

## 水理学演習 問題集(1) 側圧管

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$ , 重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$  とする。圧力はすべてゲージ圧で答えよ。(大気圧=0)

## 類題 1 - 1 側圧管

(1) 図-1.1において、A点での圧力  $p_A$  は、式でどう表せるか？

また、右側の液体を  $\gamma_m=s\gamma$  とし、比重  $s=13.5$  として、 $h_1=0.3\text{m}$ ,  $h=0.8\text{m}$  のとき、 $p_A$  はいくら(値)になるか求めよ。

(2) 図-1.2において A 点の圧力を  $p_A$  として知った時、B 点での圧力  $p_B$  は式でどう表せるか？

また、 $p_A=0.5\text{kPa}$ ,  $h=0.2\text{m}$ ,  $l=0.05\text{m}$ ,  $\gamma$  の液体を水とし、 $\gamma/\gamma=s=0.9$  とした場合、 $p_B$  の値を求めよ。

(3) 図-1.3において液体 A より軽い液体 B が U 字管の右側に注入された。その高さ  $h_2$  がわかっているとき、その差  $\Delta h=h_2-h_1$  はいくらになるか、図中の記号を用いた式で答えよ。

また、液体 A が水、液体 B がトルエン(比重  $s=\rho_2/\rho_1=0.875$ )で、 $h_2=0.2\text{m}$  の時、 $\Delta h$  は数値でいくらか？

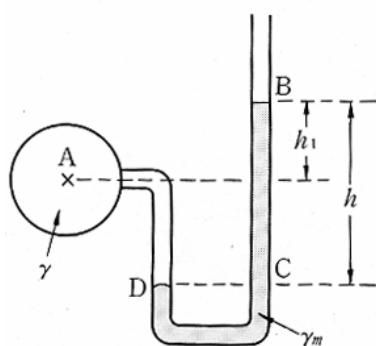


図-1.1

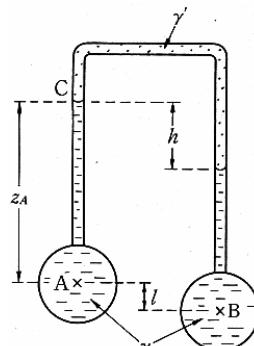


図-1.2

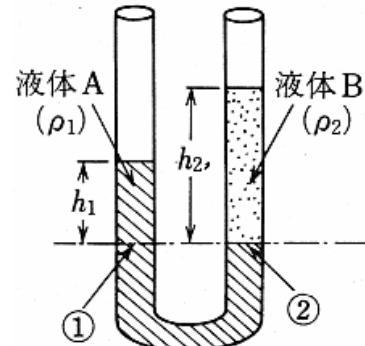


図-1.3

## 類題 1 - 2 ベンチュリー管(差圧マノメータ)

図-1.4 のベンチュリー管の断面 A, B の圧力差を測りたい。水が入っていた U字管に水銀を入れ、その差圧マノメータの差は  $h$  であった。

この時の圧力差  $\Delta p=p_a-p_b$  を表せ。水銀の比重を  $s$  とせよ。

また、圧力水頭差(ピエゾ水頭差)  $\Delta p/\gamma=\Delta p/\rho g=(p_a-p_b)/\rho g$  はどうか。

さらに、水銀の比重を  $s=13.6$  とし、水銀柱の高さの差が  $h=0.05\text{m}$  の時、は圧力差  $\Delta p$  の値はいくらか？

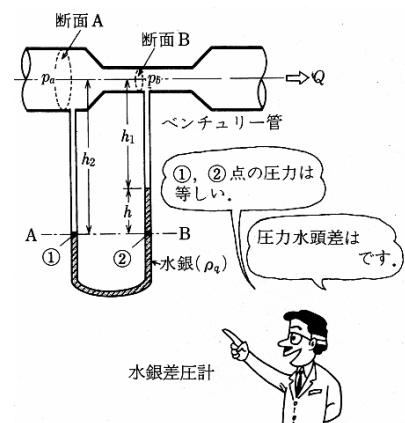


図-1.4

### 問題 1 - 1 側圧管

- (1) 図-1.5において、A点での圧力  $p_A$  は、式でどう表せるか？また、 $h_1=0.3\text{cm}$ ,  $h=0.2\text{m}$  のとき、 $p_A$  はいくらく（値）になるか求めよ。水銀の比重  $s=13.5$  とせよ。
- (2) 図-1.6において、A点の圧力  $p_A$  の計測値を知った時、B点での圧力  $p_B$  は式でどう表せるか？また、 $p_A=0.5\text{kPa}$ ,  $h=0.1\text{m}$ ,  $h_1=0.1\text{m}$ ,  $h_2=0.1\text{m}$ ,  $s=0.9$  とした場合、 $p_B$  の値を求めよ。
- (3) 図-1.7において、A点とB点の圧力差  $\Delta p = p_A - p_B$  は式でどう表せるか？  
また、左右の液体を水とし、真ん中の液体の比重  $\gamma/\gamma = s=0.9$  として、 $h=0.1\text{m}$  のときの、 $\Delta p$  の値を求めよ。

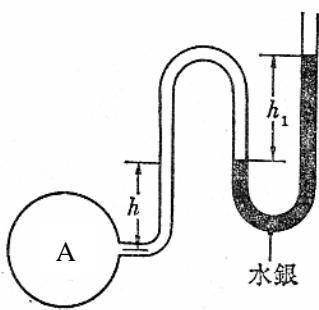


図-1.5

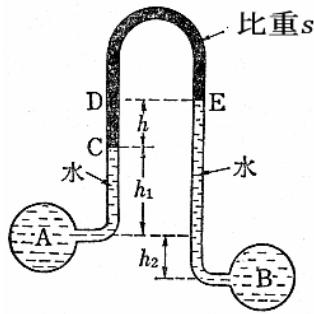


図-1.6

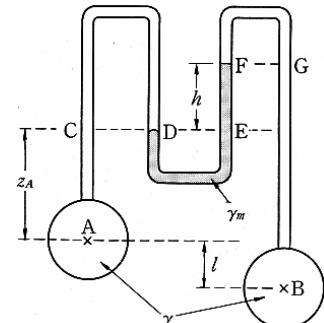


図-1.7

### 問題 1 - 2 差圧マノメータ（上向き）

図-1.8のように、水平な管路上の A 点および B 点に、トルエン（比重  $s$ ）を用いた差圧マノメータが付けてある。その差が  $\Delta h$  の時、管路のこの 2 点の圧力差  $\Delta p = p_A - p_B$  は、記号でどう表されるか？

さらに トルエンの比重  $s=0.875$  とし、 $\Delta h = 2.0\text{cm}=0.02\text{m}$  の時、 $\Delta p$  はいくらく、値(と単位)で求めよ。

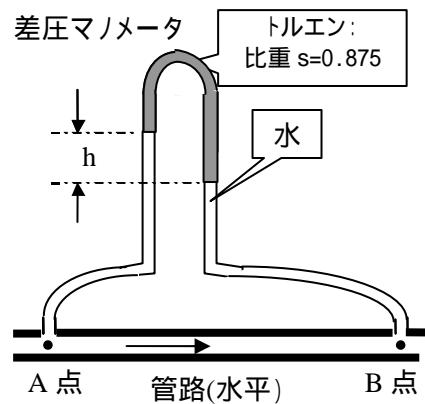


図-1.8

## 水理学演習 問題集 ( 2 ) 平面に作用する全水圧

水の密度  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , 重力加速度  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma = \rho g = 9800 \text{ N/m}^3 = 9.8 \text{ kN/m}^3$  とする .

### 類題 2 - 1 平面に作用する全水圧

#### (1) (一般図形 = 円形の例)

図-2.1 における, 円盤に作用する全水圧  $P$  の大きさと, 作用線の位置  $y_C$  および,  $H_C$  を求めよ. ただし, 直径  $D$  の円の重心周りの断面 2 次モーメントは,  $I_G = \pi D^4 / 64$  であることを利用せよ .

