

討 義

土木學會誌 第十八卷第一號 昭和七年一月

河川の流出量公式

(第十七卷第七號及び第十一號所載)

著者 會員 工學士 都々木春美

河川の流出量公式に就て、土木學會誌第十七卷第十一號に於て、疑問を指示せられたるに對し、著者の解答を述べんとす。

筆者は原文第一節に述べたる、流出量の流下時間 α を省略して考へたる場合と省略せずして考へたる場合とを混同せられたるものと思はる。 α 時間を省略せずして考へたる場合は、降雨最大時刻と、流出量最大時刻との間の時間は著しく大となり得るも、 α 時間を省略して考へたる場合は、該兩者の間の時間は左程大とならざるものである。筆者は流域面積が極端に小であれば、降雨開始時刻と流出開始時刻とは殆んど一致し、又降雨量最大時刻と流出量最大時刻とも一致し、 α に變化ない、と述べられて居るが、假令流域面積が極端に小なりと雖、零でない以上は降雨開始時刻と流出開始時刻と一致することは實際に有り得べからざることにして、多少の時間はあり得べきである。即ち原文第一圖に表はしたる α 時間は流域面積の大小により變化すべきも、零となることは有り得べからざることなり。況んや降雨量最大時刻と流出量最大時刻とは流域面積が零でない限り一致すること能はざる理なり。以上は α 時間を省略せずして考へたる場合なるが、假令 α 時間を省略して考へ、降雨開始時間と流出開始時間とを一致せしめたる場合と雖、降雨量の最大時刻と流出量の最大時刻と一致すること能はざるは次の説明に由り明かなり。

今假に或る河川の a なる地點と夫れより或る距離だけ下流にある b なる地點とを考へるものとす。然らば a なる地點に於て最大流出量を出現せしめたる水が b なる地點を通過する時は、 b なる地點に最大流出量を出現せしめず、即ち該時刻より以後に於て b なる地點に最大流出量を出現す。然らざれば a 地點と b 地點との間に於ける水路の水位を上昇せしむるに要したる遊水量（若しくは貯水量）を認めざることゝなる。即ち a b 間に該貯水量は無きものとするにあらざれば、 a 點を最大流出量として通過したる水が下流の各所を通過すると同時に各地點に最大流出量を出現せしむること能はざる理なり。然るに b 地點に於て未だ尙増水をなしつゝある場合に於ては、 b 地點の水位を上昇せしめつゝある際なるを以て a b 間の貯水量を認めざる能はざることは論を俟たざる處なり。故に a 地點を最大流出量とし

て通過したる水が b 地點を通過したる時刻後に於て b 地點の最大流出量は出現す。以上は a 地點を水源地となしたる場合に就ても同様に説明することを得べし。

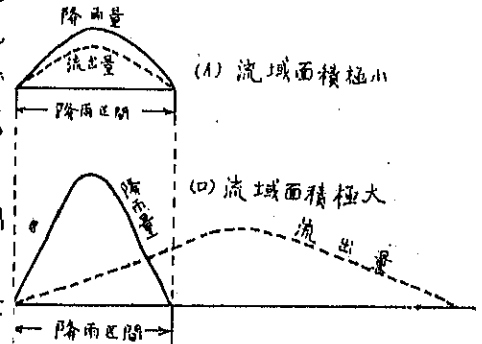
次に筆者は第二の疑問として“ $R(t)=Q(t)$ なる時 $dQ(t)/dt=0$ 以外の場合なし” とすることは貯水池に於ては成立するも、水源地の場合は然らずとせられたり。尙説明を加へて、

(イ) 流域面積が極少なる場合、降雨量は即ち流出量であり、且つ流出量は降雨量より小なるべきを以て、右圖(イ)の如くなり、結局 $R(t)=Q(t)$ なる場合は $Q(t)$ 曲線が最大に達したる時刻に於て起り得る。こは $dQ(t)/dt$ が負であり得ることを立證するものであると述べられたり。

然れども(イ)圖を見る時は降雨量より流出量を省略したる残りの貯水量は全部地中深く滲透し若しくは蒸發せしめ、再び流出量として流下する水量は全然皆無なる場合を表はせるものなり。然しながら斯の如く水源地に遊水(若しくは貯水)したる水量を全部地中深く滲透若しくは蒸發せしめ、其の一滴も流下せしむることなき水源地が實際にあり得るかは著者の甚だ疑問とする處なり。次に又筆者の述べらるゝ所に依れば、

(ロ) 流域面積が極大なる場合、降雨起點と流出起點との時差より降雨最大時刻と流出最大時刻との時差は遙かに大なるを以て、 $Q(t)$ 曲線の最大點は流域面積の大なるに従ひ何程にても右方に伸延し得る可能性がある、降雨量曲線 $R(t)$ の終點より更に以後に於てさへ生起し得る可能性がある、こは大なる河川に就て考ふれば何人も肯定せらるゝことと思ふ、とあり。

