論説報告

第20巻第7號　昭和9年7月

係數曲線に據る調整池諸問題の解法

會員　工學士　松野辰治*

The Solution of Pondage Problems by Coefficient Curve

By Tatsuji Matsuno, C. E., Member.

內容梗概

調整池と水車とを連結する耐壓水路內の損失水頭は流量の自乘に比例して增大する。從つて流量が一定の限度を超えるとその出力は却つて漸減するに至る。この極限出力並に極限流量は總落差の 1/3 が損失水頭となる時に出現するものであるから，與へられた條件の水路に就ては極限流量は一定値となるものである。今極限出力並に極限流量を 1 に採り，任意時に於ける出力並に流量をその小數値 y 及び α で表せば，y は α の函數となつて來る。この函數の與ふる曲線を本編では係數曲線と稱へて居る。尙ほ又一般に調整池からの流出量が流入量よりも常に大なるか又は小なる時は任意期間中の總流出水量はその期間內に變化した調整池の兩水位間に介在する水容積の重心水位に相當する水頭で水車に働くものである事が立證されるから，この條件を上に述べた係數曲線式へ導入すると，一定期間內の水位の變動に基く複雑性から脫却し得る事となり，耐壓水路內の摩擦抵抗が調整池の水位や容量並に發電損失率等の諸問題に及ぼす影響を比較的容易に算定し得る事となるのである。

目　次

* 電氣化學工業株式會社技師

符　　號

A: 水位率 γ_c の流係數曲線に於て 0〜α迄の流係數積を示す，從て $A_1, A_0, A_l, A_p, A_{1'}, A_{l'}, A_{p'}$ 等は流係數が 0 から $\alpha_1, \alpha_0, \alpha_l, \alpha_p, \alpha_1', \alpha_l', \alpha_p'$ 迄の流係數積を示すものとする

A': 水位率 γ_0 に於ける 0〜α 迄の流係數積，從て $A'_1, A'_l, A'_p, A'_{1'}, A'_{l'}, A'_{p'}$ 等は γ_0 線に於て 0 から $\alpha_1, \alpha_l, \alpha_p, \alpha_1', \alpha_l', \alpha_p'$ 迄の流係數積を示すものとする

$A_{\gamma H}$: 水位 H に於ける流係數 α_H を水位率 γ の線に置換した場合の流係數を $\alpha_{H\gamma}$ とすれば γ 線に於て 0〜$\alpha_{H\gamma}$ 迄の流係數積を表はすものとする，例へば $A_{\gamma_1 H}$ は α_H を γ_1 に置換して $\alpha_{H\gamma_1}$ となつたとし γ_1 線に就て 0〜$\alpha_{H\gamma_1}$ 迄の流係數積を表はさしめる

A_p: 壓力鐵管の斷面積

A_t: 耐壓隧道の斷面積

δA: 調整池の修正容量を示す係數積

B_f: 溢流複線式調整池に於て水位率 γ_c に就て最大流係數 β_0 が與へる流係數積

$B_{\gamma H}$: 溢流複線式調整池に於て水位 H に於ける流係數 β_H を γ に置換したる時 0〜$\beta_{H\gamma}$ 迄の流係數積

C_q: 耐壓水路內の流量に因る損失水頭係數　$h=C_qQ^2$

C_v: 耐壓水路內の流速に因る損失水頭係數　$h=C_vv^2$

D_p: 壓力鐵管の內徑

D_t: 耐壓隧道の內徑

F: 調整池の任意水位に於ける水面積，F_0 は滿水面，F_a は最低水面，F_c は重心水面を示す

f: 負荷率

$f(\alpha_p)$: α_p の函數

h: 水路內の摩擦に因る損失水頭，h_t は耐壓隧道，h_p は水壓鐵管の損失水頭を示す
任意時に於ける調整池水面の降下を現はす事もある，即ち h_l は Q_l に相當する調整池の水面降下，h_m は 1 日中の平均降下，h_a 及び h_c は滿水位から最低水位及び重心水位迄の深さを示す

H: 調整池の任意水位(放水位を基準とする)，從て H_0 は滿水位，H_c は重心水位，H_a は最低水位を示す

$\dfrac{dh}{dt}$: 調整池水面の變化速度，(＋)は上昇，(－)は降下

$F\dfrac{dh}{dt}$: 調整池の移動流量，(＋)は流入量即ち貯水量，(－)は流出量即ち補給量を意味する

K: 發電係數(水車,發電機能率及び馬力を ＫＷ への換算率等の相乘積)

K_0: 溢流複線式調整池に於ける補給係數に對する常數

L_p: 壓力鐵管の延長

L_t: 耐壓隧道の延長

n: 水路斷面の粗率又は普通調整池に對する記號

O_v: 不足調整池の溢流容量

$p:q$: 耐壓隧道及び壓力鐵管の損失比率

P: 任意時出力又は負荷，P_0 は最大出力，P_m は平均出力，P_l は極限出力，P_b は基礎負荷

$\varDelta P_0$: 最大出力の增加率

p: 不足調整池に於ける取水量に對する流係數と最大流係數との比　$p=\dfrac{\alpha_p}{\alpha_0}$，又は摩擦抵抗を無視した場合の取水量と最大流量との比

Q: 任意時使用水量，Q_l は取水量又は平均使用水量，Q_p は不足調整池の場合の取水量，Q_0 は最大使用水量，Q_l は極限流量

R: 水路斷面の徑深

r: 壓力鐵管の本數

T: 調整池の時間容量，T_l は完全調整池の容量を取水量の繼續時間で表はされ，T_p は不足調整池の時間容量
T_m は摩擦無き場合の完全調整池の時間容量

δT_l: 完全調整池の修正時間容量

δT_p: 不足調整池の修正時間容量

t: 任意時間, t_H は調整池の水位が H なる時の時間

V: 調整池の容量, V_0 は全有效容量, V_1 及び V_2 は水位 H の上下に存する一部容量 $V_0=V_1+V_2$

v: 耐壓水路内の任意流速, v_l は取水量又は平均流量に相當する流速, v_p は不足調整池の取水量に對する流速, v_0 は最大流速, v_l は極限流速

x: 直線負荷に於ける γ_c に對する時間係數を示す, 例へば $x_1, x_l, x_p, x_0, x_{1'}, x_{l'}, x_{p'}$ 等は流係數 $\alpha_1, \alpha_l, \alpha_p, \alpha_0, \alpha_1', \alpha_l', \alpha_p'$ 等に對する時間係數を與へる

x': 同上 γ_0 に對する時間係數, 從て $x'_1, x'_l, x'_p, x'_{1'}, x'_{l'}, x'_{p'}$ 等は流係數 $\alpha_1, \alpha_l, \alpha_p, \alpha_1', \alpha_l', \alpha_p'$ 等の γ_0 に對する時間係數を示すものである

x_j: x_0-x_l

Y: 溢流複線式調整池に於ける任意想定負荷曲線に對する尖頭水路の任意時出力係數を K_0 倍したる β に依る出力係數

y: γ_c に對する出力係數, 從て $y_1, y_l, y_p, y_0, y_{1'}, y_{l'}, y_{p'}$ 等は流係數 $\alpha_1, \alpha_l, \alpha_p, \alpha_0, \alpha_1', \alpha_l', \alpha_p'$ 等の γ_c 線に對し與へる所の出力係數を示す

y': 同上 γ_0 に對する出力係數

y_j: y_0-y_l

α: 耐壓水路内の任意流量と極限流量との比$=Q/Q_l$ 流係數又は單に係數と呼稱する, α_1 は最小流量に對する流係數, α_0 は最大流量に對する流係數, α_l は取水量又は平均流量に對する流係數, α_p は不足調整池の取水量に對する流係數

α_l': α_l が γ_0 線と交叉する點を通る γ_c に對する流係數

α_1': α_1 が γ_0 線を切る點迄卽ち γ_0 に對する流係數

α_{ln}: 普通完全調整池に於ける平均流係數

α_{ls}: 溢流單線式調整池に於ける平均流係數

$\varDelta\alpha_l$: 平均流係數の增加率

$\delta\alpha$: α_l に對する補給流係數 $\alpha=\alpha_l+\delta\alpha$

α_H: 水位 H に於ける流係數

$\alpha_{H\gamma}$: α_H を γ に置換した場合の流係數

β: γ に對する流係數が α である場合, これを γ_c に置換した流係數とする, 從て β_l はその平均流係數を表はし β_0 は最大流係數となる

溢流複線式調整池では本記號は尖頭水路内の流係數を意味し β_l, β_0 はその平均及び最大流係數を意味する

$\delta\beta$: β_l に對する補給流係數 $\beta=\beta_l+\delta\beta$

γ: 水位率, H_c を基準とする場合は $\dfrac{H}{H_c}$ を意味する, 從て $\gamma_0=\dfrac{H_0}{H_c}$, $\gamma_c=\dfrac{H_c}{H_c}=1$, $\gamma_a=\dfrac{H_a}{H_c}$, $\gamma_1=\dfrac{H_1}{H_c}$, $\gamma_2=\dfrac{H_2}{H_c}$, 但し γ_I, γ_{II} は任意水位 H の上下に存する V_1 及び V_2 の重心水位に對する水位率を表はし, 場合により特定の貯水量又は補給量を I 及び II と命名すればこの容量の重心水位に對する水位率を意味するものとす

γ_m: 1 日中の使用水量が數多の γ に依存する時その平均の水位率

$\varDelta$: 耐壓水路内の摩擦に起因する總損失力と摩擦抵抗なき場合の理想的の總出力との比卽ち摩擦抵抗損失率

$\varDelta_0$: 摩擦抵抗並に溢流等に因る總損失率

$\varDelta_v$: 溢流量による損失率

$\varDelta_m$: γ_m に對する摩擦損失率

$\varDelta\gamma$: γの增加率$=\dfrac{\gamma_m-\gamma_c}{\gamma_c}$

$(N)_\gamma$: γ 線が與へる N なる補給量又は貯水量の係數積

1. 緒　　言

水力發電所に於ける調整池とは水の經濟的利用を可能ならしめんが爲に水路の中間に設置された小規模の貯水池を言ふのであつて，その性能は1日中の負荷の變動を調節するを目的とする。即ち輕負荷時無爲に溢流し去る可き水量を此處に貯へて尖頭負荷時に補給流下せしむる作用をなすものである。

今任意單尖頭想定負荷曲線が與へられた場合，その最大負荷を 1 に採り任意時負荷をその小數値で表せば，玆に原曲線に相似なる單位想定負荷曲線が得られる。この曲線の平均負荷を b，平均以上の負荷量を a とし，基礎負荷に任意負荷 P_0 を增減すると負荷率 f 及び a の平均負荷に對する繼續時間，即ち時間容積 T_m に次の變化を來す。

$$f=\frac{b\pm P_0}{1\pm P_0},\qquad T_m=\frac{a}{b\pm P_0}$$

兩式から $\pm P_0$ を消去すると

$$T_m=\frac{a}{1-b}\left(\frac{1}{f}-1\right)$$

上式に於ける $a/(1-b)$ の値は供給區域の狀況に依て相當異なつて居るけれども，大體に於て 5～7 の間に存する事を知るから，その平均値の 6 を採るを妥當とする。この $a/(1-b)$ を 6 と採る事は單位曲線の直線化を促し，調整池に關する諸問題の取扱を簡易輕便ならしむる點に於て重大なる意義を有するのである。

今 $y=x$ なる直線に於て y を出力，x を時間とし，最大出力を y_0，最小出力を y_1 とすれば，平均出力は fy_0 となる。從て fy_0 以上の部分の出力量を fy_0 の繼續時間で表したものを T_m とすると，(x_0-x_1) は 24 時間に相當す可きであるから次の關係がある。

$$T_m=\frac{(y_0-fy_0)\left(x_0-\frac{x_0+x_1}{2}\right)}{2\,fy_0}\cdot\frac{24}{x_0-x_1}$$

$$x_1=(2f-1)y_0,\qquad x_0-v_1=2(1-f)y_0$$

$$\therefore\quad T_m=6\left(\frac{1}{f}-1\right)\quad\cdots\cdots(1)$$

即ち (1) 式で明なる通り $a/(1-b)$ を 6 と採る事は負荷曲線を直線と見做し得る事を意味するのである。

然るに $y_1=0,\ x_1=(-)$ となると $x_0-x_1=\dfrac{x_0}{2f}$

$$\therefore\quad T_m=24(1-f)^2\quad\cdots\cdots(2)$$

(1) 式は $y_1\geqq0$ なるが故に $f=0.5\sim1.0$，(2) 式は $y_1=0$，x_1 は $(-)$ となるから $f=0.0\sim0.5$ に對し適用すべきである。

然らば fy_0 より大なる py_0 に對しては如何と言ふに

$$T_p=\frac{(y_0-py_0)(x_0-px_0)}{2py_0}\cdot\frac{24}{x_0-x_1},\qquad x_0-x_1=2(1-f)y_0$$

$$\therefore\quad T_p=\frac{6(1-p)^2}{p(1-f)}\quad\cdots\cdots(3)$$

同様に $y_1=0,\ x_1=(-)$ となれば $x_0-x_1=x_0/2f$

$$\therefore\quad T_p=\frac{24f(1-p)^2}{p}\quad\cdots\cdots(4)$$

となり (3) 式は $f=0.5\sim1.0$，(4) 式は $f=0.0\sim0.5$ に對應すべきものである事は言ふ迄も無い。

上記の T_m 及び T_p の含有する意味を少しく擴張すると，これは流量の變化が負荷曲線と同一比率であると假定した場合，換言すれば調整池より下流の耐壓水路內の摩擦損失を無視した場合の調整池の時間容量を意味するものである事が察知し得るのであつて，(1) 及び (2) 式は完全調整池及び餘剩調整池，(3) 及び (4) 式は不足調整池に對する算式となるのである。然しながら耐壓水路內の摩擦抵抗を無視する事は實際問題として許さる可き事なるや否やは，技術的に相當關心事と言はねばならぬ。以下調整池の容量働作と耐壓水路內の摩擦抵抗との關係を少しく探究して見やう。[1]

2. 耐壓水路內の極限流量

一般に調整池と發電所の水車との間は壓力隧道や鐵管路等の如き耐壓水路を以て連結され，負荷の變動に應じ直に必要なる水量を送達遮斷して居るのであるが，水路の延長や斷面に應じ送達し得る水量にも自ら一定の限度を存するのである。

$$P=KA_t v(H-C_v v^2)$$

$$\frac{dP}{dv}=KA_t(H-3C_v v^2)=0$$

$$\therefore\ \frac{C_v v^2}{H}=\frac{1}{3} \quad \cdots\cdots(5)$$

即ち耐壓水路內の損失水頭が總落差の 1/3 となる時出力は最大となるもので，これ以上の水量を流下せしめても徒に損失水頭を大ならしむるのみで，出力は却つて減少して來る事となるから無意味である。この種流速を極限流速と言ひ，流量を極限流量と呼稱する。極限流量を發電に使用する事は運轉上の不安が大となる許りで無く，能率の著しき遞下を免れぬから，普通は耐壓水路內の最大損失水頭を總落差の 20% 以內に限定して居る。

3. 係數曲線

調整池は發電所に於ける負荷の變動に從ひ，常に水位の變化を生じて居るものであるが，今任意時刻に於ける出力と流量並に水位の關係を考察して見ると次の樣になつて居る。

$$K\left(Q_i-F\frac{dh}{dt}\right)\left[(H_0-h)-C_q\left(Q_i-F\frac{dh}{dt}\right)^2\right]=P \quad \cdots\cdots(6)$$

上式に於て

$$Q_i-F\frac{dh}{dt}=\alpha Q_l,\qquad y=\frac{P}{P_l},\qquad P_l=KQ_l(H_0-h_l-C_qQ_l^2)$$

であるから

$$y=\frac{K\alpha Q_l(H_0-h-C_q\alpha^2Q_l^2)}{KQ_l(H_0-h_l-C_qQ_l^2)}$$

依て上式の分母子を $Q_l(H_0-h_l)$ で除せば

$$y=\frac{\alpha\left(\dfrac{H_0-h}{H_0-h_l}-\dfrac{C_qQ_l^2}{H_0-h_l}\alpha^2\right)}{1-\dfrac{C_qQ_l^2}{H_0-h_l}}$$

然るに Q_l なる極限流量に對しては (5) 式の關係があるから

$$\frac{C_qQ_l^2}{H_0-h_l}=\frac{1}{3}\ \text{なるを要し}\ \frac{H_0-h}{H_0-h_l}=\gamma\ \text{と置けば}$$

---

[1] 本項に就ては拙著“水力調整池の研究”本誌第 11 卷第 3 號（大正 14 年 6 月）若くは萩原俊一氏著「發電水力工學」を參照あり度い。

$$y=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right) \quad \cdots\cdots(7)$$

(7) 式に於て使用水量の全部が一定の水位に集結して働いて居るものと假定すると，$\gamma=1$ となるから次式を得る。

$$y=\frac{3}{2}\alpha\left(1-\frac{1}{3}\alpha^2\right) \quad \cdots\cdots(8)$$

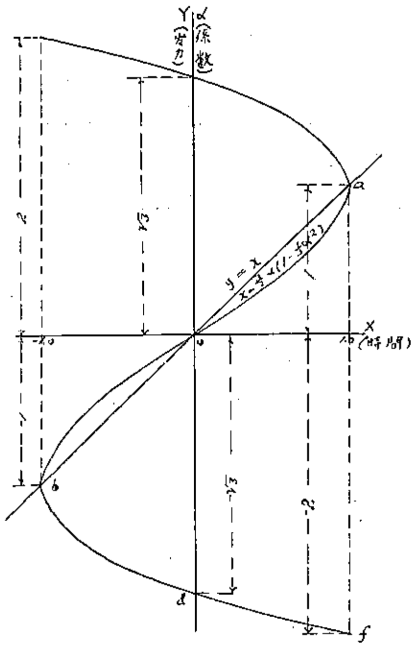
尙又負荷曲線を直線化せしめて時間係數と出力係數を等しく取れば，$y=x$ であるから次式の如く書き換へてもよい。

$$x=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right) \quad \cdots\cdots(7')$$

$$x=\frac{3}{2}\alpha\left(1-\frac{1}{3}\alpha^2\right) \quad \cdots\cdots(8')$$

上式の與ふる曲線を流係數曲線，又は單に係數曲線又は α 曲線と呼稱する。(8′) 式を圖示すると第 **1** 圖の如くなる。即ち本式は 3 次曲線であるから，$x=\pm1$ の範圍內では 3 個の實根を有するも，この範圍を超えると 1 個の實根と 2 個の虛根を有する事となる。然るに調整池に關する諸問題の解決に必要なるは $x=0\sim1$ の間に限られ 1 日中の負荷の狀況を見るに最大出力時の使用水量は極限流量よりも遙に小なる流量を取つて居る筈であるから，この流量に對する流係數 α_0 及び f が與へられると y_0, y_1 又は x_0, x_1 が判るから，負荷はこの範圍內に於て變化して居る事を知り得るのである。

第 1 圖　係數曲線



(7′) 式を次の樣に變化し 3 根を求める事が出來る。

$$\alpha^3-3\gamma\alpha+2x=0$$

$$\left.\begin{aligned}
[\alpha_1]&=-2\sqrt{\gamma}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x}{\gamma\sqrt{\gamma}}\right)\\
[\alpha_2]&=2\sqrt{\gamma}\cos\left(\frac{\pi}{3}-\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x}{\gamma\sqrt{\gamma}}\right)\\
[\alpha_3]&=2\sqrt{\gamma}\cos\left(\frac{\pi}{3}+\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x}{\gamma\sqrt{\gamma}}\right)
\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots(9)$$

上記の內，第 1 根のみが採用さる可きである事が第 **1** 圖に依て明かである。同時に又 $\varphi=\cos^{-1}\frac{x}{\gamma\sqrt{\gamma}}$ とすると，φ は $\frac{3\pi}{2}\sim2\pi$ なる事を推定し得るであらう。

耐壓水路內の流量は常に負荷の變動に伴ひ推移す可きものであるが，その最大流量又は流速は技術的經濟的考察の下に決定せらる可きものであるから，その流係數 α_0 は既定數値と見做すを便とする。從つて今 1 日中の負荷が y_1 から y_0 に變化するものとすると，直線負荷を受くる場合に於ては

$$y_0=x_0=\frac{3}{2}\alpha_0\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)$$

となるも問題を簡單に取扱ふ爲 $\gamma=1$ と取れば

(i)　$f=0.5\sim1.0$ に於ては

$$y_0=x_0=\frac{3}{2}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right), \qquad y_1=x_1=(2f-1)x_0=\frac{3}{2}(2f-1)\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0$$

依て取水量に對する流係數を求めると

$$\alpha_l=-\frac{2}{x_0-x_1}\int_{x_1}^{x_0}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}x\right)dx$$

$$\therefore\quad \alpha_l=-\frac{3}{4\left[\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0-f\right]}\left[\frac{1}{2}\left\{\cos\frac{4\cos^{-1}\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0}{3}\right.\right.$$

$$\left.-\cos\frac{4\cos^{-1}(2f-1)\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0}{3}\right\}+\left\{\cos\frac{2\cos^{-1}\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0}{3}\right.$$

$$\left.\left.-\cos\frac{2\cos^{-1}(2f-1)\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0}{3}\right\}\right]\quad\cdots\cdots\cdots(10)$$

(ii)　$f=0.0\sim0.5$ に於ては

$$\alpha_l=\frac{1}{x_0-x_1}\int_0^{x_0}\cos\frac{\cos^{-1}x}{3}dx$$

上式中　$x_0-x_1=\dfrac{x_0}{2f}$

$$\therefore\quad \alpha_l=-\frac{3f}{\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0}\left[\frac{1}{2}\left\{\cos\frac{4\cos^{-1}\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\alpha_0}{3}-1\right\}\right.$$

$$\left.+\left\{\cos\frac{2\cos^{-1}\frac{3}{2}\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^3\right)\alpha_0}{3}-1\right\}\right]\quad\cdots\cdots\cdots(11)$$

4. 調整池の平均水位

水力發電所に調整池を設置するとその水面は負荷の變動に應じ調整に必要なる有效水深丈を限度として反復上下運動を行ふものである。この種水面の運動は調整池の形狀や負荷の性質に依り千差萬別であつてその一々に就て變化の狀況を詳にする事は全然不可能に屬するが特定の負荷曲線に就ては大體に於て 1 日 24 時間を週期として一定の上下運動をなすものと推定し得るのである。從て調整池の水面に

$$\int_0^{24}h\,dt=24\,h_m$$

なる平均降下水位が想像される。h_m は水位の平均降下即ち調整池設置に基づく平均損失水頭を意味しこの値を決定し得れば使用水量の全部がこの水位に集結して働くものと見做し得るから調整池に關する諸問題の解決を極めて容易ならしめ得るものである。前項に於て誘導した (7) 及び (7′) 式を見るに直線負荷を受くる場合に於ては

$$y=x=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right),\qquad \alpha=\frac{1}{Q_l}\left[Q_l-F\frac{dh}{dt}\right]$$

$$\therefore\quad \alpha=\alpha_l-\frac{F}{Q_l}\cdot\frac{dh}{dt}\quad\cdots\cdots\cdots(12)$$

然るに　$\dfrac{t}{x}=\dfrac{24}{x_0-x_1}$

$$\therefore \quad dt=\frac{24\,dx}{x_0-x_1}$$

$$f=0.5\sim1.0, \qquad dt=\frac{12dx}{(1-f)x_0}$$

$$f=0.0\sim0.5, \qquad dt=\frac{48f\,dx}{x_0}$$

依て (7) 及び (12) 式から

$$x=\frac{3}{2}\left\{\alpha_l-\frac{(x_0-x_1)}{24}\frac{F}{Q_l}\frac{dh}{dt}\right\}\left[\frac{H_0-h}{H_0-h_l}-\frac{1}{3}\left\{\alpha_l-\frac{(x_0-x_1)}{24}\frac{F}{Q_l}\frac{dh}{dt}\right\}^2\right]\cdots\cdots(13)$$

或は又 (7) 式から

$$\alpha=-2\sqrt{\gamma}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x}{\gamma\sqrt{\gamma}}\right)$$

を得るから

$$\alpha_l-\frac{(x_0-x_1)}{24}\frac{F}{Q_l}\frac{dh}{dt}=2\sqrt{\frac{H_0-h}{H_0-h_l}}\cos\left\{\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x}{\frac{H_0-h}{H_0-h_l}\sqrt{\frac{H_0-h}{H_0-h_l}}}\right\}\cdots\cdots(14)$$

(13) 及び (14) の兩式は何れも h 及び t が分離不能である爲に積分不能となる。從てこれが解法は算數積分法又は圖式積分法に據るの外なきも頗る煩雜を來し勞多くして效少ない憾があるから次項に於て說明する如き幾何學的方法に依るのが便利である。

5. 完全調整池の平均水位

完全調整池とは言ふ迄も無く負荷の調節が水量に過不足無く完全に行はれ得る如き調整池を言ふのであつて輕負荷時貯藏された水量が尖頭負荷時に過不足無く完全に使用し盡さるゝ如き理想的狀態にあるものであつて今直線負荷を受くる場合を想像して見ると $y=x$ の樣な負荷狀態では最大出力は最低水位の時に出現する事明かであるから極限流量も亦 H_a にて起るものと假定するを便とする。依て (7) 式の

$$\gamma=\frac{H_0-h}{H_0-h_l}$$

に於て $h_l=h_a$ と取れば

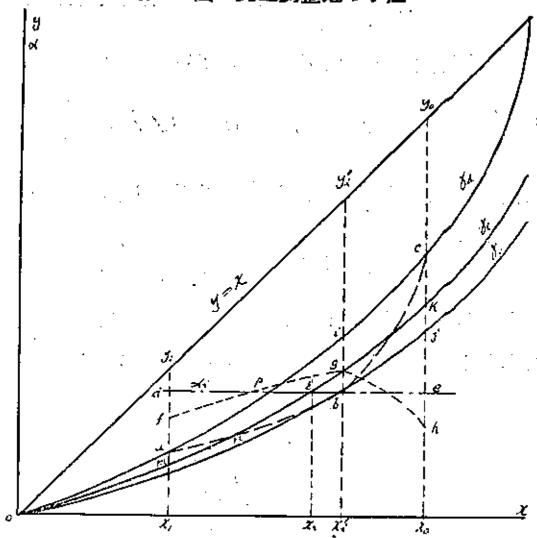
$$\gamma_0=\frac{H_0}{H_0-h_a}=\frac{H_0}{H_a}, \qquad \gamma_c=\frac{H_0-h_c}{H_0-h_a}=\frac{H_c}{H_a}, \qquad \gamma_a=\frac{H_0-h_a}{H_0-h_a}=1$$

H_0 H_c, H_a は與へられた數値であるから γ_0, γ_c, γ_a 等は凡て算出可能となる。從て第 **2** 圖の樣に 3 個の係數曲線を作圖し得るであらう。本圖は $f=0.5\sim1.0$ の場合のものであるが出力は y_1 から始まり y_0 に終るものとし y_1 に於て調整池は空虛であるとする。然る時は水位は γ_a 上の a 點から始まり明に最低水位に存する事を示して居る。然るに α_l は取水量に對する流係數であるから a 點で直に da に相當する貯水が始まる。これから水位は次第に上昇して γ_0 と α_l との交點たる b 點迄 anb なる水位の變化をなし遂に b 點に於て滿水位に到達する。この點を境界として以後は次第に補給作用が始まり水面は降下し bc なる曲線に沿ふて水位變化を起し c 點に於て遂に最低水位に復歸するのである。この點に於ける補給量は ce に相當する事が解る。

斯樣に出力が y_1 から y_0 に直線式變化を爲す間に流量の方は abc なる曲線に沿ふて增加するものであつて abd

なる貯水量は bec に於て完全に調節補給されるものと推定される。今この水面の週期的運動の後半部即ち bc 間に於ける流量と出力との關係を考察して見るに言ふ迄も無く $y_l y_0$ 間の出力量は落差 H_a に相當する ic 線の示す流量にても落差 H_0 に相當する bj 線の與へる流量にても同樣に發生せしめ得るものである事は係數曲線の成立上當然の事であつて落差の時間的變化を自由ならしむるならば y_l 及び y_0 を通る兩垂線間に介在する任意曲線の示す流量を以てしても同樣の發電をなし得るものである。而しながら今の場合の bc 線は上述の樣な任意のもので無く調整池の形狀と負荷直線とで限定されたものであつて (13) 又は (14) 式を解いて決定された曲線であると假定する。斯樣に考へると bc 線上の各點は凡て γ を異にして居る事明であつてその流係數の與ふる流量は悉くその水頭を異にして居るけれども bec に圍まれた調整池の容量に相當する水量のみに就て考へると次の樣な性質がある。

第 2 圖　完全調整池の水位



調整池の容量に相當する水量は使用方法の如何に拘らずその全部は常に重心に集結して働いて居ると見做し得る事，換言すれば H_c なる水頭を有する。

この性質は必ずしも補給時のみに限らず貯水時に於ても肯定し得る事柄である。依て bec に相當する水量は α_l に作用する落差の變化の如何に關らず常に H_c なる落差で補給されて居ると言ふ事が出來る。然るに α_l は調整池の水位に支配され任意時間 x に於ては H なる水頭で働いて居るのであるから H_c なる水頭に置換して見る必要がある。即ち α_l を H_c に置換して得らる可き係數値を β_l とすれば時間 x'_l に於て次の關係が存する。

$$y_l' = \frac{3}{2}\alpha_l\left(\gamma_0 - \frac{1}{3}\alpha_l^2\right) = \frac{3}{2}\beta_l\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta_l^2\right)$$

即ち $x'_l g$ が β_l である事を知るであらう。同樣に x_0 に於ても次の關係がある。

$$y_0 = \frac{3}{2}\alpha_0\left(\gamma_a - \frac{1}{3}\alpha_0^2\right) = \frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta_0^2\right)$$

$$\therefore\quad \alpha_l\left(\gamma_a - \frac{1}{3}\alpha_0^2\right) = \beta_l\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta_0^2\right)$$

y_0 は γ_a に對しては $\alpha_0 = (\alpha_l + ce)$ により發生され γ_c に對しては $\beta_0 = \beta_l + kh$ で發生される譯であるから上式で x_0 に於ける β_l を決定し得る。同樣に任意時間 x に於ても

$$y = \frac{3}{2}\alpha\left(\gamma - \frac{1}{3}\alpha^2\right) = \frac{1}{3}\beta\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta^2\right)$$

$$\alpha = \alpha_l + \delta\alpha, \qquad \beta = \beta_l + \delta\beta$$

α_l と β_l 及び $\delta\alpha$ と $\delta\beta$ の發生出力は各々同量である事を要するから

$$\alpha_l\left(\gamma - \frac{1}{3}\alpha^2\right) = \beta_l\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta^2\right), \qquad \delta\alpha\left(\gamma - \frac{1}{3}\alpha^2\right) = \delta\beta\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta^2\right)$$

$$\therefore\ \frac{\delta\alpha}{\alpha_l}=\frac{\delta\beta}{\beta_l}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(15)$$

依て今時間 x に於ける水位 H が與へられると

$$\gamma=\frac{H}{Ha},\qquad \alpha=-2\sqrt{\gamma}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x}{\gamma\sqrt{\gamma}}\right)$$

に依り α が得られるから $\frac{\delta\alpha}{\alpha_l}$ を決定し得る。然るに

$$\beta=\beta_l+\delta\beta=-2\sqrt{\gamma_c}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x}{\gamma_c\sqrt{\gamma_c}}\right)$$

であるから β を $\delta\alpha:\alpha_l$ に分割すれば β_l を得られる譯であるから第 2 圖の如く gh なる β_l 線を決定し得るであらう。然る時は (15) 式から次の事が言ひ得る。

$$\frac{\delta\alpha\, dx}{\alpha_l\, dx}=\frac{\delta\beta\, dx}{\beta_l\, dx}$$

$$\therefore\ \frac{\int_{x_l}^{x_0}\delta\alpha dx}{\int_{x_l}^{x_0}\alpha_l dx}=\frac{\int_{x_l}^{x_0}\delta\beta\, dx}{\int_{x_l}^{x_0}\beta_l\, dx}\ \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(16)$$

これ即ち圖に就て言へば次の關係を示すものである。

$$\frac{bec}{bx'_l x_0 e}=\frac{ghk}{gx'_l x_0 h}$$

上式に於て $bx'_l x_0 e$ と $gx'_l x_0 h$ の係數積に相當する使用總水量の發生出力は相等しく然も前者に bec を補給して發生し得た $y_l x'_l x_0 y_0$ に相當する出力量は後者に ghk を補給しても同樣に發生し得るものであるから bec と ghk の有する勢力も亦同等であらねばならぬ。然るにこの bec も ghk も兩方とも H_c なる水頭で働いて居る容量であるから各々の保有する勢力が等しい以上は兩者の係數積に相當する水容積も亦同量である事を要する。從て

$$bec=ghk$$

$$\therefore\ bx'_l x_0 e=gx'_l x_0 h$$

依て γ_c 線に就て見るに上記の條件から

$$ghk=gbek$$

を誘導し得る。これに依て調整池作用の後半部に於ける補給狀況は實際は bc 曲線に沿ふ水位の漸減運動であるがその結果である所の $y_l y_0$ 間の出力及び調整池容量等の問題から考へると γ_c の係數曲線に沿ふ變化に置換し得るものである。換言すれば補給時に於ける取入水量と補給流量を合した全使用水量が調整池有效容量の重心の位置に集結して働いて居るものであると言ひ得るのである。玆で注意す可きは γ_c に置換し得るとすると調整池の有效容量は lek となるも前述の通り必要量は $gbek$ であるから lbg 丈大なる値を與へる事となる。依てこれ丈は修正する必要があるのであるが實際問題としては微小量であるから lek を調整池容量と見て差支無いであらう。

