

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, $p_A=0.5\text{kPa}$, $h=0.2\text{m}$, $l=0.05\text{m}$, γ 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, Δh は数値でいくらか?

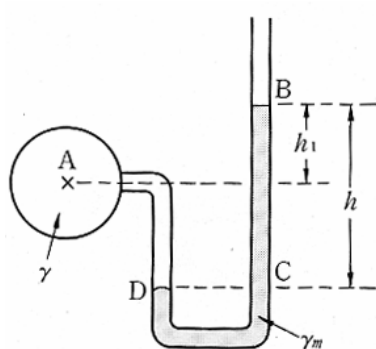


図-1.1

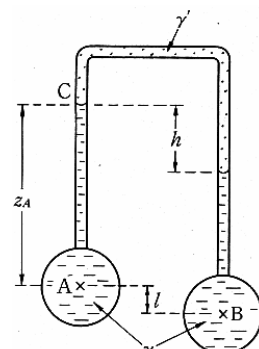


図-1.2

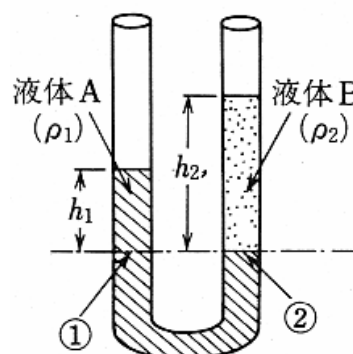


図-1.3

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 Δp の値はいくらか?

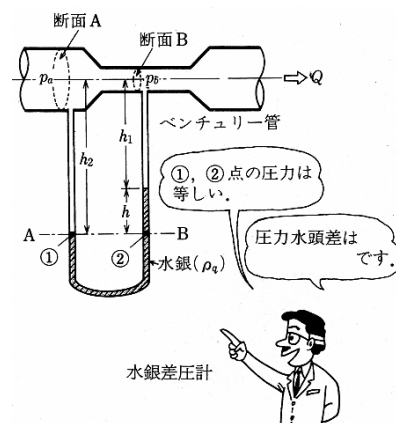


図-1.4

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, $h_1=0.3\text{m}$, $h=0.2\text{m}$ のとき, p_A はいくら(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, Δp の値を求めよ.

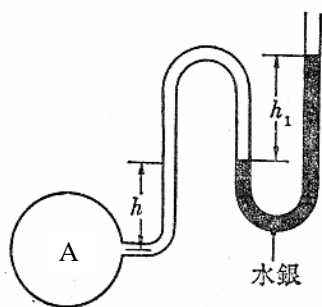


図-1.5

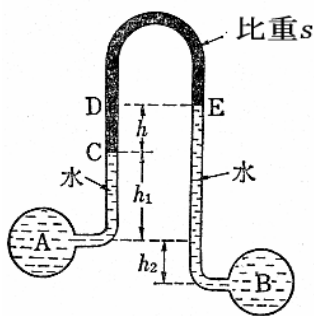


図-1.6

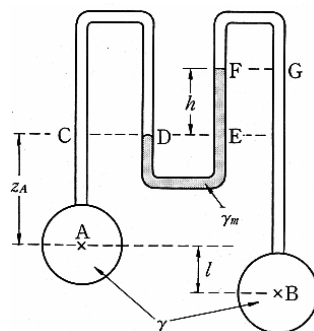


図-1.7

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 Δh 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, Δp はいくらか, 値(と単位)で求めよ.

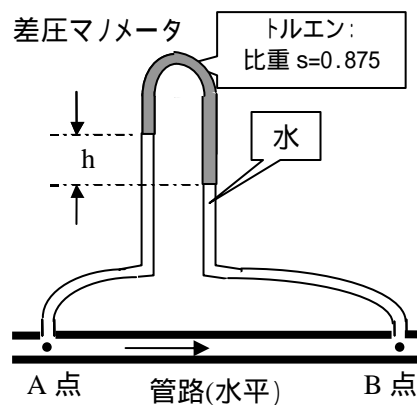


図-1.8

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 .

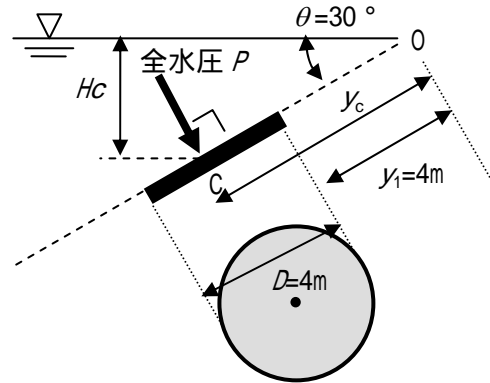


図-2.1

(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 .

