

早稲田大学 正会員 鮎川 登
 学生会員 清水隆夫

1. まえがき

河道計画・洪水予測等を行なう場合、洪水の流下する様子を
 知ることが、一つの重要な課題となる。これについては、
 従来、種々の研究がなされているが、今回、差分法による非
 定常流の数値解析を行ない、洪水流の速減におよぼす、河道
 狭窄部の影響について考察した。

2. 基礎方程式

開水路の非定常流の基礎方程式としては、下の二式を用い
 た。河道は、一様な勾配と粗度係数を持った長方形断面水路
 とし、図-1に示した一様水路と狭窄部のある水路の二通り
 について計算した。尚、横流入量は無いものとした。

運動方程式

$$\frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{2QB}{gA^3} \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{Q}{gA^3} \frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{Q^2}{K^2} = 0$$

ただし、 $\frac{1}{K^2} = \frac{n^2}{A^5 R^{4/3}}$

連続方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \frac{\partial H}{\partial t} = 0$$

これらの方程式を、水理公式集に掲載
 された leap-frog 法に準じた差分法に
 よって、数値的に解いた。

3. 計算結果とその考察

図-2は、狭窄部のある水路の各地
 点における流量ハイドログラフを示したも
 のである。(水路勾配 $i = 1/2500$, 粗度係数
 $n = 0.035$) これによると、狭窄部におい
 て、最大流量が急激に減少し、ハイドログ
 ラフの減水部の傾きが小さくなり、洪水波
 の扁平化が著しく進むことがわかる。

図-3は、一様水路と狭窄部のある水路
 における最大流量の変化を、水路勾配を
 $1/1000, 1/2500, 1/5000$ および $1/10000$ に変えて比
 較したものである。これによると、(1)狭窄
 部において最大流量が急激に低下すること、
 (2)狭窄部の影響は上流側ではある区間に限

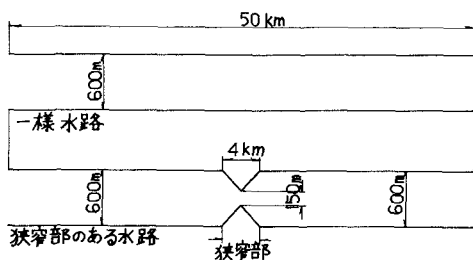


図-1 水路の平面形状

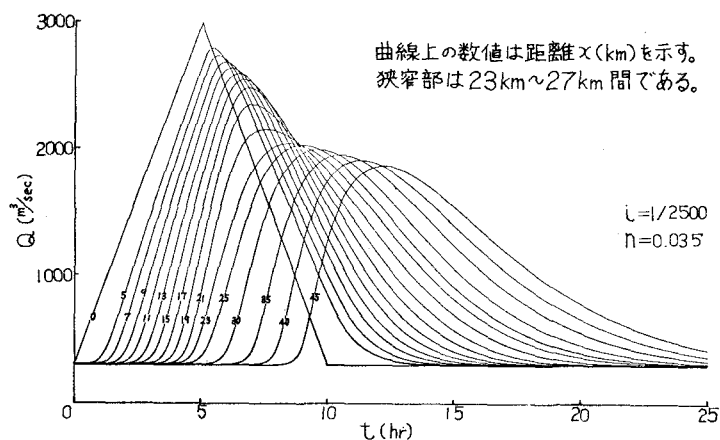


図-2 流下に伴う流量ハイドログラフの変化

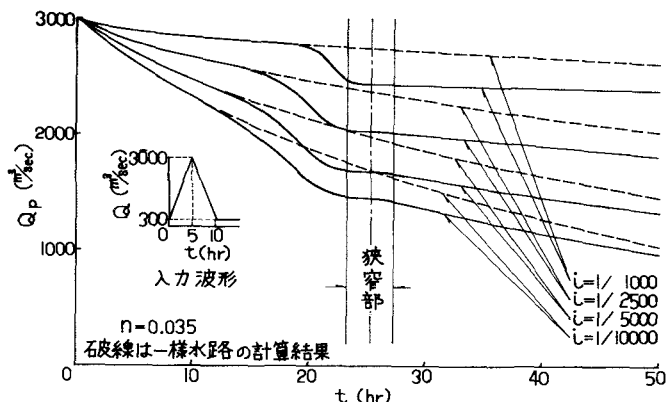


図-3 最大流量の変化におよぼす狭窄部の影響

られるが、下流側には非常に長い区間にわたって影響がおよぶこと、(3)水路勾配が緩いほど狭窄部の影響がより上流におよぶことなどがわかる。狭窄部による最大流量の減少量の最大値は、水路勾配が $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2500}$ 、 $\frac{1}{5000}$ および $\frac{1}{10000}$ の場合、それぞれ、 3.07% 、 3.65% 、 3.52% 、 3.16% となり、水路勾配が $\frac{1}{2500}$ のとき最も大きい。これを減少率にすると、それぞれ 0.112 、 0.152 、 0.171 、 0.175 となり、最大流量の減少率は水路勾配が緩いほど大きいことがわかる。

