

科目 20. 水理学〔No. 20〕

本科目の選択者は、科目 15 (流体力学〔機械系〕)を同時に選択することはできません。

【No. 20】 河川及び管水路の流れに関する以下の設問に答えよ。

ただし、解答は、その導出過程も記述すること。

- (1) 定常で、かつ、流れの流線軸方向変化が緩やかな不等流(漸変不等流)を取り扱う方程式は、次のとおりである。

$$\frac{\alpha}{2g} \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q}{A} \right)^2 - i + \frac{dh}{dx} + \frac{n^2}{R^{\frac{4}{3}}} \left( \frac{Q}{A} \right)^2 = 0 \quad \dots \textcircled{1}$$

ただし、 $\alpha$  はエネルギー補正係数、 $A$  は断面積、 $Q$  は流量、 $R$  は径深、 $n$  はマンニングの粗度係数、 $h$  は水深、 $i$  は河床勾配とする。

河川の断面形(特に川幅  $b$ ) が流下方向  $x$  に変化する場合 ( $A = f(b(x), h(x))$ ) を考える。式①を整理すると、次のとおりである。

$$\frac{dh}{dx} = \frac{i - \frac{n^2}{R^{\frac{4}{3}}} \left( \frac{Q}{A} \right)^2 + \frac{\alpha Q^2}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial b} \frac{db}{dx} + \frac{\alpha q Q}{gA^2}}{1 - \alpha \frac{Q^2 B}{gA^3}} \quad \dots \textcircled{2}$$

ただし、 $q$  は流下方向単位幅における流入量又は流出量、 $B$  は水面幅とする。

- (a) 式①を用いて式②を導け。  
 (b) 流入及び流出がなく、流下方向に断面変化がない広幅長方形水路の場合において、等流水深  $h_0$ 、限界水深  $h_c$  を式②より導け。  
 (c) 流入及び流出がなく、流下方向に断面変化がない河川の横断形状が図 I のような二次放物線形をしている場合について、限界水深  $h_c$  を式②より導け。