原文第一圖に示したる場合の如く α 時間を省略せずして考ふる時は、流域面積の大なるに従ひ降雨最大時刻と流出最大時刻との時差を何程にても伸延し得る可能性があることは著者としても否定し能はざる處なり、然れども α なる流下時間を省略して考ふる時は、降雨最大時刻と流出最大時刻との時差は單に調節作用(貯溜作用)のみに由りて生ずるものなるが故に筆者の考へらるゝ程に伸延するものにあらず。例へば本文に於て既に述べたる如く、 a 地點を流出量最大時刻に通過せし水が α 時間後に b 地點を通過するものとし、 a 地點と b 地點とに於ける最大流出量の時刻の差を δ とし、而して $\delta - \alpha = \gamma$ とすれば、 γ は兩地點間に於ける貯溜作用のみに由り生ずる兩地點間に於ける最大流出量の時刻の差となり、従て δ は流下時間と貯溜作用とに由り生ずる兩地點間に於ける最大流出量の時刻の差となる。故に α 時間



を省略して考ふる時は、兩地點間に於ける最大流出量の時刻の差は y 時間のみとなる。然らば流域面積大なる程貯溜作用は大となるが故に y なる時間も亦伸延するには相違なきも、 y 時間は單に貯溜作用のみより生ずるものなるが故に、 x 時間が流域面積の大なるに従ひ伸延する程には y 時間は伸延するものにあらざること容易に肯定せらるゝ處なり。尙具體的に詳説せんに、 a 地點の最大流出量を Q とし、 b 地點の最大流出量を q とし、 a 地點を通過する水量が q より大なる、 q に等しき及び q より小なる三つの場合に就て考究するものとす。假に Q が a 地點を通過して b 地點に達したる時は b 地點に於ては未だ尙増水をなしつゝある時なり、何となれば b 地點より上流に於ける流出量は開始以來此の時刻までに増加のみをなし來り、未だ減水をなさざるを以てなり、故に

(I) a 地點を通過する水量が其の最大量より減少するも尙 q より大にてありさへすれば、該水量が a 地點を通過して b 地點に達したる時の b 地點に於ては、未だ減水の原因を發生せざるが故に、尙増水をなしつゝある時なり、即ち b 地點に於ては其の最大流出量 q に達せず、従て a 地點を通過する時は q より大なる水量なりしも、 b 地點に到達する迄に川敷内に其の水量の幾分を貯溜して流下し、 b 地點を通過する時は q より小なる水量となる（該水量が b 地點を通過する時刻と同時に於て a 地點を通過する水量は a, b 間の距離大なるに従ひ極めて少量となるべきも、該水量が b 地點に到達するには x 時間後なり）。次に

(II) a 地點を通過する水量が其の最大 Q より漸次減少し、而して q よりも尙小となりたる水量が a 地點を通過し、 b 地點に到達したる時刻に於ては、 b 地點の流出量は減少こそすれ（ b 地點の流水面より高き他の水面の貯水池より水量を補給せぬ限りは）、該水量を増加する何等の原因を認むる能はず。故に

(III) a 地點を通過する水量が Q より漸次減少し、 q と等しくなりたる水量が a 地點を通過し、尙流下して b 地點に達したる時が即ち b 地點に於ける最大流出量の時なりと考ふるを得べし。

以上は a 地點を河川中の任意の地點に選定したるも、 a 地點を水源地とし、尙 a 地點の流出量を水源地の第一段の調節作用を受けたる所謂降雨量となしたる場合に於ても同様に説明することを得。而して (III) の場合を圖上に表はす時は原文第二圖となる。該圖上に於て $R(t)$ 曲線と $Q(t)$ 曲線と相交する状態は原文 7 頁より 10 頁に亘り (a), (b), (c) の 3 項に分ち説明せる處なり。然る時は次の 3 事項の結果を得べし。

(1) x 時間は降雨量が水源地に降下したる時より該水量が流下して流量観測地點 (b 地點) に達したる時までの時間なるを以て、 x 時間を省略して考ふる時は、降雨中の或る水量が水源地に降下したる時刻と、該水量が b 地點を通過する時刻とは同時刻となる。

