

河床勾配と河道側方部の貯留空間が洪水波形に及ぼす影響

名古屋工業大学 学生会員 ○小田 一輝

名古屋工業大学 正会員 萱場 祐一

1. はじめに

近年、日本では気候変動の影響により水災害の頻発と激甚化が懸念されている。これに伴い従来の治水から「流域治水」という考え方への転換が行われており、中小河川においてもピーク流量の逓減及び河道内貯留を見込み、中小河川下流域や本川での氾濫を防ぐ計画に転換していくことが大切だと考えている。

既往研究¹⁾²⁾より、洪水波形のピーク流量の逓減には、河床勾配と河道側方部の空間等が影響することが知られているが、これらの研究ではワンド状の河道側方部空間のピーク流量逓減効果を定量的に評価するまでには至っていない。本研究では、河床勾配とワンド状の河道側方部の貯留空間に着目し、中小河川におけるピーク流量逓減効果を推定し、中小河川下流域や本川への流量負荷逓減効果について論じる。

2. 計算方法

(1) 対象としたモデル河川

計算条件の設定に当たっては、具体的な対象河川として球磨川水系の免田川を想定した。これは令和2年度7月豪雨を考慮したものである。

(2) 計算ケースと計算条件

本研究では現象を単純化するため、矩形で様な直線単断面河道の側方にワンド状の貯留空間を配置し、洪水波形の下流方向への変化を把握した。数値計算では、河道長さ 10km、川幅 50m の固定床直線水路を生成した。計算格子は縦断方向に 5.0m、横断方向に 2.5m メッシュとし、粗度係数 $n=0.03m^{-1/3} \cdot s$ 、差分法は CIP 法、下流端水位と初期水面形は等流計算で計算した。水路の上流部 7km 区間の河道の側方部に、上流端からの距離 1000m の地点から 500m につき 1 つの間隔で貯留空間(横断方向 100m×縦断方向 200m)を付与した(図 1, 2 参照)。水路の上流端から流す流入ハイドログラフを図 3 に示す。基底流量 200 m^3/s 、ピーク流量 460 m^3/s である。計算は貯留空間個数を 0,5,10 個と河床勾配を 1/100,1/500,1/1000 と変化させたケースを行った。

(3) 計算方法と結果の整理方法

数値計算には iRIC システムの Nays2DH ソルバーを用いた。

本研究で定義するパラメーターを以下に示す。 x は上流端からの距離である。

ピーク流量逓減率 Q_r [%]を以下の式で定義する。

$$Q_r = (1 - Q_{peak2}/Q_{peak1}) \times 100 \quad (1)$$

Q_{peak1} : $x=100m$ 地点のピーク流量 [m^3/s], Q_{peak2} : $x=7000m$ 地点のピーク流量 [m^3/s](ピーク付近が振動している場合は振動の中心の値をピーク流量とする)

貯留率 dS/dt [m^3/s]を以下の式で定義する。福岡³⁾が提案した式を参考に行っている。

$$\frac{dS}{dt} = Q_{in}(x, t) - Q_{out}(x + \Delta x, t) \quad (2)$$

$Q_{in}(x, t)$: $x=100m$ 地点の流量 [m^3/s],

$Q_{out}(x + \Delta x, t)$: $x=7000m$ 地点の流量 [m^3/s]

3. 数値計算結果

図 4, 図 5 はそれぞれ貯留空間 0 個、貯留空間 10 個における $x=100m$ と $x=7000m$ 地点の流量ハイドログラフである。図 6 の逓減率 Q_r は図 4, 5 のハイドログラフ等から読み取った。

図 4, 5 より、 $x=100m$ と $x=7000m$ のハイドログラフを比較すると、下流に伝播するほどハイドログラフが潰れていることがわかる。さらに、河床勾配が緩くなるほど $x=7000m$ 地点のハイドログラフピーク流量が逓減していることがわかる。図 6 より、貯留空間面積が増加するほど、河床勾配が緩くなるほど逓減率が増加する傾向にあることがわかる。貯留空間面積 0 m^2 においても逓減率に大きな差が見られ、河床勾配 1/100 では逓減率約 0.6%ほどでほとんど逓減しないが、河床勾配 1/1000 では逓減率約 9.7%とかなり逓減している。貯留空間を設けた場合だと最大で河床勾配 1/1000 の時に約 16.3%ほどの逓減することがわかる。

次に図 7 に $x=7000m$ における $h-Q$ グラフを示す。河床勾配が 1/100 の場合、ループはほぼ直線上であり水深と流量が 1 対 1 の関係にあるが、河床勾配が緩くなるほど、ループの大きさが大きくなる傾向にあることがわかる。また、河床勾配が同一の場合で貯留空間面積の差異による $h-Q$ カーブに着目すると、貯留空間が増大すると、水面高が時間的に変動するためスムーズな曲線とはならないが、ループそのものの大きさに大きな変化は見られ無い。

最後に、図 8, 9 に河床勾配 1/100 と 1/1000 の貯留率 dS/dt のグラフを示す。いずれの河床勾配においても貯留空間面積が増大すると貯留率が上昇し、その後、貯留率が

キーワード 流域治水, 洪水伝播, ピーク流量逓減, 河道内貯留, 河道側方部空間, iRIC,
連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL052-735-5000