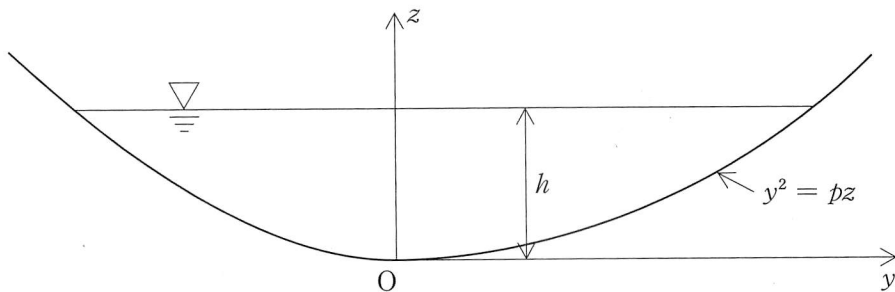


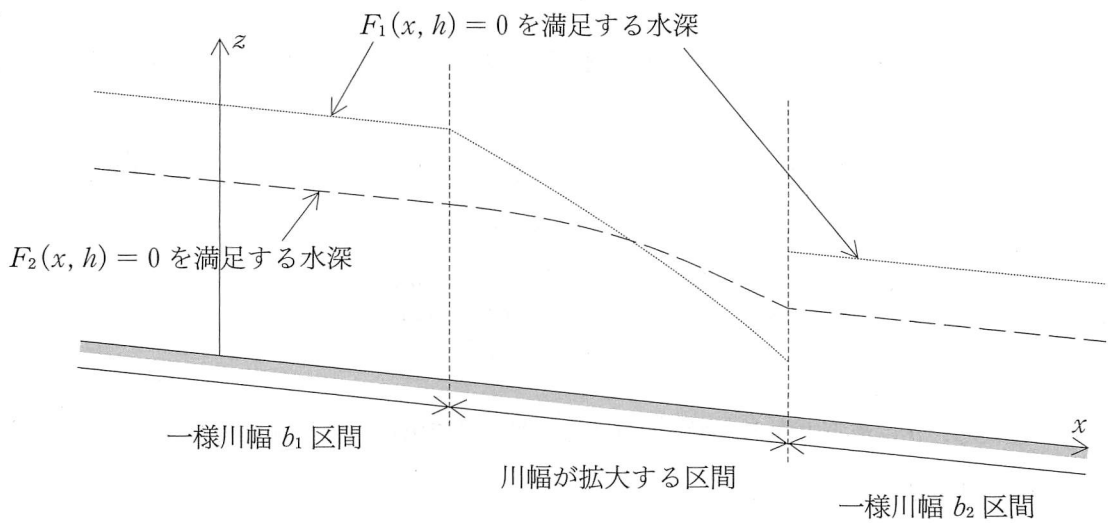
図 I

- (d) 流入及び流出がなく、流下方向の断面変化がない場合で、かつ、広幅長方形の近似ができない長方形断面水路において、擬似等流水深を求めるための方程式は、

$$h_0^{\frac{5}{2}} - \boxed{\textcircled{7}} = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

となる。 $\textcircled{7}$ を求めよ。

- (e) 流入及び流出がなく、川幅  $b$  が流下方向に変化する場合を考える。緩い一定勾配区間において、一様の川幅  $b_1$  の区間及び一様の川幅  $b_2$  ( $b_2 > b_1$ ) の区間があり、両区間の間にある幅拡大区間では  $\frac{db}{dx} > 0$ ,  $\frac{d^2b}{dx^2} > 0$  で川幅が緩やかに変化している。式②の分子、分母をそれぞれ  $F_1(x, h)$ ,  $F_2(x, h)$  とし、 $F_1(x, h) = 0$ ,  $F_2(x, h) = 0$  を満たす水深を図示したところ、図IIのようになった。この場合に考えられる水面形を描き、その理由を説明せよ。

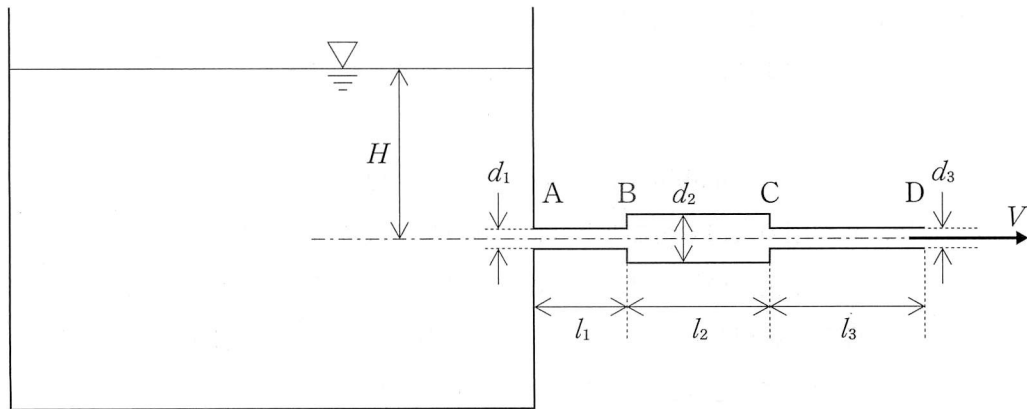


図II

- (2) 図Ⅲのように、水槽に管路をつないで水を流出させる。摩擦損失係数を  $f$ ,  $f_{sc}$ (急縮損失係数) =  $f_{se}$ (急拡損失係数),  $f_e$ (入口損失係数) =  $0.2\alpha$ ,  $f_{sc} = 0.5\alpha$  及び  $d_2 = 3d_3 = 2d_1$  であるとする。このとき、以下のものを求めよ。

ただし、 $\alpha$  は AB, BC, CD 間のエネルギー補正係数で一定とする。

- 流出速度  $V$
- AB 間の速度水頭, BC 間の速度水頭, CD 間の速度水頭の三つの比
- 入口損失水頭, 急拡損失水頭, 急縮損失水頭, 出口における速度水頭の四つの比



図Ⅲ