

## 論 說 報 告

土木學會誌 第十八卷第七號 昭和七年七月

# 發電用水路に於ける水位及び流量の 自動制御方法

會員 工學士 神 原 信 一 郎

The Automatic Control of Water Level and Discharge  
in Power Canals

By Shinichiro Kambara, C. E., Member.

### 内 容 要 概

從來慣行の設計に依る發電水路に於ては調整池と水路とが自由流通の關係にあり、爲に發電所運轉に異狀を生じ其放水が激減又は停止する場合には水路の流水が一時全部調整池に流れ込み本川下流に一時流水の激減又は斷絶の發生するを免れなかつた。著者は減裝置を豫め調整することに依り自動的に之を防止する方法を案出し其一端をば既に實用に供し有效なる成績を収めた。而して本考案中實施未済の分の中新機軸とも稱すべき緩急自動水門に就き今回換型試験を行ひて其性能を確め、是亦實用に好適なるの証明を得た。依つて著者は水路の水位調節及び放水確保に關する所謂自動制御方式なるものゝ要諦を爰に叙述せるものである。

### 目 次

緒 言 .....	頁 2
1. 總 說 .....	3
2. 河水引用及び使用方法に對する要求並に自動制御の效果 .....	5
3. 水位及び流量の自動制御に必要な装置 .....	6
4. 補助調整原付溢流場の構造 .....	6
5. 溢流阻止水門の構造 .....	7
6. 緩急自動水門の構造 .....	7
7. 水路標式及び自動制御装置の配置 .....	10
8. 溢流場の機能 .....	11
9. 連絡水路及び溢流阻止水門の機能 .....	14
10. 水位及び流量自動制御装置の合成的機能 .....	20
11. 緩急自動水門の應用 .....	24

I.	水路式發電所の水路に應用する場合.....	84
II.	緩急自働水門を堰堤式發電所の堰堤に應用する場合.....	49
12.	緩急自働水門模型試験成績.....	50
I.	模型の構造.....	50
II.	模型試験要項及び成績.....	51
13.	結 論.....	50

## 緒 言

本文は大正十一年予が東京電燈株式會社上久屋發電所水路の設計を擔當せる頃より昭和六年に至るまでの間に標記の問題に就き研究し又は經驗したることを取纏めたるものなり。上久屋水路の場合には地形其他の事情が最も本問題に係る水位及び流量の自働制御方法に適し尠なからざる經驗と利益とを得たり。此處にては調整池と水槽とが共に水路の末端に位し相隣接したる爲、水位及び流量の自働制御設備としては最も簡單なるものを得たり。然れども若し調整池が水槽と離れ其上流相當距離にあるときは、調整池水槽間の水面勾配が作用してとかく簡單なる設備を許さぬことあり。依つて爾來其考案を心懸け居りしも機熟せずして空しく數年を費したり。偶々昭和五年の首に至り夫が工夫發明の端緒を得、六年春漸く完成して本文を成したり。文中説明稍々複雑せるは構想の拙劣なるにも依るべけれど實用上必要なる數多の場合を列舉したるが爲にもよれり。

本自働制御裝置の一半は斯くの如くして予が最近の考案に係り未だ實用の經驗を有せざるものなり。されば緩急自働水門の如きは其實施に先だちて之が機能を實驗するの必要を感じたり。然るに昨秋特に逓信省電氣局水力課の配慮に預り内務省土木試験所に於ける水利試験設備の一部を使用して同水門の模型試験を行ひ其性質機能等を闡明し得たるは何よりの幸福なり。夫に依つて予は全篇の所論に對する實用可能の充分なる信念を得たり。

本論 1. 節に於て述ぶるが如く、從來慣行の設計に依る發電水路に在つては水槽水位が調整池水位に支配せられて一日の中或時間中利用落差の損失を招くのみならず、發電所の使用水量急減又は停電等の場合には水槽水門に人為的操作を加へざる限り放水量の急減又は停止を免れざりき。本自働制御方法は實に其缺點を補正するものにして本裝置を豫め調整し置く事に依り、水路の水位及び流量を制御して利用水頭の損失を防ぐのみならず、發電事故不時發生の場合にも下流への或放流量を保證する事を得るなり。

要するに水路本體並に附屬設備の改良は多々益々歡迎すべきものなれば、本自働制御方法の理論及び應用とも將來一層の進歩發達を遂げ此方法が多少なりとも水力發電事業に貢獻する所あらん事を予は切に希望する者なり。

## 1. 總 説

水力發電事業に於ては一日の中時間的に變化し一年の中季節的に變化する電力需要量に應ずる爲、水路に附帶して調整池貯水池等を設置す。貯水池は暫く措き調整池は其使用中水位が常に變動し或は高く或は低し。従來調整池以下水槽に至るまでの水路の水位は普通調整池の水位に制せられ調整池の水位低き間は水槽の水位も亦低く、随つて夫だけ發電所の利用水頭を損失せざるを得ざりき。同時に又發電所の使用水量急減或は停電等に際し人爲的操作を加へざる限り引用水は自然調整池に流れ入り爲に放水量が急減又は或時間停止するを免れざりき。今或装置の自動的操作によりて其水頭損失の幾分を防ぎ、兼ねて水路の水位及び放流量を制御し或程度の放水を確實ならしむることを得ば斯業の發達に多少なりとも貢獻する所あるべし。

名付けて水位及び流量の自動制御方法といふ。其機能を略記すれば左の如し。

本装置を豫め調整し置けば何時にても自動的に水路の水位並に流量を任意に制御し得。換言すれば水路使用者の欲する通り水位の最高最低又は流量の最大最小を制限し得。水力發電所の設計様式に二様の別あり。一は水路式發電所にして、他は堰堤式發電所なり。何れにしても標記の問題は發電所の水路中に調整池又は貯水池を有する場合に適用せらるゝものにして、先づ水路式のものより之が説明を試みん。而して本問題の装置は貯水池のある水路よりも調整池のある水路に多く活用せらるゝものなれば以下主に調整池關係の水路に就て論述し、貯水池所有の水路に就ては特に必要ある時のみ論及することにせん。

水位及び流量の自動制御方法を應用すべき場合下の如し。

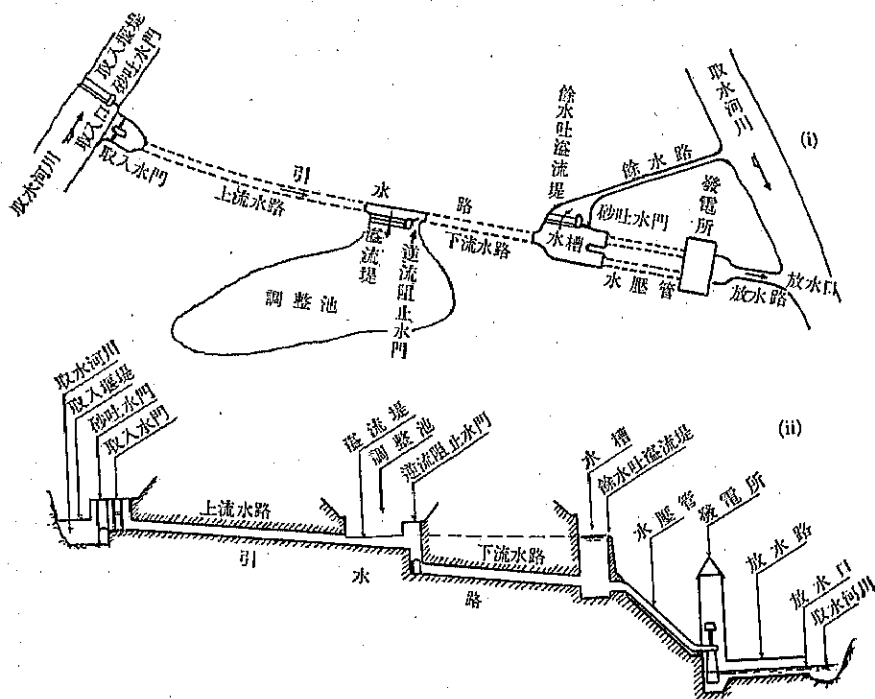
調整池上下の水路が直接に連絡する場合又は殊更に連絡せしむるもさして不經濟に非ざる場合。此装置の一部は予が考案に係る逆流阻止水門として既に東京電燈株式会社上久屋發電所にて之を實施し、他の或部分は液面急變應動装置として昭和五年特許第 87716 號を以て特許せられ、又他の或部分は補助調整扉付角落制水扉として登録第 153888 號を以て實用新案に登録せられたり。

之等數個及び或他の装置を併用して一の機能を成立せしめ、凡そ次の如き效用を發揮せしむ。

- 1) 調整池に引用水を貯溜する時間中大部分其水位に拘らず水槽の水位を満水面まで高め利用落差の損失を防ぐこと。
- 2) 平常は勿論停電又は負荷激減の際にも水路の責任放流量或は最小放水量を従來の水路よりも迅速且つ確實に取水本川に放流せしむること。
- 3) 之等の作用が凡て自動的に行はるゝこと。

本装置の一應用例を第一圖に圖解せん。

第一圖



水位及び流量の自動制御装置は次の諸部分より成る。調整池側には連絡水路、水路調整池間溢流堤、逆流阻止水門等水槽側には餘水吐溢流堤又は夫に代る緩急自動水門を包含したるものなり。

次に堰堤式發電所に本装置を應用する場合を述べん。堰堤式發電所に至つては本間に係る自動制御方式の全装置を具備するに適する場合少し。夫は此種發電所は調整池又は貯水池水面を原水位として夫より直接引水する場合多きが故なり。然れども該池の上流端に一つの取入口を設け池に沿うて側設水路 by path を設置し發電所特設水槽と連絡せしめ得るが如き稀有の場合には本装置を全部適用し得ること水路式の場合と同一なり。然るに堰堤式發電所に於ては前記水路式の水位流量制御とは自ら主たる目的を異にする自動制御法が適用せらる。即ち水路式に於ける本装置は重に平常發電所運轉に裨益するものなるに堰堤式に應用せらるゝ本装置は専ら洪水又は發電所の異常運轉に役立つなり。堰堤式發電所に於ける貯水池調整池設置地點は多くの場合に廣き流域面積を有す。されば其洪水量多大なるが故に該堰堤には有力なる洪水吐水門を設置せざる可らず。其水門を隨時自動的に開閉せしむる装置は又一つの水位流量自動制御装置たるを失はず。是が説明の一部は相關的に水路式の説明中に加へ注

たる解説は最後に載することゝせん。

## 2. 河水引用及び使用方法に對する要求並に自動制御の效果

河水を水路に引用し發電に使用するに就ては種々なる註文あり。發電の目的には河川の流水引用量を負荷の増減に應じて變動せしむるが理想的なれども河水全般の利用の上より見るときは寧ろ其流量の平均したるを希望するものなり。單に發電の目的よりしても同一河川の上下流に幾つかの發電所が連続設置せらるゝ場合には上流發電所の流水調節の影響が成るべく下流發電所に悪結果を齎さざるやう施設すべきものとす。例へば或上流發電所の調整池使用が下流發電所尖頭負荷時の使用水量を減小せざるやう即ち出來得べくんば下流水路にも調整池を設けて上流の調節水未到着時間中の補給を爲すが如き共通の利益を増進する計畫を爲し、時には上下流事業者互に工事費の分擔をするなど其他協調的施設を考慮に入るべきものとす。

さもあらばあれ水力發電所の使用水量は一日の中時間により種々に變化す。其變化の原因は言ふ迄もなく負荷の變動なり。其外不時又は定時に起る非常變化あり。即ち停電其他の事故によつて不時に使用水が停止し又は使用量が減少することあり。又は此反對に急速に使用を開始し又は使用量を増加することあり。或は定時に斷水を行ふことあり。時には又調整池水槽等に満水せしめたる儘發電を行はざることあり。

調整池の效用は一日の中時間による使用水量の常時變化に對して剩餘水又は不用水となるべきものを貯へて有用化する外使用水の非常變化に際しても必要の水を貯へ又は補ひて發電所の運轉を圓滑ならしむるにあり。されば調整池と關聯して作用すべき本間の自動制御方式は先づ第一に其常時變化に對して有效ならざるべからず。然るに發電所使用水量には前述の如く非常變化あるが故に自動制御方式は夫に對しても亦有用なるか又は除害に有效ならざるべからず。本方式考案上の苦心は寧ろ此の如き非常變化に際しても各装置をして機能を失はず却つて有效ならしむるに在り。即ち本方式の第二の效用は發電所使用水量の異常變化に際して自家發電所工作物の安全を保持すると共に上下流主に下流水路に損害を波及せざらしむるに在り。水路によりては洪水の際調整池、貯水池等の占據する流域より大量の流水注入することあり。夫に對しても被害を免れしむるが本方式の第三の效用なり。

一般に上流發電所殊に調整池を有する發電所の水路送斷水發停電は下流々水の均等を破るものにして、更に其不時發生は下流發電所の最も迷惑とする所なれば其害を豫防すべき特別の施設及び運用方法を必要とす。斯かる要求の一端を満足せしむる效用を有するものが即ち本間の水位及び流量の自動制御方法なりとす。

### 3. 水位及び流量の自働制御に必要な装置

水路は地形其他に依つて型式を異にすることは第二圖乃至第五圖に略圖解するが如し。水路のいろいろの型式狀況に依つて自働制御用各装置の應用範圍は異なり或は左の各装置を完備する必要ある場合もあり、又は其一二を缺如するも所要を辯じ得る場合もあり。水路の一般設備は勿論必要なるものとして茲には其記述を省き特に自働制御に必要な設備及び装置に就て記述せん。

- 1) 調整池上下流の水路を直接連絡する爲の連絡水路。
- 2) 水路の餘水が調整池に溢流する爲の溢流堤。但し堤頂は其高さを加減する爲、補助調整扉付とし或は時に過當なる方法を以て其幅（或は長さともいふ）をも増減し得る設備となすべし。
- 3) 調整池の貯水が水路に歸還流出する爲の水門。但し該水門には調整池より水路に向ふ順流のみを流過せしめ其逆流を阻止する門扉を附す。之を逆流阻止水門と名付く。
- 4) 水槽又は調整池水槽間水路の側に設くる餘水吐溢流堤。但し之は通例補助調整扉付とせざれども調整可能にする方、水位流量の精密なる制御に便利なることあり。
- 5) 前項餘水吐溢流堤に代ふるに緩急自働水門を以てするが適當なる場合あり。地勢狹隘にして溢流堤頂を充分ならしめ得ざる場合其外 6. 節緩急自働水門の構造末尾に近く掲げたる場合等是なり。

### 4. 補助調整扉付溢流堤の構造

是は附圖第一に示すが如し。其構造及び作用を述べんに從來の角落式堰堤又は制水扉の上縁に於て夫と相合せに捲揚装置支持桿によつて精細なる昇降を爲す補助角落又は扉板を具備して溢流水面高溢流水深隨つて又溢流量等を精細且つ自由に加減するものなり。

發電所負荷の寡少なる平常時或は負荷の著減又は故障停電等の異常時に於て水路の剩餘水を調整池に貯へ或は餘水吐に溢流せしむる割合を限定する必要屢々發生す、其貯ふべき剩餘水と流し捨つべき剩餘水との按配は水路調整池間の溢流堤と餘水吐溢流堤との比較聯繫作用に依つて決定せらる。補助調整扉付溢流堤は實に其作用を精密ならしむる目的に向つて利用せらるるものなり。

次に水路調整池間の溢流堤の水密度は必ずしも大なるを要せざれども餘水吐溢流堤は洪水を忌む。故に若し補助調整扉付角落堰堤が耐水性乏しくば水路調整池間溢流堤のみを補助調整扉付とし餘水吐溢流堤は造り付け即ち固定堰にすべし。

### 5. 逆流阻止水門の構造

此水門は調整池より水路若くは水槽に向ふ順流に對して自由疏通を許せども其逆流に對しては之を自動的に拒否する作用を有するものなり。本水門 $\times$ 扉は 1 門口に對して 1 枚なるが取付上簡便なれども左右 2 枚向合せにし所謂觀音開にするも宜し。蝶番による門扉の廻轉軸の方向は扉の閉鎖位置に於ける平面上に於て垂直線より少許り門口の中心に向つて傾かしむべし。其は水流の勢力の作用せざるときは門扉をして自重に依つて自然に閉鎖の位置に就かしむる爲なり(委しくは本誌第十三卷第二號所載上久屋發電水力工事報告參照)。此傾斜を極端に大ならしめたるもの即ち蝶番の廻轉軸を水平になしたるものは水門口の上端より懸垂したる場合の門扉なり。逆流阻止水門の水密度は必ずしも完全なるを要せず。構造上多少の漏水は忍ぶべし。例へば觀音扉の閉鎖の場合に於て其左右 2 枚の扉の間に幾分の隙間を存するが如きは差支なし、斯くせば其構造及び取付が簡單となる。

蝶番は殆んど水に浸りきりにして錆止手當が届かぬ故、砲金又は眞鍮の如き錆を生じ難き金屬を用ふるか或は鋼鐵と鍊鐵との組合せの如き比較的錆を生ぜぬ工法を用ふべし。

### 6. 緩急自動水門の構造

此水門は從來の Stoney 式其他の減摩輾動又は減壓摺動水門扉に 2 個の裝置を付け自動閉式と爲したるものなり(附圖第二、第三及び第五、六參照)。

其裝置の一は流量利用の對重(counter weight)にして有孔底水容器及び其附屬設備より成る。今此裝置の主旨を述べんに水路の水位が豫定の或高さ以上に達するときは其溢流が水容器に入り水容器は對重としての目方充分となりて自ら水門開放の力を生ず。水路の水位が降つて溢流が杜絶すれば水容器は底部よりの漏水の爲、再び空虛となり水門扉は自重によりて閉鎖せんとする力を生ず。昭和五年春予の思付に係るもの上の如くなれども類似の考案は既に西曆 1901 年英國特許第 5794 號にあり。

次に附屬裝置の第二は特許液面急變應動裝置にして水門扉前面に取付けられたる有孔底の浮箱なり。是は水槽に surging が起るとき浮箱底部の通水孔が小にして水の進入少なき爲、浮箱に浮力を生じて水門の急速開放を促し又開放中發電所負荷増加の爲、急激に水路水面の低下するとき水門の急速閉鎖を行はする爲に有效のものなり。此二裝置を更に順次詳説せん。

流量對重及び其附屬設備は次の如し。對重は普通の如き重量物及び水容器より成る。水容器は圓筒形其他の鐵製器にして上部開放し底部に漏水孔を有す。其漏水孔は大きさを加減し得るものとし試験済の上は常時開放の状態に固定す。水容器は上部よりの給水と漏水孔よりの漏水との差によつて満水す。其容器の大きさは容器に満水の時重量物との合計重量が水門の重

さと其水壓摩擦及び其他の摩擦抵抗との合計に等しきか、若しくは夫より重くなり空虛の時夫等の差に等しきか又は夫より軽くなるべく夫には設計上適當なる程度あるべし(11. 節緩急自働水門の計算参照)。

流量對重は鋼索及び滑車によりて水門扉の構枠に連ること普通の對重と同じ。或は對重よりする鋼索と水門扉よりする鋼索とを別個の胴體に巻き付け速度比を用ふことを得。

對重水容器に水路の餘水を注加する方法は附圖第七に示すが如く、本自働水門の水門柱又は憑臺の水槽内側に上下招動可能なる溢流受口を設け其上端を水平にして溢流縁とす。

溢流縁は其長さ(或は幅)の成るべく大なる形を撰ぶ、其溢流水は漏斗形の受口内に流れ込み水門柱又は憑臺内の導水路を傳ふて前記流量對重水容器に注寫す。

流量對重水容器及び溢流縁に對する注意事項あり、下の如し。

- 1) 塵除を附して溢流縁、導水路口、水容器底漏水孔等に塵芥の充塞せざるやうすること。
- 2) 溢流受口、水容器漏水孔等の氷結を防ぐべし。溢流水は凡て流れ放しなるが故に中途に停滯氷結の患は無き筈なれども積雪は溢水の通路を塞ぐのみならず氷結の恐あり。故に降雪地方に於て雪除の必要あるべし。尤も溢流口より熱湯を注げば何時にても之を融解することを得。尙ほ水容器漏水孔の閉塞は緩急自働水門の開放には支障なく唯其の閉鎖に差支るのみ。
- 3) 溢流導水路出口より水容器に逆出する水が暴風に吹飛されぬやう風除を造る必要あるべし。

今餘水放流の水槽水位を豫定し夫より流量對重に充水するに足る溢流水深だけ低めて溢流縁の高さを調整し置きたりとせん。水路水位が昂上して其水位に達するときは溢流水が忽ち對重水容器に満水すべし。夫に依つて緩急自働水門扉の開放運動を始むべし。自動水門開放するも水路水位が尙ほ溢流受口周縁以上でありて水容器への給水充分なる場合には水門扉は始終全開の状態にあり。而して水門構造の如何に依つては溢流水面を離るゝ高さまで門扉を引揚ぐることを得。然れども若し水路の剩餘水が少量にして自働水門の全開を要せざる場合には如何。對重水容器に要する流量は固より小量にして足るものなれば溢流開始に隨つて間もなく満水すべし。斯くして水門が開き始むれば放水を生じ水槽又は水路水面は下降すべし。乃ち溢流縁の流量が減じ漏水孔の漏水により水容器が軽くなり水門は閉鎖運動に變るべし。而して次には又開放運動に移るべし。斯くして上下反復の後水容器は満水するに至りざる程度に於て給水と漏水との均衡を得て一定の水量を保ち水門も一部開放の状態に於て静止するに至るべし。

以上一應の考察に於ては斯くの如くなり。然れども水路内流水の固より有する surging 其他動搖の周期と流量對重水容器の充水及び漏水の時間との調和が悪しきときは此反復運



動 (hunting or oscillation) は何時迄も繼續すべし。流量對重の漏水孔の調整如何によつては或は之を防止し得べけんも、恐らく其は至難なるべし、然るに幸にも後記する液面急變應動装置に依つて之が防止方法の完全なる解決を得たり。

次に水槽水位の降下する時は如何。此時は溢流縁の溢流が絶え對重水容器内の残水は底部の漏水孔より逸出し去るを以て對重の目方減り爰に水門扉は閉塞運動を開始すべし。漏水孔の漏水速度大なる時は門扉は水に附きて降るが故に差支無けれども、若し其孔小にして門扉の降下が水に後るゝときは其閉塞運動の速力大となり水門敷に撃衝する恐あり。故に此點よりして漏水孔の大きさの調整は肝要なり。