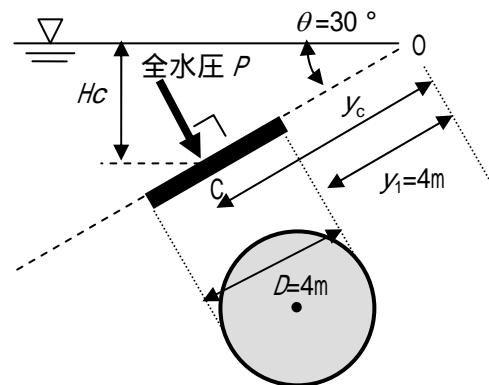


図-2.1

#### (2) (長方形, 水没パターン)

図-2.2 における, 全水圧  $P$  の大きさと, 作用線の位置  $y_C$  および,  $H_C$  を求めよ. ただし, 幅  $B$ , 高さ  $H$  の長方形の重心周りの断面 2 次モーメントは,  $I_G = BH^3 / 12$  であることを利用せよ .

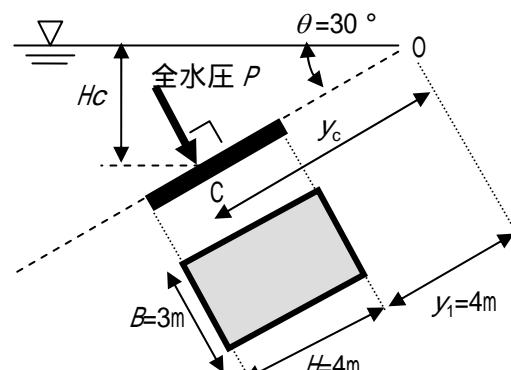


図-2.2

#### (3) (長方形, 水面まであるパターン)

図-2.3 における, 全水圧  $P$  と, 作用線の位置  $y_C$  および,  $H_C$  を求めよ .

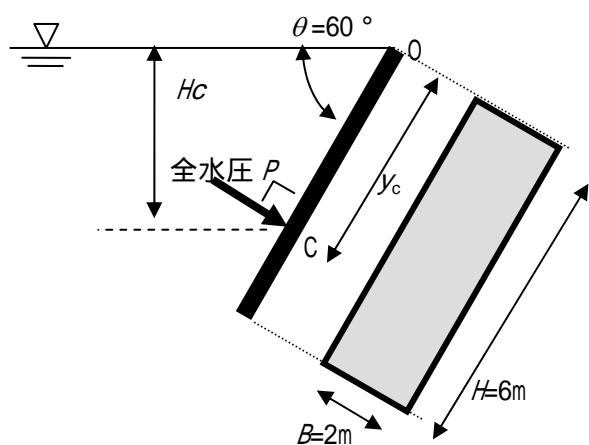


図-2.3

## 問題 2 - 1 平面に作用する全水圧

### (1) (一般図形 = 三角形の例)

図-2.4 における、三角形の板に作用する、全水圧  $P$  の大きさと、作用線の位置  $y_C$  および、 $H_C$  を求めよ。ただし、底辺  $B$ 、高さ  $H$  の三角形の重心周りの断面2次モーメントは、 $I_G = BH^3/36$  であることを利用せよ。

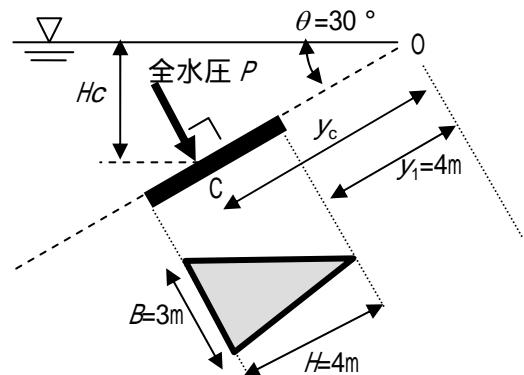


図-2.4

### (2) (長方形、水没パターン)

図-2.5 における、長方形板に作用する、全水圧  $P$  の大きさと、作用線の位置  $y_C$  および、 $H_C$  を求めよ。ただし、幅  $B$ 、高さ  $H$  の長方形の重心周りの断面2次モーメントは、 $I_G = BH^3/12$  であることを利用してよい。

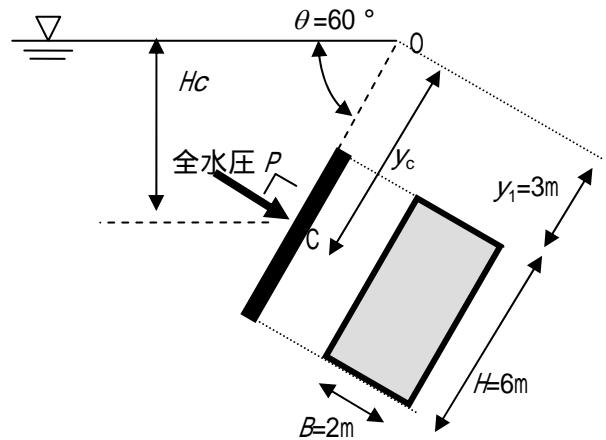


図-2.5

### (3) (長方形、水面まであるパターン)

図-2.6 における、長方形板に作用する、全水圧  $P$  と、作用線の位置  $y_C$  および、 $H_C$  を求めよ。

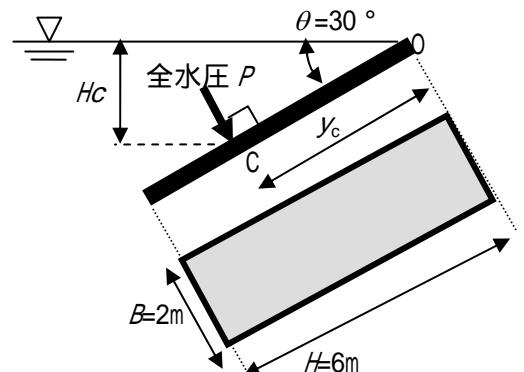


図-2.6

### 水理学演習 問題集(3) 曲面に作用する全水圧

水の密度  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , 重力加速度  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma = \rho g = 9800 \text{ N/m}^3 = 9.8 \text{ kN/m}^3$  とする。  
幅  $b$ , 高さ  $H$  の長方形の重心周りの断面2次モーメントは,  $I_G = bH^3/12$  であることを利用してよい。なお, ここでの「曲面」は, 円筒状の曲面に限定される。

#### 類題3-1 曲面に作用する全水圧

(1)(テンターゲート, 上向き作用, 教科書 p.42 類題)

図-3.1のような, 奥行き  $b=10\text{m}$ , 半径  $R=4\text{m}$ , 中心角  $\theta=60^\circ$  のテンターゲートに作用する, 全水圧  $P$  の大きさとその分圧  $P_x, P_y$ , 作用線の角度  $\beta$ を求めるよ。  
(曲面のゲートにだけ作用する力であることに注意)

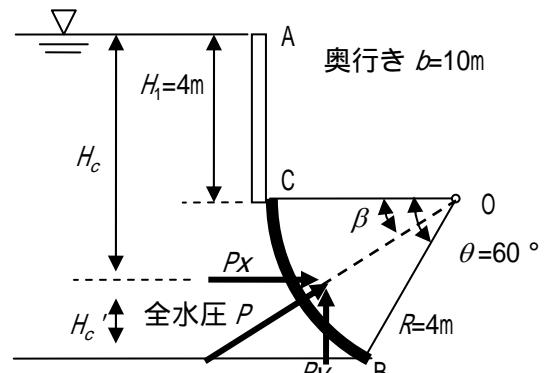


図-3.1

(2)(ローリングゲート)

図-3.2のような, 奥行き  $b=10\text{m}$ , 半径  $R=4\text{m}$  のゲートに作用する, 全水圧  $P$  の大きさと, その分圧  $P_x, P_y$ , 作用線の角度  $\beta$ を求めるよ。

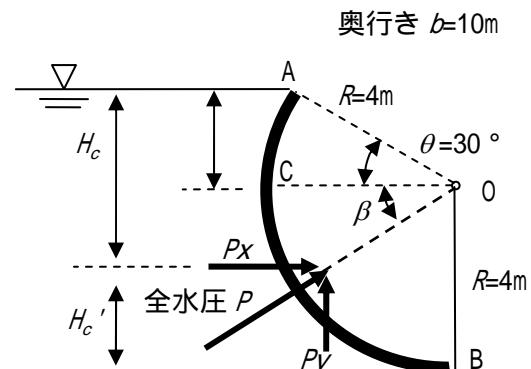


図-3.2

### 問題 3 - 1 曲面に作用する全水圧

(1) (テンターゲート, 下向き作用)

図-3.3 のような, 奥行き  $b=10m$ , 半径  $R=6m$ , 中心角  $\theta=60^\circ$  のテンターゲートに作用する, 全水圧  $P$  の大きさと, その分圧  $P_x, P_y$ , 作用線の角度  $\beta$ を求めよ.