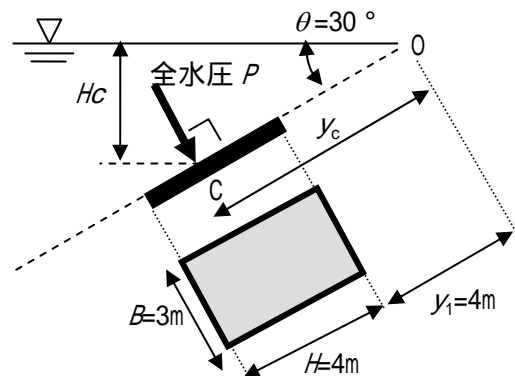


図-2.2

(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 .

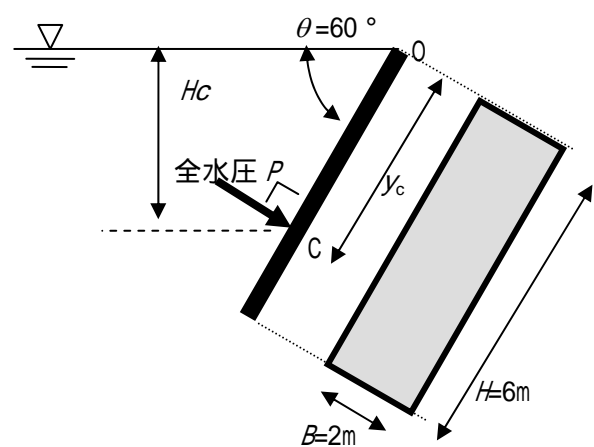


図-2.3

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.

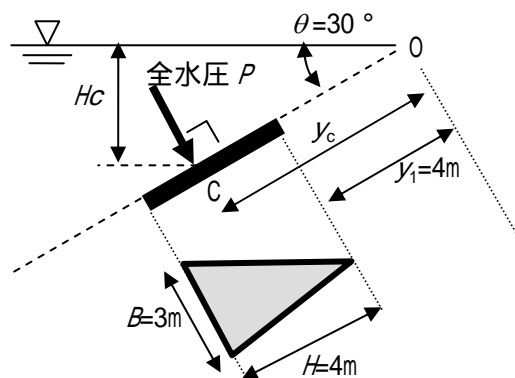


図-2.4

(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.

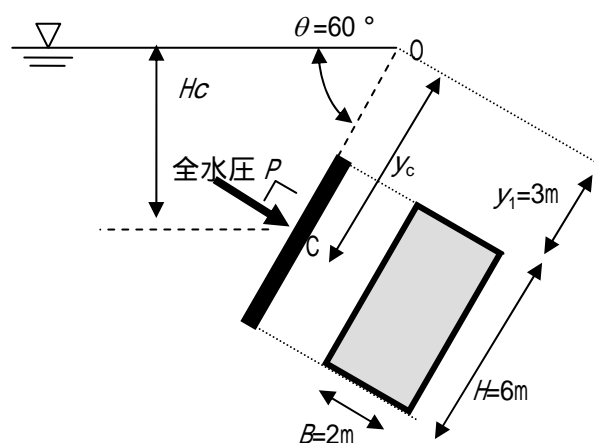


図-2.5

(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.

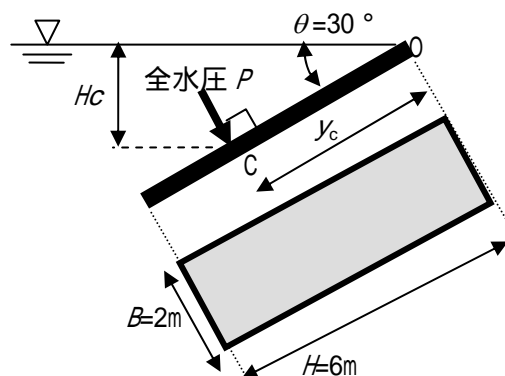


図-2.6

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
 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 β を求めよ.
 (曲面のゲートにだけ作用する力であることに注意)

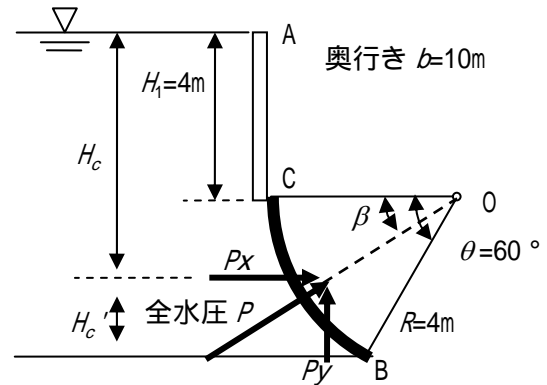


図-3.1

(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 β を求めよ.

