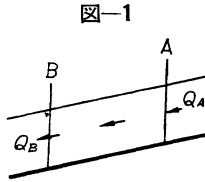


# 河道の洪水調節計算法

藤 芳 義 男\*

## 1. 河道調節の計算法

洪水が河道を流下する場合にはその水面積に応じて洪水は扁平化し、その最大流量も最高水位も下流にゆくに従って逓減する。これを洪水調節といい、はんらん水面が大きいほど調節量は大きくなる。調節量が大きいほど洪水の頂点の伝播速度は小さくなる。



この河道調節の水理学的計算法には従来から連続方程式が用いられている。すなわち図-1において、

$$Q_A = Q_B + F \frac{\Delta H}{\Delta T} \dots\dots\dots (1)$$

しかしこの方程式だけでは上下流の水位時間曲線がないと計算できない。また水位時間曲線があつても実際に計算してみるとかなりの誤差を覚悟しなければならない。任意の雨量曲線から洪水を追跡する場合には連続方程式のみでは計算できないので、運動方程式を組み合わせなければならない。

そこで著者は次の方法を用いた。すなわち河道のある区間の上流端をA点、下流端をB点とし、B点における水位流量曲線を吟味しておく。そうすれば

$$Q_{B1} = Q_{B0} + \frac{\partial Q_B}{\partial H_B} \delta H_B \dots\dots\dots (2)$$

となるから (1) 式に代入すれば

$$\begin{aligned} Q_{A1} &= Q_{B1} + F \frac{\Delta H_{AB}}{\Delta T} \\ &= Q_{B0} + \frac{\partial Q_B}{\partial H_B} \Delta H_B + F \frac{\Delta H_{AB}}{\Delta T} \end{aligned}$$

となる。ただし  $Q_{B0}$  は  $Q_{B1}$  より  $\Delta T$  時間前の流量を示す。これから

$$\Delta H_B = \frac{1}{\frac{\partial Q_B}{\partial H_B} + \frac{F}{\Delta T} \frac{\Delta H_{AB}}{\Delta H_B}} (Q_{A1} - Q_{B0}) \quad (3)$$

をうる。 $\Delta H_{AB}$  は AB 2点間の水位変動の平均値であるが、これが未知の場合は最高水位と平水位の差  $H'$  がおよそわかつていれば、

$$\frac{\Delta H_{AB}}{\Delta H_B} = \frac{1}{2} \frac{(H_A' + H_B')}{H_B'}$$

\* 正員 工博 熊本大学教授

で概算するしかない。しかし AB 間の距離が短く河状にいちじるしい変化のない場合は  $\Delta H_{AB} \approx \Delta H_B$  と置ける場合が少なくない。

また  $\frac{\partial Q_B}{\partial H}$  は B 点の水位流量曲線から水位 1 m 当りの流量増減量を計算すればよい。 $\Delta T$  は洪水頂点付近を除けば 1 時間 = 3600 s にとつてさしつかえない。

以上は  $\Delta H$  を算定するのであるが、洪水調節の計算には (3) をさらに変形して

$$\frac{\partial Q_B}{\partial H_B} \Delta H = \frac{1}{1 + \frac{F}{\Delta T} \frac{\Delta H_{AB}}{\Delta H_B} \frac{\partial Q_B}{\partial H_B}} (Q_{A1} - Q_{B0})$$

または

$$\Delta Q_B = \mu (Q_{A1} - Q_{B0}) \dots\dots\dots (4)$$

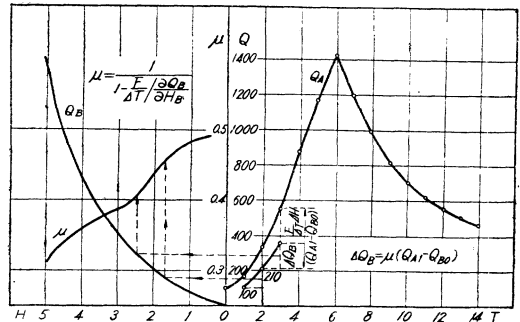
$$\mu = 1 / \left( 1 + \frac{F}{\Delta T} \frac{\Delta H_{AB}}{\Delta H_B} \frac{\partial Q_B}{\partial H_B} \right)$$