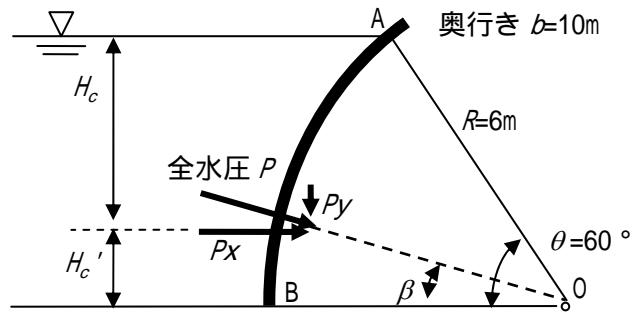


図-3.3

(2) (ローリングゲート, 教科書 p.52 問題 2 の類題)

図-3.4 のような, 奥行き  $b=5m$ , 直径  $4m$  (半径  $R=2m$ ) のローリングゲートに作用する, 全水圧  $P$  の大きさと, その分圧  $P_x, P_y$ , 作用線の角度  $\beta$ を求めよ.

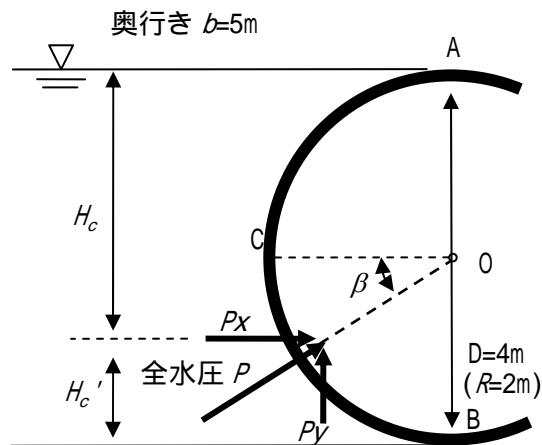


図-3.4

問題 3 - 2 曲面に作用する全水圧(作用位置)

(1)(テンターゲート, 下向き作用)

図-3.5 のような, 奥行き  $b=10m$ , 半径  $R=6m$ , 中心角  $\theta=60^\circ$  のテンターゲートに作用する, 全水圧  $P$  の大きさと, その分圧  $P_x, P_y$ , 作用線の角度  $\beta$ を求めよ.

また, その作用位置  $H_c'$ および  $a$ を求めるよ.

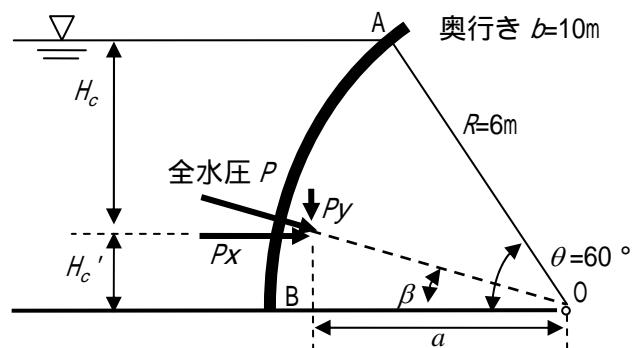


図-3.5

(2)(ローリングゲート, 教科書 p.52 問題 2 の類題)

図-3.6 のような, 奥行き  $b=5m$ , 直径  $4m$ (半径  $R=2m$ )のローリングゲートに作用する, 全水圧  $P$  の大きさと, その分圧  $P_x, P_y$ , 作用線の角度  $\beta$ を求めよ.

また, その作用位置  $H_c'$ および  $a$ を求めるよ.

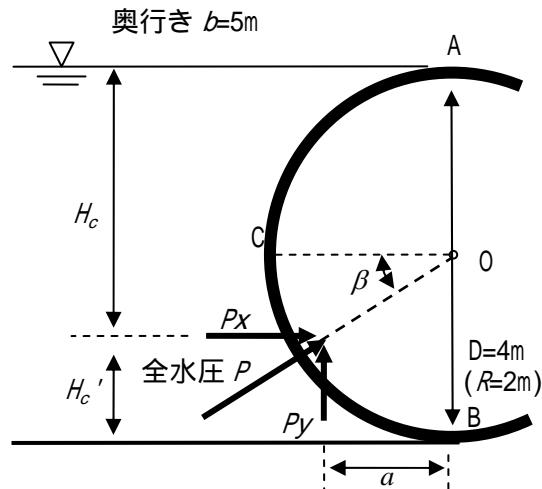


図-3.6

## 水理学演習 問題集(4) 連続式と流れの分類

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$ , 重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$  とする.

### 類題4-1 連続式

(1本の管路の流れ, 教科書 p.63 No.3 類題)

図-4.1 のように, 流管に流れている水の流量を  $Q$  とする.  
断面 および断面 での平均流速と内径は, それぞれ,  
 $v_1, D_1$  および  $v_2, D_2$  とする.

$D_1=20\text{cm}$ ,  $D_2=10\text{cm}$  として, 以下の問い合わせに答えよ.

- (1) 流量  $Q=5\text{l/s}$  の時の流速  $v_1$  および  $v_2$  を求めよ.
- (2) 流速  $v_1=1.0\text{m/s}$  のときの流量  $Q$  および  $v_2$  を求めよ.

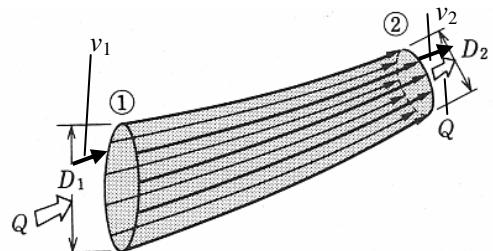


図-4.1

### 類題4-2 連続式(分岐水路の流れ)

図-4.2 のように分岐している水路がある. 図の様に, から の断面において, 流量  $Q_1 \sim Q_3$ , 内径  $D_1 \sim D_3$ , 平均流速  $v_1 \sim v_3$  とそれぞれ定義する.

$D_1=4\text{m}$ ,  $D_2=2\text{m}$ ,  $D_3=1\text{m}$  として, 以下の問い合わせに答えよ.

- (1)  $v_1=2\text{m/s}$ ,  $v_2=1\text{m/s}$ , 時の, 流量  $Q_1 \sim Q_3$  および, 流速  $v_3$  を求めよ.
- (2)  $Q_1=12\text{m}^3/\text{s}$ ,  $v_2=1.0\text{m}^3/\text{s}$  の時の, 流量  $Q_3$  を求めよ.

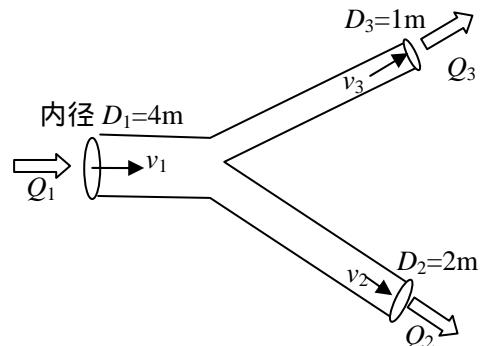


図-4.2

### 類題4-3 タンクの水位低下と流量(おふろ問題)

図-4.3 のように, 面積  $A_1=10\text{m}^2$  のタンクから, 内径  $D_2=0.1\text{m}$  の管に流れている. 以下の問い合わせに答えよ.

- (1) このタンクの水位低下速度  $-dh/dt=v_1$  が,  $0.01\text{m/s}$  のとき, 管を流れる流量  $Q$  と, その流速  $v_2$  を求めよ.
- (2) 管の流速  $v_2$  を  $=1.0\text{m/s}$  のときのタンクの水位低下速度  $v_1$  を求めよ.

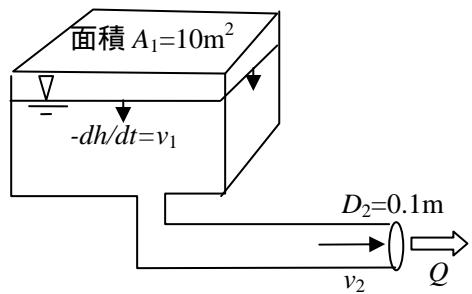


図-4.3

### 類題4-4 流れの分類(層流・乱流)

内径  $D=4\text{cm}$  の円管がある. その層流・乱流の流れの分類について, 以下の問い合わせに答えよ. ただし, 水の動粘性係数  $\nu$  (ニュードル)= $1.0 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}=1.0 \times 10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$  とせよ.

