

愛知県土木部 正員 山口皓三
名古屋工業大学 正員 細井正延

1. はしがき 本論文は、水路幅縮小部の上流側に形成される死水域の始点（はく離点）の位置と、水路幅の縮小角度、水路幅縮小比及び側壁粗度との関係を Fr 数の比較的小さい流れに対し考察を加えようというものである。前論文においては、はく離領域の境界として、*Separation Boundary* を測定したが、本論文においては、実験値の精度をさらに良くするために一つの測定方法を試み、また始点の位置を定めるための計算法を提案した。

2. 実験的考察 実験に使用した水路は、幅 $B_1=70\text{cm}$ 、深さ 38cm 、長さ 10m の木製の長方形断面水路（中央に水路幅縮小部を設置）で、水路勾配は $1/1,000$ である。縮小部断面の水路幅は $35, 45, 55\text{cm}$ すなわち、水路幅縮小比 $\beta = 0.500, 0.643, 0.786$ の3種類である。また、側壁の接線角度 π/ω は $\omega = 2, 3, 4, 6$ に対して $\pi/\omega = 90^\circ, 60^\circ, 45^\circ, 30^\circ$ の4種類で、 Fr 数は $0.106, 0.256, 0.444$ の3種類である。また側壁 SI の粗度の影響を調べるために、側壁 SI に粒径 $1.7 \sim 2.5\text{mm}$ の砂を密に付着させ粗度を与えた。はく離領域の境界には、*Instant Boundary*、*Separation Boundary* などがあるが、本論文においては、はく離領域内に形成される渦の最外端の流線をその境界とし、松の粉末を流してその領域を写真撮影する方法を選択した。一般に、はく離の生じた縮小部上流側の状態は図-2 のようになる。はく離領域は時間的にも不安定で複雑な状態を呈するため、その領域を簡単に表わすことはできない。 S は *Separation Point*（側壁に沿う流線が壁からはがれる点）、また A, B ははく離部に形成される主な渦の一番外側の流線に、その渦の長軸の方向に接線を引いた時、側壁と会った点である。 S 点は時間的に大きく変動し、また側壁からはがれた流線がふたたび側壁に戻る一種の跳躍現象を呈する場合があるため、はく離点を定量的に表わす因子としては不適当である。本論文においては、時間的に変動の少ない A 点を便宜的にはく離領域の始点と定義した。はく離領域は図-3 のようである。側壁に粗度を与えた場合のはく離領域の始点の位置及び形状は、滑らかな側壁をもつ場合とほぼ一致し、結果は図-3 と同様である。実験結果によると、 Fr 数 $= 0.444$ の場合は、水面が不安定遷移の状態にあり、 Fr 数が小さい場合よりも、はく離領域は小さくなる傾向がある。遷移水面形状が漸流遷移の状態にあるような場合、特に Fr 数が 0.2 以下の場合には、 Fr 数に関係なく、はく離はほぼ一定の形状を示し、はく離点の位置も変らない。

図-1

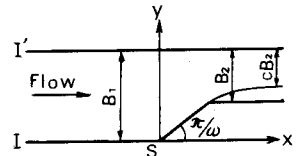
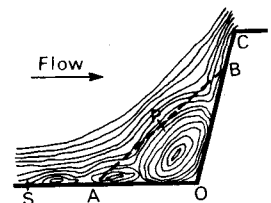


図-2



3. 計算式 前論文においては、実験的に得られた条件 $(\theta/\rho)_{x=x_0} = -10$ を用いて、計算式中の積分を上流の定点 x_0 ($U_{x_0}/U_\infty = 0.95$) より、下流方向に向かってはく離点の位置を算出したが、本論文では、定点 x_0 を $x=0$ におき、 $(\theta/\rho)_{x=0} = 0$ の条件を用いて、より簡単なはく離点位置の計算式を提案した。

