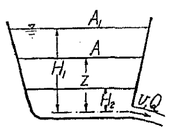
第十七章 貯水池及び水槽

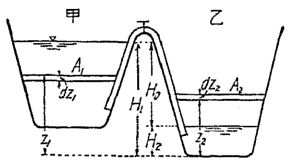
[85] 貯水池又は水槽の水を排出する時間

(1) 流出孔より排出する場合 水位に依て水面積の異る場合、流出孔の扉を開放して水位を H_1 より H_2 迄低下せしむるに要する時間 t を求むるには [51] (1) により

H_1…$t=0$ に於ける水位、但し水位は總て流出孔中心より測る。
z…t に於ける水位、 A_1, A…夫々 H_1 及び z に對する水面積、
a…孔面積、 C…孔の流出係數…[45] (3)



第 716 圖



第 717 圖

$$t=\frac{1}{Ca}\int_{H_2}^{H_1}\frac{f(z)dz}{\sqrt{2gz}} \quad 但し\ A=f(z)$$

若し $A=\text{const.}$ ならば

$$t=\frac{A}{Ca}\int_{H_2}^{H_1}\frac{dz}{\sqrt{2gz}}=\frac{2A}{Ca\sqrt{2g}}(H_1^{\frac{1}{2}}-H_2^{\frac{1}{2}}) \qquad (666)$$

(2) サイフオンに依て排出する場合 甲乙二水槽 (第 717 圖) の水面がある基線…此場合低き乙水槽底…より夫々 H_1, H_2 なりとし、二槽を連絡するサイフオンを作用せしむれば水は甲より乙に流入し兩者の水面差 z 即ち落差は漸減して遂に零となる。

	$t=0$ の水位	$t=t$ の水位	dt 間の水位變化	水面積
甲 水槽	H_1	z_1	dz_1	A_1
乙 ,,	H_2	z_2	dz_2	A_2
落差	$H_0=H_1-H_2$	$z=z_1-z_2$	$dz_1+dz_2=dz$	

dt 間に甲の水位は dz_1 たけ下り乙の水位は dz_2 たけ上る、從て落差は $dz=dz_1+dz_2$ たけ減少する。然るに $A_1dz_1=A_2dz_2$ なるを以て

$$dz_1=dz-dz_2=dz-\frac{A_1}{A_2}dz_1 \quad \therefore\ dz_1\left(1+\frac{A_1}{A_2}\right)=dz \quad \therefore\ dz_1=\left(\frac{A_2}{A_1+A_2}\right)dz$$

サイフオンの斷面を a としその流量が $Ca\sqrt{2gz}\,dt$…[40] (291) 式…を以て表はさるゝものとすれば

$$-A_1dz_1=Ca\sqrt{2gz}\cdot dt \ \ \ldots\ \ (\text{i}), \qquad \therefore\ dt=\frac{-A_1A_2}{Ca(A_1+A_2)}\frac{dz}{\sqrt{2gz}}$$

依て兩槽の落差が $H_1-H_2=H_0$ より $z_1-z_2=z$ に減ずる爲の時間 t を求むれば

$$t=\frac{1}{Ca\sqrt{2g}}\int_z^{H_0}\frac{A_1A_2}{A_1+A_2}\cdot\frac{dz}{\sqrt{z}} \quad \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \quad (667)$$

若し $A_1=f_1(z_1)$, $A_2=f_2(z_2)$ が簡單なる函數なる時は (667) 式を積分して t を求め得るも、積分困難なる場合は A_1, A_2 と z_1, z_2 及び z との關係を曲線にて表はし數値積分に依て t を求むる。t に於て兩水位が z_1, z_2 ならば、甲水位を dz_1 たけ下ぐるに要する時間 dt は (i) より $dt=A_1\cdot dz_1\Big/\left(Ca\sqrt{2g(z_1-z_2)}\right)$ にして、dt 後には乙水位は $dz_2=dz_1\cdot A_1/A_2$ たけ上るを以て、$t+dt$ に於ける落差は $z_1-z_2-(dz_1+dz_2)=z-dz$ である。故に次の dz_1 に對しては $t=A_1dz_1\Big/\left(Ca\sqrt{2g(z-dz)}\right)$ なる時間を要する。仍て z_1 の各値に對して $A_1dz_1=\text{const.}$ なる如き dz_1 に區分し、$z_1=H_1$, $z_2=H_2$ より始めて各區分毎に上記の計算を繰り返して進む。

若し兩水槽共水面積上下一樣なる時は (667) により

$$t=\frac{A_1A_2}{A_1+A_2}\cdot\frac{1}{Ca\sqrt{2g}}\int_z^{H_0}\frac{dz}{\sqrt{z}}=\frac{2A_1A_2}{A_1+A_2}\cdot\frac{1}{Ca\sqrt{2g}}(H_0^{\frac{1}{2}}-z^{\frac{1}{2}}) \quad \ldots\ \ldots \quad (668)$$

若し乙水槽が甲に比して極めて大なるか又は全々存在せずして大氣中に放流さるゝ時は上の各式に於て $A_2=\infty$ と置く。即ち

$$t=\frac{1}{Ca\sqrt{2g}}\int_z^{H_0}A_1\frac{dz}{\sqrt{z}} \quad 又は \quad t=\frac{2A_1}{Ca\sqrt{2g}}(H_0^{\frac{1}{2}}-z^{\frac{1}{2}}) \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \quad (669)$$

[例 21] $A_1=1{,}000\ \text{m}^2$, $A_2=1{,}500\ \text{m}^2$, $a=0.5\ \text{m}^2$, $C=0.60$, $H_0=16\ \text{m}$, $z=9\ \text{m}$
即ち落差が 16 m より 9 m に減ずる迄の時間を求むるに

