の水面高さは $H_w + \frac{r_1^2 h}{A}$ である。

(2)

X 点と Y 点の圧力が等しくなる水位で静止するから、

$$\rho_w g(H_w + H_0 - \eta_0) = \rho_w g(H_w + \eta_0) \tag{5}$$

である。したがって、

$$\eta_0 = \frac{H_0}{2} = \frac{r_1^2 h}{2A} \tag{6}$$

を得る。

(3)

(a)

静水圧分布として、

$$p_X = \rho_w g(H_w + H_0 - \eta) \tag{7}$$

$$p_Y = \rho_g g(H_w + \eta) \tag{8}$$

である。

(b)

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} \tag{9}$$

が成り立つ。

(c)

式 (9) を X から Y まで積分すると、

$$\int_X^Y \frac{\partial u}{\partial t}\mathrm{d}x = \int_X^Y \left(-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}\right)\mathrm{d}x \tag{10}$$

である。ここで、u は x 依存しないから、

$$\int_X^Y \frac{\partial u}{\partial t}\mathrm{d}x = \frac{\partial u}{\partial t}L \tag{11}$$

であり、また、

$$\int_X^Y \left(-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}\right)\mathrm{d}x = -\frac{1}{\rho}(p_Y - p_X) = (H_0 - 2\eta)g \tag{12}$$

である。したがって、

$$\frac{\partial u}{\partial t}L = (H_0 - 2\eta)g \tag{13}$$

が成り立つ。

(d)

管路への流入量と左側の水槽からの流出量が等しいから、

$$us = A\frac{\partial \eta}{\partial t} \tag{14}$$

が成り立つ。

(e)

式 (14) より $u = \frac{A}{s}\frac{\partial \eta}{\partial t}$ であり、これと $\eta = \xi + \eta_0$ を式 (13) に代入すると、

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = -\frac{2sg}{AL}\xi \tag{15}$$

を得る。

(f)

初期条件 $\xi(0) = -\eta_0, \dot{\xi}(0) = 0$ のもとで式 (15) を解くと、

$$\xi = -\eta_0 \cos\sqrt{\frac{2sg}{AL}}t \tag{16}$$

を得る。これより、

$$u = \frac{A}{s}\frac{\partial\eta}{\partial t} = \eta_0\sqrt{\frac{2Ag}{sL}}\sin\sqrt{\frac{2sg}{AL}}t \tag{17}$$

となる。したがって、

$$U_0 = \eta_0\sqrt{\frac{2Ag}{sL}} \tag{18}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{2sg}{AL}} \tag{19}$$

である。

(g)

η_0, L が 100 倍に、A, s が 100^2 倍になる。このとき U_0 は 10 倍になるから流速は 10 倍になる。また、ω が 1/10 倍になるから、周期は 10 倍になる。

(4)

流速は $U_0 \sin\omega t$ で表され、そのグラフは図 1 の通り。

抗力は、

$$\begin{cases} \rho_w C_D r_2^2 U_0^2 \sin^2\omega t & \left(0 \le t \le \frac{\pi}{\omega}\right) \\ -\rho_w C_D r_2^2 U_0^2 \sin^2\omega t & \left(\frac{\pi}{\omega} \le t \le \frac{2\pi}{\omega}\right) \end{cases} \tag{20}$$

と表され、そのグラフは図 2 の通り。

慣性力は $\rho_w C_M r_2^3 U_0 \omega \cos\omega t$ と表され、そのグラフは図 3 の通り。

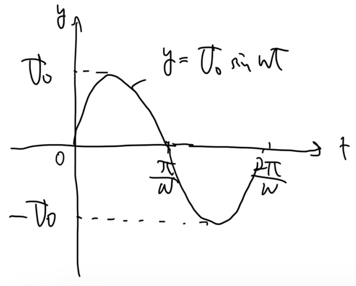

図 1　流速の時系列

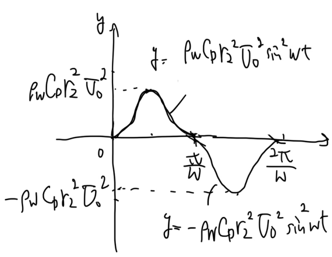

図 2　抗力の時系列

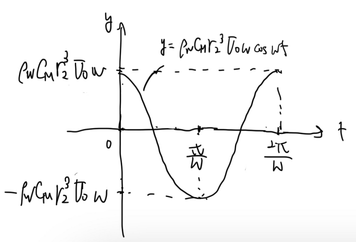

図 3　慣性力の時系列

(5)

(a)

式 [2] より、r_2 が 2 倍になったときに抗力は 4 倍、慣性力は 8 倍になる。また、摩擦力は立方体 2 の質量に比例するため 8 倍になる。したがって、立方体 2 は動かない。

(b)

式 (18) より、L を 1/2 倍にしたときに U_0 は $\sqrt{2}$ 倍になる。これを考慮すれば、r_2 が 2 倍になったときに抗力は 8 倍、慣性力は $8\sqrt{2}$ 倍になる。また、摩擦力は 8 倍になる。したがって、立方体 2 は動く。

第 2 問

(1)

【1】伊勢湾台風
【2】災害対策基本法
【3】急峻な地形や急勾配の河川
【4】河川 · ダムのや下水道の整備
【5】ハザードマップの作成や防災気象情報の提供

(2)

L1·L2 津波の再起年数はそれぞれ数十年から百数十年、数百年から千年である。L1 津波に対しては海岸構造物による防御で被害を出さないようにし、L2 津波に対してはこれにソフト対策を組み合わせて避難を容易にして被害を小さくする対策が取られる。

(3)

計画高水位が低い場合には堤防高さを低くでき、建設・管理のコストが削減できる。また、計画高水位が低いということはダムなどの洪水調節施設での貯留量が大きいということを意味し、洪水発生時の雨量を流出させすぎず貯留しておくことは、後の利水の観点で良い。

(4)

オランダ。日本の国土の性質はアメリカよりオランダに近い。日本でも災害で潰れたから地域全体引っ越すとかできない。