

河道側方部の貯留空間およびハイドログラフの傾きが
ピーク流量の逓減に及ぼす影響に関する研究

名古屋工業大学 学生会員 ○藤井 駿
名古屋工業大学 正会員 萱場 祐一

1. はじめに

近年、我が国では気候変動による水災害の激甚化が問題となっており、流域全体で行う持続可能な治水対策である「流域治水」の取り組みが始まっている。従来のハード対策では、流水を早く流す対策が多く行われるため下流や本流に流水が集中し、このような場所で水害リスクが増大する可能性がある。一方、霞堤やワンドなどの河道側方空間はハイドログラフを変化させ、ピーク流量の逓減、到達の遅延の可能性がある。高橋は河道側方の貯留空間が洪水ピーク流量の逓減に寄与することを示したが、実際には、ハイドログラフの傾きも影響を与えらる。以上から、本研究では、河道側方部の貯留空間量とハイドログラフの傾きの変化が洪水ピーク流量の逓減・遅延に及ぼす影響を数値計算 (iRIC Nays2DH) により評価したので報告する。

2. ハイドログラフの分析

実際の洪水現象のハイドログラフの傾きを明らかにするため、庄内川水系基本高水の検討に用いられた流量データ (多治見) を使用して 23 流域 6 洪水のハイドログラフを作成した。作成したハイドログラフより 1 時間当たりの流量の増加量 ΔQ を求め、さらに、1 時間当たりの ΔQ を立ち上がりの角度を式 (1) のように定義し、ハイドログラフの立ち上がりの角度 θ を算出した。

$$\theta = \Delta Q / \Delta t \quad (1)$$

ここで、 ΔQ は 1 時間当たりの流量の増加量 (m^3/s)、 Δt は増加に要する時間 (s) (=1 時間) である。 θ は流量ハイドログラフのピーク近傍を対象とするため、各流域を流れる河川の計画高水流量の 8 割程度、計画高水流量が存在しない場合には東海豪雨時のその流域でのピーク流量の 8 割程度を基準とし、これより大きい領域で θ を算出した。

分析は 23 流域中 6 流域 (4-流域, 9-流域, 11-流域, 12-流域, 15-流域, 17-流域) について行った。分析の結果、6 流域の立ち上がりの角度は、 $\theta=0.0006\sim 0.0479m^3/s^2$ の範囲を取ることが分かった。

3. 数値計算

「2.」の結果から 4 種類の θ を有するハイドログラフを設定した (表-1, 図-1)。数値計算では長さ 130m, 主流域幅 0.3m とし、勾配は 1/500 の水路を設定し、主流域側方に貯留空間個数と貯留空間幅を変化させた計算を行った。想定しているスケールは 1/50 である。貯留空間は水路の上流部 45m の区間に配置し、個数は 0, 1, 5, 8 個、貯留空間の縦

表-1 数値計算における設定ハイドログラフ

| ハイドログラフ | pattern1 | pattern2 | pattern3 | pattern4 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 基底流量 (m^3/s) | 0.005 | | | |
| ピーク流量 Q_{max} (m^3/s) | 0.01 | | | |
| 増水時間 (s) | 120 | 240 | 360 | 480 |
| 50倍スケール換算 基底流量 (m^3/s) | 88.4 | | | |
| 50倍スケール換算 ピーク流量 (m^3/s) | 176.8 | | | |
| 50倍スケール換算 増水時間 (s) | 849 | 1697 | 2546 | 3394 |
| 立ち上がりの角度 θ (m^3/s^2) | 0.104 | 0.0520 | 0.0347 | 0.0260 |
| 粗度係数 | 0.03 | | | |