- (1) 流量  $Q=50\text{cm}^3/\text{s}$  のときの流れは層流か乱流か?
- (2) 流量  $Q=0.2\text{l/s}$  のときの流れは層流か乱流か?

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$ , 重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$  とする.

#### 問題4-1 連続式

(1本の管路の流れ, 教科書 p.63No.3 類題)

図-4.4 のような, 流管に流れている水の流量を  $Q$  とする.  
断面 および断面 での平均流速と内径は, それぞれ,  
 $v_1, D_1$  および  $v_2, D_2$  とする.

$D_1=0.3\text{m}, D_2=0.1\text{m}$  として, 以下の問い合わせに答えよ.

- (1) 流量  $Q=50\text{l/s}$  の時の流速  $v_1$  および  $v_2$  を求めよ.
- (2) 入り口の流速  $v_1=2.0\text{m/s}$  のときの流量  $Q$  および断面  
の流速  $v_2$  を求めよ.

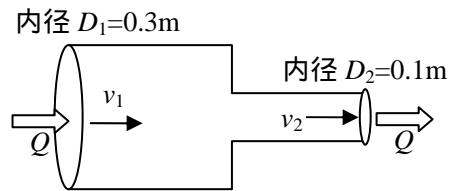


図-4.4

#### 問題4-2 連続式(分岐水路の流れ)

図-4.5 のように合流している水路がある. 図の様に,  
から の断面において, 流量  $Q_1 \sim Q_3$ , 内径  $D_1 \sim D_3$ , 平  
均流速  $v_1 \sim v_3$  とそれぞれ定義する.

$D_1=2\text{m}, D_2=4\text{m}, D_3=8\text{m}$  とし,  $v_1=2\text{m/s}, v_2=1\text{m/s}$  の時の,  
流量  $Q_1 \sim Q_3$  および, 流速  $v_3$  を求めよ.

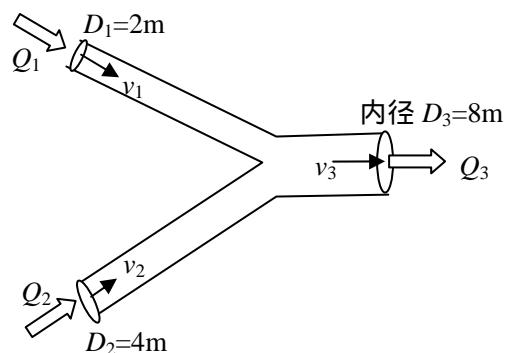


図-4.5

#### 問題4-3 タンクの水位低下・上昇と流量

図-4.6 のように, 面積  $A_1=20\text{m}^2$  のタンク から, 面積  
 $A_1=4\text{m}^2$  のタンク へ, 内径  $D_3=0.2\text{m}$  の管を通じて流れ  
ている. 以下の問い合わせに答えよ.

- (1) タンク の水位低下速度  $-dh/dt=v_1$  が  $0.01\text{m/s}$  のとき,  
管を流れる流量  $Q$  と, 管の流速  $v_3$  を求めよ.
- (2) (1)において, 下流タンク の水位上昇速度  $v_2$  を求  
めよ.

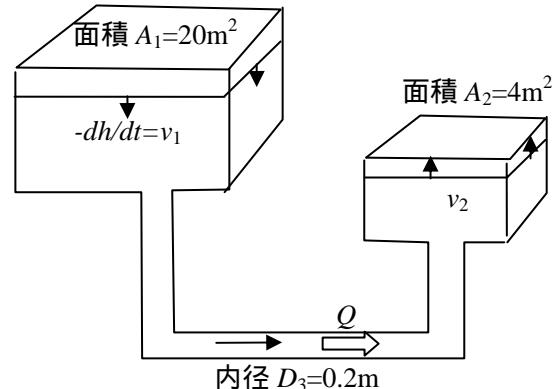


図-4.6

#### 問題4-4 流れの分類(層流・乱流)

内径  $D=1\text{cm}$  の円管がある. その層流・乱流の流れの分  
類について, 以下の問い合わせに答えよ. ただし, 水の動粘性  
係数  $\nu(\text{ニュートン})=1.0 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}=1.0 \times 10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$  とせよ.

- (1) 流量  $Q=50\text{cm}^3/\text{s}$  のときの流れは層流か乱流か?
- (2) 限界レイノルズ数となるとき, つまり層流と乱流の限  
界となるときの, 流量  $Q$  を求めよ. (ヒント:  $\text{Re}=2000$   
のときの平均流速  $v$  を求める)

## 水理学演習 問題集(5) ベルヌイの式(損失なし)

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$ , 重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$  とする。

### 類題5-1 ベルヌイの式の基礎

今, 断面積  $A=0.1\text{m}^2$  の管に水が流れている。以下の問いに答えよ。

- (1) 流量  $Q=5\text{l/s}$  の時の速度水頭を求めよ。
- (2) 速度水頭が  $5\text{cm}=0.05\text{m}$  の時の速度と流量を求めよ。

### 類題5-2 ベルヌイの式の基礎(損失なし)

図-5.1について、以下の問いに答えよ。但し、エネルギー損失は考えない。

- (1) エネルギー損失がない場合、タンクから管にかけて、どこでも全水頭は一定である。全水頭  $E$  はいくらか？
- (2) 管内の流速と流量はいくらか？
- (3) 地点 B での圧力水頭はいくらか？
- (4) 地点 B での圧力はいくらか？(単位付き)
- (5) 図-5.1を描き、全水頭線、動水勾配線を描け。

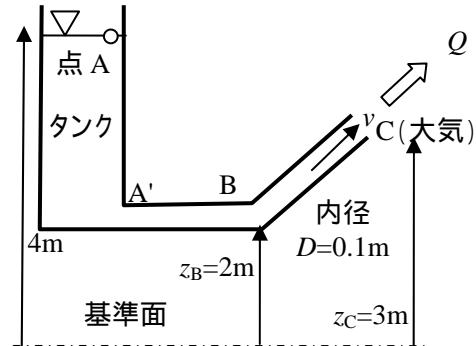


図-5.1

### 類題5-3 ベルヌイの式の基礎(損失なし)

図-5.2の様に、管の断面 および にそれぞれマノメータが付いている。各断面の内径は、 $D_1=0.2\text{m}$  および  $D_2=0.1\text{m}$  で、 $z_1=3\text{m}$ ,  $z_2=2\text{m}$  である。

における、管中心からのマノメータ水位  $h_1=2\text{m}$ , 流量  $Q=0.01\text{m}^3/\text{s}$  の時について、断面 におけるマノメータの管中心からの水位  $h_2$  と、両断面の流速  $v_1, v_2$  を、それぞれ求めよ。但しエネルギー損失は考えない。

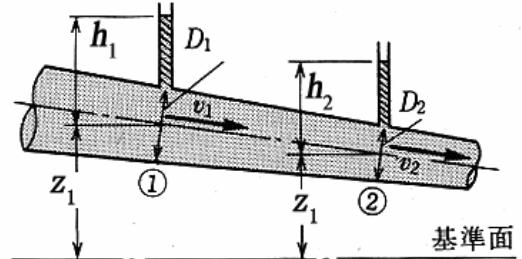


図-5.2

### 類題5-4 ベンチュリーメータ(損失なし)

図-5.4の様な、水銀(比重  $s=13.6$ )を用いたベンチュリーメータがある。

- (1) 流量と  $H'$  の関係を求めよ。(補正係数は考えなくて良い。  
まず、側圧管の方法により および での圧力と  $H'$  の関係を、ベルヌイの定理から圧力差と流量の関係を求めよ)

(2)  $D_1=0.3\text{m}$ ,  $D_2=0.15\text{m}$ ,  $H'=0.1\text{m}$  の時の流量  $Q$  を求めよ。

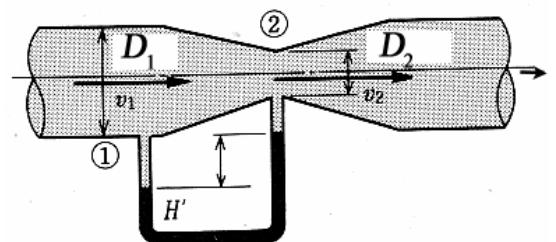


図-5.3

水の密度  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , 重力加速度  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma = \rho g = 9800 \text{ N/m}^3 = 9.8 \text{ kN/m}^3$  とする.