同樣な事が調整池作用の前半部の貯水期に就ても言ひ得るのである。即ち輕負荷時の全貯藏水量はその貯藏方法の如何に拘らずその重心に相當する水頭を有するもので換言すれば貯藏水量の全部が重心に集結して居るものと見做し得るのである。今第 2 圖に就て見るに α は a から b 迄移增する間に abd なる貯水をなすものであるから補給時に於けると同樣 α を γ_c に置換して見ると

$$y_i=\frac{3}{2}\alpha_i\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_i^2\right)=\frac{3}{2}\beta_i\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_i^2\right)$$

であるから β_i は gx'_i となる事明である。次に時間 x_1 に於ても亦次の關係が存する。

$$y_1=\frac{3}{2}\alpha_1\left(\gamma_a-\frac{1}{3}\alpha_1^2\right)=\frac{3}{2}\beta_1\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_1^2\right)$$

$$\therefore\quad \alpha_i\left(\gamma_a-\frac{1}{3}\alpha_1^2\right)=\beta_i\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_1^2\right)$$

依て β_i を決定する事が出來, x_1f に相當して居る事が判る。同樣に x 點に於ける α 及び H が與へられると

$$y=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right)=\frac{3}{2}\beta\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta^2\right)$$

$$\therefore\quad \alpha_i\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right)=\beta_i\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta^2\right)$$

以上に依て β_i が決定され fpg なる β_i 線を作圖し得るのであらう。上式中

$$\alpha=\alpha_i-\delta\alpha,\qquad \beta=\beta_i-\delta\beta$$

と置けば $\delta\alpha$ 及び $\delta\beta$ は夫々貯水量として池に殘留する流量であるから

$$\delta\alpha\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right)=\delta\beta\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta^2\right)$$

從て貯水時に於ても (15) 及び (16) 式を誘導し得るから

$$\frac{fmg}{fx_1x'_ig}=\frac{abd}{dx_1x'_ib}$$

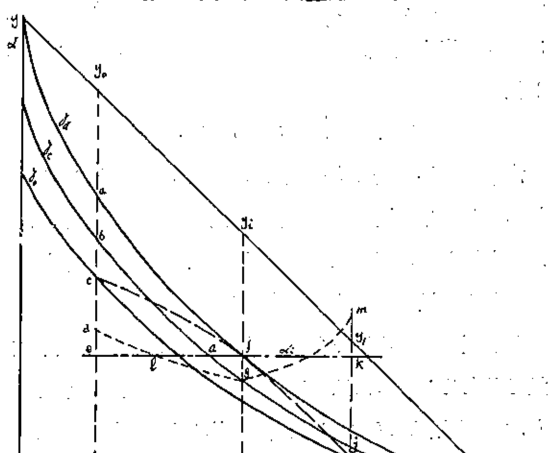
然るに分子は何方も貯水總量で同一物たる事を知るから分母も亦相等しきを要する。從て

$$ax_1x'_ib=mx_1x'_ig$$

$$\therefore\quad abd=dml-lbg$$

これ即ち貯水時に於ても亦全使用水量は H_c に集結して働いて居るものと見做し得る事を示すもので調整池の必要量は γ_c 線の與ふるものより lbg 丈小なるものとす可き事を示して居るのであつて補給時の場合と同一結果に到達するのである。

第 3 圖　完全調整池の水位



次に出力の關係が第 3 圖の樣に y_0 から y_1 に漸減して行く場合に就て見るに y_0 は滿水時である事を要するから α は γ_0 の c 點から始まりこれより水位は次第に降下して f に於て最低水位 H_a に達すから γ_a 線に接觸する事となる。この點から貯水が始まり i に至り γ_0 即ち再び滿水となるのである。この週期中 cf は補給時, fi は貯水時の係數線を表して居る。先づ順序として補給時 cf に就て見るに α_i を γ_c に置換すると β_i は dg 線となつて現はれて來るから

$$補給量=cef=bdg$$

$$ex_0x_if=dx_0x_ig$$

$$bdg=bea-agf$$

これ即ち使用水量の全部が H_c に集結して働ける事を意味するものであつて cf なる各點の水位を異にする流係數曲線を H_c 水頭の γ_c 線に置換し得るものなる事を示して居る。唯この場合に於ても調整池の有效容量は γ_c 線の與ふるものに對し agf なる修正を必要とする事に變りは無い。

同樣に fi なる貯水期に於ける係數線に就て見るに α_i を γ_c に置換すると gm 線で β_i が表はれる事となるから

$$fik = gjm, \qquad fx_ix_1k = gx_ix_1m$$

$$\therefore \quad gjm = fgjk$$

即ち貯水時に於ても全使用水量が H_c に集結して働いて居るものと見做し得る事となり唯調整池容量のみは γ_c 線の與ふる ajk より agf 丈小なるものを採らねばならぬ。

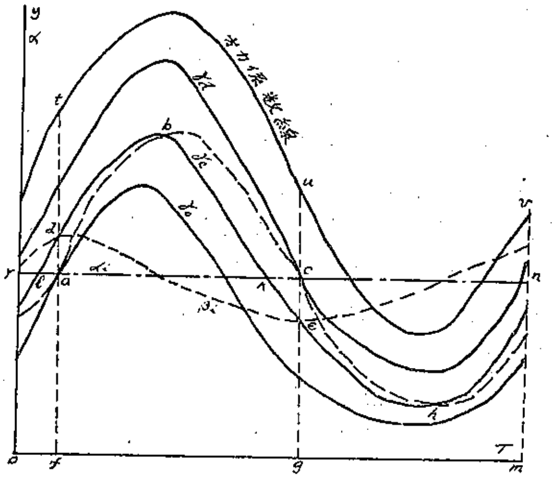
斯樣にして負荷直線の場合に於ては使用水量の全部が調整池の重心に集結して働いて居るものと考へる事が出來るのであるが γ_c に對する流係數曲線を作成すれば調整池の必要容量，耐壓水路內の最大流量及びその損失率等を容易に算出し得る事となるのである。

次に任意想定負荷曲線が與へられた場合の水位關係を調べて見やう。先づ第 4 圖の出力係數線に表はれた樣な負荷曲線が與へられたとする。出力係數線の作成方法は任意負荷曲線が與へらるればその最大負荷を發生すべき時の γ と α_0 を假定しこれから算定される y_0 を以てこの時の最大出力係數と決定する。而して任意時の出力係數は最大出力との比で算出される事は言ふ迄も無い事である。斯樣にして出力係數線を得れば

$$\alpha = -2\sqrt{\gamma}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{y}{\gamma\sqrt{\gamma}}\right)$$

上式から γ に $\gamma_a, \gamma_c, \gamma_0$ を與へて調整池の最低水位，重心水位及び滿水位に對する α を算出し 3 本の流係數曲線を作成し得るであらう。今 α_i を取水量に對する流係數とすると γ_0 線との交點 a から補給が開始され α は abc 線に沿ふて變化し c 點に於て最低水位に達し調整池は空虛となる。これから出力は次第に減少するから貯水が始まり cha 線に沿ふて α が變化し a に至り遂に滿水位に到達するであらう。依て今直線負荷の場合に試みた樣に α_i を γ_c に置換して見るに ded なる點線に示された樣な β_i 線が得られたとする。然る時は補給時に於て $ftug$ なる同一出力量を發生せしむるには $abc = dbe$ なるを要し從て

第 4 圖　任意負荷曲線の水位關係圖



$$afgc = dfge, \qquad \therefore \quad dbe = adbk - kce$$

尙又貯水時に於ても同樣に α_i を γ_c に置換して β_i 線が ed なる點線で現はされたとすると uvt で示された出力量を得る爲には cha 點線で示された流係數線は cha なる水量を貯水する事となりこの水量は H_c なる重心水頭を有する筈である。尙又 ed なる β_i 線の流量で發生せしむるには ehd なる水量を貯水する事となり，この水量は H_c なる水頭に置換した β_i 線で表はされた水量の一部であるからこれ亦當然 H_c なる水頭を享有して居る。然るに貯水池の本性としてこれ等の兩貯水量は同一容量なる事明であるから

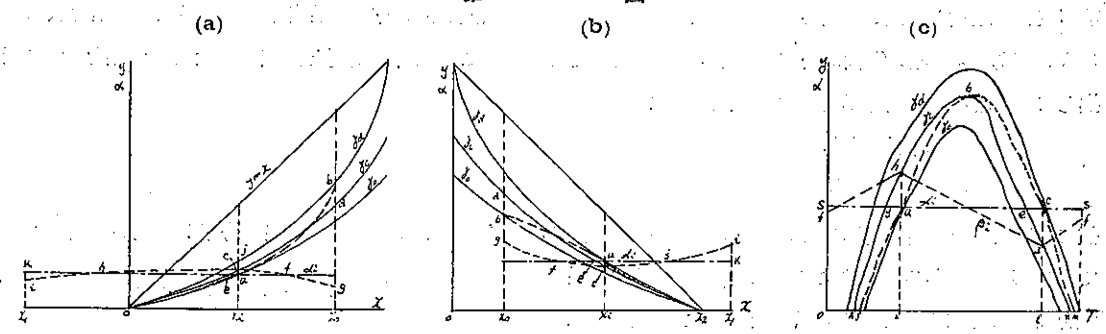
$$cha = ehd, \qquad cgfa = egfd$$

$$\therefore \quad ehd = cehl - dla$$

即ち任意想定負荷曲線に就て見ても完全調整池の場合は使用水量の全部が H_c に集結して働いて居るものと見做し得るものであつて調整池の必要量は γ_c 線の與ふるものよりも $(lad+kec)$ 丈小なるものである事を要するのであるが實際の場合に於ては微小量であるから上記の修正を施さず γ_c の與ふるものを使用して何等支障ないと考へられる。

次に負荷率が 50% 以下に低下せる場合に就て說明せんに尖頭出力時即ち流量補給時に於ては負荷率 50% 以上の場合と全然同様であるから省略し貯水時に就て述べんにこの場合に於ては直線負荷を受くるものでは或る一定時間の無負荷狀態が存する爲，多少趣を異にして居る。第 5 圖 (a) に於て時間 x_1 で調整池は空虚としこの點から貯水が始まるものとする。x_1 から O 點迄は α_t の全部が貯水される譯である。今 α_t 線を γ_c に置換して

第　5　圖



β_t 線を求めると ihc となつたとする，然る時は次の關係が存する。

$$kx_1oa = ix_1oach, \qquad kx_1x_ta = ix_1x_tch$$

$$\therefore \quad ix_1oach = kx_1oeh - eac$$

同様に (b) 圖に於ても β_t 線が cji となつたとすると

$$ax_2\,(\text{點線})\;x_1k = cx_2x_1i, \qquad ax_tx_1k = cx_tx_1i$$

$$\therefore \quad cx_2x_1i = ex_2x_1k - eca$$

同様に任意想定負荷曲線が與へられた場合の (c) 圖に就て見るに貯水時に於て α_t を γ_c に置換して dfh なる β_t 線を得たとすれば

$$cmja\,(\text{點線}) = dukh, \qquad ceia = deih$$

$$\therefore \quad dnkh = cdnkg - gah = enkg - (gah + edc)$$

となり何方も使用水量の全部が H_c に集結して働き居るものと見做し得られ調整池容量に於ても同様 γ_c 線の與ふるものに僅小の修正を行へば宜しい事となるのである。

斯様に完全調整池に於ては直線負荷又は單一尖頭の想定負荷曲線が與へらるれば負荷率の如何に拘らず使用水量の全體が調整池の重心水位に集結して働き居るものと見做し得るのであつてこれを時間的に區分して見ても合理的に成立するものである。即ち使用水量が調整池への流入量よりも常に大なるか又は小なる時は任意時間内の使用水量の總額は常にその時間内に變化せる調整池の兩水位間に介在する水容積の重心に相當する水頭で働いたものであると言ふ事が言へるのである。

6. 餘剰調整池の平均水位

餘剰調整池とは調整池の容量が一般負荷率が要求する容量以上に大であつて自己の負荷率を遞下して他の調整池を有せざる發電所を調節してその負荷率を上昇し得る如きものを言ふのであつて遞下せる負荷率に對しては一種の完全調整池と見做し得るものであるからこの種調整池の平均水位とは完全調整池同様その重心水位に相當せるものであつて使用水量の全部がこの重心に集結して働くものと見做し得る。

7. 不足調整池の平均水位

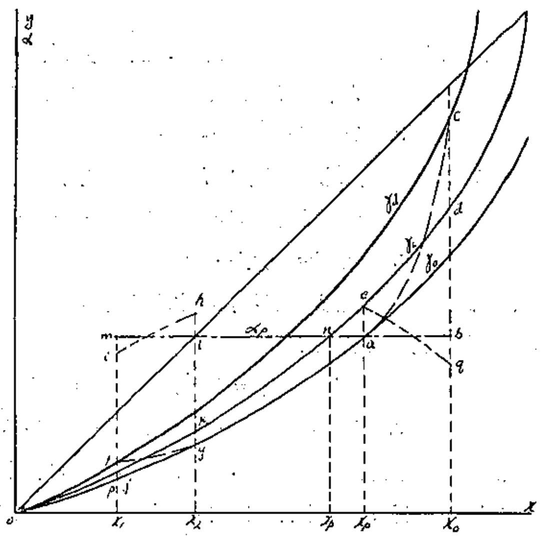
不足調整池とはその容量が一般負荷率の要求する容量に充たざる小容量の調整池を言ふのであつて第 6 圖に示す如くこの場合の取水量に相當する流係數 α_p は α_l より大となり α_0 の p 倍になつて居り，從て完全調整池に於て說明した調整容量に對する修正量 nae は調整池容量の減少に伴ひその比率を增大し來り，微小量として看過し得ざるに至る事に留意を要するも，その補給時に於ける働作等は全然完全調整池の場合と同樣で使用水量の全部が重心に集結して働いて居るものと見做し得るのである。唯貯水時に於ては溢流をなす關係上多少趣を異にするものがある。今第 6 圖に於て α 線が fg となつたとする。この場合も前例と同樣 ml なる α_l 線を γ_c に置換して ih なる β_t 線を得たとする。然る時は

$$mfgl=ijkh, \qquad mx_1x_2l=ix_1x_2h$$

$$\therefore\ ijkh=mjkl$$

依て jk なる γ_c 線に置換してもその働作に變りは無いが $x_2x'_p$ 間は ga なる γ_0 線に倚存して働いて居るものである事が明である。卽ちこの間に lga に相當する溢流をなす事を知るのである。然しながらこの溢流量は最大出力や調整池の容量働作等に無關係であるから修正量が大ならざる場合に於てはこれ亦使用水量の全部が γ_c に倚存して働くものと考へて差支無いのであらう。

第 6 圖　不足調整池の水位



以上は直線負荷の負荷率 50% 以上の場合に就てゞあるが，50% 以下に於ても尙又任意想定負荷曲線が與へられた場合に就ても同樣な事が言ひ得るのであるが完全調整池の場合と殆んど同一筆法であるから玆では省略しやう。

8. 完全調整池

3. で誘導した (10) 及び (11) 式は構造稍々複雜で運用上不便が少くないから次の方法に據る。**5.** で說明した通り完全調整池では使用水量の全部がその重心に集結して働いて居るものと見做し得るのであるから γ_c 線の硏究をやれば宜しい譯である。この場合問題を簡單にする爲 H_c に於ける極限流量を基準に取り $\gamma_c=1$ と取る然る時は直線負荷を受くる場合に於ては次の關係がある。

$$x=\frac{3}{2}\alpha\left(1-\frac{1}{3}\alpha^2\right), \qquad dx=\frac{3}{2}(1-\alpha^2)d\alpha$$

$$A=\int_0^x \alpha dx=\int_0^x \frac{3}{2}\alpha(1-\alpha^2)d\alpha$$

$$\therefore\quad A=\frac{3}{4}\alpha^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha^2\right) \quad\cdots\cdots(17)$$

依て $f=0.5\sim1.0$ に於ては

$$\left.\begin{aligned}
&\alpha_l=\frac{A_0-A_1}{x_0-x_1},\\
&A_0=\frac{3}{4}\alpha_0^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_0^2\right),\qquad A_1=\frac{3}{4}\alpha_1^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_1^2\right)\\
&x_0=\frac{3}{2}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right),\qquad x_1=\frac{3}{2}\alpha_1\left(1-\frac{1}{3}\alpha_1^2\right)\\
&f=\frac{x_0+x_1}{2x_0}
\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(18)$$

(18) 式から A_1, x_1, α_1 を消去すれば α_0, A_0, x_0, f 及び α_l の關係式となるも α_0 の高次陰函數となり反て取扱不便となるから原式の儘使用する方が宜しい。斯樣にして α_0 及び f を與へて α_l を得れば損失率及び調整池の時間容量を求むる事が出來る。即ち

$$y_l=\frac{3}{2}\alpha_l\left(1-\frac{1}{3}\alpha_l^2\right)$$

に於て $\frac{3}{2}\alpha_l$ は全平均出力，即ち摩擦抵抗等を考へざる場合の出力を意味し $\alpha_l^3/2$ は $3\alpha_l/2$ なる可能出力に附隨して必然的に發生する處の損失力たる事を示して居るから

$$\frac{3}{2}\alpha_l\varDelta=\frac{3}{2}\alpha_l-\frac{3}{2}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)f,$$

$$\therefore\quad \varDelta=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l}=1-\frac{f\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)}{\alpha_l}\quad\cdots\cdots(19)$$

尙又調整池の容量は修正量を無視すれば lek 若くは dml を α_l で除した値に相當するから

$$T_l=\{\alpha_l(x_l-x_1)-(A_l-A_1)\}\frac{24}{\alpha_l(x_0-x_1)}=\{(A_0-A_l)-\alpha_l(x_0-x_l)\}\frac{24}{\alpha_l(x_0-x_1)}$$

$$\left.\begin{aligned}
\therefore\quad &T_l=24\left\{\frac{x_l-x_1}{x_0-x_1}-\frac{A_l-A_1}{A_0-A_1}\right\}\\
\text{又は}\quad &=24\left\{\frac{A_0-A_l}{A_0-A_1}-\frac{x_0-x_l}{x_0-x_1}\right\}\\
&x_l=\frac{3}{2}\alpha_l\left(1-\frac{1}{3}\alpha_l^2\right)\\
&A_l=\frac{3}{4}\alpha_l^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_l^2\right)
\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(20)$$

同樣に $f=0.0\sim0.5$ に於ては上式に $A_1=0,\ f=\frac{x_0}{2(x_0-x_1)}$ と置けば宜しい。依て (18) 式に $x_0-x_1=\frac{x_0}{2f}$ と置けば

$$\alpha_l=\frac{A_0}{x_0-x_1}=\frac{2fA_0}{x_0}\quad\cdots\cdots(18')$$

依て上式に

$$A_0=\frac{3}{4}\alpha_0{}^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_0{}^2\right),\qquad x_0=\frac{3}{2}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0{}^2\right)$$

を代入して次式を得る

$$\alpha_l=\frac{\alpha_0\left(1-\frac{1}{2}\alpha_0{}^2\right)f}{1-\frac{1}{3}\alpha_0{}^2}\quad\cdots\cdots(21)$$

(21) 式は α_0 の 3 次式であるから α_l, α_0 及び f の内2つが與へらるれば他の 1つを算定し得る譯である。次に (19) 式に (21) 式の關係を代入して α_l を消去すれば次式を得る。

$$\varDelta=1-\frac{\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0{}^2\right)^2}{1-\frac{1}{2}\alpha_0{}^2}\quad\cdots\cdots(22)$$

卽ち $f=0.0\sim0.5$ に於ては $\varDelta$ は f に無關係である事が解る。尙又 (20) 式から T_l を得られる。

$$T_l=24\left\{1-\frac{2f(x_0-x_l)}{x_0}-\frac{A_l}{A_0}\right\}\quad\cdots\cdots(23)$$

玆で注意すべき事柄は T_l は γ_c 線から誘導した値であるから **5** で述べた通り調整池の容量に修正を施さねばならぬ。**第 2** 圖に於て明なる通りこの修正面積は lbg であるから

$$lbg=ox'_lg-oxl-\alpha_l(x'_l-x_l),\qquad gx'_l=\alpha_l'=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}x'_l\right)$$

$$ox'_lg=\frac{3}{4}\alpha_l'^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_l'^2\right),\qquad ox'_ll=\frac{3}{4}\alpha_l'^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_l^2\right)$$

$$x_l=\frac{3}{2}\alpha_l\left(1-\frac{1}{3}\alpha_l^2\right),\qquad x'_l=\frac{3}{2}\alpha_l\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_l^2\right)$$

$$\alpha_l(x'_l-x_l)=\frac{3}{2}\alpha_l^2(\gamma_0-1)$$

$$\therefore\quad lbg=\frac{3}{4}\alpha_l'^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_l'^2\right)-\frac{3}{4}\alpha_l^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_l^2\right)-\frac{3}{2}\alpha_l^2(\gamma_0-1)\quad\cdots\cdots(24)$$

lbg は近似算では三角形と見倣し得るから

$$lbg=lb\times gb\times\frac{1}{2}=\frac{(x'_l-x_l)(\alpha_l'-\alpha_l)}{2}$$

$$x'_l-x_l=\frac{3}{2}\alpha_l(\gamma_0-1),\qquad \alpha_l'-\alpha_l=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}x'_l\right)-\alpha_l$$

$$\left.\begin{aligned}\therefore\quad lbg&=\frac{3}{4}\alpha_l(\gamma_0-1)\left\{-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}x'_l\right)-\alpha_l\right\}\\ \text{又は}\quad &=\frac{3}{4}\alpha_l(\gamma_0-1)(\alpha_l'-\alpha_l)\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(25)$$

lbg は調整池の容量に比し極めて小量であるから無視しても支障ない。

斯樣にして求めた (18), (19), (20), (21), (22), (23) の諸式に於て α_0 及び f に種々の値を與へて α_l, t_l 及び $\varDelta$を算定すると **第 1 表 其の 1** から**其の 5** を得る。これ等の値を圖示すると**第 7** 圖及び**第 8** 圖が得られる。

第1表 直線負荷に依る完全調整池計算表

(其の 1) $\alpha_0=1.0$

f	α_i	T_i	$\frac{T_i}{T_m}-1$	Δ
0.9570 313	0.8352 273	0.7171 10	1.6620 03	0.2361 111
0.8960 00	0.7384 615	1.3062 60	0.8756 555	0.1911 111
0.84375	0.6750 00	1.7942 2	0.6147 981	0.1666 667
0.8147 188	0.6436 224	2.0744 04	0.5202 621	0.1561 11
0.7517 813	0.5816 489	2.7245 9	0.3753 301	0.1383 333
0.7182 5	0.5510 87	3.1035 25	0.3186 08	0.1311 111
0.648	0.4909 091	3.9982 7	0.2267 419	0.12
0.6116 563	0.4613 372	4.5295 1	0.1890 254	0.1161 111
0.5374 688	0.4033 537	5.8119 55	0.1255 98	0.1116 667
0.50	0.375	6.5917 97	0.0986 32	0.1111 111
0.45	0.3375	7.7637 03	0.0693 8	〃
0.40	0.3	9.0552	0.0504 87	〃
0.35	0.2625	10.4695 14	0.0324 96	〃
0.30	0.225	12.0094 96	0.0212 156	〃
0.25	0.1875	13.6776 12	0.0131 56	〃
0.20	0.15	15.4759 5	0.0075 5	〃
0.15	0.1125	17.4062 2	0.0038 2	
0.10	0.075	19.4697 47	0.0015 3	〃
0.05	0.0375	21.6674 84	0.0003 455	〃

(其の 2) $\alpha_0=0.8$

f	α_i	T_i	$\frac{T_i}{T_m}-1$	Δ
0.9653 072	0.7471 374	0.3985 238	0.8481 167	0.1903 411
0.9194 915	0.6907 895	0.8510 883	0.6200 54	0.1658 606
0.8641 494	0.6328 947	1.3760 857	0.4588 865	0.1443 544
0.8008 475	0.5744 681	1.9998 549	0.3403 285	0.1226 667
0.7667 174	0.5452 586	2.3588 061	0.2920 937	0.1188 104
0.6944 849	0.4871 424	3.2017 514	0.2130 159	0.1066 052
0.6567 797	0.4583 333	3.6973 792	0.1792 053	0.1020 031
0.6182 8	0.4297 492	4.2593 897	0.1498 369	0.0984 149
0.5396 915	0.3734 223	5.6235 811	0.0989 001	0.0943 052
0.50	0.3457 627	6.4615 668	0.0769 278	0.0899 346
0.45	0.3111 864	7.6540 864	0.0542 818	〃
0.40	0.2766 102	8.9656 899	0.0376 955	〃
0.35	0.2420 339	10.3989 962	0.0255 42	〃
0.30	0.2074 576	11.9579 549	0.0168 329	〃
0.25	0.1728 814	13.6400 223	0.0103 72	〃
0.20	0.1383 051	15.4522 637	0.0060 067	〃
0.15	0.1037 288	17.3922 998	0.0030 161	〃
0.10	0.0691 525	19.4635 069	0.0012 092	〃
0.05	0.0345 763	21.6659 16	0.0002 731	〃

(其の 3) $\alpha_0=0.6$

f	α_i	T_i	$\frac{T_i}{T_m}-1$	
0.9683 16	0.5746 42	0.2608 838	0.3288 393	0.1102 793
0.8973 722	0.5222 751	0.8582 249	0.2507 117	0.0927 913
0.8585 859	0.4955 357	1.2032 978	0.2176 226	0.0851 6517
0.8179 056	0.4685 672	1.5867 687	0.1878 702	0.0783 517
0.7318 103	0.4142 765	2.4996 731	0.1368 112	0.0672 997
0.6868 687	0.3870 968	3.0494 55	0.1148 544	0.0631 111
0.6409 801	0.3599 779	3.6796 526	0.0949 18	0.0598 382
0.5943 813	0.3329 767	4.4088 724	0.0767 712	0.0574 915
0.5473 09	0.3061 481	5.2615 882	0.0601 142	0.0560 806
0.50	0.2795 456	6.2737 356	0.0456 226	0.0556 098
0.45	0.2515 909	7.4918 923	0.0319 41	〃
0.40	0.2231 363	8.8322 21	0.0222 478	〃
0.35	0.1956 818	10.2932 522	0.0151 136	〃
0.30	0.1677 273	11.8764 655	0.0099 035	〃
0.25	0.1397 727	13.5831 547	0.0061 596	〃
0.20	0.1118 182	15.4144 106	0.0035 423	〃
0.15	0.0838 6364	17.3711 274	0.0017 951	〃
0.10	0.0559 091	19.4539 998	0.0007 201	〃
0.05	0.0279 545	21.6635 248	0.0001 627	〃

(其の 4) $\alpha_0=0.4$

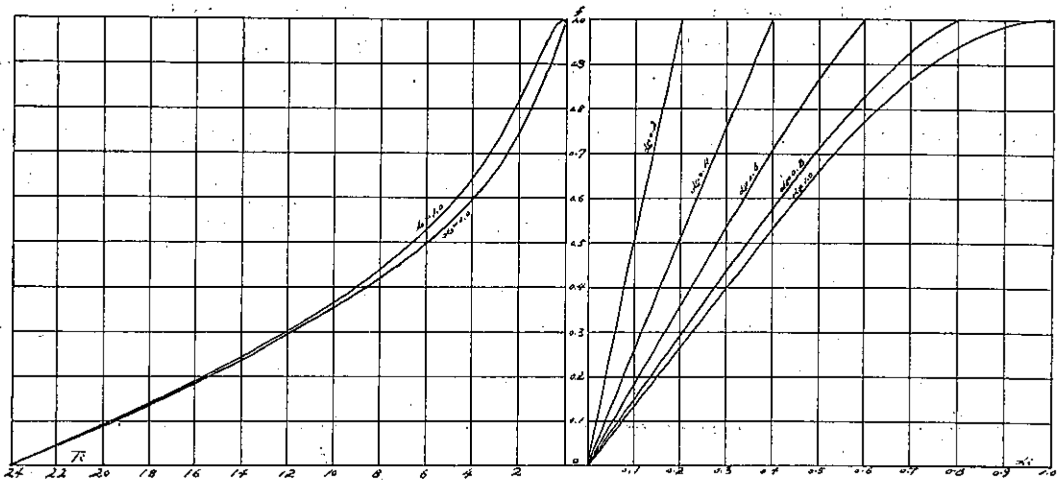
f	α_i	T_i	$\frac{T_i}{T_m}-1$	Δ
0.95	0.3777 6	0.3509 623	0.1113.806	0.0477 197
0.90	0.3560 728	0.7310 537	0.0965 805	0.0428 923
0.85	0.3348 388	1.1475 144	0.0837 636	0.0387 415
0.80	0.3139 862	1.6086 005	0.0724 003	0.0352 017
0.75	0.2934 86	2.1230 220	0.0615 11	0.0323 218
0.70	0.2732 588	2.7046 596	0.0518 12	0.0299 8
0.65	0.2532 456	3.3708 912	0.0433 71	0.0280 85
0.60	0.2334 82	4.1388 44	0.0347 11	0.0269 06
0.55	0.2138 582	5.0422 954	0.0271 342	0.0261 46
0.50	0.1943 662	6.1207 1	0.0201 1	0.0258 937
0.45	0.1749 296	7.3637 4	0.0142 9	〃
0.40	0.1554 930	8.7261 9	0.0099 8	〃
0.35	0.1360 563	10.2088 4	0.0067 9	〃
0.30	0.1166 197	11.8123 9	0.0044 5	〃
0.25	0.0971 831	13.5374 5	0.0027 7	〃
0.20	0.0777 465	15.3845 3	0.0016 0	〃
0.10	0.0388 732	19.4463 2	0.0003 3	〃

(其の 5) $\alpha_0=0.2$

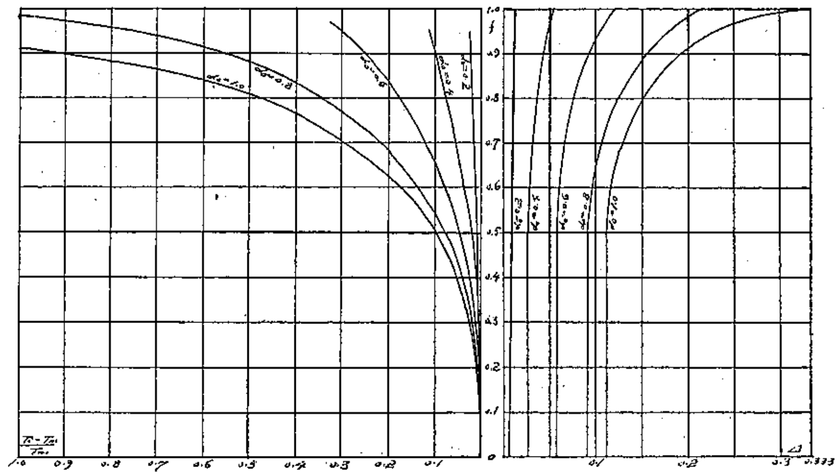
$\alpha_0 = 0.2$

f	α_i	T_i	$\frac{T_i}{T_m}-1$	Δ
0.95	0.1897 497	0.3237 132	0.0250 970	0.0120 320
0.90	0.1795 542	0.6814 411	0.0221 620	0.0108 840
0.85	0.1694 066	1.0795 039	0.0195 310	0.0098 770
0.80	0.1593 019	1.5256 001	0.0170 670	0.0090 095
0.75	0.1492 345	2.0295 982	0.0147 990	0.0082 739
0.70	0.1392 022	2.6037 922	0.0125 860	0.0076 785
0.65	0.1291 987	3.2647 778	0.0105 270	0.0072 140
0.60	0.1192 208	4.0342 942	0.0085 740	0.0068 847
0.55	0.1092 640	4.9421 582	0.0067 360	0.0066 872
0.50	0.0993 243	6.0300 650	0.0050 110	0.0066 213
0.45	0.0893 919	7.2858 804	0.0035 650	〃
0.40	0.0794 595	8.6615 250	0.0024 910	〃
0.35	0.0695 270	10.1572 130	0.0016 980	〃
0.30	0.0595 946	11.7731 100	0.0011 150	〃
0.25	0.04966 220	13.5093 800	0.0006 950	〃
0.20	0.0397 297	15.3661 450	0.0004 000	〃
0.10	0.0198 649	19.4416 000	0.0000 823	〃