(2) 前記 $s-x=y$ なる時間は最大降雨量が b 地點に達したる時刻より b 地點の最大流出

量に達する時刻までの時間にして、又最大降雨量の時刻より b 地點の最大流出量に等しき降雨量となりたる時刻までの時間なり。

(3) α 時間は流域面積の増大に従ひ伸延するも、 γ 時間は α 時間程には伸延せず。

次に筆者の肯定せる (ロ) 圖に就て視る時は、原文第三圖と等しき場合にして、降雨開始時刻と流出量開始時刻とは α 時間を省略して考へたるものなるも、最大降雨量の時刻と最大流出量の時刻との關係は α 時間を省略せずして考へたるものにあらざるや、を疑はしむ。尙 (ロ) 圖に於て降雨量曲線と横軸との間の面積は、流出量曲線と横軸との間の面積に等しかる可きが故に (假に地下滲透量及び蒸發量は考慮せざるものとす)、兩者重なりたる面積を前者より扣除したる面積 (貯溜量) は後者より扣除したる面積 ($R(t) = Q(t)$ の時より以後の流出量) に等しかる可きなり (若し地下滲透量及び蒸發量を考ふる時は前より後者は小となるべきなり)。然るに (ロ) 圖の場合の如きは、貯溜量よりも流出量 ($R(t) = Q(t)$ の時より以後に於ける) が大となる場合を生ぜしむることなきや、疑なき能はざる處なり。

尙 (ロ) 圖に於ける兩曲線の交叉點に就て考ふるに、今該交叉點に於ける降雨量並に流出量を q' とし、且該圖は α 時間を省略して考へたるものとすれば、降雨量 q' が水源地に降下したる時刻と、該降雨量が流下して觀測地點に到達したる時と同時刻となる。故に (ロ) 圖に由る時は、觀測地點に到達する降雨量にして q' なる水量以降の水量は減少する一方なり、之れに反し同時刻後の b 地點の流出量は益々増大することを表はせり。斯く觀測地點に到達する水量が漸次減少するに反し、該地點を流出する水量が益々増大する場合は、到達する水量が流出する水量より大なる間のみ起り得る現象にして、到達する水量より流出する水量が大となりたる時は (此の場合流出水量に對する到達水量の不足は遊水量の自然流下に由り補給するものなるが故に水位落差の關係上) 流出量を益々増大せしむること能はざる理なり。如上の理により、 α 時間を省略して考ふる場合に於ては、(ロ) 圖の如きは實際に於て有り得べからざることを信じて疑はざる處なりとす。

序に尙述べたきことは、貯水池に於ても、其の面積大にして流入口と流出口との間に相當の距離ある時は、流入水量が貯水池に流入さるゝや直ちに流出口に於ける水位を上昇せしむること能はざるが故に、流入水量が流出口に達する迄に α 時間を要することは容易に首肯せらる。然れども著者の論文にありては、貯水池の流出口並に河川の流出量觀測地點に於て各時間に對する各流出量を求むるを目的とするものにして、流入水量が貯水池に入りて流出口に達する α 時間又は降雨が水源地より河川を流下して觀測地點に達する α 時間は幸に之れを知るを要せざるものにして、 α の値の大小は問ふ處にあらず。即ち α 時間を扣除して考へ得る處に著者の論文の目的を達したるものなり。

元來 smooth curve にて表はし得る流出量曲線は絶對になしとするも敢て過言にあらずと

信す。然れども水源地の第一段の調節作用を受けた後の降雨量は smooth curve とすを得べし。而して降雨量が水源地より流出量観測地點に達する w' 時間と、降雨後水源地に於て第一段の調節作用を受けたる降雨量が流出量観測地點に達する w'' 時間とは相違すること明かなり。然るに w' 及び w'' 何れにしても即ち w なる時間は此の場合に於ても尙既述の如く省略して考ふることを得るを以て、第一段の調節作用を受けたる水量を所謂降雨量となすも原文の理論を覆へし能はざるものなりとす。

最後に筆者の御熱心なる御質問に對しては衷心より感謝する次第であります。尙原文に就き誤を見出しましたに就き再び訂正を致します。

訂 正

頁	行	誤	正
13	上より 15	$\frac{dF(t)}{dt} = D(T-t)^E - DE(T-t)^{E-1} \times \{(T-t) - Et\}$	$\frac{dF(t)}{dt} = D(T-t)^{E-1} \{T - t(E+1)\}$
"	" 17	$t = \frac{T}{E} + 1$	$t = \frac{T}{E+1}$
"	" 19	$\frac{d^2 F(t)}{dt^2} = DE(T-t)^{E-2} \times \{(E-1)t - 2DE(T-t)^{E-1}\}$	$\frac{d^2 F(t)}{dt^2} = DE(T-t)^{E-2} \times \{(E+1)t - 2T\}$
"	" 21	$\frac{d^2 F(t)}{dt^2} = DE \left(T - \frac{T}{E+1} \right)^{E-2} \times \left\{ \frac{(E-1)T}{E+1} - \frac{2DE(ET)}{E+1} \right\}$	$\frac{d^2 F(t)}{dt^2} = -DE \left(\frac{ET}{E+1} \right)^{E-2} T$
"	" 22	$E > 1$	$E > 0$
"	下より 1	$E > 1$	$E > 0$