### 問題 5 - 1 ベルヌイの式の基礎

今, 図-5.4 のように, タンクから断面積  $A=0.01 \text{ m}^2$  の管に水が流れている. エネルギー損失を無視し, 以下の問いに答えよ.

- (1) B 点の管からのマノメータの水位  $h$  が 1m の時, 管の流速および流量はいくらか?
- (2) 流量  $Q=0.02 \text{ m}^3/\text{s}$  の時,  $h$  はいくらか?

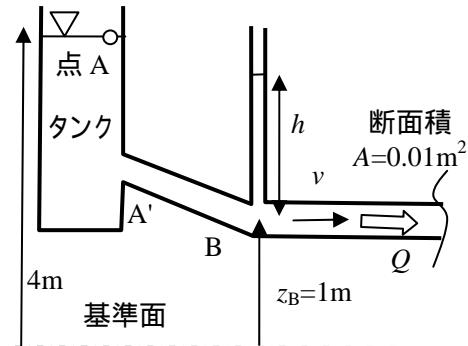


図-5.4

### 問題 5 - 2 ベルヌイの式の基礎(損失なし)

図-5.5について, 以下の問いに答えよ. 但し, エネルギー損失は考えない.

- (1) エネルギー損失がない場合, タンクから管にかけて, どこでも全水頭は一定である. 全水頭  $E$  はいくらか?
- (2) 管内の流速と流量はいくらか?
- (3) 地点 B での圧力水頭はいくらか?
- (4) 地点 B での圧力はいくらか? (単位付き)
- (4) 図-5.5 を描き, 全水頭線, 動水勾配線を描け.

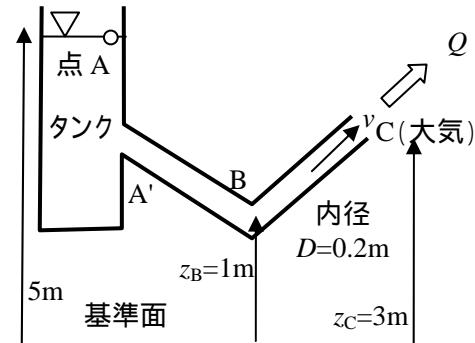


図-5.5

### 問題 5 - 3 ベルヌイの式の基礎(損失なし)

図-5.6の様に, 管の断面 および にそれぞれマノメータが付いている. 各断面の内径は,  $D_1=0.4 \text{ m}$  および  $D_2=0.2 \text{ m}$  であり, 管の基準面からの高さは  $z_1=4 \text{ m}$ ,  $z_2=2 \text{ m}$  である.

断面 でのマノメータの水位  $h_2=2 \text{ m}$  で, 流量  $Q=0.04 \text{ m}^3/\text{s}$  の時, 全水頭  $E$  はいくらか, また, 断面 でのマノメータの水位  $h_1$  と流速  $v_1$  を求めよ. 但しエネルギー損失は考えない.

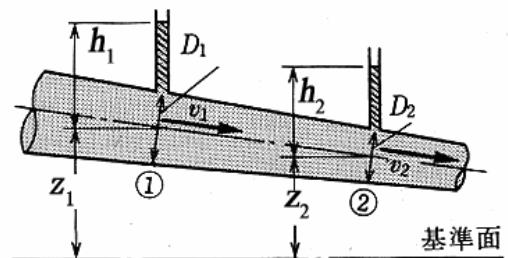


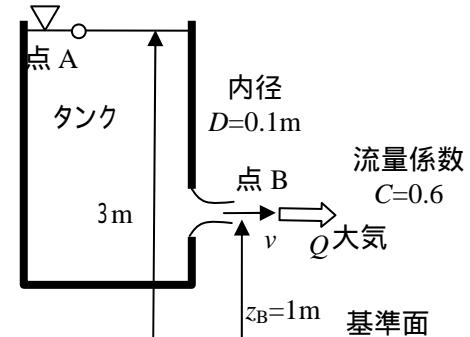
図-5.6

## 水理学演習 問題集(6) ベルヌイの式(損失なし その2)

水の密度  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , 重力加速度  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma = \rho g = 9800 \text{ N/m}^3 = 9.8 \text{ kN/m}^3$  とする。

### 類題6-1 オリフィス(ベルヌイ)

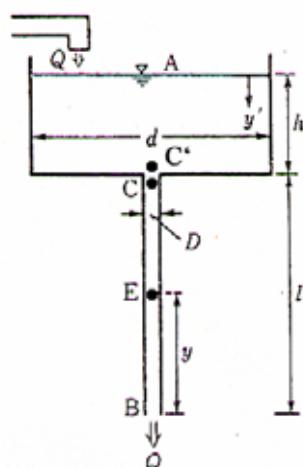
図-6.1 のような、タンクとオリフィスがある。このオリフィスからの流量を求めよ。但し、流量係数  $C=0.6$  とする。



### 類題6-2 ベルヌイの式の基礎(損失なし、鉛直管)

図-6.2 のようなタンクと鉛直な管がつながって水が流れている。 $D=0.1\text{m}$ ,  $h=1\text{m}$ ,  $l=2\text{m}$ ,  $y=1\text{m}$  として、以下の問い合わせに答えよ。タンク内の速度水頭と損失は無視してよい。

- (1) 管内流速および流量を求めよ
- (2) C'点、C点、およびE点の圧力水頭を求めよ。



### 類題6-3 分岐管(損失なし)

図-6.3 のような、水平面上に配置された分岐管があり、分岐後すぐに大気中に放流されている。いま、 $135\text{ l/s}$  の流量が流れているとすると、各管の流量および主管 A の圧力はいくらか？

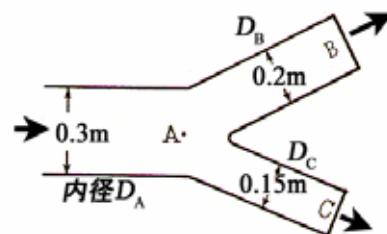


図-6.3

### 類題6-4 ピトー管(教科書 p.67)

図-6.4 のような、ピトー管がある。 $H=0.02\text{m}$  のとき、流速  $v$  はいくらか？ 補正係数  $C=1.0$  とせよ。

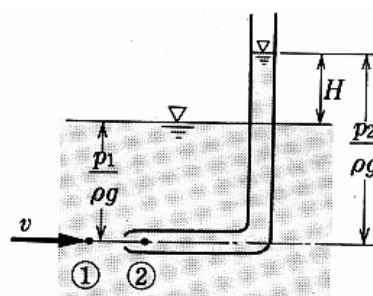


図-6.4

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$  , 重力加速度  $g = 9.8\text{m/s}^2$  , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g = 9800\text{N/m}^3 = 9.8\text{kN/m}^3$  とする .

#### 問題 6 - 1 ベンチュリーメータ（損失なし）

図-6.5 の様な , 水銀(比重  $s=13.6$ )を用いたベンチュリーメータがある .

$D_1=0.3\text{m}$  ,  $D_2=0.15\text{m}$  ,  $H=0.05\text{m}$  の時の流量  $Q$  を求めよ . 公式を用いて良い . また , 流量係数  $C=1.0$  とせよ .

#### 問題 6 - 2 テンターゲート（ベルヌイ）

図-6.6 のような , 奥行き  $B=10\text{m}$  のテンターゲートがある . いま ,  $H_1=2.6\text{m}$  ,  $H_2=2.2\text{m}$  ,  $H=(H_1+H_2)/2$  であるとき , このゲートからの流量を求めよ . 小型オリフィス公式を用いるものとし , 流量係数  $C=0.6$  とする .

(ヒント:断面積は長方形 , 出口流速はベルヌイ式から求める)

#### 問題 6 - 3 ベルヌイの式の基礎（損失なし , 鉛直管）

図-6.7 のようにタンクと鉛直な管がつながって水が流れている . 流量  $Q=0.15\text{m}^3/\text{s}$  ,  $D=0.15\text{m}$  ,  $l=3\text{m}$  の時の , 管内流速  $v$  , タンク水深  $h$  および C 点の圧力  $p_C$  を求めよ . タンク内の速度水頭と損失は無視してよい .

(ヒント:まず連続式から点 B の流速を求め , 点 A と B の間でベルヌイ式をたて ,  $h$  を求めよ)

#### 問題 6 - 4 分岐管（損失なし）

図-6.8 のような分岐管で , 上流側の断面 A , 下流側の断面 B,C の諸量について , 表のようにわかっているとき , 断面 B の圧力はいくらか ? エネルギー損失はないものとする .

