学籍番号　　　　　　　　　　氏名　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　得点

2007.1.16 実施

水理学演習　期末試験

■注意■

1. 水の密度ρ=1000kg/m^3, 重力加速度 g=9.8m/s^2, 水の単位体積重量γ=ρg=9800N/m^3=9.8kN/m^{3}とする.
2. 圧力はゲージ圧(大気圧=0)とし, 単位はパスカル Pa=N/m^{2}で答えよ.
3. 1000 倍を表す k(キロ)を使用して良い.

問題1　曲面に作用する全水圧

図-1 のような, 奥行き b=10m, 半径 R=2m, 中心角θ=90°のテンターゲートがある.

これに作用する, 全水圧 P の大きさと, その分圧 P_x, P_y, 作用線の角度β(または tanβ)を求めよ.

また, その作用位置 Hc'および a を求めよ.

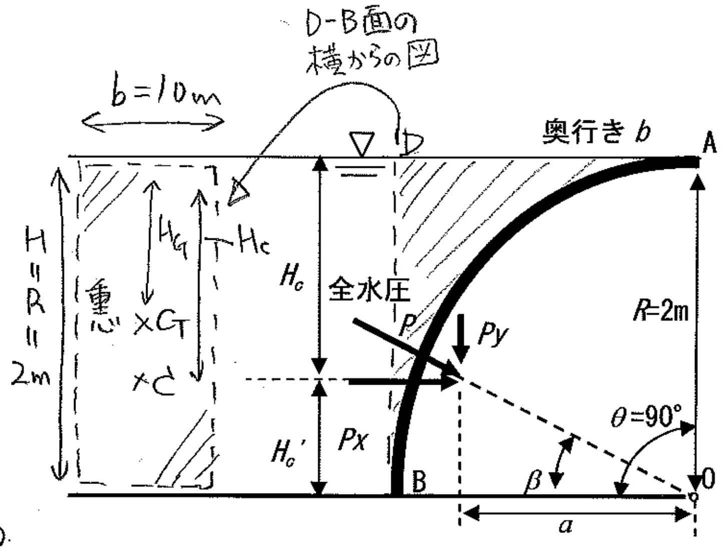


図-1

水平分圧 P_xは、図中のD-B面に横から作用し、それは、重心Gでの水圧 $\rho g H_G$ とDB面の面積 $b\times R$ の積である。($H_G = H/2 = R/2 = 1$m)

$$\therefore P_x = \rho g H_G \times bR = 9.8\,\mathrm{kN/m^3} \times 1\mathrm{m} \times 10\mathrm{m} \times 2\mathrm{m} = 196\,\mathrm{kN}$$ //

その作用位置H_cは、H_Gと断面2次モーメント$I_G = \frac{bH^3}{12}$, 断面積$A_x = bH$ より.

$$\boxed{H_c = H_G + \frac{I_G}{H_G A_x} = \frac{H}{2} + \frac{bH^3/12}{(H/2)\times(bH)} = \frac{H}{2} + \frac{H}{6} = \frac{2}{3}H}$$ ← 暗記もの [ ]

よって $H_c' = H - H_c = \frac{H}{3} = 0.667\,\mathrm{m}$. //

鉛直分圧 P_yは、図ABD(奥行きb=10m)の内部重量∇'に等しい。

$\nabla' = \rho g \times$(ABD の面積)$\times b$

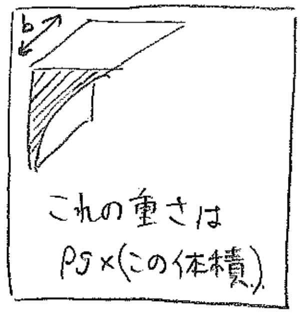
$$= \square - \text{円の}1/4$$

$$= R^2 - \frac{1}{4}\times\pi R^2$$

$$= 4\mathrm{m}^2 - \frac{1}{4}\times 3.14 \times 4\mathrm{m}^2 = 0.86\,\mathrm{m}^2$$

$$= 9.8\,\mathrm{kN/m^3} \times 0.86\,\mathrm{m}^2 \times 10\,\mathrm{m}$$

$$= 84.3\,\mathrm{kN}$$ //



その作用位置aは、「Pは円弧の中心Oを通るから、P_x, P_yのO点まわりのモーメントの合計はゼロとなる」事により、右回りを正とすると、

$$P_x \times H_c' - P_y \times a = 0. \quad \text{— (1).}$$

となる。一方、作用線の角度は、

$$\tan\beta = \frac{P_y}{P_x} = \frac{84.3\,\mathrm{kN}}{196\,\mathrm{kN}} = 0.430 \quad \text{—(2)}$$ //

