

開水路断面変化部における流れの水利特性について

—水路幅急変部における実験的検討—

京都大学防災研究所 正員 今本博健
 京都大学大学院 学生員 藤井良啓
 京都大学大学院 学生員 ○藤井義文

本報告は急変流の水利特性を明らかにするための基礎として、水路幅が急激に変化する急拡・急縮部における流れを対象とし、その内部構造について実験的検討を行なったものである。実験は水路幅変化比が40:20の急拡・急縮部を用い、せき上げにより下流側水位が調節されている。なお、流速測定にはホットフィルム流速計が用いられ、3次元的水利特性が十分把握されるように測定点が選ばれている。

1. 流速分布形状

図-1は、路床勾配を水平とし、流量 $Q=1 \text{ l/sec}$ 、水深 $h=4 \text{ cm}$ に調節された場合の路床からの高さ $z=2 \text{ cm}$ における流速測定結果を示したものである。図にみられるように、水路幅が急拡する場合、流れは急拡部に接近するにしたがい両側壁側へと集中し、その影響がかなり下流側まで残る。また変化部の下流側に形成されるはく離域の境界面付近では乱れが大きくなることが知れる。一方、水路幅が急縮する場合には、急縮部近傍で流れが一旦両側壁側に集中し、ある下流距離で水路中央部に集まり、再び分離される傾向がみられ、また変化部のわずかに下流側の側壁近傍では流向の変化が著しいため乱れが非常に大きくなっていることが知れる。

図-2は種々の計測断面における等流速線図を示したものであるが、急拡・急縮部のいずれについても断面急変部で変形された流速分布形状が再び開水路一様流のそれに回復していく様子がよくうかがえる。なお、急拡部下流側では流れが左岸側に偏り、いわゆる偏流効果 (Coanda effect) が認められる。

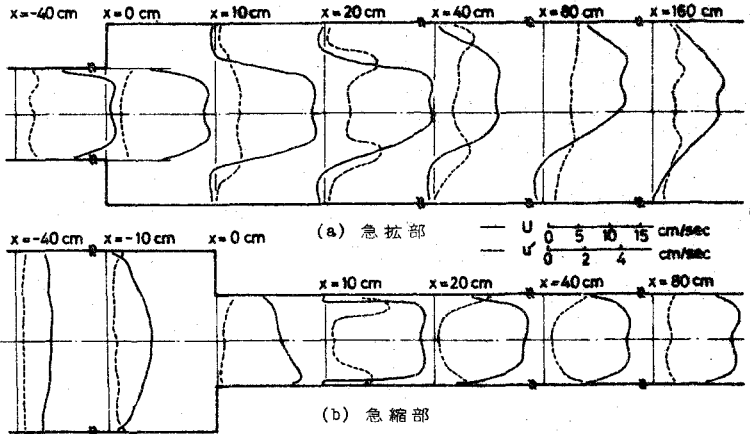
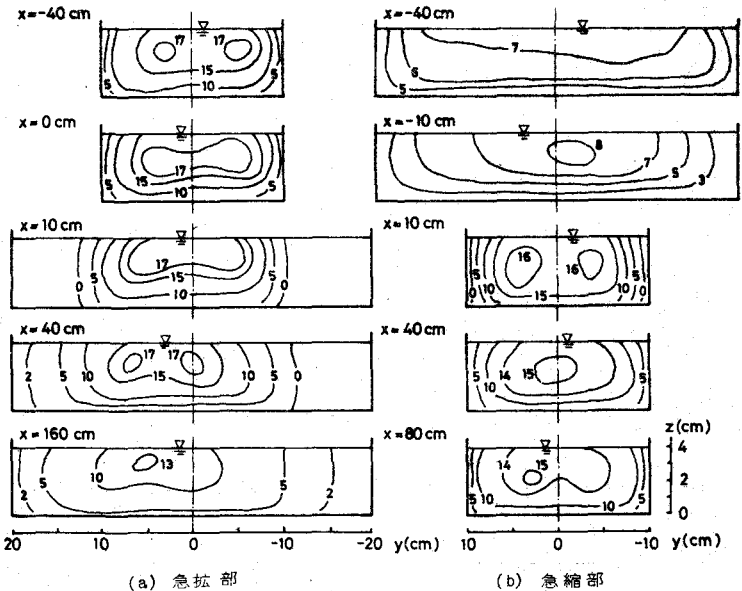