を用いるのがよい。

以上は図式によつて計算するのが便利である。すなわちまず  $H-\mu$  曲線を左図に記入し、 $H-\mu$  曲線はあらかじめ  $H-Q$  曲線から  $H-\frac{\partial Q}{\partial H}$  曲線を算定し、 $\frac{F}{\Delta T} \frac{\Delta H_{AB}}{\Delta H_B}$  も算定して得られるものであるが、過去に多数の実測値(水位流量の)があるところでは逆に  $\mu$  を実測値から算定することも一方法である。

従つて図面の垂直軸に  $Q$  と  $\mu$  をとり、水平軸には右に時刻  $T$ 、左に水位  $H$  をとり、最初の時刻の  $Q_{B0}$  だけは推定値で適当に定める (図-2)。

図-2 河道調節図式計算法



## 2. 白川における河道調節の計算例

以上のようにして白川中流部(鳥子川-龍田口間)の洪水調節を計算したのが表-1 と 図-3 である。

ここで流入曲線  $Q_A$  は雨量曲線から普通の洪水追跡

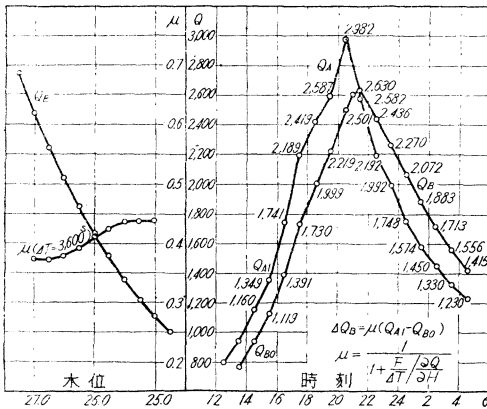
法すなわち地帯分割法によつて計算したもので、総流量のうち黒川分は赤瀬の水位流量により、また支川白川分は最大流量だけ栃木地点の水位水面勾配から吟味し、合流点立野では最高水位までは水位曲線から流量計算したもので補正したものである。

実際の計算ではA点が最高水位に達してからB点が最高水位に達するまでの間は  $\Delta T$  を短くする必要がある。従つて  $\mu$  を一回一回計算しなければならない。ところが  $\Delta T$  をつきつぎに半減すると  $F$  もつきつぎに減つてゆくの、AB間の到達時間が1時間のところであつたら  $\mu$  はあまり変化はないことになる。

表一 白川中流部(龍田口)水理表

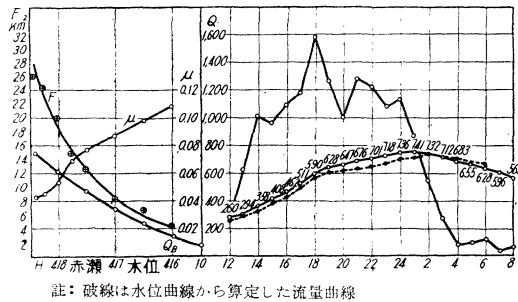
$H_B$	$Q_B$	$\frac{\partial Q_B}{\partial H_B}$	$\frac{F}{3600}$	$\frac{F}{3600} \frac{\partial Q_B}{\partial H_B}$	$\mu$
27.0	2 480	1 020	1 710	1.67	0.375
26.5	2 040	780	1 290	1.65	0.378
26.0	1 670	680	960	1.41	0.415
25.5	1 360	580	690	1.19	0.437
25.0	1 110	420	500	1.19	0.437

図一 白川中流部洪水調節(流量地点 龍田口)



河川の上流地帯では流入曲線  $Q_A$  を雨量曲線と同じにすることもできるはずである。同じ白川大洪水で支川黒川(阿蘇谷)では、はんらん面積がきわめて大きいために雨量曲線とは全く異なる流出曲線を示した。すなわち、雨量ピークは18時、白川黒川合流点立野の水位ピークは20時、下流熊本市内の水位ピークでさえ22~23時であつたのに、黒川下流赤瀬の水位ピークは翌日午前2時

図一 黒川(阿蘇谷 赤瀬)流量解析



註: 破線は水位曲線から算定した流量曲線

であつた。従つて流域面積の大きさにかかわらず、ピーク流量はわづかに  $740 \text{ m}^3/\text{s}$  にすぎず、いちじるしい洪水調節現象を呈した。