(ヒント:A から全水頭  $E$  を求め , ベルヌイ式から  $v_c$  を求め , 連続式から  $v_B$  を求め , 最後に  $p_B/\rho g$  を求める .

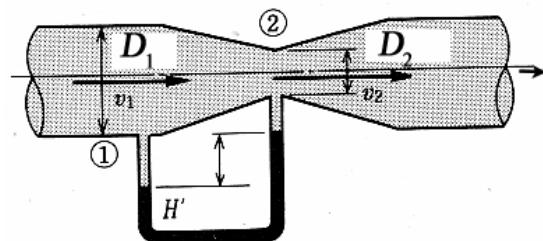


図-6.5

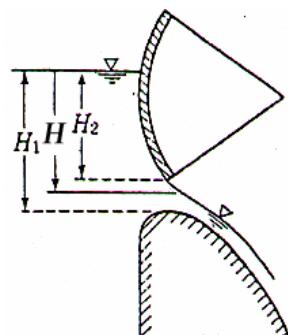


図-6.6

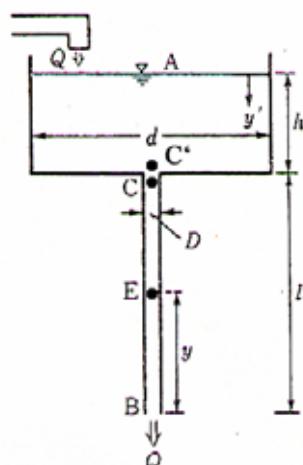


図-6.7

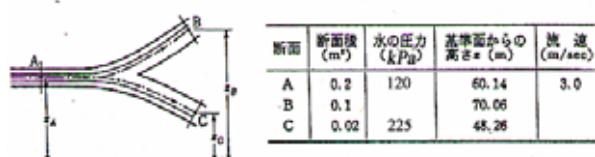


図-6.8

## 水理学演習 問題集(7) ベルヌイの式(管路, 損失あり, 管径一定)

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$ , 重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$  とする。(出口損失はいつも  $f_o=1$  である)

### 類題 7 - 1

図-7.1 のような, 2つのタンク A および G につながれた, 管径一定の管路がある。

摩擦損失係数  $f=0.02$ ,

管径  $D=1.2\text{m}$ ,

流入損失係数(入り口損失係数)  $f_e=0.5$ ,

バルブ(弁)の損失係数  $f_v=0.1$ ,

曲がり(屈折)損失係数をそれぞれの  $f_b=0.18$ ,

および

流出(出口)損失係数  $f_o=1$ ,

とする。タンク A の水位  $H_A=15\text{m}$  の時, 以下の問いに答えよ。

(1) 流量  $2.5\text{m}^3/\text{s}$  の水を送るには, タンク G の水位  $H_G$  を基準面からいくらにとればよいか?

(2) タンク A, タンク G の間の水位差  $H=2\text{m}$  のときに管を流れる流量  $Q$  を求めよ。

(3) (2)において, 管路の全長のうちの中間点 K が点 C と点 F の間にあり, その基準面からの高さは  $z_K=5\text{m}$  であった。この点 C での圧力水頭はいくらか? またその圧力  $p_K$  を  $\text{kPa}$  で表せ。

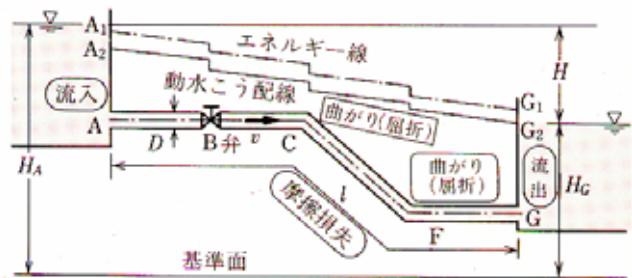


図-7.1

### 類題 7 - 2

図-7.2 のような, 摩擦損失だけの管路がある。以下の問いに答えよ。(曲がりと流入損失(入口損失)は無視すること)

(1) 管内の速度水頭を  $H$  と  $L$  を用いて表せ。次に流量も表せ。管の諸量は数値を代入せよ。

(2) C 点での圧力水頭を  $H$  と  $L$  で表せ。管の諸量は数値を代入せよ。

(3)  $H=12\text{m}$ ,  $L=2\text{m}$  の時の, 速度水頭, 管内流速, 流量, C 点での圧力水頭および圧力を数値で求めよ。

(4) いま, 出口の高さ  $L$  を変更できるものとし, C 点での圧力が負とならないときの  $L$  の条件を求めよ。

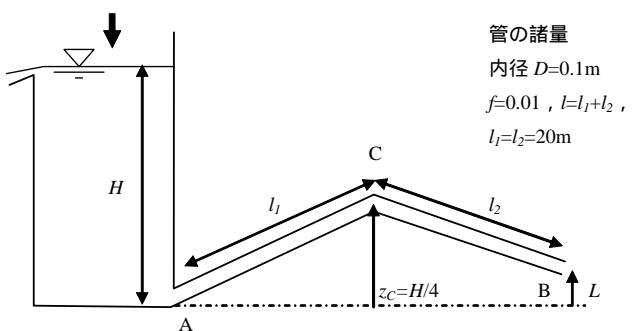


図-7.2

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$ , 重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$  とする。(出口損失はいつも  $f_o=1$  である)

### 問題 7 - 1

図-7.3 の様な、管径一定の管路がある。タンク A の水位  $H_A=10\text{m}$ , 管径  $D=1.0\text{m}$ , 管の全長は  $200\text{m}$  である。摩擦損失係数  $f=0.02$ , 流入損失係数(入り口損失係数)  $f_e=0.5$ , バルブ(弁)の損失係数  $f_v=0.1$  および流出(出口)損失に配慮し, 曲がり(屈折)の損失を無視し, 以下の問い合わせに答えよ。

- (1) タンク A, タンク G の間の水位差  $H=2\text{m}$  のときに管を流れる流量  $Q$  を求めよ。
- (2) (1)において, 管路の全長のうちの中間点 K が点 C と点 F の間にあり, その基準面からの高さは  $z_K=2\text{m}$  であった。この点での圧力水頭はいくらか? また, その圧力  $p_K$  を kPa で表せ。
- (3) (1)とは別に, 流量  $Q=1.0\text{m}^3/\text{s}$  の水を送るには, 基準面からのタンク G の水位  $H_G$  をいくらにとればよいか?

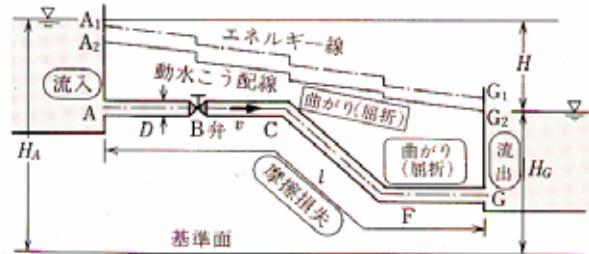


図-7.3

### 問題 7 - 2

図-7.4 のような, 単純な管路がある。摩擦損失係数および流出(出口)損失にのみ配慮し, 流量  $Q$  または水位差  $H$  が未知であるとして, 以下の問い合わせに答えよ。

- (1) タンク間で損失水頭を含むベルヌイ式を立て, (a) 管内の速度水頭と流量を, 記号を用いて表せ。次に, (b)諸量の数値を代入し, 速度水頭が  $H$  に比例することを確認せよ。
- (2) いま,  $z_C$  が予め与えられ,  $H$  だけが変更できるものとする。C 点での圧力が負とならないとき(つまりゼロの時)の  $H$  と  $z_C$  の関係を示せ。なお(1)(b)の結果を利用すること。(ヒント: まず, C 点での圧力水頭を  $H$  と  $z_C$  で表せ。)
- (3)  $H=10\text{m}$ ,  $z_C=2\text{m}$  の時の, 管内流量  $Q$  と, C 点での圧力(単位 kPa)を数値で求めよ。