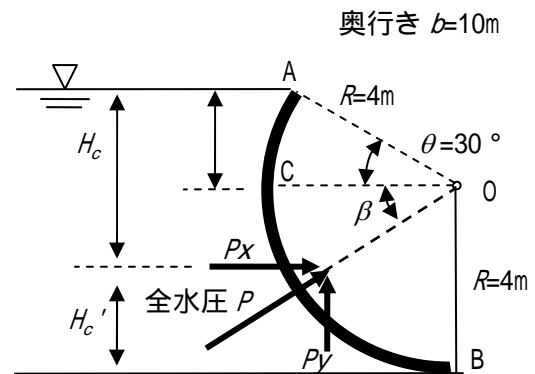


図-3.2

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 $b=10\text{m}$, 半径 $R=6\text{m}$, 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 β を求めよ.

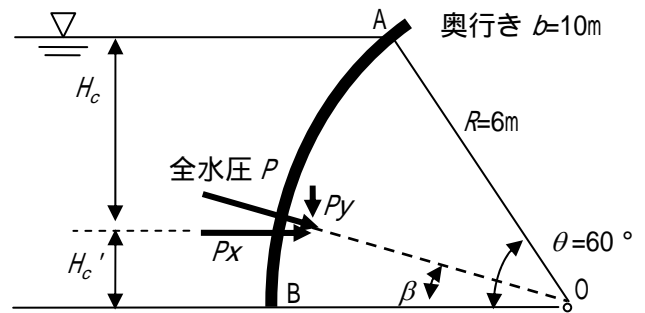


図-3.3

(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 $b=5\text{m}$, 直径 4m (半径 $R=2\text{m}$) 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 β を求めよ.

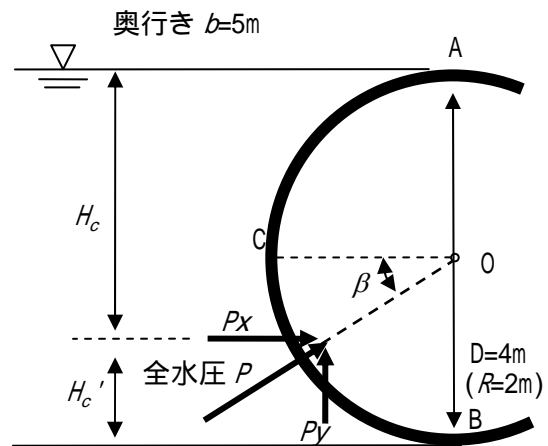


図-3.4

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 $b=10\text{m}$, 半径 $R=6\text{m}$, 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 β を求めよ.

また, その作用位置 H_c' および a を求めよ.

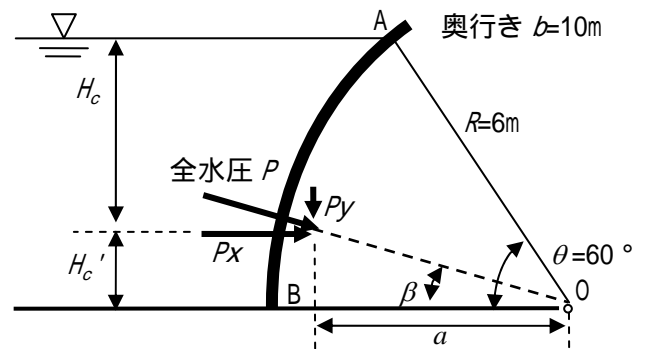


図-3.5

(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 $b=5\text{m}$, 直径 4m (半径 $R=2\text{m}$) 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 β を求めよ.

また, その作用位置 H_c' および a を求めよ.

