

(はく離領域の形状について)

京都大学工学部 正員 工博 石原藤次郎

京都大学大学院 学生員 工修 志方俊之

1. 緒言

急縮部のはく離領域は急縮断面の上流に形成されるもの(上流側はく離領域)とその下流に形成されるもの(下流側はく離領域)から成り立っており、とくに下流側はく離領域については実際の要求からかなりの研究がなされている。しかしながら、上流側はく離領域に関する研究は数少なく、未解決の問題が多く残されている。本報告は、常流遷移流に対して行なわれた著者らの実験結果にもとづいて、下流側はく離領域および上流側はく離領域の算定法を確立するための問題点を指摘し、若干の考察を行なったものである。

2. 急縮部に形成されるはく離領域

開水路急縮部に形成されるはく離領域を模式的に示すと図-1のようになる。急縮部に接近した流れは水路側壁に沿って水位が上昇し、やがて壁面からはく離して上流側水路の両側にはく離領域を形成する。下流側水路では慣性によって流れはさらに縮小され、水路側壁との間に下流側はく離領域が形成される。それにともなって、中心線に沿う流れの水位は低下し、下流側はく離領域では、流線の弯曲のため水位の低下はさらに著しい。断面IIにおいて射流が生ずるいわゆる射流遷移では、このような流れ方向および水路横断方向の水位変化が著しく、はく離領域の測定も困難であるが、常流遷移では流れ方向の水位変化がきわめて小さく、不連続流に対する二次元ポテンシャル流れとしての解析が有効な手段の一つと考えられる。

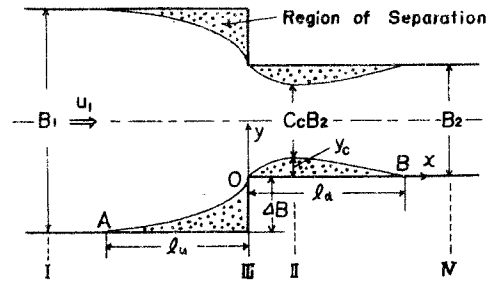


図-1

沿う流れの水位は低下し、下流側はく離領域では、流線の弯曲のため水位の低下はさらに著しい。断面IIにおいて射流が生ずるいわゆる射流遷移では、このような流れ方向および水路横断方向の水位変化が著しく、はく離領域の測定も困難であるが、常流遷移では流れ方向の水位変化がきわめて小さく、不連続流に対する二次元ポテンシャル流れとしての解析が有効な手段の一つと考えられる。

3. 下流側はく離領域

下流側はく離領域の形状および大きさを評価することは、流れの収縮係数 C_c を求めるために不可欠の問題である。収縮係数 C_c は水路中縮小比 $\beta_u (= B_2/B_1)$ および流れの状態とくに Froude 数に支配されると考えられるが、多くの実験によって^{1), 2)}、常流遷移の範囲内では、 C_c は Froude 数にほぼ無関係であることが明らかにされた。著者らは、すでに図-2に示すような一定の水路中縮小比をもつ急縮部からの自由流線を考え、はく離領域はこの自由流線上の各点から発達する混合領域外縁の包絡線によって与えられるという方法を用いて、(1)~(4)式で示されるような C_c と β_u との関係を導くとともに、断面IIより下流を一つの急拡部とみなして、はく離領域の大きさを求める方法を得た³⁾。

$$C_c = 1 - 2 \frac{y_c}{B_2}$$

(1)

$$\frac{y_c}{B_1} = \frac{u}{2\pi} \left(\frac{1}{u} - 1 \right) \left\{ \tan^{-1} \frac{2u}{1-u^2} - \tan^{-1} \left(\frac{2u}{1-u^2} \cos \alpha \right) \right\}$$

(2)

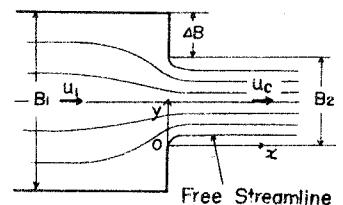


図-2

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1}{2\sigma}$$

$$\beta_* = \frac{B_2}{B_1} = u + \frac{2}{\pi} (1 - u^2) \tan^{-1} u \quad (4)$$