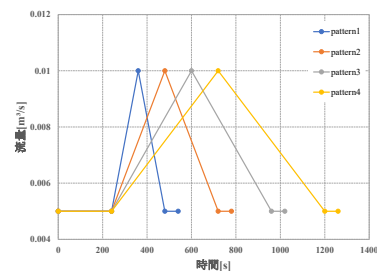


図-1 設定ハイドログラフ

表-2 計算ケース

| case | 貯留空間名 | 貯留空間幅 B_s (m) | 貯留空間量 (m^3) | 主流域幅 B_m (m) | ハイドログラフ | case | 貯留空間名 | 貯留空間幅 B_s (m) | 貯留空間量 (m^3) | 主流域幅 B_m (m) | ハイドログラフ |
|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------|------|-------|-----------------|-----------------|----------------|----------|
| NH1 | S | 0.3 | 0 | 0.3 | pattern1 | O5H1 | S | 0.3 | 0.75 | 0.3 | pattern1 |
| | M | 0.6 | | | | | 1.50 | | | | |
| | L | 0.9 | | | | | 2.25 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 0.75 | | | | |
| NH2 | M | 0.6 | 0 | 0.3 | pattern2 | O5H2 | M | 0.6 | 1.50 | 0.3 | pattern2 |
| | L | 0.9 | | | | | 2.25 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 0.75 | | | | |
| | M | 0.6 | | | | | 1.50 | | | | |
| NH3 | M | 0.6 | 0 | 0.3 | pattern3 | O5H3 | M | 0.6 | 1.50 | 0.3 | pattern3 |
| | L | 0.9 | | | | | 2.25 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 0.75 | | | | |
| | M | 0.6 | | | | | 1.50 | | | | |
| NH4 | M | 0.6 | 0 | 0.3 | pattern4 | O5H4 | M | 0.6 | 1.50 | 0.3 | pattern4 |
| | L | 0.9 | | | | | 2.25 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 0.75 | | | | |
| | M | 0.6 | | | | | 1.50 | | | | |
| OIH1 | M | 0.6 | 0.15 | 0.3 | pattern1 | O8H1 | M | 0.6 | 2.40 | 0.3 | pattern1 |
| | L | 0.9 | | | | | 3.60 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 1.20 | | | | |
| | M | 0.6 | | | | | 2.40 | | | | |
| OIH2 | M | 0.6 | 0.30 | 0.3 | pattern2 | O8H2 | M | 0.6 | 2.40 | 0.3 | pattern2 |
| | L | 0.9 | | | | | 3.60 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 1.20 | | | | |
| | M | 0.6 | | | | | 2.40 | | | | |
| OIH3 | M | 0.6 | 0.45 | 0.3 | pattern3 | O8H3 | M | 0.6 | 2.40 | 0.3 | pattern3 |
| | L | 0.9 | | | | | 3.60 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 1.20 | | | | |
| | M | 0.6 | | | | | 2.40 | | | | |
| OIH4 | M | 0.6 | 0.15 | 0.3 | pattern4 | O8H4 | M | 0.6 | 2.40 | 0.3 | pattern4 |
| | L | 0.9 | | | | | 3.60 | | | | |
| | S | 0.3 | | | | | 1.20 | | | | |
| | M | 0.6 | | | | | 2.40 | | | | |

断方向の長さは 0.5m, 貯留空間幅 B_s を 0.3m, 0.6m, 0.9m とした (表-2, 図-2)。貯留空間量は、貯留空間個数に面積 (長さ×幅) を乗じた面積である。ケース名は、先頭から順に貯留空間個数 0, 1, 5, 8 個を N, O1, O5, O8, ハイドログラフ pattern1, pattern2, pattern3, pattern4 をそれぞれ H1, H2, H3, H4, 貯留空間幅 0.3m, 0.6m, 0.9m を-S, -M, -L とした。