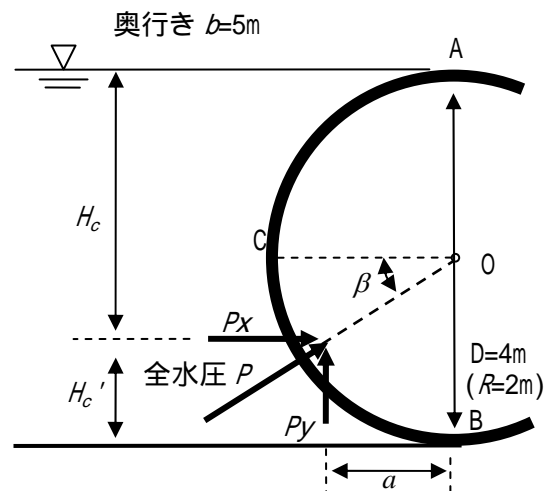


図-3.6

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.63No.3 類題)

図-4.1 のような , 流管に流れている水の流量を Q とする .
断面 ① および断面 ② 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 .

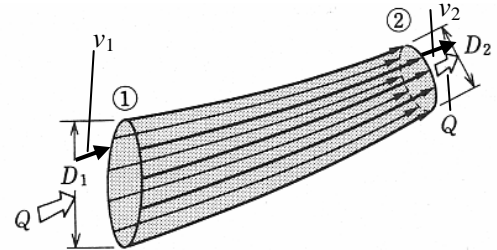


図-4.1

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 .

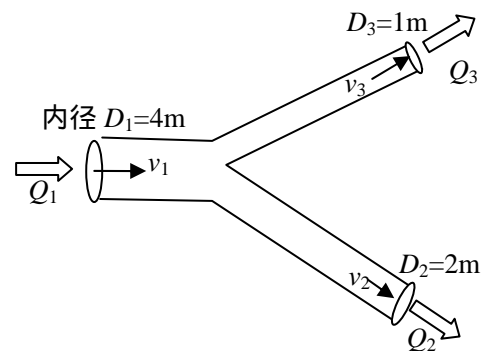


図-4.2

類題 4 - 3 タンクの水位低下と流量 (おふる問題)

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 . 以下の問いに答えよ .

- (1) このタンクの水位低下速度 $-dh/dt=v_1$ が , 0.01m/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 1.0m/s のときのタンクの水位低下速度
 v_1 を求めよ .

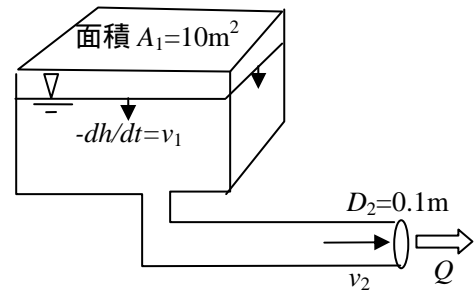


図-4.3

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 , 以下の問いに答えよ . ただし , 水の動粘性係数 ν
(ニュー) $=1.0 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}=1.0 \times 10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$ 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 .

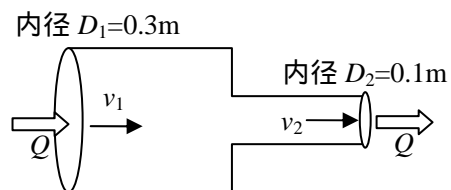


図-4.4

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 .

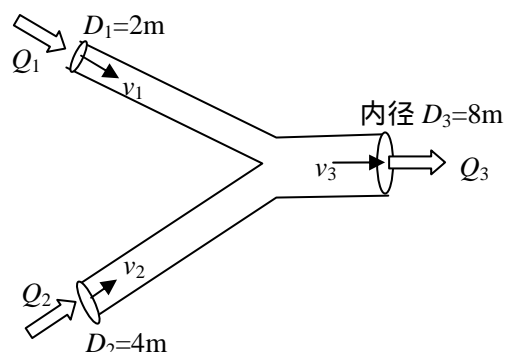


図-4.5

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 . 以下の問いに答えよ .

- (1) タンク の水位低下速度 $-dh/dt=v_1$ が 0.01m/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 .

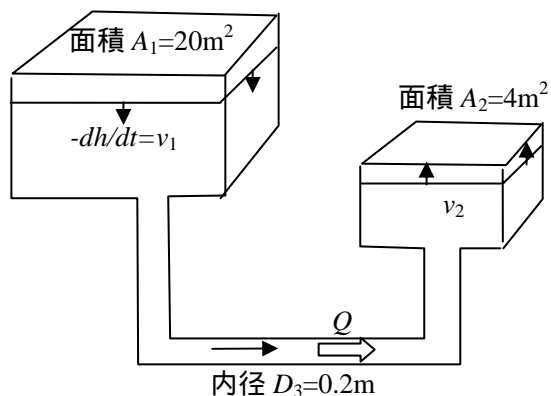


図-4.6

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 , 以下の問いに答えよ . ただし , 水の動粘性係数 $\nu(\text{ニュー})=1.0 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}=1.0 \times 10^{-2}\text{cm}^2/\text{s}$ 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 , 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)
- (4) 図-5.1 を描き, 全水頭線, 動水勾配線を描け.