液面急變應動装置は下の如し。

前記流量對重のみにては surging の時水門開放運動の加速度充分ならざる憾あり。茲に於て先づ第一に本應動装置が其缺點を補ふこととなる。而して第二には本装置が上記水門扉反復運動抑制の効果を具有することとなる。本装置は上方開放したる箱形或は割船形浮體の底部に制限通水孔を有するものを水門扉の前面上部に固着せしめたるものなり、之を浮箱と稱せん。浮箱は其浮力のみにて水門扉が開放せらるゝ程の大きさあるを可とす、且つ箱の下部は狹窄したるも上部の擴大したるを便なりとす。而して surging に非ざる水位上昇又は高水位に對して浮箱が作動せざるやう底部に通水孔を附す。其通水孔は流量對重の時と同じく調整可能にして試験済の上孔の大きさを一定するものなり。其試験の方法は浮箱のみを取り出し水門側の一方を假に塞ぎ上部は開放のまゝ之を水面上に置いて水面を上昇せしむるか、又は之を水中に没入し其種々なる上昇又は没入速度に對する水の進入速度を測定するなり。浮箱通水孔の氷結と塵芥閉塞との豫防に注意し浮箱の上口には金網又は薄鐵篋を張るべし。

今水路水位が上昇する時其速さが大きくして通水孔より浮箱内に水の進入する暇なき場合には浮箱内水位と浮箱外水位との間に或高低差を生ずべし。即ち其處に浮力を生じ水門扉を押し揚ぐる力を現す。而して是は其効果が直接にして且つ前記流量對重よりも低き水位にて作用し始むるを得點とす。浮箱の浮力のみにて水門の開放を實現するとき流量對重の共に作動することは何等差支なし。

然らば次に水面の上昇速度緩慢なる時は如何。此時は制限通水孔より水槽の水が浮箱内に進入して内外水位の平均を保つに至るを以て浮箱は唯構成材料の比重關係に基く少許の重量を減ずるのみなり、故に浮體としての效力を失ふ。其如何なる水面上昇速度には如何なる浮力を生じ如何なる水門開放速度を發生すべきかは一に制限通水孔の調整如何によるものなれば、夫を調整する事に依つて水門の作動する水面上昇速度を定むることを得べし。

■ [Surging の際本装置の浮力による緩急自働水門の開放速度は相當大なるを以て其動作の最

後に於て水門の上下反復運動を生ずることあるべし。然るに爰に上記浮箱の妙用あり。其包擁する空積と通水孔より流入する水量とが其反復運動に常に反抗し門扉が上昇し過ぐるときは其水が重量物となり、門扉が降り過ぐるときは其空積が浮力を生じ常に門扉をして平準の位置に復せしむる作用を有す。されば此浮箱の容量及び其通水孔の大きさを適當に定むるときは常に *stunging* の際門扉の急速解放に便益を與ふるのみならず其上下反復運動を漸次終熄せしむる作用を有せしむることを得。

門扉運動の極限装置として對重水容器が其極限まで降下するときは其下に水桶ありて其中に水容器が浸るやうにすべし。斯くせば水門構枠の上端が緩衝装置たる撥條に押へらるゝやうにする必要の生ずることは無かるべしと思へども、未だ夫を確言するの域に達せず。

次に自働水門浮箱が満水又は或程度充水せられある場合に水路内水面が急降する時は如何。此時は浮箱内の水の重量が水門降下に助勢することとなり可なり急速度を出すやも知るべからず、然れども此場合に門扉が水に附隨つて下降するならば水門敷へ激しき衝突は起らざるべし。然れども萬一に備ふる爲、水門底にゴム板又はゴム棒を附くるが宜しからん。

以下緩急自働水門に關する雜問を述べんに水門扉の下底部は成るべく水槽の水の上向壓力を受くる面積を多くすべし。此上向壓力は多分水門閉鎖の時のみ作用し開放中は夫が水面下にあるも效力を有せざるべし。浮箱の重力は夫が空中にある時 roller set の下部を押し浮力は反對に其上部を壓す。

本自働水門の運轉は水路の自力に依りてし他力を藉らざるが故に運轉上の故障は割合に少なかるべしと思へども豫備門1個を常備すれば安全なるべし。本水門の背面には流量對重の上下動程以上の餘水面落差を必要とす。湯水期に限り特別に水位を高めて使用する水槽、調整池以下の水路亘長大なる水槽等には角落に依る可動溢流堤よりも本自働水門の方好適なるべし。調整池以下の水路が長ければ或流量、例へば責任放流量に對する調整池、水槽間の水面勾配に關する計算上の數字と實際の數字との間の誤差が擴大せらる。故に其場合水槽に於ける餘水吐は調整可能なる緩急自働水門の如きを優れりとす。

最後に緩急自働水門に電動捲揚機を附することの要否如何を見るに多分其必要は無く本水門の點檢、手入又は修繕の際に使用する簡單なる手動捲揚装置を附屬せしめ、必要の時のみ clutch を入れて聯動せしむることとなるべし。或は又本水門の建込取外等に便する爲 chain block を使用する裝備を爲すも可なるべし。

## 7. 水路様式及び自動制御装置の配置

水路は地形其他の事情により様式を異にす。其様式の異なるに隨つて自動制御装置の應用種別及び其配置が幾分異なり延いては其形態にも多少の變化を生ず。水路様式は第二圖乃至

第五圖の略圖解に示すが如く凡そ4種類に大別し得べし。然る時其各様式に適用せらるゝ自動制御装置の配置を併せて同略圖解中に示さん。

## 8. 溢流堤の機能

従來水路と調整池との間の流水連絡は全く自由開放の状態に於て行はれたり。故に餘分の費用を要せざると共に特異の效能を發揮することも無き原始的状態を脱せざるものなりき。

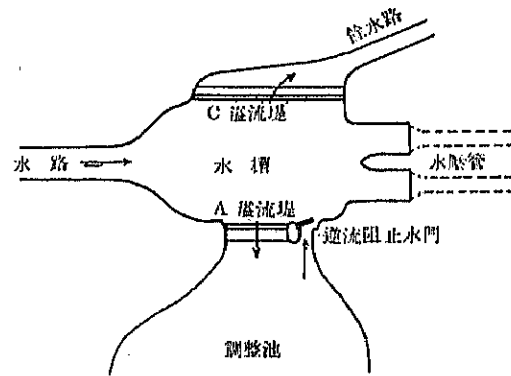
本間に係る自動制御方法に於ては先づ第一に調整池と水路との自由疏通を遮斷し水路より調整池への給水は兩者間に介在する溢流堤上の溢流により而して又調整池内貯水の引出は別記逆流阻止水門に依れり。4. 節に於て調整池に貯へらるゝ剩餘水と本川に流し棄てらるゝ剩餘水と

の按分は水路調整池間の溢流堤と餘水吐溢流堤との比較聯繫作用に依つて決定せらるゝと言へるが如くに按分作用を實現せしむる爲には其一方若くは双方の溢流堤の高さを加減し得る装置とせざるべからず。

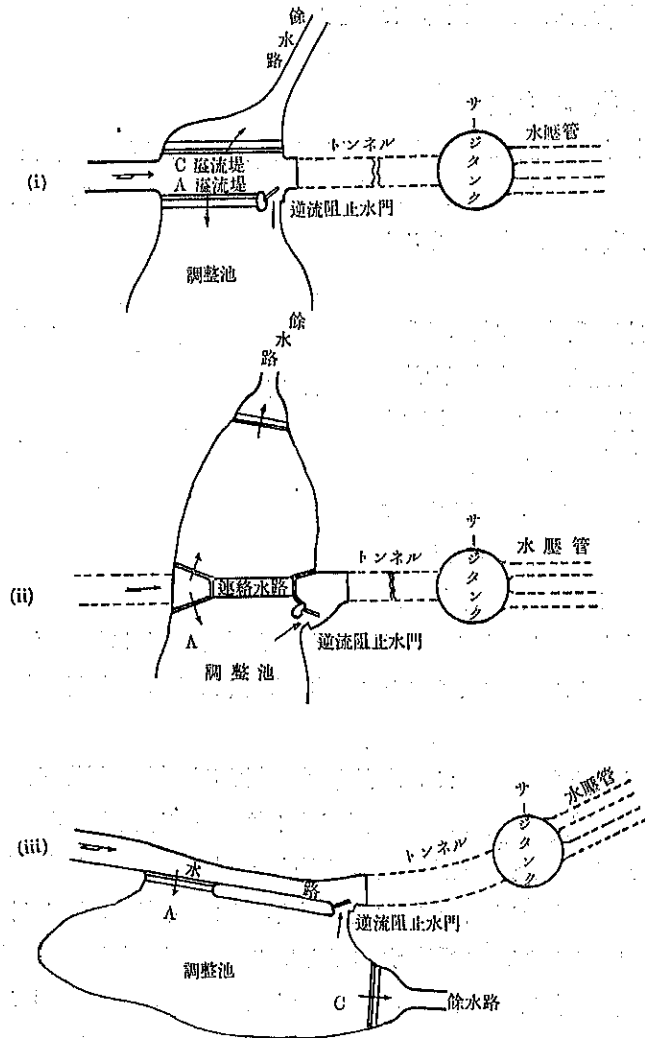
茲に一言すべきことあり。他なし、或剩餘水量に對する溢流堤頂調整の下に於て剩餘水量が變化するに不拘調整池へは常に一定の流量を落し餘水吐へは其増減を受けたる殘餘を流すと言ふが如き、又は餘水吐へは一定量を落し調整池へは増減の響きたる殘餘を流すと言ふが如き一方に偏したる調節は至難なれば、調節の基準としたる剩餘水の増又は減に應じて溢流は兩方とも増又は減あるを免るべからず。唯不同あるが中にも調整池への溢流には成るべく嚴格なる制限を與へ其餘は餘水吐へ溢流せしめよとならば A 堤よりも C 堤の長さを長くし其反對ならば C 堤よりも A 堤を長くすべきなり。何れにしても堤長の異なる方が水位の増減に應じて溢流量の變化激しきなり。尤も規定を嚴守せんとするならば引用水全部剩餘水となるが如き極端なる場合に於て初めて調整池へなり餘水吐へなりの溢流量が制限量に達するやう調整せば差支なからん。溢流堤調整に付き此外尙ほ一つの不便あり。其は 10. 節に譲る。

是より 3. 節 2) 項水路調整池間溢流堤及び 4) 項餘水吐溢流堤間の關係に就て述べん。水路調整池間溢流堤をば以下簡便の爲 A 堤と稱せん。餘水吐溢流堤は水路様式 I, II (第二圖, 第三圖) の場合に於ては C 堤、水路様式 III (第四圖) に於ては D 堤と稱し、水路

第二圖 水路様式 I



第三圖 水路様式 II

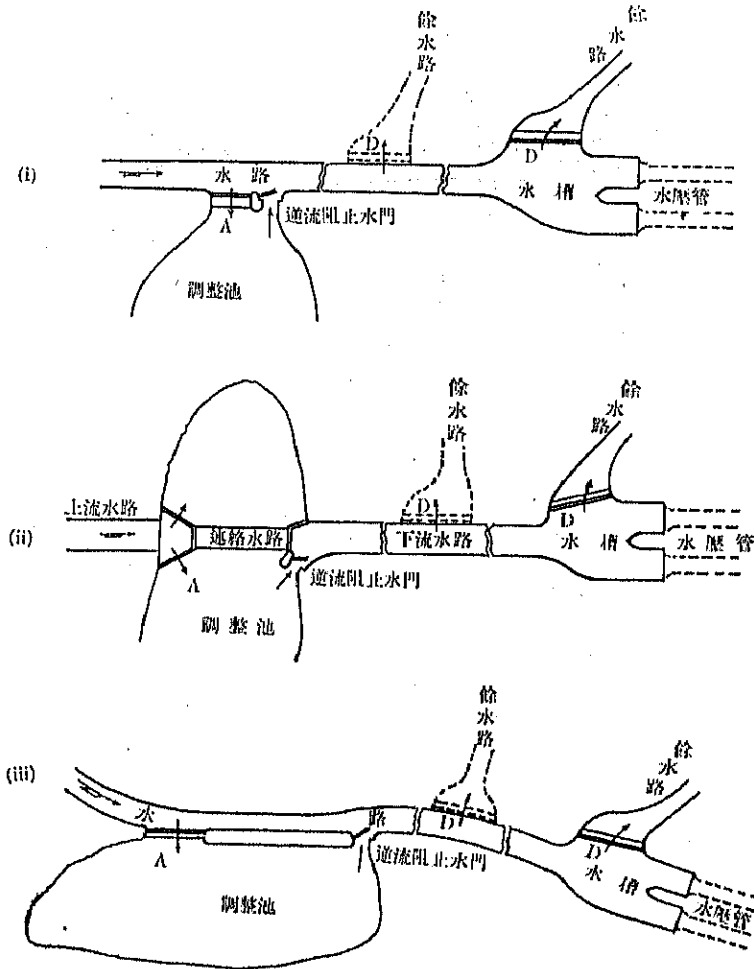


様式 IV (第五圖) に於ては之が2個となり、C 堤及び D 堤と稱することゝせん。

水路様式 I (第二圖) 及び III (第四圖) の場合に於ては、A、C 兩堤とも水路遊加昇離上同一地點に在り。故に兩堤前又は兩堤上水位は常に同一の高さを保持す。依つて兩者の溢流水量は其溢流水深、溢流幅員等に關聯して比較的簡單に決定せらる。上久屋水路は之と同一場合にして既に本誌第十三卷第二號に詳報したれば此場合の記事は省略し、以下更に水路様式 III (第四圖) 及び IV (第五圖) に就て説明せん。

(A) 水路様式 III の場合 (第四圖参照)

第四圖 水路様式 III



此場合には A 堤と餘水吐溢流堤 (D 堤) とは水路廻加距離上若干の隔りあり。故に兩堤間には水路内水面勾配に相當するだけの落差あり。其落差にして一定不變のものならば便利なれども常に流量によつて變化し死水即ち流量零なる時の落差は零となり流量の増加するに従つて増大す。以下種々なる水路流水状況に就て調べん。

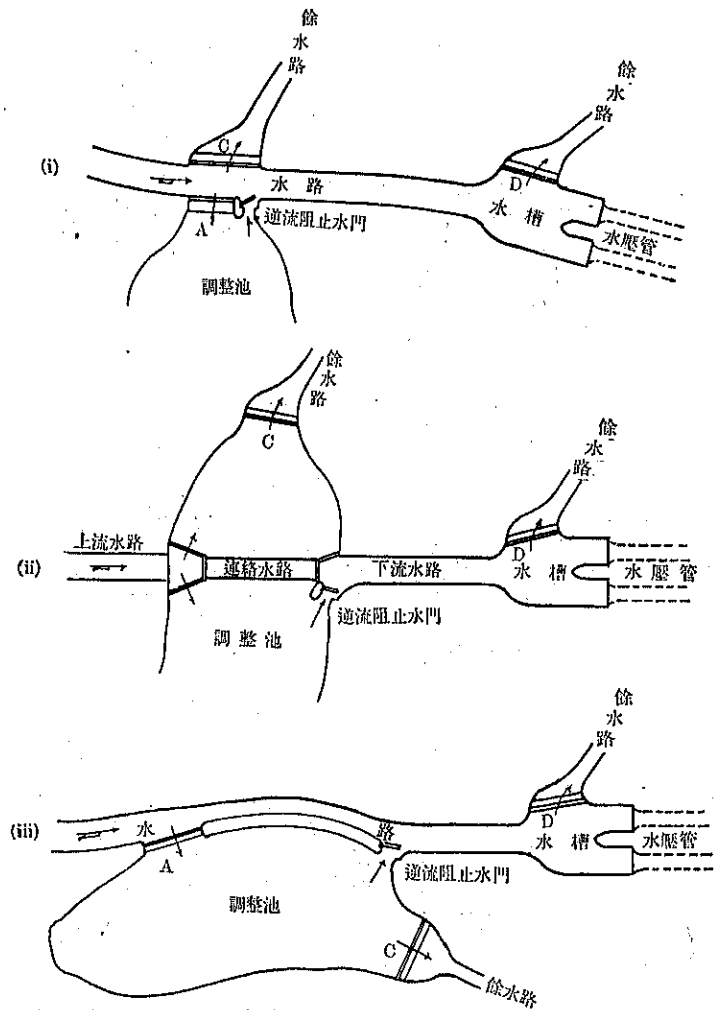
(イ) 發電所負荷の變化一定して豫定以上の剩餘水を生ぜざるとき。

此時は次項 (ロ) の場合に適應したるものにて良し。

(ロ) 發電所負荷異常の減小又は全停電の時。

此場合引用水の一部は調整池に貯溜せられ他の殘部が本川に放流せらる。調整池以下の水路に水面勾配を有するが故に D 堤天端は A 堤上溢流水面より此水面勾配による落差だけ

第五圖 水路様式 IV



低くす（第六圖参照）。

其 A 堤頂天高を定むる方法は左の如し。

第六圖は A 溢流堤及び D 溢流堤を示す。A 堤の天端は其位置に於ける上流水路の標準水面又は最大引用水量水面と凡そ同高の溢流水面を以て調整池への許されたる最大溢流量を溢流する高さとして爲す。此 A 堤頂は調整扉付とすべきものなるが之を過度に高からしむる時は調整池より上流の水路の動水面勾配を水路勾配よりも緩ならしめ引用水の流通を悪くす。さりとて低過ぐるときは後に説明する水位流量自動制御の範囲を縮小する嫌あり。唯高水期に限り本節（へ）にて説明するが如く A 堤頂可動部を増嵩せしむることあり。

此水路様式 III(口)の場合には A 堤を決定して後 D 堤に及ぶ。D 堤固定部の頂天の高さを定むるには次の如くすべし。即ち 10. 節に於て述ぶるが如き方法によつて責任又は最小放水量に對する A 堤以下の動水面勾配を見出し次いで先づ其流量を全部 D 堤上より溢流せしむるものとして D 堤天端を定む。尤も其堤頂の長さは後に述ぶるが如く調整池満水の折引用全水を溢流せしむるに

充分なるものとす。洪水期に於て次項(へ)の如く A 堤頂可動部を増高するときは D 堤も同様にすること第六圖に示すが如し。

責任放水量を一部 D 堤より一部發電所放水路より放流する場合及び責任放水量を全部發電所放水路より放流する場合は 10. 節に於て細論すべし。

#### (ハ) Surging の作用。

調整池下流水路に水壓隧道を有する場合には surging の可能性あれども水路様式 III は其處に餘水吐水溢流堤即ち D 堤ある場合なるを以て surging の爲に水槽水面が D 堤以上に高くなること無し。

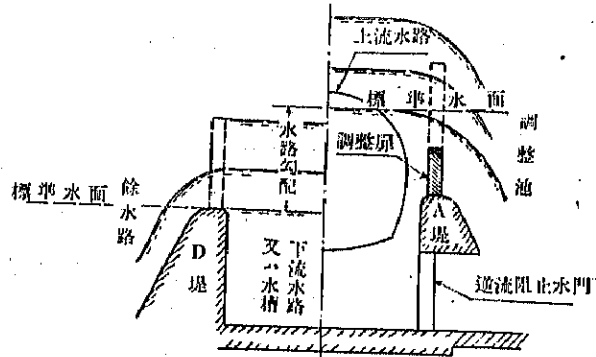
D 堤が調整池下流水路の中間にあり且つ D 堤より水槽に至るまでの間に水壓隧道あるときは水槽に於て夫相當の surging を誘起すべし。

#### (ニ) 發電所使用水量皆無にして唯調整池に満水せしめ置く時。

調整池満水面まで満水するとしても調整池限りにするか水槽まで充水せしむるかに依つて事情が異なる。調整池限のものは逆流阻止水門兼制水門によつて閉鎖すれば問題なし、今は水槽まで充水する場合を論ぜん。此時は調整池水槽間の水面勾配が無くなる故水路勾配だけ前項(口)よりも水槽水面が高くなる。故に前項(口)にて定めたる D 堤固定部頂天以上本項に必要な標高までは之を可動部にて締切を行ふべし。静止状態に於ける満水は其實用機會稀なるのみならず暫時にして前項(イ)、(口)の場合に遷るものなれば此場合 A 堤は(イ)、(口)に應ずるやう準備し置き D 堤のみ一時可動部を締切るものとす。而して煩しけれども發電所廻轉開始と共に又其締切部分を開放し D 堤固有の役目に就かしむるものとす。

#### (ホ) 洪水其他の原因により水路流水増加の時。

第六圖



調整池流域より集り来る洪水が相當に多量なる時は調整池より餘水吐溢流堤 (D 堤) に至るまでの水路が之を疏通する力を缺くことあるが故に、斯かる場合には調整池自體に適當なる溢流堤を付けざるべからず。依つて之は水路様式 IV の場合に譲る。

(へ) 渴水時水槽調整池等の水面を高めて使用する時。

渴水時には普通水路の引用水疏通力に餘裕あり。故に引用水面勾配尙ほ適切に云はゞ動水面勾配を水路勾配よりも緩にし水路末端に於て數尺水位を高めて利用落差を増大するやう工夫することあり。斯かる水路に於ては下流隧道を水壓に堪へしめ開渠水槽調整池等の周壁を高くし D 堤は固定部の上に更に可動部を繼足し A 堤も夫に準じて頂天を高むるものとす。而して前記 (イ), (ロ), (ニ) 各項の要求は此場合にも全部満足せしめざるべからず。

水路様式 III の場合の中調整池前後の水路が連絡水路に依つて連絡する場合に就て一言すべし。此場合に A 堤は連絡水路の上流端にあるが配置上都合よし。其は斯くせば幾分なりとも連絡水路の必要通水量を減小せしめ得るを以てなり。其理由は 10. 節に於て明かなるべし。

(B) 水路様式 IV の場合 (第五圖参照)

是は水槽に溢流堤ある外調整池自身にも溢流堤を有する場合にして最も普通に起り得るものなるべし。調整池が平地掘鑿にて造られ又は側設洪水路を有して雨水の流入なき場合には洪水排除用溢流堤は必要無かるべし。然れども溪谷河川等の締切によつて調整池が造られたる場合の如きは普通之を要すべし。此場合の水利關係は平常使用即ち (イ), (ロ), (ハ), (ニ), (へ) 等の時には水路様式 III と異なる所なし。

(ホ) 洪水により水路流水増加の時。

調整池の流域面積大なる時は多量の雨水之に注流し来る。或は夫が本水路の取水量よりも多量に及ぶものあり。斯くの如き調整池にありては調整池固有の溢流堤を附屬せざる可らず。勿論其溢流堤は調整池洪水の最大量を排泄すべき能力あるものとす。尙ほ爰に一考すべきは其堤頂の高さと最大洪水位となり。水路様式 IV 中 C 堤を洪水無き場合にも用ひ D 堤の能力補充とする時は水路様式 I の場合の C 堤と堤頂同高なるを要すべし。然れども D 堤の能力が平常の使用水量に對して充分ならば C 堤は單に調整池の洪水に備ふれば足れり。故に後の場合に於ける C 堤の溢流面高は専ら調整池の許容せらるべき洪水面高によつて定まり其水位に於て溢流能力の充分なることを要す。場合に依りては C 溢流堤も亦頂部を可動堰にするが宜しとす。渴水期に貯水面を上ぐる場合は特に其必要あり。

## 9. 連絡水路及び逆流阻止水門の機能

備考：側設水路も連絡水路と同一に取扱ふべきものなり。然れども本文に於ては其説明を省略し連絡水路の名を以て二者を代表せしむ。



連絡水路と逆流阻止水門とは水理的機能の上に密接なる關係を有す、依つて以下之を述べん。調整池貯水池を論ぜず其容量を利用せんには貯水面を或時は高うし或時は低うせざる可らず、而して其高低の程度は一様ならず。調整池に於て少きは2~3尺より多きは20~30尺、貯水池に至つては200~300尺に及ぶものあり。