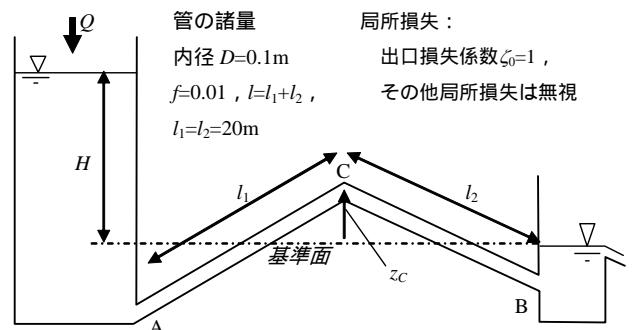


図-7.4

### 問題 7 - 3

図-7.5 のようなタンクと管路がある。以下の問い合わせに答えよ。

- (1) この管路を流れる流量を示せ。ただし, 損失は摩擦損失と出口損失のみを考え, 出口損失係数  $\zeta_o=1$ , 摩擦損失係数を  $f$  とする。管の内径は  $D$  とし,  $l_1, l_2$  は管の長さを表し,  $fl_1/D=1, fl_2/D=2$  であるとする。
- (2) C 点での全水頭線, ピエゾ水頭, 圧力水頭を式で表せ。また  $H=3.0\text{m}, L=2.0\text{m}$  の時の C 点での圧力の値を求めよ。
- (3) A 側のタンクの水位  $H$  を自由に変えられる場合, C 点での圧力が負圧(大気圧未満)にならないための,  $H$  の条件を求めよ。

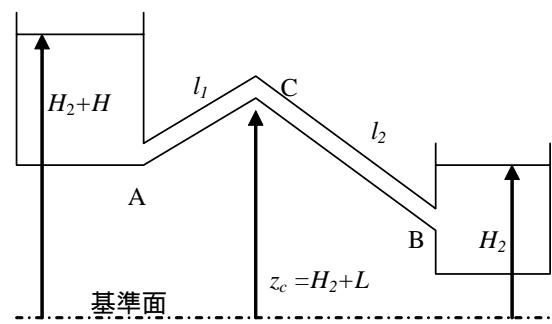


図-7.5

## 水理学演習 問題集(8) ベルヌイの式(管路, 損失あり, 管径変化・大気開放)

水の密度  $\rho=1000\text{kg/m}^3$ , 重力加速度  $g=9.8\text{m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma=\rho g=9800\text{N/m}^3=9.8\text{kN/m}^3$  とする。(出口損失はいつも  $f_o=1$  である)

### 類題 8 - 1

図-8.1 のように、タンクから、入口損失、曲がり損失、摩擦損失のある管路をとおり、大気中へ放出している。以下の問いに答えよ。

- (1) 流量を式で表せ。
- (2)  $H=12\text{m}$ ,  $L=2\text{m}$  のときの流量  $Q$  と速度水頭を求めよ。
- (3) (2)のときの C 点の曲がり後(点  $C_+$ )での圧力水頭および圧力を数値で求めよ。

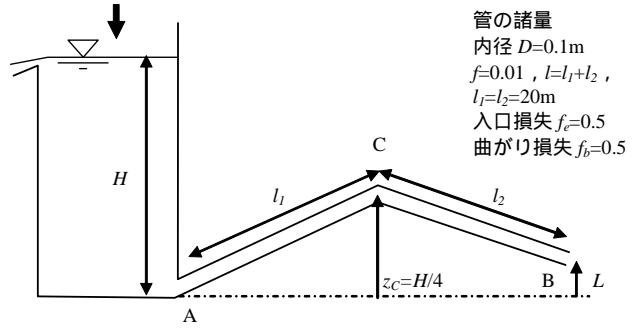


図-8.1

### 類題 8 - 2

図-8.2 のような、管路がある。

摩擦損失係数  $f_1=f_2=0.03$ ,  
管径  $D_1=0.3\text{m}, D_2=0.15\text{m}$ ,  
管長  $l_1=10\text{m}, l_2=10\text{m}$ ,  
流入損失係数(入り口損失係数)  $f_e=0.25$ ,  
曲がり(屈折)損失係数を  $f_b=0.25$ ,  
急縮損失係数  $f_{sc}=0.36$ ,  
バルブ損失係数  $f_v=0.14$ ,  
出口損失  $f_o=1$ ,

点 B ~ F の基準面からの高さ  $z_B=z_F=3\text{m}$ , タンク A の基準面からの水位  $H_A$  を  $7\text{m}$  とする。

とする。以下の問いに答えよ。

- (1) タンク A と B の水位差  $H=2\text{m}$  のときに管を流れる流量  $Q$  と、管 1 および 2 でのそれぞれの速度水頭  $v_1^2/2g$  および  $v_2^2/2g$  を求めよ。
- (2) (1)において、点 C の右側(急縮後、点  $C_+$ )での圧力水頭はいくらか？またその圧力  $p_C$  を kPa で表せ。

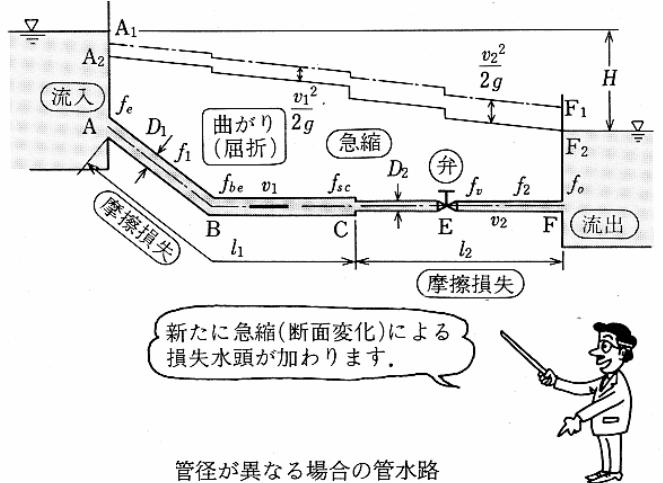


図-8.2

水の密度  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , 重力加速度  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ , 水の単位体積重量  $\gamma = \rho g = 9800 \text{ N/m}^3 = 9.8 \text{ kN/m}^3$  とする。 (出口損失はいつも  $f_o=1$  である)

### 問題 8 - 1

図-8.4 のように、タンク A から、大気に開放された管がある。各諸元は、

摩擦損失係数  $f_1=f_2=0.03$ ,

管径  $D_1=0.3 \text{ m}$ ,  $D_2=0.15 \text{ m}$ ,

管長  $l_1=17 \text{ m}$ ,  $l_2=8 \text{ m}$ ,

流入損失係数(入り口損失係数)  $f_e=0.25$ ,

曲がり(屈折)損失係数を 2 箇所それぞれ  $f_b=0.1$ ,

急縮損失係数  $f_{sc}=0.36$ ,

点 B および F の基準面からの高さ  $z_B=z_F=3 \text{ m}$

とする。ただし、タンク B への出口損失は  $f_o=1$  である。以下の問い合わせに答えよ。

(1) 出口を基準面にとり、タンク A の水位  $H_A=8 \text{ m}$ ,  $H_B=4 \text{ m}$  のときに管を流れる流量 Q, 管 1 および 2 のそれぞれの速度水頭  $v_1^2/2g$  と  $v_2^2/2g$  を求めよ。

(2) (1)において、点 F の右側(急縮後、点  $F_+$ )での圧力水頭はいくらか？またその圧力  $p_F$  を kPa で表せ。

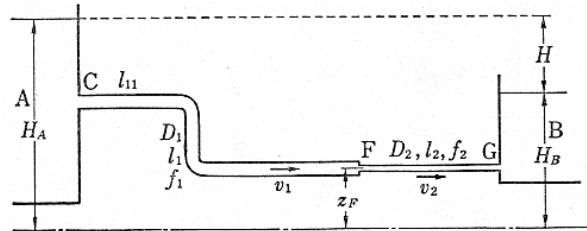


図-8.3

### 問題 8 - 2

図-8.4 のように、タンク A から、大気に開放された管がある。各諸元は、問題 8 - 1 と同じである。

摩擦損失係数  $f_1=f_2=0.03$ ,

管径  $D_1=0.3 \text{ m}$ ,  $D_2=0.15 \text{ m}$ ,

管長  $l_1=17 \text{ m}$ ,  $l_2=8 \text{ m}$ ,

流入損失係数(入り口損失係数)  $f_e=0.25$ ,

曲がり(屈折)損失係数を 2 箇所それぞれ  $f_b=0.1$ ,

急縮損失係数  $f_{sc}=0.36$ ,

点 B および F の基準面からの高さ  $z_B=z_F=3 \text{ m}$

とする。当然出口損失はない。以下の問い合わせに答えよ。

(1) 出口を基準面にとり、タンク A の水位  $H_A=8 \text{ m}$  のときに管を流れる流量 Q および速度水頭  $v_1^2/2g$  と  $v_2^2/2g$  を求めよ。

