

不規則な断面幅を持つ自然河道を流下する洪水流を取扱う場合、変化の割合から規模であれば、粗度係数と適当に評価することによって一様河道を流下する洪水流と同じ取扱いが許されるだろう。しかし、断面変化割合が比較的大きく、しかもそれが長距離にわたる場合には、水流のほく離による野留効果、形状抵抗の増大の効果、大規模擾乱の拡散効果などが加わって、そのままで一様河道を流下する洪水としての取扱いは許されない。上流での流入洪水がこの河道を通過して、ある基準地点にどのような形状で伝播してくるかを知りたいような場合には、その地点周辺の局所的な特性はそれほど重要ではなく、このような河道を通過したことによって、洪水が全体としてどのような変形を受けるかが重要であり、なにかの平均化の操作を行なった取扱いとすることが望ましい。本報はこのような場合の洪水流の取扱いう法について述べるものである。

1. 理論的考察 死水領域が存在するような場合の水流の連続式は死水域と主流断面での水面とが横断方向に水平に変動するものとすれば、

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{B_m} \frac{\partial}{\partial x} (B_m D_L \frac{\partial h}{\partial x}) - \frac{1}{B_m} \frac{\partial}{\partial x} (B_m u h) - \frac{B_d}{B_m} \frac{\partial h}{\partial t} \dots (1)$$

で与えられる。ここに、 B_m : 主流断面幅、 B_d : 死水域幅、 D_L : 大規模擾乱による水平混合係数、 u : 主流断面流速、 h : 主流断面水深、 t : 時間、 x : 流下距離である。

一方、運動方程式は主流断面について考えるべきであり、死水域と主流断面間における運動量の交換の効果について検討しなければならない。このような場合の運動量保存式は、

$$\frac{1}{g} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{g} u \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{1}{g} K u \frac{B_d}{B_m h} \frac{\partial h}{\partial t} = i - \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{\eta^2 u^2}{R^{4/3}} \dots (2)$$

となる。ここに、 K は $0 \leq K \leq 1$ の係数であり、 B_d が B_m にくらべて大きくない場合には左辺の項は i にくらべて無視でき、加速度項、粘性項も同様に無視できる場合には、左幅長方形断面に対して、

$$u = \frac{1}{h} h^{\frac{2}{3}} \left(i - \frac{\partial h}{\partial x} \right)^{\frac{1}{2}} \dots (3)$$

①および②式より、 B_m を一定と仮定すれば、洪水流の基礎方程式として

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{B_m}{B_m + B_d} \cdot \frac{5}{3} u \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{B_m}{B_m + B_d} \left\{ \frac{h u}{2 \left(i - \frac{\partial h}{\partial x} \right)} + D_L \right\} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} \dots (4)$$

が得られる。(4)式より、洪水ピークの伝達係数は、 $D_L = 0$ とすれば

$$\frac{h_p - h_p(0)}{h_p(0)} = \left(\frac{B_m + B_d}{B_m} \right)^2 \cdot \frac{27}{250} \frac{\ddot{h}_p}{g h_p(0) i} \frac{1}{F^2} x \dots (5)$$

ここに、 $h_p(0)$ は $x=0$ におけるピーク水深、 h_p は x におけるピーク水深、 $\ddot{h}_p$ は、一様河道の伝達係数に $(B_m + B_d)^2 / B_m^2$ が乗じられた形となり、 B_d が大きいほど伝達量が大きくなることとなる。なお、ピークの伝播速度は $\omega = \left(\frac{5}{3} \right) u \cdot B_m / (B_m + B_d) \dots (6)$