図一は黒川の流出曲線を雨量曲線から算定したもので、最大流量時の水面積  $F=27\,000\,000 \text{ m}^2$  におよぶ。雨量曲線は雨量(宮地, 阿蘇山上, 黒川)を地帯分割法によつて赤瀬地点に集中し、流出係数は100%としたものをとり、これを流入曲線  $Q_A$  とした。図でわかるように地帯分割法によつて算定した  $Q_A$  (すなわち流出曲線) と実際の流出曲線(赤瀬の水位曲線から算定したもの)とは全く形が異なる。

$\mu$  はもちろん水面積水位曲線と赤瀬の水位流量曲線から計算したものであるが、簡単のために  $\Delta H_{AB} \div \Delta H_B$  とした。しかし実際はこの条件は修正を要し、かつ水面積曲線も降雨終了後水位が下がるに従つて各地の湧水現象が強くひびいてくるので、むしろ  $\mu$  は赤瀬流量曲線から逆に算定する方が実際的と考えられる。

このように  $\mu$  を実測値から逆に算定して  $\mu-H$  曲線をあらかじめ用意しておけば、雨量からただちに流量曲線を算定することができて、洪水予報などに便利ではあるまいか。特にはんらん面積の入りみだれる河川、支流の多い河川では便利と考えられる。

表二 黒川(赤瀬)水理表

$H(\text{m})$	$F(\text{km}^2)$	$\frac{F}{3600} (\frac{\text{m}^2}{\text{s}})$	$\frac{\partial Q}{\partial H} (\frac{\text{m}^3}{\text{s}})$	$\frac{F}{3600} \frac{\partial Q}{\partial H}$	$\mu$
418.4	26.0	7 220	325	22.2	0.043
418.0	19.9	5 520	316	17.5	0.054
417.5	12.6	3 480	294	12.0	0.077
417.0	8.3	2 310	220	10.5	0.087
416.5	6.6	1 840	200	9.2	0.098
416.0	4.2	1 170	160	7.3	0.108

### 3. 流量の通減

$$\text{いま } \Delta Q_B = \mu(Q_{A1} - Q_{B0})$$

において  $Q_A$  が雨量を示す場合、降雨終了後には  $Q_{A1} = 0$  とすれば

$$\Delta Q_B = -\mu Q_{B0}$$

となる。 $\Delta Q_B$  は 0-1 時間における流量変化であるから

$$Q_B = \frac{1}{2}(Q_{B0} + Q_{B1}) = \frac{1}{2}(Q_{B0} + Q_{B0} + \Delta Q_B)$$

$$\therefore Q_{B0} = Q_B - \frac{1}{2} \Delta Q_B$$

これを  $\Delta Q_B = -\mu Q_{B0}$  の  $Q_{B0}$  に代入すれば

$$\Delta Q_B = -\mu \left( Q_B - \frac{1}{2} \Delta Q_B \right)$$

$$\therefore \Delta Q_B = -\frac{\mu}{1 - \frac{1}{2}\mu} Q_B$$

となる。従つて

$$\Delta Q_B = -\lambda Q_B, \quad \lambda = \frac{\mu}{1 - \frac{1}{2}\mu}$$

となる。時間  $t$  に関する微分方程式に直すと

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \lambda Q = 0, \quad \lambda = \frac{\mu}{1 - \frac{1}{2}\mu} \dots\dots\dots (5)$$

となるから、これを解き、 $t=0, Q=Q_0$  の限界条件を入れると

$$Q = Q_0 e^{-\lambda t} \dots\dots\dots (6)$$

となる。これは降雨終了後の一地点における流量逓減の方程式である。もちろんこの  $\lambda$  は、variable constant であつて水位とともに変化するから、 $\lambda$  について長時間にわたる計算は分割して平均の区間づつ計算すべきである。ただ流量観測カ所で水位流量時間曲線が測定してあつたら、これから  $\mu$  を逆算することができるし、さらに  $\mu$  を算定することもできるわけである。

#### 4. 結 論

この計算法は貯水池による洪水調節計算法の応用であり改善である。この計算法に従えば次のことがいえる。

- 1) 地帯分割法では雨量ピークと洪水ピークの時間差

を解決できない。

- 2) 任意の想定雨量に対する流出曲線なり、ピーク時間なりを計算するのに便利である。

- 3) 著者の行つた若干の計算の結果、「洪水の伝播速度はやはり波であつて  $\sqrt{gH}$  に従い、ただ洪水調節作用のためピークが遅れる」と考えられる。