第 7 圖 調整池の容量と流係數との關係



第 8 圖 調整池容量增大率及び摩擦損失率圖



今 $\alpha_0=0.8$, $f=0.7$ が與へられると第 7 圖から $\alpha_i=0.49$, $T_i=2.57\sim3.3$ 時を得るも T_i は不精確の嫌があるから第 8 圖から $\left(\dfrac{T_i}{T_m}-1\right)=0.217$, $\varDelta=0.106$ を得るから

$$T_m=6\left(\frac{1}{f}-1\right)=6\left(\frac{1}{0.7}-1\right)=2.57 \text{ 時}$$

$$T_i=(1+0.217)T_m=2.57\times1.217=3.13 \text{ 時}$$

と算出される。即ち耐壓水路内の摩擦抵抗に依る損失率が 10.6% ある爲，調整池の容量に 21.7% の增加を必要とするに至つたものである。

尙直線負荷を受くる場合には第 9 圖の如き圖式解法を用ふるを便とする事がある。先づ $y=x$ なる出力係數線を書き，これに對する流係數曲線 $y=x=\dfrac{3}{2}\alpha\left(1-\dfrac{1}{3}\alpha^2\right)$ を作圖する。次に下方區劃内に $\varDelta=\dfrac{3}{4}\alpha^2\left(1-\dfrac{1}{2}\alpha^2\right)$ を記入する。

今 $f=0.5\sim1.0$ の場合を考ふるに次の關係があるから

$$x_1=(2f-1)x_0$$

$$(x_0-x_1)=2(1-f)x_0$$

$$\therefore\quad \frac{x_0-x_1}{x_0}=2(1-f)$$

y 軸の A 側延長線上に $2(1-f)$ を f の名目で標示する。

同様に $f=0.0\sim0.5$ に於ては

$$f=\frac{x_0}{2(x_0-x_1)}$$

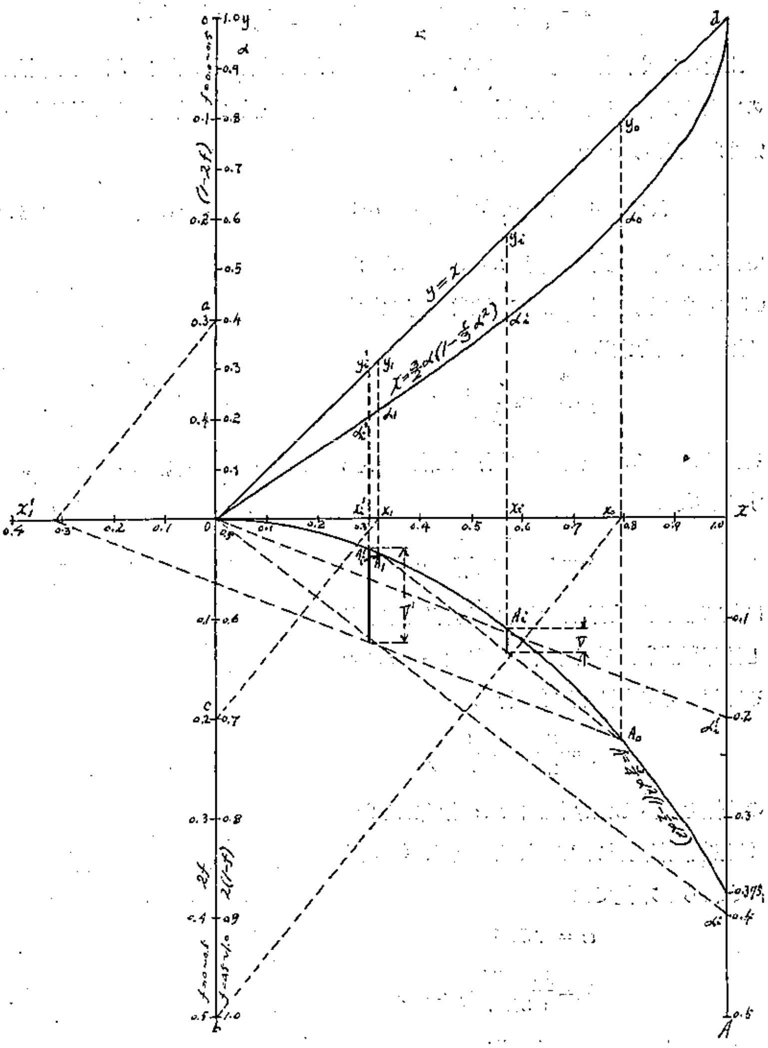
$$\therefore\quad \frac{x_1}{x_0}=\frac{2f-1}{2f}$$

の關係があるから y 軸の第2象限側に $(1-2f)$ を目盛し第3象限側に $2f$ を目盛して置く。x_1 は $(-)$ だから原點より左方に測る事言を俟たぬ。

今 $f=0.7,\ \alpha_0=0.6$ を與へると x 軸に x_0 を得るから bx_0 を結びこれに並行に y 軸上の $f=0.7$ なる c 點から cx_1 を作れば $\alpha_1=0.217$ を得られる。この α_1 と α_0 の延長線が A 曲線を切る點を A_1 及び A_0 とすればこの兩點を結ぶ A_1A_0 に並行に原點 o を通る $o\alpha_l$ 線を作成すると $\alpha_l=0.4$ を得る。

$$\alpha_l=\frac{A_0-A_1}{x_0-x_1}=\frac{0.4}{1}=0.4$$

第9圖　完全調整池圖式解法圖



依て α_l 線を延長し A との交點を A_l とすれば A_l より A_1A_0 迄の延長線は調整池の容量に相當する譯である。A_l 點は A_1A_0 に並行なる A 曲線に對する接線を作成しても求まる譯である。

$$dA=\frac{3}{2}\alpha(1-\alpha^2)d\alpha,\qquad dx=\frac{3}{2}(1-\alpha^2)d\alpha,\qquad \left|\frac{dA}{dx}\right|_{\alpha=\alpha_l}=\alpha_l$$

卽ち A_l に於ける接線の正接は α_l に等しい。

斯様にして V を得れば T_l は次の如くにして定まる。

$$T_l=\frac{V}{\alpha_l}\,\frac{24}{(x_0-x_1)}=\frac{0.024}{0.4}\times\frac{24}{0.792-0.32}=3.03\ 時$$

同様に $f=0.3, \alpha_0=0.6$ が與へられると bx_0 に並行に第2象限の $f=0.3$ に相當する a 點から ax'_1 を作り

$x'_1 A_0$ を結びこれに平行に原點を通る $o\alpha_l'$ を作れば $\alpha_l'=0.2$ を得る。從て α_l 線を延長して V' を得られるから T_l を算出し得る。

$$T_l=\frac{V'}{\alpha_l'}\frac{24}{(x_0-x_1)}=\frac{0.095}{0.2}\times\frac{24}{0.792-0.315}=10.26 \text{ 時}$$

上述の如く直線負荷を受くる場合に於ては比較的容易に算式を以て調整池計畫に必要なる諸要項を算出し得るのであるが任意想定負荷曲線が與へられた場合は一般に圖式に依るの外はない。今**第 10 圖**の樣な負荷曲線が想定されたとし $\alpha_0=0.6$ が與へられると

$$y_0=\frac{3}{2}\times0.6\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.6}^2\right)=0.792$$

であるから圖の尖頭負荷 20 000 KW が 0.792 に相當するものとして任意負荷に對する出力係數を求めると

$$y=\frac{y_0}{P_0}P=\frac{0.792}{20\,000}P$$

を得るからこれに依て出力係數曲線を作成する。次に

$$\alpha=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}y\right)$$

に依て任意出力係數に對する流係數を算出し流係數曲線を畫く。圖に於ては一々の α を算出するの煩を省く爲，豫め

$$y=\frac{3}{2}\alpha\left(1-\frac{1}{3}\alpha^2\right)$$

の曲線を作成し置き圖式で α を決定した。

流係數曲線を決定し得れば α_l, T_l 等が誘出される。本例では

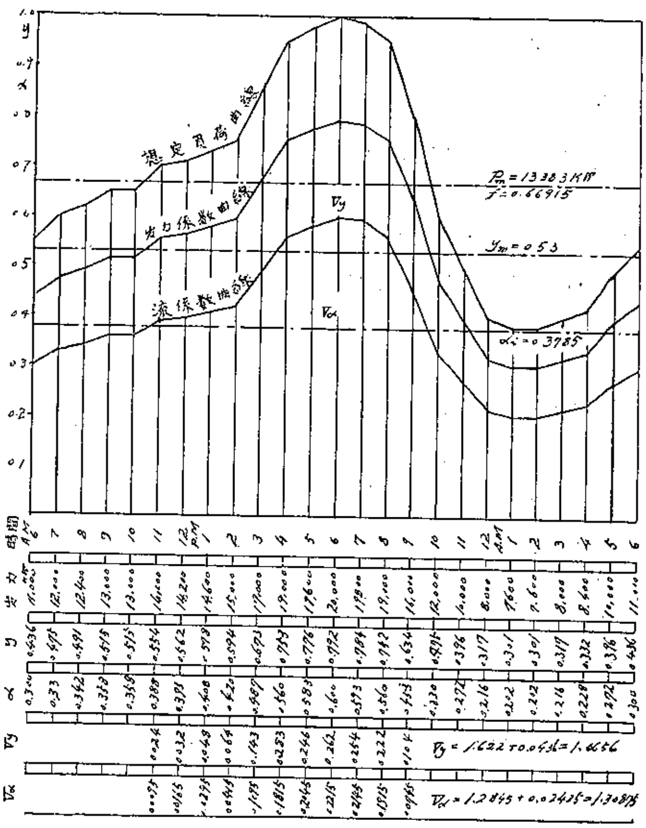
$$\alpha_l=0.3785$$

$$T_l=\frac{1.30875}{0.3785}=3.46 \text{ 時}$$

$$T_m=\frac{1.6656}{0.53}=3.14 \text{ 時}$$

$$\frac{T_l-T_m}{T_m}=\frac{3.46-3.14}{3.14}=0.102$$

第 10 圖　負荷曲線に依る容量計算圖



即ち下流耐壓水路内の摩擦抵抗を無視した場合に比し調整池容量は 10.2% 增量となる。斯樣にして任意想定負荷曲線が與へられた場合に於ても流係數曲線を使用すれば容易に必要事項を決定し得る事となるのである。

例題 (1)　$\gamma_c=1$, $\gamma_0=1.05$, $\gamma_d=0.95$, $(\alpha_0)\gamma_d=0.6539\,16$, $f=0.641$ を與へて調整池の修正容量を求む。

$$x_0=\frac{3}{2}\times0.6539\,16\left(0.95-\frac{1}{3}\times\overline{0.653916}^2\right)=0.792$$

$$\alpha_0=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.792\right)=0.6$$

$$x_1=(2\times0.641-1)\times0.792=0.2233$$

$$A_0=\frac{3}{4}\times\overline{0.6}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.6}^2\right)=0.2214$$

$$\alpha_1=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.2233\right)=0.15$$

$$A_1=\frac{3}{4}\times\overline{0.15}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.15}^2\right)=0.016685$$

$$\alpha_t=\frac{0.2214-0.016685}{0.792-0.2233}=0.359978$$

$$x_t=\frac{3}{2}\times0.359978\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.359978}^2\right)=0.51664$$

$$A_t=\frac{3}{4}\times\overline{0.359978}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.359978}^2\right)=0.090891$$

$$T_t=24\left\{\frac{0.2214-0.090891}{0.2214-0.016685}-\frac{0.792-0.51664}{0.792-0.2233}\right\}=3.67965\text{ 時}$$

$$x'_t=\frac{3}{2}\times0.359978\left(1.05-\frac{1}{3}\times\overline{0.359978}^2\right)=0.5436416$$

$$\alpha_t'=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.5436416\right)0.381047$$

$$\frac{\delta A}{\alpha_t}=\frac{3}{4}(1.05-1)(0.381047-0.359978)=0.0007901$$

$$\delta T_t=\frac{\delta A}{\alpha_t}\frac{24}{x_0-x_1}=0.0007901\times\frac{24}{0.792-0.2233}=0.03334\text{ 時}$$

$$\varDelta T_t=\frac{\delta T_t}{T_t-\delta T_t}=\frac{0.03334}{3.67965-0.03334}=0.0099634$$

即ち修正量は 1% 以内に止まるを知る。

9. 水路斷面の設計

前項で述べた通り α_0 及び f が與へられて α_t が求まると水路斷面の設計を如何にす可きかの問題が起る。一般に取水量 Q_t は一定量であるから

$$Q_t=\frac{Q_t}{\alpha_t},\qquad Q_0=\alpha_0Q_t=\frac{\alpha_0}{\alpha_t}Q_t$$

を得る。然るに下流耐壓水路は少くとも壓力隧道と鐵管の 2 から成立して居るからこれ等工作物内の摩擦抵抗による損失比率を $p:q$ と假定すると隧道及び鐵管內の最大損失水頭は次の如くなる。

$$h_t=\frac{1}{3}\alpha_0^2\frac{p}{p+q}H_c,\qquad h_p=\frac{1}{3}\alpha_0^2\frac{q}{p+q}H_c$$

$$\therefore\quad S_t=\frac{h_t}{L_t}=\frac{p\alpha_0^2H_c}{3(p+q)L_t}$$

上式を Manning の流速公式に代入する

$$v_0=\frac{1}{n}R^{\frac{2}{3}}\sqrt{S}$$

斷面を圓形とすると

$$v_0=\frac{4Q_0}{\pi D_t^2}=\frac{4\alpha_0 Q_l}{\pi D_t^2\alpha_l}$$

$$\frac{16\,\alpha_0^2\,Q_l^2}{\pi^2 D_t^2\alpha_l^2}=\frac{1}{n^2}\left(\frac{D_t}{4}\right)^{\frac{4}{3}}\frac{p\,\alpha_0^2\,H_c}{3(p+q)L_t}$$

$$\therefore\quad D_t=\sqrt[\frac{16}{3}]{\frac{2^4\times 3^{\frac{7}{3}}(p+q)n^2Q_l^2L_t}{\pi^2 p\alpha_l^2 H_c}}\quad\cdots\cdots(26)$$

同様に水壓鐵管の管徑 D_p を求めると

$$D_p=\sqrt[\frac{16}{3}]{\frac{2^4\times 3^{\frac{7}{3}}\times(p+q)n^2Q_l^2L_p}{\pi^2 q\gamma^2\alpha_l^2 H_c}}\quad\cdots\cdots(26')$$

上式中の p, q, γ 等は技術的經濟的見地から決定さるべき數値であるが茲ではその決定法は論じない。

例題 (2) $Q_l=20\,\mathrm{m^3/sec}$, $H_c=200\,\mathrm{m}$, $L_t=2\,000\,\mathrm{m}$, $L_p=600\,\mathrm{m}$, $p:q=2:1$, 最大總損失水頭 $=30\,\mathrm{m}$ にして $f=0.7$ 及び 0.3 の時の水路斷面並に調整池の容量を求む。但し直線負荷を受くるものとし鐵管本數は $f=0.7$ の時は 2 本, $f=0.3$ の時は 3 本とする。

$$\frac{C_0Q_l^2}{H_c}=\frac{1}{3}\alpha_0^2=\frac{30}{200}$$

$$\therefore\quad \alpha_0=\sqrt{\frac{9}{20}}=0.7526\,73$$

$$x_0=\frac{3}{2}\times 0.7526\,73\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.7526\,73}^2\right)=0.9158\,086$$

$$A_0=\frac{3}{4}\times\overline{0.7526\,73}^3\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.7526\,73}^2\right)=0.3045\,346$$

(i) $f=0.7$ の時

$$x_1=(2\times 0.7-1)\times 0.9158\,086=0.3663\,234$$

$$\alpha_1=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.3663\,234\right)=0.2493\,968$$

$$A_1=\frac{3}{4}\times\overline{0.2493\,968}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.2493\,968}^2\right)=0.0451\,983$$

$$\alpha_l=\frac{0.3045\,346-0.0451\,983}{0.9158\,086-0.3663\,234}=0.4719\,623$$

$$x_l=\frac{3}{2}\times 0.4719\,623\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.4719\,623}^2\right)=0.1484\,55$$

$$T_l=24\left\{\frac{0.3045\,346-0.1484\,55}{0.3045\,346-0.0451\,983}-\frac{0.9158\,086-0.6553\,79}{0.9158\,086-0.3663\,234}\right\}=3.0236\text{ 時}$$

$$T_m=6\left(\frac{1}{0.7}-1\right)=2.5714\text{ 時}$$

$$\frac{T_l-T_m}{T_m}=\frac{3.0236-2.5714}{2.5714}=0.1758\,6$$

$$Q_0=\frac{20}{0.4719\,623}\times 0.7\cdot 26\,73==31.8955\,\mathrm{m^3/sec}$$

$$\varDelta=1-\frac{0.7\times0.7526\,73}{0.4719\,623}\times\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.7526\,73}^2\right)=0.0944\,671$$

$$D_t=\sqrt[\frac{16}{3}]{\frac{2^4\times3^{\frac{7}{3}}\times(2+1)\times\overline{0.015}^2\times20^2\times2\,000}{3.1416^2\times2\times\overline{0.4719\,623}^2\times200}}=2.482\text{ m}$$

$$D_p=\sqrt[\frac{16}{3}]{\frac{2^4\times3^{\frac{7}{3}}\times(2+1)\times\overline{0.015}^2\times20^2\times600}{3.1416^2\times1\times2^2\times\overline{0.4719\,623}^2\times200}}=1.74\text{ m}$$

$$A_t=4.8318\text{ m}^2,\qquad A_p=2.3778\,77\text{ m}^2$$

隧道 $$v_0=\frac{31.8955}{4.8383\,18}=6.5922\,7\text{ m/sec}$$

$$v_t=\frac{20}{4.8383\,18}=4.13366\,7\text{ m/sec}$$

鐵管 $$v_0=\frac{31.8955}{2\times2.3778\,77}=6.706\,71\text{ m/sec}$$

$$v_t=\frac{20}{2\times2.3778\,77}=4.2054\,32\text{ m/sec}$$

水車及び發電機能率を 85% 及び 95% と取れば

$$P_0=\frac{0.85\times0.95\times0.736\times31.8955\times(200-30)\times1\,000}{75}=42.967\text{ K. W.}$$

(ii) $f=0.3$ の時

$$\alpha_t=\frac{0.7526\,73\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.7526\,73}^2\right)\times0.3}{1-\frac{1}{3}\times0.7526\,73}=0.1995\,226$$

$$Q_0=\frac{Q_t}{\alpha_t}\alpha_0=\frac{20}{0.1995\,226}\times0.7526\,73=75.4474\text{ m}^3\text{/sec}$$

$$A_t=\frac{3}{4}\times\overline{0.1995\,226}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.1995\,226}^2\right)=0.0292\,761$$

$$x_t=\frac{3}{2}\times0.1995\,226\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.1995\,226}^2\right)=0.2953\,125$$

$$T_t=24\left\{1-\frac{2\times0.3(0.9158\,086-0.2953\,125)}{0.9158\,086}-\frac{0.0292\,761}{0.3045\,346}\right\}=11.9361\,1\text{ 時}$$

$$T_m=24(1-0.3)^2=11.76\text{ 時}$$

$$\frac{T_t-T_m}{T_m}=\frac{11.9361\,1-11.76}{11.76}=0.0149\,75$$

$$\varDelta=1-\frac{\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.7526\,73}^2\right)^2}{1-\frac{1}{2}\times\overline{0.7526\,73}^2}=0.0819\,8117$$

$$D_t=\sqrt[\frac{16}{3}]{\frac{2^4\times3^{\frac{7}{3}}\times3\times\overline{0.015}^2\times20^2\times2\,000}{3.1416^2\times2\times\overline{0.1995\,226}^2\times200}}=3.428\text{ m}$$

$$D_p=\sqrt[\frac{16}{3}]{\frac{2^4\times 3^{\frac{7}{3}}\times 3\times \overline{0.015}^2\times 20^2\times 600}{\overline{3.1416}^2\times 1\times 3^2\times \overline{0.1995\,226}^2\times 200}}=2.063\ \mathrm{m}$$

$$A_t=9.2293\,8\ \mathrm{m}^2,\quad A_p=3.3426\,38\ \mathrm{m}^2$$

隧道

$$v_0=\frac{75.4474}{9.2293\,8}=8.1747\ \mathrm{m/sec}$$

$$v_l=\frac{20}{9.2293\,8}=2.167\ \mathrm{m/sec}$$

鐵管

$$v_0=\frac{75.4474}{3\times 3.3426\,38}=7.52374\ \mathrm{m/sec}$$

$$v_l=\frac{20}{3\times 3.3426\,38}=1.9944\ \mathrm{m/sec}$$

$$P_0=\frac{0.85\times 0.95\times 1\,000\times 0.736\times 75.4474\times(200-30)}{75}=101\,637\ \mathrm{KW}$$

10. 餘剩調整池

調整池の有效容量は地形上殆んど決定的のものであつて一般負荷率又は市場の要求する負荷率に適合する容量を有せしむる事は不可能と言ふの外無く常に容量に過不足を來す事を免れない。この種容量の過大なるものを餘剩調整池と言ふのであつてその特徴とする所は自己の發電所の負荷率を遞下して他の調整池を有せざる發電所或はこれを有するも過小なる所の發電所を調節してその負荷率を高め以て全體としての能率を高むるにあつて經濟上極めて重要なる任務を有するものである。完全調整池の時間容量は (20) 及び (23) 式で示した通りであるが今 T_l が與へられたとすると α_0 又は α_l の何方かを假定すればこの T_l に適合する f が算定される筈である。然るに $f=0.5\sim1.0$ にありては (20) 及び (18) 式から

$$T_l=24\left\{\frac{A_0-A_l}{A_0-A_1}-\frac{x_0-x_l}{x_0-x_1}\right\},\qquad \alpha_l=\frac{A_0-A_1}{x_0-x_1},\qquad x_0-x_1=2(1-f)x_0$$

上式に於て T_l 及び α_0が與へられると x_0, A_0 も亦算出可能となつて來るから α_l と f とが求まる筈である。この場合 A_1, x_1 を消去すると α_l の高次式となり反て取扱不便となるから f を假定して T_l を算出し，これが地形の與ふる値と一致する様數回の試算を行ふ可きである。然るに $f=0.0\sim0.5$ に於ては (23) 及び (18′) 式から f を消去すれば宜しい。

$$T_l=24\left\{1-\frac{2f(x_0-x_l)}{x_0}-\frac{A_l}{A_0}\right\},\qquad \alpha_l=\frac{2fA_0}{x_0}$$

$$\therefore\quad \alpha_l^4-6\alpha_l^2+8x_0\alpha_l-A_0\left(8-\frac{T_l}{3}\right)=0\cdots\cdots\cdots(27)$$

(27) 式に α_0 及び T_l を與へると A_0 は既知數であるから α_l の 4 次式となつて來る。

例題 (3) $Q_l=20\ \mathrm{m^3/sec}$, $V_0=365\,000\ \mathrm{m^3}$, $\alpha_0=0.7526\,73$ の時許容負荷率を求む。但し直線負荷を受くるものとす。

$$x_0=\frac{3}{2}\times 0.7526\,73\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.7526\,73}^2\right)=0.9158\,086$$

$$A_0=\frac{3}{4}\times\overline{0.7526\,73}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.7526\,73}^2\right)=0.3045\,346$$

$f=0.55$ と假定すれば

$$x_1=(2\times 0.55-1)\times 0.9158\,086=0.0915\,809$$

$$x_0-x_1=2(1-0.55)\times 0.9158\,086=0.8242\,278$$

$$\alpha_1=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.0915\,809\right)=0.0611\,254$$

$$A_1=\frac{3}{4}\times\overline{0.0611\,254}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.0611\,254}^2\right)=0.0027\,9696$$

$$\alpha_l=\frac{0.3045\,346-0.0027\,9696}{0.9158\,086-0.0915\,809}=0.3660\,852$$

$$x_l=\frac{3}{2}\times 0.3660\,852\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.3660\,852}^2\right)=0.5245\,967$$

$$A_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.3660\,852}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.3660\,852}^2\right)=0.0937\,784$$

$$T_l=24\left\{\frac{0.3045\,346-0.0937\,784}{0.3045\,346-0.0027\,9696}-\frac{0.9158\,086-0.5245\,967}{0.9158\,086-0.3660\,852}\right\}=5.0625\text{ 時}$$

然るに地形の與ふる調整池時間容量は

$$T_l=\frac{365\,000}{3\,600\times 20}=5.0694\text{ 時}$$

故に $f=0.55$ と決定す。

例題 (4) 前例に於て $V_0=775\,000\,\mathrm{m}^3$ の時の許容負荷率を求む。

$$T_l=\frac{775\,000}{20\times 3\,600}=10.764\text{ 時}$$

第 7 圖から $f=0.3\sim0.4$ なる事明であるから (27) 式で解く。

$$\alpha_0=0.7526\,73,\qquad x_0=0.9158\,086,\qquad A_0=0.3045\,346$$

を代入して次式を得る。

$$\alpha_l^4-6\alpha_l^2+7.3264\,688\alpha_l-1.3436\,1=0$$

α_l の根は 0.2〜0.3 の間に存するから上式を變形して

$$\alpha_l^2-1.2210\,8\alpha_l+\left(0.2239\,35-\frac{\alpha_l^4}{6}\right)=0$$

と置き (α_l^4) を假定して α_l の 2 次式を解き得たる α_l が假定と一致する樣試算を繰返して決定する。然るに $\frac{\alpha_l^4}{6}$ は微小量であるからこれを無視して得らるゝ α_l は過小であり

$$\alpha_l=0.6105\,4-\sqrt{0.1488\,241}=0.2247\,63$$

上記の α_l を以て得らるべき α_l は過大値を與ふる事明である

$$\alpha_l'=0.6105\,4-\sqrt{0.1488\,241-\frac{(0.2247\,63)^4}{6}}=0.2253\,2$$

依てこの兩者の平均を以て α_l の根と決定する。

$$\alpha_l=\frac{0.2247\,63+0.2253\,2}{2}=0.2250\,4$$

$$\therefore\quad f=\frac{\alpha_l x_0}{2A_0}=\frac{0.2250\,4\times 0.9158\,086}{2\times 0.3045\,346}=0.3384$$

$$Q_0=0.7526\,73\times\frac{20}{0.2250\,4}=66.89\,\mathrm{m^3/sec},\qquad \frac{Q_l}{f}=\frac{20}{0.3384}=59.101\,\mathrm{m^3/sec}$$

、即ち耐壓水路の摩擦損失の爲 Q_0 は 7.79 m³/sec の増大を來す。

$$\frac{Q_0-Qi/f}{Qi/f}=\frac{66.89-59.101}{59.101}=0.1317$$

例題 (5)　第 **10** 圖の負荷曲線に就て $\alpha_0, \alpha i, f$ 及び Ti の關係圖表を作成する事。

與へられた負荷曲線の平均負荷を b とし b 以上の負荷總量を a とし，水路の摩擦損失無きものと假定すれば

$$Tm=\frac{a}{1-b}\left(\frac{1}{f}-1\right)$$

となり本圖に於ては $a=2.01595$, $b=0.66915$ を得るから

$$Tm=6.1\left(\frac{1}{f}-1\right)$$

上式は基礎負荷が零となる迄使用し得るものであるから

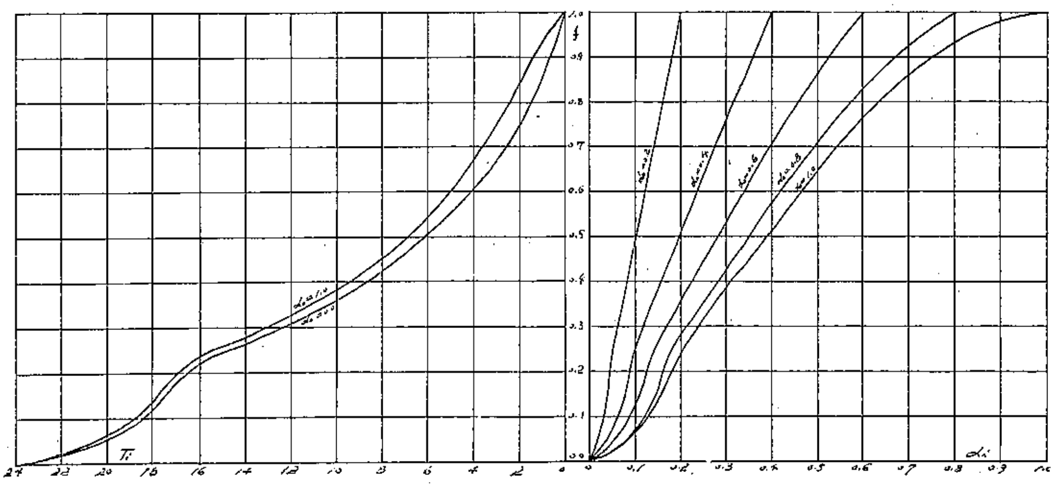
$$f=\frac{Pm+Pb}{P_0+Pb}=\frac{Pm/P_0+Pb/P_0}{1+Pb/P_0}$$

に於て $Pb=-7\,600$ KW 或は $Pb/P_0\geqq-0.38$ 迄適用さるゝ事明である。Pbがこれより大となれば別に負荷曲線を作成して容量を決定するを要する。水路の摩擦を考慮に入れた場合は第 **10** 圖に示した通り任意に Pb を増減して負荷率を一定にし $\alpha_0=0\sim1.0$ を與へて流係數曲線を作成しその平均を求めて容量及び αi を決定する。第 **2** 表はこの計算表を示す。第 **11** 圖は第 **2** 表から作成したものである。

第 2 表　例 題 (5) 計 算 表

f ＼ α_0		1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
0.9	αi	0.75	0.669	0.523	0.3565	0.1795
	Ti	1.437	1.065	0.858	0.776	0.688
0.8	αi	0.637	0.575	0.457	0.314	0.160
	Ti	2.445	2.076	1.80	1.633	1.515
0.66915	αi	0.520	0.467	0.377	0.262	0.1336
	Ti	3.980	3.580	3.370	3.140	3.020
0.6	αi	0.465	0.420	0.337	0.235	0.1198
	Ti	4.990	4.780	4.455	4.200	4.050
0.4665	αi	0.364	0.327	0.263	0.184	0.0935
	Ti	7.760	7.630	7.260	6.980	6.880
0.382	αi	0.297	0.271	0.215	0.1497	0.0771
	Ti	10.020	9.800	9.670	9.440	9.210
0.305	αi	0.246	0.219	0.174	0.119	0.0614
	Ti	12.680	12.500	12.260	12.100	11.960
0.234	αi	0.1935	0.171	0.1347	0.093	0.0469
	Ti	16.020	15.930	15.850	15.400	15.700
0.1475	αi	0.1575	0.142	0.1092	0.0747	0.0378
	Ti	17.880	17.380	17.840	17.800	17.820

第 11 圖　想定負荷曲線に依る調整池解法圖



11.　不 足 調 整 池

不足調整池とはその容量が一般負荷率の要求に滿たざる過小調整池を言ふのであつて使用水量の若干は溢流の已む無きに至るものである。今直線負荷の場合で $f=0.5\sim1.0$ の範圍を考慮して見るに便宜上第 6 圖に示した樣に使用水量の全部が γ_c に集結して働いて居るものと見做せば

$$T_p=\frac{nbd}{\alpha_p}\frac{24}{x_0-x_1}=\Big\{(A_0-A_p)-\alpha_p(x_0-x_p)\Big\}\frac{1}{\alpha_p}\frac{24}{x_0-x_1}$$

上式に於て　$x_1=(2f-1)x_0$,　$x_0-x_1=2(1-f)x_0$,　$\alpha_p=p\alpha_0$

$$A_0=\frac{3}{4}\alpha_0^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_0^2\right),\qquad x_0=\frac{3}{2}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)$$

$$A_p=\frac{3}{4}p^2\alpha_0^2\left(1-\frac{1}{2}p^2\alpha_0^2\right),\qquad x_p=\frac{3}{2}p\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}p^2\alpha_0^2\right)$$

を代入して簡單にすれば

$$T_p=\frac{1}{p(1-f)\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)}\Big\{6(1-p)^2-\alpha_0^2(3-4p+p^4)\Big\}\cdots\cdots(28)$$

(28) 式に $\alpha_0=0$ と置くと $T_p=\dfrac{6(1-p)^2}{p(1-f)}$ となり水路の摩擦を無視した場合の算式を得る。同樣に $\alpha_0=1$ と置くと

$$T_p=\frac{3}{2}\frac{1}{(1-f)p}\Big\{3-8p+6p^2-p^4\Big\}\cdots\cdots(29)$$

を得る。(29) 式は p の極限値を與へる。

次に $f=0.0\sim0.5$ の場合を求むるに

$$T_p=\Big\{(A_0-A_p)-\alpha_p(x_0-x_p)\Big\}\frac{1}{\alpha_p}\frac{24}{x_0-x_1}$$

に於て　$x_0-x_1=\dfrac{x_0}{2f}$　となるから

$$T_p=\frac{4f}{p\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)}\Big\{6(1-p)^2-\alpha_0^2(3-4p+p^4)\Big\}\cdots\cdots(30)$$