(668) 式に依り $$t=\frac{2\cdot1{,}000\cdot1{,}500}{1{,}000+1{,}500}\cdot\frac{1}{0.6\cdot0.5\sqrt{2\cdot9.8}}(16^{0.5}-9^{0.5})=9{,}000\ \text{sec}=2\ \text{hr}\ 30\text{m}$$

次に $z=0$ 即ち兩水面一致する迄の時間を求むれば

$$t=\quad ,, \qquad ,, \qquad (16^{0.5}-0)=10\ \text{hr}$$

(3) 管路又は壓力隧道に依て排出する場合

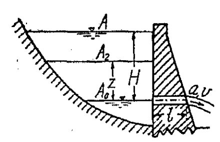
a…管斷面積 m², l…管路長 m, R…徑深 m
v…平均流速 m/sec, A…$t=0$ に於ける水面積, A_0…管軸面に於ける水面積
z…t に於ける管軸下流端面上の水面積, H…$t=0$ に於ける水頭, z…t に於ける水頭
A_z…z に相當する水面積

t に於て水頭 z と v との關係は (第 718 圖)

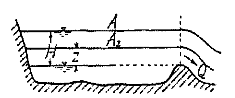
$$z=\frac{v^2}{2g}+f_0\frac{v^2}{2g}+\frac{v^2}{C^2R}l \quad \ldots \quad 任意の斷面形 \quad \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \quad (670)$$

$$z=\frac{v^2}{2g}+f_0\frac{v^2}{2g}+f\frac{l}{D}\frac{v^2}{2g} \quad \ldots \quad 徑\ D\ なる圓管 \quad \ldots\ \ldots\ \ldots\ \ldots \quad (671)$$

水面が dt 間に dz たけ下るものとすれば $-A_zdz=avdt$ にして、A と z との關係は普通 $A_z=A_0+cz+bz^2$…c,b は係數…にて近似的に表はし得るを以て



第 718 圖



第 719 圖

$$-(A_0+cz+bz^2)dz=a\sqrt{\frac{2gz}{1+f_0+\frac{2gl}{C^2R}}}dt$$

故に水面を H より z 迄下ぐるに要する時間 t は

$$t=\left(\frac{1+f_0+\frac{2gl}{C^2R}}{2g}\right)^{\frac{1}{2}}\cdot\frac{1}{a}\left\{H^{\frac{1}{2}}\left[2A-\frac{4}{3}(c+2bH)H+\frac{16}{15}bH^2\right]-z^{\frac{1}{2}}\left[2A_z-\frac{4}{3}(c+2bz)z+\frac{16}{15}bz^2\right]\right\} \quad \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (672)$$

(4) 溢流堰に依て排出する場合 (第 719 圖)

l…溢流堰の長さ, C…溢流係數

$$Q=Cl\sqrt{2g}\,z^{\frac{3}{2}} \quad \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (673)$$

然るに $\quad -A_z dz=Qdt \quad \therefore \quad dt=-\frac{A_z}{Cl\sqrt{2g}}z^{-\frac{3}{2}}dz$

$A_z=A_0+cz+bz^2$ として水面を H より z に下ぐる爲に要する時間 t を求むるに

$$t=\frac{1}{Cl\sqrt{2g}}\left\{2A_z z^{-\frac{1}{2}}-z^{\frac{1}{2}}\left[4(c+2bz)-\frac{16}{3}bz\right]-2AH^{-\frac{1}{2}}+H^{\frac{1}{2}}\left[4(c+2bH)-\frac{16}{3}bH\right]\right\} \quad \cdots (674)$$

[86] 一定の流入ある貯水池又は水槽の水を排出する場合

一定の流入量を有する貯水池の水を管路, 堰等に依て排出する場合も前節と同様の方法にて計算し得るも公式は一層複雜となる。

(1) 管路又は隧道に依る場合 (第 720 圖)

q…流入流量, Q…水位 z の時の流出流量

z…管軸下流端を基線とする水位卽ち水頭, H…$t=0$ に於ける水位

A_z…z に相當する水面積$=A_0+cz+bz^2$

$$Q=a\left(\frac{2gz}{1+f_0+\frac{2gl}{C^2R}}\right)^{\frac{1}{2}}=\lambda z^{\frac{1}{2}} \quad \text{と置く} \quad \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots \cdots (\mathrm{i})$$

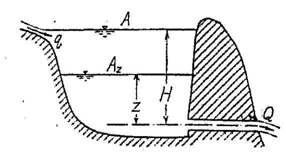
z なる水位に於て dt 間に qdt たけ流入し Qdt たけ流出して水面は dz たけ下るものとし、且つ流入流量 q は $z=h$ なる時の流出流量に等しとすれば

$$q=a\left(\frac{2gh}{1+f_0+\frac{2gl}{C^2R}}\right)^{\frac{1}{2}}=\lambda h^{\frac{1}{2}} \quad \text{玆に} \quad \lambda=a\left(\frac{2g}{1+f_0+\frac{2gl}{C^2R}}\right)^{\frac{1}{2}} \quad \cdots \cdots (\mathrm{ii})$$

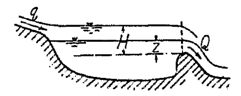
依て $\quad A_z dz=(q-Q)dt=(\lambda h^{\frac{1}{2}}-\lambda z^{\frac{1}{2}})\,dt \quad \therefore \quad dt=-\frac{(A_0+cz+bz^2)dz}{\lambda(z^{\frac{1}{2}}-h^{\frac{1}{2}})} \cdots \cdots \cdots (\mathrm{iii})$