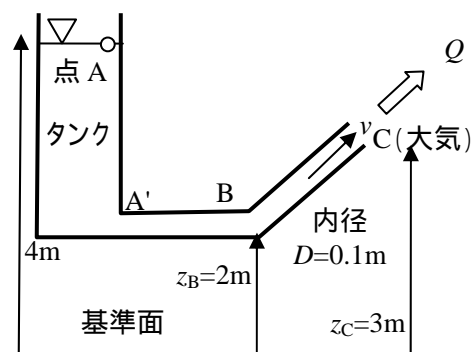


図-5.1

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.

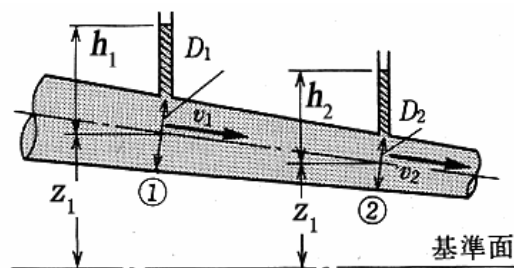


図-5.2

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.

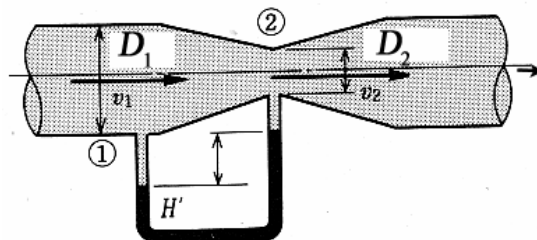


図-5.3

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 ?

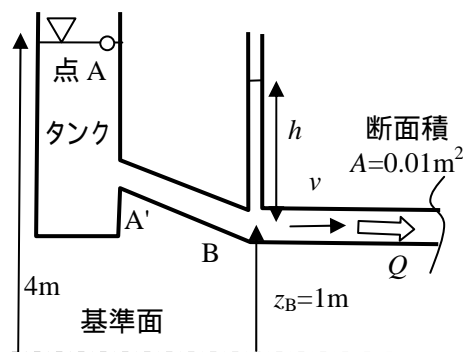


図-5.4

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 .

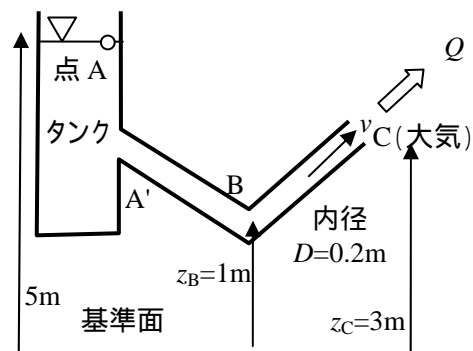


図-5.5

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 ① および ② 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 ② 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 ① 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 .

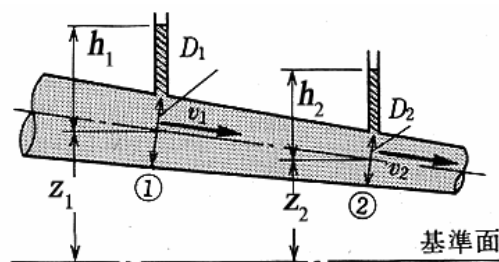


図-5.6

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 .

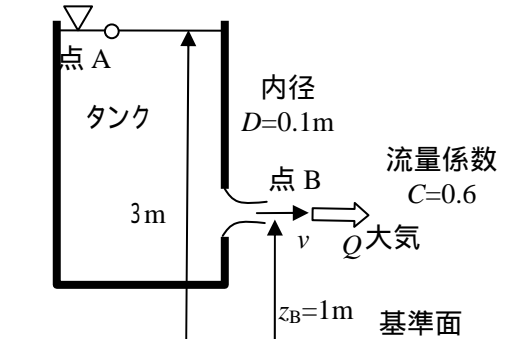


図-6.1

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 .