$$0.0888 = 0.4144 U^5 \frac{du}{dx} \int_0^x U^4 dx \text{ ----- (1)}$$

実際の流れはせん断流れであるが、ここではポテンシャル流と仮定して取り扱った。 u は側壁に沿う流速分布であるが、側壁に沿う減少状態をポテンシャル理論から求め、式(1)を満たす x を算出する。その値に0.6を乗じたものをはく離点の位置とした。計算結果を示すと表-1のとおりである。ただし、実験値は Fr 数=0.106の場合である。このことから Fr 数の小さい流れにおいては、仮定に問題があるにもかかわらず、式(1)で計算した x の値に0.6を乗じれば、はく離領域の始点の位置を非常に良い精度で求めることができる。

表-1の実験値から、 l_u/B は水路幅縮小比 β_* ($=B_2/B_1$)の減少および水路幅縮小角度 π/ω ($\leq \pi/2$)の増大につれて小さくなることが推測される。(表-2)

以上、 Fr 数が比較的小さな流れにおける、上流側のはく離点の位置と、水路幅縮小角度、水路幅縮小比及び側面粗度の関係を実験的に知ることができ、また、実用的なはく離点の位置の計算方法を求めた。

なお図-5は、表-1の中で $\omega=2$ 、 $B_2=45\text{ cm}$ 、 $Fr=0.106$ の場合の、縮小部上流側に形成された渦領域の状況を示す写真である。

参考文献

- 細井・山口・伊藤：水路幅縮小部の流れについて，第24回年次学術講演会講演集，昭・44年
石原・志方：開水路急縮部の水理学的性状に関する研究，土木学会論文集，昭和42年2月

図-3

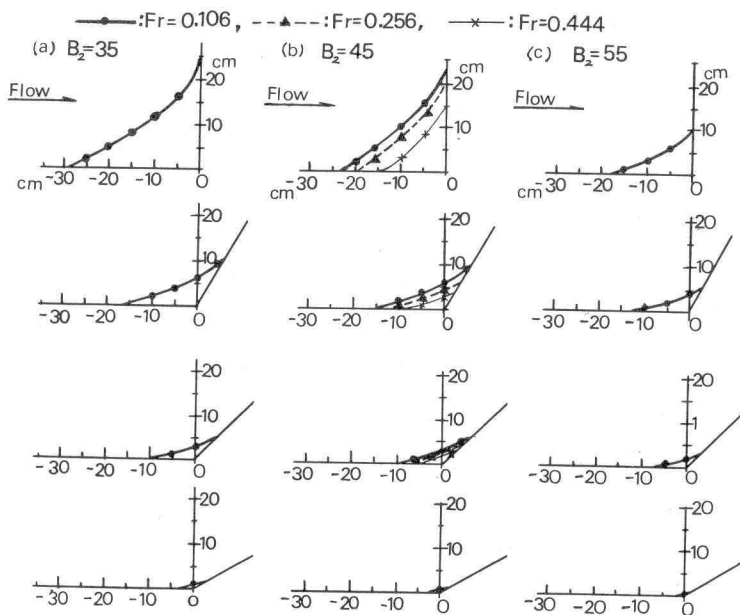


表-1

ω	2			3			4			6		
B_2 cm	35	45	55	35	45	55	35	45	55	35	45	55
計算値 cm	-28.2	-24.0	-18.0	-16.2	-14.4	-11.4	-10.2	-9.3	-8.1	-3.0	-2.7	-2.4
実験値 cm	-30	-24	-18	-17	-15	-13	-10	-9	-7	-3.5	-3	-2.5
	~-28	~-23	~-17	~-16	~-14	~-12	~-10	~-9	~-7	~-1	~-1	~-1

図-4

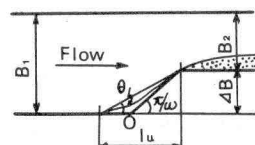


表-2

$\omega \beta_*$	35/70	45/70	55/70
2	0.80	0.94	1.20
3	1.03	1.16	1.33
4	1.29	1.40	1.53
6	1.80	1.83	1.87

図-5