故に水位を H より z 迄下ぐるに要する時間 t は

$$t=\frac{2}{\lambda}\left[\frac{b}{5}(H^{\frac{5}{2}}-z^{\frac{5}{2}})+\frac{bh^{\frac{1}{2}}}{2}(H^2-z^2)+\frac{c+bh}{3}(H^{\frac{3}{2}}-z^{\frac{3}{2}})+\frac{h^{\frac{1}{2}}(c+bh)}{2}(H-z)+(A_0+ch+bh^2)(H^{\frac{1}{2}}-z^{\frac{1}{2}})\right.$$
$$\left.+h^{\frac{1}{2}}(A_0+ch+bh^2)\ln\frac{H^{\frac{1}{2}}-h^{\frac{1}{2}}}{z^{\frac{1}{2}}-h^{\frac{1}{2}}}\right] \quad \cdots \quad \text{玆に} \ \ln x=2.303\log x \quad \cdots \cdots (675)$$



第 720 圖



第 721 圖

$A=A_0=\mathrm{const.}$ なる時は

$$t=\frac{2}{\lambda}A_0\left[H^{\frac{1}{2}}-z^{\frac{1}{2}}+h^{\frac{1}{2}}\ln\frac{H^{\frac{1}{2}}-h^{\frac{1}{2}}}{z^{\frac{1}{2}}-h^{\frac{1}{2}}}\right] \quad \cdots \cdots \cdots \cdots (676)$$

(2) 溢流堰より流出する場合 堰堤頂を基線として水位を測れば溢流頂の長さを l として

$$Q=Cl\sqrt{2g}z^{\frac{3}{2}}=kz^{\frac{3}{2}}, \quad q=kh^{\frac{3}{2}}, \quad k=Cl\sqrt{2g} \quad \text{と置けば}$$

$$dt=-\frac{(A_0+cz+bz^2)dz}{kz^{\frac{3}{2}}-kh^{\frac{3}{2}}}$$

水面を H より z に下ぐるに要する時間 t は

$$t=\frac{1}{k}\left[\frac{2b}{3}(H^{\frac{3}{2}}-z^{\frac{3}{2}})+2c(H^{\frac{1}{2}}-z^{\frac{1}{2}})-\left(\frac{A_0+ch}{3h^{\frac{1}{2}}}-\frac{2h^{\frac{3}{2}}b}{3}\right)\cdot\ln\frac{H^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}}{z^{\frac{3}{2}}-h^{\frac{3}{2}}}+\frac{A_0+ch}{h^{\frac{1}{2}}}\ln\frac{H^{\frac{1}{2}}-h^{\frac{1}{2}}}{z^{\frac{1}{2}}-h^{\frac{1}{2}}}\right.$$
$$\left.+2\frac{A_0-ch}{\sqrt{3}h^{\frac{1}{2}}}\left(\arctan\frac{2H^{\frac{1}{2}}+h^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{3}h^{\frac{1}{2}}}-\arctan\frac{2z^{\frac{1}{2}}+h^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{3}h^{\frac{1}{2}}}\right)\right] \quad \cdots \cdots \cdots (677)$$

流入流量 q が變化する場合は、ある期間の平均流量 q_1 を以てその期間一様に流入するものとして、その期間の終りの水位を (677) 式に依て求め、次の期間に於ても同様に平均流量 q_2 にて一様に流入するものとしてその終期の水位を求めて漸次に進めば t を近似的に定め得る。次に水門, バルブ等に依て流出孔の面積を加減する時は、上記の諸場合に於て λ, k の値が變化するを以て、ある期間たけ同一の開きを以て流出するものとしてその間の平均流入量を q, 流出量を Q としてその期間の終りの水位を (677) 式に依て算定し漸次に進めば宜しい。

[87] 湖及び貯水池の洪水調節作用

河川がその中途に於て湖又は貯水池に入り、再び流出する時は洪水の最大流量は必ず減少し最小流量は多くの場合增大する。これ湖又は貯水池の水面積は河道の夫れより著しく大にして、增水期間は水量の一部はその水位を上ぐる爲に貯積され殘部のみ下流に流出し、その作用は[78] (3) に述べたる游水池と同様である。特に貯水池にして流出孔の面積が水位に拘らず一定し居る場合に於ては、流出流量は水頭の平方根に比例するを以て出水の初期に於ては流入量の大部分が池内に貯溜さるゝ。斯の如き場合に各時刻毎の流入量 q, 水位 H と水面積 A 及び水位と流出量 Q 等の關係を知れば、任意の時刻に於ける水位及流量を算定する事を得るが、流入量が不規則に而も急に變化する場合には前節の場合の如く一の公式に依て算定する等は困難である。

(1) 數値積分法 (O. Ekdahl 瑞典, 1912) 湖又は貯水池に多數の河川が流入する場合にはその主要なるものに於て、池の最高水位の際にも背水の影響微少なる如き地點に於て流量測量を行

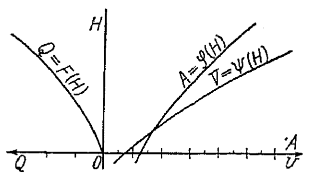
ひ、水位 H と流量 Q との關係を定め、その點に量水標を設け常に水位を觀測して各時刻の流入量を知り、各主要川毎に $q_1, q_2 \ldots$ とする。その他の小河川及び雨水が直接湖に注ぐ流域に對してはその面積に比例して流入量を定むる。斯くして各時刻に於ける各河川及び流域よりの總流入量を求め之を q とし、且つその t に依る變化を曲線を以て圖示し置く。流入量は

$$q=\Sigma q_n=f(t) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (678)$$

若し水位及び流量の測定を行はざる場合には、雨量曲線…各一時間乃至一日の降雨量と時刻又は月日との關係を表はす…と流出係數とより單位時間の流出量卽ち湖への流入量を推算する。