上式に $\alpha_0=0$ と置くと $T_p=\dfrac{24f(1-p)^2}{p}$ が得られ水路の摩擦損失を無視した場合の算式となる。同樣に $\alpha_0=1$ と置けば T_p の極限値を與へる事 (29) 式に於けると等しい。

$$T_p=\frac{6f}{p}\Big\{3-8p+6p^2-p^4\Big\}\cdots\cdots(29')$$

斯樣にして (28) 及び (30) 式に就て見るに T_p は地形上既與の數値であるから α_0 を假定すれば p の 4 次式となつて來てこれを解けば p を決定し得る譯であるが 4 次式の解法は實用上不便尠なくないから

$$\Omega=\frac{6(1-p)^2-\alpha_0^2(3-4p+p^4)}{\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)p}\cdots\cdots(31)$$

と置き　$f=0.5\sim1.0$　の時は

$$\Omega=(1-f)T_p\cdots\cdots(32)$$

$f=0.0\sim0.5$　の時は

$$\Omega=\frac{T_p}{4f}\cdots\cdots(33)$$

と置き豫め α_0 及び p に任意の數値を與へて Ω を算定し第 **3** 表及び第 **12** 圖を作成し置く方が便利である。圖に示せる $T_l, \alpha_0=0$; $T_l, \alpha_0=1$ なる 2 曲線は完全調整池としての時間容量の限界を示して居るもので不足調整池はこの $\alpha_0=0$ 線の外側に存し餘剩調整池の時間容量は $\alpha_0=1$ 線と Ω 線との中間に存する事を示して居る。

例へば $f=0.6,\ \alpha_0=0.8,\ T_p=2.5$ 時が與へられると $p=0.605$ を得るであらう。依て

$$\alpha_p=p\alpha_0=0.8\times0.605=0.484$$

α_p が決まれば水路斷面を算定し得る。斯様にして α_p が決定されるのであるが $\alpha_p>\alpha_t$ なるを要するから

$$f=0.5\sim1.0 \qquad p\geqq\frac{A_0-A_t}{2(1-f)x_0}\,\frac{1}{\alpha_0}$$

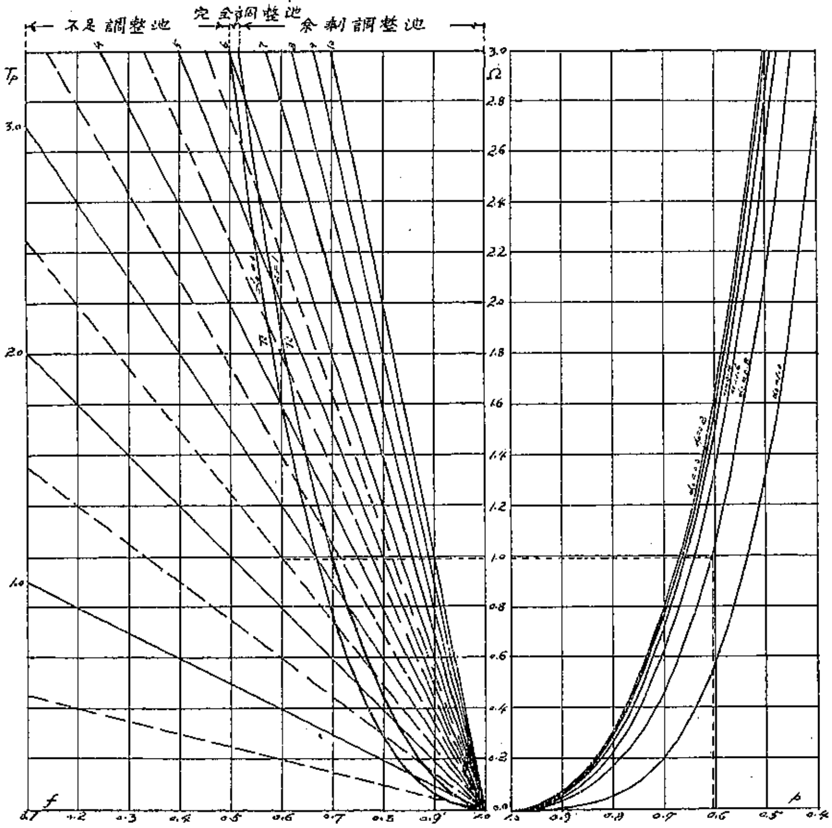
$$f=0.0\sim0.5 \qquad p\geqq\frac{2fA_0}{x_0}\,\frac{1}{\alpha_0}$$

然るに $T_p<T_t$ なる事明であるから地形の與ふる時間容量から推し如何なる種類の調整池に屬するかを判斷せねばならぬ。玆で注意す可きは地形の與ふる T_p に對し水量に過不足を生ぜざる樣に卽ち完全調整池となる樣に f を上昇せしむる事を許すなれば T_p は一種の完全調整池となるものである事を察知し得可く，反對に餘剩調整池と雖も f を餘剩調整池として適合せしむるより尙も小に取る時は反て不足調整池となつて來るものであるから與へられた一地點の調整池の容量のみからその種類を決定する事なく全系統に就て經濟的見地から決定すべきものである。

第 3 表　P 及び Ω 計算表

p ＼ α_0	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2	0.0
1.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.9	0.0065 0	0.0340 3	0.0502 6	0.0598 9	0.0650 4	0.0666 7
0.8	0.0570 0	0.1682 0	0.2337 3	0.2726 2	0.2935 6	0.3000 0
0.75	0.1171 9	0.2923 7	0.3956 0	0.4568 7	0.4896 5	0.5000 0
0.7	0.2140 7	0.4691 3	0.6194 2	0.7086 3	0.7563 7	0.7714 3
0.67	0.2952 7	0.6064 4	0.7897 8	0.8986 1	0.9568 5	0.9752 2
0.63	0.4377 9	0.8341 0	1.0676 2	1.2062 3	1.2804 0	1.3038 1
0.6	0.5760 0	1.0446 0	1.3207 3	1.4846 2	1.5723 2	1.6000 0
0.57	0.7469 5	1.2958 1	1.6192 2	1.8111 8	1.9139 0	1.9463 1
0.53	1.0372 5	1.7069 9	2.1016 2	2.3358 5	2.4612 0	2.5007 6
0.5	1.3125 0	2.0847 4	2.5397 7	2.8098 6	2.9543 9	3.0000 0
0.47	1.6487 3	2.5352 6	3.0576 2	3.3676 8	3.5336 0	3.5859 6
0.4	2.7540 0	3.9648 8	4.6783 6	5.1018 6	5.3284 9	5.4000 0
0.3	5.6595 0	7.4272 0	8.6707 7	9.3334 7	9.6881 0	9.8000 0
0.2	12.2880 0	15.4511 2	17.3178 5	18.4212 0	19.0131 9	19.2000 0
0.1	33.8985 0	40.6263 0	44.5905 0	46.9435 0	48.2027 0	48.6000 0
0.0	∞	∞	∞	∞	∞	∞

第 12 圖　不足調整池計算圖



上述の如くにして α_p が決まれば溢流量及び溢流に起因する損失率を求めねばならぬ。

$$全使用水量=\frac{24\times 3\,600(A_0-A_1)}{2(1-f)x_0}\,\frac{Q_p}{\alpha_p}\cdots\cdot f=0.5\sim 1.0$$

$$=\frac{48\times 3\,600 fA_0}{x_0}\,\frac{Q_p}{\alpha_p}\cdots\cdots\cdot f=0.0\sim 0.5$$

然るに全取水量は　$24\times 3\,600\ Q_p$　であるから

$$全溢流量=24\times 3\,600\ Q_p\left\{1-\frac{A_0-A_1}{2(1-f)x_0}\,\frac{1}{\alpha_p}\right\}\cdots\cdot f=0.5\sim 1.0$$

$$=24\times 3\,600\ Q_p\left\{1-\frac{2fA_0}{x_0}\,\frac{1}{\alpha_p}\right\}\cdots\cdots\cdot f=0.0\sim 0.5$$

$$\left.\begin{aligned}\therefore\quad \Delta_v&=1-\frac{A_0-A_1}{2(1-f)x_0}\,\frac{1}{p\alpha_0}=1-\frac{\alpha_l}{\alpha_p}\cdots f=0.5\sim 1.0\\ &=1-\frac{2fA_0}{x_0}\,\frac{1}{p\alpha_0}=1-\frac{\alpha_l}{\alpha_p}\quad\cdots f=0.0\sim 0.5\end{aligned}\right\}\cdots\cdots\cdots(34)$$

(34) 式中の α_l は上記總使用水量の平均流係數を意味する。

上式で注意すべきは第 6 圖に示した nae なる修正量は補給量に對してのみ行ふ可きものであつて貯水時の $mjkl$ の內には含まれて居ないから本式で與へられる溢流量はこの修正量丈小なる値が與へられる事である。

不足調整池では使用水量丈が γ_c で働き溢流量は水頭零で働いて居ると見得るからその平均作用水頭に對する γ_m は

$$\alpha_p(x_0-x_1)\gamma_m=(1-\Delta_v)\alpha_p(x_0-x_1)\gamma_c$$

$$\therefore\quad \gamma_m=(1-\Delta_v)\gamma_c=\frac{\alpha_l}{\alpha_p}\gamma_c\quad\cdots\cdots\cdots(34')$$

依て α_p は γ_m で働いて居ると見做し得るから水路の摩擦抵抗なき場合の平均出力は $3/2\cdot\alpha_p\gamma_m$ に相當する。從て

$$\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m(x_0-x_1)\Delta_0=\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m(x_0-x_1)-f x_0(x_0-x_1)$$

$$\therefore\quad \Delta_0=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m}=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_c}\cdots\cdots\cdots(35)$$

然るに　　$\Delta_0=\Delta+\Delta_v$　であるから

$$\Delta=\frac{\alpha_l}{\alpha_p}-\frac{f x_0}{\frac{3}{2}\alpha_p(1-\Delta_v)\gamma_c}=\frac{\alpha_l}{\alpha_p}-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_c}\cdots\cdots\cdots(36)$$

然るに α_p と α_l の差が大となるに從ひ調整池の容量は小となり尙又 γ_c と γ_0 の差が增大して來れば第 6 圖の nae なる修正量の比率も漸增して輕々に無視し得ざるに至る事明である。斯くの如き場合に於ては

$$x'_p=\frac{3}{2}\alpha_p\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_p^2\right),\qquad x_p=\frac{3}{2}\alpha_p\left(1-\frac{1}{3}\alpha_p^2\right)$$

$$x'_p-x_p=\delta x_p=\frac{3}{2}\alpha_p(\gamma_0-1)$$

然るに x_p は α_p の函數であるから $x_p=f(\alpha_p)$ と置き次の如く展開を施す。

$$dx_p=f'(\alpha_p)\,d\alpha_p+f''(\alpha_p)\frac{\overline{d\alpha_p}^{\,2}}{\underline{|2}}+\cdots\cdot$$

$\overline{d\alpha_p}|^2$ 以上は微小量故切捨てれば

$$dx_p = f'(\alpha_p)\,d\alpha_p = \frac{3}{2}(1-\alpha_p^2)\,d\alpha_p$$

δx_p は漸減して dx_p と等しくなるものと假定すると

$$dx_p = \delta x_p, \qquad \frac{3}{2}\alpha_p(\gamma_0 - 1) = \frac{3}{2}(1-\alpha_p^2)\,d\alpha_p$$

$$\therefore \quad d\alpha_p = \frac{\alpha_p(\gamma_0-1)}{1-\alpha_p^2}$$

第 6 圖に於て $na = dx_p$, $ae = d\alpha_p$ とすれば

$$\delta A = nae = \frac{dx_p\,d\alpha_p}{2}$$

$$= \frac{3}{4}\,\frac{\alpha_p^2(\gamma_0-1)^2}{1-\alpha_p^2} \quad \cdots\cdots(37)$$

$$\therefore \quad \delta T_p = \frac{\delta A}{\alpha_p}\,\frac{24}{x_0 - x_1} = \frac{18\alpha_p(\gamma_0-1)^2}{(1-\alpha_p^2)(x_0-x_1)}$$

上式中 $\alpha_p = p\alpha_0$ と置けば

$$\left.\begin{aligned} \delta T_p &= \frac{6p(\gamma_0-1)^2}{(1-f)\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)(1-p^2\alpha_0^2)} \quad \cdots f=0.5\sim1.0 \\ &= \frac{24fp(\gamma_0-1)^2}{\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)(1-p^2\alpha_0^2)} \quad \cdots f=0.0\sim0.5 \end{aligned}\right\} \cdots\cdots(37')$$

上記修正を (28), (30) の兩式に施すと T_p は p の 6 次式となりその解法も甚容易でなくなるから近似解法に據るのが便利である。即ち先づ δT_p を假定して T_p に修正を施し $(T_p + \delta T_p)$ に對する p を (28) 及び (30) 式から求める。この p が與ふる所の δT_p が先に假定した δT_p に一致する樣 p を決定すれば宜しい譯である。

7. で説明した通り不足調整池に於ても使用水量の全部が γ_0 に集結して働くものと見做し得るのであるが第 6 圖の x_2 から x'_p 迄は γ_0 に依存して居るから lga に相當する溢流が起て居る。即ち (35) 式で與へられるものは lkn であるから實際は $kgan$ 丈增加するを要するのである。依て溢流量 O_v は次の如くなるであらう。

$$O_v = lga = mx_1x_0b - jx_1x_0deagk$$

$$= \alpha_p(x_0 - x_1) - \{(A_0 - A_1) - (A_p' - A_2) + (A'_p - A'_2)\}$$

上式中

$$A_p' = \frac{3}{4}\alpha_p'^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_p'^2\right), \qquad \alpha'_p = -2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}x'_p\right)$$

$$x'_p = \frac{3}{2}\alpha_p\left(\gamma_0 - \frac{1}{3}\alpha_p^2\right), \qquad A'_p = \frac{3}{4}\alpha_p^2\left(\gamma_0 - \frac{1}{2}\alpha_p^2\right)$$

$$A_2 = \frac{3}{4}\alpha_2^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_2^2\right), \qquad A'_2 = \frac{3}{4}\alpha_2^2\left(\gamma_0 - \frac{1}{2}\alpha_2^2\right)$$

$$x_0 = \frac{3}{2}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right), \qquad A_0 = \frac{3}{4}\alpha_0^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_0^2\right)$$

$$x_1 = \frac{3}{2}\alpha_1\left(1-\frac{1}{3}\alpha_1^2\right), \qquad A_1 = \frac{3}{4}\alpha_1^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_1^2\right)$$

$$x_2 = \frac{3}{2}\alpha_2\left(1-\frac{1}{3}\alpha_2^2\right)$$

$$A_0-A_{p'}-\alpha_p(x_0-x'_p)=\alpha_p(x_2-x_1)-(A_2-A_1)$$

であるから先づ α_2 を求めて x_2, A_2 を算定し然る後 O_v を算出し得るのである。尚上式は $f=0.5\sim1.0$ の場合であるが $A_1=0$ と置けば $f=0.0\sim0.5$ の場合を求め得る。上記算式は稍複雜に失する嫌があるから先に誘導した (35) 式に $kg\,an$ の修正增加を行ふも同一結果を得る譯である。この修正量を δO_v とすれば

$$\delta O_v=(A_{p'}-A_2)-(A'_p-A_2')$$

調整池の容量では nae を餘分に含んで居るから (35) 式の樣に γ_c に依存するものとして誘導した溢流量 lkn は mae 丈小なるものを與へる故上式の O_v 及び δO_v には nae を餘分に含む樣に見えるけれども lkn 內の不足を補て居るもので全溢流量は lgn となる譯である。尚又 O_v 及び δO_v の實容量は $\dfrac{24\times3\,600\,Q_p}{(x_0-x_1)\alpha_p}$ を乘ずる事に依て求まるのである。

今溢流量に對する $\varDelta_v$ 及び $\delta\varDelta_v$ を求めると次の如くである。

$$\varDelta_v=\frac{O_v}{\alpha_p(x_0-x_1)}=1-\frac{\alpha_l}{\alpha_p}+\frac{1}{\alpha_p(x_0-x_1)}\Big\{(A_{p'}-A_2)-(A'_p-A_2')\Big\}\quad\cdots\cdots(38)$$

$$\delta\varDelta_v=\frac{\delta O_v}{\alpha_p(x_0-x_1)}=\frac{1}{\alpha_p(x_0-x_1)}\Big\{(A_{p'}-A_2)-(A'_p-A_2')\Big\}\quad\cdots\cdots(39)$$

然るに平均作用水位率は γ_m に減小したものと見做されるから (34) 式より次式を得る。

$$\gamma_m=(1-\varDelta_v)\gamma_c=\Big[\frac{\alpha_l}{\alpha_p}-\frac{1}{\alpha_p(x_0-x_1)}\Big\{(A_{p'}-A_2)-(A'_p-A_2')\Big\}\Big]\gamma_c\quad\cdots\cdots(40')$$

$$\therefore\quad \varDelta_0=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m}=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\Big[\alpha_l-\frac{1}{x_0-x_1}\Big\{(A_{p'}-A_2)-(A'_p-A_2')\Big\}\Big]\gamma_c}\quad\cdots\cdots(40)$$

然るに　$\varDelta_0=\varDelta+\varDelta_v$　であるから

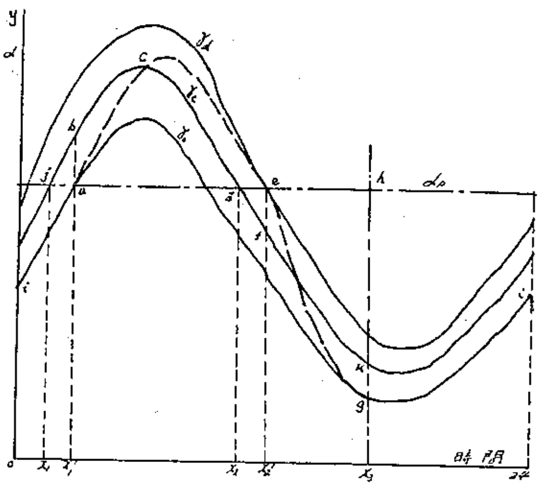
$$\varDelta=\frac{\alpha_l}{\alpha_p}-\frac{1}{\alpha_p(x_0-x_1)}\Big\{(A_{p'}-A_2)-(A'_p-A_2')\Big\}-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\Big[\alpha_l-\frac{1}{x_0-x_1}\Big\{(A_{p'}-A_2)-(A'_p-A_2')\Big\}\Big]\gamma_c}\quad\cdots\cdots(40'')$$

上式中の α_l は全使用水量の平均流係數を意味する。

次に任意想定負荷曲線が與へられた場合であるがこれ亦流係數曲線を使用する事に依り比較的容易に解決し得るのである。今最大出力は最大流量の時に發生するものと假定しこの流係數 α_0 が與へられたとする。使用水量は凡て γ_c に集結して働くものと見做されるから y_0 が定まる。y_0 は最大出力に對する出力係數であるから，負荷曲線に對する出力係數曲線を作成し得る。從てこの出力係數線に對する流係數曲線を誘導し得るであらう。然るに T_p は地形上既に與へられてある數値であるから基線に並行な α_p 線を假定しこの線以上に存する部分の流係數積を求め，これを α_p で除した商が T_p に等しくなる樣 α_p を決定すれば，これ卽ち取水量に對する流係數となるのである。從て $Q_0=\dfrac{\alpha_0}{\alpha_p}Q_p$ に依て最大流量を決定し得る。この Q_0 を流下せしむるには $\dfrac{1}{3}H_c\alpha_0^2$ なる損失水頭が起るからこの條件に適合する水路斷面を算定すれば宜しい譯である。然るにこの場合の溢流量は如何と言ふに**第 13 圖**に示す通り流係數線は $acegia$ で表はされる筈であるから **7.** で說明した通り補給時及び貯水時は γ_c に依存すると見做すから

$$ace=abcd-def=chg=fehk$$

第 13 圖　不足調整池溢流關係圖



從て $$oiacegi\,24\,o = oiabcdefkgi\,24\,o - def$$
$$= oiahgi\,24\,o$$

$$\therefore\ O_0 = 24\alpha_p - oiahgi\ 24\ o = gha$$

依て γ_c 線に就て見るに

$$abcd - def = fehk$$

となる樣 hk 線を決定すれば溢流量 gha を決定する事が出來るのである。

例題 (6) $Q_p = 20\,\mathrm{m^3/sec}$, $f = 0.65$, $V_0 = 180\,000\,\mathrm{m^3}$ にして最大流量時に起る耐壓水路内の損失水頭は重心落差の 20% を超ゆるを得ざるものとす。この時の最大流量を求む。但し直線負荷を受くるものと假定す。

$$\frac{1}{3}\alpha_0^2 = \frac{1}{5} \quad \therefore\ \alpha_0 = \sqrt{\frac{3}{5}} = 0.7746$$

$$T_p = \frac{180\,000}{20 \times 3\,600} = 2.5\ 時$$

(28) 式から

$$T_p\,p(1-f)\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_0^2\right) = 6(1-p)^2 - \alpha_0^2(3 - 4p + p^4)$$

$$\therefore\ p^2 - 1.7666\,7p + (0.7 - 0.1p^4) = 0$$

上式に　$p = 0.63$　と假定すると

$$p = 0.8833\,3 - \sqrt{0.0802\,78 + 0.1 \times \overline{0.63}^4} = 0.6293$$

依て　$p = 0.6293 \sim 0.63$ を知るからこの平均値を以て p の値と定める。

$$p = \frac{0.63 + 0.6293}{2} = 0.6296\,5, \qquad \alpha_p = p\alpha_0 = 0.6296\,5 \times 0.7746 = 0.4877\,3$$

$$Q_0 = \frac{20}{0.6296\,5} = 31.764\ \mathrm{m^3/sec}, \qquad T_p = \frac{6(1-p)^2}{p(1-f)}$$

$$p^2 - 2.1458\,33 + 1 = 0$$

$$\therefore\ p = 1.0729\,667 - \sqrt{1.0729\,667^2 - 1} = 0.684$$

$$Q_0' = \frac{20}{0.684} = 29.24\ \mathrm{m^3/sec.}$$

$$\frac{Q_0 - Q_0'}{Q_0'} = \frac{31.764 - 29.24}{29.24} = 0.0863\,2$$

卽ち無損失水路の流量に比し 8.632% の增大を來す。

12. 調整池の設置に伴ふ重心損失の回收

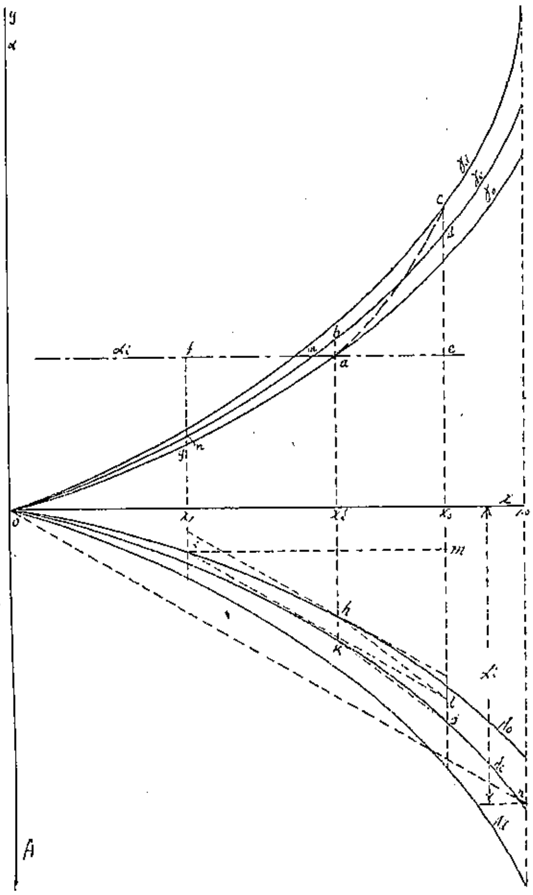
調整池を有する水力發電所では **5.** 以下に述べた通り 1 日 24 時間を週期として池の有效水深に相當する深さ丈水位の上下運動を行ひその結果この平均に當る重心の深さ丈の平均損失が起て居るものと考へられる。この種の損失は低落差發電所に取りては非常なる影響であつて調整池の能率を遞下し經濟上重要關心事となるのである。從て斯る場合には出來得る限りこの種損失を輕減せんとする種々の試みが行はれて居るのであるがその主なるものとして次の 2 方法を擧ぐる事が出來る。卽ちその 1 つは東電上久屋發電所又は關東水力佐久發電所等で實施して居る處の負荷が $KQ_i(H_0 - C_0\,Q_i^2)$ 未滿の間は滿水位を利用して餘水は溢流路から調整池に流入する方法で尖頭負荷時は別に自働制水門等で耐壓水路に連絡し平均水頭は重心水位迄遞下するもので普通調整池と同一作用をな

すものである。この働作を簡便容易ならしむる目的で神原博士は自働調整水門を考案せられ既に本誌第 18 卷第 7 號紙上に發表せられたから御參照を願ひたい。今この方法を便宜上溢流單線式調整池と名付けやう。第 2 の方法は鐵道省が信濃川發電所工事で目下施工中の方法で負荷が $KQ_t(H_0-C_qQ_t^2)$ 迄は單線式と同樣の溢流貯水が行はれ滿水位 H_0 が利用さるゝのであるが尖頭負荷時に移ると別に池底から發電所へ直通の耐壓水路が設けられてあつてこの水路即ち尖頭水路を通して $KQ_t(H_0-C_qQ_t^2)$ 以上の尖頭部を發生させる方法で尖頭水路の流量は H_c で働く事明である。この式ではその作用水頭を異にする 2 本の耐壓水路を必要とするのであるから損失力の囘收による利得と工事費增大による失費とが果してこの種計畫を經濟的に見て如何なる地點に就てもその實現を可能ならしむるや否やは疑問と言はざるを得ない。以下この方法を便宜上溢流複線式調整池と呼ぶ事にする。

13. 溢流單線式調整池

本式は調整池を水路の側方に設置し得る如き場合即ち流入及び流出口が近接設置し得る樣な特殊地形に於てのみ好望なる方法であつて低負荷時に於ける餘剩水量は滿水位で調整池內へ溢流々入し負荷が漸增して流入水量による出力以上に增加すると池底の門扉を開いて耐壓水路と連絡して水量の補給を行はしむる方法でその作用水頭は低負荷時は滿水位尖頭負荷時は普通調整池と同じく重心水位迄平均水頭の降下を免れないものである。從てこの種調整池の容量も亦使用水量の一部が重心に集結して働いて居るものと見做し得るから容易に解決し得る譯である。

第 14 圖　溢流單線式調整池の圖式解法



先づ順序として直線負荷を受くる完全調整池の場合から說明せんに今 $f=0.5\sim1.0$ に就て見るに係數曲線式

$$y=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right)$$

に於て $\gamma_c=1$ とし γ_0 及び γ_a が與へられたとすると第 14 圖の如く 3 本の流係數曲線を作圖し得る。α_l と γ_0 線の交點 a 迄は γ_0 線に從て流係數は變化するも a 以上となると點線 ac に沿ふて推移する事が察知し得られる。今 γ_c に對する α_0 が與へられたとすると f は既知數であるから x_0 及び x_1 が決まつて來る。依て $aedb=aec=fga$ なる如き α_l を決定し得れば即ち取水量に對する流係數が決まる事となるのであるから他の必要な諸量も從て算出可能となつて來る。

$$\alpha_l=\frac{(A_0-A_l')+(A_l'-A'_{1l})}{x_0-x_1} \quad \cdots\cdots\cdots (41)$$

上式中

$$A_0=\frac{3}{4}\alpha_0^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_0^2\right),\qquad A_l'=\frac{3}{4}\alpha_l'^2\left(1-\frac{1}{2}\alpha_l'^2\right)$$

$$\left\{\begin{array}{ll} x_i'=\frac{3}{2}\alpha_i\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_i^2\right), & \alpha_i'=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}x_i'\right) \\ A_i'=\frac{3}{4}\alpha_i^2\left(\gamma_0-\frac{1}{2}\alpha_i^2\right), & A_1'=\frac{3}{4}\alpha_1^2\left(\gamma_0-\frac{1}{2}\alpha_1^2\right) \\ x_1=(2f-1)x_0=\frac{3}{2}(2f-1)\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right), & \alpha_1'=-2\sqrt{\gamma_0}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x_1}{\gamma_0\sqrt{\gamma_0}}\right) \end{array}\right.$$

上式は α_i 又は α_i' の高次式となり一般解法は容易でないから試算法に據るべきである。即ち α_0, x_0, A_0, f, x_1 α_1' 及び $A'_{1'}$ は既知數であるから (41) 式に於て α_i を假定し計算の結果を假定と合致せしむるの外無い。或は α_i 及び α_0 を與へると α_1' の 4 次式となるから α_1' を求むるの方法を取てもよい。この時は α_1' が判れば f が算定出來るから假定の f と一致するや否やを檢する。斯樣にして α_i を得れば T_i が求まる。

$$\left.\begin{array}{l} T_i=\dfrac{24}{x_0-x_1}\left\{\dfrac{A_0-A_i'}{\alpha_i}-(x_0-x'_i)\right\} \\ \text{又は}\quad =\dfrac{24}{x_0-x_1}\left\{(x'_i-x_1)-\dfrac{A'_i-A'_{1'}}{\alpha_i}\right\} \end{array}\right\}\quad\cdots\cdots(42)$$

同樣に $f=0.0\sim0.5$ に於ては $A'_{1'}=0$ として

$$\alpha_i=\frac{2f(A_0+A_i'-A_{i'})}{x_0}\quad\cdots\cdots(43)$$

$$T_i=48f\left\{\frac{A_0-A_{i'}}{\alpha_i x_0}+\frac{x'_i}{x_0}-1\right\}\quad\cdots\cdots(44)$$

を得る。α_i 及び T_i の算出は稍煩雜となるから**第 14** 圖に示した樣に圖式解に據るを便とする事がある。今 α_0, f, γ_0, γ_c, γ_a 等が與へられると圖の如く流係數曲線を畫く事が出來る。計算から x_0 及び x_1 が決まるから下半部に示した A_0, A_c 及び A_a 線に於て $jx_0=ox_0d$, $ix_1=ox_1g$, となる。今 α_i を假定しこれに等しく $n1$ と取り on を結び $il//on$ を作る。然る時は x_i の延長線上の hk は $ogabn$ の係數積に等しかる可きであり α_i が平均係數値であるから $hk=jl$ なる事明である。從て次の關係が解る。

$$\alpha_i(x_0-x_1)=jx_0-ix_1-hk=lm$$

依て $hk=jl$ となる樣數回の試算で α_i を決定すれば宜しい譯である。尙茲で注意すべきは on 又は il は h に於ける接線と並行となる事である。何となれば

$$A'=\frac{3}{4}\alpha^2\left(\gamma_0-\frac{1}{2}\alpha^2\right),\qquad x'=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha^2\right)$$

$$\frac{dA'}{dx'}=\frac{dA'}{d\alpha}\frac{d\alpha}{dx'}=\frac{\frac{dA'}{dx}}{\frac{dx'}{d\alpha}},\qquad \frac{dA'}{d\alpha}=\frac{3}{2}\alpha(\gamma_0-\alpha^2)$$

$$\frac{dx'}{d\alpha}=\frac{3}{2}(\gamma_0-\alpha^2)$$

$$\therefore\ \frac{dA'}{dx'}=\frac{\frac{3}{2}\alpha(\gamma_0-\alpha^2)}{\frac{3}{2}(\gamma_0-\alpha^2)}=\alpha$$

$$\left|\frac{dA'}{dx'}\right|_{\alpha=\alpha_i}=\alpha_i=\frac{(A_0-A_{i'})+(A'_i-A'_{1'})}{x_0-x_1}$$

即ち (41) 式と同一關係が得られる。

上述の通り本型に於ては貯水時と補給時はその γ の價を異にして居るからその平均値を求むれば重心損失に對する回收の程度を知り得る事となる。

$$\left.\begin{aligned}\gamma_m &= \frac{(A_0-A'_l)\gamma_c+(A'_l-A'_{1'})\gamma_0}{(A_0-A_l')+(A_l'-A'_{1'})}\\ \text{又は}\quad &= \frac{(A_0-A'_l)\gamma_c+(A'_l-A'_{1'})\gamma_0}{\alpha_l(x_0-x_1)}\end{aligned}\right\}\cdots\cdots(45)$$

$$\therefore\quad \Delta\gamma=\frac{\gamma_m-\gamma_c}{\gamma_c}\quad\cdots\cdots(46)$$

無損失水路の平均可能出力は $3/2\cdot\alpha_l\gamma_m$ に相當するから摩擦抵抗に起因する損失率を求めると次の通りである。

$$\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_m(x_0-x_1)\Delta_m=\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_m(x_0-x_1)-fx_0(x_0-x_1)$$

$$\therefore\quad \Delta_m=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_m}\quad\cdots\cdots(47)$$