図-1 流速分布の変化特性



(a) 急拡部

(b) 急縮部

図-2 等流速線図

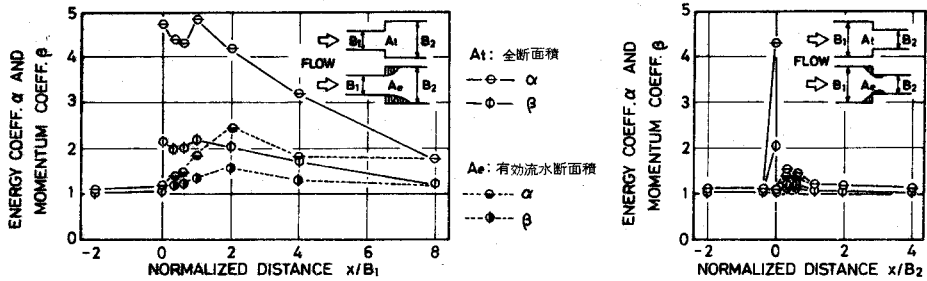


図-3 エネルギー補正係数および運動量補正係数の変化特性

2. エネルギー補正係数および運動量補正係数

急変流の1次元解析においては、エネルギー補正係数 α および運動量補正係数 β は簡単のため1として取り扱われることが多いが、断面変化部における流れはすでに述べたようになり複雑な流速分布形状を示し、これらの値が1より大きいことは従来からも指摘されてきた。ただし、 α および β は次式によって定義される。

$$\alpha = \frac{1}{A} \int_A \left(\frac{U}{U_m} \right) dA \quad (1) \quad \beta = \frac{1}{A} \int_A \left(\frac{U}{U_m} \right)^2 dA \quad (2)$$

ここに、 U : 局所的平均流速、 U_m : 断面平均流速である。

図-3は流速測定結果より数値積分して得られた α 、 β の値を示したものであって、流水断面 A として全流水断面 A_t およびはく離域を除いた有効流水断面 A_a の両者が用いられている。図より、急拡・急縮のいずれの場合にも変化部のやや下流で α 、 β ともに1より大きな値を示し、とくに急拡部では $A=A_t$ とした場合には、 $\alpha=4.5$ 、 $\beta=2.0$ という大きな値に達することが知れる。

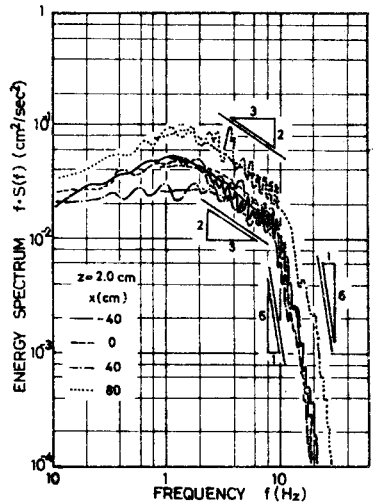
3. スペクトル特性

図-4はサンプリング周波数 $f_s=20\text{Hz}$ および 160Hz の2種を用いて計算されたスペクトル $S(f)$ の一例として、中心線に沿った $z=2\text{cm}$ での流下方向の変化を示したものであるが、急拡部の流れではスペクトル密度は変化部周辺ではあまり変化せず、かなり下流側で増大するのに対し、急縮部の流れでは $f=2\text{Hz}$ 以下の領域で一旦減少したのち増加するが 4Hz 以上の領域では流下に伴い増加していく傾向がみられる。また、急拡・急縮の流れのいずれも $S(f)$ が f の $-5/3$ 乗(図では $-2/3$ 乗の領域に相当する、以下同じ)に比例して減少する慣性領域、さらに -3 乗あるいは -7 乗に比例する粘性領域とみなされる周波数領域が存在することは、Kolmogorovの相似仮定の成立性を示すものであって、変化部周辺の流れでもこのような周波数領域の乱れについては局所的等方性として取り扱えることが知れる。

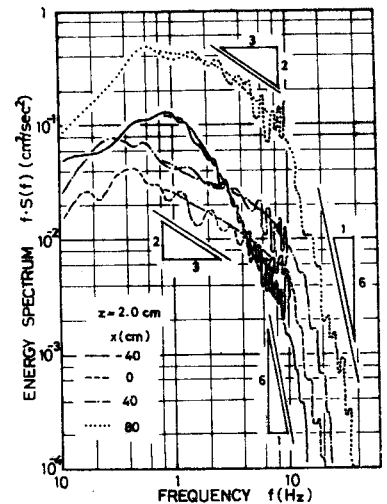
以上のように急拡・急縮部における流れに関していくつかの興味ある結果が得られたが、これらの水理特性を解明するためにはさらに詳細な実験的検討を行なう必要があり、今後の課題としたい。

参考文献 1) 戸田: 京大防災研年報, 5号A, 昭37.

2) 石原・志方: 土木学会論文集, 138号, 昭42.



(a) 急拡部



(b) 急縮部

図-4 スペクトル特性