次に地形測量に依て湖池の水位 H と水面積 A 及び容積 V との關係を表はす曲線を作る。

$$A=\varphi(H), \quad V=\int A dH=\psi(H), \quad dV=A dH, \quad \text{但し } H \text{ は流出孔底を基線とす} \ldots \quad (679)$$



第 722 圖

次に流出孔の位置と形とより流出量 Q と水位との關係を示す曲線を作り、多くの流出孔を有する時は夫等の流出量の和を以て Q とする。

$$Q=\Sigma Q_n=F(H) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (680)$$

而てある時刻 t 以後 dt 間に流入する水量 qdt はその期間に池內に貯へられたる水量 dV と流出量 Qdt との和に等しきを以て

$$\left.\begin{array}{l} qdt=dV+Qdt \qquad \therefore \ (q-Q)dt=dV \\ t_1 \text{ より } t_2 \text{ 迄の期間に於ては} \\ \displaystyle\int_{t_1}^{t_2} qdt-(V_2-V_1)=\int_{t_1}^{t_2} Qdt, \ \text{或は} \ \sum_{t_1}^{t_2} q-(V_2-V_1)=\sum_{t_1}^{t_2} Q \end{array}\right\} \quad \ldots \quad \ldots \quad (681)$$

dt を一乃至數時間に取りその間の q の變化稍著しき場合に對し、Ekdahl (瑞典, 1912) は t 及び $t+dt$ に於ける流入量を夫々 q_t, q_{t+dt} とし、dt 間に $\frac{1}{2}(q_t+q_{t+dt})$ なる平均量にて一様に流入し、流出量も同様 $\frac{1}{2}(Q_t+Q_{t+dt})$ にて一様に流出するもの考へ

$$dt \text{ 間の流入水量}=\frac{1}{2}(q_t+q_{t+dt})\cdot dt, \qquad \text{同流出水量}=\frac{1}{2}(Q_t+Q_{t+dt})\cdot dt$$

$$dt \text{ 間の貯水量}=V_{t+dt}-V_t$$

從て
$$\frac{1}{2}(q_t+q_{t+dt})dt=\frac{1}{2}(Q_t+Q_{t+dt})dt+(V_{t+dt}-V_t)$$

$$=\left(V+\frac{Q}{2}dt\right)_{t+dt}-\left(V-\frac{Q}{2}dt\right)_t$$

$$\therefore \quad \frac{1}{2}(q_t+q_{t+dt})=\left(\frac{V}{dt}+\frac{Q}{2}\right)_{t+dt}-\left(\frac{V}{dt}-\frac{Q}{2}\right)_t=\Phi_{t+dt}-\Psi_t \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (682)$$

然るに dt は適宜に定め得るものにして小池に於て一時間、大池に對しては 1～4 時間に取り、V 及び Q は共に H に對して一定なるを以て右邊の兩項卽ち

$$\Phi=\left(\frac{V}{dt}+\frac{Q}{2}\right), \qquad \Psi=\left(\frac{V}{dt}-\frac{Q}{2}\right) \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (683)$$

と H との關係を豫め表にて表し置けば、ある時刻の q_t 及び q_{t+dt} に相當する Φ_{t+dt} 及び Ψ_{t+dt}, 從つて H を定め得る。

（2） **著者の圖式解法** (1921, N.M.)　著者の經驗に依れば Ekdahl の方法は實際上多くの手數を要するを以て下記の圖式計算を考案した…第 723 圖及び第 724 圖。

先づ流出孔底を基線として H を縱距とし之に相當する $\Phi_1=V+\frac{Q}{2}dt$, $\Psi_1=V-\frac{Q}{2}dt$ を橫距とるす二曲線を畫けば、兩線間の橫距は Qdt を表はし之を中分する曲線は V を表はす。…第 723 圖の右側二實線…次に縱軸の左側に H と $\frac{1}{2}Qdt$ との關係を示す Q_2 曲線を畫く。依て dt を相當短く取れば (682) より

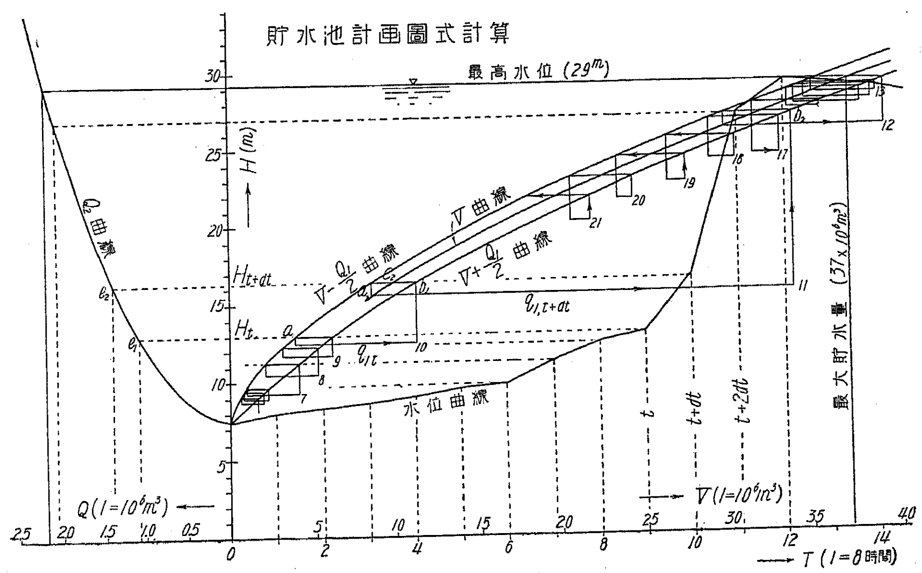
$$\frac{1}{2}(q_t+q_{t+dt})dt \fallingdotseq q_t dt=\left(V+\frac{1}{2}Qdt\right)_{t+dt}-\left(V-\frac{1}{2}Qdt\right)_t$$