図-4は、一様水路と狭窄部のある水路における最高水位を、水路勾配を $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2500}$ 、 $\frac{1}{5000}$ および $\frac{1}{10000}$ に変えて比較したものである。これによると、(1)狭窄部の上流で最高水位が上昇し、下流で低下すること、(2)最高水位の上昇高は水路勾配が急なほど大きいこと、(3)狭窄部およびその直上流においてはかなり最高水位の上昇がみられること、(4)最高水位が上昇する区間は、水路勾配が緩いほど、より上流におよぶこと、(5)最高水位の低下は下流の非常に長い区間におよぶこと、(6)狭窄部下流の水位低下高(水路勾配が $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2500}$ 、 $\frac{1}{5000}$ および $\frac{1}{10000}$ の場合それぞれ 0.17m 、 0.24m 、 0.24m 、 0.21m)は、上流の水位上昇高(水路勾配が $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2500}$ 、 $\frac{1}{5000}$ および $\frac{1}{10000}$ の場合それぞれ 3.74m 、 2.29m 、 1.53m 、 1.10m)にくらべて非常に小さいこと、などがわかる。

図-5は、一様水路と狭窄部のある水路における最大流量の到達時刻を、水路勾配を $\frac{1}{1000}$ 、 $\frac{1}{2500}$ 、 $\frac{1}{5000}$ および $\frac{1}{10000}$ に変えて比較したものである。これによると、(1)狭窄部において洪水の伝播速度が急激に小さくなり、下流の洪水到達時刻が遅れること、(2)洪水の伝播速度は、狭窄部を通過した後は一様水路の場合の伝播速度とほぼ等しくなること、(3)狭窄部上流に洪水の伝播速度が速くなる区間が存在すること、などがわかる。

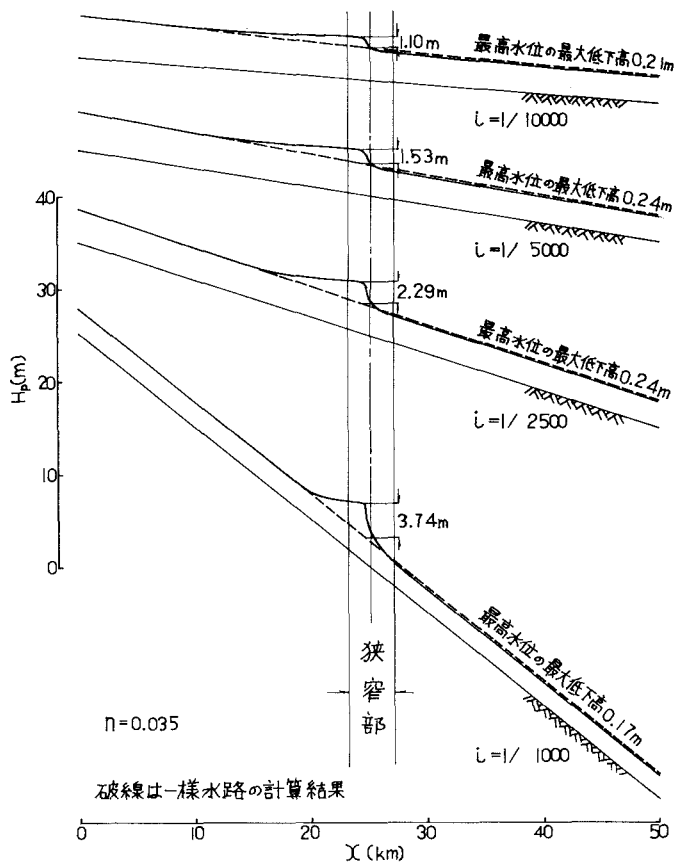


図-4 流下に伴う最高水位の変化

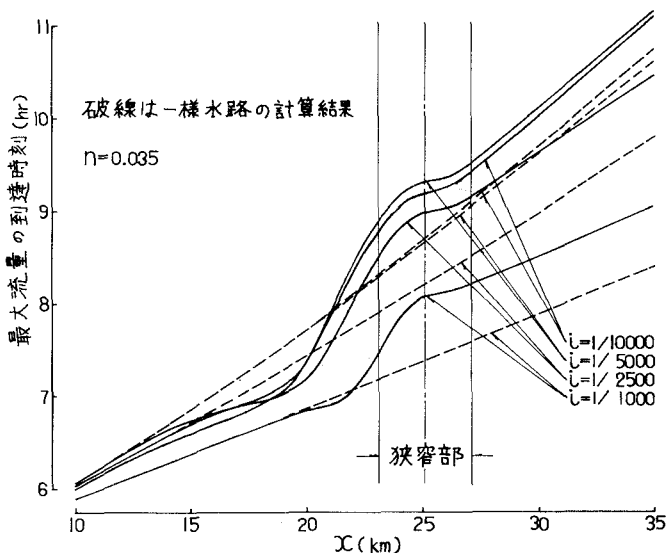


図-5 最大流量の到達時刻