調整池の貯水を引用する際に下流水路の水面は必然的に或下り勾配を以て之に連続す。故に發電所に於ける利用水頭は調整池満水の場合には損失なしとするも低水の場合には其低下水深だけの損失を生ず。之を言ひ換ふれば調整池あるが故に一方に水量調節の利益を得れども他方に其水面の高低差だけ或時間中利用落差を損失するものなり。

今水路と調整池との水容積を比較するに通常調整池は大にして水路は小なり。されば低水位にある調整池に小負荷時の剩餘水を落して其水位を高むるには長時間を要す、之に反して調整池と絶縁したる水路には發電所使用水量に對する引用水量の餘剰を生ずるときは短時間にして満水するに至る。本自動制御方法は此簡單なる理論を應用して聊か水路の機能を向上せしめんとするものなり。即ち前に述べしが如く水路と調整池との自由疏通を遮りて其間に溢流堤と逆流阻止水門とを設け水路自體は首尾一貫して通水可能ならしむる爲、調整池に當る部分に連絡水路を貫通又は側設す。之を喩ふれば從來調整池は水路と直列に繋がれたるものが本装置計畫によつて並列に繋がるものとなる。

以下尙ほ之を詳説せんに調整池の水を水路若くは水槽に引出す爲の水門は常に調整池最低水面の場合にも役立つ様低位置に設備せらるゝを以て此水門をあげ放しに爲し置く時は水路の剩餘水は何時にても其を通過して調整池に流れ入り水路の水面は常に調整池水面に支配せらるゝに至る。依つて今水路のみの水面を急速に上昇せしめんとならば先づ此引出水門を通過する逆流を阻止せざる可らず、此必要に迫られて前記逆流阻止水門を案出せり。

今調整池内貯水使用後發電使用水量が減少し引用水量に餘裕を生ずるときは水路の水位は多少に拘らず上昇すべし。さなくとも調整池の水位は引出口水門（逆流阻止水門なり）の順流に依つて常に水路の水位と平均せんとする傾向にあるを以て其順流と引用水の餘剰と合同して忽ち兩水位が高低の地位を轉換し引出口水門には逆流を發生するの傾向を生ずべし。逆流阻止水門の具合悪しからざる限り其逆流開始の刹那に於て此水門は自動的に閉塞するに至る。斯くして調整池と遮斷せられたる水路は剩餘水に依つて其水位を高められ遂に再び水路調整池間溢流堤（A 堤）上の溢流を開始するに至る。

之を實例に徴せんに先づ上久屋發電所使用水量に關する群馬縣命令書の内容を一覽表に纏むれば次の如し。

使用水量  
平時平均 525 個

平時最大	645 個	{ 525 個——本川引用 120 個——上久屋調整池利用 5 時間繼續
最洪水時平均	350 個	
同上最大	645 個	{ 350 個——本川引用にして常時供給用 240 個——上久屋調整池利用 2.5 時間繼續 55 個——浮川調整池利用 5 時間繼續

上の如き条件を有する上久屋發電所水路に於ては其調整池の貯水を使ひ盡したる最低水位より最水期標準水面を 4 尺高めたる満水位にまで水位を回復するに下の如き時間を要す。

i	全停電にして逆流阻止水門ある場合	22 分 53 秒
ii	全停電にして逆流阻止水門無き場合	2 時 2 分 35 秒
iii	逆流阻止水門を有し規定貯水量 (42 個) を以て貯水する場合	4 時 28 分 17 秒
iv	逆流阻止水門を有せず規定貯水量を以て貯水する場合	19 時 56 分 46 秒

次に他の一實例に於ける満水所要時間を下に示さん

I. 水路及び調整池水位を 5 尺高め發電所放流量を 6500 個より 3315 個に減じたる場合。

i	逆流阻止水門を有する場合	35 分 38 秒
ii	同上を有せざる場合	8 時 27 分 59 秒

II. 水路及び調整池水位を 5 尺高め發電所放流量 6500 個を全部停止したる場合。

i	逆流阻止水門を有する場合	9 分 42 秒
ii	同上を有せざる場合	2 時 31 分 50 秒

III. 水路及び調整池水位を標準に復し發電所放流量を 6500 個より 3315 個に減じたる場合。

i	逆流阻止水門を有する場合	5 分 23 秒
ii	同上を有せざる場合	6 時 50 分 14 秒

IV. 水路及び調整池水位を標準に復し發電所放流量 6500 個を全部停止したる場合。

i	逆流阻止水門を有する場合	1 分 29 秒
ii	同上を有せざる場合	1 時 57 分 58 秒

規定又は許可貯水量に依つて水路の水位が回復するに要する時間は發電所が有效落差を利得することに關係し全部停電の場合の水位回復時間は下流への放流開始時間に關係す。上久屋の場合には水槽開渠より上流の隧道が有する水位低下の場合の空積比較的大にして他の一實例に於ては調整池より上の無壓隧道の空積が相當の大きさあり。何れも夫を充水するに稍々時間を要す、然れども最低水位の停電は尖頭負荷時經過後にして隣接下流發電所に其結果が響くは水路の短かきと長きとにより概ね 30 分乃至 2 時間後なれば同發電所も頂負荷時を經過し減水の脅威が軽減せらるゝ頃なり。

上記は最低水位より満水位に昇るに要する時間なれども、停電が中間の水位にて起るときは満水位に到達する時間即ち下流への溢流を開始する時間は従つて短し (是は自動制御装置なき水路相互の比較に於ても同様なれど)。尙ほ水路の水位回復して常態にある際停電の起るときは即座に餘水の溢流を開始すべく本自動制御装置應用の水路に於ては水位常態の場合

比較的長時間に亘るを以て夫だけ即時餘水溢流の場合多し。従來の水路に於ては平常調整池の水を取出して使用し始むるときが、即ち調整池の満水位に達する時にして池内の水位常に變動するが故に其影響を受くる調整池隣接部以下水槽に至る間の水位には殆んど常水位なるものなし、是従來の水路に自動制御の行はれざる所以なり。

右調整池以外の水路内貯水は自動制御には不便なれども一面には調整池の容量を補足する効果あり、調整池低水位の際に於ける空積の發生することを避けんとならば其方法無きにしても非ざれども、斯くては其調整能力を減殺するを以て強いて左様せざる方水路活用上得策ならん。場合に依りては其利用空積を必要調整容量より控除し調整池の規模を夫だけ小さくすることを得べし。

水路調整池間溢流堤 (A 堤) 上の溢流に依り調整池水位上昇して逆流阻止水門前水路水位と同高になれば同水門扉裏の水壓は均衡して門扉は開否何れにも應じ得る状態となる。此水位を以て調整池の満水面とすること自動制御装置の機能上最も好都合なり。其は次節 10. (F)(a) に於て述ぶるところの水路流況變調の場合少なきを以てなり。然れども之以上調整池水位を高め得ざるに非ず、之を高めるときは次の如き流水状態の變調を生ず。

A 堤が逆流阻止水門と同位置にある時は水路より調整池への溢流がある限り逆流阻止水門は開き得ず。されども A 堤が逆流阻止水門より上流相當の距離にあるときは必ずしも然らず。即ち A 堤にて溢流し乍ら逆流阻止水門が開くことあり。其は A 堤上の溢流にて高まりたる調整池水位が逆流阻止水門前水位より高くなり得るを以てなり。尙ほ一方に於て調整池水位が A 堤頂を越ゆれば A 堤は潮堤となるが故に其溢流量に影響を及ぼすに至る。従つて連絡水路の流量にも變化を生じ A 堤上溢流水面は多少に不拘上昇す。A 堤上溢流水面の上昇は上流水路の水面勾配に影響を與へ其流量を減じしめんとする傾向を生ず、是流水の變調たる所以なり。調整池水面は此邊を以て常時最高水面とするが適當なり、而して前節水路様式 III の (へ) にて述べたる満水期の増貯は特別な場合とす。

調整池上流水路水面は設計上調整池高水面に取付けられ下流水路水面は其低水面に取付けらるゝが故に上流水路の調整池への吐口と下流水路の調整池よりの引出口とを連絡したる連絡水路の構造上の勾配は常に急峻なり。依つて此勾配を利用して連絡水路の種々なる運用を圖る。即ち或場合には同水路内動水面勾配を急峻にして流量の増大を圖り或場合には之を緩徐にして水面落差の損失を防ぐなど變通性を多からしむ。

豐水期等に調整池を空虛にし連絡水路を通じて送水し發電を行ふことあるべし。斯かる場合には満水量標準の連絡水路にても其動水面勾配が急になるやう運用すれば満水期引用水量以上多量の引用水を疏通し得べし。斯くして連絡水路は又工事中にも便宜を提供することあり。其は調整池堰堤の竣功を後廻しし連絡水路の竣功を先にすることに依つて水路使用を開

始し得るが故なり。

連絡水路には長きあり短きあり。短き場合には其水路區間の水面落差が小さくなり其極端即ち水路様式 I に於けるが如く連絡水路を要せざる場合には之が零となる。

A 溢流堤は上流水路出口前隔壁に位置するも下流水路入口前隔壁に位するも連絡水路内の損失水頭の全水頭に及ぼす影響は同一なり (是は 10. 節にて説明す)。されば調整池の標準的満水面は何れにても同一の高さに定むべし。唯前の場合には調整池標準満水面以上に於ては調整池貯水時間中と雖も逆流阻止水門の開くことあるに反し後の場合には貯水時間中常に閉塞するの差あるのみ。此後の場合連絡水路は寧ろ上流水路の一部分たるものにして常に引用水量全部を疏通す、之を自働制御装置の上より見るときは水路様式 I 又は III に屬するものなり。此場合と反對に逆流阻止水門が上流水路出口に移り A 溢流堤と並置せらるゝものも水路様式 I 又は III に屬す。

連絡水路及び逆流阻止水門は共に當初の設計に従つて構造したるまゝ使用中は加減調整等を必要とせず、且つ水路水面下に深く没入するが故に溢流堤の如く引用及び使用水の種々なる狀況 (前掲 (イ) より (へ) に至る各場合) に應じて考査する必要なきなり。然れども唯一つ考ふべきことは調整池流域に於ける洪水により水路流水の増加する場合なり。調整池の洪水位が調整池下流水路の水面よりも高くなるときは逆流阻止水門が開き池水が水路を傳うて流れ出づべし。洪水を受くる調整池には洪水吐溢流堤がある故逆流阻止水門より流れ出づる洪水が水路を危うするが如きことは萬無かるべきも夫等の危害にも備へ兼ねて水路と調整池とを遮斷するときの用に供する爲逆流阻止水門は制水門兼帶の構造とす。即ち水門の各門口に必ず逆流阻止水門扉と制水門扉とを備へ機に臨みて制水門扉を閉鎖し又は其開放度を加減し得る構造とす。其外かゝる洪水の際には取入水門を鎖して取入水量を減少し又は全然取水を停止して調整池内洪水を以て發電を行ふことあり。

連絡水路逆流阻止水門等の作用通水能力及び調整法に就ては次節に詳論せん。

## 10. 水位及び流量自動制御装置の合成的機能

水位及び流量を自動的に制御する各装置は一つ水路の中に於て相離れたる位置にあれども聯繫的調整に依り合一せられたる機能を有す。本論に入るに先立ち左に符號定めを爲さん。

$q$  : 取入水量又調整池上流水路流量ともいふ。問題の時期に於ける取水量にして自動制御装置動作中常に一定量と考ふ。

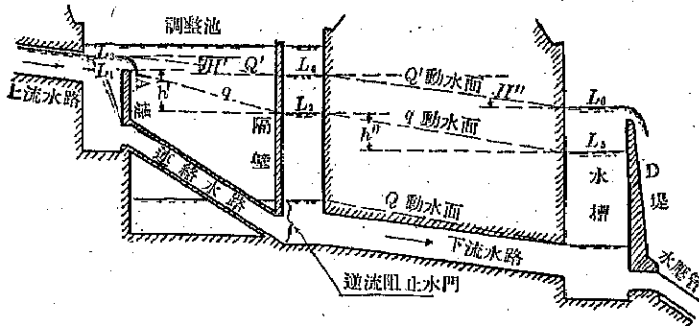
$q'$  : 連絡水路流量。之は流狀順調なる場合に於て  $q$  乃至  $Q'$  の間に變化すること後記 (F) 項に述ぶるが如し。

$q''$  : 調整池に貯水すべき流量、又流狀順調なる場合に於ける A 塊溢流量  $q'' = q - q'$ 。

$Q'$  : 調整池より引出す流量又逆流阻止水門流量。

- $Q'$ : 責任放流量又最小放水量、之は流狀順調なる時連絡水路及び下流水路流量の特別なるもの。  
 $Q$ : 尖頭負荷時使用水量  $Q=q+Q'$ 、之は下流水路流量の中にして取入水量と最大使用水量との間の任意流量。但し最大使用水量を含む。

第七圖



- $H'$ : 連絡水路に  $q$  を通したる時、同水路内の損失水頭。但し出入口の損失水頭を含む。  
 $H''$ : 下流水路同上。  
 $H'$ : 連絡水路に  $Q'$  を通したる時、同水路内の損失水頭。但し出入口の損失水頭を含む。  
 $H'''$ : 下流水路同上。  
 $L_1$ : A 溢流堤頂高。但し之を決定する方法は溢流堤の機能の説明中に述べ尚ほ本節に於ても後記す。  
 $L_0$ : A 堤上標準溢流水面高。之は普通上流水路出口の標準水面と一致せしむ。  
備考、 $L_1$ ,  $L_0$  とも洪水期には特に之を上位に移すことあり。

本自動制御の方式に従ふ水路の設計順序を左に記さん。

水路各部の中、上流水路、下流水路、調整池、水槽等の通水能力、容量等の設計は通常と變りなし。故に其記事を省き本自動制御特有の部分に就て述ぶる所あらんとす。

詳細は順次説明するとして先づ其要領を約言すれば

**第一に** A 溢流堤、上溢流水面及び同堤頂高を決定す。是は 8. 節溢流堤の機能に於て述べたる所と同じ。

**第二に** 連絡水路の通すべき最大流量を調整池使用期間中の最大引入水量  $q$  と定め其斷面積は適度な流速を生ずるものたらしむ。

**第三に** 右の寸法に依る連絡水路及び下流水路内に責任放流量  $Q'$  を通したる時の動水面勾配を見出す。

**第四に** 水槽溢流堤 (D 堤) 頂高を定む。夫には前項  $Q'$  流量の動水面勾配を基準とし A 堤頂と D 堤頂との間に夫に適當せる高低差を設定す。

**第五に** 逆流阻止水門の通水能力を決定す。

**第六には** 以上の如くして決定したる設計を發電所の種々なる使用水量に照して其適否を調ぶ。

## (A) 溢流堤

A 溢流堤頂を  $L_1$  同堤上溢流水面を  $L_3$  にて示すこと頭書符號定め通りなり。其高さの決定は 8. 節溢流堤の機能に於て述べたるが如くす。即ち爰に再言すれば A 堤の天端  $L_1$  は其位置に於ける上流水路の標準水面又は最大引用水量水面と凡そ同高の溢流水面  $L_3$  を以て調整池への許されたる最大溢流量を溢流する高さとなす。但し渇水期には  $L_1, L_3$  を共に高むることあり。尙ほ他の事項も次項以下に切れ切れに記したる所に従ふ。

## (B) 連絡水路

連絡水路内通過流量は  $q$  を標準とするが最も適當なることは (F) 項の後記詳説に於て明かなり。  $q$  には豊水期渇水期の區別を用ゐざれども調整池を豊水期にも使用し又は豊水期に調整池を使用せず引用水量全部を使用するものとせば  $q$  は豊水期の引用水量に當り連絡水路の所要斷面積は正に調整池上流水路と同一なるべし。然れども實際に於て調整池は渇水期のみを使用するもの多く且又豊水期には取水河川の流水多量なるを以て調整池の流量調節に嚴格なる制限を附するを要せざる事情もあり、夫等種々なる事情を參酌する時は連絡水路の通水量は渇水期の最大引入水量を標準とする場合多かるべし。即ち其流水斷面積は渇水期の最大取入流量を制限以内の流速を以て流し得る程度のもとなすべし。勿論其は連絡水路を水壓隧道若くは水壓暗渠としての考なり。

次には右流速及び斷面に適應する連絡水路の動水面勾配を算當す(取入水量  $q$ , 責任放水量  $Q'$ , A 堤上溢流水面高  $L_3$  等は既知數として取扱ふ)。即ち  $q$  に對する連絡水路及び其出入口の損失水頭は前記符號定め如く  $h'$  なり。

下流水路は發電所の最大使用水量を標準として設計せらるゝものなるが夫に  $q$  を通したる時の動水面勾配は出入口損失水頭を含み  $h''$  なり。然らば  $h'$  と  $h''$  との和が A 堤より D 堤に至るまでの  $q$  に對する動水面勾配なり。

右  $q$  に對する動水面勾配を見出したる後夫に平行して A 堤頂を通過する動水面勾配を求む。A 堤頂の高さ  $L_1$  の決定は 8. 節の説明を補足して次項責任放水量に於て述ぶべし。連絡水路末端逆流阻止水門前に當る同上所求の勾配線の高さを  $L_2$  とす。夫より下りて水槽溢流堤に當る同上所求の勾配線の高さを  $L_3$  とす。斯くして  $q$  に對する動水面勾配の一として  $L_1, L_2, L_3$  なる折線を得(第七圖參照)。

## (C) 責任放水量

斯くして連絡水路の大小及び其  $q$  に對する動水面勾配が決定すれば、次には其連絡水路に責任放水量  $Q'$  を疏通するに要する動水面勾配を見出す。此時の A 堤溢流量  $q'$  及び溢流堤長より其溢流水深を見出す。之を  $d_1$  とす。例へば  $b$  を以て A 堤長とし  $q'' = 3.33 b d_1^{3/2}$  なる公式に依つて  $d_1$  を算出するが如し。而して A 堤上溢流水面  $L_3$  は既知なるにより

$L_3 - d_1 = L_1$  に依つて  $L_1$  なる A 堤頂天高を見出す。次いで  $Q'$  に對する連絡水路の動水面落差  $H'$  より其末端の水位  $L_4$  を見出す。同様に  $Q'$  に對する下流水路の動水面落差  $H''$  より水槽水位  $L_0$  も見出すことを得。但し  $Q'$  に對する動水面勾配は唯 1 個を得るのみ。即ち A 堤頂溢流水面より初まる  $L_3, L_4, L_0$  折線のみ (第七圖参照)。

此折線をなす  $L_3, L_4, L_0$  勾配線を基準として D 堤頂の高さを求めん。 $H'$  と  $H''$  との和が責任放水量に對する A, D 兩堤間の水面落差なり。D 堤長が與へられ且つ同堤上溢流量  $Q'$  が既知なるに依り D 堤上溢流水深も亦見出し得。之を  $d_2$  とす。然らば D 堤頂高を  $L_2$  とし

$$L_1 + d_1 = L_2 + d_2 + H' + H'',$$

$$\text{即ち } L_1 - L_2 = H' + H'' + d_2 - d_1$$

之により  $Q'$  に對して調整すべき A, D 兩堤頂の標高の差を見出し得たり。然るに  $L_1$  は既知なるに依り  $L_2$  が自ら定まる。若し  $L_2$  を任意に定むれば  $L_1$  も隨つて定まる。A, D 兩堤とも其固定部の頂天は豐水期の動水面勾配を基準として定むべし。而して枯水期に調整池増貯の際には兩堤とも可動部を以て其堤頂を增高すべし。

#### 調整池 A 溢流堤及び水槽間に於ける動水面勾配計算

今調整池、連絡水路、水壓隧道及び水槽を有する。そして大抵の流水を使用する一發電水路の實際の流量を例に取りて本問題の數字的解説を試みん。

與へられたる條件。

$$\text{連絡水路の直徑} = 20.0, \quad \text{同上延長} = 505.0, \quad \text{同上條數} = 1 \text{ 條,}$$

$$\text{逆流阻止水門} = 18.0 \times 12.0, \quad \text{同上個數} = 2 \text{ 組,}$$

$$\text{水壓隧道直徑} = 20.0, \quad \text{同上條數} = 3 \text{ 條,} \quad \text{同上延長} = 5500.0$$

#### (1) 連絡水路の損失水頭

##### (a) 連絡水路入口に於ける損失水頭 ( $h_1'$ )

$$h_1' = c_1' \frac{v'^2}{2g}$$

$$\text{式中 } c_1' = 0.2, \quad d_1' = 20.0, \quad A_1' = 314.16$$

$$\therefore h_1' = 0.0031v'^2$$

$Q$	$v'$	$v'^2$	$h_1' = 0.0031v'^2$
1 000	3.183	10.132	0.0314
3 000	9.549	91.183	0.2827
3 315	10.552	111.345	0.3453
3 500	11.141	124.122	0.3847
4 500	14.324	205.177	0.6360
4 550	14.483	209.757	0.6503

##### (b) 連絡水路の摩擦水頭 ( $h_2'$ )

$$h_2' = \frac{LQ^2}{\left\{ 1 \times \frac{1.486}{n} \times (r)^{2/3} \right\}^2}$$

式中  $d=20.0$ ,  $A=314.16$ ,  $L=595.0$ ,  $P=62.832$ ,  $r=A/P=5.0$ ,  $n=0.012$

$$\therefore h_2' = \frac{595 \times Q^2}{\left\{ 314.16 \times \frac{1.486}{0.012} \times (5)^{2/3} \right\}^2} = 0.00000005Q^2$$

此公式を通常 Manning's Formula といふ。

Q	Q <sup>2</sup>	$h_2' = 0.00000005Q^2$
1 000	1 000 000	0.050
3 000	9 000 000	0.450
3 315	10 989 225	0.549
3 500	12 250 000	0.613
4 500	20 250 000	1.013
4 550	20 702 500	1.035

(c) 連絡水路出口に於ける損失水頭 ( $h_3'$ )

$$h_3' = c_3' \frac{v'^2}{2g} \quad \text{式中 } c_3' = 0.2$$

$$\therefore h_3' = 0.0031v'^2$$

Q	v'	v' <sup>2</sup>	$h_3' = 0.0031v'^2$
1 000	3.183	10.132	0.0314
3 000	9.549	91.183	0.2827
3 315	10.552	111.345	0.3452
3 500	11.141	124.122	0.3847
4 500	14.324	205.177	0.6360
4 550	14.483	209.757	0.6502

(e) 連絡水路に於ける全損失水頭

Q 立方尺/秒	(a) 入口損失 $h_1'$	(b) 摩擦損失 $h_2'$	(c) 出口損失 $h_3'$	全損失水頭 $h'$
1 000	0.0314	0.050	0.0314	0.1128
3 000	0.2827	0.450	0.2827	1.0154
3 315	0.3452	0.549	0.3452	1.2394
3 500	0.3847	0.613	0.3847	1.3824
4 500	0.6360	1.013	0.6360	2.2850
4 550	0.6502	1.035	0.6502	2.3354