$$=\Phi_1-\Psi_1$$

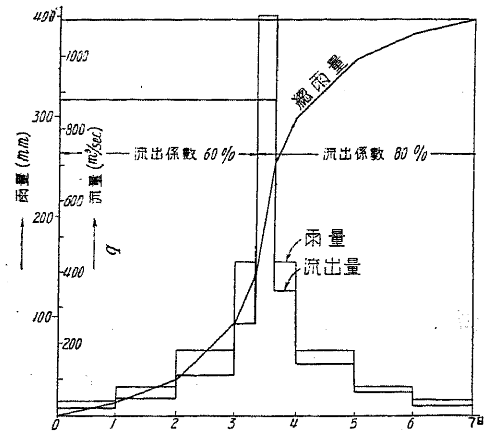
$$\therefore \quad \left(V-\frac{1}{2}Qdt\right)_t+q_t dt=\left(V+\frac{1}{2}Qdt\right)_{t+dt} \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (689)$$

依て Qdt 卽ち dt 間の流出量を Q_1, qdt 卽ち dt 間の流入量を q_1 と置けば

$$\left(V-\frac{1}{2}Q_1\right)_t+q_1=\left(V+\frac{1}{2}Q_1\right)_{t+dt} \qquad \text{卽ち} \qquad \Psi_1+q_1=\Phi_1 \ \ldots \quad \ldots \quad \ldots \quad (685)$$

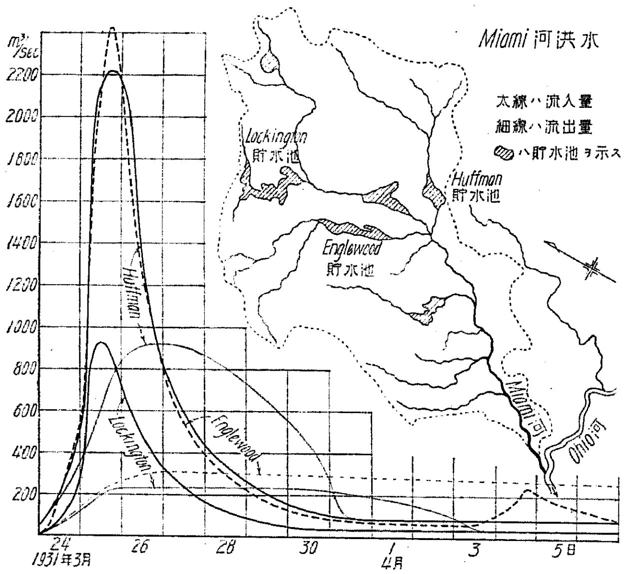


第 723 圖



第 724 圖

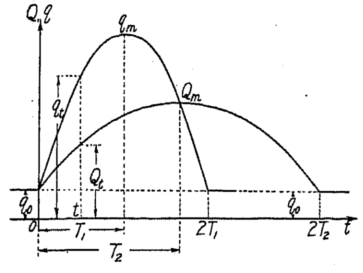
依て t に於て流入量 q_{1t}, 貯水池水位 H_t とすれば (第 723 圖) H_t に相應する Ψ_1 曲線上の點 a_1 の横距は $V-\frac{1}{2}Q_1$ の値を示し、$\left(V-\frac{1}{2}Q_1\right)+q_{1t}=\Phi_{1t}$ に相應する Φ_1 曲線上の點 b_1 の縦距は $t+\Delta t$ に於ける貯水池水位 H_{t+dt} を示し、之に相應する V 曲線上の點 c_2 の横距はその時の貯水量を表はし、Ψ_1 曲線上の點 a_2 の横距は $\left(V-\frac{1}{2}Q_1\right)_{t+dt}$ を表はし、H_{t+dt} に相應する Q_1 曲線上の點 c_2 の横距…左側…は $t+dt$ に於ける流出量 $Q_1=\frac{1}{2}Q_{t+dt}\cdot dt$ を示す。更に a_2 より $q_{1,t+dt}$ たけ右方の Φ_1 線上の點 b_2 の横距は $t+2dt$ の時の $V-\frac{1}{2}Q_1$ を、その縦距は水位 H_{t+2dt} を表はし、更に之に相應する Q_1 曲線の横距は同時刻に於ける流出量を示す。斯くして漸次に進み $q_1=Q_1$ となれば水位の最高に達せるを示し、以後は流入量の低減に伴ひ漸次下降する。



第 725 圖

以上の圖式計算の結果より一秒を單位とする流量を計算し各時刻 t と毎秒の流量 q_s 及び Q_s との關係を表はす曲線を畫き、且參考の爲流域の雨量曲線を添ふる。雨量より流出量を推定する場合は適當なる流出係數を定め、若し必要あらば到達時間…[85] (3)…を考慮して雨量曲線と q_s 曲線との時間の遲れを表はす (第 724 圖)。

(3) **P. Klunzinger の近似解法** (墺, 1896) 氏は q 及び Q を共に鉛直軸の抛物線曲線を以て表はし得ると假定し、出水の前後に於ては $q=Q$ とし q は $t=0$ より漸增して $t=T_1$ に於て最大に達し (第 726 圖) $t=2T_1$ に於て q_0 に復し、Q は $t=0$ より增大し $t=T_2$ に於て最大、$t=2T_2$ に於て $Q=q_0$ に復するものとする。然る時は t に於ける q 及び Q は次式を以て


第 726 圖

表はし得る。

$$\left.\begin{aligned} q&=q_0+(q_m-q_0)\frac{2tT_1-t^2}{T_1^2} \\ Q&=q_0+(Q_m-q_0)\frac{2tT_2-t^2}{T_2^2} \end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (686)$$