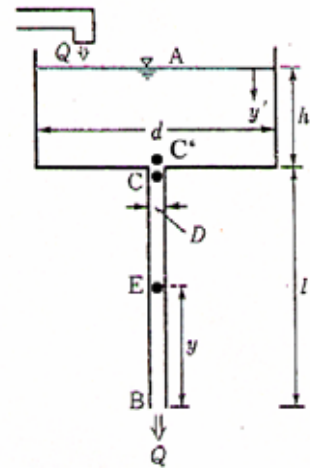


図-6.2

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 , 135l/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 ?

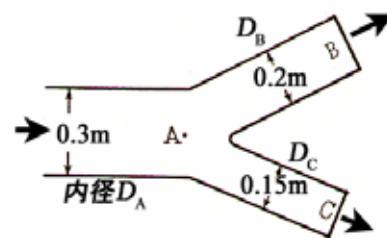


図-6.3

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 .

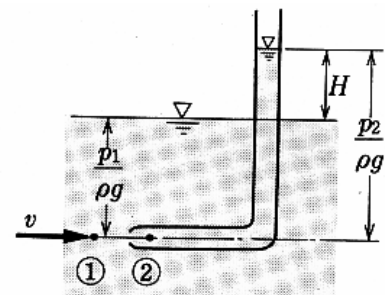


図-6.4

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 , 下流側の顔面 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 .

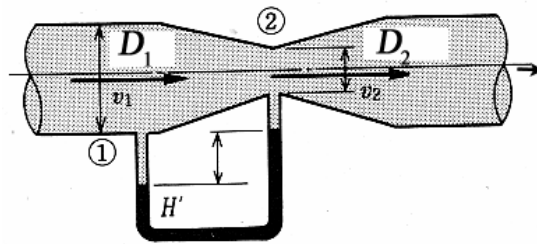


図-6.5

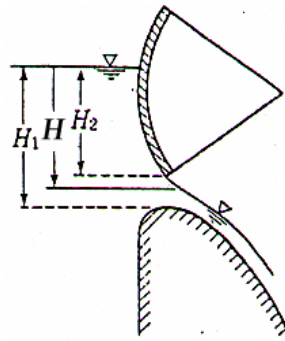


図-6.6

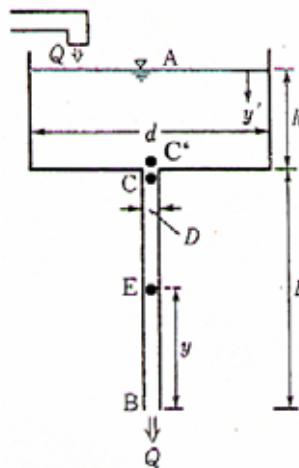


図-6.7



| 断面 | 断面積 (m^2) | 水の圧力 (kPa) | 基準面からの 高さ z (m) | 流 速 (m/sec) |
|----|-------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------------|
| A | 0.2 | 120 | 60.14 | 3.0 |
| B | 0.1 | 70.06 | 70.06 | |
| C | 0.02 | 225 | 48.26 | |

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?
- (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 kPa で表せ.

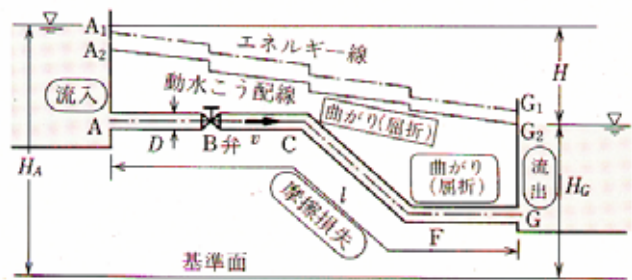


図-7.1

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.

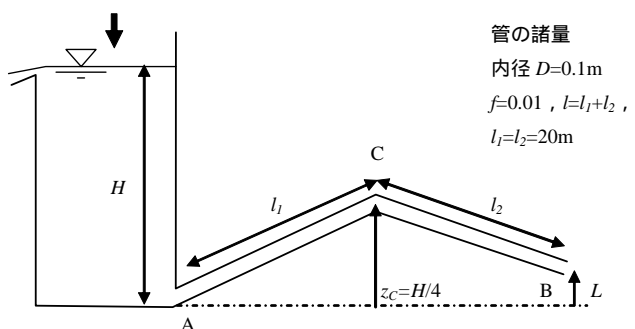


図-7.2

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 $f_0=1$ 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 200m 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 , 以下の問いに答えよ .