減少することがわかる。

4. 考察

河床勾配別の通減率に着目すると、貯留空間面積がゼロの場合、1/100 勾配の通減率は 0.6%と小さいが、1/1000 勾配になると 9.7[%]となる。この現象は、河床勾配が緩やかになると kinematic wave から diffusion wave に変化する結果であることが広く知られており¹⁾、河床勾配が緩やかになるにつれて $h-Q$ グラフのループが大きくなることから kinematic wave から diffusion wave に変化したことが理解できる。一方、貯留空間面積の増大に伴う通減率の上昇は、1/100, 1/500 の場合、貯留空間がゼロの場合と比較して 4[%]弱に留まるが、1/1000 の場合は 7[%]程度の上昇を示し 16.3[%]の通減率となった。この場合の通減率の上昇の機構は、 $h-Q$ グラフのループの変化はないこと、 dS/dt のグラフの貯留率が洪水前期にプラス方向に上昇し、洪水後期にマイナス方向に上昇することから、貯留空間が非定常の連続の式における流量のシンクとソースとして働いたことに起因すると推察される。特に、河床勾配が緩やかな場合は、流量の増大に対する水深の変化が、河床勾配が急な場合と比較して大きく、 dS/dt が相対的に大きくなり、貯留空

間面積が大きくなった場合の通減率がより大きくなるものと推察された。

5. まとめ

具体的な河床勾配と河道側方部の貯留空間を対象として洪水波形のピーク流量通減効果を定量的に示した研究例は少ない。そのため本研究は、中小河川において本川への流量負荷通減を考える上で参考になると考えている。平成 18 年の「多自然川づくり基本指針」において、ワンド状の空間は環境の面から有用であることが示されているが、このような空間が治水上どのように機能するかについては触れていない。本研究は、治水の面からもワンド状の空間が有用であることを示したものと考えている。

6. 参考文献

- 1) 矢野勝正:洪水流の特性について, 京都大学防災研究所年報, 第 2 号, pp.27-40, 1958
- 2) 高橋保:不規則断面水路の洪水流(1), 京都防災研究所年報, 第 13 号 B, pp.299-310, 1970
- 3) 福岡捷二:近年の洪水災害を踏まえた流域治水を考える, 河川技術論文集, 第 28 巻, pp.457-462, 2022

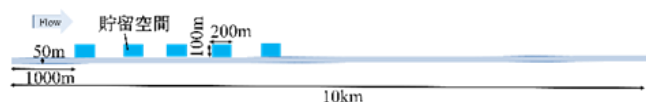


図 1 貯留空間 5 個の水路図

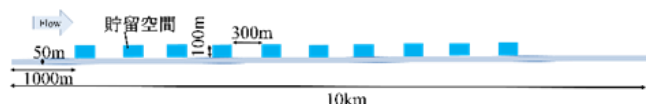


図 2 貯留空間 10 個の水路図

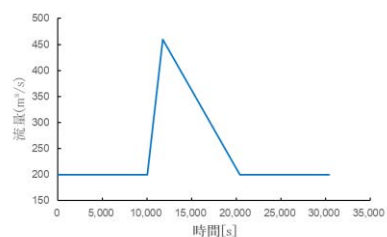


図 3 流入ハイドログラフ

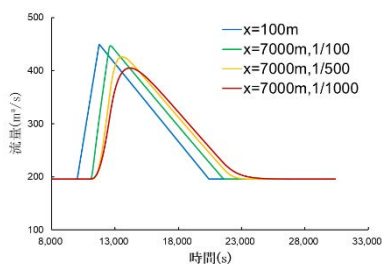


図 4 貯留空間 0 個のハイドログラフ

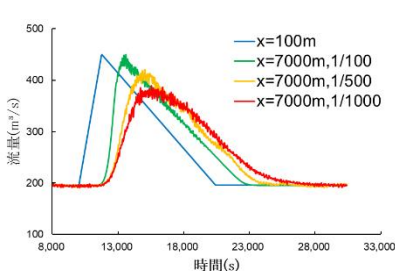


図 5 貯留空間 10 個のハイドログラフ

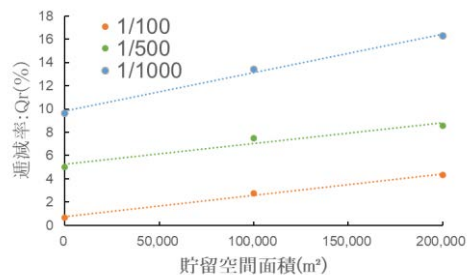


図 6 通減率 Q_r

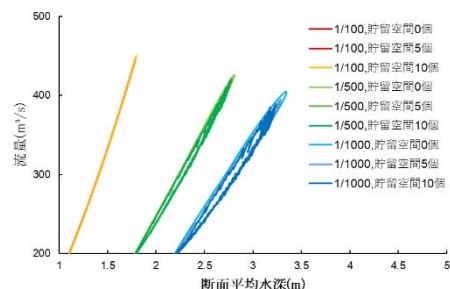


図 7 $h-Q$ グラフ

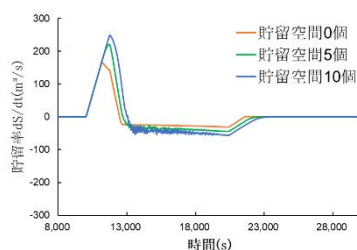


図 8 河床勾配 1/100 の dS/dt のグラフ

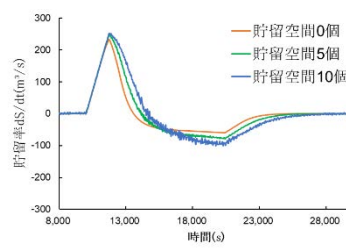


図 9 河床勾配 1/1000 の dS/dt のグラフ