であって、 B_d が大きいほど小さくなる。(4)式は線型化すれば適当な境界条件のもとに解析解が得ら

れるが、ここでは数値計算によって非線型のまま解くことにする。図-1、図-2、図-3は死水域幅 B_d を5mごとに不規則に変化させたものと、これを水路全長にわたって平均化した平均死水域幅 B_d を用いた一様水路としての計算結果との比較としたものである。ただし、計算条件は $B_m = 0.5m$, $i = 1/500$, $n = 0.03$, $\Delta x = 5m$, $\Delta t = 1sec$ で、 $B_d = B_m r$ (r は0~1の乱数)を満足するように Δx ごとに B_d を変えたものである。計算は京大大型電子計算機によった。図より、 B_d を一定とした場合には部分的に波形、伝播速度、逓減量に差が生じていることがわかり、さらに計算結果からは幅が拡大して行く断面で遅れ、収縮して行く断面で速くなる傾向が認められたが、計算区間全体にわたっての差はほとんどなく、不規則な河道を平均して計算を進めても、局所的現象を問題としないかぎりには誤差は重大な影響を持たないようである。なお、 $B_d = 0$ の場合のピークの伝播を示す Seddon の式は図-2 中に一点鎖線で示されているが、ピークの逓減を無視している問題があるが、 B_d の存在が伝播速度と遅らせる様子も認められる。

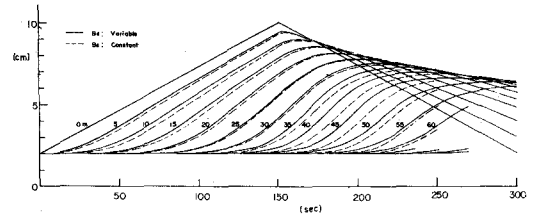


図-1 水位～時間曲線の比較

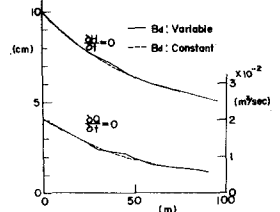
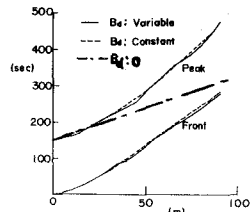


図-2 伝播速度の比較

図-3 逓減量の比較

2. 実験 先の考察で、死水域幅の距離的な平均値を用いて一様河道として計算しても、比較的よい精度で計算できることが判明したため、河道幅が不規則に変化する時の主流断面幅と死水域幅のとり方、形状抵抗の値、大規模拡散係数の値などは不明であり、実験的検討を必要とする。

定常水路は図-4に示すような形状を持つ有効長さ62m、勾配1/500のコンクリート水路で、平均幅は67.1cmである。定常流を流した場合の水面形は図-4に示したようになり、跳水を生じている所もあって等流とは考えられないが、先に考察したように長区間の平均と考えることにして、これらの平均水深に対応する等流であると考えると、平均の粗度係数は $n = 0.013$ であった。下流の一様部分の粗度係数は $n = 0.009$ であって、平均粗度係数が大きくなっている。このような水路条件の場合には、水流のばく離はほとんど認められず、わずかに振幅部がある17m~20mにかけて認められたのみで、形状損失よりも、背水の影響による見解上の粗度係数の増大が起っているものと考えられる。洪水流を流した場合の

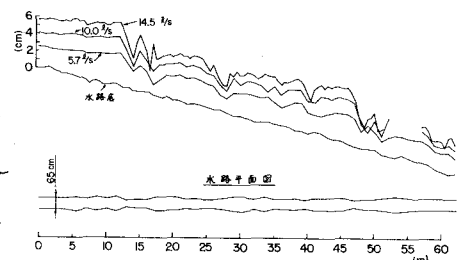


図-4 定常流水面形及水路平面図

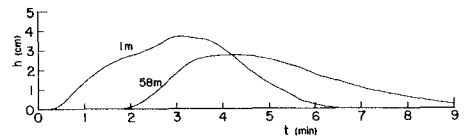


図-5 水位～時間曲線

水位時間曲線の一例を図-5に示す。これより、水位ピークの伝播速度を求めると $176 cm/s$ となり、平均化した仮想水路について Seddon の式より伝播速度を求めると約 $66 cm/s$ となり、両者はあまり一致をしないが、特性をある程度表わさるようである。なお、詳細な実験結果、とくに死水域のあるような場合についての実験結果については崩潰時に述べる予定がある。