

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])を選択することはできません。

【No. 20】 開水路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。

図 I は射流状態の流れが、角度 θ だけ内側に屈曲した側壁に衝突し、衝撃波が発生している様子を示す。以下の問いに答えよ。

ただし、衝撃波前後の流速及び水深をそれぞれ v_1, h_1 及び v_2, h_2 、流れと衝撃波面 AB のなす角を β 、重力加速度の大きさを g 、水の密度を ρ とする。また、下付き添字の 1, 2 は、それぞれ衝撃波面上流及び下流の値を示す。

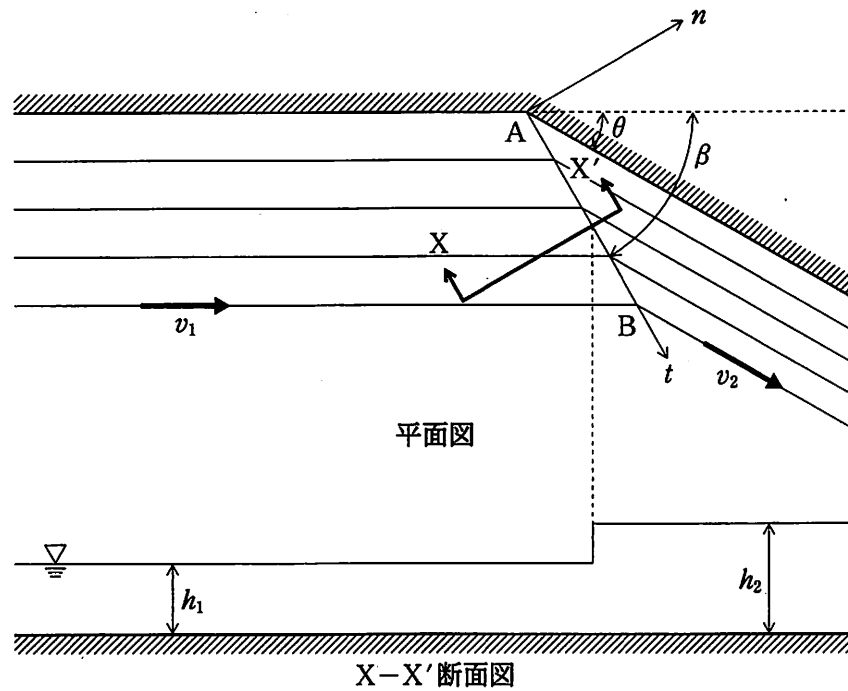


図 I

- (1) 衝撃波面上流側の流れが、射流となる条件を式で示せ。
- (2) 射流と常流の違いを 1 行程度で物理的に説明せよ。

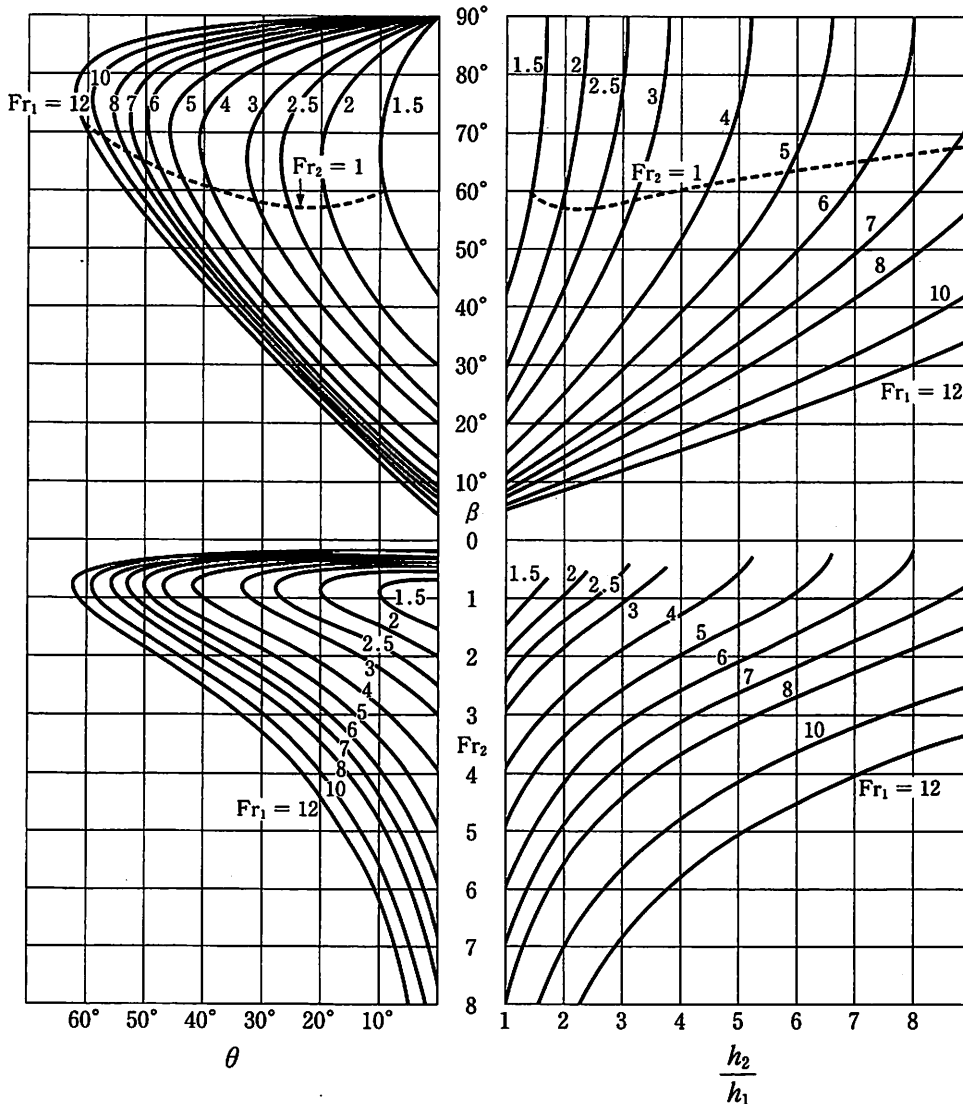
衝撃波面下流の水深及び流速は、衝撃波面上流の水深及び流速により決定される。計算を容易にするため、図 I に示すように、衝撃波面 AB 上に t 軸、 t 軸に直交する方向に n 軸をとり、 t 軸及び n 軸方向の流速をそれぞれ v_t, v_n とおく。

- (3) 衝撃波面を通過する流体の質量保存則を $\rho, v_{n1}, v_{n2}, h_1, h_2$ を用いて表せ。
- (4) 衝撃波面に直交する方向の運動量保存則を $\rho, g, v_{n1}, v_{n2}, h_1, h_2$ を用いて表せ。

- (5) (3), (4)の結果を使って, $\frac{h_2}{h_1}$ を $Fr_{n1} \equiv \frac{v_{n1}}{\sqrt{gh_1}}$ のみの関数で表せ。