$(\beta = \tan^{-1}0.43 = 0.406\,\mathrm{rad} = 23.3°)$ //

よって、式(1)より

$$a = \frac{P_x}{P_y}\times H_c' = \frac{H_c'}{P_y/P_x} = \frac{H_c'}{\tan\beta} = \frac{0.667\,\mathrm{m}}{0.430} = 1.55\,\mathrm{m}.$$ //

問題２　管路（ベルヌイ式，損失あり）

図-2 のようなタンクと管路がある．エネルギー損失は，摩擦損失，入口損失および出口損失を考え，曲がりによる損失は無視する．各損失係数等は図中に示した数値を用い，以下の問いに答えよ．

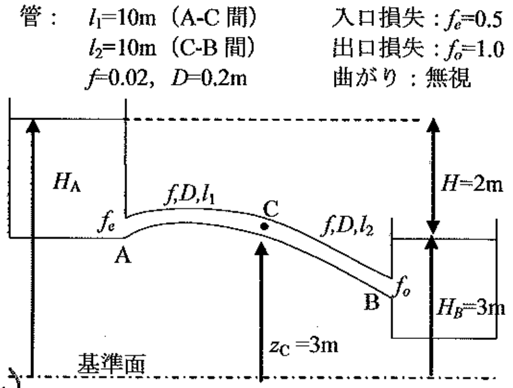


図-2

(1)この管路を流れる流速 v と流量 Q を求めよ．

損失のあるベルヌイ式をタンクA～Bの向でたてる。

$E_A = E_B +$ (A-B間の損失) ‥‥‥①

$E_A = H_A$ (水面で $v=0$, $p=0$(大気圧), よって位置のみ)

$E_B = H_B$ (　同上　)

式①に代入し，H_Bを左辺に移項すると

$H_A - H_B = H =$ (A-B間の損失)

$$H = \left(f_e + f\frac{l_1+l_2}{D} + f_o\right)\frac{v^2}{2g} \quad \left(\rightarrow \frac{v^2}{2g} = \frac{H}{f_e + f\frac{l_1+l_2}{D} + f_o} = \frac{2m}{3.5} = 0.571m.\right) \cdots ②$$

$$\therefore v = \sqrt{2g \times \frac{H}{f_e + f\frac{l_1+l_2}{D} + f_o}} = \sqrt{2 \times 9.8m/s^2 \times \frac{2m}{0.5 + 0.02 \times \frac{10m+10m}{0.2m} + 1.0}} = 3.34 m/s \;//$$

$$\therefore Q = vA = v \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 3.34m/s \times \frac{3.14 \times (0.2m)^2}{4} = 0.105 \; m^3/s \;//$$

(2)C 点での圧力水頭と圧力 p_Cを求めよ．

$E_A = E_C +$ (A-C間の損失) ‥‥‥④

$E_A = H_A$

$E_C = \frac{v^2}{2g} + z_C + \frac{p_C}{\rho g}$

A-C間の損失 $= \left(f_e + f\frac{l_1}{D}\right)\frac{v^2}{2g}$

式④に代入

$$H_A = \left(\frac{v^2}{2g} + z_C + \frac{p_C}{\rho g}\right) + \left(f_e + f\frac{l_1}{D}\right)\frac{v^2}{2g}$$

②より $\frac{v^2}{2g} = 0.571m$

$H_A = H_B + H = 5m$

圧力水頭 $\frac{p_C}{\rho g} = H_A - z_C - \left(1 + f_e + f\frac{l_1}{D}\right)\frac{v^2}{2g} = 5m - 3m - \left(1 + 0.5 + 0.02\frac{10m}{0.2m}\right) \times 0.571m = 0.573m \;//$

$$\therefore p_C = \rho g \times 0.573m = 9.8kN/m^3 \times 0.573m = 5.6kPa \;//$$

問題３　開水路の流れの分類（常流と射流）

図-3 のように，幅 B=10.0m の矩形断面水路に，水深 H=0.5m で流量 Q=20.0m^3/s が流れている．このとき，流れは常流か射流か，判定せよ．

断面積 $A = BH = 10m \times 0.5m = 5m^2$

$Q = vA$ より流速 v は

$v = Q/A = 20m^3/s \;/\; 5m^2 = 4m/s$

フルード数を求める。

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gH}} = \frac{4m/s}{\sqrt{9.8m/s^2 \times 0.5m}} = 1.8 > 1$$