然るに $t=0$ より $t=T_2$ 迄に貯水池内に貯積さるゝ總水量 V は

$$V=\int_0^{T_2}(q-Q)dt=\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2(q_m-q_0)\left(T_1-\frac{T_2}{3}\right)-\frac{2}{3}T_2(Q_m-q_0) \quad \cdots\cdots (\mathrm{i})$$

然るに $t=T_2$, $q=Q_m$ なるを以て (686) 式より

$$Q_m=q_0+\frac{2T_1T_2-T_2^2}{T_1^2}(q_m-q_0) \qquad 即ち \qquad \frac{T_2}{T_1}=1+\sqrt{1-\frac{Q_m-q_0}{q_m-q_0}}$$

これを (i) 式に代入して

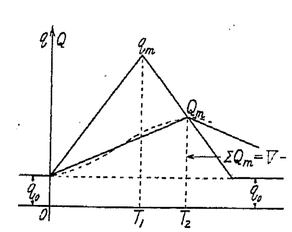
$$V=\frac{q_m-q_0}{3}\left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2(T_2-T_1)=\frac{(q_m-q_0)T_1}{3}\left(1+\sqrt{1-\frac{Q_m-q_0}{q_m-q_0}}\right)\left(1-\frac{Q_m-q_0}{q_m-q_0}+\sqrt{1-\frac{Q_m-q_0}{q_m-q_0}}\right) \quad (\mathrm{ii})$$

依て $k=\sqrt{1-\frac{Q_m-q_0}{q_m-q_0}}$ 即ち $q_m-q_0=\frac{Q_m-q_0}{1-k^2}$ と置けば

$$V=k(1+k)^2\frac{(q_m-q_0)}{3}T_1=k(1+k)\frac{q_m-q_0}{3}T_2=\frac{k}{1-k}\cdot\frac{Q_m-q_0}{3}T_2 \quad \cdots\cdots (687)$$

(4) **著者の近似公式** (N. M.) 實際の河川に於ける流入曲線は抛物線とその性質を異にし、山地川に於ては寧ろ直線的に變じ、平地川に於ては cosine 曲線と假定する方が遙かに實狀に適する。

1. 流入量が三角形狀に變ずる場合 山地川に於ては q は殆ど直線的に增減するを以て、流出量 Q も直線的に增大するものと假定すれば $t=0$ より $t=T_2$ (第 727 圖) 迄に貯水さるゝ量は

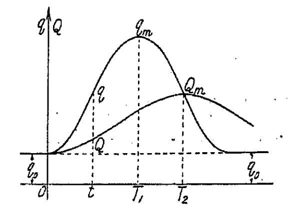

第 727 圖

$$V=\frac{q_m-q_0}{2}\cdot T_1+\frac{q_m+Q_m-2q_0}{2}(T_2-T_1)-\frac{Q_m-q_0}{2}T_2$$

$$\therefore \quad V=\frac{q_m-q_0}{2}T_2-\frac{Q_m-q_0}{2}T_1 \quad \cdots\cdots (688)$$

從て q_0, q_m 及び T_1 は既知なるを以て Q_m 又は T_2 を假定すれば、所要の池容積 V を算定することを得る。

2. 普通流入量が直線的に增減するも、流出量は cosine 曲線に近く增減する…第 727 圖の點線。


第 728 圖

仍て $Q_m=q_m\frac{2T_1-T_2}{T_1}$ $\quad\therefore\quad T_2=\left(2-\frac{Q_m}{q_m}\right)T_1$

$$Q=q_0+\frac{Q_m-q_0}{2}\left(1-\cos\frac{\pi}{T_2}t\right)$$

$$\therefore \quad V=q_mT_1-Q_m\left(T_1-\frac{T_2}{2}\right)-\int_0^{T_2}Qdt=q_mT_1-Q_mT_1-\frac{q_0}{2}T_2 \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (689)$$

3.　流入量の變化が cosine 曲線を以て表さるゝ場合　平地川にては q の增大は初期に徐々にして中途に急なるも q_m に近づけば變化は漸次緩慢となり、減水時に於てもその上半部は大體同様の變化を爲す(第 728 圖)。$t=0$, $t=T_2$ の期間に於て cosine 曲線を以て表はし得るものと假定すれば

$$q=q_0+\frac{q_m-q_0}{2}\left(1-\cos\frac{\pi}{T_1}t\right), \qquad Q=q_0+\frac{Q_m-q_0}{2}\left(1-\cos\frac{\pi}{T_2}t\right) \quad \cdots \quad \cdots \quad (690)$$

$$\therefore \quad V=\int_0^{T_2}(q-Q)dt=\frac{q_m-Q_m}{2}T_2-\frac{q_m-q_0}{2\pi}T_1\sin\frac{\pi T_2}{T_1} \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad \cdots \quad (691)$$

然るに Q_m, T_2 の何れか一方を知れば、他は (690) 式より求め得るを以て (691) 式に依りて所要の池容積 V を定め得る。

[88]　給水用貯水池の作用

貯水池を設けて流量大なる時期にその過多なる部分を貯水し、渴水の際に此貯水を流出せしめて所要の流量を供給する事が出來る。大洪水の流入量をも全部貯溜するには多大の池積を要し却て不經濟なる場合多きを以て、普通はある高さに溢流頂を設け過多の流入水を溢流せしむる。貯水池に依て給水量を調節する場合その流入量の數年間の變化と、給水すべき流量の變化とを與へらるれば所要の貯水池有効容積を定め得る。流入量の測定を缺く場合は流域所々の雨量より全流域に對する雨量圖を作り、それに適當なる流出係數を乘じて流出量を定むるが此場合，流出係數は多少小に取る方安全である。又短期間の實測流出量と長期間の雨量觀測とを有すれば、先づ流量實測期間に於て流出係數を算定し之に依て他の期間の流出量を定むる。但し積雪ある地方に於ては實測期間は少なくも數ヶ年以上に亘るを要する。實際の雨量に流出係數を乘じたるものを有効雨量とすれば、それと流域の單位面積よりの流出量との關係は附表第 **1** 表 **12** の流出流量に流出係數を乘じて得る。例へば表中 1 mm/day/km² とは 1 km² の流域に一日 1 mm の雨量を意味し、同横行に於て m³/sec の列に當り $11{,}574 \cdot 10^{-6}$ とあるは、上記の水量を一日間に平均して流出せしむる場合の流量 m³/sec を示す。