備考; 本文中 Q' に對する連絡水路中の水面落差 H' は本表に於ては h' 中に包含せしめたり。

調整池上流水路出口及び下流水路入口前隔壁内の流速も水槽内流速も零と見做せば中間の流速の變化は結局の水頭に影響なし。即ち本計算に於て上流水路出口水位  $L_3$  は流速 0 にして現實水頭を設したるものとすれば水槽に至り流速水頭の現實水頭化を考ふるに及ばず。但し中間水路の高さを決定するには一々流速の變化を調べる必要あり。

(2) 水壓隧道に於ける損失水頭

(a) 塵除に於ける損失水頭 ( $h_1''$ )

$$h_1'' = c_1'' \frac{v_1''^2}{2g} \quad \text{茲に } c_1'' = 0.2$$



塵除の有効面積 = 2000平方尺

$$\therefore h_1'' = 0.0031v''^2$$

Q	v''	v'' <sup>2</sup>	h <sub>1</sub> '' = 0.0031v'' <sup>2</sup>
1 000	0.50	0.25	0.0008
3 000	1.50	2.25	0.0070
3 315	1.657	2.746	0.0085
3 500	1.75	3.063	0.0095
4 500	2.25	5.063	0.0158
4 550	2.28	5.198	0.0161
5 000	2.50	6.250	0.0194
6 000	3.00	9.000	0.0280
6 500	3.25	10.563	0.0320
7 000	3.50	12.250	0.0380

(b) 水壓隧道入口損失水頭 (h<sub>2</sub>'')

$$h_2'' = c_2'' \frac{v''^3}{2g}, \quad c_2'' = 0.2 \text{ (喇叭形)}$$

$$A'' = 314.16 \text{ 平方尺}, \quad 2A = 628.32 \text{ 平方尺}$$

$$\therefore h_2'' = 0.0031v''^2$$

Q	v''	v'' <sup>2</sup>	h <sub>2</sub> '' = 0.0031v'' <sup>2</sup>
1 000	1.592	2.5345	0.0079
3 000	4.776	22.8102	0.0708
3 315	5.270	27.7720	0.0861
3 500	5.572	31.0472	0.0964
4 500	7.164	51.3229	0.1594
4 550	7.241	52.4321	0.1625
5 000	7.960	63.3616	0.1967
6 000	9.552	91.2407	0.2833
6 500	10.348	107.0811	0.3325
7 000	11.144	124.1857	0.3856

(c) 水壓隧道に於ける摩擦水頭 (h<sub>3</sub>'')

$$h_3'' = \frac{fLQ^2}{\left\{ A \times \frac{1.486}{n} \times (v'')^{2/3} \right\}^2}$$

式中  $d'' = 20.0 \text{ 尺}, \quad A'' = 314.16 \text{ 平方尺}, \quad L'' = 5500.0 \text{ 尺}, \quad P'' = 62.832, \quad v'' = A''/P'' = 5.0, \quad n = 0.012$

$$\therefore h_3'' = \frac{5500 \times Q^2}{\left\{ 314.16 \times \frac{1.486}{0.012} \times (5)^{2/3} \right\}^2} = 0.0000043 Q^2$$

全流量 立方尺/秒	隧道1本の流量 立方尺/秒	Q <sup>2</sup>	h <sub>3</sub> '' = 0.0000043 Q <sup>2</sup>
1000	500	250 000	0.1075
3000	1500	2 250 000	0.9675

全流量 立方尺/秒	隧道1本の流量 立方尺/秒	$Q^2$	$h_s'' = 0.00000043 Q^2$
3315	1657.5	2764800	1.1780
3500	1750	3062500	1.3169
4500	2250	5062500	2.1769
4550	2280	5175625	2.2255
5000	2500	6250000	2.6875
6000	3000	9000000	3.8700
6500	3250	10562500	4.5419
7000	3500	12250000	5.2675

(d) 水壓隧道出口に於ける損失水頭 ( $h_4''$ )

$$h_4'' = c_4'' \frac{v''^3}{2g}, \quad c_4'' = 0.2 \text{ (喇叭形)}$$

$$\therefore h_4'' = 0.0031v''^3$$

$Q$	$v''$	$v''^3$	$h_4'' = 0.0031v''^3$
1000	1.592	2.5345	0.0079
3000	4.770	22.8102	0.0708
3315	5.270	27.7729	0.0861
3500	5.572	31.0472	0.0964
4500	7.164	51.3229	0.1594
4550	7.241	52.4321	0.1625
5000	7.960	63.3616	0.1967
6000	9.552	91.2407	0.2833
6500	10.348	107.0811	0.3225
7000	11.144	124.1887	0.3856

(e) 水壓隧道に於ける全損失水頭

$Q$ 立方尺/秒	(a) 摩擦損失 $h_s''$	(b) 入口損失 $h_1''$	(c) 摩擦損失 $h_2''$	(d) 出口損失 $h_4''$	全損失水頭 $h_t''$
1000	0.0008	0.0079	0.1075	0.0079	0.1241
3000	0.0070	0.0708	0.9675	0.0708	1.1161
3315	0.0085	0.0861	1.1780	0.0861	1.3587
3500	0.0095	0.0964	1.3169	0.0964	1.5192
4500	0.0158	0.1594	2.1769	0.1594	2.5115
4550	0.0161	0.1625	2.2255	0.1625	2.5600
5000	0.0194	0.1967	2.6875	0.1967	3.1003
6000	0.0280	0.2833	3.8700	0.2833	4.4046
6500	0.0329	0.3225	4.5419	0.3225	5.2308
7000	0.0380	0.3856	5.2675	0.3856	6.0607

以上の結果に依り責任放流量  $Q' = 3315$  個及び引入水流量  $q = 4550$  個に對する連絡水路以下の動水面均配を算出すること下記の如し。

引入水流量  $q = 4550$  個及び責任放流量  $Q' = 3315$  個に對する動水面均配

$$q \text{ 動水面} \text{---} L_1 L_2 J_3$$

$$Q' \text{ " } \text{---} L_3 L_4 L_5$$

$$\text{涸水期の調整池満水面を } L_2 = EL \ 936.5$$

$$\text{豊水期の同 上: } L_2' = EL \ 931.5 \text{ とす}$$

A' 堤上調整池への溢流量  $q''$  は

$$4550 - 3315 = 1235$$

之を溢流する水深は溢流幅を 95.0 尺として

$$q'' = 1235 = 3.33 \times 95 \times H^{3/2}, \quad H = 2.48$$

涸水期に於ける  $q$  動水面勾配は

$$L_1 = L_2 - H = 936.5 - 2.48 = 934.02R$$

$$L_2 = L_1 - (h_1' + h_2' + h_3') = 934.02 - (0.65 + 1.04 + 0.65) = 931.68$$

$$L_3 = L_2 - (h_1'' + h_2'' + h_3'' + h_4'') = 931.68 - (0.016 + 0.163 + 2.220 + 0.163) = 929.11$$

次に涸水期に於ける  $Q'$  の動水面勾配は

$$L_4 = L_3 - (h_1' + h_2' + h_3') = 929.11 - (0.356 + 0.549 + 0.356) = 927.85$$

$$L_5 = L_4 - (h_1'' + h_2'' + h_3'' + h_4'') = 927.85 - (0.009 + 0.080 + 1.178 + 0.080) = 925.88$$

豊水期に於ける動水面勾配は上記よりも 5.0 尺下りにして各々平行なる線なり。

### (3) 逆流阻止水門に於ける損失水頭

$$h = c \frac{v^2}{2g}$$

$$A = 13.0 + 12.0 = 25.0 \text{ 平方尺}, \quad 2A = 2 \times 25.0 = 50.0, \quad c = 0.5$$

$$\therefore h = 0.00776v^2$$

$Q$	$v$	$v^2$	$h = 0.00776v^2$
1000	2.315	5.359	0.0116
3000	6.944	48.219	0.3742
3315	7.670	58.820	0.4565
3500	8.103	65.659	0.5095
4500	10.417	108.514	0.8421
4550	10.532	110.923	0.8608
5000	11.574	133.958	1.0395
6000	13.890	192.932	1.4972
6500	15.046	226.382	1.7567
7000	16.204	262.570	2.0375

此損失水頭は逆流阻止水門閉塞の際には下流水路の動水面勾配に無関係にして調整池より下流水路に直接引水する場合にのみ関係す。

### (D) C 溢流堤及び D 溢流堤

C 堤は水路様式 I 及び II に於ける餘水吐溢流堤及び水路様式 IV に於ける調整池固有溢流堤なれば之が説明を省き以下更に水路様式 III 及び IV に於ける D 堤に就て説かん。

D 堤が水槽に設置せられずして下流水路中間にある時は夫より下流の水路水槽壁を之より高くして平常は勿論 surging の際にも激溢水を生ぜざらしむれば宜しく、自動制御方式

としては矢張り A, D 兩堤間に然るべき連絡を附すれば目的を達し得るものなり。而して D 堤が水路の終端なる水槽にあるときは如何。是は唯單に前者の水路が長くなりたるに過ぎず（否異なりたる水路の比較ならば長くなるとも限らず）。自動制御装置の構造作用には何等異なる所なし。故に以下 D 堤が水槽に附屬したる場合のみに就て究めん。

既に述ぶるが如く責任放水量  $Q'$  に對する連絡水路下流水路及び水槽の動水面勾配は  $L_3, L_4, L_0$  線なり。されば發電所運轉停止の場合の水槽溢流量が  $Q'$  なる爲には其溢流量が  $L_3$  に一致せざるべからず。D 溢流堤は即ち  $L_0$  より溢流水深を減じたる水準を以て固定部の頂上とすべし（此事は既に本節 (C) に於て述べたり）。

水槽溢流のみに依つて  $Q'$  流量を保證せんには上記の如くなるが、發電所放水量と之との合計に依つて又は發電所放水量のみに依つて  $Q'$  を保證する場合には上記と少許の差違あり、後に之を述べん。

#### (E) 逆流阻止水門

(F) 項後記詳論 (a) 乃至 (e) 各項を見るに逆流阻止水門通過水量は順調の流況に於ては調整池よりの引出水量  $Q''$  が主眼なれども變調流況の時の最大流量は  $Q$  に相當す。其  $Q$  は發電所最大使用水量をも包含するものなれば、結局逆流阻止水門は發電所最大使用水量を通過せしむる大さあるを要す。其順調流況に於ける最大流量に對する水門前後の落差は普通にして水門通過の速度も普通なるものとす。發電所最大使用水量疏通の時は其落差少しく大にして流過速度も大なるを忍ぶべし。

#### (F) 流水狀況調査

以上の方針と方法とにて設計したる水路を運用する時種々なる使用水量に對して如何なる流水狀況を呈するか調査。

(a) 發電所に放水量なく水槽餘水吐溢流量が責任放水量  $Q'$  なる場合。

先づ水路並に調整池水位が最低の位置より順次上昇する場合を述べん。

9 節連絡水路及び逆流阻止水門の機能に於て記したるが如く逆流阻止水門に依つて調整池と遮斷せられたる水路は取入水量  $q$  に依つて充水せられ急速に其水位を上昇す。其間暫く水槽 D 溢流堤上の溢流が斷絶す。而して水路水位が  $L_3, L_4, L_0$  勾配線に達する時初めて D 溢流堤に  $Q'$  なる溢流量を生ず。夫より調整池水位が或高さに達するまで相當時間水路内の流況は順調を呈し水位は一定す。

順調なる流況とは終始標記假定條件に一致したる流水状態を繼續するを言ふ。即ち連絡水路以下の動水面勾配一定して  $L_3, L_4, L_0$  なる水面線を維持す。 $Q'$  は全部連絡水路内を流れ引用水の剩餘  $q''$  は A 堤土を溢流して調整池に貯へらる。其間調整池水位は上昇を繼續す。其  $L_3, L_4, L_0$  なる水面線は如何なるものなるかと言ふに本節 (C) 責任放水量の項に於て述べ

たるが如く或條件、例へば調整池使用期間の最大引用水量を疏通するに適當せる連絡水路及び發電所最大使用水量疏通に適當せる下流水路に調整池水位低き時  $Q'$  なる流量を通したる時に或動水面線を生ず。其動水面線を  $I_0, I_1, I_2$  と定めたるものなり。

調整池水位が A 溢流堤よりも高くなるときは A 堤は溺堤となり溢流力を減じ  $I_0$  水面は僅少なから上昇すべし。此時より連絡水路及び下流水路の流量は稍々増加して變調を呈す。次いで調整池水位が尙ほ昇りて  $I_1$  よりも高くなるときは流狀全く變調を現す。水槽溢流堤頂を前項と同じ高さに存置せば  $I_1$  よりも高き調整池の水が逆流阻止水門を押開き流出する爲、下流水路流量が  $Q'$  よりも増大することとなる。従つて逆流阻止水門前の水路水位は同水門に要する落差を以て調整池水位に連絡し其水路水位は上昇す。調整池水位が上るに従つて A 溺堤の溢流力が減殺せられ同堤前の水路水位が上昇す。即ち其水位と水槽水位との間の高低差を増加す、故に其間の流量は増加し A 堤及び逆流阻止水門間に於ては連絡水路及び夫と並列なる調整池を傳うて流ることになる。A 堤前水路水面の上昇は多少なりとも上流水路の流量を減少せしむる傾向となる。上流水路の断面にして餘裕あらば其が爲に流量を減ずること無かるべきも若し餘裕なきときは直ちに影響を及ぼして其流量を減少せしめ又は取入口の水位を高からしむ。斯く首記假定條件の維持せられぬ流水狀態を變調流狀と稱すべし。

調整池水面が  $I_0$  に達し或は夫以上に及ぶときは右の傾向益々甚しくなり下流水路の流量は水槽溢流堤を高めざる限り益々増加す。斯くして上下流兩水路の流量が一致したるときに調整池の水面上昇は停止す。假定に従ひ取入水量は始終變化せざるものなれば下流水路の流量が遂に  $q$  となるに及んで上下流水路の流量は一致す。而して下流水路の動水面勾配は  $I_2, I_0$  線に平行にして  $I_1$  の少し上を通過する線となる（附圖第五、第六参照）。

發電所負荷異常の減小又は全停電の時は調整池水面の上昇が促進せられ比較急速かに上記最後の狀況に到達す。尤も調整池に固有の溢流堤ありて其堤頂が此最後の水面以下ならば同水位は夫に依つて制限せらる。

調整池満水面前後に於て流狀變調を呈すること上記の如し。此場合に於ても尙ほ責任放流量維持の必要あるかと言ふに然らず、放水量節約は調整池が満水するまでなるを以つて、特別の必要あらざる限り水槽溢流堤頂は流狀變調なる時の儘に存置して餘水放流量の自然の増加に任すべし。

(b) 發電所放水量が  $Q'$  以下にして水槽溢流量と合計し責任放水量若くは夫以上を保つ場合。

此時の發電所放水量は零乃至  $Q'$  以上若干量にして水槽溢流量は  $Q'$  乃至零なり。放水量零にして溢流量  $Q'$  なるときは前項(a)と同一なり。發電所の放水が増加するに従つて水槽溢流

堤は溢流を維持しつゝ水槽水位は漸次低下す。而して (a) の場合の水槽溢流堤頂まで水槽水位が下るときは下流水路の流量は必然的に  $Q'$  より幾分多量となる。其増加量は  $Q'$  に対する水槽溢流堤上の溢流水深と下流水路の長短に依つて異なる。溢流水深大にして下流水路の長さ短き時は其影響大にして之に反する時は其影響小なり。此場合に發電所使用水量増減するも夫と溢流量との合計を常に責任放水量  $Q'$  に一致せしむることは本自動制御方法を以てしては不能なり。故に嚴格なる調整の方法は溢流堤頂を (a) の場合と同様に爲し置き發電所放水量の増すに随つて放水量と溢流量との合計が責任放水量  $Q'$  よりも多少増加するに任すべきなり (之に就ては尙ほ後記 (G) 自動制御の不如意の點の項に於て述ぶる所あるべし)。

本項の流量及び此調整状態に於て發電所放水の停止に會ふ時は必然的に前項 (a) の流水状況を現出することと言ふ迄もなく是自動制御の本來の目的たるなり。

(c) 發電所の放水量が責任放水量  $Q'$  と引入水量  $q$  との中間量なる場合。

備考, 前項 (a) に於ては發電所に放水量無き場合を採り, 本項に於ては水槽餘水吐溢流量無き場合を採れり。

此場合には A 堤上に若干の溢流量ありて調整池に流入す。初め動水面勾配は連絡水路及び下流水路に  $q$  を流したるときに生ずるもの、中最も高きを  $L_1 L_2 L_3$  とし同上水路に  $Q'$  を流したるときに生ずるものを  $L_3 L_4 L_5$  としたるものなるが故に發電所放水量が  $q$  と  $Q'$  との中間なる以上其動水面勾配も夫等の中間にあり。而して放水量が  $Q'$  に近き程連絡水路及び下流水路の動水面勾配は  $L_3 L_4 L_5$  勾配に近づき  $q$  に近き程  $L_1 L_2 L_3$  勾配に近づく。勿論其は水路流狀が順調即ち正調なる場合なり。變調の場合は本項下半に述ぶべし。

調整池水位が  $L_2$  より低き時は放流量が  $q, Q'$  に拘らず逆流阻止水門は閉塞し調整池水位が  $L_2 L_4$  間にある時にて  $q, Q'$  間放流量の取る逆流阻止水門前水路の水面が調整池水面より高き時は逆流阻止水門は閉塞す。此場合水槽水位は發電所放水量に應じ  $L_3 L_5$  間に於て其相當の水位を保持す。此時標記の條件即ち水槽に溢流水無き場合たらしむるには D 堤頂を  $L_5$  にあらしむべし。其は (a) 項の條件に依るものよりも  $Q'$  を溢流せしめたる時の D 堤溢流水深だけ溢流堤頂が高くなる。

發電所放流量が  $Q'$  より増し水槽水位が低下する時を述べん。發電所使用水量が増して水槽水位が下るとき其を追うて D 堤頂を引下ぐるかと言ふに然らず。堤頂を元の儘に存置して水位の低下に任するなり。然することは責任放流量の關係に於ても水路運用上に於ても何等支障無きを以てなり。實際調整池を附屬する水路は其利用水深の關係上底面が低く構築せられあるを以て水位の低下は固より常例とすべきのみ。されば此自動制御方式に於ける堤頂の調整は一見煩しきが如くなれども實際は然らず、寧ろ極めて簡單なるものなり。尤も此設備出來の上は其成績を確めんが爲、水位流量等に就き實測精査する必要は無論之有り。以上

を流狀順調なる場合とす。

次に流狀變調の場合を述べん。調整池水位が  $L_2$   $L_4$  間にあるも  $q$ ,  $Q'$  開放流量の取る逆流阻止水門前水路の水面が調整池水位より低き時は逆流阻止水門は開放せられ放水量の大半は連絡水路を流るべきも小半は調整池を經由す。

調整池水位が A 堤頂を超え次いで  $L_4$  以上に及ぶ時は  $q$ ,  $Q'$  開放流量は常に變調を呈し  $L_3$  以上に及ぶとき益々甚しく其狀況は (a) 項に同じ。

本項の場合に於ても發電所の運轉停止に遭ふときは (a) 項の如き流況を生ず。但し其場合よりも D 堤頂が  $Q'$  の溢流水深だけ高きを異なれりとす (後記 (G) 自動制御上不如意の點参照)。

(d) 發電所の放水量が  $Q$  にして取入水量  $q$  を超過する場合。

此時は常に逆流阻止水門が開き調整池下流水路の動水面勾配は調整池水面を原水位とし尖に接続して下り勾配を爲す。取水量以上の使用水量に依つて調整池水位は漸次低下す。調整池水位が水槽の最低制限水位に下流水路の  $Q$  に對する動水面勾配を加へたる高さに達する迄は此狀況を繼續す。調整池水位が右極限まで下りたる時は勢ひ使用水量を減じざるを得ず。之を  $q$  まで減じたる時を以て調整池の最低水位と爲す。調整池をかく容量一杯に使用することは極めて稀なれども學理的には之を最低水位と爲し得べし。夫より使用水量を尙ほ減じて  $q$  以下にすれば逆流阻止水門が閉ぢ水路水位は自動制御可能の範圍内に於て急速に上昇す。前記上久屋水路及び他の一例に於て示したるが如し。

連絡水路の流量は調整池水面が最低より  $L_2$  に至るまでの間  $q$  を持續し  $L_3$  以上に於ては幾分減少し其一部は調整池を通過す。

以上  $Q$  流量の時は凡て水路流狀順調なり。然れども調整池水位が特別に高き時は變調を來すことあるやも知れず。今水槽水面が  $L_3$  にして使用水量が  $Q$  なる時逆流阻止水門前の尖に相當する水路水位が或高さ例へば  $L_7$  なりとす。然るに實際調整池水位が  $L_7$  以上なる時は逆流阻止水門が開放せらるゝを以て餘分の貯水が流れ出で下流水路の流量は  $Q$  以上若干の流量を加ふべし。發電所が若し之を使用せざれば水槽餘水吐に溢流を起すべし。

本項の場合に發電所の停電を來すときは流況 (a) 項に準ずること前項に同じ。

(e) 放水量が責任放水量  $Q'$  より少なき時。

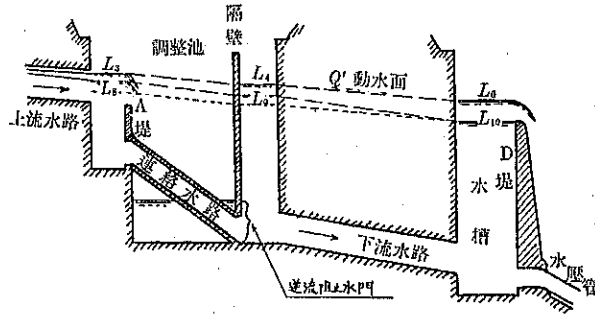
是は 8. 節溢流堤の機能に於て述べたる通り溢流堤の調整に依つて斯かる場合の出現を防止するものにして、謂はゞ問題以外なれば其流況を考ふるに及ばず。唯水路の構造と機能とが斯かる場合にも有效なるやう出来れば差支なし。

(G) 水位流量自動制御上不如意の點

本自動制御裝置の未だ完璧を稱へ得ざる一點に就ては 8. 節に於て既に述べたる所あり。

然るに尙ほ一點の不便あり。其は次記の如き各場合に一舉にして共通の調整を爲し得ざる點なり。即ち水路流水が或場合には D 堤より放流せられ次の場合には一部同上より残部發電所放水路より放流せられ第三の場合には發電所放水路のみより放出せらるゝことなり。其第一と第三との場合に於ては同一流量に對して A, D 兩堤頂の調整度が少しく異ならざるを得ず。第二の場合も同様なれども其中間にあり。複雑なれば其説明を省き第一と第三との兩場合を一瞥せん。第八圖を参照するに  $L_{10}$  は責任放水量  $Q'$  全部を D 堤より溢流せしむる時の水槽水位、 $L_{10}$  は其時の D 堤堤頂高なりとす。今發電所運轉休止につき  $Q'$  全部が溢流し