- 4)  $\frac{dQ}{dt} + \lambda Q = 0$  が成立すると、いま流量地点上流にある貯水量を  $M$  とすれば、 $\frac{dM}{dt}$  は貯水量の増減量で降雨蒸発を 0 とすればそれは流量である。すなわち  $\frac{dM}{dt} = -Q$  であるから上式に代入すると

$$\frac{dQ}{dt} = \lambda \frac{dM}{dt}$$

$$\therefore Q = \lambda M + C$$

$Q=0, M=0$  の限界条件を入れると

$$Q = \lambda M$$

となり、貯水量と流量が比例することになる。若干の計算例でもこれはほぼ認められる。

以上の研究がさらに後続すべきものであることを特に付言したい。

### 口—絵—写—真—募—集

毎号学会誌の巻頭へ掲載する口絵写真を募集いたします。別にむづかしい規定は設けませんが、未発表の新しいものでキャビネ判程度の大きさを希望いたします。応募写真には必ず簡単な説明をつけて下さい。採用の分には薄謝を呈します。

## コンクリートパンフレット

各号共 A 5 判 1 部 60 円 〒 10 円  
全国丸善書店などでも販売中  
他号は省略、御一報次第図書目録進呈

第 1 号 **コンクリートの常識** (改訂 2 版) 76 頁  
京都大学教授・工博 近藤泰夫氏執筆

第 6 号 **コンクリート重力ダムの設計** (改訂版) 66 頁  
日本大学教授・工博 内村三郎氏執筆

第 48 号 **遠心力鉄筋コンクリートクイ** 70 頁  
大同コンクリート工業 K.K.  
綾 亀一氏・中田重夫氏共同執筆

第 49 号 **空 港** 72 頁  
防衛庁施設課  
早川 精氏・鶴見登吉氏・共同執筆

第 50 号 **コンクリート・マニュアル(抜萃)** 50 頁  
京都大学教授・工博 近藤泰夫氏訳

第 51 号 **セメント彫 塑** 54 頁  
女子美術大学教授 乗松 巖氏執筆

### 新 企 画 /

コンクリート構造物設計図集 1.

### ★ 飼 料 サ イ ロ ★

東京教育大学教授  
松田 俊正氏 執筆  
A 4 判 16 頁  
本文上質紙 2 色刷  
1 部 60 円 (〒 10 円)

飼料サイロの設計ならびに工事費のだいたいの算定から施工法まで判るように説明

東京都港区赤坂台町 1 番地

社団法人 **日本セメント技術協会**

振替東京 196803 電話赤坂 (48) 8541~3

紙を螺旋状に巻きエンドレスパイプとした我国最初の新製品です。

規格表

(特許申請中)

内径(%)	50	100	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
内厚(%)	2.5	3.5	3.5	5.0	6.0	8.0	10.0	10.0	10.0	11.0	11.0	12.0

# フジチューブ

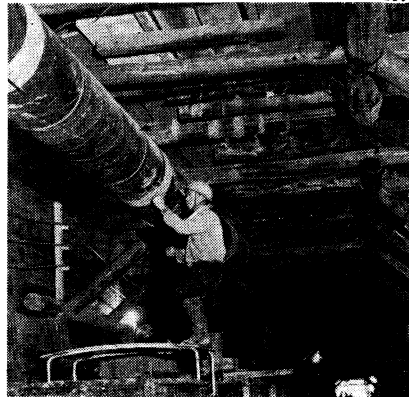
建築・土木の円柱建造に最適のもので  
す。フジチューブを立てその中にコン  
クリートを流し込むだけで正確な円柱  
が簡単に建造することが出来ます。

# フジボイド

スラブの軽量化に使用されます。  
スラブ又は壁体のコンクリート打ちの  
際、フジボイドをせき板とせき板の中  
間に排列し、その周囲にコンクリート  
を流し込み、いわば継目なしのコンク  
リートブロックを現場にて作成出来る  
画期的な製品です。

# フジエアダクト

従来より隧道用の空気調整用パイプは、鉄板製の  
ものが用いられていますが、非常に重く且つチョ  
イントに多大の手間  
を要しますが、フジ  
エアダクトを使用  
すれば軽量で取扱い  
易く、而も価格が極  
めて低廉であります。



隧道用エアダクト施工の実況  
(福島県只見町 滝沢隧道工事)  
鹿島建設施工



## 藤森建材株式会社

東京・東京都中央区日本橋通1の5(中内ビル) TEL (28) 6271~2  
大阪・大阪市西区土佐堀通1の1(大同ビル) TEL (44) 0225・7569

(カタログ・見本進呈)