今，流域面積　200 km²,　　月雨量　150 mm　又は　5 mm/day

　　流出係數　0.7　　　　　　とすれば平均流量は

$$q=0.70 \cdot 5 \cdot 200 \cdot 11{,}574 \cdot 10^{-6}=8.10 \text{ m}^3/\text{sec}$$

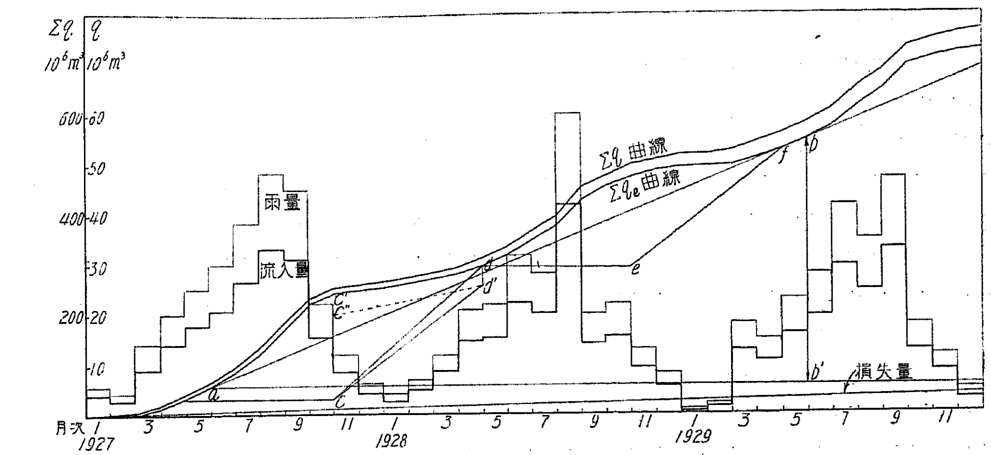
長期に亘る調節には時間の單位を　10 日又は一ケ月…但し一ケ月を表はす横距は日數に比例せしめる…に取り水量の單位を 10^6 m³ 卽ち 1 km² の面積に深さ 1 m の體積とする。然る時は上記の場合の流入量は

$$q=21.0 \; 10^6 \text{ m}^3/\text{month} \qquad となる。$$

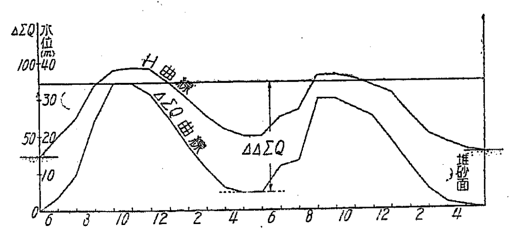
次に横距に月次を取り縱距に各月の流入量 q を取りて各月流入曲線 (q 曲線) を畫く。今一例として各月

の流入量…單位 10^6 m³…を第 729 圖の段狀線の示す如きものと假定し各月流入量 q の積分線卽ち 1927–I–1 よりある月の末日迄の總流入量 Σq を表はす曲線 (Σq 曲線) を**流入總量曲線** (Mass curve, 第 729 圖) と名づくる。

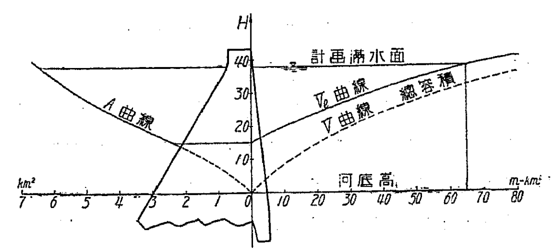
次に池水面よりの蒸發並に池底及び堰堤よりの漏水量を見積り之を差引きたるものを以て有効總流入量 q_e 又は**有効流入總量曲線** (Σq_e 曲線, Effective mass curve) と爲す。蒸發量は附近の類似狀況の湖水又は貯水池の實例に多少の餘裕を見て定むるか又は附近氣象觀測所の蒸發計蒸發量の 70% 位を取れば宜しい。我國本州中部の山地に於ては年 500～600 mm 位のものである。漏水は池域の地形地質，堰堤の構造等に依て著しく異り且つ一般に貯水池水深の大なる程大であるが、地質の良好なる場合には蒸發漏水を合しての全損失量は池の滿水々面積 A m² に於て年雨量 r mm に等しき深さの水量卽ち $rA10^{-3}$ m³ とすれば充分なるも、土砂地盤に土堰堤を築造する如き場合は損失量は著しく大にして、適切なる見積は土質を考慮して地下水流動の理論より漏水量を算定し之に蒸發損失を加へねばならぬ。東京市水道村山上貯水池は赤土堰堤にして上流法先池底より不滲透地盤迄約 6 m, 混凝土臺粘土心壁，水深 13 m の時の水面積 35,000 m², 蒸發量冬季 2 mm/日，同年平均 4 mm/日，堤體及び地下漏水量は竣工當時に於て一日 1.5 mm の水深に相當せしも以後漸次減少の傾向にある。普通の重力堰堤に於ては基礎地盤の情況によるも 0.5～1.0 mm 以下である。