(2) (1)において、点 F の右側(急縮後、点  $F_+$ )での圧力水頭はいくらか？またその圧力  $p_F$  を kPa で表せ。

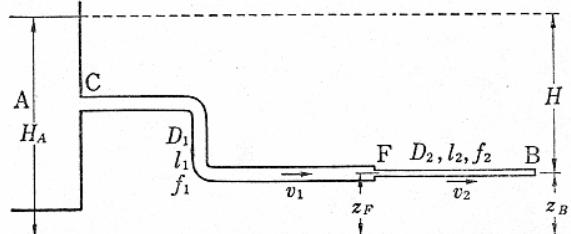


図-8.4

重力加速度  $g = 9.8 \text{m/s}^2$  とする。

### 類題9-1 常流と射流(フルード数Fr)

図-9.1 のように、幅  $B=1.2 \text{m}$  の矩形(長方形)断面の水路に、流量  $Q=1.0 \text{m}^3/\text{s}$  が流れている。以下の問い合わせよ。

- (1) 水深  $H=0.8 \text{m}$  のとき、流れが常流か射流かを判断せよ。  
また、水面形は上流・下流のどちら向きに決まるか？
- (2) (1)の時比エネルギー(河床を基準面とした全水頭)はいくらか？(ヒント:水面での全水頭でよい。)
- (3) この流量の限界水深  $H_c$  と限界流速  $v_c$  を求めよ。  
(限界状態  $Fr=1$  のときの水深と流速を求める。)
- (4) (3)の時の比エネルギーは、限界水深の何倍か？

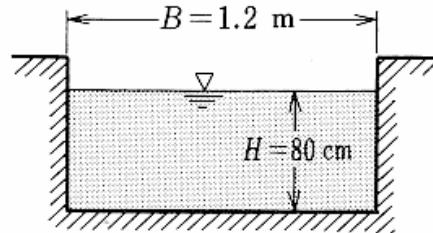


図-9.1

### 類題9-2 等流と抵抗則(Manning則)

図-9.2 のように、一様な長方形断面の水路を、一定の水深  $H=0.8 \text{m}$  で流れている。底面の幅  $B=1.2 \text{m}$ 、水路の勾配  $i_b=1/1000$  で、底面・壁面の粗度係数は  $n=0.015$  である。このときの、平均流速  $v$  と、流量  $Q$  を求めよ。

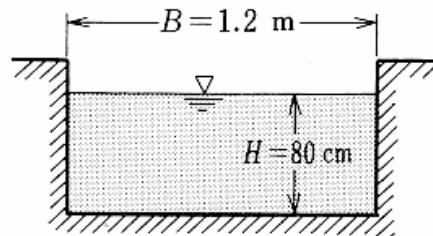


図-9.2

### 類題9-3 等流と抵抗則(Manning則)

図-9.3 のように、左右壁面の勾配が  $1:2$ 、底面の幅  $b=1.7 \text{m}$ 、底面・壁面の粗度係数  $n=0.025$  の、一様な台形断面の水路を、水深  $H=3.5 \text{m}$ 、水面勾配  $I=1/2000$  で流れている。このときの、平均流速  $v$  と、流量  $Q$  を求めよ。(「斜面の勾配  $1:2$ 」とは、鉛直1に対し、水平2の割合の傾きである。)

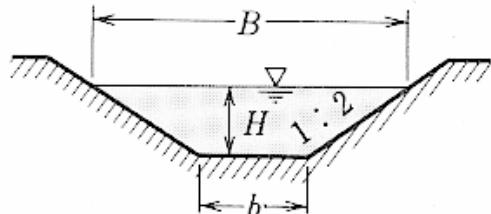


図-9.3

### 類題9-4 複断面水路の流量計算(Manning則)

図-9.4 のような、一様な複断面水路の流量を求めよ。ただし、水面勾配  $I=1/1600$ 、粗度係数は、高水敷(左側の高い部分)では  $n_1=0.035$ 、低水路(右側の低い部分)では  $n_2=0.020$ 、とする。(ヒント:高水敷と低水路に分け、それぞれでの流速・流量を Manning 則から求め、流量を合計する。)

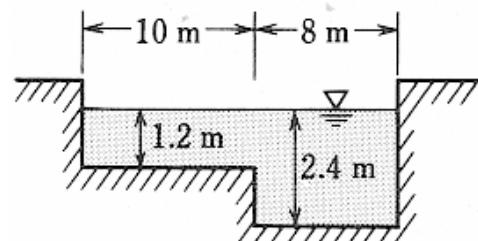


図-9.4

重力加速度  $g = 9.8 \text{m/s}^2$  とする。

### 問題 9 - 1 常流と射流 ( フルード数 $Fr$ )

図-9.5 のように、幅  $B=5.0\text{m}$  の矩形断面水路に、流量  $Q=10.0\text{m}^3/\text{s}$  が流れている。以下の問いに答えよ。

- (1) 水深  $H=1.0\text{m}$  のとき、流れが常流か射流かを判断せよ。  
また、水面形は上流・下流のどちら向きに決まるか？
- (2) (1)の時、比エネルギーはいくらか？
- (3) この流量の限界水深  $H_c$  と限界流速  $v_c$  を求めよ。
- (4) (3)の時の比エネルギーは、限界水深の何倍か？

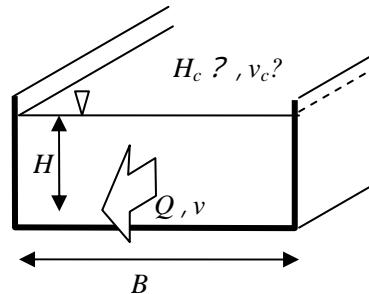


図-9.5

### 問題 9 - 2 等流と抵抗則 ( Manning 則 )

図-9.6のように、一様な長方形断面の水路を、一定の水深で水が流れている。底面の幅  $B=5.0\text{m}$ 、水面勾配  $I=1/1600$  で、底面・壁面の粗度係数は  $n=0.015$ 、水深  $H=2.0\text{m}$  である。このときの、平均流速  $v$  と、流量  $Q$  を求めよ。

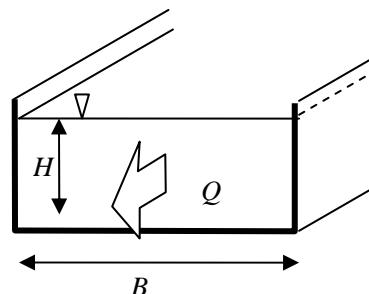


図-9.6

### 問題 9 - 3 等流と抵抗則 ( Manning 則 )

図-9.7 のように、左右壁面が  $45^\circ$  に傾いた、底面の幅  $b=4.0\text{m}$ 、粗度係数  $n=0.020$  の一様な台形断面水路を、水深  $H=2.0\text{m}$ 、水面勾配  $I=1/900$  で流れている。このときの、平均流速  $v$  と、流量  $Q$  を求めよ。

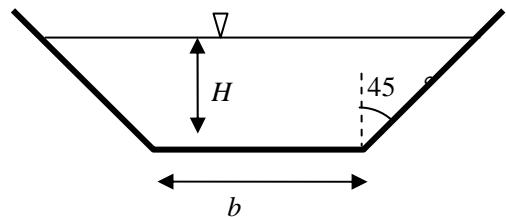


図-9.7

### 問題 9 - 4 複断面水路の流量計算 ( Manning 則 )

図-9.8 のような、一様な複断面水路の流量を求めよ。

ただし、水面勾配  $I=1/1700$  であり、粗度係数は、高水敷(左右の高い部分)では  $n_1=n_3=0.035$ 、低水路(真ん中の低い部分)では  $n_2=0.020$ 、とする。

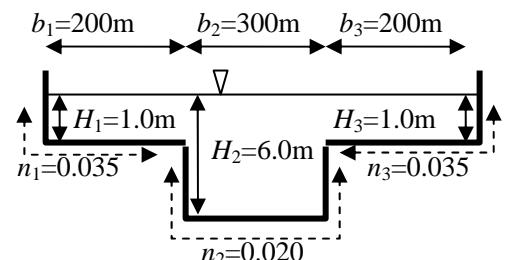


図-9.8