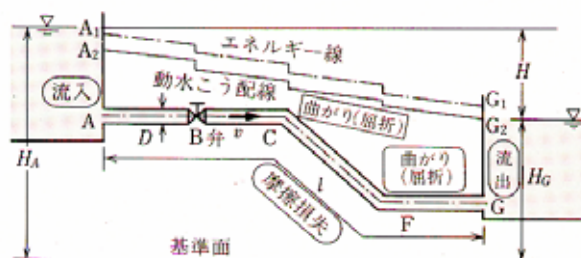


図-7.3

- (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 ?

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 , 以下の問いに答えよ .

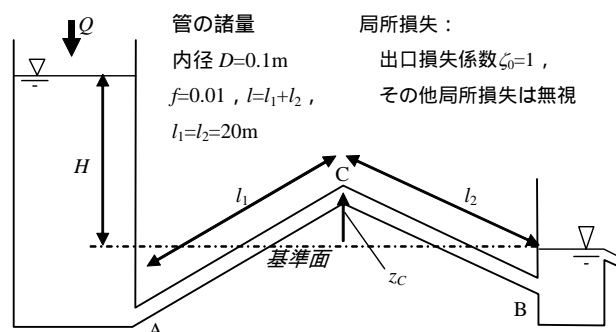


図-7.4

- (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 に比例する事を確認せよ .
- (2) いま , z_C が与えられ , 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 .

問題 7 - 3

図-7.5 のようなタンクと管路がある . 以下の問いに答えよ .

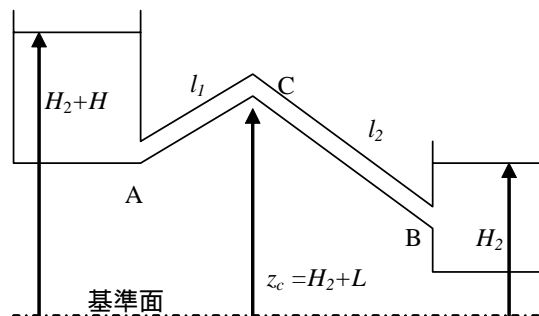


図-7.5

- (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 $\zeta_0=1$, 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 .

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 $f_0=1$ 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。

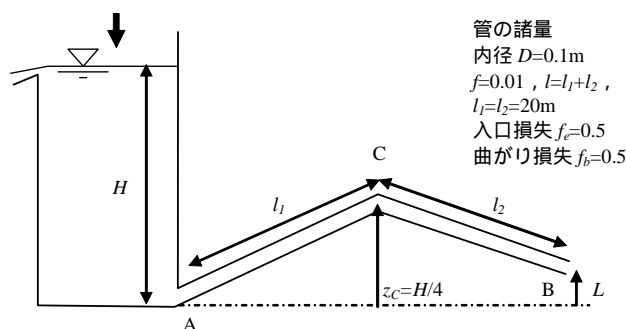


图-8.1

- (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.

類題 8 - 2

図-8.2 のような，管路がある．

摩擦損失係數 $f_1 = f_2 = 0.03$,

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 $f_{sc}=0.14$,

出口損失 $f_0=1$,

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 7m とする .

とする. 以下の問いに答えよ.

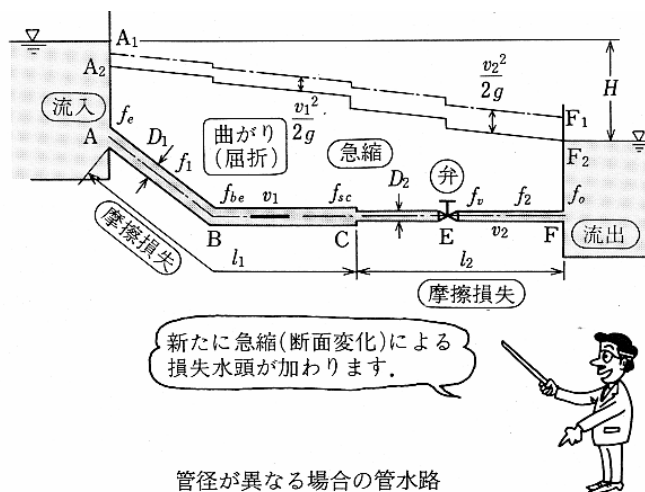


图-8.2

- (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。

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 $f_0=1$ 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 $f_0=1$ である . 以下の問いに答えよ .

- (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 で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 .