上式は水位 γ_m に就てゞあるから普通調整池の場合と比較するには γ_c に對する損失率たる Δ を求むるを要する。嚴密に言へば $T_{ls}>T_{ln}$ であるから $\gamma_{cs}<\gamma_{cn}$ となるけれども實際問題としてはこの兩者は何れも等しいと見て差支へない，即ち普通調整池とすれば今の場合 γ_c に相當する水頭しか利用出來ない事になるから

$$\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_{cn}(1-\Delta)=\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_n(1-\Delta_m)$$

$$\therefore\quad \Delta=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_{cn}}\quad\cdots\cdots(48)$$

$\gamma_{cn}=\gamma_{cs}=1$ とすれば

$$\Delta=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l}\quad\cdots\cdots(48')$$

(47) 及び (48) 式は任意想定負荷曲線が與へられた場合にも適用し得るのである。普通調整池との比較をなすには上記 (48) 式と **8.** に揭出した (19) 又は (22) 式の Δ に於て α_0 を等しからしめてその經濟的價値を比較する事が出來る。尚本型の利點とする所は第 **14** 圖に明なる通り同一出力量に對し普通調整池に比し $gabn$ に相當する水量の節約を可能ならしむる事であつてこれが爲に普通調整池に比し α_l の減少を來す事となるのである。即ち

$$\alpha_{ln}=\frac{A_0-A_1}{x_0-x_1},\qquad \alpha_{ls}=\frac{(A_0-A_{l'})-(A'_l-A'_{1'})}{x_0-x_1}$$

$$\therefore\quad \Delta\alpha_l=\frac{\alpha_{ln}-\alpha_{ls}}{\alpha_{ln}}=\frac{(A_{l'}-A'_l)-(A_1-A'_{1'})}{A_0-A_1}\quad\cdots\cdots(49)$$

然るに兩者の最大出力 P_{0s} と P_{0n} を比較すると

$$\frac{P_{0s}}{P_{0n}}=\frac{\frac{3}{2}KQ_{ls}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)}{\frac{3}{2}KQ_{ln}\alpha_0\left(1-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)}=\frac{Q_{ls}}{Q_{ln}}=\frac{\alpha_{ln}}{\alpha_{ls}}$$

$$\therefore\quad \Delta P_0=\frac{\alpha_{ln}-\alpha_{ls}}{\alpha_{ls}}=\frac{(A_l'-A'_l)-(A_1-A'_{1'})}{(A_0-A_l')+(A'_l-A'_{1'})}\cdots\cdots(50)$$

(49) 式で明なる通り本型に於ては普通型に比し α_l の減少を來すから調整池容量に幾分の増加を餘儀なくさるゝものである。一般に調整池は狹隘なる溪谷を閉鑿して設置するものなるを以て容量の増大は頗る困難の事業に屬し特別の場合を除き不可能に近いと言て宜しい。從て普通型の容量のみを以てしては不足調整池の現象を惹起するであらう。**第14圖**に於て $baed$ を普通型の完全調整池としての補給容量と假定しこの容量は地形上増大を許さゞるものとすると溢流單線式に變更せんとするも補給容量を變更し得ないから $gabn$ に相當する水量は徒に溢流し去るの餘儀無きに至り α_l を幾何も減少し得ざるの結果となる。換言すれば本型に於て不足調整池の存立し得る範圍は溢流單線式完全調整池としての容量と普通型完全調整池としての容量との極めて限られた範圍に止まりこれより小となれば普通型不足調整池と其效力同一となり最早溢流式となすも何等得る所なく唯溢流量を若干増加するを見るのみである。今 γ_c, γ_0 及び α_0 が與へられ地形の與へる容量が兩型の完全調整池としての中間容量であつたとすると

$$T_{ls} > T_{ps} > T_{ln}$$

$$T_{ps} = \left\{(A_0 - A_{p'}) - \alpha_p(x_0 - x_p')\right\} \frac{24}{2\alpha_p(1-f)x_0} \qquad \cdots\cdots(51)$$

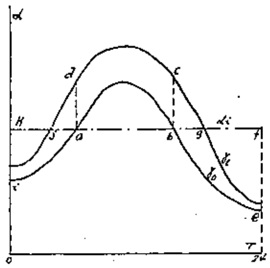
上式中 $A_0 = \frac{3}{4}\alpha_0\left(1 - \frac{1}{2}\alpha_0^2\right)$,　　$A_p' = \frac{3}{4}\alpha_p'^2\left(1 - \frac{1}{2}\alpha_p'^2\right)$

$$x'_p = \frac{3}{2}\alpha_p\left(\gamma_0 - \frac{1}{3}\alpha_p^2\right), \qquad \alpha_p' = -2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}x_p'\right)$$

$$x_0 = \frac{3}{2}\alpha_0\left(1 - \frac{1}{3}\alpha_0^2\right)$$

依て上式に α_p を假定し得らるべき T_p と與へられた地形より定まる T_p とを一致せしむるを要する。尚本型に於ける餘剩調整池を解くには (41), (42) 又は (43), (44) 式に於て T_l 及び α_0 又は α_l を與へて f 及び α_l 又は α_0 を求むれば宜しい。この場合 $T_{ls} > T_{ln}$ であるから普通型に比し f 及び α_0 は多少大となる。この意味に於て不足調整池もこれに適合する樣負荷率の増大を許すならば餘剩調整池の一變種として存立し得る事となるのである。

第 15 圖



次に任意想定負荷曲線が與へられた場合を說明しやう。先づ完全調整池に就て見るに**第15圖**に於ける如く γ_c 及び γ_0 線が得られたとすると γ_0 と α_l との交點 b から a 迄は γ_0 線に沿ふて貯水が行はれ a から b 迄は補給が行はれその量は $abcd$ に等しい事は普通型で說明した通りである。從て

$$abcd = bfe + Hai$$

なる如き α_l を決定するを要する。然る時は調整池の時間容量は次式で決定し得る事となる。

$$T_l = \frac{adcb}{\alpha_l}$$

同樣に不足調整池に於ても先づ想定負荷曲線から α_0 を與へて γ_c 及び γ_0 に對する流係數曲線を作成し次に γ_c に就て地形から與へられる T_p に等しい補給量を與ふる所の α_p を計算で決定すれば宜しい。

餘剩調整池の場合は地形上與へられる T_l が想定負荷曲線の f の要求するものより大であるのであるから想定負荷曲線の基礎負荷を減少して負荷率を低下せしめこの訂正負荷曲線が要求する T_l を求めこれを地形の與ふるものと一致させればよいのである。これは數回の試算によつて適當なる f 及び α_l を決定し得る譯である。

例題 (7) $Q_l=20\mathrm{m}^3/\mathrm{sec}$, $f=0.7$, $\gamma_c=1$, $\gamma_0=1.05$, $\alpha_0=0.752673$ を與へて直線負荷を受くる場合の溢流單線式完全調整池の要項を求む。

$$x_0=\frac{3}{2}\times0.752673\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.752673}^2\right)=0.9158086$$

$$A_0=\frac{3}{4}\times\overline{0.752673}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.752673}^2\right)=0.3045346$$

$$x_1=(2\times0.7-1)\times0.9158086=0.3663234$$

$$\alpha_1'=-2\sqrt{1.05}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.3663234}{10.5\sqrt{1.05}}\right)=0.2369461$$

$$A'_{1'}=\frac{3}{4}\times\overline{0.2369461}^2\left(1.05-\frac{1}{2}\times\overline{0.2369461}^2\right)=0.0430309$$

(i) $\alpha_l=0.46$

$$x'_l=\frac{3}{2}\times0.46\left(1.05-\frac{1}{3}\times\overline{0.46}^2\right)=0.675832$$

$$\alpha_l'=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.675832\right)=0.489703$$

$$A'_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.46}^2\left(1.05-\frac{1}{2}\times\overline{0.46}^2\right)=0.1493445$$

$$A_{l'}=\frac{3}{4}\times\overline{0.489703}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.489703}^2\right)=0.1582911$$

(41) 式を變形して

$$\delta=(A_0-A'_{1'})-\alpha_l(x_0-x_1)-(A_{l'}-A'_l)$$
$$=0.2615037-0.2527632-0.0084466=0.0002939$$

(ii) $\alpha_l=0.462$

$$x_l'=\frac{3}{2}\times0.462\left(1.05-\frac{1}{3}\times\overline{0.462}^2\right)=0.6783444$$

$$\alpha_l'=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.6783444\right)=0.4919054$$

$$A'_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.462}^2\left(1.05-\frac{1}{2}\times\overline{0.462}^2\right)=0.1510028$$

$$A_{l'}=\frac{3}{4}\times\overline{0.4919054}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.4919054}^2\right)=0.159522$$

$$\delta=0.2615037-0.2538622-0.0085192=-0.0008777$$

$$\therefore\quad \alpha_l=0.46+\frac{0.002\times0.0002939}{0.0011716}=0.4605$$

故に $\alpha_l=0.4605$ と決定する。然る時は

$$\alpha_1=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.3663234\right)=0.249396$$

$$A_1=\frac{3}{4}\times\overline{0.249396}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.249396}^2\right)=0.0451983$$

$$\therefore\quad \alpha_{ln}=\frac{0.3045346-0.0451983}{0.9158086-0.3663234}=0.4719623$$

$$\Delta\alpha_l=\frac{0.4719623-0.4605}{0.4719623}=0.02429$$

$$\Delta P_0=\frac{0.4719623-0.4605}{0.4605}=0.02489$$

(iii)　$\alpha_l=0.4605$

$$x'_l=\frac{3}{2}\times0.4605\left(1.05-\frac{1}{3}\times\overline{0.4605}^2\right)=0.6764606$$

$$\alpha_l'=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.6764606\right)=0.4902412$$

$$A'_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.4605}^2\left(1.05-\frac{1}{2}\times\overline{0.4605}^2\right)=0.1501339$$

$$A_l'=\frac{3}{4}\times\overline{0.4902412}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.4902412}^2\right)=0.1585917$$

$$\delta=0.2615037-0.2530379-0.0084578=0.000008$$

$$T_{ls}=\frac{24}{0.5494852}\left\{\frac{0.1459429}{0.4605}-0.239348\right\}=3.38825\text{ 時}$$

例題(2)で算出した通り普通型では $T_{ln}=3.0236$ 時であるからこれに γ_c に對する修正を施すと次の通りとなる。

$$\alpha_l=0.4719623$$

$$x_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.4719623}\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.4719623}^2\right)=0.655379$$

$$A_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.4719623}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.4719623}^2\right)=0.148455$$

$$x_l'=\frac{3}{2}\times0.4719623\left(1.05-\frac{1}{3}\times\overline{0.4719623}^2\right)=0.6907762$$

$$\alpha_l'=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.6907762\right)=0.5029196$$

$$A_{l'}=\frac{3}{4}\times\overline{0.5029196}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.5029196}^2\right)=0.1657064$$

然るに修正率は (24) 式で表はされるけれども次式でも差支ないから

$$\begin{aligned}\delta T_l&=\frac{24}{\alpha_l(x_0-x_1)}\left\{(A_{l'}-A_l)-\alpha_l(x_l'-x_l)\right\}\\&=\frac{24}{0.4719623\times0.5494852}\left\{0.0172514-0.0167061\right\}\\&=0.050456\text{ 時}\end{aligned}$$

$$\therefore\quad T_{ln}=3.0236-0.050456=2.973144\text{ 時}$$

$$\therefore\quad \frac{T_{ls}-T_{ln}}{T_{ln}}=\frac{3.38825-2.973144}{2.973144}=0.13962$$

即ち溢流單線式完全調整池では普通型に比し調整池の容量に於て約 14% の増大を必要としこれに依て最大出力を約 2.5% 増加せしめ得る事となつた。次に (45)式 から

$$\begin{aligned}\gamma_m&=\frac{(0.3045346-0.1585917)\times1+(0.1501339-0.0430309)\times1.05}{(0.3045346-0.1585917)+(0.1501339-0.0430309)}\\&=1.021164\end{aligned}$$

依て平均出力に於て 2.1164%の增加を來し得た。

$$\varDelta_m=1-\frac{0.7\times0.9158\,086}{1.5\times0.4605\times1.0211\,64}=0.0911\,623$$

$$\varDelta=1-\frac{0.7\times0.9158\,086}{1.5\times0.4605\times1}=0.0719\,276$$

次に耐壓水路內の最大流量を求めると

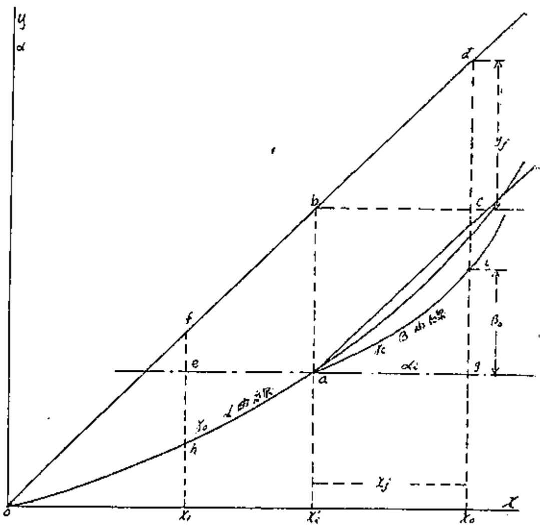
$$Q_0=\frac{20}{0.4605}\times0.7526\,73=32.6894\ \mathrm{m^3/sec}$$

14. 溢流複線式調整池

本型の調整池は **12.** で說明した通り負荷が $KQ_i(H_0-C_iQ_i^2)$ に達する迄は餘水は溢流路から調整池內に流入貯藏せられこれ以上に負荷が增加して來ると別に池底から發電所に通ずる水路があつて尖頭負荷に相當する補給發電を擔當する方式で水路は作用水頭を異にする 2 本を必要とするのであるがこれに依て調整池の水位降下に起因する損失を貯藏水量のみに限定する事が出來，水頭の最も經濟的な利用を可能ならしめて居るのである。而しながらこれが爲に水路及び機械設備を全然別個のものにせねばならぬ缺點があるから特殊地形に對してのみ經濟的に實現可能となるのである。

今順序として直線負荷を受くる完全調整池の場合から說明せんに $f=0.5\sim1.0$ に於ては第16圖に示す如く x_1 から x_0 迄を1週期とし働くものとし，H_0 水頭で x_i 迄取水量 α_i で發電し得たとすれば ha は γ_0 線で示され，x_i から x_0 迄は調整池が補給を行ふのであるが $x_i\,ag\,x_0$ は取水量に相當して居るから H_0 水頭で働き agi は調整池からの補給量であるから H_c で働く譯である。從て ai 線は γ_c 線で表はされるのであらう。然るに β_0 は尖頭水路の最大流係數であるから旣知數と見做し得る故 β_0 に對する出力係數も算出可能であつてこの値が y_f に等しくなる樣尺度を縮める必要が生ずる。直線負荷では $y=x$ として居るから β に依て與へられる諸係數値の單位は凡て上記の縮尺で決定されねばならぬ。

第16圖　溢流複線式調整池解法圖



$$x_f=x_0-x'_i=K_0\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)$$

$$\therefore\quad K_0=\frac{x_f}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}\cdots\cdots\cdots\cdots(52)$$

同樣に

$$x-x'_i=K_0\frac{3}{2}\beta\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta^2\right)=\frac{x_f}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}\,\frac{3}{2}\beta\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta^2\right)$$

β_0 の與ふる係數積は K_0^2 倍する必要がある。

$$B_j=K_0^2\frac{3}{4}\beta_0^2\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)=x_j^2\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0\right)^2}\quad\cdots\cdots(53)$$

然るに $eha=agi=B_j$ であるから

$$\alpha_l(x_l-x_1)-(A'_l-A'_{1'})=B_j=(x_0-x'_l)^2\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\quad\cdots\cdots(54)$$

上式中　$x_0=\frac{x_1}{2f-1}$,　　$x_1=\frac{3}{2}\alpha_1'\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_1'^2\right)$

$$A'_{1'}=\frac{3}{4}\alpha_1'^2\left(\gamma_0-\frac{1}{2}\alpha_1'^2\right),\qquad x'_l=\frac{3}{2}\alpha_l\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_l^2\right)$$

$$A'_l=\frac{3}{4}\alpha_l^2\left(\gamma_0-\frac{1}{2}\alpha_l^2\right)$$

α_l 及び β_0 は既知數であるから (54) 式は α_1' の 6 次式となり取扱不便となるから α_1' を假定して (54) 式の兩邊を計算し相等しくなる如き α_1' を決定するを要する。先づ便法として $x_0=\frac{x_1}{2f-1}$ を代入して

$$\alpha_l x_l'-\alpha_l x_1-A'_l+A'_{1'}=\left(\frac{x_1}{2f-1}-x_l'\right)^2\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}$$

$$\therefore\quad\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(2f-1\right)^2\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}x_1^2+\left\{\alpha_l-\frac{2x'_l\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(2f-1\right)\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\right\}x_1$$

$$+\left\{\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}x_l'^2-\alpha_l x'_l+A_l'-A'_{1'}\right\}=0\quad\cdots\cdots(55)$$

(55) 式は x_1 の次 2 式であるから $A'_{1'}$ を假定すると x_1 が求まる。依てこの $A'_{1'}$ 及び x_1 の與ふる α_1' を算出し兩者の値を一致せしむる樣 $A'_{1'}$ を假定するを要する。

$$\alpha_1'=-2\sqrt{\gamma_0}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x_1}{\gamma_0\sqrt{\gamma_0}}\right)\cdots\cdots x_1 \text{ より}$$

$$\alpha_1'=\sqrt{\gamma_0-\sqrt{\gamma_0-\frac{8}{3}A'_{1'}}}\quad\cdots\cdots A'_{1'} \text{ より}$$

α_1' は數回の試算で一致させる事が出來る。斯樣にして α_1' を得れば $x_1, A'_{1'}$ が決まるから T_l を算定し得る。

$$\left.\begin{aligned}T_l&=\left\{x_l(x'_l-x_1)-(A'_l-A'_{1'})\right\}\frac{24}{\alpha_l(x_0-x_1)}\\ \text{又は}\quad&=(x_0-x'_l)^2\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\frac{24}{\alpha_l(x_0-x_1)}\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(56)$$

同樣に　$f=0.0\sim0.5$ に於ては　$A'_{1'}=0$,　$x_1=\frac{2f-1}{2f}x_0$ であるからこれを (54) 式に代入して

$$\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}x_0^2+\left\{\frac{(2f-1)\alpha_l}{2f}-2x'_l\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\right\}x_0$$

$$+\left\{A_l'-\alpha_l x_l'+x_l'^2\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\right\}=0 \quad \cdots\cdots(57)$$

(57) 式は x_0 の 2 次式であるから α_l 及び β_0 を與へれば容易に x_0 を決定し得る。從て

$$T_l=\left\{\alpha_l(x_l'-x_1)-A'_l\right\}\frac{24}{\alpha_l(x_0-x_1)}$$

又は

$$=(x_0-x_l')^2\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\frac{24}{\alpha_l(x_0-x_1)} \quad \cdots\cdots(58)$$

今補給期間 $x_l'\sim x_0$ 間に於ける平均補給量を Q_l' としこの流係數を β_l とすれば

$$Q_l'x_J=B_J\frac{Q_l}{\alpha_l}$$

$$\therefore \quad Q_l'=\frac{B_l}{\alpha_J}\frac{Q_l}{\alpha_l}=(x_0-x'_l)\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\frac{Q_l}{\alpha_l}$$

然るに

$$\beta_l=\frac{\frac{3}{4}\beta_0^2\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}=\frac{\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{2\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}$$

依て最大補給流量を Q_0' とすると

$$Q'_0=\frac{Q'_l}{\beta_l}\beta_0=(x_0-x_l')\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\frac{Q_l'}{\alpha_l}\frac{2\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}{\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}\beta_0$$

$$=\frac{x_0-x_l'}{\frac{3}{2}\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}\frac{Q_l'}{\alpha_l}$$

$$\therefore \quad Q'_0=K_0\beta_0\frac{Q_l}{\alpha_l}=\frac{x_0-x_l'}{\frac{3}{2}\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}\frac{Q_l}{\alpha_l} \quad \cdots\cdots(59)$$

依て全體としての最大流量は

$$Q_0=Q_l+Q'_0=Q_l\left\{1+\frac{x_0-x_l'}{\frac{3}{2}\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}\frac{1}{\alpha}\right\}=Q_l\left\{1+\frac{K_0\beta_0}{\alpha_l}\right\} \quad \cdots\cdots(60)$$

尙又本型平均水位率を求むれば

$$\alpha_l(x_0-x_1)\gamma_m=B_J\gamma_c+\{\alpha_l(x_0-x_1)-B_J\}\gamma_0$$

$$\therefore \quad \gamma_m=\gamma_0-\frac{B_l(\gamma_0-\gamma_c)}{\alpha_l(x_0-x_1)} \quad \cdots\cdots(61)$$

$$\Delta\gamma=\frac{\gamma_m-\gamma_c}{\gamma_c} \quad \cdots\cdots(62)$$

$\varDelta\gamma$ は重心水位に比し水位の增加に因る出力の增加率を意味するものである。

本型に於ける平均出力は無損失水路に就ては $\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_m$ となるから

$$\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_m(x_0-x_1)\varDelta_m=\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_m(x_0-x_1)-fx_0(x_0-x_1)$$

$$\therefore\quad \varDelta_m=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_m}$$

これ即ち溢流單線式調整池と同一であつて既に (40) 式で示した通りである。同樣に普通型では γ_c 丈しか利用出來ないのであるからこれ亦 (48) 式に示したと同一式で表はされる。

$$\varDelta=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_l\gamma_{cn}}$$

溢流複線式調整池の γ_{ca} と普通型の γ_{cn} とは多少の相違ある筈であるが實際問題としては同一と見做して差支ない。

次に餘剩調整池に就て說明せんに本型に於ても普通型と同樣にその容量は一般市場の負荷率が要求するものよりも遙に大なる容量を有するものを言ふのであつて自己發電所の負荷率を低めて他の調整池を有せざる地點の調節をなし得るものを言ふのである。この種調整池の容量は地形上決定的であるから既知數と見る可きである。

$$T_l=\frac{V_0}{3\,600\,Q_l}$$

今 $f=0.5\sim1.0$ の場合を考ふるに (56) 式から x_0 を消去すると x_1 及び $A'_{1'}$ の 2 次式となり α_l, x_l', A'_l, γ_c, β_0 及び T_l は既知數であるから $A'_{1'}$ を假定すると x_1 が得られる。從て (55) 式の解法で述べた通り x_1 及び $A'_{1'}$ の與ふる α_1' を等しからしむる樣數回の試算で容易に x_1 及び $A'_{1'}$ を決定し得るものである。

同樣に $f=0.0\sim0.5$ に於ては (58) 式から x_1 を消去すると x_0 の 2 次式を得るからこれを解けば容易に x_0 を決定し得る譯である。斯樣にして x_0 及び x_1 を決定し得れば

$$\left.\begin{aligned} &f=0.5\sim1.0, &&f=\frac{1}{2}\left(1+\frac{x_1}{x_0}\right)\\ &f=0.0\sim0.5, &&f=\frac{1}{2}\,\frac{x_0}{x_0-x_1}\end{aligned}\right\}\quad\cdots\cdots(63)$$

上式から f を決定し得るのである。

然らば不足調整池に於ては如何と言ふに取水量に相當する流係數 α_p に依る出力迄は滿水位で働きこれ以上の出力は調整池からの補給量で發電調整される譯であるから完全調整池同樣補給量は γ_c で働て居るものと見做し得る。

今 $f=0.5\sim1.0$ の場合に就て見るに T_p は

$$T_p=(x_0-x'_p)^2\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}\,\frac{24}{2\alpha_p(1-f)x_0}$$

上式で表はされた T_p, α_p, x'_p, γ_c 及び β_0 は夫々既知數であるから x_0 の 2 次式となる。

$$\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}x_0^2-\left\{2x'_p\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}+\frac{\alpha_p(1-f)}{12}T_p\right\}x_0+x_p'^2\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}=0\quad\cdots\cdots(64)$$

同樣に $f=0.0\sim0.5$ に於ても (58) 式を變改して容易に (64) と同一式が得られる。

上式に於て $T_p<T_i$ なる事明であつて T_p は地形から $T_p=\dfrac{V_0}{3\,600Q_p}$ で與へられる。尙不足調整池の場合の損失率を求むるに溢流に依る水量の損失と摩擦に依る水頭の損失の 2 つから成立して居る。溢流率 $\varDelta_v$ には次の關係がある。

$$\alpha_p(x_0-x_1)\varDelta_v=\alpha_p(x_0-x_1)-\{B_j+(A'_p-A'_{1'})+\alpha_c(x_0-x_p')\}$$

$$\therefore\quad \varDelta_v=\frac{x_p'-x_1}{x_0-x_1}-\frac{B_j+(A'_p-A'_{1'})}{\alpha_p(x_0-x_1)} \quad\cdots\cdots(65)$$

この場合の平均水位率を求むるに溢流量は水頭零となつた時と見ればよいから次の關係がある。

$$\alpha_p(x_0-x_1)\gamma_m=B_j\gamma_c+\{(1-\varDelta_v)\alpha_p(x_0-x_1)-B_j\}\gamma_0$$

$$\therefore\quad \gamma_m=(1-\varDelta_v)\gamma_0-\frac{B_j(\gamma_0-\gamma_c)}{\alpha_p(x_0-x_1)} \quad\cdots\cdots(66)$$

依て α_p は γ_m で働くものと見做されるから無損失狀態の平均出力は $\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m$ となるから γ_m に對する總損失率を $\varDelta_{0m}$ とすると次の關係がある

$$\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m\varDelta_{0m}(x_0-x_1)=\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m(x_0-x_1)-fx_0(x_0-x_1)$$

$$\varDelta_{0m}=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m} \quad\cdots\cdots(67)$$

普通型の不足調整池と比較するには γ_m の代りに (34′) 及び (40′) 式に揭げた普通型の γ_m に置換するを要する。而して得る所の $\varDelta_0$ を等しからしめて以て兩者の經濟的比較をなす可きである。

$$\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_{mn}(1-\varDelta_0)=\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_m(1-\varDelta_{0m})$$

$$\therefore\quad \varDelta_0=1-\frac{fx_0}{\frac{3}{2}\alpha_p\gamma_{mn}} \quad\cdots\cdots(68)$$

(68) 式內の γ_{mn} は普通型不足調整池としての平均水位率であるから $\gamma_{mn}<\gamma_c$ 然るに $\gamma_0>\gamma_m>\gamma_c$ なる事明であるから $\varDelta_0<\varDelta_{0m}$ となる事が推定し得る。

尙又 $\varDelta_0$ は摩擦と溢流との兩損失率の和であるが $\varDelta_v$ は直接 γ に關係が無く從て $\varDelta_0$ 及び $\varDelta_{0m}$ に對しても一定値を保持して居るから

$$\left.\begin{aligned}\varDelta_{0m}&=\varDelta_m+\varDelta_v\\ \varDelta_0&=\varDelta+\varDelta_v\end{aligned}\right\} \quad\cdots\cdots(69)$$

尙又最大使用水量 Q_0 は次式で表はされる。

$$Q_0=Q_p+Q_0'=Q_p\left\{1+\frac{K_0\beta_0}{\alpha_p}\right\} \quad\cdots\cdots(70)$$

次に任意想定負荷曲線が與へられた場合に就て說明せんに先づ順序として完全調整池の場合から始めやう。卽ちこの場合に於ては

$$y'_t=\frac{3}{2}\alpha_t\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha t^2\right)$$

が與へられて居るから單位想定負荷曲線を作成しこの φ 倍曲線が出力係數曲線となるものと假定すれば

$$\varphi = y'_l + y_J$$

今　$$Y_0 = \frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta_0{}^2\right)$$ と置けば

$$K_0 = \frac{y_J}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta_0{}^2\right)} = \frac{y_J}{Y_0} = \frac{\varphi - y_l}{Y_0}$$

依て y'_l から φ に至る出力係數の補給部分卽ち y'_l より大なる出力係數の $(y-y'_l)$ を $1/K_0$ 倍，換言すれば Y_0/y_J 倍せる出力係數曲線を作成しこの曲線の任意縱距 Y に對する流係數は

$$Y = \frac{3}{2}\beta\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta^2\right)$$

上式の β で表はされるからこの β 曲線の面積を求めて K_0 倍する。次に y'_l 迄の出力係數に對する流係數は

$$y = \frac{3}{2}\alpha\left(\gamma_0 - \frac{1}{3}\alpha^2\right)$$

で表はされるから y'_l 迄の $(\alpha_l - \alpha)$ の面積卽ち貯水係數積を算出しこの兩係數積を等しからしむる如き φ を發見すれば宜しいのであるが數回の試算で比較的容易に求め得るのである。茲で注意すべきは β 線の補給面積の橫距は時間で與へられて居るから別に縮尺を施すの要なく縱距のみに對し K_0 倍すれば充分である事である。

餘剰調整池では T_l, α_l 及び β_0 は既知數であるから與へられた想定負荷曲線の基礎負荷に任意水平負荷の減少を行ひこの曲線に就て完全調整池の場合と同一方法に依て T_l を求めその値が與へられた地形の T_l と一致し來る迄數回の試算を行ふ事が必要である。この場合は減少すべき一定額の水平負荷 Δl の大きさを決定する事が問題の重點であるから數回の試算で T_l と Δl の關係を圖示し與へられた T_l に一致する Δl を見出す可きである。斯くして Δl を決定し得れば負荷率も從て算定される次第である。

同樣に不足調整池の場合に於ても T_p, Q_p, α_p 及び β_0 が與へられて居るから y'_p を算定し得るから想定負荷曲線の任意負荷 P_p を y'_p に相當する出力であると假定すると最大出力係數 y_0 は $y_0 = \frac{y'_p}{P_p}P_0$ となり從て任意出力係數は $y = \frac{y'_p}{P_p}P$ で與へられる。然るに

$$K_0 = \frac{y_0 - y'_p}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta_0{}^2\right)}$$

であるから

$$y - y'_p = K_0\,\frac{3}{2}\beta\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta^2\right) = \frac{y_0 - y'_p}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta_0{}^2\right)}\,\frac{3}{2}\beta\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta^2\right)$$

$y - y'_p$ は補給出力係數であるから β が求まる

$$\beta = -2\sqrt{\gamma_c}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{y - y'_p}{K_0\gamma_c\sqrt{\gamma_c}}\right)$$

β は上式から決めてもよいが豫め

$$Y = \frac{y - y'_p}{K_0} = \frac{3}{2}\beta\left(\gamma_c - \frac{1}{3}\beta^2\right)$$

の曲線を作成し置き圖式で β を摘出しても差支無い。斯様にして得られた β の面積を B'_f とすれば T_p が解る。

$$T_p=\frac{K_0B'_f}{\alpha_p}$$

この T_p が地形の與ふる T_p と一致する樣 y'_p に相當する P_p を數回の試算で見出すのである。

β を解くのに次の方法に依るを便とする事がある。即ち P_0-P_p の出力係數 y_f を $1/K_0$ 倍したものを Y_f とすると

$$Y_f=\frac{y_0-y_p'}{K_0}=\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)$$

從て任意補給量 $P-P_p$ の出力係數の $1/K_0$ 倍せる Y は

$$Y=Y_f\frac{P-P_p}{P_0-P_p}$$

となるから容易に Y を得る。從て β は次式

$$\beta=-2\sqrt{\gamma_c}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{Y}{\gamma_c\sqrt{\gamma_c}}\right)$$

又は圖式から見出し得る譯である。

例題 (8) $Q_l=20\,\mathrm{m^3/sec}$; $\alpha_l=0.5$, $\beta_0=0.7$, $\gamma_c=1$, $\gamma_0=1.05$ を與へ直線負荷に於ける $f=0.65$ 及び $f=0.35$ の場合の溢流複線式調整池設計要項を求む。

$$\alpha_l=0.5$$

$$x'_l=\frac{3}{2}\times 0.5\left(1.05-\frac{1}{3}\times\overline{0.5}^2\right)=0.725$$

$$A'_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.5}^2\left(1.05-\frac{1}{2}\times\overline{0.5}^2\right)=0.1734\,375$$

$$\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2=1-\frac{1}{2}\times\overline{0.7}^2=0.755$$

$$\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2=1-\frac{1}{2}\times\overline{0.7}^2=0.8333\,333$$

$$\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2=\overline{0.8333\,333}^2=0.6944\,444$$

$$\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}=\frac{0.755}{3\times 0.6944\,444}=0.3624$$

(i) $f=0.65$

$$2f-1=0.3,\qquad (2f-1)^2=0.09$$

(55) 式から

$$\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3(2f-1)^2\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}=\frac{0.3624}{0.09}=4.0266\,667$$

$$\alpha_l-\frac{2x_l'\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3(2f-1)\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}=0.5-\frac{2\times 0.725\times 0.3624}{0.3}=-1.2516$$

$$\frac{\gamma_c-\dfrac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\dfrac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}x_i'^2-\alpha_i x_i'+A_i'-A'_{1'}=0.3624\times\overline{0.725}^2-0.5\times0.725$$

$$+0.1734\,375-A'_{1'}=0.0014\,24-A'_{1'}$$

$$\therefore\quad 4.0266\,667\,x_1^2-1.2516\,x_1+0.0014\,24-A'_{1'}=0$$

$$\therefore\quad x_1=0.1554\,139+\sqrt{0.0245\,071+0.2483\,444\,A'_{1'}}$$

上式に於て $\sqrt{\quad}$ 内の $A'_{1'}$ を假定して x_1 を求むるに次表を得られる。

$A'_{1'}$	x_1	$A'_{1'}$	x_1
0.0675	0.3585 650	0.0175	0.3252 759
0.0478	0.3505 969	0.0080	0.3181 84
0.0310	0.3344 609	0.0020	0.3135 399