第 八 圖



つゝある時に發電所運轉開始せば水槽水位は多少なりとも低下すべく A 堤以下の動水面勾配が  $L_3$   $L_9$   $L_{10}$  をとる時は第三の場合となり、溢流が絶え發電所は  $Q'$  以上若干量を使用する時なり。此時若し發電所使用水量を  $Q'$  に止めんとならば D 堤頂を  $L_6$  まで引上げざるべからず。即ち第一と第三の場合とは同一流量  $Q'$  を放流するに要する調整に就て D 堤頂に少くも  $Q'$  流量の溢流水深だけの高低差を生ず。此場合を尙ほ厳密に研究する時は次の如くなり。發電所運轉開始に依つて水槽水位が  $L_6$  より  $L_{10}$  に下りたりとす。A 堤と水槽との間の勾配が増す爲、下流水路流量が増加す。夫が爲、A 堤の溢流量が減少し溢流水面が  $L_6$  よりも稍々低き  $L_3$  に下る。そして下流水路の水面勾配が修正せられ流量も亦修正せらる。而して其結果は溢流のみによつて  $Q'$  を放流したる第一の場合よりも或程度本川への放流量が増すこととなる。併し此影響は夫に止まらざるなり。A 堤上溢流水面の低下は上流水路の水面勾配を幾分たりとも急にせざるを得ず。従つて其流量を増加せんとする傾向を生ず。若し取入口が其増加に應じ得る状況にあらば最後は水槽の  $L_{10}$  水位と取入口水位との高低差に支配せらるゝこととなるべし。

此時若し A 堤頂を下げて其溢流水面を低下し  $L_3$   $L_1$   $L_3$  なる勾配線に平行にして水槽に  $L_{10}$  水位を保つ新勾配線を生ぜしめたりとせば如何。其時は A 堤と水槽との間には確かに  $Q'$  を流下すべし、然れども A 堤頂溢流面の低下は多少なりとも上流水路の水位流量に影響



すべし、故に結局は是も亦取入口と水槽との水位権衡に依つて流量が決定せらるゝこととなる。

以上は調整池水位が低くして流況順調なる時なり。若し水槽水位が高位置にある時は逆流阻止水門が開き調整池水面と下流水路水面とは連絡を通ずるが故に水槽水位の低下は調整池以上に殆んど無影響なり。尙ほ一つ此反對の場合を講究せん。第八圖を借りて説明せんに發電所が水槽水位  $L_0$  を保ちて  $Q'$  流量を使用しつゝあるものと假定す。然るに今其運轉が停止するときは D 堤上の溢流を開始すべし。即ち其溢流水深だけ水槽水位が高まる。其が爲に下流水路の勾配と流量とが減じ水槽溢流量が  $Q'$  よりも小となる。A 堤溢流面が幾分なりとも高くなり溢流量が増大す。A 堤溢流面の高くなることは上流水路水面に影響し其流量を少なからしむ。結局是も前と同じく取入口状況と水槽状況との権衡に依つて其流量が決定せらるゝことになる。此時 A 堤頂を引上げて  $L_0$   $L_1$   $L_0$  勾配線に合せたりとす。然らば下流水路の流量は元の如く  $Q'$  に回復すべし。以上は流況順調なる時とす。

此 A 堤頂を引上げることに就て一言すべし。A 堤頂を引上げて其溢流面を高むることは上流水路の水面勾配を減ずることなり。若し上流水路が其最大通水力を以て  $q$  を送水しつゝある時ならば此勾配減少は直ちに通水量を減少すべし。然れども上流水路に通水余力ある場合には必ずしも其流量に影響せず。夫の冬季湯水期に調整池水位を高むるも差支なきが如きは是が爲なり。其時は調整池水面を高からしむる爲に D 堤頂を高くすること言ふ迄も無き所なるが同時に A 堤頂をも高からしめ A, D 兩堤上溢流面間に責任放水量  $Q'$  を流すに要する水面勾配を與ふ。

以上説くが如くなるを以て第一、第三(第二も)何れの場合にも共通して一舉に精密なる放水量を生ぜしむるが如き調整は望むべからず。此各場合の中何れに依るべきか豫め決定せらるゝならば事前調整は單純なれども其が不時に変更するものとせば問題は簡單ならず(場合の變る毎に人為調整を行へば如何様にもなるが)。依つて如何なる場合にも自動的に  $Q'$  以上の流量を保證せんとならば水槽溢流のみに依つて之を放流し得る第一の場合に従つて A, D 兩堤頂を調整すべきものとす。

#### (H) 自動制御装置の調整要領

最後に重ねて水位流量自動制御装置調整の要點を述べんに、其調整を要するものは水路調整池上溢流堤(A 堤)と下流水路又は水槽の餘水吐溢流堤(C 又は D 堤)となり、或は緩急自動水門を以て餘水吐溢流堤に代ふることあるべし。此兩堤頂高の較差如何に依つて調整池水槽間水路の流量に所要制限を附することを得。例へば「發電所放水路餘水路を通計しての放流量は毎秒何立方尺以上なるべし」、「調整池への貯水量は毎秒何立方尺以下なるべし」と言ふが如き制限を任意に與へ得るなり。而して其を實現せしむる爲には豫め自動制御装置

を調整し置くものにして然すれば發電所運轉が不時に異状を呈することあるも水路水面は自動的に順調流況の最高限まで昇り豫期の如く制限以上又は以下の流量を發生するものなり。そして同時に調整池貯水時間中利用落差の損失を防ぎ得るものとす。

## 11. 緩急自動水門の應用

緩急自動水門は上來記載の C 又は D 溢流堤に代用せらるゝものにして、之を應用するに次の種々なる場合あり。

第一は水路式發電所の水路に之を應用する場合にして其中 surging の起る場合と起らぬ場合とあり。第二は堰堤式發電所の洪水吐又は餘水吐水門に之を應用する場合にして surging は起らぬものとす。

緩急自動水門を用ふる場合と雖も A 溢流堤逆流阻止水門連絡水路等の構造は C, D 溢流堤を用ふる時と毫も差違無し。溢流堤の機能の條下に述べたると同じ此緩急自動水門の應用に於ても次の種々なる流水使用状態の變化に就て調べん。

### I. 水路式發電所の水路に應用する場合

#### (A) Surging の起らざる場合

是は水路様式 I, II に於て C 堤代用又は III, IV の中の或る場合に於て D 堤代用のときなり。

(イ) 發電所負荷の變化常に一定して豫定以上の剩餘水を生ぜざるとき。

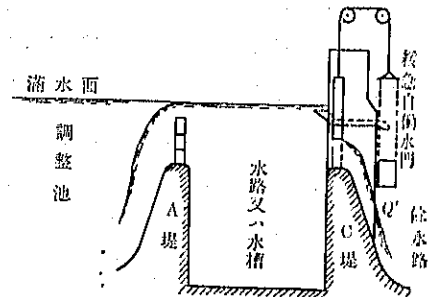
水路様式 I, II に於て流量對重附屬の溢流受口の溢流縁の高さは A 堤上溢流水面に一致せしむ。即ち溢流縁に溢流を起さぬ場合中の最低位とす。

(ロ) 發電所負荷異常の減少又は全停電の時。諸種の事情は大體 8., 9. 及び 10. 節に於て述べたると同じ。

前に 8. 節溢流堤の機能に於て C 堤の高さは A 堤上溢流水面の高さと同聯して定むるものなる事を述べたり。此緩急自動水門の場合には C 堤頂の代りに溢流受口周縁の高さを A 堤上溢流水面に關連せしめて調整するなり。斯くして其水位に於て水容器が満水するに足る溢流量を生ずれば本自動水門の開放が行はれ放流水を生ず。

緩急自動水門扉の大きさは一方の制限として調整池満水面の時全停電の場合の剩餘水量、即ち發電所最大使用水量に近きものを放出するに足れば充分なり。而して他方の制限としては

第九圖 水路様式 I, II



調整池の増貯を行はざるとき責任放流量動水面勾配  $L_n$  に於て  $Q'$  を放流するに足る能力あらしむべし。其各場合に於ける溢流受口の高さは其周縁上水門開放に必要な溢流を得る水位に置くべきものとす。之に付き自動制御上不如意の點あるは理論上、10. 節溢流堤の場合に同じなれども唯溢流縁上の溢流水深小なる爲(普通二三寸以下なるべし)、調整池水槽間の水路内損失落差に比し殆んど無視可能の範圍に屬するを得點とす。尙ほ門扉の故障又は條絡に備ふる爲豫備門1個あれば上乘なり。

(ハ) Surging の作用。

假定に依り此作用無し。

(ニ) 發電所使用水量皆無にして唯調整池に満水せしめ置く時。

前 (イ)、(ロ) の場合に差支なきものは此場合にも差支なし。

(ホ) 洪水其他の原因に依り水路流水増加の時。

此時溢流受口周縁の高さは洪水量少き時は (イ)、(ロ) 等と同じくすべく洪水量多きときは少し下げても發電用水に差支なき場合あるべし。何れにても水門扉の大きさは全洪水量排除に差支なきものたるべく、洪水量に對しては實は調整池固有の溢流堤又は緩急自動水門を設くるが順當なり。

(ヘ) 満水時水槽調整池等の水面を高めて使用する時。

前に C 又は D 堤頂を角落の類を以て高むることを述べたれども本水門の場合には初めより其積りにて水門天端を高く造り溢流受口だけ自由に上下し得るものたらしむ。本水門は角落よりも漏水少き得點あり。

水路様式 III, IV の中にてても surging の起らざる場合あり。其時緩急自動水門を D 堤代用とするには溢流縁の高さを A 堤上溢流水面よりも下ぐることに A 堤と本自動水門との間の責任放流量疏通水面勾配を以てすれば宜し。

(B) Surging の起り得る場合

是は水路様式 III; IV 中調整池以下に水壓隧道あるとき D 堤代用の場合なり。

(イ) 發電所負荷の變化常に一定して豫定以上の剩餘水を生ぜざるとき。

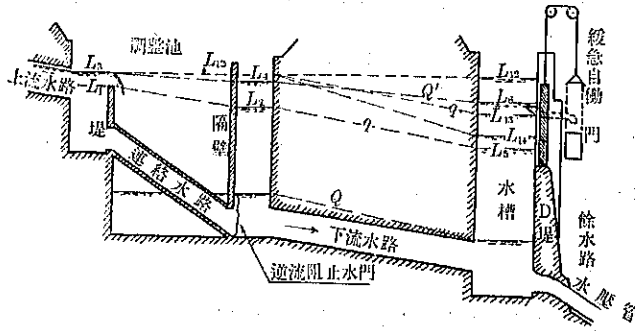
第十圖に於て  $L_1L_2L_3$  勾配線及び  $L_3L_4L_0$  勾配線は 10. 節に於て規定したると同じものなり。此場合に自動水門附屬溢流受口周縁の高さは  $L_n$  に置くべし。

(ロ) 發電所負荷異常の減少又は全停電の時。

水槽水位の變化が負荷の變動により緩慢に起る場合と surging により急激に起る場合とあり。先づ緩慢なる場合より説明せん。

發電所の放水に依つて責任放流量を保證し得るときは溢流縁をして  $L_n$  に一致せしむべく、其保證なきときは溢流縁は流量對重を作動せしむるに足る溢流水深だけ  $L_n$  よりも下げて調

第十圖 水路様式 III, IV



整し置くべし。然らば後の場合には發停電に拘らず何時にても責任放流量  $Q'$  を保證し得(之は自動制御上不如意の點に係る)。

自動水門の大きさは本節 (a) 項 surging の起らざる場合に述べしものと同じく  $L_0$  水位に於て  $Q'$  を放出し得ることが第一條件にして第二條件は  $L_{13}$  水位に於て最大引用水量を放出するに堪ふべきものとす。 $L_{13}$  は調整池満水の場合に最大引用水量を下流水路に流したる時の水槽水位なり。之を逆に言へば自動水門に夫だけの放水能力ある時は取入口に於て最大引用水量を有し發電所使用水量零なるときにても調整池水位は満水面以上に昇らぬものなり。

#### (ハ) Surging の作用。

次は surging の爲、急激なる水面上昇ある場合を述べん。此時は水槽水面が浮箱下底を没する時より或は中間より其上部が没する時より浮箱が働きて水門を軽くし或は之を浮動せしめ次いで流量對重が働きて水門を完全に上昇せしむ。

發電所使用水量の大小に依つて surging の際の水門放流量は種々なり。水槽の構造が其最高水面を  $L_0$  に限りたる場合には自動水門の大きさは  $L_0$  以下の水位に於て surging の爲の最大流量を放流する能力を有せしむべし。若し又水槽最高水面が夫以上になり得る構造に於ては矢張り其水位下に於て surging 流量の放出可能なるべし。

#### (ニ) 發電所使用水量皆無にして水路及び調整池に満水せしめ置く時。

調整池のみに満水せしむるには問題なし。緩急自動水門の附きたる水槽まで満水せしむるには本水門上端が其水面よりも高く造らるゝこと及び溢流受口周縁も其水面まで上げ得ることを要す。

#### (ホ) 洪水其他の原因に依り水路流水増加の時。

調整池固有の溢流堤ありて夫より洪水を排除し得ば問題なし。其固有溢流堤に本自動水門を代用するも差支なし。調整池に洪水吐溢流堤又は同上自動水門無く水槽にのみ之ある場合には其自動水門の放水能力は調整池流域より來る洪水と取入水量との合計を水槽水位  $L_{13}$

にて放流せしめ得るものなるべし。其  $W_0$  は調整池満水面のとき同上合計水量を下流水路に流したる時水槽に現るゝ水位なり。調整池固有の溢流堤なく而も其満水面を高なるを許されざる場合には斯くの如き能力保證が必要なり。

(へ) 溺水時水槽調整池等の水面を高めて使用する時。

A 堤頂を平常の高さよりも高らし A 堤と本自働水門との間の水面勾配だけ本水門附屬の溢流口周縁の高さを A 堤上溢流水面より低め置けば其水面勾配に相當する流量例へば  $Q'$  を保證し得ること他の場合と同じ。

緩急自働水門の大きさ即ち其上端下端の高さ深さ及び其の幅並びに個數等以上各項目中最も條件の不利なる場合即ち運用上安全なる場合を取つて定むべきなり。夫が爲水門扉の高さ等が大に過ぐるときは (イ) より (へ) に至る各項中に與へたる條件の或ものを犠牲にし出來得る範圍の條件を満足せしめるより外なし。水門個數若干あるとき其數高を全部同一にせざるが都合よき場合も起るやも知れず。10. 節の時と同じく流量の種々なる場合に就て調査せん。

(a) 發電所使用水量若無にして責任放流量  $Q'$  の放流を本自働水門にのみ依る場合。

調整池水位低くして流況順調なる場合より考へん。自働水門の放流量は  $Q'$ 、A 堤上の溢流量は  $q-Q'$  にして其溢水面は  $h$  たり。夫より A 堤上溢流水深が見出され溢流水面が與へらるゝにより A 堤頂天高が定まる。依つて水路様式 I, II の場合には溢流受口周縁上の溢流水面を  $h_0$  に一致した。従つて溢流縁の高さは必要なる溢流水深だけ夫よりも低くなる。水路様式 III, IV の場合には A 堤と自働水門間の水路勾配だけ後者を低くす。然れば自働水門は此水面を維持する程度に於て開放す。即ち調整池への溢流水と餘水路への放流量とを  $q-Q'$  及び  $Q'$  の割合に按分す。以上は水路の流況順調なる場合とす。順調變調を問はず本項水路の流況は 10. 節 (F) (a) に同じ。故に以下記事を省略す。

(b) 發電所使用水量が零と  $Q'$  との間にして水槽溢流量と合せ責任放流量若くは夫以上を保つ場合。

是には發電所使用水量が零に近き場合をも包含するが故に  $Q'$  の放流を確保する爲には前項 (a) の如く溢流縁を調整せざるべからず。而して溢流縁が其儘に置かれたるとき發電所放水量が  $Q'$  に達すれば水槽水位が多少下り下流水路勾配が幾分急となり A 堤上溢流量が  $\alpha$  だけ減じ自働水門に  $\alpha$  だけの放流量を有することゝなるべし。つまり放流量合計は  $Q'+\alpha$  となる(自働制御上不注意の點に係る爲、 $\alpha$  だけ増量となる)。以上水路の流況順調なる場合は勿論變調なる場合に於ても流水關係は 10. 節 (F) (b) と同じ。

(c) 發電所使用水量が  $Q'$  以上なる時。

此時も溢流受口周縁の高さを (a) の時と同様になし置くべし。但し緩漫なる水位變動の際

流量對重を作動せしむるに要する溢流縁の溢流水深は二三寸以下にして無視可能なるが故に水路様式 I, II に於ては溢流縁溢流水深だけ (a) の時より高めて A 堤上溢流水面に一致せしむるも差支なく、水路様式 III, IV に於ては A 堤及び自働水門間の水路勾配だけ後者を低めて調整すべし。以下 10. 節 (F) (c) に準ず。

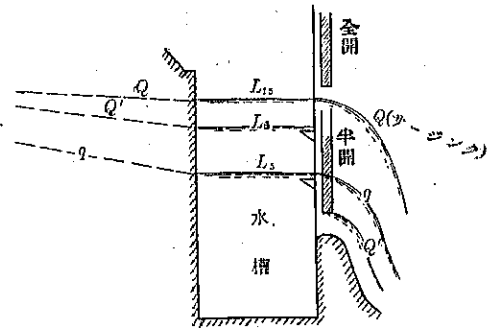
(d) 發電所使用水量が  $q$  を超過する時。

此時も前項 (c) と同様溢流縁の高さを調整し置くべし。其他 10. 節 (F) (d) に準ず。

以上各場合を通じて調整池其外水路の流状は前節 (F) に於て述べたる所と略ぼ同一なること各項末に附記したる如くにして自働水門が C, D 堤に代りたるが故に變化あること無し。下に一二の例を擧げて其流状を示さん。

$L_0, L_0$  は前節に於て規定したると同一條件の水槽水位なり。今水路流状順調なる場合を述べん。 $L_0$  水位に於て自働水門全開せば取入水量  $q$  を放流し得る様水門の敷幅調整等を定めたりとす。勿論水門天端は  $L_0$  以上なる事を要す。而して其放流を實現せしむるには溢流縁を  $L_0$  水位以下必要溢流水深を得る高さに調整定着せざるべからず。此寸法の自働

第十一圖



水門を以て  $L_0$  水位に於て責任放流量  $Q'$  を放流せしめんには溢流縁を  $L_0$  水位以下必要溢流水深を得る高さに調整換して定着せざるべからず。然らば自働水門は半開の状態に於て  $Q'$  を放流す。

次に又此自働水門を以て surging 際の流量を放出せしめんとならば溢流縁は  $L_0$  水位より  $Q'$  を保證する位置に定着したるまゝ之に對應處理せざるべからず。自働水門が其 surging 流量を  $L_0$  以下にて放出する大さを有する場合には同水門は半開すべし。然れども自働水門の大きさ如何に依つては此流量を放出するに  $L_0$  以上の水位例へば  $L_{10}$  を要する事あるべし。斯かる水門は其底面が  $L_{10}$  以上になる程の揚程を要すれども、流量對重の上下動程に其揚程あらずば差支なし。結局水門の揚程と水槽壁天端高とは調整池満水にして發電所使用水量最小時に起る surging 流量と自働水門の大きさとに依つて決せらるべし。否之等の條件は互に關聯して決せらるゝものとす。

以上は水路流状順調なる時の狀況なり。調整池水位が調整池固有の溢流堤天端と逆流堤水門前水路水位との中間に在るときは水路の流状は變調を呈す。此時は或流量に對する水門

水位が一定せざるに依り自動制御の範圍を脱出する事 10. 節に於て述べたると同じ。是は本問題の範圍外なれば委しくは論ぜざれども自動水門を初め水路の構造は其最も事情不利なる場合に支障なきやう設計すべきものなり。其上調整池の如きは成るべく排水能力充分なる固有溢流堤又は緩急自動水門を備へ自動制御装置を初め下流水槽等の安全率負擔を軽減すべきものとす。

附記 本文は凡て水位及び流量の自動制御方式に係る場合のみに就き述べたれば緩急自動水門も夫に關してのみ記述したり。然れども本自動水門を自動制御方式に非ざる普通水路に應用することは何等差支なきのみならず構造も幾分簡略ならしむることを得べく、例へば溢流縁の高きを或標準水面に一定固着せしめ得るが如し。

### (C) 緩急自動水門の設計々算 (第十二圖及び附圖第二, 第三参照)

#### (甲) 水門の放流量

水門幅 16.5 尺, 門扉高 16.5 尺, 個數 40 個にして surging の流量に對しては 1 個を豫備として取入水量  $q=4550$  個, 責任放水量  $Q'=3315$  個に對しては豫備なくも必ずしも危険ならざるにより 4 門を使用す。

$$(i) \quad Q=6500 \text{ 個}, \quad b=16.5 \times 3=49.5 \text{ 尺}$$

$$Q=3.33bH^{\frac{3}{2}}=3.33 \times 49.5H^{\frac{3}{2}}=6500$$

$$H^{\frac{3}{2}}=\frac{6500}{104.835}=39.432, \quad H=11.585 \text{ 尺}$$

即ち水門扉は 12.0 尺揚れば宜し。

水門幅 16.5 尺, 個數 4 個豫備なしとし。

$$(ii) \quad q=4550 \text{ 個}, \quad b=16.5 \times 4=66.0 \text{ 尺}$$

$$q=3.33 \times 66H^{\frac{3}{2}}=4550$$

$$H^{\frac{3}{2}}=\frac{4550}{219.78}=20.703, \quad H=7.5397 \text{ 尺}$$

$$(iii) \quad Q'=3315 \text{ 個}, \quad b=16.5 \times 4=66.0 \text{ 尺}$$

$$Q'=3.33 \times 66H^{\frac{3}{2}}=3315$$

$$H^{\frac{3}{2}}=\frac{3315}{219.78}=15.085, \quad H=6.1049 \text{ 尺}$$

#### (乙) 水門扉及び附屬装置の設計

(A) 水門扉の重量に對し流量對重の風袋を定め水門扉の水壓摩擦に對し對重内容水の重量を定むること。

水槽水位が水門扉天端と一致したる時に起る水壓力及び水壓摩擦力を基準とす。但し門扉運動の加速度を生ぜしむる爲、夫より稍々丈高き假想水門扉を用ふることあり。

符號定めを爲すこと下の如し。

$G$ : 水門扉の重量。

$C_1$ : 添加對重の重量。

$C_2$ : 流量對重水容器の重量。

IV: 流量對重に満ちたる水の重量。

$k$ : 水槽水位が水門扉天端にある場合に水門扉下端の水深、即ち  $k$  は水門の扉丈に當る。

$k'$ :  $k$  より稍々大なる水深即ち假想水門扉高。

$f$ : 水門扉開閉の摩擦係數、但し兩側の水切板鋼索滑車等一切の抵抗を含む。

$b_1$ : 浮箱の水平幅。

$b_2$ : 水門扉の水壓を受くる部分の幅。

$b_3$ : 水門扉底部上水壓力を受くる部分の幅。

$e$ : 同上前後の深さ。

$w$ : 水 1 立方尺の目方。

$r$ : 流量對重の半徑。

$A$ : 同上 1 個の水平斷面積。

II: 同上の高さ。

V: 同上 1 個の内容積。

$P_m$ : 水門扉面上の最大水壓力、但し水槽水面が門扉天端と一致したる場合を探る。

$R_m$ : 同上のときに於ける門扉底の浮力。

$P_c$ :  $C_1, C_2$  及び  $W$  を定むる時の門扉の水壓力にして或常數、但し水門扉假想高  $k'$  を探る。

$R_c$ : 同上の時の門扉底の浮力にして或常數、但し水門閉鎖中のみ働き開放中は零又は負數になることあるべし。

$P_v$ : 或任意の水位に於ける垂直門扉面の水壓力。

$R_v$ : 同上に於ける門扉底の浮力、但書  $R_c$  に同じ。

$\alpha$ : 同上に於ける門扉の開閉加速度、但し計算の條件に合致する瞬間だけの加速度。

$F_v$ : 同上に於ける浮箱の浮力又は其内容水の重量、即ち水門開放の場合  $y$  と同一深さの浮箱内空積の浮力又は水門降下の場合  $y$  と同一水深の浮箱内の水の重量。