ここに、 $u = u_1/u_c$ 、 α : 混合領域の拡大角、 σ : 混合領域の発達に関する実験常数 (0.75~1.0) である。

図-3 は表面の写真撮影と糸の運動によって求めた下流側はく離領域の一例を示したものである。

この図から明らかなように、収縮係数とはく離領域の長さ l_h に関連して、理論値はほぼ実験値を説明しうるが、はく離領域の形状とくに上流側の形状は理論値と大きく離れている。これは上に述べた理論値が上流側はく離領域の存在を無視した図-2 の自由流線から得られたいものであることに起因して

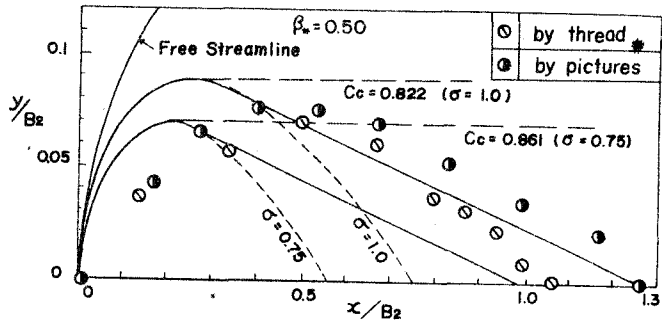


図-3

いえると思われる。すなわち、実際には0度附近である角度をもって流れが接近しているから、0度においてすでにある角度をもって自由流線を考え、理論値を修正しなければならないと思われる。

4. 上流側はく離領域: 上流側はく離領域の形状および大きさを評価することは、上にも述べたように、0度における接近流の方向を知るために、まず急縮部の上流への影響範囲を知るためにも重要な問題である。Lighthill は自由流線上の流速を仮定することによって、無限領域内におかれた丁型不連続部上流におけるはく離領域に関して解析を行なった⁴⁾。この結果を急縮部に適用すれば、 β_* が増大するにつれて $l_h/\Delta B$ も増大すると推測される。図-4 は一定の水路中縮小比 ($\beta_* = 0.5$) について、Froude 数を変えて行なった実験の一例を示したものであるが、この図からはく離領域の形状は、 C_c の場合と同じく常流遷移の範囲内で

は Froude 数にほぼ無関係であることがわかる。また、流線の写真撮影から $\tan \theta_0 = \Delta B/l_h$ が0度における接近流の方向を手える一つの有効な指標として考えられる。

5. 結 言

急縮部における流れを二次元ポ

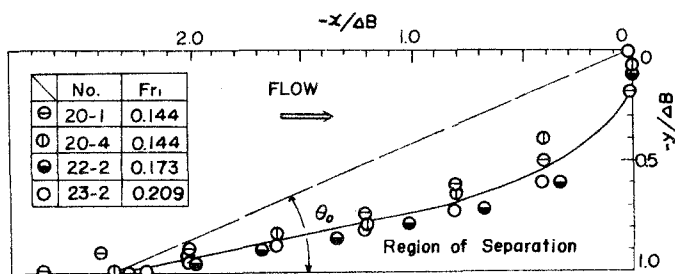


図-4

テンシアル流れとして取り扱い、はく離領域の形状および大きさを評価する場合の問題点と二、三指摘したが、今後はとくに上流側はく離領域の大きさに対する水路中縮小比の影響を十分検討しなければならないと考えている。

参 考 文 献

- 1) 秋草・吉川・坂上・芦田・土屋: 水制に関する研究, 土木研究所報告, 107号6, 1961.
- 2) 芦田和男: 河川改修に伴う断面急変部の水理とその適用に関する研究, 学位論文, 1961.
- 3) 石原・志方: 南水路急縮部の水理学的状態に関する研究, 第10回水理講演会講演集, 1966.
- 4) M.J. Lighthill: "On Boundary Layers and Upstream Influence", Proceeding of The Royal Society, Series A, 217, 1953.