然るに
$$x_1=\frac{3}{2}\alpha_1'\left(1.05-\frac{1}{3}\alpha_1'^2\right)$$

$$A'_{1'}=\frac{3}{2}\alpha_1'^2\left(1.05-\frac{1}{2}\alpha_1'^2\right)$$

上式から α'_1, x_1, $A'_{1'}$ を決めると次表を得る。

α'_1	x_1	$A'_{1'}$
0.05	0.0786 875	0.0019 664
0.10	0.1570 000	0.0078 375
0.15	0.2345 625	0.0175 289
0.20	0.3110 000	0.0309 000
0.25	0.3859 375	0.0477 391
0.30	0.4590 000	0.0675 000

上記の結果を**第 17 圖**の様に作圖すると兩線の交點は $x_1=0.34$, $A'_{1'}=0.0367$ を與へる。依て

$$\alpha_1'=-2\sqrt{1.05}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.34}{1.05\sqrt{1.05}}\right)=0.2192\,495$$

$$A'_{1'}=\frac{3}{4}\times\overline{0.2192\,495}^2\left(1.05-\frac{1}{2}\times\overline{0.2192\,495}^2\right)=0.0369\,889$$

故に $\alpha_1'=0.2192\,495$, $x_1=0.34$, $A'_{1'}=0.0369\,889$ と決定する。

然る時は

$$x_0=\frac{x_1}{2f-1}=\frac{0.34}{0.3}=1.1333\,333$$

$$x_f=x_0-x_i'=1.1333\,333-0.725=0.4083\,333$$

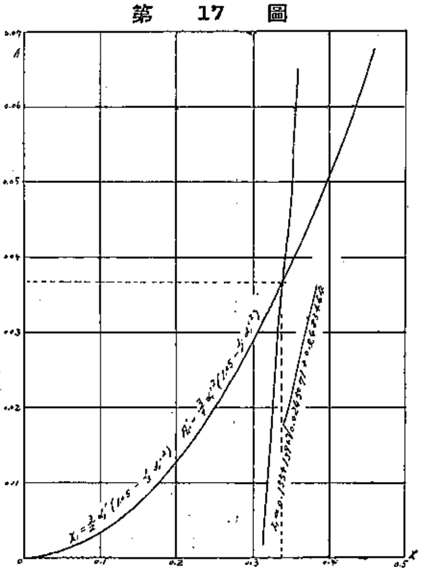
從て (56) 式から

$$T_i=\overline{0.4083\,333}^2\times0.3624\times\frac{24}{0.5\times0.7933\,333}=3.6559\,764\ \text{時}$$

$$V_0=20\times3\,600\times3.6559\,764=263\,230.3\ \mathrm{m^3}$$

$$T_m=6\left(\frac{1}{0.65}-1\right)=3.2615\,384\ \text{時}$$

第　17　圖



$$\frac{T_i-T_m}{T_m}=\frac{3.6559\,764-3.2615\,384}{3.2615\,384}=0.1209\,361$$

$$Q_0=20\left\{1+\frac{2\times0.4083\,333}{3\times0.8333\,333\times0.5}\right\}=33.067\ \mathrm{m^3/sec}$$

$$B_j=\overline{0.4083\,333}^2\times0.3624=0.0604\,252$$

$$\gamma_m=1.05-\frac{0.0604\,252\times0.05}{0.5\times0.7933\,333}=1.0423\,834$$

依て本例に於ては同一條件に於ける普通型完全調整池の場合に比し平均出力 4.24% の増加を來す事を知る。

$$\varDelta_m=1-\frac{0.65\times1.1333\,333}{1.5\times0.5\times1.0423\,834}=0.0577\,1505$$

$$\varDelta=1-\frac{0.65\times1.1333\,333}{1.5\times0.5\times1}=0.0177\,778$$

(ii) $f=0.35$

(57) 式より $$\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}=0.3624$$

$$\frac{(2f-1)\alpha_i}{2f}=-\frac{0.3\times0.5}{0.7}=-0.2142\,857$$

$$2x_i'\frac{\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}=2\times0.725\times0.3624=0.5254\,8$$

$$\{\quad\}x_0=\{-0.2142\,857-0.5254\,8\}x_0=-0.7397\,657\,x_0$$

$$A'_i-\alpha_i x'_i+x'_i\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}=0.1734\,375-0.5\times0.725+\overline{0.725}^2\times0.3624=0.0014\,24$$

$$\therefore\quad 0.3624\,x_0^2-0.7397\,657x_0+0.0014\,24=0$$

$$\therefore\quad x_0=1.0206\,48+\sqrt{\frac{\overline{2.0412\,961}^2}{4}-0.0039\,2936}=2.0381\,98$$

$$x_1=\frac{2f-1}{2f}x_0=-\frac{0.3}{0.7}\times2.0381\,98=0.8735\,134$$

$$x_0-x_1=2.0381\,98+0.8735\,134=2.9117\,114$$

$$x_j=2.0381\,98-0.725=1.3131\,98$$

故に (48) 式から T_i を算出し得る。

$$T_i=\overline{1.3131\,98}^2\times0.3624\times\frac{24}{0.5\times2.9117\,114}=10.3025\ 時$$

$$V_0=20\times3\,600\times10.3025=741\,780\ \mathrm{m^3}$$

$$T_m=24(1-0.35)^2=10.14\ 時$$

$$\frac{T_i-T_m}{T_m}=\frac{10.3025-10.14}{10.14}=0.0160\,256$$

$$B_j=\overline{1.3131\,98}^2\times0.3624=0.6249\,548$$

$$\gamma_m=1.05-\frac{0.6249\,548\times0.05}{0.5\times2.9117\,114}=1.0204\,808$$

$$\varDelta_m=1-\frac{0.35\times2.0381\,98}{1.5\times0.5\times1.0204\,808}=0.0679\,305$$

$$\varDelta=1-\frac{0.35\times2.0381\,98}{1.5\times0.5\times1}=0.0488\,41$$

$$Q_0=20\left\{1+\frac{2\times1.3131\,98}{0.8333\,333\times0.5}\right\}=62.0223\,34\ \mathrm{m^3/sec}$$

例題 (9) **第 11** 圖の想定負荷曲線に就て $Q_l=20\ \mathrm{m^3/sec}$, $\alpha_l=0.5$, $\beta_0=0.7$, $\gamma_c=1$, $\gamma=1.05$ を與へ溢流複線式完全調整池を計畫する事, 但し $f=0.6691\,5$ とす。

$$y_l'=\frac{3}{2}\times0.5\left(1.05-\frac{1}{3}\times\overline{0.5}^2\right)=0.725$$

y_l' に相當する負荷を 13 000 KW 及び 13 500 KW に取れば

$$y_l':y_0=P_l:P_0\qquad\therefore\quad y_0=\frac{y_l'}{P_l}P_0$$

(i)
$$y_0=\frac{0.725\times20\,000}{13\,000}=1.1153\,846$$

$$y_j=1.1153\,846-0.725=0.3903\,846$$

$$K_0=\frac{0.3903\,846}{\frac{3}{2}\times0.7\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.7}^2\right)}=0.4461\,534$$

$$Y:Y_0=(P-P_l):(P_0-P_l)$$

$$\therefore\quad Y=\frac{Y_0(P-P_l)}{P_0-P_l}$$

$$Y_0=\frac{3}{2}\times0.7\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.7}^2\right)=0.8785$$

$$\therefore\quad Y=0.8785\times\frac{P-13\,000}{7\,000}$$

依て
$$\alpha=-2\sqrt{1.5}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{y}{1.5\sqrt{1.5}}\right)$$

$$\beta=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}Y\right)$$

上式から α 及び β を求むべきであるが本例では圖式で求むる事とした。

(ii)
$$y_0=\frac{0.725\times20\,000}{13\,500}=1.0740\,741$$

$$y_j=1.0740\,741-0.725=0.3490\,741$$

$$K_0=\frac{0.3490\,741}{\frac{3}{2}\times0.7\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.7}^2\right)}=0.3989\,418$$

$$Y=0.8785\times\frac{P-13\,500}{6\,500}$$

第 4 表（其の 1） $y_l = 13\,000$ K.W.

時間	負荷	y	α	$\alpha_i-\alpha$	Y	β
A.M. 6	11 000	0.6134 6	0.412	0.088	—	—
7	12 000	0.6692 3	0.453	0.047	—	—
8	12 400	0.6915 4	0.472	0.028	—	—
9	13 000	0.7250	0.500	0.000	0.000	—
10	13 000	—	—	—	0.000	0.000
11	14 000	—	—	—	0.1255	0.085
12	14 200	—	—	—	0.1506	0.105
P.M. 1	14 600	—	—	—	0.2008	0.134
2	15 000	—	—	—	0.2510	0.169
3	17 000	—	—	—	0.5020	0.350
4	19 000	—	—	—	0.7530	0.558
5	19 600	—	—	—	0.8283	0.637
6	20 000	—	—	—	0.8785	0.700
7	19 800	—	—	—	0.8534	0.665
8	19 000	—	—	—	0.7530	0.559
9	16 000	0.8923 1	0.646	$\bar{0}.146$	0.3765	0.256
			0.500	0.000	0.75	0.000
10	12 000	0.6692 3 $^{0.235}$	0.455	0.045	$\bar{0}.1255$	$\bar{0}.084$
11	10 00	0.5576 9	0.371	0.129	—	—
12	8 000	0.4416 5	0.289	0.211	—	—
A.M. 1	7 600	0.4238 5	0.275	0.225	—	—
2	7 600	0.4238 5	0.275	0.225	—	—
3	8 000	0.4461 5	0.289	0.211	—	—
4	8 400	0.4684 6	0.307	0.193	—	—
5	10 000	0.5576 9	0.371	0.129	—	—
				$\Sigma = 1.4971$		$\Sigma = 4.0955$

（其の 2） $y_l = 13\,500$ K.W.

時間	負荷	y	α	$\alpha_i-\alpha$	Y	β
A.M. 6	11 000	0.5907 41	0.394	0.106	—	—
7	12 000	0.6444 4	0.436	0.064	—	—
8	12 400	0.6659 3	0.453	0.047	—	—
9	13 000	0.6981 5	0.476	0.024	—	—
10	13 000	0.6981 5 $_{0.50}$	0.476	0.024	$\bar{0}.0675\ 8$	$\bar{0}.047$
			0.500	0.000	0.50	0.000
11	14 000	0.7518 5	0.524	$\bar{0}.024$	0.0675 8	0.047
12	14 200	—	—	—	0.0946 1	0.066
P.M. 1	14 600	—	—	—	0.1486 7	0.100
2	15 000	—	—	—	0.2027 3	0.135
3	17 000	—	—	—	0.4730 4	0.328
4	19 000	—	—	—	0.7433 5	0.550
5	19 600	—	—	—	0.8244 4	0.634
6	20 000	—	—	—	0.8785 0	0.700
7	19 800	—	—	—	0.8514 7	0.664
8	19 000	—	—	—	0.7433 5	0.550
9	16 000	0.8592 6	0.621	$\bar{0}.121$	0.3379 8	0.230
		0.35	0.500	0.000	0.63	0.000
10	12 000	0.6444 4	0.436	0.064	$\bar{0}.2027\ 3$	$\bar{0}.135$
11	10 000	0.5370 4	0.356	0.144	—	—
12	8 000	0.4296 3	0.278	0.222	—	—
A.M. 1	7 600	0.4081 5	0.264	0.236	—	—
2	7 600	0.4081 5	0.264	0.236	—	—
3	8 000	0.4296 3	0.278	0.222	—	—
4	8 400	0.4511 1	0.292	0.208	—	—
5	10 000	0.5370 4	0.355	0.145	—	—
				$\Sigma = 1.717$		3.8932 5

依て第 **4** 表の如く貯藏量 V と補給量 B を算出し得る。卽ち

(ii) $V = 1.714$

$B = 3.8932\,5 \times 0.3989\,42 = 1.5532$

(i) $V = 1.4971$

$B = 4.0955 \times 0.4461\,534 = 1.8272$

以上の値を y_0 との關係を第 **18** 圖の如く作圖する事が出來るから兩線の交點は $V = B$ なる事を示し求むる結果を與へる事となる。

$$y_0 = 1.088, \qquad V = B = 1.645$$

從て

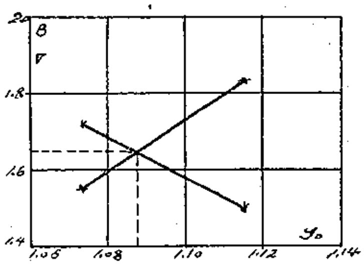
$$y_l = y_0 - y_l = 1.088 - 0.725 = 0.363$$

$$T_l = \frac{B}{\alpha_l} = \frac{1.645}{0.5} = 3.29 \text{ 時}$$

$$K_0 = \frac{0.363}{0.875} = 0.4148\,6$$

$$Q_0 = 20\left[1 + \frac{0.4148\,6 \times 0.7}{0.5}\right] = 31.616 \text{ m}^3/\text{sec}$$

第 18 圖



依て $Q_l = 20\text{m}^3/\text{sec}$ は $\frac{0.25}{3} H_c$ なる損失水頭を與ふる水路

$Q_0' = 11.616 m^3/\text{sec}$ は $\frac{0.49}{3} H_c$ なる損失水頭を與ふる水路にて導水さるゝ事となる。

$$\gamma_m = 1.05 - \frac{1.645 \times 0.05}{0.5 \times 24} = 1.0431\,46$$

$$\varDelta_m \doteqdot 1-\frac{0.6691\,5\times 1.088}{1.5\times 0.5\times 1.0431\,46}=0.0694\,365$$

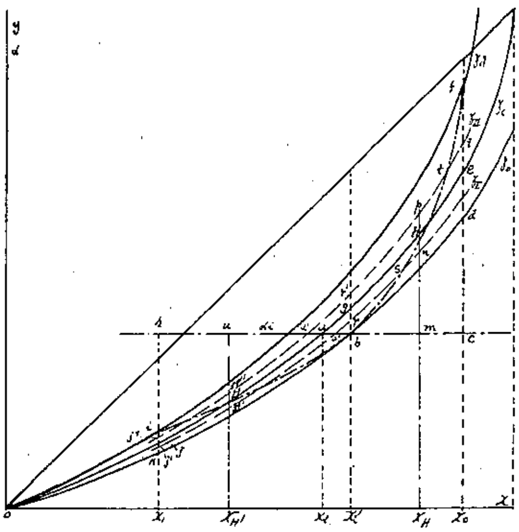
$$\varDelta=1-\frac{0.6691\,5\times 1.088}{1.5\times 0.5\times 1}=0.0293\,864$$

15. 調整池の水位曲線

5. 以下の調整池の平均水位の所で說明した通り調整池の水面は負荷の變動に伴ひその有效水深に相當する水位の變化を爲すものであつて一定の負荷曲線に就ては常に一定の週期的運動をなすものと言ふ事が出來る。然るに負荷曲線は日により季節に從ひ相當の差違あるものであるから水位變化の狀況も從て種々の變化を來すものと言はねばならぬ。而しながら今想定負荷曲線又は直線負荷が與へられる場合これに隨伴して調整池の水面に如何なる時間的變化が起るかを探究し得れば調整池の計畫に對し一層具體的な認識を獲得し得る事となり次項に述べんとする多尖頭負荷曲線に對する調整池の解法を可能ならしむるに至るものである。

一般に調整池の水位變化は (6) 式で表はされるのであるがこれは既に述べた通り積分不能の爲,代數的解釋は困難となるも **5.** 以下で述べた樣に幾何學的に吟味すると第 19 圖の如く直線負荷を受くる場合に於ては次の 2 結論に到達する事が出來る。

第 19 圖 調整池の水位



(1) 任意 2 水位間の水容量はその重心水位に集結して働くものと見做し得ると同時にその容量が補給量又は貯水量の一部にしてその期間中の使用水量が調整池への流入量より常に大なるか又は小なる時は全使用水量も亦その重心水位で働くものと言ひ得る。

(2) 有效水深間の任意水位の上下に存する水容積は各自その重心水位に集結して働くものと見做し得るから各自の貯水又は補給中の全使用水量も亦夫々上下の重心水位に集結して働くものと見做される。

以上の事柄は直線負荷の場合のみに限られず一定期間內の使用水量が常に流入水量より大なるか又は小なるに於ては如何なる種類の負荷に就ても援用さるゝ結論である。

今完全調整池に就て說明せんに第 19 圖に於て水位 H が與へられたとしこの水位が出現す可き補給時に於ける時間 x_H を求めんとするに水位 H の上下に存する水容積 V_1 及び V_2 の重心水位率を γ_I 及び γ_{II} で表はすと $H_0\sim H$ 間は γ_I, $H\sim H_a$ 間は γ_{II} の流係數曲線に從ふ可き事明かであるから

$$rbs=snH,\qquad Htp=tqf$$

$$bmnr=bmH,\qquad mcqp=mcfH$$

$$\therefore\quad bcqpnr=bcf=bceg$$

$$\frac{bmnr}{mcqp}=\frac{V_1}{V_2}\ \text{又は}\ \frac{bmnr}{bcer}=\frac{V_1}{V_0}$$

となる樣に mH 線を決定し得れば時間 x_H を x 軸上に見出し得る。この方法は貯水時に於ても同樣に行ひ得るものであつて

$$hja-abg=hj''H''u+uH'a'-a'br$$

又は $$\frac{hj''H''u}{ul'a'-a'br}=\frac{V_2}{V_1}$$

依てこの關係を滿足させる ux_H' を決定すれば時間 x_H' を x 軸に見出し得る。然るに今逆に x_H が與へられて水位 H を求めんとする場合は如何と言ふに先づ H を假定し $\gamma_I, \gamma_{II}, V_I$ 及び V_2 を算出し γ_I に對する係數積 $bmnr$ を求むれば

$$\frac{bmnr}{bcer}=\frac{V_1}{V_0}$$

なるを要するからこの關係を成立せしむる如き H を試算で求むれば宜しい譯である。 叙上の關係を算式で表はすと補給時に於ては次の通りである。

$$\frac{(A\gamma_{IH}-A\gamma_{Il}')-\alpha_l(x_H-x'_l)}{(A\gamma_{IIO}-A\gamma_{IIH})-\alpha_l(x_0-x_H)}=\frac{V_1}{V_2} \quad \cdots\cdots(71)$$

或は $$\frac{(A\gamma_{IH}-A\gamma_{Il}')-\alpha_l(x_H-x_l')}{(A_0-A_l')-\alpha_l(x_0-x_l')}=\frac{V_1}{V_0} \cdots\cdots(71')$$

上式中 $$A\gamma_{IH}=\frac{3}{4}\alpha_H\gamma_I^2\left(\gamma_I-\frac{1}{2}\alpha_H\gamma_I^2\right), \qquad A\gamma_{Il}'=\frac{3}{4}\alpha_{l'}\gamma_I^2\left(\gamma_I-\frac{1}{2}\alpha_l\gamma_1^2\right)$$

$$x_H=\frac{3}{2}\alpha_H\left(\gamma_H-\frac{1}{3}\alpha_H^2\right), \qquad x'_l=\frac{3}{2}\alpha_l\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_l^2\right)$$

$$A\gamma_{IIO}=\frac{3}{4}\alpha_0\gamma_{II}^2\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\alpha_0\gamma_{II}^2\right), \qquad A\gamma_{IIH}=\frac{3}{4}\alpha_H\gamma_{II}^2\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\alpha_H\gamma_{II}^2\right)$$

$$x_0=\frac{3}{2}\alpha_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right), \qquad A_0=\frac{3}{4}\alpha_0^2\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\alpha_0^2\right)$$

$$A_l'=\frac{3}{4}\alpha_l'^2\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\alpha_l'^2\right),$$

$$\alpha_H\left(\gamma_H-\frac{1}{3}\alpha_H^2\right)=\alpha_H\gamma_I\left(\gamma_I-\frac{1}{3}\alpha_H\gamma_I^2\right)=\alpha_H\gamma_{II}\left(\gamma_{II}-\frac{1}{3}\alpha_H\gamma_{II}^2\right)$$

$$\alpha_l'=-2\sqrt{\gamma_c}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x_l}{\gamma_c\sqrt{\gamma_c}}\right)$$

上式中 $\alpha_l, \alpha_l', \alpha_0, \alpha_0\gamma_{II}, x_l, x_l', x_0, A_0, A_l', A\gamma_{IIO}, \gamma_I, \gamma_{II}, V_1, V_2$, 及び V_0 等は既知數又は算出可能の數値であつて未知數は $\alpha_H, \alpha_H\gamma_I, \alpha_H\gamma_{II}, x_H, A\gamma_{IH}$, 及び $A\gamma_{IIH}$ の多きに達するけれどもこれ等は α_H に歸一するを得るものであるから α_H のみが唯一の未知數となるのであるが高次式となつて取扱上困難を來すので從來の方針通り此處でも x_H を假定して $A\gamma_{IH}, A\gamma_{IIH}$ を算出して (71) 又は (71') 式に代入して兩邊が等しくなる樣數回の試算で x_H を決める外ないのである。斯して x_H を決定し得れば時間 t_H は次式で決まる。

$$t_H=24\frac{x_H-x_1}{x_0-x_1} \cdots\cdots(72)$$

上述の方法を逐次異なれる水位に對し試みれば水位と時間との關係曲線を作成し得る譯である。

同樣に貯水時に於ても

$$\frac{\alpha_l(x_H-x_1)-(A\gamma_{IIH}A\gamma_{II1})}{\alpha_l(x'_l-x_H)-(A\gamma_{Il'}-A\gamma_{IH})}=\frac{V_2}{V_1} \cdots\cdots(73)$$

又は

$$\frac{\alpha_l(x_H-x_1)-(A_{\gamma_{IIH}}-A_{\gamma_{II1}})}{\alpha_l(x_l'-x_1)-(A_{l'}-A_1)}=\frac{V_2}{V_0} \quad \cdots\cdots(73')$$

上式中

$$x_1=\frac{3}{2}\alpha_1\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\alpha_1^2\right), \qquad x_H=\frac{3}{2}\alpha_H\left(\gamma_H-\frac{1}{3}\alpha_H^2\right)$$

$$A_{\gamma_{IIH}}=\frac{3}{4}\alpha_{H\gamma_{II}}^2\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\alpha_{H\gamma_{II}}^2\right), \qquad A_{\gamma_{I1}}=\frac{3}{4}\alpha_{1\gamma_{II}}^2\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\alpha_{1\gamma_{II}}^2\right)$$

$$x_l'=\frac{3}{2}\alpha_l\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_l^2\right), \qquad A_{\gamma_{Il'}}=\frac{3}{4}\alpha_{l'\gamma_I}^2\left(\gamma_I-\frac{1}{2}\alpha_{l'\gamma_I}^2\right)$$

$$A_{\gamma_{IH}}=\frac{3}{4}\alpha_{H\gamma_I}^2\left(\gamma_I-\frac{1}{2}\alpha_{H\gamma_I}^2\right), \qquad \alpha_l'=-2\sqrt{\gamma_c}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{x_l'}{\gamma_c\sqrt{\gamma_c}}\right)$$

$$A_{l'}=\frac{3}{4}\alpha_l'^2\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\alpha_l'^2\right), \qquad A_1=\frac{3}{4}\alpha_1^2\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\alpha_1^2\right)$$

次に $f=0.0\sim0.5$ の場合を考ふるに貯水開始後 x_1 間は何等の出力も無いのであるから取水量の全部が貯水される筈である。從て調整池容量 V_0 に對し x_1 間に V_{x1} の貯藏が行はれ水位は H_{x1} 迄上昇する事となる。依て無出力時中の任意時 x に於て $x<x_1$（絕體値）とすると

$$V_x=\frac{24(x-x_1)}{(x_0-x_1)T_i}V_0 \quad \cdots\cdots(74)$$

從て水位は V_x に對し H_x にあるを知り得る。上式に於て $x=0$ となれば，$V_x=V_{x1}$ となるから

$$V_{x1}=-\frac{24x_1}{(x_0-x_1)T_i}V_0=-\frac{24(2f-1)}{T_i}V_0 \quad \cdots\cdots(75)$$

依て V_{x1} に對し H_{x1} を得られる。

同様の方法で餘剩調整池及び不足調整池に就ても任意時の水位及び時間の關係を求め得るが說明が重複するから此處では省略する。

然らば任意想定負荷曲線が與へられた場合は如何と言ふに γ_c に對する α_0 を假定すれば出力係數曲線及び γ_c 線に對する流係數曲線が作成せられ α_l 及び T_i が算出決定して來る。今任意水位 H を假定しこの水位の上下の容積を算定し各々の重心水位率 γ_I 及び γ_{II} を得れば從て各々の流係數曲線を作成し得る。然る時は補給時又は貯水時に就て假定の水位で分割された V_1 及び V_2 の比に等しくなる様な縱線が存しこの線の左右に存する γ_I 及び γ_{II} の流係數積の平均係數以上に存する部分の比が容量の比に等しくなるであらう。斯くの如き線が發見されるとその延長線上の横距の上に時間が見出される事となる。この種縱線の位置の決定は求積器で行ふか又は數回の試算で決すべきであるが比較的容易に發見し得るものである。この場合注意す可きは各 γ には特有の修正容量が存するから嚴密なる結果を必要とする場合にはその都度修正を施すべきである。

次に溢流單線式調整池に就て一言せんに尖頭補給時は普通型完全調整池の場合と同様であつて說明の要なきも貯水時は滿水位で溢流貯藏されるのであるから稍々その趣を異にして居る。この點は溢流複線式調整池の場合と同一となるから以下複線式に就て述べる事とする。

溢流複線式完全調整池の直線負荷を受くる場合を考ふるに $f=0.5\sim1.0$ に於ては貯水時に於ける任意時 x 迄の溢流總量又は貯水總量 V_x は

$$V_x=\frac{24\{\alpha_l(x-x_1)-(A'-A'_{1'})\}}{\alpha_l(x_0-x_1)}\frac{V_0}{T_i} \quad \cdots\cdots(76)$$

上式中 $$x=\frac{3}{2}\alpha'\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha'^2\right)=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\alpha^2\right)$$

$$x_1=\frac{3}{2}\alpha_1'\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_1'^2\right)=\frac{3}{2}\alpha_1\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\alpha_1^2\right)$$

$$A'=\frac{3}{4}\alpha'^2\left(\gamma_0-\frac{1}{2}\alpha'^2\right),\qquad A'_{1'}=\frac{3}{4}\alpha_1'^2\left(\gamma_0-\frac{1}{2}\alpha_1'^2\right)$$

$$x_0=\frac{3}{2}\alpha_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\alpha_0^2\right)\text{ ……………單線式}$$

$$=x_l'+x_J\text{ ……………………複線式}$$

斯様にして V_x を得れば H_x は地形上決定して來る筈である。同様に $f=0.0\sim0.5$ に於ても $x=x_1\sim0$ の間では (75) 式より求め $x=0\sim x_l'$ に至る迄は (76) 式に $A'_{1'}=0$ とし

$$V_x=\frac{24\{\alpha_l(x-x_1)-A'\}}{\alpha_l(x_0-x_1)}\frac{V_0}{T_l}\text{ ……………………(76')}$$

上式から V_x を得れば H_x を決定し得やう。

次に出力が次第に増大して補給時に移ると尖頭水路が働き出し調整池水位は次第に低下する事となる。今任意水位 H を取りその上下の容積及び水位率を決めれば

$$\frac{B_{\gamma_{II0}}-B_{\gamma_{IIH}}}{B_{\gamma_{IH}}}=\frac{V_2}{V_1}\text{ ……………………(77)}$$

又は $$\frac{B_{\gamma_{IH}}}{B_0}=\frac{B_{\gamma_{IH}}}{\frac{1}{K_0^2}B_J}=\frac{V_1}{V_0}\text{ ……………………(77')}$$

上式中 $$B_{\gamma_{II0}}=\frac{3}{4}\beta_{0\gamma_{II}}\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\beta_{0\gamma_{II}}^2\right),\qquad B_{\gamma_{IIH}}=\frac{3}{4}\beta_{H\gamma_{II}}^2\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\beta_{H\gamma_{II}}^2\right)$$

$$B_{\gamma_{IH}}=\frac{3}{4}\beta_{H\gamma_I}^2\left(\gamma_I-\frac{1}{2}\beta_{H\gamma_I}^2\right),\qquad B_0=\frac{3}{4}\beta_0^2\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)$$

$$\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)=\beta_{0\gamma_{II}}\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)$$

$$\beta_H\left(\gamma_H-\frac{1}{3}\beta_H^2\right)=\beta_{H\gamma_{II}}\left(\gamma_{II}-\frac{1}{3}\beta_{H\gamma_{II}}^2\right)=\beta_{H\gamma_I}\left(\gamma_I-\frac{1}{3}\beta_{H\gamma_I}^2\right)$$

$$K_0=\frac{x_l}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}=\frac{x_l}{\frac{3}{2}\beta_{0\gamma_{II}}\left(\gamma_{II}-\frac{1}{3}\beta_{0\gamma_{II}}^2\right)}$$

$$B_J=x_J^2\frac{\left(\gamma_c-\frac{1}{2}\beta_0^2\right)}{3\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)^2}$$

$$\therefore\quad\frac{\beta_0^2\gamma_{II}\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\beta_{0\gamma_{II}}^2\right)-\beta_{H\gamma_{II}}^2\left(\gamma_{II}-\frac{1}{2}\beta_{H\gamma_{II}}^2\right)}{\beta_{H\gamma_I}^2\left(\gamma_I-\frac{1}{2}\beta_{H\gamma_I}^2\right)}=\frac{V_2}{V_1}\text{ ……………………(77'')}$$

上式中 $\beta_{0\gamma_{II}}$ は β_0 から誘導されるから $\beta_{H\gamma_I}$ 又は $\beta_{H\gamma_{II}}$ の何方かを假定し兩邊が合致する様な $\beta_{H\gamma_I}$ を得れば宜しい。故に今水位 H に對する時間 x_H を求めると次の如くなる。

又は

$$\left.\begin{aligned} x_H - x_I' &= K_0 \frac{3}{2} \beta_{H\gamma I} \left(\gamma_I - \frac{1}{3} \beta_{H\gamma I}{}^2\right) \\ &= K_0 \frac{3}{2} \beta_{H\gamma II} \left(\gamma_{II} - \frac{1}{3} \beta_{H\gamma II}{}^2\right) \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (78)$$

$$\therefore \quad t_H = \frac{24(x_H - x_1)}{x_0 - x_1} \cdots\cdots (79)$$

この種型の餘剰調整池では T_t が與へられ f が未定の場合であるから f が決定さるれば完全調整池と同樣にして解き得るものである。尚又不足調整池では T_p が與へられて居るから不足調整池としての諸事項が算定さるれば水位問題は完全調整池の場合と大同小異で唯溢流開始の時間を求め置く丈が異なるのみである。今この溢流開始時間を x_e とすれば

$$B_j = \alpha_p (x_e - x_1) - (A'_{e'} - A'_{1'}) \cdots\cdots (80)$$

上式中

$$x_e = \frac{3}{2} \alpha_e' \left(\gamma_0 - \frac{1}{3} \alpha_e'^2\right), \qquad A'_{e'} = \frac{3}{4} \alpha_e'^2 \left(\gamma_0 - \frac{1}{2} \alpha_e'^2\right)$$

$$x_1 = \frac{3}{2} \alpha_1' \left(\gamma_0 - \frac{1}{3} \alpha_1'^2\right), \qquad A'_{1'} = \frac{3}{4} \alpha_1'^2 \left(\gamma_0 - \frac{1}{2} \alpha_1'^2\right)$$

(80) 式は α_e' の 4 次式となるからこれを解いて α_e' を得る。從て x_e を決定し得るであらう。$x_e \sim x_{p'}$ 間は水位は H_0 であるから論ずるの要がない。x_e の時間を T_e とすると

$$\therefore \quad T_e = \frac{24(x_e - x_1)}{x_0 - x_1}$$

次に任意想定負荷曲線が與へられた場合の溢流複線式調整池の水位に就て簡單に說明しやう。この場合に於ても普通型同樣 α_l, y_l, y_0, γ_0, γ_c, B_j, T_t 及び B_0 等は既知數と見做し得るから補給時に於て H なる水位が與へられたとすればこの水位の上下に存する V_1 及び V_2 が判り從てその重心に對する γ_I 及び γ_{II} を算定し得るから補給時の出力係數に準據して γ_I 及び γ_{II} に對する流係數曲線を作成し得る。この曲線の前半 γ_I 線の係數積は V_1 に相當し後半 γ_{II} 線の與ふるものは V_2 に相當する事言を俟たぬ。依てこの γ_I 及び γ_{II} の與ふる前後係數積の比率を $V_1 : V_2$ に等しからしむる樣な縱線を定め得るであらう。この線が橫軸と交はる點が卽ち H なる水位を現出する時間を示すのである。貯水時に於ても同樣の方法で時間を決定し得るであらう。

