

II-19 開水路急変部におけるせん移水面形状について

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

著者らは開水路急変部、とくに急拡大部および急縮部における定常流の水理学的性状について実験的研究をすすめる。これら急変部におけるせん移水面形状、流れのほく離、交叉波の発生などの諸現象を検討することにより、せん移に伴うエネルギー変換過程の解析と開水路急変部の水理学的設計法を明らかにしようとしている。すなわち開水路急変部におけるエネルギー変換過程のうち、(位置のエネルギー)→(運動のエネルギー)→(位置のエネルギー)の水理学的解析がその基本課題である。

位置のエネルギーから運動のエネルギーへの変換は、その逆の変換に比較して損失が小さいこと、急縮部では流れが縮小され、ついで拡大されるため、急拡大部の流れより損失がはるかに大きいことなどは、周知のとおりである。

開水路の流れでは自由表面が存在するため、管水路のように圧力差によってエネルギーの損失を一義的に取り扱うことは困難であり、とくに流れの状態や上、下流の水位条件によって急変部の流れの性質が本質的に異なり、またしたがってエネルギー変換過程も全く異なってくる。このため、まず与えられた水路形状、流量、こう配、および上、下流の水位条件について、急変部にあらわれのせん移水面形状に関する詳細な実験を行なった。

この実験は、急拡大部(拡大比 $\beta=2$)、急縮部(縮小比 $\beta=1/2$)をもつ可傾水路(Manningの粗度係数 0.011 、 $\alpha=15\text{ cm}$ および 30 cm 、長さ 14 m)で、流量は $2\sim 16\text{ l/sec}$ 、こう配 2×10^{-3} 、 5×10^{-3} 、 7×10^{-3} の場合について行なわれた。

上、下流の流れがそれぞれ等流である場合、すなわち水路が無限に長い場合について、流量とこう配との関係を調べると、理論的には急拡大、急縮について、それぞれ8種類の関係が生じることがわかる。⁽¹⁾⁽²⁾ また一様水路における水面形状と急拡大部、急縮部の低下、せき上げの効果とを考慮に入れると、このこう配関係における概略のせん移水面形状を推定することができる。しかしながら、急変部近傍の水面形状を議論することは困難であり、実際には、一例として図-1に示すようなせん移水面形状が測定される。

実験により、いずれの場合にも、急拡大部の下流は射流状態で、交叉波の波状水面が形成され、

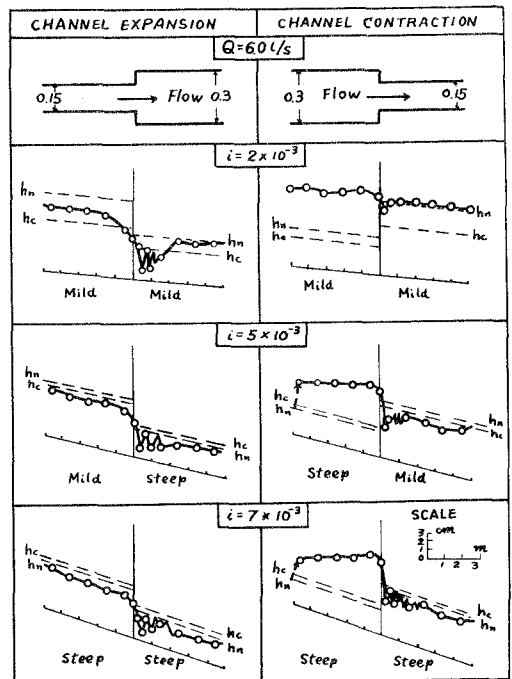


図-1 せん移水面形状の一例 ($Q=60\text{ l/sec}$)

また急縮部の上流はせき上げ背水曲線となることが明らかになった。いずれの場合にも、流量の増減に伴って跳水位置や等流状態への回復位置が前進後退するだけで、せん移水面形状の本質的な性格は変わらない。

われわれが、実用的解析手段として一次元解析法を用いる場合、問題とすべき点は、せん移部をどの検査面をどこに選ぶかということである。例えば急縮部の場合、せき上げ効果を示す背水比 (Back water ratio) は流量の増大とともに増大し、等流状態に回復する地点も流量の増大とともに下流へ移動する。したがって、検査面の選び方を合理的に決定することは、非常に困難となる。

Jaeger は運動量方程式と連続の式から上、下流検査面の Froude 数をそれぞれ Fr_1, Fr_2 とし、その水深比を $\eta = h_2/h_1$ とし、せん移を分類し図-2 に示すような解を与えた⁽³⁾。この場合、問題となるのは検査面のとり方であるが、着者は、とくに、せん移点の水深を h_1 、下流側水路の等流水深を h_2 とし、拡大比 2、縮小比 $1/2$ の場合について行なう。実験結果から図-3 を得た。

実験結果より、実用的には、 $\eta < 1$ の領域で、急縮部では上流側検査面のとり方を変えれば、ほぼ Jaeger の理論値と一致するが、急拡大では、大きく理論値からはずれ、下流側の検査面のとり方をさらに検討しなければならないことがわかった。

また、 $\eta > 1$ の領域の解は、こう配が極端に急で、下流の水位が大きくせき上げられる場合以外には起こり得ないことがわかる。

今後は上下流の水位条件を変化させた実験を行なうとともに、流速分布、および圧力分布を詳細に測定し、一次元運動量の解析法の検討を行ない、急変部近傍における局所的な流れの変化を明らかにしたいと考えている。

最後に、実験にあたって協力を得た大学院学生河合 潤二君に感謝する次第である。

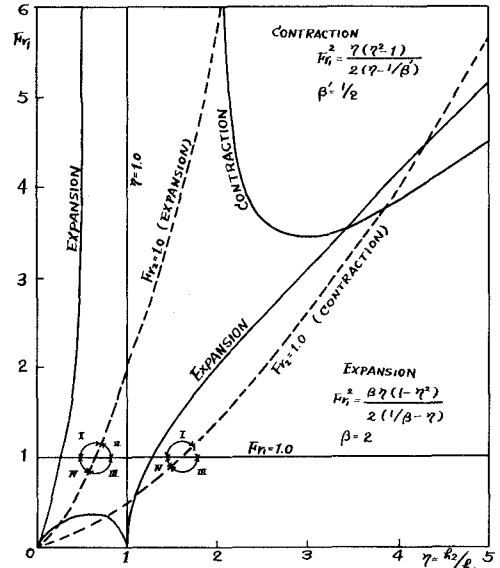


図-2 Jaeger によるせん移の分類

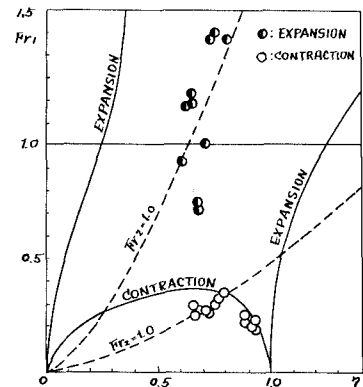


図-3 実験結果との比較

参考文献

- (1) 岩佐 志方 「開水路急変部におけるエネルギー損失について」
- (2) 岩佐 志方 「開水路急縮部の水理学的性状に関する研究」
- (3) C. Jaeger 「Engineering Fluid Mechanics」

- 第18回年次学術講演会 講演集 1962-5
- 関西支部年次学術講演会 講演概要 1963-11
- Blackie 1956