$i$ : 浮箱の有効率、即ち通水孔よりの侵入水又は漏出水を控除したる殘容積の全容積に對する割合。

$a$ : 浮箱の前後徑。

$y$ : surging の初より門扉が(計算上)動き始むる迄に上る水槽水深、又は水槽水位が急速に下る際其初より門扉が動き始むる迄に下る水槽水深。

$d$ : surging の起る水位より水門扉下底までの深さ。

$$h = d + y$$

水門扉天端までの水位を水槽水位の最高として計算する時は水門扉面に働く最大水壓力及び同底面に働く上壓力は次の如し。

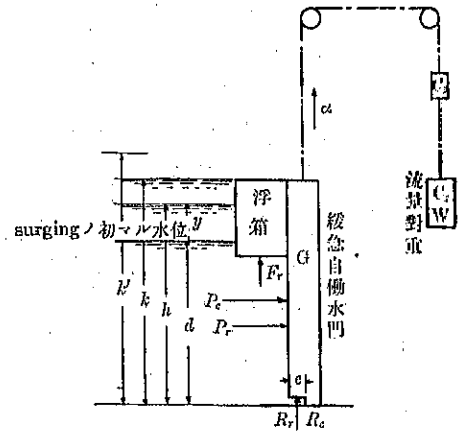
$$P_m = \frac{k^2}{2} b_2 w$$

$$R_m = e b_3 k w$$

今水槽水位が上の場合の時水門扉が水壓力及び門扉底面の上壓力に抗して降下し又は均衡する爲には流量對重が空の時

$$G - f P_m - R_m \geq C_1 + C_2 \dots (1)$$

第十二圖





同一事情に於て  $C_2$  對重に水入り水門扉が上昇し又は均衡する爲には

$$G + fP_m - R_m \leq C_1 + C_2 + W \quad \dots\dots\dots(2)$$

此二式の左邊と左邊、右邊と右邊とを差引すれば

$$2fP_m \leq W \quad \dots\dots\dots(3)$$

即ち此場合門扉は (1) 式により對重の風袋 ( $C_1 + C_2$ ) よりも重きこと  $fP_m + R_m$  又は夫以上なることを要す。換言せば對重の目方は  $G - fP_m - R_m$  に等しきか又は夫よりも小なることを要す又  $C_2$  内の水の重きは  $2fP_m$  に等しきか又は夫よりも大なることを要す。

依つて水門扉の運動の加速度發生の爲實際の丈よりも大なる  $k'$  を假想し其天端まで満水したる場合を考へて  $P_c, R_c$  を算出し夫に依つて  $C_1, C_2$  及び  $W$  の大きさを決定すべし即ち

$$P_c = \frac{k'^2}{2} b_2 w, \quad R_c = c b_2 k' w$$

なり。但し  $R_c$  は水門扉閉塞の場合以外には働かざるべきにより之を無視して (1) 式及び (2) 式を

$$G - fP_c = C_1 + C_2 \quad \dots\dots\dots(1')$$

$$G + fP_c = C_1 + C_2 + W \quad \dots\dots\dots(2')$$

となし夫によつて  $C_1 + C_2$  の大きさを決定する方適當ならん。

次に再び (1) 式に戻りて考ふるに  $C_1 + C_2$  は鋼索を以て釣られ tension に耐ふるのみにして compression には働かざるにより  $C_1 + C_2 \geq 0$  なる場合のみ成立す。従つて

$$G - fP_m - R_m \geq 0 \quad \dots\dots\dots(4)$$

尙ほ (2) 式に於ても同様なるを以て

$$G + fP_m - R_m \geq 0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

(4) 式が成立てば (5) 式も成立つこと明かなり。つまり  $R_m$  中の  $e$  を餘り大にして水門扉を舟の様にすれば常に浮き立ち押へ付くるに困難を感じるに至る(實際問題には少し違けれども理論上) 尙ほ (4) 式に反すれば對重の鋼索を緩めても水門扉は降下せず (5) 式に反すれば鋼索を緩むるも水門扉は開放せらる。斯かる場合には添加對重  $C_1$  を負數とし之を水門側に附して夫を矯正すべし。

水門扉に水壓無き場合は如何。  $G$  と  $C_1 + C_2$  との差は (1) 式の等號を採りたる時  $fP_m + R_m$  に等しきを以て門扉に水壓力なく  $C_2$  に水無ければ水門扉は  $fP_m + R_m$  の力を以て降下す。此場合門扉に水壓力なき儘  $C_2$  に満水し  $W = 2fP_m$  の重きが加れば  $fP_m - R_m$  に等しき力を以て水門扉は引揚げらる。而して左右の流量對重  $C_2$  に半量宛の水が溜れば水門扉と對重とは均衡を保ち門扉は定着するか又は等速運動をなす。

次に假想水面高を  $W$  用ひたる (1') 及び (2') 式に付き夫等を下の如く書き換ふれば如上の關係が一目判然すべし。

$$G - fP_c = C_1 + C_2$$

$$G + fP_c = C_1 + C_2 + W$$

$$2fP_c = W$$

$$G = C_1 + C_2 + \frac{W}{2}$$

例 1 水門扉の假想高を 17 尺とし其天端まで満水したるものと假定して  $C_2$  水容器の大きさを定めん。

$$(3) \text{ 式より } W = 2fP_c = 2f \frac{k'^2}{2} b_2 w$$

$$= 2 \times 0.1 \times \frac{17^2}{2} \times 18w = 2 \times 200.1w$$

鐵製輾動水門扉鋼索鐵製滑車等に於ては  $f=0.10$  乃至  $0.15$  が普通ならん。以下  $f=0.10$  を以て計算せん。

$C_2$  容器を左右の二個とし其高さ  $H$  を  $9.0$  尺とす。然らば

$$\frac{IV}{2} = 9\pi r^2 w$$

$$\pi r^2 = \frac{IV}{2 \times 9w} = 28.9, \quad r = \sqrt{\frac{28.9}{3.1416}} = 3.0 \text{ 尺}$$

$$D = 2r = 6.0 \text{ 尺}$$

故に  $C_2$  の大きさは高さ  $9.0$  尺、半徑  $3.0$  尺、直徑  $6.0$  尺の圓筒とす。

$C_2$  の水平斷面積  $A = \pi r^2 = 3.1416 \times 3^2 = 28.9$  平方尺

容積  $V = AH = 28.9 \times 9.0 = 260.0$  立方尺

左右2個の  $C_2$  の容積  $2V = 520.0$  立方尺

$C_2$  内の水の重量  $IV = 520w = 14.49 \text{ tons}$

$C_2$  容器の上縁より溢流する水深に相當する容積の水の重量も  $IV$  の中に加はるべけれど今は夫を除外す。

例 2 前例と同一事情に於て  $C_1 + C_2$  即ち對重の風袋を定めん。

(1) 式により  $G - fP_c - R_c = C_1 + C_2$

本問題に係る水門扉の重量は正式に設計の上、其各部重量を拾ひ集めしに  $15$  噸許あり故に以下常に  $G = 15$  噸として計算す。

$$15 \text{ 噸} = 537.6w, \quad P_c = 260.1w$$

$$R_c = eb_0l'w$$

$$\text{故に} \quad e = 0.5 \text{ 尺}, \quad b_0 = 17.0 \text{ 尺}, \quad l' = 17.0 \text{ 尺}$$

$$\therefore R_c = 144.5w$$

$$C_1 + C_2 = 537.6w - 260.1w - 144.5w = 133.0w = 3.7 \text{ tons}$$

此例に於て  $R_c = 0$  とせば

$$G - fP_c = C_1 + C_2$$

$$C_1 + C_2 = 537.6w - 260.1w = 277.5w = 7.73 \text{ tons}$$

即ち水門扉下底の上壓力を考へざる時は考ふる時よりも對重の必要重量が増加す (流量對重内容水には變りなし)。

溢流線の長さ及び其溢流量。

水門扉1個に付き2個の溢流線を用ふ。

$$b = \pi R + 2 \times 3 = 3.1416 \times 3 + 2 \times 3 = 15.425$$

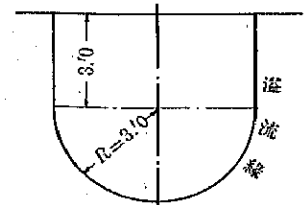
溢流量  $Q = 3.33 b H^{\frac{3}{2}}$

$H$ (尺)	$H^{\frac{3}{2}}$	$Q = 3.33 b H^{\frac{3}{2}}$ (立方尺/秒)
1.0	1.0	51.365
1.5	1.84	94.512
2.0	2.83	145.364
2.5	3.95	202.803
3.0	5.2	267.098

流量對重水容器1個の容積は  $260.0$  立方尺なり。

溢流線は水容器1個に付き1個宛なるが故に各溢流水深に於ける所要満水時間は漏水孔よりの漏水無きものとして

第十三圖



$$\begin{aligned}
 H=1.0 \text{ の時} & \quad \frac{260}{51.365} = 5.0 \text{ 秒} \\
 =1.5 \text{ " } & \quad \frac{260}{94.512} = 2.7 \text{ " } \\
 =2.0 \text{ " } & \quad \frac{260}{145.364} = 1.7 \text{ " } \\
 =2.5 \text{ " } & \quad \frac{260}{202.893} = 1.2 \text{ " } \\
 =3.0 \text{ " } & \quad \frac{260}{267.098} = 1.0 \text{ " }
 \end{aligned}$$

(B) 水槽の surging に對し浮箱のみにて水門扉の昇降するや或は均衡するや浮箱の大きさを定むること。

浮箱内容水が働き門扉降下の時

$$G - iF_r - fP_r - R_r \geq C_1 + C_2 \dots\dots\dots(6)$$

浮箱の浮力が働き門扉上昇の時

$$G - iF_r + fP_r - R_r \leq C_1 + C_2 \dots\dots\dots(7)$$

今 (1) 式によりて對重の大きさを定め  $C_1 + C_2 = G - fP_c - R_c$  とし上式中等號を取る時は、

門扉降下の時

$$\begin{aligned}
 G - iF_r - fP_r - R_r &= G - fP_c - R_c \\
 \therefore iF_r &= fP_c + R_c - fP_r - R_r \dots\dots\dots(8)
 \end{aligned}$$

門扉上昇の時

$$\begin{aligned}
 G - iF_r + fP_r - R_r &= G - fP_c - R_c \\
 iF_r &= fP_c + R_c + fP_r - R_r \dots\dots\dots(9)
 \end{aligned}$$

$R_c = 0, R_r = 0$  とする時は

$$\left. \begin{aligned}
 \text{門扉の閉づる時} & \quad iF_r = fP_c - fP_r \\
 \text{門扉の開く時} & \quad iF_r = fP_c + fP_r
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

之を書直せば

$$\text{門扉の閉づる時} \quad iF_r + fP_r = fP_c = \frac{W}{2}$$

$$\text{門扉の開く時} \quad iF_r - fP_r = fP_c = \frac{W}{2}$$

即ち浮箱の浮力と水圧による摩擦力との和又は差が  $fP_c = \frac{W}{2}$  に等しき時水門扉は將に閉ぢんとし又は將に開かんとする界限状態にあり。



(10) 式門扉の開く場合に於て  $fP_r = fP_c$  とする時は

$$iF_r = 2fP_c = W$$

なる式を得。是は浮箱のみにて水門扉を昇降せしむるには其浮力が矢張り  $C_2$  對重内容水の重量に等しきことを要する意味なり。此時の浮箱の有効容積を  $V$  とせば

$$iVw = 2fP_c$$

$$ib_1xyw = 2f \frac{k^2}{2} b_2w$$

$$ib_1xy = fk^2 b_2$$

例 3 浮箱下端より surging が起り surging water が或高さに達し浮箱のみにて將に水門扉の上昇し初めんとする浮力を生ずべき浮箱の前後徑如何。

$$\begin{aligned}
 d &= 9.0 \text{ 尺}, & y &= 6.0 \text{ 尺}, & h &= d+y=15.0 \text{ 尺} \\
 b' &= 17.0 \text{ 尺}, & b_1 &= 15.5 \text{ 尺}, & b_2 &= 18.0 \text{ 尺}, & b_3 &= 17.0 \text{ 尺} \\
 f &= 0.1, & i &= 0.8, & x & \text{如何}
 \end{aligned}$$

(10) 式により

$$iFr = fP_c + fP_r$$

$$P_c = \frac{b'^2}{2} b_2 w = 2\,601.0w, \quad P_r = \frac{h^2}{2} b_2 w = 2\,025.0w, \quad Fr = b_1 x y w = 93.0w$$

$$\therefore 0.8 \times 93.0w = 0.1 (2\,601 + 2\,025)$$

$$x = 6.22 \text{ 尺}, \quad b_1 x y = 578.46 \text{ 立方尺}$$

若し  $y = 7.5$  尺とせば

$$b_1 x y = 723.08 \text{ 立方尺}$$

或速さの surging water に對して  $i = 0.8$  になるやう調整し置きたるとき其速さが増大すれば  $i > 0.8$  になり、若し又其速さが減少すれば  $i < 0.8$  になり浮箱單獨りにて水門開放の力を失ふに至る。

(C) 水門扉昇降運動の計算

(I) 水槽水面が徐々に昇降する場合。

此時は計算上浮箱は働かず流量對重のみ作用するものと假定す。

mass  $\times$  acceleration = force or weight なるにより門扉の閉づる時は下の關係が成立す

$$\frac{G - C_1 - C_2 - fP_r - R_r}{g} y = \frac{G + C_1 + C_2}{g} \alpha \dots\dots\dots (11)$$

門扉の開く時は下の關係が成立す

$$\frac{C_1 + C_2 + W - G - fP_r + R_r}{g} g = \frac{G + C_1 + C_2 + W}{g} \alpha \dots\dots\dots (12)$$

(11) 式より

$$\alpha = \frac{G - C_1 - C_2 - fP_r - R_r}{G + C_1 + C_2} g \dots\dots\dots (13)$$

(12) 式より

$$\alpha = \frac{C_1 + C_2 + W - G - fP_r + R_r}{C_1 + C_2 + W + G} g \dots\dots\dots (14)$$

$P_c$  は或る假想水位に於ける門扉の水平水壓力にして、 $R_c$  は同上の時に於ける門扉底の浮力なり。既に (A) 項中に示したるが如く下の如き關係によりて對重  $C_2$  の容量即ち水の重量を定む。同時に又  $C_1 + C_2$  の重量を定む。

門扉下降の時  $G - C_1 - C_2 - fP_c - R_c = 0 \dots\dots\dots (15)$

門扉上昇の時  $C_1 + C_2 + W - G - fP_c + R_c = 0 \dots\dots\dots (16)$

兩式の左邊を合すれば  $W - 2fP_c = 0$

$$\therefore W = 2fP_c \dots\dots\dots (17)$$

(15) 式により

$$C_1 + C_2 = G - (fP_c + R_c) \dots\dots\dots (17')$$

(13) と (15) とより

門扉下降の時  $\alpha = \frac{(fP_c - fP_r) + (R_c - R_r)}{2G - fP_c - R_c} g \dots\dots\dots (18)$

(14) と (16) とより

門扉上昇の時  $\alpha = \frac{(fP_c - fP_r) - (R_c - R_r)}{2G + fP_c - R_c} g \dots\dots\dots (19)$

上式に於て  $\alpha \geq 0$  なることを要す。然るに分母は何れも 0 より大なり。如何となれば對重内容水背無の時水門は自重により降下せざるべからざるを以て  $G > fP_r + R_c$  なる關係が成立する故なり。若し水門を輕金屬等にて構成せば此關係が成立せざることあるべきも、其時は  $C_1$  を水門側に附けて其不成立を防ぐべし。故に  $\alpha \geq 0$  なる爲には分子が  $\geq 0$  なることを要す。 $\alpha > 0$  ならば門扉が動き、 $\alpha = 0$  ならば定着又は等速運動となる。

$$fP_c - fP_r + R_c - R_r \geq 0$$

$$(fP_c - fP_r) - (R_c - R_r) \geq 0$$

若し  $\alpha < 0$  なる時は閉ぢんとする時に開き開かんとする時に閉づる結果となる。然れども其時は上式中  $-fP_r$  が  $+fP_r$  となる ( $fP_c$  は constant number にして變らず) 即ち (18), (19) 兩式の分子は次の如くなる。

$$fP_c + fP_r + R_c - R_r$$

$$fP_c + fP_r - (R_c - R_r)$$

之等が  $\geq 0$  なる間は  $\alpha \geq 0$  なれども、 $< 0$  になれば  $\alpha < 0$  となり門扉は逆運轉をなす。併し實際に於て  $R_c, R_r$  等は  $fP_c, fP_r$  等比し其値小なるを以て上二式が  $< 0$  になり得ず。即ち逆運轉をなさず。

以上の結果を一括すれば

門扉の閉づる時  $fP_c - fP_r + R_c - R_r > 0$

門扉の開く時  $fP_c - fP_r - (R_c - R_r) > 0$

なる間は門扉は順當に動き

門扉の閉づる時  $fP_c - fP_r + R_c - R_r = 0$  乃至  $fP_c + fP_r + R_c - R_r = 0$

門扉の開く時  $fP_c - fP_r - (R_c - R_r) = 0$  乃至  $fP_c + fP_r - (R_c - R_r) = 0$

なる間は門扉は定着又は等速運動をなし。

門扉の閉づる時  $fP_c + fP_r + R_c - R_r < 0$

門扉の開く時  $fP_c + fP_r - (R_c - R_r) < 0$

なる時は門扉は逆運轉をなす。

$R_c$  及び  $R_r$  を 0 とする時 (18) 及び (19) 兩式は次の如くなる。

$$\left. \begin{aligned} \text{門扉下降の時} \quad \alpha &= \frac{fP_c - fP_r}{2G - fP_c} g \\ \text{門扉上昇の時} \quad \alpha &= \frac{fP_c - fP_r}{2G + fP_c} g \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (23)$$

例 4  $C_2$  水容器に満水し水槽水位が門扉の天端より 1 尺 5 寸下まで満水したる場合。

$x = 3.0, \quad k' = 17.0, \quad h = 15.0, \quad e = 0.5, \quad b_0 = 17.0, \quad \alpha$  如何

$P_c = \frac{k'^2}{2} b_2 w = 2601 w, \quad P_r = \frac{k^2}{2} b_2 w = 2025 w,$

$R_c = e b_0 k' w = 144.5 w, \quad R_r = e b_0 l w = 127.5 w$

$f = 0.1 \quad G = 15 \text{ tons} = 537.8 w$

然らば門扉上昇加速度は (19) 式により

$$\alpha = \frac{(fP_c - fP_r) - (R_c - R_r)}{2G + fP_c - R_c} g = 1.09 \text{ 尺/秒}^2$$

此例に於て  $R_c = 0, R_r = 0$  とする時は (20) 式により

$$\alpha = \frac{fP_c - fP_r}{2G + fP_c} g = 1.39 \text{ 尺/秒}^2$$

(II) 水槽水面が急速に昇降し浮箱が働く場合。

此時は流量對重の働かぬ場合と働く場合とを別々に考ふ。

(I) 流量對重  $C_2$  が空虚にして浮箱の内容水(初より或深さの水があるものとして)及び水門扉の自重が働きて門扉の閉づる時は下の關係が成立す。但し  $F_r$  は浮力に非ずして重力なり。

$$\frac{G - C_1 - C_2 + iF_r - fP_r - R_r}{g} = \frac{G + C_1 + C_2 + iF_r}{g} \alpha \dots\dots\dots(21)$$

$$\alpha = \frac{G - C_1 - C_2 + iF_r - fP_r - R_r}{G + C_1 + C_2 + iF_r} g \dots\dots\dots(22)$$

對重  $C_1$  の容量は (I) の場合に定めたと同一にして  $W = 2fP_0$ 。

(15) 式より  $G - C_1 - C_2 = fP_0 + R_0$

$$\therefore \alpha = \frac{fP_0 + R_0 + iF_r - fP_r - R_r}{2G - fP_0 - R_0 + iF_r} g \dots\dots\dots(23)$$

(II) 流量對重  $C_2$  が空虚にして浮箱の浮力(初め空虚のものとする)のみ働き水門扉の開く場合には

$$\frac{C_1 + C_2 - G + iF_r - fP_r + R_r}{g} = \frac{C_1 + C_2 + G + (1-i)F_r}{g} \alpha \dots\dots\dots(24)$$

$$\alpha = \frac{C_1 + C_2 - G + iF_r - fP_r + R_r}{C_1 + C_2 + G + (1-i)F_r} g \dots\dots\dots(25)$$

(15) 式より  $C_1 + C_2 = G - fP_0 - R_0$

依つて上式は次の如くなる

$$\alpha = \frac{-fP_0 - R_0 + iF_r - fP_r + R_r}{2G - fP_0 - R_0 + (1-i)F_r} g \dots\dots\dots(26)$$

$\alpha \geq 0$  なる爲には前と同じく分子が 0 に等しきか又は 0 より大なるを要す。若し  $R_0, R_r$  を無視する時は  $\alpha \geq 0$  なる爲には  $iF_r \geq fP_0 + fP_r$  なることを要す。之は(乙)(B)にて得たる結果と同じなり。尚て其時は

$$\alpha = \frac{-fP_0 + iF_r - fP_r}{2G - fP_0 + (1-i)F_r} g \dots\dots\dots(27)$$

