

貯水池の洪水調節機能に関する一考察

大阪大学工学部 正員 室田 明
 近畿大学理工学部 正員 江藤 剛治
 日本道路公団 正員 〇吉岡 正道

1. まえがき

各流域における貯水池数の増大とともに、貯水池相互間の関連において、その機能を評価することは困難なものとなっている。そこで貯水池の洪水調節機能を明らかにするための第一段階として、自然の流域において洪水波形が変形する過程を、a) 単位流域における貯留効果による変形、b) 河道における洪水の到達時間の差異による変形、c) 河道流下に伴う変形、の三つのステップに分けて考え、その機構を明らかにした。さらに、この解析をもとにして、流域形状や貯水池の位置が貯水池の調節効果にどのような影響を及ぼすかについて考察を行なった。

2. 流域貯留の線形化

流域貯留による洪水波形の変形機構は、(1)式に示すような非線形な貯留関数で表わすことができるが、解析を簡略化して定性的な特性の把握を容易にするために、この式を(2)式のような線形貯留型の式で近似することを試みた。

$$S = Kq^P \quad (1)$$

$$S = aq \quad , \quad a = \left. \frac{dS}{dq} \right|_{q=q_0} = K P q_0^{P-1} \quad (2)$$

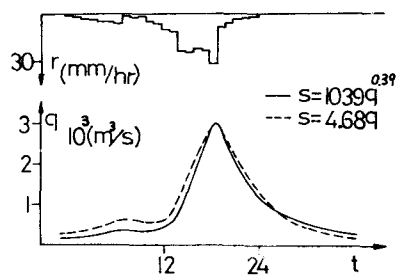


図-1

ここに、線形貯留定数 a は $S \sim q$ 曲線の $q=q_0$ における傾きであり、 q_0 の値としてはピーク流量付近の値(たとえば目標放流量)を用いればよい。この線形貯留定数 a は流域貯留による平滑化の度合いを示す時定数であり、洪水波形は時間 a だけ従属性が付加されピーク流量については、ほぼ $a/2$ の時間遅れを生ずる。図-1は高山ダム上流域に対して求められた貯留関数を、高山ダムの目標放流量 $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ を q_0 として採用し線形化した場合の適合度を確かめたものである。この図において、線形化した場合は立上り部で(1)式より得られた値に対して過大な流量を与えるが、ピーク流量付近では両者は非常によく一致しており、このような線形化によっても流域貯留効果を定性的に把握することができる。

3. 洪水の到達時間

対象地点までの洪水の到達時間が異なれば、洪水波形はずれて重ね合わせられるので洪水波形は変形することになる。この到達時間を支配的に決定するのは対象地点までの距離である。図-2は木津川水系・高山ダム及び加茂上流域について各地点までの距離の分布を示したものである。この図によれば、対象地点までの距離の分布は流域形状に支配され、従って流域形状に関する地形則から距離の分布の性質は決定されると思われる。これまでの

結果からいえば、対象地点までの距離の分布は一樣であると考えても大過ないと考えられる。

次に、洪水の到達速度が一定であれば解析がより簡単になると考えられることから、木津川における既往の洪水データを用いて各地点における洪水ピーク時の平均流速をプロットしたものが図-3である。図中※印は岡本¹⁾が相模試験地において観測した値を参考のため併記している。この図より、各洪水において流域最上流端の斜面を除けば河川の上流部でも下流部でも洪水の平均流速はさほど変化せず、3〜5 m/s のオーダーであることがわかる。

したがって、洪水の到達速度もほぼ一定であると考えられる。以上の結果、対象地点までの距離に比例して洪水の到達時間が大きくなり、洪水がずれて重なるために波形が平滑化されることになる。数百 km² 程度の流域ではこの効果のみによってピーク流量低減の 50〜70% が説明できることがわかった。

4. 河道流下に伴う洪水波形の変形

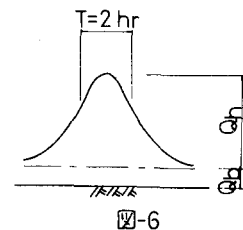
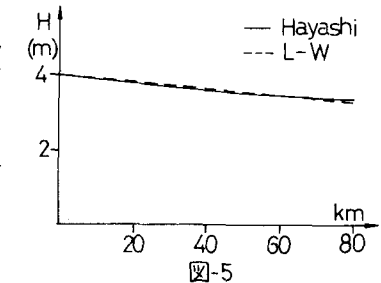
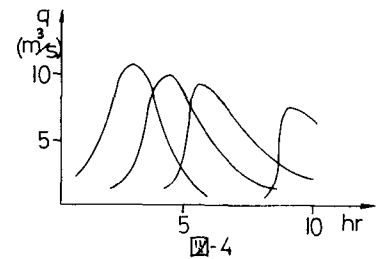
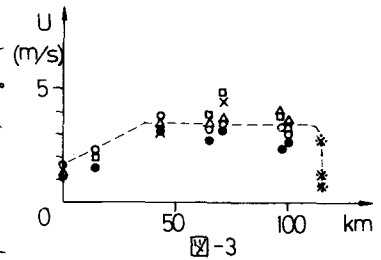
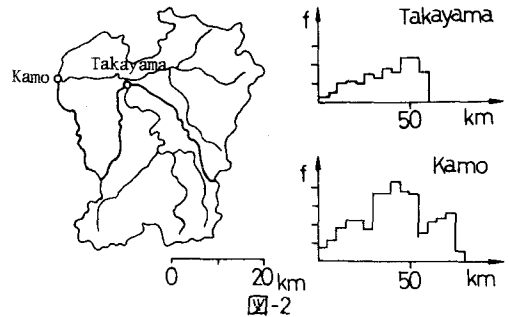
従来から河道における洪水波形の変形はさほど大きくないといわれている。そこで念のためどの程度の変形をするのか L-W 法を用いて計算してみた。図-4 及び 5 は単位中当りの基底流量 1 m/s の河道に、ピーク流量 10 m/s、 $T=2$ 時間なる正規分布形をした洪水波(図-6 参照)が加わったときの洪水波形の変形及び水深の変化を示したものである。尚、河道勾配 $I = 1/1000$ 、粗度係数 $n = 0.03$ 、とし広中矩形断面を仮定している。この結果、上流より 80 km の地点におけるピーク流量はもとの洪水波形に比べて 30% の減少、水深においては 20% の減少である。以上の解析の結果を検討するために、準定常流を仮定した洪水流理論と比較を行なった。ピーク水深の減衰に関する林の式を示せば、