第　729　圖



第　730　圖



第　731　圖

次に各月の流出量卽ち使用の目的に對し各月に池より供給すべき水量 (Q_s 10^6 m³) を定め、之より**給水總量曲線** (ΣQ_s curve, Supply mass curve) を畫き、有効流入總量曲線 (Σq_e curve) より之を差引きたる

もの $\Delta\Sigma Q$ を月次を横距として曲線を以て表はす時は (第 730 圖)、貯水池の容積は曲線の頂點と次の底點との縦距を以て示さるる容積、即ち $\Delta\Delta\Sigma Q$ 以上なるを要する。

一方堰堤の位置を定め堰上水面高 H m と水面積 A km² 及び水容積 V m³ との關係を表はす曲線 (第 730 圖, A 曲線及び V 曲線) を書く。而て容積中堆砂の爲に埋塞すべき部分…有効なる排砂門中心水平面以下の容積に相當の餘裕を見込みたるもの V_0…を差引きたる殘りを有効容積 V_e とし、之と H との關係を示す曲線 (第 730 圖, V_e 曲線) を書き上記の調節に必要なる容積 $\Delta\Delta\Sigma Q$ の長期間の最大に等しき V_e に相等する水位 H を V_e 曲線に依りて求め、更に之に多少の餘裕を附したるものを以て貯水池の計畫最高即ち滿水面とし、此水面に相當する水面積に依て損失水量を計算する。

斯て水面積 7 km² を得たりとすれば蒸發及び漏水の損失は一年に $7\cdot r\,10^6\,\mathrm{m}^3 = 7\cdot r$ m-km² 即ち 7 km² の面積の深さ r m の水量である。流域面積 200 km² に降りたる雨量の 70% が池に流入するを以て貯水池内損失は有効流入量の 5% にして、有効總流入量 Σq_e は總流入量 Σq の 95% となり、3 年間の總有効流入量は第 729 圖の Σq_e 曲線より $0.95\Sigma q = 0.95\cdot 765 = 726.5\,10^6\,\mathrm{m}^3 = 726.5$ m-km² となる。

今 1927-V-31 迄の不足水量は前年よりの貯水に依て過不足なく補給され 1929-VI-1 以後の過剩水はそれ以後の渇水補給に使用さるゝものと假定し、1927-VI-1 より 1929-V-31 迄の期間同一の流量を給水するものとせば、此期間に於て

流入總量 $\Sigma q = 578 - 69 = 509\cdot 10^6\,\mathrm{m}^3$,　　有効總流入量 $\Sigma q_e = 0.95\cdot 509 = 483.5\cdot 10^6\,\mathrm{m}^3$

にして第 729 圖の縦距 bb' を以て表はさる。

平均月給水量 $Q = \frac{1}{24}\cdot 483.5 = 20.15\cdot 10^6\,\mathrm{m}^3$ 或は 7.7 m³/sec

各月末迄の給水總量は Σq_e 曲線上の a, b 二點を結ぶ直線の縦距より a の縦距を差引きたるものにして貯水池の有効容積 V_e は有効總流入量曲線 (Σq_e 曲線) と ab 線との間の縦距 $\Delta\Sigma Q$ の最大なるもの以上たるを要する。依て各月末に於ける $\Delta\Delta\Sigma Q$ を曲線を以て示せば第 731 圖の如く其の最大値は

$\Delta\Delta\Sigma Q_{\max} = 75\cdot 10^6\,\mathrm{m}^3$　　にして貯水池の有効容積曲線 (第 730 圖, V_e 曲線) より之に相當する水面高を求むるに約 38 m, 水面積 $A \fallingdotseq 6.5$ km² にして蒸發及び漏水の損失は先に假定せし場合と大差ない。但し堆砂は河床上 15 m の水平面に達するものと假定して居る。堰堤の根入を河床下 10 m, 滿水面上堤頂迄の餘裕を 3 m とすれば堤最大高は約 51 m となる。

尙, 第 731 圖に於て各月末の有効貯水量は $\Delta\Sigma Q$ 曲線の縦距を以て表はされ、その各々に相當する池水位を第 730 圖の V_e 曲線より求むれば各月末の池水面高 (第 731 圖, H 曲線) を知り得る。

今 V-1 日より X-31 日迄を多雨季、XI-1 より翌年 IV-30 迄を寡雨季とし、多雨季の有効流入量全部を貯水して之に續く寡雨期に平均に給水するものとせば、給水總量線は 1927 及び 28 兩年に於ては cd 直線を以て表はされ、その總量 $0.95\cdot 270 = 256.5$ m-km², 月平均 42.65 m-km², 即ち約 16.1 m³/sec の割合にして 28, 29 兩年に於ては ef 直線を以て表はされ、總給水量 $0.95\cdot 241 = 229$ m-km², 月平均 38.2 m-km², 即ち 14.6 m³/sec である。若し全期を通じて寡雨期平均 14.6 m³/sec の給水を爲すものとせば 27.5 m-km² たけの水は過剩として放流せしむる事となる。第 731 圖中 cd' 線は ef 線に平行にして ef 線と同一流量を給水する場合の給水總量線であり dd' は過剩水量を表はす。此場合所要の貯水池有効容積は $cc' - dd' = cc''$ を以て足り dd' は放流水量にして IX, X 兩月に溢流又は土砂吐水門より流出せしむ。從て貯水池有効容積は　$V_e = cc'' =$ (27-V-1 より 27-X-31 迄の總有効流入量) $= 184$ m-km² $= 184\cdot 10^6\,\mathrm{m}^3$

堤頂溢流に依て放流する場合は、頂を +38 m に置きその上に可動堰を備ふ。尙, 堆積土砂洗流の爲に最低水位時に於て土砂吐門を開放する時に之に要する水量として相當の餘裕を見込む。