

III—35 水路分岐点付近における遷限界流について (第二報)

大阪大学工学部 正員 室田 明

第一報(第三回水理研究会講演会前刷, 1958)において, 水路分岐点付近に現れる trans-critical flow は現象的に薄翼形翼における遷音速流(transonic flow)と類似しているために, 表題の解析には, Kármán に よつて導かれた transonic の基礎方程式, すなわち

$$\frac{2}{g_*} u' \frac{\partial u'}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u'}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

なる混合 TORICOMI 型方程式によつて説明される等であることを示唆した。

(ただし, 式(1)において,

$u = g_* + u'$, g_* : Froude 数 1 の場合の限界流速。)

しかるに, 以後の研究によつて, 分岐水路の場合に直ちに(1)式を適用することは次の理由によつて適当でないことが判つた。すなわち,

1. transonic flow では翼面に沿う流速の加速の様相が翼形状のみによつて規定される。ところが分岐水路の場合は, Fig-2 の壁面 C-A_∞ に沿つて, C に向う流速の増加は, 流量配分比: K 等の複雑な関数で与えられる, 薄翼翼と全くその性格を異にする。

2. transonic の場合は一般に shock wave を迎へてエネルギーの損失はないものとされるが, 分岐路遷限界領域の下流限界線と定める曲面跳水では, jump による energy loss を無視することが出来ない。よつて, A_∞-A_∞ における source と, E_∞-E_∞, & B_∞-B_∞ における sink との間にエネルギーの逸散を含む系となつて厳密には上記の様な potential 的取扱いは出来ない。

3. 混合 TORICOMI 型偏微分方程式では, 上流, 下流の境界条件以外に, 遷限界領域での条件をも与える必要がある。COLE は薄翼翼の transonic の解で, この局部的超音速域が上流に与える効果は小さいものとして, 超音速域の拡張を無視して解を求めたが, 我々の研究目的, すなわち, 射流域の発生とその発達過程を解明するためには, このような近似は許されない。

以上以上の理由によつて, (1)式を直ちに適用することをやめ, 分岐南口部上流端(Fig-2 の点 C) 付近の二次元流況を逐次近似により求める試みを行い, 支配曲線(Control-curve, すなわち局所 Froude 数が 1.0 の曲線)の形状等を求めると共に, 主として射流域の発生限界を定めようとするものである。

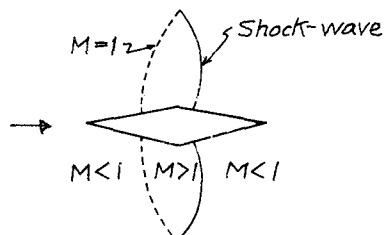


Fig-1
薄翼形翼形における遷音速流

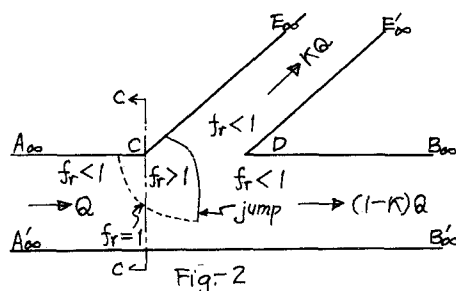


Fig-2
水路分岐点付近の遷限界流

○ 射流域発生の際の Froude 数: Fig-2 の点 C 付近に射流域が発生し始めるときの, C-C 断面での平均 Froude 数 (之を臨界 Froude 数とよぶ): $F_*^2 = U_c^2 / g H_c$ を求める。

ただし, U_c, H_c は C-C 断面での断面平均値としての流速, 水深を表わし, 一般の場合, 之等は二次元背水曲線の計算によつて直ちに求められる。なお, 断面若しくは局所値は, 小文字, 断面平均値は大文字を用いるものとする。

筆者の計算によれば点 C での流速: u_c は次式で与えられる。

$$\bar{u}_c = 1 - \frac{\kappa}{2} + \frac{\kappa}{2\pi\alpha}, \quad \text{ただし, } \bar{u}_c = u_c / u_c, \quad \kappa: \text{流量配分比, } \alpha = n\sigma_0 / 2\pi$$

n = 南口巾 / 主水路巾, σ_0 : 縮流係数

更に, 水路横断方向では specific-energy が保存されるものとするれば, C における水深: h_c が次の如く定まる。

$$\bar{h}_c = 1 - \frac{F_*^2}{2} \left\{ \left(1 - \frac{\kappa}{2} + \frac{\kappa}{2\pi\alpha} \right)^2 - 1 \right\}, \quad \text{ただし, } \bar{h}_c = \frac{h_c}{H_c}, \quad F_*^2 = U_c^2 / g H_c.$$

点 C における局所 Froude 数: $fr_c = u_c^2 / g h_c = 1$ なる条件より臨界 Froude 数: F_*^2 を求めれば次の如くである。

$$F_*^2 = \frac{2}{3} \left(1 - \frac{\kappa}{2} + \frac{\kappa}{2\pi\alpha} \right)^2 - 1$$

F_*^2 を種々の南口比: n について計算すれば Fig-3 の如くであり, 我々の実験水路 ($n=0.877, \sigma_0=0.518$) についての実験値は Fig-4 の如くである。

○ C-C 断面の横断水面形状: 射流域が発生すると否とに関わらず, Fig-2 の点 C の近傍では非常に大きな水面勾配が観測される。実験例の代表的ものを Fig-5, Fig-6 に示し, 計算値との比較を行う。なお, C 付近の流況の二次元解析法については講演の際, 報告する。