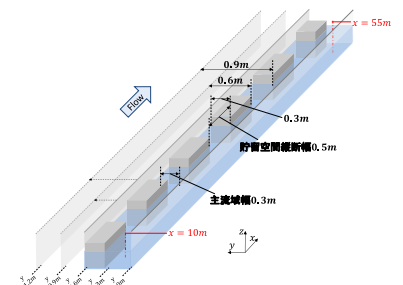


図-2 水路の鳥瞰図

ピーク流量の値とその到達時間を比較し、逓減・遅延効果を検討するために $x=10m$ (上流) と $x=55m$ (下流) の位置のデータを使用した。

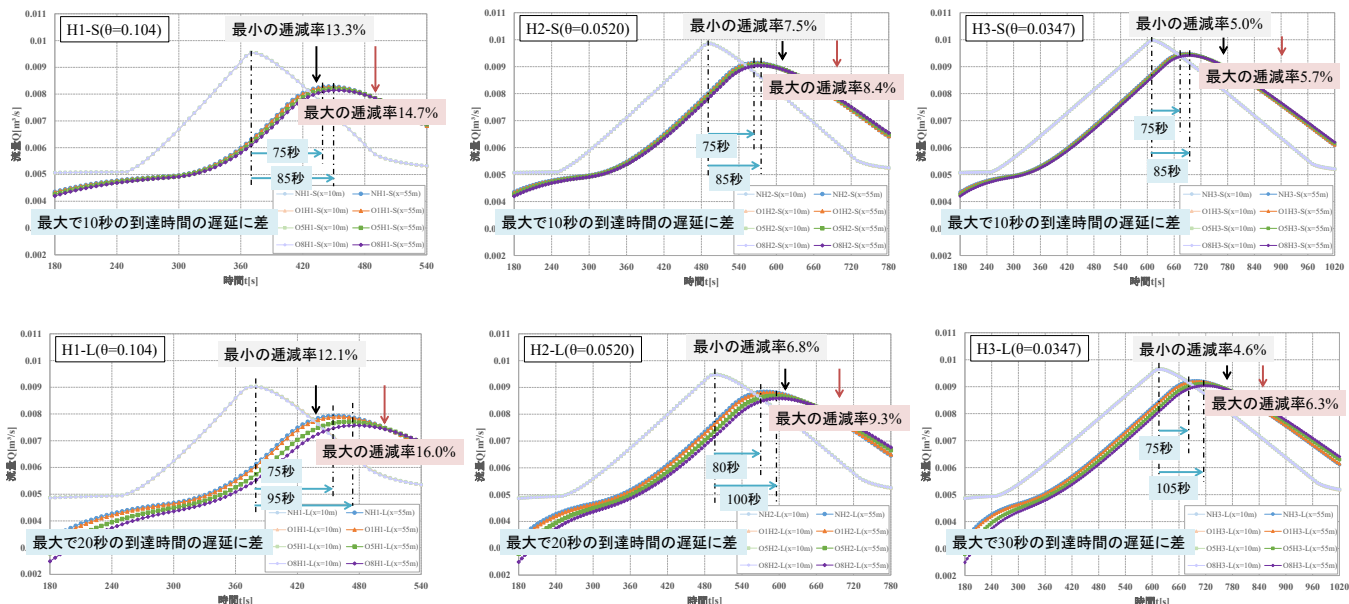


図-3 流量ハイドログラフ

ピーク流量の逓減率 Q_R は以下の式を用いた。

$$Q_R = 1 - Q_p / Q_{max} \quad (2)$$

ここで、 Q_p は $x=55m$ におけるピーク流量 (m^3/s)、 Q_{max} は $x=10m$ におけるピーク流量 (m^3/s) である。

(1)ピーク流量の逓減率

$x=10m$ と $x=55m$ における流量ハイドログラフを比較したグラフを図-3に示す。ただし、紙面の関係から貯留空間個数が0、1、5、8個の場合の上流のハイドログラフと下流のハイドログラフが示されているが、上流のハイドログラフはほぼ同一曲線上にプロットされているため、1本に見える。

ハイドロの傾きが最も急で貯留空間幅が0.3mのH1-Sの場合(左上)、貯留空間が0個の場合のピーク流量逓減率が13.3%であるのに対し、貯留空間個数が8個になると14.7%の逓減となった。また、ハイドロの傾きが急で貯留空間幅が0.9mのH1-Lの場合(左下)、貯留空間が0個の場合のピーク流量逓減率が12.1%であるのに対し、貯留空間個数が8個になると16.0%の逓減となり、その差が大きくなった。一方、ハイドログラフの傾きが最も緩やかで貯留空間幅が0.3mのH3-Sの場合(右上)、貯留空間が0個の場合のピーク流量逓減率が5.0%であるのに対し、貯留空間個数が8個になると5.7%の逓減となった。また、ハイドロの傾きが急で貯留空間幅が0.9mのH3-Lの場合(右下)、貯留空間が0個の場合のピーク流量逓減率が4.6%であるのに対し、貯留空間個数が8個になると6.3%の逓減となった。つまり、ピーク流量の逓減はハイドログラフの傾きと貯留空間量に依存するが、ハイドログラフの傾きが緩やかになると貯留空間が増大してもピーク流量の逓減効果が小さくなることが分かる。以上を整理するために、すべてのケースにおける貯留空間量と逓減率 Q_R の関係を図-4に示した。貯留空間量が大きくなるにつれピーク流量の逓減率は右肩上がりの傾向を示すことがわかるが、ハイドログラフの角度が緩いほ

ど右肩上がりの傾向が小さくなる。これは、ハイドログラフの傾きが緩くなったことで主流方向の流量に対する主流域から貯留空間に流入する単位時間当流量が相対的に小さくなることに起因すると考えられる。

(2)ピーク流量の到達時間の遅延

貯留空間幅が小さいケース(0.3m)の場合、到達時間の遅延の差は最大で10秒であった。一方、貯留空間幅が多いケース(0.9m)の場合、ハイドログラフの傾きが緩やかなH3では到達時間の遅延の差は最大で30秒となるが、ハイドログラフの傾きが急もしくは中程度のH1、H2では20秒となった。このように、貯留空間量が大きくなると到達時間は遅延するが、ハイドログラフの傾きについては明確な傾向が見られなかった。

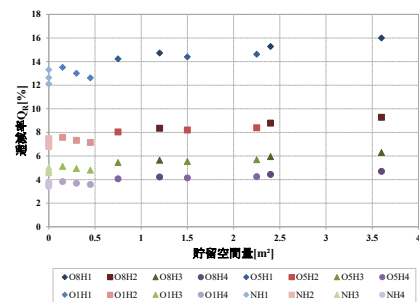


図-4 逓減率 Q_R 分布図

5. おわりに

数値計算の結果から、長さ45mの水路に対して貯留空間量が $1m^2$ 以上あると、貯留空間がない場合と比べ、逓減率が1~4%大きくなった。これを50倍スケール換算すると、2.5kmの河道の側方に $50m^2$ 以上の貯留空間が存在すれば、1~4%の逓減効果が期待できることになる。実際の川づくりにおいても、この程度の部分拡幅を行うことは実際に可能であり、結果、ハイドログラフの変形にも有効である可能性が示唆された。なお、ピーク流量の到達時間についてはピーク流量の逓減程明確な傾向は見られなかった。

6. 参考文献

1) 高橋保：不規則断面水路の洪水流(1)，京大防災研究所年報，第13号B，pp.299-310，1970。