想定負荷曲線を與へて餘剰調整池及び不足調整池を解く方法は普通調整池の場合と殆ど同樣であるから此處では省略する事とする。

例題 (10)　直線負荷を受くる完全調整池に於て $Q_t = 20\mathrm{m}^3/\mathrm{sec}$, $f = 0.65$, $\gamma_c = 1.0$, $\alpha_0 = 0.7$, $H_0 = 200\mathrm{m}$ の時補給時 $H = 190\mathrm{m}$ を與ふる時間を求む。但し調整池の水面積は $F_0 = 20\,000\mathrm{m}^2$, $F_{180} = 5\,000\mathrm{m}^2$, 中間は水位に比例し直線的に變化するものと假定す。

$$\alpha_0 = 0.7$$

$$x_0 = \frac{3}{2} \times 0.7 \left(1 - \frac{1}{3} \times \overline{0.7}^2\right) = 0.8784\,993$$

$$A_0 = \frac{3}{4} \times \overline{0.7}^2 \left(1 - \frac{1}{2} \times \overline{0.7}^2\right) = 0.2774\,625$$

$$x_1 = (2 \times 0.65 - 1) \times 0.8784\,993 = 0.2635\,498$$

$$\alpha_1 = -2 \cos\left(\frac{1}{3} \cos^{-1} 0.2635\,498\right) = 0.1775\,666$$

$$A_1=\frac{3}{4}\times\overline{0.1775\,666}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.1775\,666}^2\right)=0.0232\,746$$

$$\alpha_l=\frac{0.2774\,625-0.0232\,746}{0.8784\,993-0.2635\,498}=0.4133\,394$$

$$x_l=\frac{3}{2}\times0.4133\,394\left(1-\frac{1}{3}\times\overline{0.4133\,394}^2\right)=0.5846\,997$$

$$A_l=\frac{3}{4}\times\overline{0.4133\,394}^2\left(1-\frac{1}{2}\times\overline{0.4133\,394}^2\right)=0.1171\,91$$

$$T_l=24\left\{\frac{0.2774\,625-0.1171\,91}{0.2774\,625-0.0232\,746}-\frac{0.8784\,993-0.5846\,997}{0.8784\,993-0.2635\,498}\right\}=3.6662\,77\ 時$$

$$V_0=3.6663\times20\times3\,600=263\,973\,6\text{m}^3$$

今 $F=aH+b$ とし

$$H=200\text{m}\qquad F_0=20\,000\text{m}^2$$

$$H=180\text{m}\qquad F_{180}=5\,000\text{m}^2$$

$\therefore\quad F=750H-130\,000$ を得る

$$\therefore\quad V_0=\frac{750}{2}\left(H_0^2-H_d\right)-130\,000(H_0-H_d)$$

$$V_1=\frac{750}{2}\left(H_0^2-H^2\right)-130\,000(H_0-H)$$

$$V_2=\frac{750}{2}\left(H^2-H_d^2\right)-130\,000\left(H-H_d\right)$$

$$V_0H_c=\int_{H_d}^{H_0}FHdH=\frac{750}{3}\left(H_0^3-H_d^3\right)-\frac{130\,000}{2}\left(H_0^2-H_d^2\right)$$

$$\therefore\quad H_c=\frac{250(H_0^2-H_0H_d+H_d^2)-65\,000(H_0+H_d)}{375(H_0+H_d)-130\,000}$$

$$H_1=\frac{250(H_0^2-H_0H+H^2)-65\,000(H_0+H)}{375(H_0+H)-130\,000}$$

$$H_2=\frac{250(H^2-HH_d+H_d^2)-65\,000(H+H_d)}{375(H+H_d)-130\,000}$$

$$263\,973.6=375(200^2-H_d^2)-130\,000(200-H_d)$$

$$H_d^2-346.666H_d+30\,037.23=0$$

$$H_d=173.333+\sqrt{\overline{173.333}^2-30\,037.23}=175.91\text{m}$$

$$H_c=\frac{250(200^2+200\times175.91+\overline{175.91}^2)-65\,000(200+175.91)}{375(200+175.91)-130\,000}=191.232\text{m}$$

$$\gamma_0=\frac{200}{191.232}=1.04585$$

依て修正容量を求む。

$$x'_l=\frac{3}{2}\times0.4133\,394(1.0458\,5-\frac{1}{3}\times\overline{0.4133\,394}^2)=0.6131\,274$$

$$\alpha'_l=-2\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}0.6131\,274\right)=0.4364\,68$$

$$\delta T_i=\frac{(\alpha_i'-\alpha_i)(x_i'-x_i)}{2}\times\frac{24}{\alpha_i(x_0-x_1)}=\frac{0.0231\,286\times0.0284\,276}{2}\times\frac{24}{0.4133\,394\times0.6149\,495}$$

$=0.0310\,402$ 時

$\therefore\quad T_i=3.6662\,77-0.0310\,402=3.6352\,368$

T_i は修正の度を重ぬるに從ひ益〻正緻なる値に近づく可きも本例では 1 回に止める。

$\therefore\quad V_0=3.6352\,368\times20\times3\,600=261\,737\text{m}^3$

$261\,737-375(200^2-H_d^2)-130\,000(200-H_d)$

$$H_d=173.333+\sqrt{\overline{173.333}^2-30\,031.3}=176.958\text{m}$$

$$H_c=\frac{250(200^2+200\times176.958+\overline{176.958}^2)-65\,000(200+176.958)}{375(200+176.958)-130\,000}=191.4003\text{ m}$$

$$\gamma_0=\frac{200}{191.4003}=1.04493,\qquad \gamma_d=\frac{176.958}{191.4003}=0.9245\,44$$

$$\alpha_0\gamma_d=-2\sqrt{0.9245\,44}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.8784\,993}{0.9245\,44\sqrt{0.9245\,44}}\right)=0.8750\,084<1$$

故に本調整池は最低水位に於て最大出力を發生せしむるも水車跳躍の危險を生じない。

$V_1=\{375(200+190)-130\,000\}(200-190)=162\,500\text{m}^3$

$V_2=\{375(190+176.958)-130\,000\}(190-176.958)=99\,240\text{m}^3$

$V_1+V_2=162\,500+99\,240=261\,740\text{m}^3$

$$H_I=\frac{250(200^2+200\times190+\overline{190}^2)-65\,000(200+190)}{375(200+190)-130\,000}=195.3846\,1$$

$$\gamma_I=\frac{195.3846\,1}{191.4003}=1.0208\,166$$

$$H_{II}=\frac{250(190^2+190\times176.958+\overline{176.958}^2)-65\,000(190+176.958)}{375(190+176.958)-130\,000}=184.8761$$

$$\gamma_{II}=\frac{184.8761}{191.4003}=0.9659\,133$$

$$\alpha_0\gamma_{II}=-2\sqrt{0.9659\,133}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.8784\,993}{0.9659\,133\sqrt{0.9659\,133}}\right)=0.7546\,33$$

$$A\gamma_{II0}=\frac{3}{4}\times\overline{0.7546\,33}^2\left(0.9659\,133-\frac{1}{2}\times\overline{0.7546\,33}^2\right)=0.2909\,333$$

$$\alpha_{i'\gamma_I}=-2\sqrt{1.0208\,166}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.6131\,274}{1.0208\,166\sqrt{1.0208\,166}}\right)=0.1263\,687$$

(i) $x_{II}=0.8$

$$\alpha_{II\gamma_I}=-2\sqrt{1.0208\,166}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.8}{1.0208\,166\sqrt{1.0208\,166}}\right)=0.5892\,74$$

$$A\gamma_{III}=\frac{3}{4}\times\overline{0.5892\,74}^2\left(1.0208\,166-\frac{1}{2}\times\overline{0.5892\,74}^2\right)=0.2206\,374$$

$$\frac{V_1}{V_0}=\frac{162\,500}{261\,739}=0.6208\,745$$

(71′) 式の左邊に分母子に $\dfrac{24}{\alpha_i(x_0-x_1)}$ を乘ずると次式を得る。

$$\frac{24\{A_{\gamma IH}-A_{\gamma Il'}-\alpha_l(x_H-x'_l)\}}{\alpha_l(x_0-x_1)T_l}=\frac{V_1}{V_0}$$

$$\therefore\quad \frac{V_1}{V_0}=\frac{24(0.2206\,374-0.1263\,687-0.4133\,394(0.8-0.6131\,274)\}}{0.4133\,394(0.8784\,993-0.2635\,498)\times 3.6352\,368}=0.4422\,483$$

(ii)　$x_H=0.82$

$$\alpha_{H\gamma I}=-2\sqrt{1.0208\,166}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.82}{1.0208\,166\sqrt{1.0208\,166}}\right)=0.6094\,282$$

$$A_{\gamma IH}=\frac{3}{4}\times\overline{0.6094\,282}^2\left(1.0208\,166-\frac{1}{2}\times\overline{0.6094\,282}^2\right)=0.2326\,23$$

$$\therefore\quad \frac{V_1}{V_0}=\frac{24\{0.2326\,23-0.1263\,687-0.4133\,394(0.82-0.6131\,274)\}}{0.4133\,394(0.8784\,993-0.2635\,498)\times 3.6352\,368}=0.5388\,415$$

(iii)　$x_H=0.84$

$$\alpha_{H\gamma I}=-2\sqrt{1.0208\,166}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{0.84}{1.0208\,166\sqrt{1.0208\,166}}\right)=0.6303\,763$$

$$A_{\gamma IH}=\frac{3}{4}\times\overline{0.6303\,763}^2\left(1.0208\,166-\frac{1}{2}\times\overline{0.6303\,763}^2\right)=0.2450\,198$$

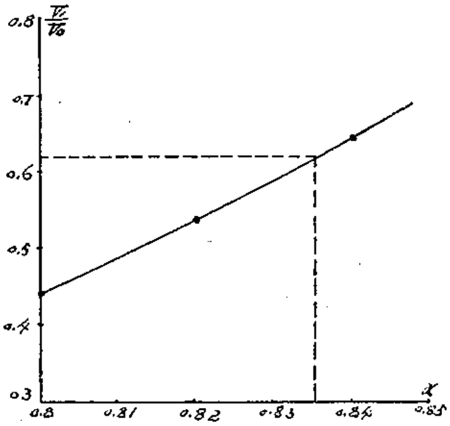
$$\therefore\quad \frac{V_1}{V_0}=\frac{24\{0.2450\,198-0.1263\,687-0.4133\,394(0.84-0.6131\,274)\}}{0.4133\,394(0.8784\,993-0.2635\,498)\times 3.6352\,368}=0.6461\,118$$

依て上記の 3 個の結果を**第 20 圖**の如く作圖して $\frac{V_1}{V_0}=0.6208\,745$ に相當する $x_H=0.8355$ を得られるから

$$t_H=\frac{24(0.8355-0.2635\,498)}{0.8784\,993-0.2635\,498}=22.322\text{ 時}$$

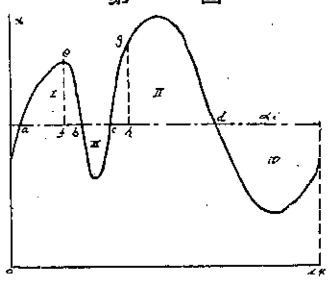
16.　多尖頭想定負荷曲線に對する調整池の解法

第 20 圖



前項迄に述べ來りたるものは直線負荷及び單尖頭想定負荷曲線が與へられた場合の調整池諸問題の解法であつたが負荷の性質上1日中2回以上の尖頭を現出する例が乏しくない。斯様に數多の尖頭を現出する所謂多尖頭想定負荷曲線が與へられた場合の調整池の容量又は流量の變化等の關係はその解法稍複雜となり尖頭の數を增すに從ひ益々煩雜を來すものである。先づ順序として2尖頭想定負荷曲線が與へられた場合から說明する事にしやう。今2尖頭式の完全調整池の場合を考ふるに與へられた想定負荷曲線に對し流係數曲線が完成されたと假定して見ると**第 21 圖**に於て示した樣な α 線が得られる。この線上の水位關係を點檢して見るに α_l は取水量卽ち調整池への流入量に對する流係數又は平均流係數であるから次の關係がある。

第 21 圖



$$I+II=III+IV$$

而してその大さは IV, II, I, III の順位であるとすれば調整池の時間容量 T_l は次の如くなるであらう。

$$T_l=\frac{IV}{\alpha_l}=\frac{I+II-III}{\alpha_l}$$

而してその水位は a に於て滿水位 H_0 で b に於て H_1 迄降下し c に於ては III の貯水があるから H_2 迄上昇しこれより再び降下して d に於て

最低水位 H_a に到達する。この後は IV の貯水に移り漸次水位の上昇を來し a に至り完全に滿水に達すると言ふ譯で水位運動の一週期を形成するのである。今 α_i 線上に ef 及び gh なる垂線を立て

$$III=I+II-IV=efb=chg$$

と取ると e 點の水位は H_2, g 點の水位は H_1 となる事明である。依て α 曲線に於て III 及び chg の部分を暫く除外し b 點から直に hg へ接續して行くものと假定すると尖頭は $aebhgd$ なる形狀を呈し水位は H_0 から H_a 迄次第に降下し途中一時的に水位が上昇する樣な現象が無くなるからこの間の働作は從來說明して來た通り全水量が調整池の重心に集結して働いて居るものと考へて差支無くなるのであるから曲線を γ_c 線に置換し得る事となる。同樣に efb 及び III を除外して α 線が $aefcgd$ となつたと假定しても同樣である。然るに T_i が與へられて居れば γ_c, γ_0 及び γ_a が算定され，從てこれ等3個の水位率に對する流係數線が作成されるから任意時間に於ける水位又は任意水位に對する時間を發見し得る事となるのである。依て今 H_1 及び H_2 即ち b と g 及び と c に於ける水位が求まりこの兩水位間の容積重心水位及びその水位率等が算定し得やう。然る時は $ebcg$ 線の與ふる流係數積は γ_{III} 線の與ふるものと置換し得る事となるから γ_{III} 線の與ふる貯水係數積と補給係數積とが等しかる可き事を要する。

上記の方法を逆に繰り返す事に依て本問題は解決されるのである。即ち今與へられた2尖頭想定負荷曲線に於て α_0 を與へて $\gamma_i=1$ に據る流係數曲線を作成する。この係數線の平均線に近接して α_i を取り，I, II, III, IV の面積を測定する。今その大きさが IV, II, I, III の順位となつたとし α_i が實際の平均流係數ならば $T_i=\dfrac{IV}{\alpha_i}$ となるであらう。

次に**第21圖**に示す通り

$$I+II-IV=efb=chg$$

を取る。この場合 III は關係させぬ。斯くして流係數線は $aebhgd$ となつたとし g 點の水位を求めて見る。これを H_1 と假定する。H_1 の求め方は **15.** で說明した通であるが H_1 を假定して V_1, V_2, γ_I 及び γ_{II} を算定し

$$\frac{(I)\gamma_I}{(II)\gamma_{II}}=\frac{V_1}{V_2} \qquad \text{又は} \qquad \frac{(I)\gamma_I}{(I)\gamma_I+(II)\gamma_{II}}=\frac{V_1}{V_0}$$

となる樣數回の試算で H_1 を決定する。同樣に係數線が $aefcgd$ となつたものとして e 又は c の水位 H_2 を求める。斯樣にして H_1 及び H_2 が決まればその間の容積,重心及び水位率 γ_{III} を定め得るから $ehcg$ を γ_{III} 線で置換する。然る時は

$$III=efb=chg$$

なるを要するのであるが數回の試算でこれを等しくする如き α_i を求め得るのである。この計算で III が大きく出れば α_i を過大に取つた事を示し小さく出れば α_i を過小に取つた事を示すのであるから適當に加減を施せばよい。實際には兩3回の試算で α_i と $(III-chg)$ 又は $(III-efb)$ の關係を圖示し圖式で α_i を決定するのが便利である。斯樣にして α_i が決まれば T_i も亦確定して來る譯である。

上述の如く2尖頭想定負荷曲線に對する流係數曲線の貯藏量及び補給量の關係は常に $I+II=III+IV$ なる事を要し I を最大と取れば II は最小，IV を最大と取れば I 及び II これに亞ぎ III は最小となる。今その大きさの順位を配列すると次の如くなる。

$IV \quad II \quad I \quad III$ .... (1)

$IV \quad I \quad II \quad III$ .... (2)

$III\quad II\quad I\quad IV$ ………………………………………(3)

$III\quad I\quad II\quad IV$ ………………………………………(4)

$I\quad III\quad IV\quad II$ ………………………………………(5)

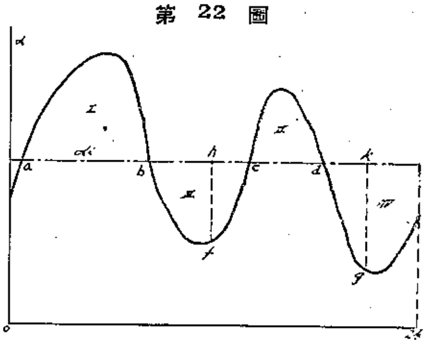
$I\quad IV\quad III\quad II$ ………………………………………(6)

$II\quad III\quad IV\quad I$ ………………………………………(7)

$II\quad IV\quad III\quad I$ ………………………………………(8)

上記に就て見るに調整池の容量は (1) 及び (2) は IV, (3) 及び (4) は III, (5) 及び (6) は I, (7) 及び (8) は II で決まるのであるが IV を容量とする場合は既に述べた通りである。 III を容量とするものにありては第21圖の最低水位 c 點に於て滿水位を現出する筈であるから補給は c から始まつて b で終るものと考へ上述の方法で解く事が出來る。次に I を容量とするものでは II は最小となるから a に於て滿水, b に於て最低水位に降下する事となるから IV の場合と反對に第22圖に示す通り

第 22 圖



$$hfc=dgk=III+IV-I$$

と取り f 及び g に於ける水位を求めこの2水位間の容積, 重心及び重心水位率を算出しこの γ_{II} に依て $fcdg$ 曲線を作成すれば

$$II=hfc=dgk$$

なるを要するから上記等式を滿足させる樣な α_i を探索すれば宜しいのであるが數回の試算で IV の場合に述べた方法で圖式から α_i を決定するを便とする。

同樣に II を容量とする場合には c に於て滿水, d に於て空虚となるのであるから I と II を置換し叙上と類似の手段を施す事により容易に解く事が出來る。

次に餘剩調整池の場合を說明せんに地形の與ふる容量の方が想定負荷曲線の要求するものより大なる場合であるから與へられた想定負荷曲線に就て基礎負荷を減少して負荷率を遞下しこの新負荷曲線の要求する容量と α_i を決定して上記地形の與ふるものに一致する迄負荷率を低下せしむるを要するのである。 斯樣にして餘剩調整池では完全調整池に比し解法の手續稍々煩雜を來すけれども多少の忍耐を以て試算を行へば f を求むる事敢て困難ではない。

然らば不足調整池では如何と言ふに地形の與ふる容量の方が想定負荷曲線の要求するものよりも小なる場合であるから今 T_p 及び γ_c が既知數とすると (1) に於て次の4個の場合が想像される。 即ち α_i 線に對して

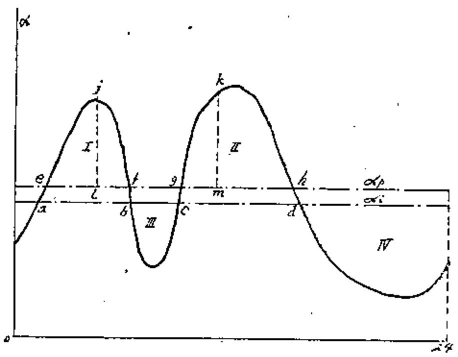
(1)　$IV>\alpha_i T_p>II$

(2)　$II>\alpha_i T_p>I$

(3)　$I>\alpha_i T_p>III$

(4)　$III>\alpha_i T_p$

第 23 圖



上記に於て α_i は平均流係數を意味する。

(1)　$IV>\alpha_i T_p>II$

第23圖に示す樣に想定負荷曲線から流係數曲線が作成されたと假定すると流入量 α_p に對し

$$T_p=\frac{1}{\alpha_p}\left(I+II-III\right)$$

なるを要する。今 γ_c に對する流係數曲線を畫き α_p を假定して

$$jef=gmk=I+II-\alpha_pT_p$$

を作成したとすると j 及び k 或は g 及び f の水位を見出す事が出來る。これを H_2 及び H_1 とする。この兩水位間の容積及び重心水位率 γ_{III} を得るから γ_{III} に依て $jfgk$ を畫く。然る時は

$$III=jef=gmk$$

なるを要するから上式を滿足せしむる樣な α_p を求むれば宜しい。但しこの場合の α_p 線に對し $I>III$ なる事を必要とする。若しこの場合 $I<III$ となると III の貯水の終りに近く溢流が始まる事になり g は滿水で h は最低水位となる事を必要とするから α_l 線に對して $\alpha_l T_p<II$ となつて始めの假定に反する結果を來す。依てこの場合に於ては常に $I>III$ なる事を斷定し得る譯である。

(2) $II>\alpha_lT_p>I$

この場合に於ては同時に α_p 線に對し $I>III$ の條件があれば (i) の方法で α_p を求め得るけれども $I<III$ となつたとすると fg の間で既に溢流が始まり g で滿水, h で空虚と言ふ事になるから II が T_p に相當する事になる。依て γ_c 線を作成し $(II)_{\gamma c}$ を測定すれば T_p を得られる。即ち

$$T_p=\frac{(II)_{\gamma c}}{\alpha_p}$$

なる如き α_p を決定すれば宜しい譯である。

(3) $I>\alpha_lT_p>III$

この場合 α_p に對し $I>III$ なれば (1) と同一方法で解き $I<III$ なれば (2) の $I<III$ の場合と同樣にして解く事が出來る

(4) $\alpha_lT_p<III$

この場合は (2) の $I<III$ の條件の時の解法のみが存在する事明である。

斯樣にして不足調整池に於ては 2 尖頭想定負荷曲線が與へられる場合にはこれに對する完全調整としての流係數曲線を作成した後でなければ判然たる解法を得られない譯であるからこの完全調整池としての流係數曲線の作圖に相當手數を要する事となるも **15.** で述べた樣に手數と時間を惜まねばこれを求むる事敢て困難とは言へぬが實際に於ては斯樣な煩雜を犯さなくとも γ_c 線を作成すれば大體に於てこれ等の山や谷の大さを推定し得るから α_p を決定し得るものである。

上述の如く不足調整池の解法は山や谷の大さの配列を異にする他の場合に就ても殆んど大同小異であるから省略しても差支あるまい。

然らば溢流單線式調整池に就ては如何と言ふに何方の場合も大體に於て類似して居るから今は IV が最大な場合に就て説明する事にしやう。この種型式のものは貯水時は常に滿水位を利用し得るものであるから III 及び IV の谷は γ_0 線に依り, I 及び II の山は一部分を除き γ_c 線に依存して居るから上記兩種の流係數曲線を作成して見ると完全調整池では山及び谷の平均線附近に α_l が存する筈であるから適宜 α_l を假定し

$$T_l=\frac{(IV)_{\gamma_0}}{\alpha_l}$$

を算出して $\left[\frac{I+II}{\alpha_l}-T_l\right]$ の面積に等しく I の終りと II の始めの方に垂線で區劃し普通型の場合と同樣この垂線が I 及び II の γ_c 線を切る點の水位を求めこの兩水位間の容積並に重心水位率 γ_{III} を算定しこの γ_{III} に依る流

係數曲線を作れば上記の區劃垂線を切るであらうから γ_{III} の與ふる新區劃面積を求むればこれは正しく$(III)_{\gamma_0}$ と等しくなければならぬ。依てこれ等の係數積を等しからしむる如き α_l 及び T_l を定むれば宜しい譯である。

この種型式のものに於ける餘剩調整池では普通型と同樣想定負荷曲線の基礎負荷を適當に減少しこの新想定負荷曲線に基いて f, α_l 及び T_l の關係を求め既與の T_l に一致する如き T_l を與ふる f 及び α_l を決定すれば宜しい。

尙又不足調整池に於ては與へられた想定負荷曲線に對し完全調整池同樣山に對しては γ_c, 谷に對しては γ_0 に依る流係數曲線を作成し先づ適宜 α_p を假定し

(i) α_l に對し $(IV)_{\gamma_0}>\alpha_l T_p>(II)_{\gamma_c}$ となつたとすると α_p に對して $(I)_{\gamma_c}>(III)_{\gamma_0}$ なるを要するから $\left[\dfrac{(I)_{\gamma_c}+(II)_{\gamma_c}}{\alpha_p}-T_p\right]$ に相當する面積を I 及び II から控除する。即ち完全調整池に於ける樣に I の終りと II の始の方に垂線を立てゝ區劃する。而してこの垂線が (I) 及び (II) の γ_c 線を切る點の水位を求める。この兩水位が解れば γ_{III} が解るから γ_{III} の與ふる上記區劃內面積が $(III)_{\gamma_0}$ に等しくなる樣 α_p を選定するを要する。次に

(ii) α_l 線に對し $(II)_{\gamma_c}>\alpha_l T_p>(I)_{\gamma_c}$ なる時は α_p に對し $(I)_{\gamma_c}>(III)_{\gamma_0}$ の條件があれば (i) の場合と同解法に依れば宜しいが $(I)_{\gamma_c}<(III)_{\gamma_0}$ となると $T_p=\dfrac{(II)_{\gamma_c}}{\alpha_p}$ なる如き α_p を決定するを要する。尙又

(iii) α_l 線に對し $(I)_{\gamma_c}>\alpha_l T_p>(III)_{\gamma_0}$ の場合に於ては (ii) の $(I)_{\gamma_c}<(III)_{\gamma_0}$ の時と同一解法となる。最後に

(iv) α_l 線に對し $(III)_{\gamma_0}>\alpha_l T_p$ となればこれ亦 (ii) の場合の α_p に對し $(I)_{\gamma_c}<(III)_{\gamma_0}$ の條件の場合と一致する事が了解されるであらう。

一般に溢流單線式不足調整池は直線負荷の時に說明した通り $T_p<T_l$, 即ち完全調整池としての容量よりも小となれば全然本型本來の目的を失ふものであつて負荷率の上昇を許容せざる限りは普通型の不足調整池と同一能率に低下し來るものであつて實際の場合に於ては $(IV)_{\gamma_0}>\alpha_l T_p>(II)_{\gamma_c}$ の場合のみを考慮すれば宜しい事となるのである。

この種調整池に於ても完全調整池としての流係數曲線が完成された後でなければ完全なる解法は得られないのであるが實際問題としては上記係數曲線の山や谷の大さは相當大なる差異があるのであるから γ_0 及び γ_c の係數線の作成で充分本計算遂行の目安を立て得るのである。

次に溢流複線式調整池に就て述べんにこの場合も係數線の山及び谷の大さの順位が IV, II, I, III となつて居る場合に就て說明すれば他は推して知るべしである。先づ完全調整池に就て見るに α_l 及び β_0 が與へられて居るから今係數曲線が出來上つて居るものと想像して見れば α_l 線以下は常に H_0 即ち滿水位で働いて居るのであるから問題は I 及び II にあると言ふ事が出來る。即ち a 點に於て滿水, b 點に於て H_2 迄降下, c 點で $(III)_{\gamma_0}$ の貯水があるから H_1 迄上昇し, d 點に於て最低水位迄降下する事となるから I 及び II は γ_c に依て算出し

$$(I)_{\gamma_c}+(II)_{\gamma_c}-(III)_{\gamma_0}=(IV)_{\gamma_0}$$

を得れば調整池の容量が決まる譯である。然るに $(I)_{\gamma_c}$ 及び $(II)_{\gamma_c}$ の面積は β で與へられるから單位の修正を必要とする。今想定負荷曲線の任意負荷 P_l を y'_l に相當させれば

$$y_0=\frac{y'_l}{P_l}P_0$$

を得るから

$$K_0=\frac{y_0-y'_l}{\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)}$$

が得られる。次に P_l～P_0 間の負荷に於て $(P-P_l)$ を取りて (P_0-P_l) の大きさを $Y_0=\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)$ に相當させる所の出力係數線を作成し，これに準據して β 線を作成する。β 線の與ふる I 及び II の面積は $(I)_{\gamma_c}$ 及び $(II)_{\gamma_c}$ で表はされるから第 **21** 圖に於て

$$(I)_{\gamma_c}+(II)_{\gamma_c}-(IV)_{\gamma_0}\frac{1}{K_0}=efb=chg$$

を取り h 及び e の水位を求める。この兩水位が解れば γ_{III} を算定し eb 及び ch 線を作成すれば

$$efh=chg=\frac{1}{K_0}(III)_{\gamma_0}$$

なるを要するからこの條件に適合する y'_l を決定すればよい。

この型の餘剩調整池では地形上 T_l が與へられて居るから屢ゝ述べた通り想定負荷曲線の基礎負荷を減少して上記方法に依て與へられる T_l に等しい T_l を與へる樣な f 及び α_l を求むれば宜しいのであるが一般に餘剩調整池の決定は完全調整池の方法を數回試みる事に依り始めて解決し得るものであるからその手續も從て複雜多岐に亙るを免れぬ。

尙又不足調整池に於ては T_p は與へられて居るから P_0～P_p 間の部分負荷卽ち $(P-P_p)$ を取り (P_0-P_p) を $Y_0=\frac{3}{2}\beta_0\left(\gamma_c-\frac{1}{3}\beta_0^2\right)$ に相當させ出力係數線並に β 流係數曲線を作成する。次に α_p を假定して $y'_p=\frac{3}{2}\alpha_p\left(\gamma_0-\frac{1}{3}\alpha_p^2\right)$ を P_p に相當せしめて P_p 以下の基礎負荷に對する出力係數線及び α 流係數曲線を作成する。然る時は普通型で述べた通り次の 4 つの場合が生じて來る。以下 $(II)_{\gamma_0}(\alpha_p-\alpha_l)$ は α_p～α_l 間の II の γ_0 に依る係數積とす。

(i) α_l に對し $(IV)_{\gamma_0}>\alpha_l T_p>K_0(II)_{\gamma_c}+(II)_{\gamma_0}(\alpha_p-\alpha_l)$ に於ては III の貯水中溢流を許さないから調整池容量は

$$T_p=[\{(I)_{\gamma_c}+(II)_{\gamma_c}\}K_0-(III)_{\gamma_0}]\frac{1}{\alpha_p}$$

で表はされる事となる。依て第 **23** 圖に於て

$$jef=gmk=(I)_{\gamma_c}+(II)_{\gamma_c}-\frac{T_p}{K_0}$$

を取り k 及び j 點の水位を求めこの兩水位間の重心水位率 γ_{III} を算出して jb 及び gk 線を作れば $jef=gmk=\frac{III}{K_0}$ なるを要するからこの條件に適合する α_p を探索すれば宜しい。

(ii) α_l に對し $K_0(II)_{\gamma_c}+(II)_{\gamma_0}(\alpha_p-\alpha_l)>\alpha_l T_p>K_0(I)_{\gamma_c}+(I)_{\gamma_0}(\alpha_p-\alpha_l)$

この場合 α_p に對し $(I)_{\gamma_c}>\frac{(III)_{\gamma_0}}{K_0}$ なれば (i) と同一解法に依る可きであり，α_p に對して $(I)_{\gamma_c}<\frac{(III)_{\gamma_0}}{K_0}$ となれば (III) の貯水中旣に溢流が起る事となるから $(II)_{\gamma_c}$ が調整池の容量に相當する事明である。依て $T_p=\frac{K_0(II)_{\gamma_c}}{\alpha_p}$ なる樣 α_p を決定すればよい譯である。

(iii) α_l に對し $K_0(I)_{\gamma_c}+(I)_{\gamma_0}(\alpha_p-\alpha_l)>\alpha_l T_p>(III)_{\gamma_0}$

この場合は (ii) の $(I)_{\gamma_c}<\frac{(III)_{\gamma_0}}{K_0}$ の場合と同一となる。

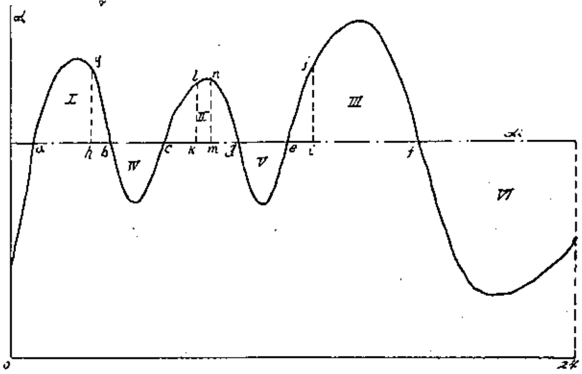
(iv) α_l に對し $(III)_{\gamma_0}>\alpha_l T_p$

この場合も (ii) の $(I)_{\gamma_c}<\frac{(III)_{\gamma_0}}{K_0}$ の條件の時のみが存する。

以上で 2 尖頭式想定負荷曲線が與へられた場合の調整池解法の大要を述べたのであるが電力消化の特殊市場で

は稀に 3 尖頭式の負荷曲線を現出する事がある。この種 3 尖頭想定負荷曲線が與へられた場合の調整池の解法は 2 尖頭式に比し一段と複雑の度を高める次第であるが調整池の種類に依り多少難易の差こそあれ，これが解法は必しも不可能ではない。次にその概念を得る爲，完全調整池の場合の一つに就て略說して見やう。