- (6) 衝撃波面に平行方向の運動量は変化しない。このとき, v_{t1}, v_{t2} が満たすべき条件を示せ。
- (7) $v_{n1}, v_{t1}, v_{n2}, v_{t2}$ を, 定義にしたがって v_1, v_2, θ 及び β で表せ。
- (8) (7)の結果を, (3), (5), (6)の結果に代入すると, $v_1, h_1, \theta, v_2, h_2, \beta$ の間の関係式が得られる。これら 3 式から変数 $Fr_1 \equiv \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}, \theta, \beta, \frac{h_2}{h_1}, Fr_2 \equiv \frac{v_2}{\sqrt{gh_2}}$ 間の関係式を求めよ。

図Ⅱは, (8)で導いた 3 式を使って, Fr_1 及び θ を与えたときの $\beta, \frac{h_2}{h_1}, Fr_2$ の値を図表化したものである。

- (9) 図Ⅱから, $v_1 = 11 \text{ m/s}, h_1 = 2.0 \text{ m}, \theta = 10^\circ$ のときの β, h_2, v_2 の値を求めよ。また, これらの値は 2 組存在するが, それぞれどのような物理現象に対応するか, 2 行以内で述べよ。
ただし, 重力加速度の大きさを 10 m/s^2 とする。
- (10) (8)で導いた関係式において, $\theta = 0$ のときの解を求め, それぞれが表す物理現象を挙げよ。



図Ⅱ $Fr_1, \theta, \beta, \frac{h_2}{h_1}$ 及び Fr_2 の関係図