例 5 浮箱の下端より surging が起り  $C_2$  に水の入らざる場合浮箱の前後徑を 7.0 尺とす。

$d = 9.0$  尺,  $y = 6.0$  尺,  $h = d + y = 15.0$  尺,  $x = 7.0$  尺

$h' = 17.0$  尺,  $f = 0.1$ ,  $i = 0.8$ ,  $b_1 = 15.5$  尺

$P_0 = \frac{h'^2}{2} b_2 w = 2601 w$ ,  $P_r = \frac{h^2}{2} b_2 w = 2025 w$

$F_r = b_1 x y w = 651 w$ ,  $G = 537.6 w$

(27) 式より

$$\alpha = \frac{-fP_0 + iF_r - fP_r}{2G - fP_0 + (1-i)F_r} g = 2.0 \text{ 尺/秒}^2$$

(III) 流量對重  $C_2$  に水入り浮箱も働きて水門扉の開く場合。

$$\frac{C_1 + C_2 + W - G + iF_r - fP_r + R_r}{g} = \frac{C_1 + C_2 + W + G + (1-i)F_r}{g} \alpha \dots\dots\dots(28)$$

$$\alpha = \frac{C_1 + C_2 + W - G + iF_r - fP_r + R_r}{C_1 + C_2 + W + G + (1-i)F_r} g \dots\dots\dots(29)$$

今  $W = 2fP_0$  をとり又 (16) 式より  $C_1 + C_2 + W - G = fP_0 - R_0$

故に (29) 式より  $\alpha = \frac{fP_0 - R_0 + iF_r - fP_r + R_r}{2G + fP_0 - R_0 + (1-i)F_r} g \dots\dots\dots(30)$

此式に於て  $\alpha \geq 0$  なるを要すること (I) の場合と同じ

$$R_c, R_r \text{ を無視する時は } \alpha = \frac{fP_c + iE_r - fP_r}{2G + fP_c + (1-i)E_r} g \dots\dots\dots (31)$$

此時  $fP_c + iE_r - fP_r \geq 0$  ならしめば  $\alpha \geq 0$  は成立す。然るに水槽水位が水門扉天端以上に上らざる限り  $P_c > P_r$  なる關係は常に成立するを以て  $fP_c + iE_r - fP_r > 0$  なり。

$C_2$  に水満ち浮箱の中間の水位より surging が起る時浮箱内に surging の當初より存在せし死水は水門の質量の中に加ふべし。

例 6 浮箱の下端より surging が起り同時に  $C_2$  に水の注入する場合。

$$\begin{aligned} d &= 0.0 \text{ 尺,} & y &= 3.0 \text{ 尺,} & x &= 3.0 \text{ 尺,} & h' &= 17.0 \text{ 尺} \\ b_1 &= 15.5 \text{ 尺,} & b_2 &= 18.0 \text{ 尺,} & b_3 &= 17.0 \text{ 尺,} & e &= 0.5 \text{ 尺} \\ G &= 15.0 \text{ 噸,} & g &= 32.2 \text{ 尺/秒}^2, & i &= 0.8, & f &= 0.1 \\ h &= d + y = 12.0 \text{ 尺} \end{aligned}$$

$$(30) \text{ 式により } \alpha = \frac{fP_c - R_c + iE_r - fP_r + R_r}{2G + fP_c - R_c + (1-i)E_r} g$$

$R_c = 0, R_r = 0$  とする時は

$$(31) \text{ 式により } \alpha = \frac{fP_c + iE_r - fP_r}{2G + fP_c + (1-i)E_r} g$$

$$P_c = \frac{h^2}{2} b_2 w = 2601 w, \quad P_r = \frac{h^2}{2} b_3 w = 1296 w$$

$$iE_r = 0.8 b_1 x y w = 111.6 w, \quad (1-i)E_r = 0.2 b_1 x y w = 27.5 w$$

$$G = 537.6 w$$

$$\therefore \alpha = 5.72 \text{ 尺/秒}^2$$

水門扉が此加速度を與へらるゝ時 surging の速度に追隨し得るや否やを見ん。

Surging に付き Allievi's formula によつて計算するところに依れば 6500 個の使用水量が 2 秒間に停止したる場合の surging の最大速度は 0.987 毎秒尺なり。略數を探り之を  $v = 1.0$  尺/秒とす。  $\alpha = 5.0$  尺/秒<sup>2</sup> の上昇加速度 (概數) を有する水門扉が其速度即ち毎秒 1.0 尺を出すに要する時間は

$$\alpha t = v, \quad 5.0t = 1.0, \quad t = 0.2 \text{ 秒}$$

即ち 0.2 秒を以て水門扉は surging の速度と同一速度を生ず。

溢流縁を最初 surging の始まる水位に置きたりとす。 surging の高さ  $y = 3.0$  尺なれば溢流縁の溢流水深は 0 尺より 3.0 尺に及び平均は 1.5 尺なり。其溢流量を以て  $C_2$  に満水せしむるに要する時間は溢流縁の長さの計算に於て示したる通り 2.7 秒を要す。漏水孔よりの漏水を參照して之を 3.0 秒と見做す。 3.0 秒間に水槽水位は  $1.0 \times 3.0 = 3.0$  尺上昇す ( $y = 3.0$ )。即ち此計算に於ては surging の初より 3.0 秒後水門扉は上昇運動を始め 3.2 秒後には水門扉の上昇運動は surging の上昇速度に追付き以後は夫を凌駕することとなる。



$t = 0.2$  秒間に水槽水面の上昇する程度は  $1.0 \times 0.2 = 0.2$  尺なり。

同時間中に水門扉の上昇する程度は

$$\frac{0 + 0.2}{2} = 0.1 \text{ 尺なり。}$$

故に surging の初より水門扉の上昇速度が surging の速度と一致する迄に浮箱が水中に没する深さは  $3.0 + 0.2 - 0.1 = 3.1$  尺なり。

例 7 浮箱の下端より surging が起り溢流縁が浮箱下端より 3 尺上位にある場合。

$$d = 9.0 \text{ 尺,} \quad y = 6.0 \text{ 尺,} \quad x = 3.0 \text{ 尺}$$

其他例 6 に同じ

$$\begin{aligned} h &= d + y = 15.0 \text{ 尺}, & P_c &= 2601 w, & P_r &= 2025 w \\ iF_r &= 223.2 w, & (1-i)F_r &= 55.8 w \\ G &= 537.6 w, & 2G &= 1075.2 w \end{aligned}$$

$$(31) \text{ 式により } \alpha = \frac{fP_c + iF_r - fP_r}{2G + fP_c + (1-i)F_r} g = 6.50 \text{ 尺/秒}^2$$

浮箱下端より 3.0 尺上位に於て溢流線の溢流が始まり凡そ 3.0 秒間に  $C_2$  に満水すること前例と同じとす。水槽水面の上昇速度は前例の如く  $v=1.0$  尺なるにより  $y=6.0$  尺上には  $\frac{6.0}{1.0}=6.0$  秒を要す。此後半分の時間中に  $C_2$  は満水す。即ち surging の初より 6.0 秒後に水門扉は上昇運動を始む。そして surging velocity と同一速度を得るに要する時間は

$$t = \frac{1.0}{6.5} = 0.15 \text{ 秒}, \quad 6.0 + 0.15 = 6.15 \text{ 秒}$$

即ち surging の初より 6.15 秒後には水門扉の上昇速度が水槽水面の上昇速度と一致し夫より後は水門扉の方速度大となる。

$t=0.15$  秒間に水槽水面の上昇する程度は  $1.0 \times 0.15 = 0.15$  即ち 1 寸 5 分に過ぎず。同時間中に水門扉の上昇する程度はこの半分即ち  $\frac{0.15}{2}$  なり。故に surging の初より水門扉の上昇速度が surging water の速度と一致する迄に浮箱が水中に没する深さは  $6.0 + 0.15 - \frac{0.15}{2} = 6.075$  尺なり。故に浮箱の深さ 7.5 尺れば此場合に差支なし。然れども水門扉運用の實際を察するに此場合  $y=6.0$  尺に達せず  $C_2$  にも満水せざる前に浮箱と流量對重との合同作用に依つて水門扉は上昇運動を始むるものに非ざるか。換言せば上昇加速度が毎秒に付毎秒 6.77 尺に達せざる前に緩かに上昇を始むべし。唯以上は設計上安全にして簡便なる計算法によりたるのみ。

例 8 前々例に於て  $y=1.0$  の時  $\alpha$  如何。

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{k'^2}{2} b_2 w = 2601 w, & P_r &= \frac{h^2}{2} b_2 w = 900 w \\ iF_r &= 0.8b_1 x y w = 37.2 w, & (1-i)F_r &= 9.3 w \\ G &= 537.6 w \\ \alpha &= \frac{fP_c + iF_r - fP_r}{2G + fP_c + (1-i)F_r} g = 4.96 \text{ 尺/秒}^2 \end{aligned}$$

例 9 浮箱の中間 (下端より 3.0 尺上) より surging が起り  $C_2$  に水の満つる場合  $\alpha$  如何。

$$d = 12.0 \text{ 尺}, \quad y = 3.0 \text{ 尺}, \quad h = d + y = 15.0 \text{ 尺}$$

初より浮箱内にある水の重量を  $F_r'$  とす。其他は前例と同じ

$$(31) \text{ 式の變形より } \alpha = \frac{fP_c + iF_r - fP_r}{2G + fP_c + (1-i)F_r + F_r'} g$$

$$\begin{aligned} P_c &= \frac{k'^2}{2} b_2 w = 2601 w, & P_r &= \frac{h^2}{2} b_2 w = 2025 w \\ F_r' &= 3b_1 x w = 139.5 w, & iF_r &= 0.8b_1 x y w = 111.6 w, & (1-i)F_r &= 27.0 w \\ G &= 537.6 w \end{aligned}$$

$$\therefore \alpha = 3.63 \text{ 尺/秒}^2$$

此場合にも溢流線を浮箱下端より 3.0 尺上に置きたりとす。然らば surging の始まると同時に  $C_2$  に浮水が始まる。そして 3.0 秒後に即ち  $y=3.0$  尺に達する迄に  $C_2$  は満水す。

$$t = \frac{1.0}{3.63} = 0.275 \text{ 秒}, \quad 3.0 + 0.275 = 3.275 \text{ 秒}$$

即ち surging 開始後 3.275 秒にして surging の水と水門扉と同一上昇速度になる。其時迄に昇る水槽



水深は  $1.0 \times 3.275 = 3.275$  即ち 3.275 尺なり。t 時間中水門扉の上昇する程度は  $\frac{0.275}{2}$  なり。故に surging の初より水門扉が surging と同一速度を得るまでに浮箱が水中に没する深さは

$$3.275 - \frac{0.275}{2} = 3.14 \text{ 尺}$$

なり。即ち此時までに浮箱下端が水面下に没入する尺数は  $3.0 + 3.14 = 6.14$  尺なり。

## II. 緩急自動水門を堰堤式發電所の堰堤に應用する場合

堰堤の洪水吐水門或は水槽の餘水吐水門に緩急自動水門を應用す。水門軀體は獨り Stoney 式に限らず Tainter gate にても Caterpillar gate にても或は工夫せば rolling dam にても宜しからんと考へらる。何れも浮箱と流量對重とに依つて水門扉又は開閉軀體を自動的に開かしめ又鎖さしむ。

發電所急停電の場合と雖も調整池又は貯水池水位の急騰なし。洪水の際も普通水路に於ける surging の時程水門上流水面の急昇なし。故を以て水門扉の開閉は自ら緩漫なり。且又洪水の際は流水豊富なるを以て水門幾個ありとも同時に對重に注水することを得べく、此點電動捲揚裝置等に優れり。

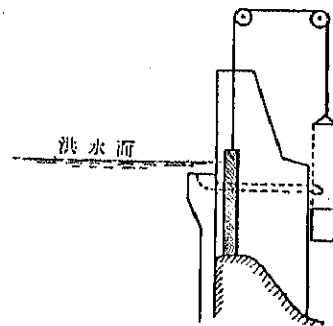
水門の排水能力は過去の記録的洪水を放流するに堪ふべく豫備門 1 個以上總數の一割を備ふるが安全なり。

對重水容器注水の溢流受口は流木等に破壊せられぬやう工夫に造り腐蝕を完全にすべし。冬季は氷結防止も考へざるべからず。水門扉開放水位の精密を要せざる場合には溢流受口周縁の長さを小にして溢流水深を大ならしむるも可なるべし。或は單に水容器への注水路を堰臺又は水門柱前面に開口せしめたる程度にても宜しからん。然れども若し正確を要するならば上記流木擊衝の害をも避くる爲、堰臺又は水門柱の背面即ち流量對重水容器の直上に於て水平の溢流線を設くるも宜しかるべく且又其溢流線を昇降し得る設備とせば任意水面に於て水門開放を行はしむることを得べし。洪水放流の際半開したる水門扉は流木の害を受け易し、故に洪水の量によりては溢流線を上下して全數の中或必要數だけの水門を全開せしめ他は全く閉鎖し置くべし。

洪水の際には増水の狀況が豫測又は臨檢し得るにより時々刻々の水位變化に對して人爲調整は必ずしも難事に非ず。されば溢流受口は常には之を標準水位に置き洪水の際必要あらば特に人爲的に之を上下し標準水面以上又は以下にても水門を開放し得るやう施設すべし。

堰堤の洪水吐水門を Stoney 式にする場合には浮箱を附くこと簡單なれども tainter

第十四圖 堰堤式



gate にするときには一工夫を要すべし。tainter gate の前面に直か 付けされたる 浮箱は gate の開閉程度によつて其傾斜を異にすべく其點稍々不便なりとす。依つて之が改良の一方 法として浮箱を獨立の一體と爲し Stoney gate の如く浮箱だけが堅戸溝に沿うて上下し其の 昇降運動は齒車又は link chain によつて剛直に tainter gate に傳導せらるゝやう爲すこ とも多分可能ならん。rolling gate に至つては特にかゝる考案を必要とす。

浮箱は要するに此場合 tainter gate の半開の時其反復運動を抑制する爲のものなれば前 に記したる如き人爲調整法によつて半開の場合を無からしむることを得ば同水門に之を附く るを要せず。依つて tainter gate には浮箱を用ひず之を開く時は必ず全開となし、之に配す るに Stoney gate を以てし其補助調整を掌らしむるも一方法なるべし。即ち tainter gate は全閉又は全開を本則として大量の流水調節をなさしめ浮箱及び流量對重附 Stoney gate を 以て其補助として細密調整を自動的に行はしむるなり。其 Stoney gate は河川の流身を避け て流木等の被害なき處又は取入水門後方或は水槽等に設くるが安全なるべし。

前にも記せしが如く緩急自動水門に電動機を連絡することは其自動に妨げあるを以て之を 附屬することありとするも平常は二者を離し置き必要の時のみ連絡すべきものとす。

堰堤式發電所の利用落差小なるときは流量對重の上下動程を得ること難し。此場合には水 門柱又は愚臺の下流側に傾斜面を造り流量對重をして其斜面上を昇降せしむべし。但し其場 合には流量對重の有効重力は其斜面に沿ふ分力だけに減小するを以て對重は比較的大なる容 積のものを要すべし。

## 12. 緩急自動水門模型試験成績

### I. 模型の構造

昭和六年十月初旬より十一月初旬に亘り内務省土木試験所岩淵分室に於て緩急自動水門の 模型試験を行ひたり。模型は roller set の代りに戸溝車を用ゐたる模擬 Stoney 式にして 門扉溢流受口流量對重浮箱等皆之を木造とし對重吊架にはマニラロープ鐵製滑車等を用ひた り(附圖第七及び寫眞第一乃至第三参照)。

水門扉の大きさは附圖第七の寸法の  $1/10$  の大さを用ひたり。附屬流量對重は水門扉の摩擦 係数を凡そ  $0.15 (=f)$  と、夫に満水すれば門扉の天端までの水壓に抗して門扉を解放し 得る大さとせり。浮箱は其垂直斷面三角形を爲し、下部狭く門扉の丈の下より  $1/3$  程の高さ に初まり上部は直線的に擴りて門扉天端に達せしめたり。而して或速さの水槽の surging に 對しては浮箱單獨にて門扉の開放せらるゝ程度の大さとなしたり。添架對重は計算の結果水 門扉の方に附くことゝなり門扉の背面に長方形の箱を取付け其中に鉛分銅 8 個外に自記計 器用對重に均衡するもの 1 個を入れたり。門扉の耐水裝置としては其兩端にゴム板を張り水

門扉にも細きゴム管を敷き詰めたり。

溢流縁は水門扉の溝柱の兩外側に設け箱枠を挿込み又は抜取りて上下2段の水位に於て試験し得ることとせり。流量對重の底面と前側面下部に16個の漏水孔を設けたり。其漏水孔は調整の都合にて斯く多數に上りたれども初より調整可能なる1個の漏水孔を取付くる方寧ろ本式なり。門扉の左方の柱に水位標(量水標)を打付けて水位及び門扉の上下動程を目測するに便せり。

自働水門の左側に補助水門を設け水路の水壓代用とす。即ち其開閉は水壓管の送斷水に恰當し之を緩徐に開閉すれば發電所使用水の緩慢なる變化に等しき狀況を現し、之を急速に開閉すれば水路の surging に相當する水の動搖を發生するものとせり。

水路内装置の浮子と自働水門模型とを針金にて連結したる自記計器2臺を組合せて試験室の天井に据付けドラムは唯1個を用ひて夫に2本のペン先を裝備し一は水位の昇降を他は門扉の運動を記録するやうにし、同時に第三のペン先を以て時計仕掛により秒數を記録するものとしたり。

試験用水路は valve の最大開放度  $30^\circ$  に於て毎秒凡そ6立方尺までの流水を疏通する能力を有し、夫以下の流量と雖も任意に且つ正確に供給し得る設備を有したり。valve の開きと供給流量との關係は下の如し。

valve の開き	流 量	
0	0	
5	22.3~22.6	1/sec.
10	60.0~60.5	"
15	98.5~99.0	"
30	162.0	"

## II. 模型試験要項及び成績

### (A) 準備試験

(1) 水門扉、流量對重、浮箱等各個別又は便宜二三部分合計の重量を量ること。

水門扉重量  $G=18.4$  # (浮箱及び添加重載入箱を含む)

流量對重水容器重量  $G_2=10.4$  #

流量對重内容水の重量  $H=65.4$  #

(2) 流量對重の漏水孔を適度に調整すること。

初め小孔を1個穿ち調整の結果漸次其數を増加せり。

(3) 上段水位及び下段水位附近の水位に付き水門扉の摩擦抵抗及び其係數を測定すること。其他必要なる摩擦關係を調ぶること。此測定は溢流受口を塞ぎ流量對重を働かしめずして行ひたり。其結果による摩擦係數の計算下の如し。

(イ) 浮箱の浮力により門扉の開く場合に付  $G_1$  を三様に變化し、次の 3 組の實驗數値を得たり。

- i)  $G = 18.4$  磅 水門扉浮箱等の重量  
 $C_1 = 10.4$  磅 流量對重容器の重量  
 $C_1' = 38.2$  磅 水門扉の添加對重  
 $P_1' = 118.5$  磅 水門扉面上の水壓  
 $B' = 62.5$  磅 浮箱の浮力  
 $R' = 10.8$  磅 水門扉底の浮力  
 $h' = 1.56$  尺 門扉開放の瞬間に於ける門扉底の水深
- ii)  $G = 18.4$  磅,  $C_2 = 10.4$  磅,  $C_1'' = 15.25$  磅,  $P_1'' = 73.2$  磅  
 $B'' = 27.8$  磅,  $R'' = 8.48$  磅,  $h'' = 1.23$  尺
- iii)  $G = 18.4$  磅,  $C_2 = 10.4$  磅,  $C_1''' = 27.5$  磅,  $P_1''' = 89.8$  磅  
 $B''' = 36.55$  磅,  $R''' = 9.38$  磅,  $h''' = 1.36$  尺

浮箱の浮力により門扉の開く場合最小自乗法により下記公式の  $f_1, f_2$  を求む。

公式  $G + f_1 P_1 + f_2 C_2 - R + C_1 - C_2 - B = 0$

但し  $f_1$ : 門扉に取付けたる wheel の起動摩擦係數

$f_2$ : 滑車と吊索との起動摩擦係數

上式に實驗の結果より得たる數値を入れ簡單にせば

$$118.5 f_1 + 10.4 f_2 - 17.1 = 0 \dots\dots\dots(i)$$

$$73.2 f_1 + 10.4 f_2 - 13.03 = 0 \dots\dots\dots(ii)$$

$$89.8 f_1 + 10.4 f_2 - 10.43 = 0 \dots\dots\dots(iii)$$

$a$	$b$	$l$	$s$
+118.5	+10.4	-17.10	111.80
+ 73.2	+10.4	-13.03	70.57
+ 89.8	+10.4	-10.43	89.77

$aa$	$ab$	$al$	$bb$	$bl$
14 042.25	1 232.4	-2 026.35	108.16	-177.84
5 358.24	761.28	- 953.796	108.16	-135.512
8 064.04	933.92	- 936.614	108.16	-108.472
27 464.53	2 927.60	-3 916.76	324.48	-421.824

$$27 464.53 f_1 + 2 927.6 f_2 - 3 916.76 = 0 \dots\dots\dots(I)$$

$$2 927.6 f_1 + 324.48 f_2 - 421.824 = 0 \dots\dots\dots(II)$$

$$(I) \times 324.48 \dots\dots 8 911 690.6944 f_1 + 949 947.648 f_2 - 1 270 910.2848 = 0$$

$$(II) \times 2927.6 \dots\dots 8 570 841.76 f_1 + 949 947.648 f_2 - 1 234 931.9424 = 0$$

$$340 848.9344 f_1 - 85 978.3424 = 0$$

$$f_1 = 0.1055$$

之を (II) 式に代入して

$$309.022818 + 324.48 f_2 - 421.824 = 0$$

$$f_2 = 0.3476$$

(ロ) 自働水門扉  $G$  と流量對重  $C_2$  の代りに或重量を滑車の兩端に吊し其起動するときの重量により摩擦係數  $f_2$  を求む。

$W$  を大なる方の重量,  $W'$  を小なる方の重量とす。而して摩擦力は大なる方の重量に比例するものとせば

$$f_2 W = W - W'$$

$$\therefore f_2 = \frac{W - W'}{W}$$

番號	開 閉	$W$	$W'$	$f_2$
1	開くとき	11.565	9.435	0.184
2	閉鎖のとき	13.575	11.565	0.148
3	開くとき	16.575	13.575	0.160
4	閉鎖のとき	10.280	16.340	0.153
平均	門扉閉鎖のとき			0.1505
"	門扉の開くとき			0.1705
"	(門扉の開, 閉のとき平均)			0.1635

(四) 浮加對重  $G_1$  を適當に定むること。但し浮箱を除外し下記公式によりて定む。

門扉の閉づる場合

$$G - (f P_m + D) = C_1 + C_2 \dots\dots\dots(1)$$

門扉の開く場合

$$G + (f P_m + D) = C_1 + C_2 + W \dots\dots\dots(2)$$

$$W = 2(f P_m + D) \dots\dots\dots(3)$$

$$G = C_1 + C_2 + \frac{W}{2} \dots\dots\dots(4)$$

式中  $D$  は門扉側と對重側との不均衡を示したる計算上の重量にして  $f P_m$  と  $\frac{W}{2}$  との差なり。此  $D$  の値は門扉開閉の加速度を左右するものなれば、之を適當ならしむるやう  $G_1$  及び  $W$  の値を定むるものとす。此場合  $P_m$  は門扉の最大水壓を探り  $G, f, W$  等は 11. 節緩急自働水門の計算中の符號定めに述べたると同じ。

$$P_m = 130.5 \#, \quad G = 18.4 \#, \quad C_2 = 10.4 \#, \quad W = 65.4 \# \quad f = 0.15$$