第 24 圖



今 3 尖頭想定負荷曲線が與へられこれに對し第 24 圖に示す樣な流係數曲線が作成されたとする。卽ち I, II, III の山と IV, V, VI の谷から成立して居るとする。然る時は

$$I+II+III=IV+V+VI$$

この內 VI が最大で III がこれに次ぐと假定する。然る時は

$$I+II>IV+V$$

なるを要するであらう。次に $I>IV$ と假定すると水位關係は a で滿水，b で H_2 に降下し，c で H_1 に上昇，d で H_4 に降下し，e で H_3 に上昇，f で H_d 卽ち最低水位に到達する事となり全體としては $(I+II)>(IV+V)$ の條件から H_3 は滿水位より低い事明である。卽ちこの間溢流の現象が起らぬ。依てこの場合は

$$T_i=\frac{I+II+III-(IV+V)}{\alpha_t}=\frac{VI}{\alpha_t}$$

となり VI が調整池の容量を決定する事となる。然るに $I<IV$ と假定すると a で滿水の時には IV の貯水中溢流が起る事となるから a は滿水位たり得ない。從て完全調整池の條件から推せば滿水位は c に於て起らねばならぬ。卽ち a は滿水位より稍低い H_1 なる水位であり，b で尙も H_2 迄降下し c で滿水に達し，d で H_4 に降下，e で H_3 に上昇，f で H_d 卽ち最低水位に到達する事となるであらう。從てこの場合では $II>V$ なる事明であるから V の貯水中溢流の起る心配はない。依て調整池の容量は次の如くなる。

$$T_i=\frac{II+III-V}{\alpha_t}=\frac{IV+VI-I}{\alpha_t}$$

卽ち以上の 2 つの場合が想像されるのである。

(i) $I+II>IV+V,\ I>IV$

この場合に於ては VI は最低水位から滿水位迄變化するのであるから γ_c 線の與ふる貯水係數積と等しくなければならぬ。依て今與へられた想定負荷曲線に就て α_0 を與へ γ_c の流係數曲線を作成しその平均線附近に α_t 線を假定し

$$T_i=\frac{VI}{\alpha_t}$$

からこの必要容量から實際容量を定め地形から H_d を算出する。これに依て $\gamma_0, \gamma_c, \gamma_d$ 等の水位率が判る。然るに γ_c 線に就て見るに I 及び III は共に VI より小なるも $VI\lesseqgtr(I+III)$ は疑問と言はざるを得ぬ。依て今

(a) $VI<(I+III),\ I>IV$ の場合から說明せんに

$$I+II+III=IV+V+VI$$

であるから $II<(IV+V)$ なるを要する。從て IV 及び V で上昇された水位は II で降下されるよりも大であるから b 點の水位 H_2 より e 點の水位 H_3 の方が高い譯である。そこで今

$$ghb=eij=I+II-VI$$

を作り γ_c 線が $agbijf$ 又は $aghcjf$ となつたと假定するとこの面積は何方も VI と全等であるから調整池の容量に相當する筈である。依て g 及び c 或は b 及び j 點に於ける水位 H_3 及び H_2 を求める事が出來る。

次に c 點の水位 H_1 を假定し $H_2 H_1$ 間の容量及び重心水位率 γ_{IV} を算出して $(IV)\gamma_{IV}$ を求めこれが調整池の地形上の $H_1 H_2$ 間の容量に等しくなる樣な H_1 を決定する。同様の方法で H_4 をも決定する事が出來る。然る後この求まつた H_1 及び H_4 から γ_{II} を決定し得る故 γ_{II} に依る係數線から $(II)\gamma_{II}$ を算定しその係數積が地形上の $H_1 H_4$ 間の容量に相當し居るや否やを検する。α_l を大に取り過ぎると $(II)\gamma_{II}$ は過小値となり α_l を小に取り過ぎると $(II)\gamma_{II}$ は過大値となつて表はれて來る筈であるからこの $(II)\gamma_{II}$ と實際地形の H_1, H_4 水位間の容量とが一致する様な α_l を求めれば宜しい譯である。

(b)　$I+II+III>VI>I+III$

この場合には $II>IV+V$ となるから γ_c 線に於て

$$ckl+mdn=I+II+III-VI$$

と取り γ_c 線が $agbklnmejf$ なる形となつたと假定する。然る時はこの係數積は明に VI と全等であるから補給がこの曲線に沿ふてなされるものと見做し得るから b, l 或は n, e 點の水位 H_2 及び H_3 を決定する事が出來る。次に (a) で說明した通り H_1 及び H_4 を假定して γ_{IV} 及び γ_V を算出し $(IV)\gamma_{IV}$ 及び $(V)\gamma_V$ の面積と實際容量の與ふる係數積が等しくなる如き H_1 及び H_4 を決定しこれから得られる $(II)\gamma_{II}$ が實容積の與ふる係數積と等しくなる樣に α_l を決定し得れば宜しいのである。

(ii)　$I+II>IV+V$, $I<IV$

第 24 圖に於て c 點は滿水位で $II>V$ なる事明であり

$$T_l=\frac{II+III-V}{\alpha_l}=\frac{VI+IV-I}{\alpha_l}$$

となつて居るから α_l を假定してもこの假定の α_l に對する T_l を求める事が出來ぬ。依て今 f 點に於ける水位 H_a を假定してこの假定に基いて T_l を算出する。尙又この 假定の T_l の 與へる γ_c 線を作り

$$II+III-\alpha_l T_l=nmd=eij$$

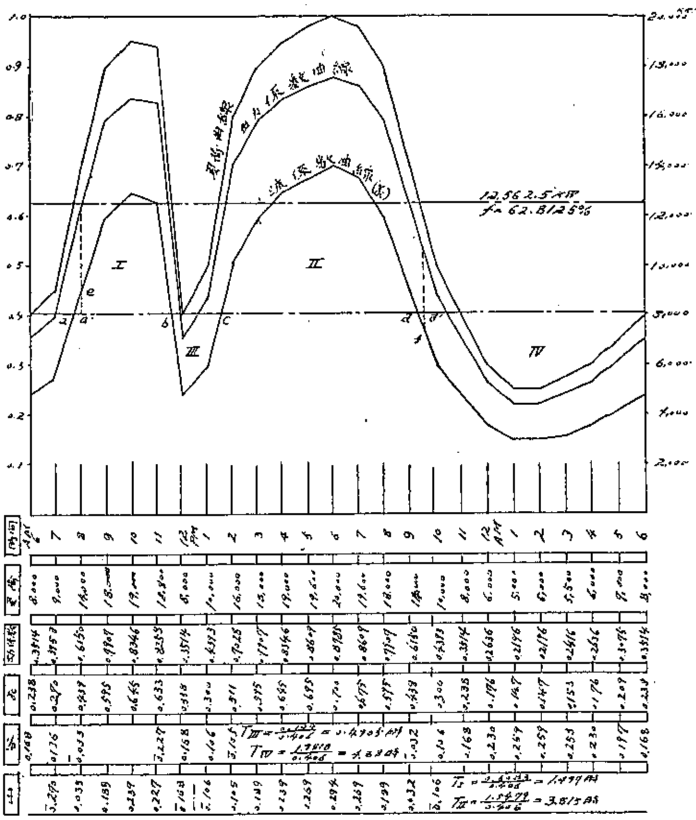
と取れば

$$T_l=\frac{cndijf}{\alpha_l}=\frac{cnmejf}{\alpha_l}$$

となるから d 及び e の水位を誘導する事が出來る。この兩水位 H_4 及び H_3 から γ_V を得るから γ_V 線を作り $(V)\gamma_V$ を求め H_4, H_3 の實容積と等しくなるや否やを検する。この場合 H_a を低く取り過ぎると H_3 は低く, H_4 は高く出て來る。從て $(V)\gamma_V$ の方が實容積より小となつて來るから數回の試算で兩者が一致する樣な H_a を發見するを要する。次に IV 及び VI に就てこの方法を逆に試み H_a' を得たとすると H_a 及び H_a' は α_l の取り樣で一致して來るに相違ない。即ち α_l を過大に取ると H_a は高く H_a' は低く出て來る筈であるからこれ又時間を惜しまず數回の試算を行ふ事により $H_a=H_a'$ となる樣な α_l を決定し得るであらう。斯樣にして α_l が得らるればこの值に對する H_a, H_3, H_4 が決定して來るから T_l も亦誘出される譯である。

上述の如く 3 尖頭想定負荷曲線が與へられた場合の調整池の解法は稍々煩雜となるけれども合理的に解決し得る事は明である。この場合煩雜を避ける爲, 修正容量に就ては特に言及しなかつたが容量又は水位を假定すればこれに附隨して必ず修正容量も亦算出可能となるのであるが精密計算を要求する場合の外一般に無視して支障ないと考へられる。

第　25　圖



上述の如く多尖頭想定負荷曲線が與へられる場合の調整池の解法は尖頭數4以上となれば殆んど不可能に近いと言ひ得可く3個以內と雖もその取扱可成り煩雜を來し實用上の價値を疑はしむるものがある。斯樣の煩雜に耐えて得らる可き結果を γ_c 線が與ふる諸結果に比し如何と言ふに次の計算例に示す通り殆んど論ずるに足らぬ誤差である事が解るのである。この理由は中間の山や谷は大體に於て調整池の重心附近に起りその水位の上下運動に基く容量の與ふる γ も從て γ_c に近接し居るが爲である。故に近似計算としては與へられた多尖頭想定負荷曲線に對し γ_c の與ふる流係數曲線を作成しこれに依て與へられる所の諸結果を採用するも實際問題としては何等の不都合をも來さないものと思はれる。

例題 (11)　$Q_i=15\ \mathrm{m^3/sec}$, $\alpha_0=0.7$, $\gamma_c=1$, $H_0=200\ \mathrm{m}$, $F_0=20\,000\ \mathrm{m^2}$, $F_{180}=5\,000\ \mathrm{m^2}$ にして任意水位の面積は $F=750\,H-130\,000$ にて表はさるゝ如き調整池を有し第25圖の如き想定負荷曲線が與へられたる場合の諸要項を決定せよ。

今 $\alpha_i=0.406$ と假定すると第 25 圖から

$T_{IV}=4.88$ 時を得る，これは T_i に相當するから

$$V_0=15\times3\,600\times4.88=263\,520\ \mathrm{m^3}=375(200^2-H_d^2)-130\,000(200-H_d)$$

$$\therefore\quad H_d=173.333+\sqrt{173.333^2-30\,036.7}=176.237\ \mathrm{m}$$

$$H_c=\frac{250(\overline{200}^2+200\times176.237+\overline{176.237}^2)-65\,000(200+176.237)}{375(200+176.237)-130\,000}=191.289\ \mathrm{m}$$

$$\gamma_0=\frac{200}{191.289}=1.0455\,4$$

$$\gamma_d=\frac{176.237}{191.289}=0.9213\,128$$

$$y_i'=\frac{3}{2}\times0.406\left(1.0455\,4-\frac{1}{3}\times\overline{0.406}^2\right)=0.6032\,7$$

$$y_i''=\frac{3}{2}\times0.406\left(0.9213\,128-\frac{1}{3}\times\overline{0.406}^2\right)=0.5276\,18$$

依て流係數曲線は $a'\,d'$ を通過し I に於て $aa'e$, IV に於て dfd' の修正面積を與へる。

$$\delta A=\frac{0.03\times0.2}{2}+\frac{0.046\times0.3}{2}=0.0099$$

$$\delta T_l=\frac{0.0099}{0.406}=0.0244 \text{ 時}$$

$$\therefore\quad T_l=4.88-0.0244=4.8556 \text{ 時}\quad \text{と決定す}$$

$$V_0=4.8556\times3\,600\times15=262\,202.4\ \mathrm{m}^3$$

$$\therefore\quad H_a=173.333+\sqrt{173.333^2-30\,032.5}=176.76\ \mathrm{m}$$

$$H_c=\frac{250(\overline{200}^2+200\times176.76+\overline{176.76}^2)-65\,000(200+176.76)}{375(200+176.76)-130000}=191.371\ \mathrm{m}$$

この H_c に依て更に修正を繰返せば漸次眞正の値に近づく可きも玆では 1 回で止める。次に b 及び c 點の水位たる H_1 及び H_2 を求めんに I は γ_I, II は γ_{II} で算定さるべきであるから

$$(I)\gamma_I<(I)\gamma_c,\quad (II)\gamma_{II}>(II)\gamma_c$$

なる事明である。依て圖に算出した時間容量より推定される水位よりも何方も相當高く取る可きであるが今は

$$T_I=\frac{(I)\gamma_c}{\alpha l}=1.497 \text{ 時}\qquad\qquad T_{II}=\frac{(II)\gamma_c}{\alpha l}=3.815 \text{ 時}$$

を取れば

$$V_1=15\times1.497\times3\,600=62\,838\ \mathrm{m}^3$$

$$V_1=375(200^2-H_1^2)-130\,000(200-H_1)$$

$$\therefore\quad H_1=173.333+\sqrt{173.333^2-29\,548.9}=195.58\ \mathrm{m}$$

$$V_2=375(H_2^2-176.76^2)-130\,000(H_2-176.76)$$

$$\therefore\quad H_2=173.333+\sqrt{173.333^2-29\,483.34}=197\ \mathrm{m}$$

$$H_{c1}=\frac{250(\overline{200}^2+200\times195.58+\overline{195.58}^2)-65\,000(200+195.58)}{375(200+195.58)-130\,000}=197.8566$$

$$\gamma_I=\frac{197.8566}{191.371}=1.0338\,9,\qquad\qquad \gamma_1=\frac{195.58}{191.371}=1.0219\,94$$

$$H_{c2}=\frac{250(\overline{197}^2+197\times176.76+\overline{176.76}^2)-65\,000(176.76+197)}{375(197+176.76)-130\,000}=189.4\ \mathrm{m}$$

$$\gamma_{II}=\frac{189.4}{191.371}=0.9897\,01,\qquad\qquad \gamma_2=\frac{197}{191.371}=1.0294\,14$$

$$\gamma_0=\frac{200}{191.371}=1.0450\,9$$

依て $y=\frac{3}{2}\alpha\left(\gamma-\frac{1}{3}\alpha^2\right)$ に γ_I 及び γ_{II} を入れて α を算出する。これは $\alpha=-2\sqrt{\gamma}\cos\left(\frac{1}{3}\cos^{-1}\frac{y}{\gamma\sqrt{\gamma}}\right)$ から正確に求まるが便宜の爲**第 5 表**及び**第 26 圖**の如く豫め y 及び α を算出作圖し置き圖式で摘出する事にする。**第 26 圖**から I 及び II の流係數を求めると**第 6 表**を得る。この結果は

$$\frac{(I)\gamma_c}{\alpha l}>\frac{(I)\gamma_I}{\alpha l},\qquad\qquad \frac{(II)\gamma_c}{\alpha l}<\frac{(II)\gamma_{II}}{\alpha l}$$

となつたから H_1 及び H_2 は幾分上昇を必要とする。依て $H_1=196\ \mathrm{m}$, $H_2=198\ \mathrm{m}$ と取る

$$H'_{c1}=\frac{250(200^2+200\times196+196^2)-65\,000(200+196)}{375(200+196)-130\,000}=198.054\ \mathrm{m}$$

$$\gamma_I' = \frac{198.054}{191.371} = 1.0349\,22$$

$$\gamma_1' = \frac{196}{191.371} = 1.0241\,89$$

$$H'_{c2} = \frac{250(198^2 + 198 \times 176.76 + \overline{176.76}^2)}{375(198 + 176.76)}$$

$$\frac{-65\,000(198 + 176.76)}{-130\,000} = 190.0801\ \mathrm{m}$$

$$\gamma_{II}' = \frac{190.0801}{191.371} = 0.9932\,545$$

$$\gamma_2' = \frac{198}{191.371} = 1.0346\,39$$

今 γ_I' 及び γ_{II}' により流係数を求むるに γ_I 及び γ_{II} に比しその差微小であるから

$$\alpha\left(\gamma_I - \frac{1}{3}\alpha^2\right) = \alpha'\left(\gamma_I' - \frac{1}{3}\alpha'^2\right)$$

$$\alpha\gamma_I - \alpha'\gamma_I' = \frac{1}{3}(\alpha^3 - \alpha'^3) \fallingdotseq 0$$

$$\therefore \quad \frac{\Sigma\alpha dx}{\Sigma\alpha' dx} = \frac{\gamma_I'}{\gamma_I}$$

第 5 表 $y = \frac{3}{2}\alpha\left(\gamma - \frac{1}{3}\alpha^2\right)$

α	$y(\gamma_I = 1.0338\,9)$	$y(\gamma_{II} = 0.9897\,01)$
0.20	0.3061 671	0.2929 103
0.25	0.3798 963	0.3633 254
0.30	0.4517 505	0.4318 655
0.35	0.5213 548	0.4981 555
0.40	0.5883 360	0.5618 206
0.45	0.6523 133	0.6224 857
0.50	0.7129 750	0.6979 758
0.55	0.7697 718	0.7331 583
0.60	0.8225 000	0.7827 309
0.65	0.8707 306	0.8276 460
0.70	0.9140 880	0.8676 861
0.75	0.9521 888	0.9024 761
0.80	0.9846 720	0.9316 412

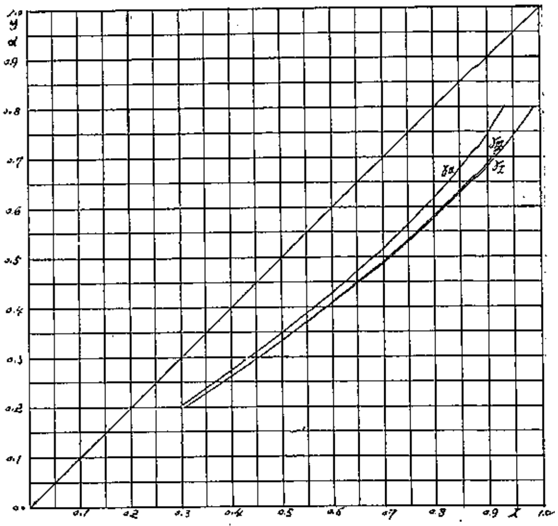
或は今 $y = \frac{3}{2}\alpha\left(\gamma - \frac{1}{3}\alpha^2\right)$ に於て y を常数とすると

$$\frac{3}{2}(\alpha d\gamma + \gamma d\alpha - \alpha^2 d\alpha) = 0$$

$$\therefore \quad d\alpha = -\frac{\alpha d\gamma}{\gamma - \alpha^2}$$

γ が $d\gamma$ 丈増大すると α は $d\alpha$ 丈減少する。從て今の場合 $d\gamma = \gamma_I' - \gamma_I = 0.0010\,32$ となるから 第 6 表から

第 26 圖



第 6 表 I 及び II の流係數

時間		y	α		$\alpha - \alpha_i$
7	I	0.3953	0.261		$\bar{0}.145$
				0.09	0.000
8		0.6150	0.420		0.014
9		0.7907	0.568		0.162
10		0.8346	0.613		0.207
11		0.8258	0.604		0.198
				0.53	0.000
12		0.3514	0.231		$\bar{0}.175$
1		0.4393	0.303		$\bar{0}.103$
				0.52	0.000
2	II	0.7028	0.518		0.112
3		0.7907	0.616		0.210
4		0.8346	0.657		0.251
5		0.8609	0.701		0.295
6		0.8785	0.728		0.322
7		0.8609	0.701		0.295
8		0.7907	0.616		0.210
9		0.6150	0.445		0.039
				0.27	0.000
10		0.4390	0.302		$\bar{0}.104$

(I) $\gamma_I = 0.5281\,3$ $\qquad \frac{(I)\gamma_I}{\alpha_i} \fallingdotseq \frac{0.5281\,3}{0.406} = 1.3$ 時

(II) $\gamma_{II} = 1.6929\,0$ $\qquad \frac{(II)\gamma_{II}}{\alpha_i} = \frac{1.6929}{0.406} = 4.173$ 時

時間	α	$\alpha'=\alpha+d\alpha$		$\alpha'-\alpha_i$
7	0.261	0.2608		-0.1452
				0.00 0
			$\overline{0.085}$	
8	0.420	0.4195		0.0135
9	0.568	0.5670		0.1610
10	0.613	0.6120		0.2060
11	0.604	0.6030		0.1970
			$\overline{0.53}$	
				0.0000
12	0.231	0.2305		-0.1753
		$(I)\gamma_I'$	$=$	0.5250 2

$$\therefore\quad \frac{(I)\gamma_I'}{\alpha_i}=\frac{0.5250\,2}{0.406}=1.293\ \text{時}$$

然るに前掲の略算法では

$$\sum\alpha' dx=\sum\alpha dx\frac{\gamma_I}{\gamma_I'},\qquad \sum\alpha dx=\frac{(I)\gamma_I}{\alpha_i}+3.62$$

上記中 3.62 は α_i 以下の部分の係數積即ち 7.91~11.53 時迄の時間に相當する。

$$\therefore\quad \sum\alpha' dx=\frac{(1.3+3.62)\times1.0338\,9}{1.0349\,22}=4.915\ \text{時}$$

$$\therefore\quad \frac{(I)\gamma_I'}{\alpha_i}=4.915-3.62=1.295\ \text{時}$$

即ち略算を使用するも 0.002 時の誤差に止まる。 同様にして (II) に對しても

$$\sum\alpha' dx=\frac{(4.173+7.79)\times0.9897\,01}{0.9932\,545}=11.9554\,6\ \text{時}$$

$$\therefore\quad \frac{(II)\gamma_{II}'}{\alpha_i}=11.9554\,6-7.79=4.1654\,6\ \text{時}$$

然るに調整池の時間容量を求めると

$$T_I=\frac{\{375(200+196)-130\,000\}(200-196)}{15\times3\,600}=1.3703\,7\ \text{時}$$

$$T_{II}=\frac{\{375(198+176.76)-130\,000\}(198-176.76)}{15\times3\,600}=4.1437\ \text{時}$$

$$\therefore\quad \frac{(I)\gamma_I'}{\alpha_i}<T_I,\qquad \frac{(II)\gamma_{II}'}{\alpha_i}>T_{II}$$

故に　$H_1=196.5\text{m}$,　$H_2=198.5\text{m}$　と取る。

$$H_{c_1}''=\frac{250(\overline{200}^2+200\times196.5+\overline{196.5}^2)-65\,000(200+196.5)}{375(200+196.5)-130\,000}=198.2943\,1\text{m}$$

$$\gamma_I''=\frac{198.29431}{191.371}=1.0361\,774$$

$$H_{c_2}''=\frac{250(\overline{198.5}^2+198.5\times176.76+\overline{176.76}^2)-65\,000(198.5+176.76)}{375(200+176.76)-130\,000}=190.3848\,9\text{m}$$

$$\gamma_{II}'' = \frac{190.38489}{191.371} = 0.9948471$$

$$\sum \alpha'' dx = \frac{(1.3+3.62)\times 1.03389}{1.0361774} = 4.90914 \text{ 時}$$

$$\therefore \quad \frac{(I)\gamma_I''}{\alpha_i} = 4.90914 - 3.62 = 1.28914 \text{ 時}$$

$$\sum \alpha'' dx = \frac{(4.173+7.79)\times 0.989701}{0.9948471} = 11.90112 \text{ 時}$$

$$\therefore \quad \frac{(II)\gamma_{II}''}{\alpha_i} = 11.90112 - 7.79 = 4.11112 \text{ 時}$$

然るに

$$T_I = \frac{\{375(200+196.5)-130000\}(200-196.5)}{15\times 3600} = 1.21123 \text{ 時}$$

$$T_{II} = \frac{\{375(198.5+176.76)-130000\}(198.5-176.76)}{15\times 3600} = 4.3168 \text{ 時}$$

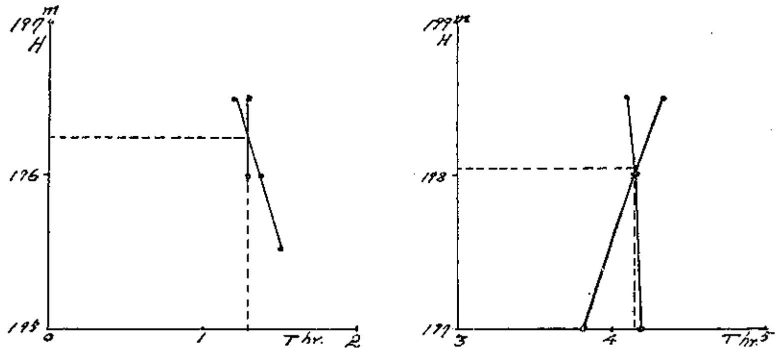
以上の結果を第27圖の如く設置すると

$H_1 = 196.25$ m　　$T_I = 1.29$ 時

$H_2 = 198.05$ m　　$T_{II} = 4.15$ 時

を決定し得る。依て $H_1 \sim H_2$ 間の容量が III と一致するや否やを檢するの要がある。

第　27　圖



$$H_{c_3} = \frac{250(\overline{198.05}^2 + 198.05\times 196.25 + \overline{196.25}^2) - 65000(198.05+196.25)}{375(198.05+196.25)-130000} = 197.16134 \text{m}$$

$$\gamma_{III} = \frac{197.16134}{191.371} = 1.030257$$

γ_{III} の流係數曲線から III を求むるには圖式に依るのが便利である。卽ち第26圖の γ_{III} 線から次表を得る。

時 間	y	α		$\alpha_i - \alpha$
11	0.8258	0.608		−0.202
				0.000
			0.466	
12	0.3514	0.230		0.176

1	0.4393	0.292		0.114
			0.565	
				0.000
2	0.7028	0.494		−0.088
			Σ	0.2182

$$\therefore\quad \frac{(III)\gamma_{III}}{\alpha_i}=\frac{0.2182}{0.406}=0.5383\ 時$$

然るに地形の與ふる時間容量は

$$T_{III}=\frac{\{375(198.05+196.25)-130\,000\}\,(198.05-196.25)}{15\times3\,600}=0.5954\,17\ 時$$

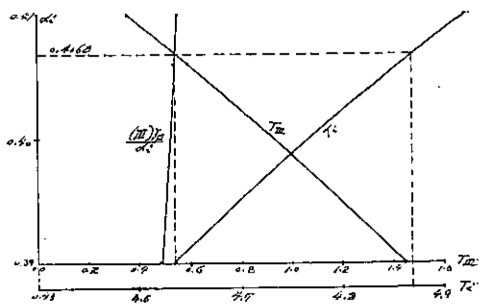
$$\therefore\quad \frac{(III)\gamma_{III}}{\alpha_i}<T_{III}$$

地形の與ふる容量の方が大きく出て來るのは α_i 低きに失するからである。

上述の方法を $\alpha_i=0.39$ 及び $\alpha_i=0.41$ に就て繰返すと次の結果を得る。

α_i	$\frac{(III)\gamma_{III}}{\alpha_i}$	T_{III}	T_i	H_1	H_2
0.410	0.5427 7	0.3440 45	4.9205	196.4	197.45
0.406	0.5383	0.5954 17	4.8556	196.25	198.05
0.390	0.48035 4	1.4447	4.6333	195.375	199.675

第　28　圖



上記の結果を第28圖に設定して $T_{III}=\frac{(III)\gamma_{III}}{\alpha_i}$ に相當する諸結果を求めると次の通りである。

$$T_{III}=\frac{(III)\gamma_{III}}{\alpha_i}=0.539\ 時$$

$$\alpha_i=0.4068\qquad T_i=4.866\ 時$$

$$\therefore\quad V_0=15\times3\,600\times4.866=262\,764\,\mathrm{m}^3$$

$$Q_0=\frac{15}{0.4068}\times0.7=25.8112\,\mathrm{m^3/sec}$$

$$H_a=173.333+\sqrt{\overline{173.333}^2-30\,034.037}=176.56\,\mathrm{m}$$

$$h_a=200-176.56=23.44\,\mathrm{m}$$

尙第29圖から　$H_1=196.28\mathrm{m},\quad H_2=197.93\,\mathrm{m}$　を決定し得るから

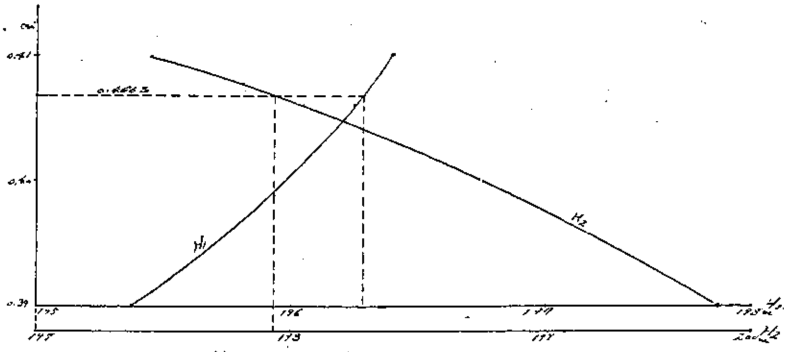
$$H_e=\frac{250(200^2+200\times176.56+\overline{176.56}^2)-65\,000(200+176.56)}{375(200+176.56)-130\,000}=191.3433\,\mathrm{m}$$

$$H_{e3}=\frac{250(\overline{197.93}^2+197.93\times196.28+\overline{196.28}^2)-65\,000(197.93+196.28)}{375(197.93+196.28)-130\,000}=197.1145\,4\,\mathrm{m}$$

$$\gamma_{III}=\frac{197.1145\,4}{191.3433}=1.0301\,617\qquad \gamma_1=\frac{196.28}{191.3433}=1.0258\,002$$

$$\gamma_2=\frac{197.93}{191.3433}=1.0344\,234\qquad y_i\gamma_1=\frac{3}{2}\times0.4068\left(1.0258\,002-\frac{1}{3}\times\overline{0.4068}^2\right)=0.5922\,834$$

第　29　圖



$$y_l\gamma_2=\frac{3}{2}\times 0.4068\left(1.0344\,234-\frac{1}{3}\times\overline{0.4068}^2\right)=0.5975\,453$$

依て第25圖から γ_1 線が α_l を切る時間は 11.53 時 A.M. となり γ_2 の切る時間は 1.575 時 P.M. を得られるから $(III)_{\gamma_{III}}$ は次表の如くにして求まる。

時間	y	α		$0.4068-\alpha$
11	0.8258	0.608		−0.2012
				0.0000
			0.47	
12	0.3514	0.230		0.1768
1	0.4393	0.292		0.1148
			0.575	
				0.0000
2	0.7028	0.494		0.0852
				$\sum=0.2203$

$$\therefore\quad \frac{(III)_{\gamma_{III}}}{\alpha_l}=\frac{0.2203}{0.4068}=0.5415\,44$$

$$\sum\alpha' dx=\frac{(0.5415\,44+2.045)\times 1.0302\,57}{1.0301\,617}=2.5867\,8\ 時$$

$$\therefore\quad \frac{(III)_{\gamma_{III}}'}{\alpha_l}=2.5867\,8-2.045=0.5417\,8\ 時$$

III の貯水が II で使用し盡さるゝ時間を求むるに第 26 圖から α を求め $\sum(\alpha-\alpha_l)=0.2203$ となる時間に相當するから次表の如くにして算定される。

時間	y	α		$\alpha-0.4068$	
1	0.4393	0.292		−0.1148	
				0.000	
			0.432		
2	0.7028	0.494		0.0872	$\sum=0.2203$
3	0.7907	0.573		0.1662	
			0.9		
				0.2067	
4	0.8346	0.618		0.2112	

即ち 3.9 時 P.M. に於て III の貯水は II にて使用し盡され補給開始後 2.325 時に當る。依て γ_m を求むるに

$$\gamma_m=\frac{[24-(2.045+2.325)]\times 1+(2.045+2.325)\times 1.0301\,617}{24}=1.0054\,92$$

$$\varDelta_m=1-\frac{0.6281\,25\times 0.8785}{1.5\times 0.4065\times 1.0301\,617}=0.1221\,704$$

$$\varDelta=1-\frac{0.6281\,25\times 0.8785}{1.5\times 0.4065\times 1}=0.0956\,935$$

17. 結　　論

上述の如く調整池の容量動作等は電力需要の增減に從ひ常に變化極まり無きものであるが一定の需要に對し一定の負荷曲線の想定が許されるならば調整池の容量動作等も從て玆に一定範圍內に限定されて來るものと言はねばならぬ。斯様に負荷曲線の形狀を一定にしても調整池と水車を連結する耐壓水路內の流水の摩擦抵抗の調整池及び水路の設計に及ぼす影響の甚大なる事は既に本論に於て詳述したる如くであつて輕々に看過し得ざるものでありその程度は流係數曲線を使用する事により比較的容易に算定し得るのであるが近き將來に負荷の變動が豫想さるゝ如き狀況にあつては負荷曲線の想定に際し特に直線負荷の採用を推奬したい。これ諸計算をして著しく簡易にして而も合理的ならしむるが爲である。(完)