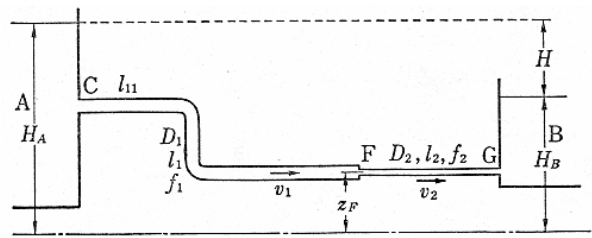


図-8.3

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 .

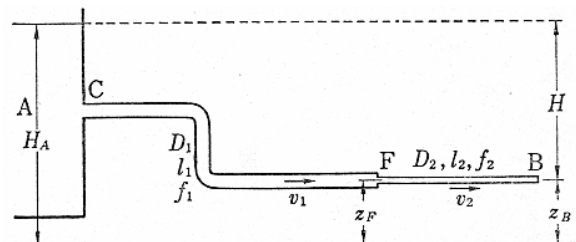


図-8.4

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 . 以下の問いに答えよ .

- (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)の時の比エネルギー (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 ?

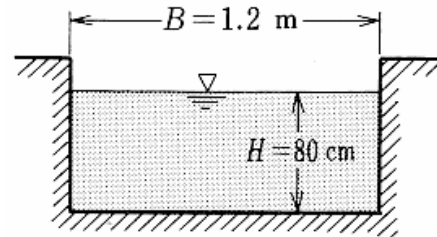


図-9.1

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 .

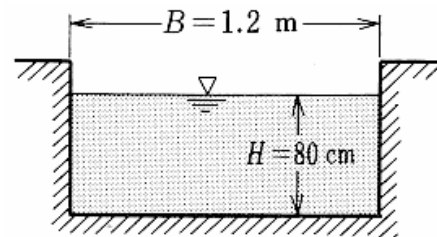


図-9.2

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 .)

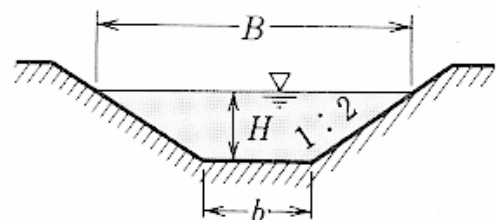


図-9.3

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 .)

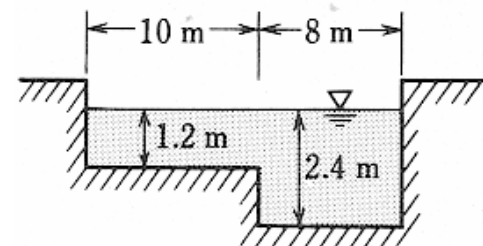


図-9.4

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?

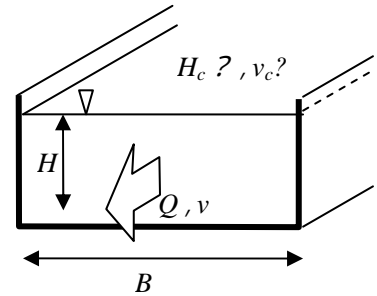


図-9.5

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。

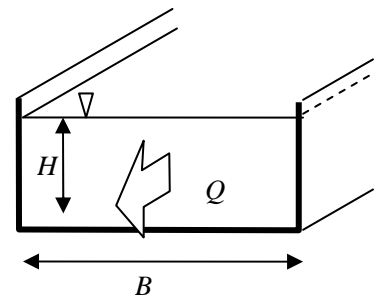


図-9.6

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° 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。

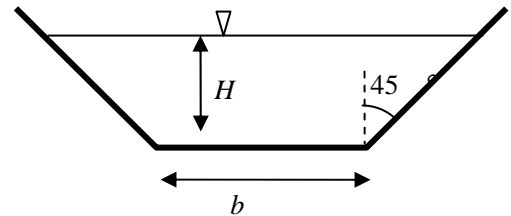


図-9.7

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。

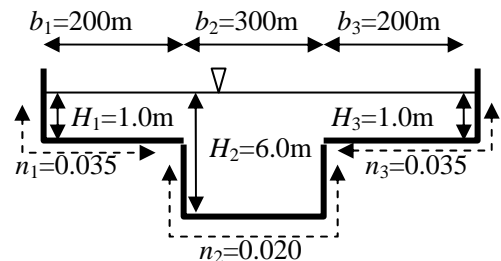


図-9.8