$$H = H_0 \cdot \exp[\alpha x] = H_0 \cdot \exp[\alpha' t] \quad (3)$$

$$\alpha = \left[\frac{27}{250} \left(\frac{1}{F_0^2} - \frac{4}{9} \right) \frac{\ddot{H}(0)}{g H_0 I} \right]$$

$$\alpha' = c \alpha = \frac{5}{3} \alpha$$

$$\ddot{H}(0) = \frac{3}{5} \left\{ n (q_b + q_h) / I^{1/2} \right\}^{2/5} \times \left\{ - \frac{1}{(3600T)^2} \right\} q_h$$



ゆえに、

$$H \propto H_0 \cdot \exp \left[- \left(\frac{\alpha''}{T} \right) t \right] \quad (4)$$

$$Q \propto H^{5/3} \propto H_0^{5/3} \cdot \exp \left[- \left(\frac{\alpha''}{T} \right) \times \frac{5}{3} t \right] \quad (5)$$

林の理論式より計算した値と、L-W法による計算値の比較が図-5になされている。この図より、林の理論とこの解析結果が非常によく一致していることがわかる。式(4)、(5)より明らかなように、洪水の時定数 T が2倍になれば水深の低減の度合いは $1/4$ 倍、流量低減の度合いは $5/2$ 倍となる。即ち時定数 T が4時間であれば、80 km 流下しても水深の低減は5%、ピーク流量の低減は12%にすぎない。以上の解析より、河道流下に伴う洪水波形状の変形は僅かであることがわかる。

5. 流域形状と貯水池の調節効果

流域形状や貯水池の位置が、貯水池の調節効果にどのような影響を与えるのかを調べた。木津川水系加茂上流域に対して、表-1に示すような5ケースの流域を作り出し、貯水池を各地に設定してピーク流量低減に対する効果を調べたものが図-7に示されている。簡単のため貯水池は流入量全量をため込むものとしている。横軸は対象地点上流域面積のうち貯水池がカバーする面積の割合を示している。この図において、河状係数 (A/L^2) の小さい、即ち細長い流域においてはやや上に凸なる曲線で表わされるが、全体的には貯水池のカバーする面積の割合とピーク流量とは一次関係にあることがわかる。つまり流域の形状や貯水池の位置などの影響はあまりなく、貯水池の集水面積だけでほぼその調節能力が決定されることになる。これは次のような理由によるものと考えられる。この例の場合、降雨波形状のピーク付近継続時間が4時間、流域により付加される時定数が4時間である。一方、対象地点までの最長到達時間が7時間であり、この効果のみによるピークのずれはたかだかる時間半程度である。よって各流域からの流出の時間的ずれの効果があまり効かないために上記のごとき結果が得られた。この流域は、我が国の中程度の流域に相当し、この程度の流域に対しては以上を示したように、流域の形状や貯水池の位置によらず、貯水池の集水面積が対象地点の上流域面積に占める割合によりその調節能力が決定されることがわかる。

CASE	対象地	A (km ²)	L (km)	A/L ²	t _m (hr)
1	Kamo	1470	78	0.241	7
2	Oogawara	1140	62	0.300	5.5
3	Kamo	944	78	0.155	7
4	Kamo	731	78	0.120	7
5	Takayama	615	60	0.171	5.4

表-1

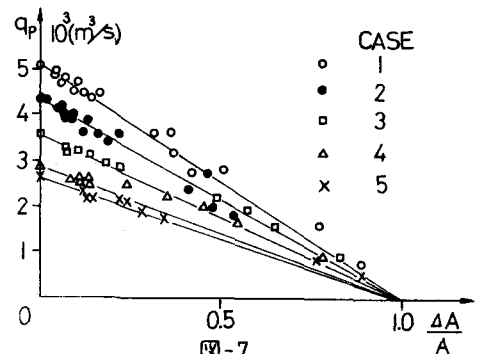


図-7

参考文献

- 1) 岡本芳美：山腹における降雨の浸透と流下について，才17回水理講演会講演集，1973