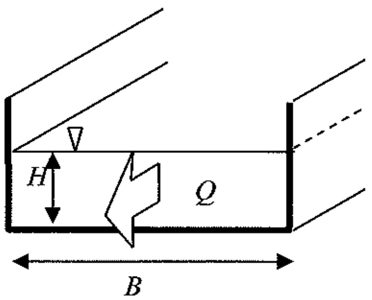


図-3

$Fr > 1$ は射流である。よってこの流れは射流である。//

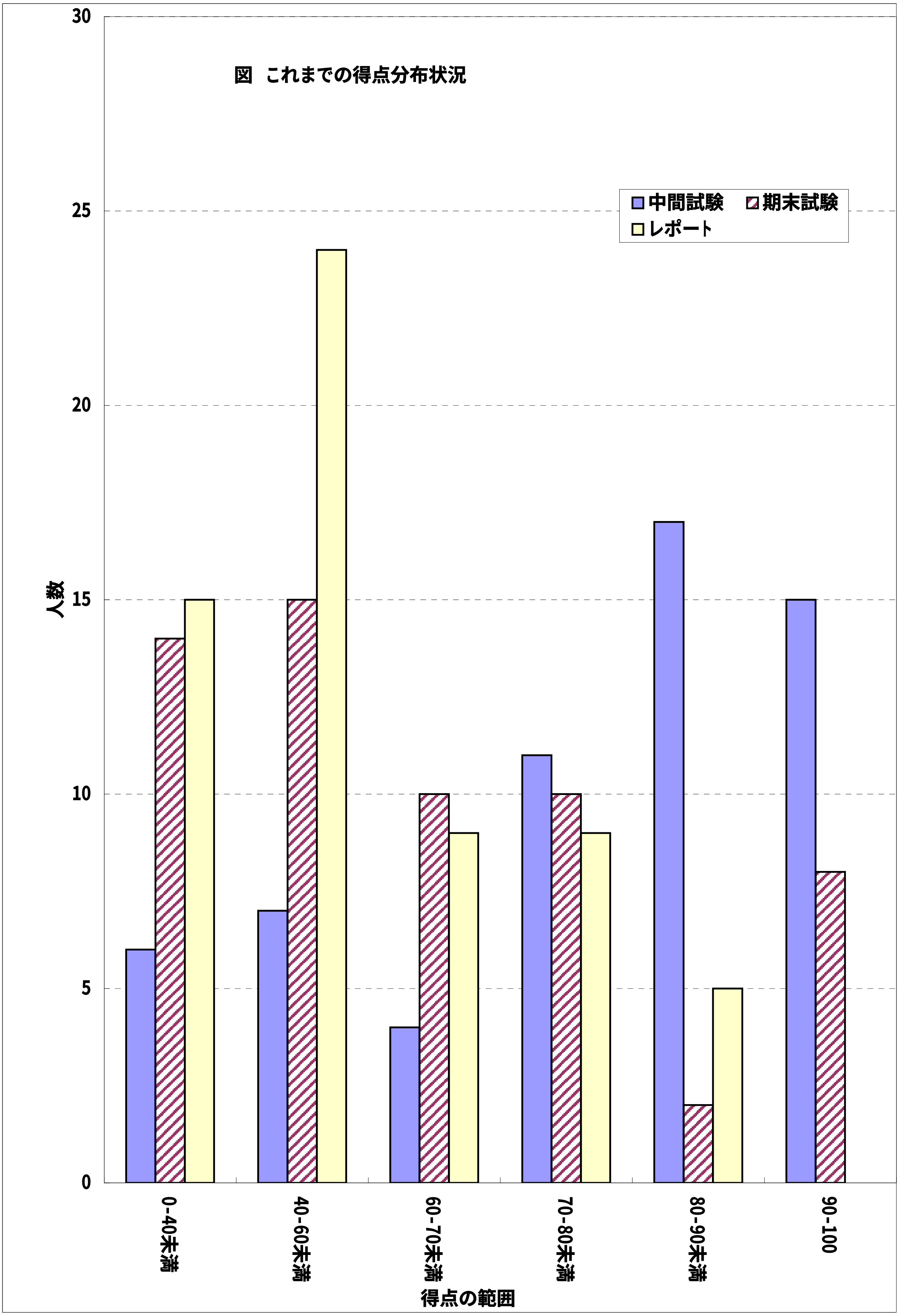


図　これまでの得点分布状況
中間試験
期末試験
レポート
人数
30
25
20
15
10
5
0
0-40未満
40-60未満
60-70未満
70-80未満
80-90未満
90-100
得点の範囲