(3) 式より 
$$D = \frac{-2f P_m + W}{2} = -11.77 \#$$

(4) 式より 
$$C_1 = -C_2 - \frac{W}{2} + G = -24.7 \#$$

即ち計算上  $G_1$  添加對重は水門扉側に 24.7 # を附くるを適當とす。

此結果を檢算せんに

門扉の閉づる場合 (1) 式より

$$D = C_1 + C_2 - G + f P_m = -11.78 \#$$

門扉の開く場合 (2) 式より

$$D = C_1 + C_2 + W - G - fP_m = 11.78 \#$$

本試験に於ては重錘 9 個即ち 21.9# を以て  $C_1$  とし尙ほ自記計器用均衡重量 3.0# を之より差引き 18.9# を用ひたり。即ち上記計算上の  $C_1 = 24.7\#$  に比すれば 5.8# 輕きものなりき。

(B) 浮箱單獨にて門扉開放の能力あるや否や及び通水孔の通水能力等を調ふること。

浮箱單獨にて門扉が開放する爲には (4) の計算により對重  $C_1$  を添加したるとき次の關係が成立するを要す。

$$iF_r = 2(fP_m + D) = W \dots \dots \dots (5)$$

式中  $i, F_r$  は 11. 節緩急自動水門計算中の符號定に述べたと同じ。

本模型の浮箱は實測の結果單獨にて門扉開放の力あることを確めたり。但し浮箱の底部には徑 1 分 5 厘の通水孔 3 個を穿ち内 1 個には塞栓を施し 2 個を用ひたり。

附圖第七緩急自動水門模型試驗裝置圖に示されたる浮箱に付き  $x$  は浮箱下端より浮箱の水中に没する深さ、 $F_r$  は其時の浮箱の浮力、 $i = 0.9$ ,  $f = 0.1$  とせば (5) 式により

$$F_r = \frac{2}{0.9} (0.1 \times 189.5 + 11.77) = 57.15 \#$$

而して浮箱の水面下容積より算出したる浮力は

$$F_r = \left( \frac{10}{12} x + 0.1 + 0.1 \right) \frac{x}{2} \times 1.36 \times 62.4 = 57.15 \#$$

$$\therefore x = 1.16 \text{ 尺}$$

浮箱の高さは 1.2 尺にして幾分餘裕あり。實驗の結果亦然り。

(6) 自記曲線圖に付き注意事項。

(イ) 自記曲線圖中水位及び門扉の上下動程は縮尺 1/5 即ち實際昇降の 1/5 大なり。但し製版上更に之を縮少することあるべし。

(ロ) 自記曲線圖中時間水位及び門扉運動の各曲線は同一垂直線上の位置を以て同一時間とす。水位曲線を水平なる横點線に照して水位の變化を見るべく同じく水平なる水門敷高線によつて門扉開放度を知るべし。尙ほ水位曲線下溢流線の高さによつて溢流水深を窺ふべし。

(ハ) 時間の曲線中一山を 10 秒時とし一谷も亦 10 秒時なり。

### (B) 本 試 験

本試験に於ては次の各項を實驗の上記録したり。

(1) valve の開き 5, 10, 15, 30 等の各場合に上段水位及び下段水位に於て水路の水位が徐々に上昇又は下降するとき門扉の開放する状況及び閉鎖する状況 (附圖第八自記曲線圖 No. 1, 2 参照)。

(2) valve の開き同上の場合に上段水位及び下段水位に於ける surging の際門扉の開放する状況(附圖第八乃至第十自記曲線圖 No. 3 乃至 No. 6 参照)。

(3) 門扉を強制的に抑へ付けて閉鎖し又は引揚げて開放したる後、其手を放ち門扉の自由運動に任ずること(附圖第十自記曲線圖 No. 7, 8 参照)。

(4) 同一流量に於て上段水位より下段水位へ或は下段水位より上段水位へ移るときの状況(附圖第十一自記曲線圖 No. 9 参照)。

(5) 給水を漸次 0 より増加して valve の開き 30 に至らしめ次いで再び 0 まで遞減する場合の状況(自記曲線圖掲出を略す)。

(6) 水路内停滯水及び流水自體の動搖。自働水門を抑へ付けて作動すること無からしめ補助水門の急激なる開閉によつて水路内容水に激動を與へ以後其動搖に任せたる時の状況。

(イ) 水路内停滯水の動搖(附圖第十一自記曲線圖 No. 10 参照)。

(ロ) valve の開き 5, 10, 15 等に於て流水水位の低下又は上昇する時の動搖(自記曲線圖掲出を略す)。

(7) 浮箱を取去りたる場合水位の變化並に門扉の動作(附圖第十二自記曲線圖 No. 11, 12 参照)。

試験成績は各曲線圖(附圖第八乃至第十二参照)に表示せられたるが如くにして一目瞭然たれば詳説を要せざれども其要點を左に摘記せり。

(a) 水門扉可動部の摩擦は小にして其係數は門扉の位置により變化せざる或は變化少きを賞美す。

(b) 水路、水槽、水位は溢流縁の溢流水面に依つて決定せらる。

(c) 水門放流量の一小部分を以て門扉操作の原動力を得るに充分なり。

(d) 門扉は水路水位に附隨して運動し、之と離れざるを良しとす。本試験に於て其通りの好結果を收めたり。

(e) 流量對重は門扉の重量及び水壓摩擦に均衡し又は之に打勝つ效力あるべし。但し之のみにては surging の時門扉の迅速開放に應動し得ざることあるのみならず門扉及び水位の反復運動を抑制すること難し。

(f) 浮箱は常に surging の際門扉の開放を促進するのみならず緩漫なる水位昇降の際にも常に門扉の反復運動に對抗して之を鎮靜するの效用を有し、且つ水路自體の流水動搖をも減殺する效力を有す。

(g) 門扉運轉に對して電動機其他原動機は不要なり。但し手動捲揚機は門扉修繕等の際に必要なり。

(h) 門扉運動の極限を定むる爲の緩衝装置は殆んど不要なり。但し水門底にゴム厚板を張る等の必要は生ずべきか。

### 13. 結 論

従來發電用水路に於て調整池以下水槽に至るまでの水位は普通調整池の水位に支配せられ同池の水位低き間は水槽の水位も亦低く、随つて夫だけ發電所の利用水頭を損失せざるを得ざりき。同時に又發電所の使用水量急減或は停電に際し放水量の激減又は停滯を免れざりき。

本間に係る水位及び流量の制御方法は如上の缺點を自動的に大部分除却するものにして次に要する設備及び装置は下の如し。

- (1) 調整池より上と下との兩水路を連結する連絡水路又は側設水路。但し之を要せざる場合あり。
- (2) 水路と調整池との間に在る溢流堤 (A 堰)。但し之は補助調整扉付とす。
- (3) 調整池より水路又は水槽に補給水を引出す時のみ開き其逆流に對して閉づる逆流阻止水門。
- (4) 水槽又は調整池水槽間水路の一侧に設くる餘水吐溢流堤 (C 又は D 堤)。
- (5) 前項溢流堤に代ふるに緩急自動水門を以てす。

第二圖乃至第五圖に圖示するが如く水路様式 4 種類の中様式 I 及び II, III, IV の (i) に於ては連絡水路を要せず。之を自動制御にするが爲、特に工費を増大することなく極めて有效なり。其他の場合に於ては前項 (1) 乃至 (4) 又は (1), (2), (3), (5) の各設備及び装置を必要とす。時には此施設が不經濟なる場合あり。

水路様式の各場合水路使用方法の各場合に成るべく普遍的に適應し得るやう本装置を考案すべきなれども、其如何なる場合にも變通自在なることは不可能なれば時には希望の一部を犠牲にすることあるは免るべからず。

水路引用水使用中本自動制御方式活用の最も緊切なる場合は發電所負荷異常の減少又は全停止の時なり。是は水路式發電所に就てなるが堰堤式發電所に於ては右の外洪水の際之を活用する必要あり。

水路の流水疏通力は流水斷面積、動水半徑、粗滑係數、勾配等に依つて定まる。而して右の中建設後調整可能なるは水位の上下に依つて變動する流水斷面積(動水半徑も之に伴ふ)と勾配となり。就中勾配の調節は本自動制御方法の主要なる部分を占む。

或發電所に於て河水を引用するとき命令又は約束に依つて其の最小或は責任放流量を規定することあり。水路中に調整池ある場合従來慣行の施設にては其流量を必ずしも保證し能はざること頭書の通りなり。



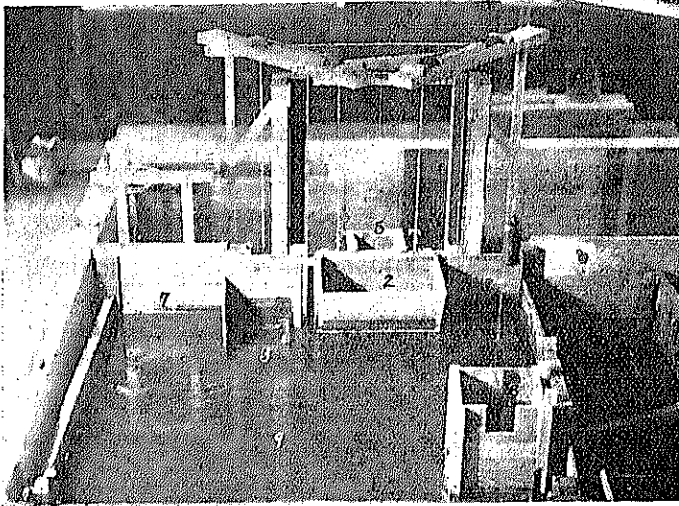
本制御方式は水路と調整池との間の通水路を順逆流とも同一通路に依らしめず水路より剩餘水を調整池に送るには前者の高水位より溢流堤を越えて溢流せしめ調整池の貯水を水路に補給するには低水位に設置せられたる逆流阻止水門を用ふ。斯くすれば水路に剩餘水ある時逆流阻止水門は閉鎖して水路の水位を高水位即ち標準水面に保たしむることを得べし。既に此施設により水路に剩餘水ある場合調整池に接続したる位置に於ける水路の水面が一定する以上夫に關聯し或る流量に對して水槽の水位を定むることは極めて易きなり。唯設計上の計算と建設後の實際との間に多少の誤差あるのみ。其誤差は建設後精密なる流量測定及び水準測量を加へ目的の流量に對する A 溢流堤上溢流水面と水槽又は餘水吐溢流堤 (C 又は D 堤) 前水面との高低差を確定したる上にて C, D 堤に對する A 堤の調整度を補正すれば除かるべし。斯くして或る流量例へば責任放水量に對する調整池接続部と水槽との間に於ける水面勾配を一定することを得べく、然る上にて本装置に依り責任放水量の放流を保證するなり。

茲に於て自動制御方式の調整要領を繰返さん。此方式に於て調整を要するものは水路調整池間溢流堤 (A 堤) と下流水路又は水槽の餘水吐溢流堤 (C 又は D 堤) となり。或は緩急自動水門を以て餘水吐溢流堤に代用することを得べく或は代用する好適なる場合もあるべく其時は之も調整を要するものの一なり。此 A, D 兩堤假若しくは A 堤と緩急自動水門附屬溢流受口との高低差如何に依つて調整池下なる下流水路の水位及び流量に所要制限を附することを得。換言すれば水路使用者の欲する通りの最高、最低水位或は最大最小流量を制限し得るなり。而して夫を實現せしむる爲には豫め自動制御装置を調整し置くものにして、然すれば發電所運轉が不時に異狀を呈し使用水が激減又は停止することあるも、水路水面は比較的短時間にして自動的に順調流況の最高限度まで上り豫期の如く制限以上又は以下の流量を發生し取水河川の下流に對し責任放流量の放流を確保するなり。而して同時に調整池、貯水時間中利用落差の損失を防ぐものなり。但し本自動制御方式を採用するも發電所全停電の場合には放水路の放水も餘水路の溢流も數分間又は數十分間斷絶する事あるは免るべからず。然れども調整池を有する發電所を上流に有する同一河川上の下流發電所には普通の調整池若しくは小規模の補助調整池を有する場合多きを以て短時間の斷水は必ずしも苦痛とするものに非ざるべく、此不便をも絶対に除去せんことは或方法を以てすれば不可能に非ざるも暫く本自動制御方法の範圍外とせん。

最後に堰堤式發電所に於て發電所停電の場合又は洪水の際に有餘る流水の力を以て平水及び洪水排除用水門を開放せしむる事は最も策の得たるものにして今後は設備を完備し、水路式のものと共に普く實用に供したきものなり。

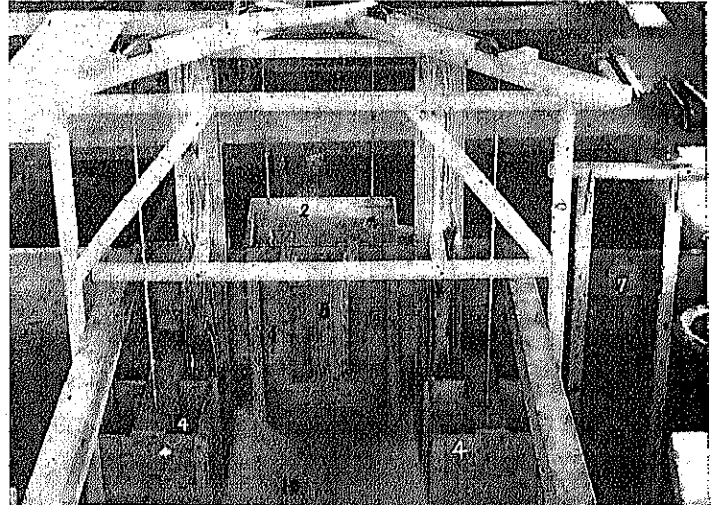
(完)

寫眞第一 緩急自働水門上流側（下段水位）



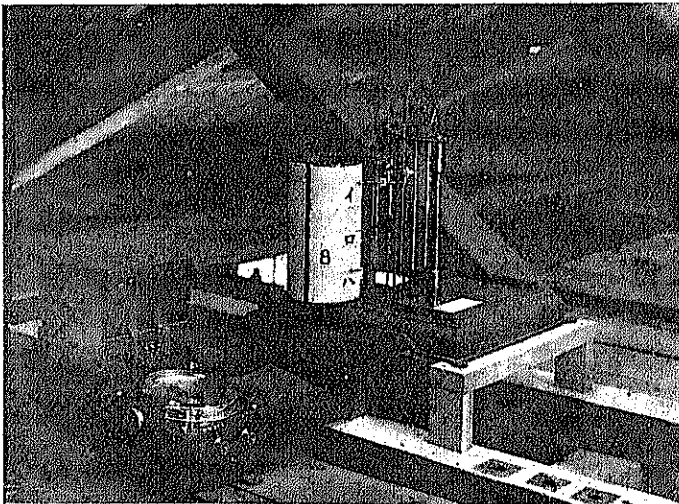
- 2. 浮箱
- 3. 下段溢流縁
- 5. 添加對重入箱
- 6. 自記計器用浮子外圍ひ
- 7. 水壓管代用補助水門
- 9. 水槽

寫眞第二 緩急自働水門下流側（水門半開）



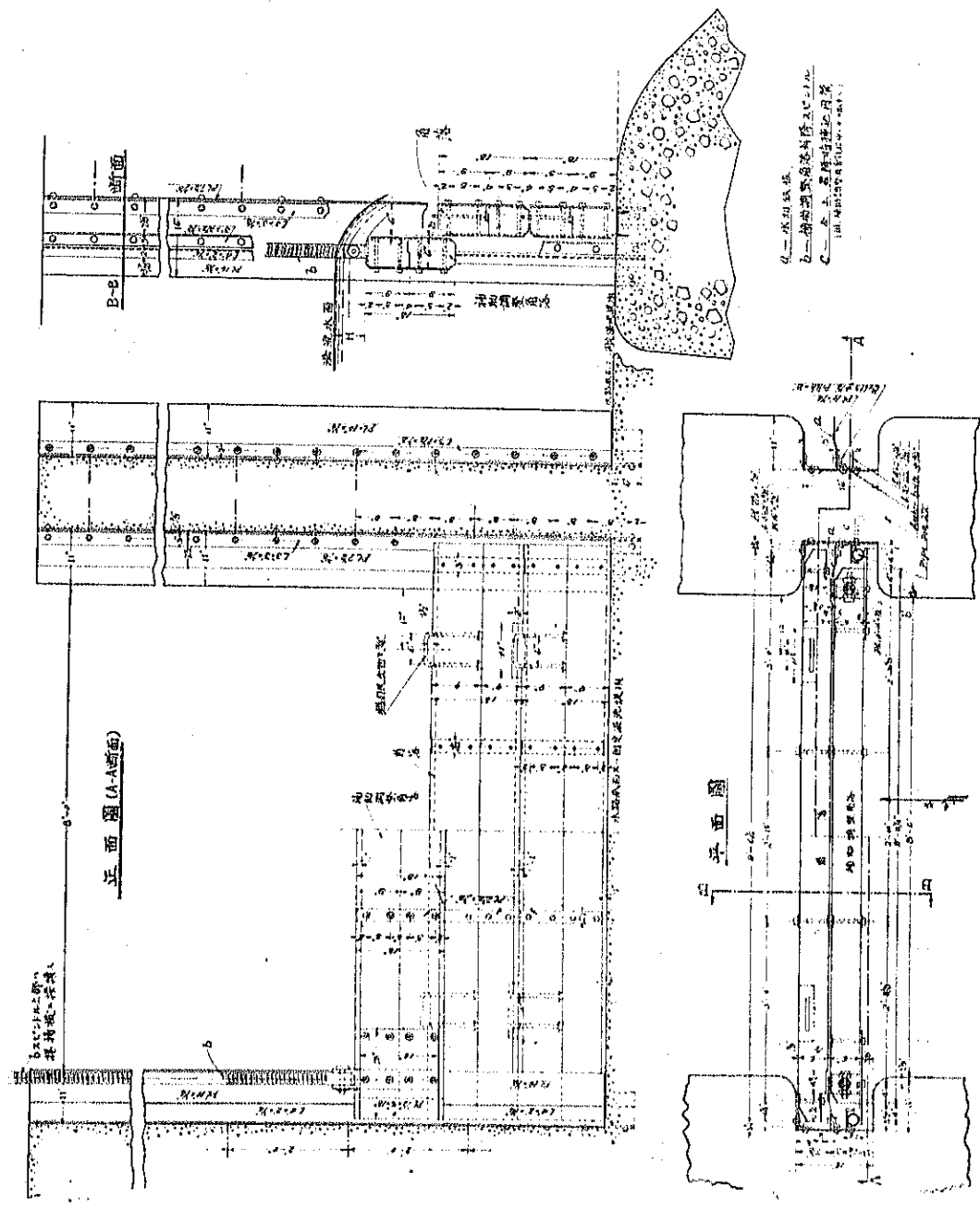
- 1. 水門扉
- 2. 浮箱
- 4. 流量對重外圍ひ
- 5. 添加對重入箱
- 7. 水壓管代用補助水門
- 10. 緩急自働水門の放水

寫眞第三 緩急自働水門模型試驗用自記計器



- 8. 曲線用紙巻付胴
- イ. 秒數記録ペン先
- ロ. 水位記録ペン先
- ハ. 門扉動作記録ペン先

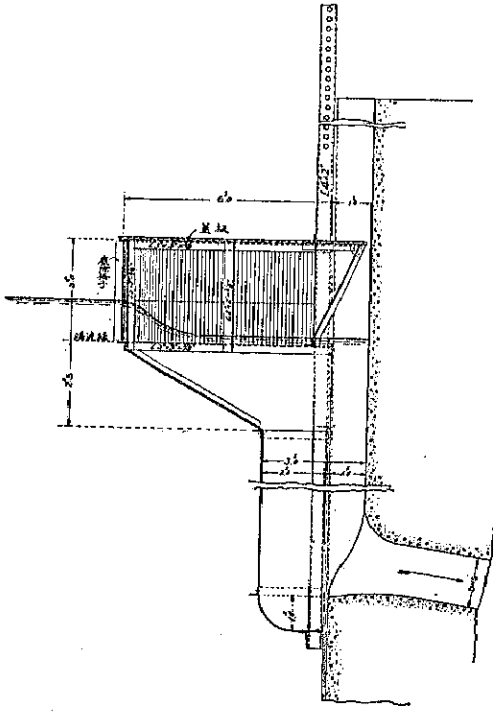
附圖第一 神原式補助調整扉付角落堰堤又は制水門設計圖



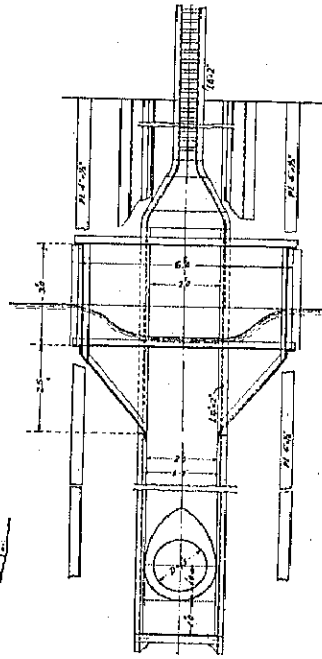


附圖第三 神原式緩急自働水門設計圖(其二)

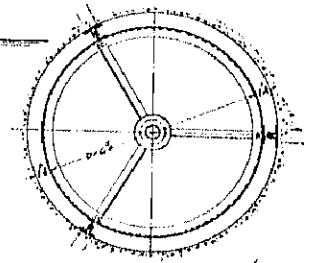
溢流受口A-A断面



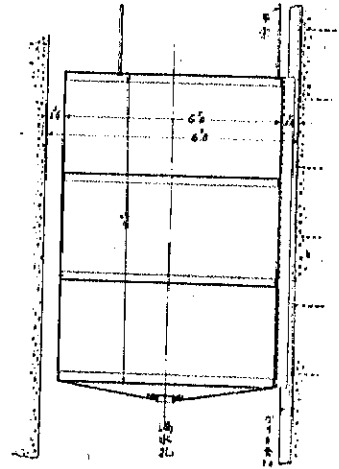
溢流受口B-B断面



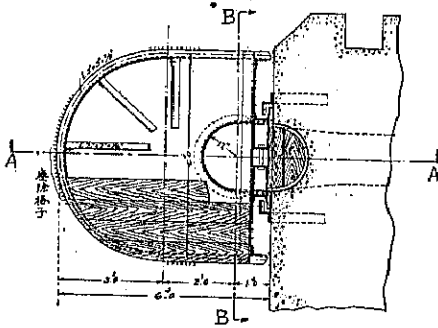
流量對重平面圖



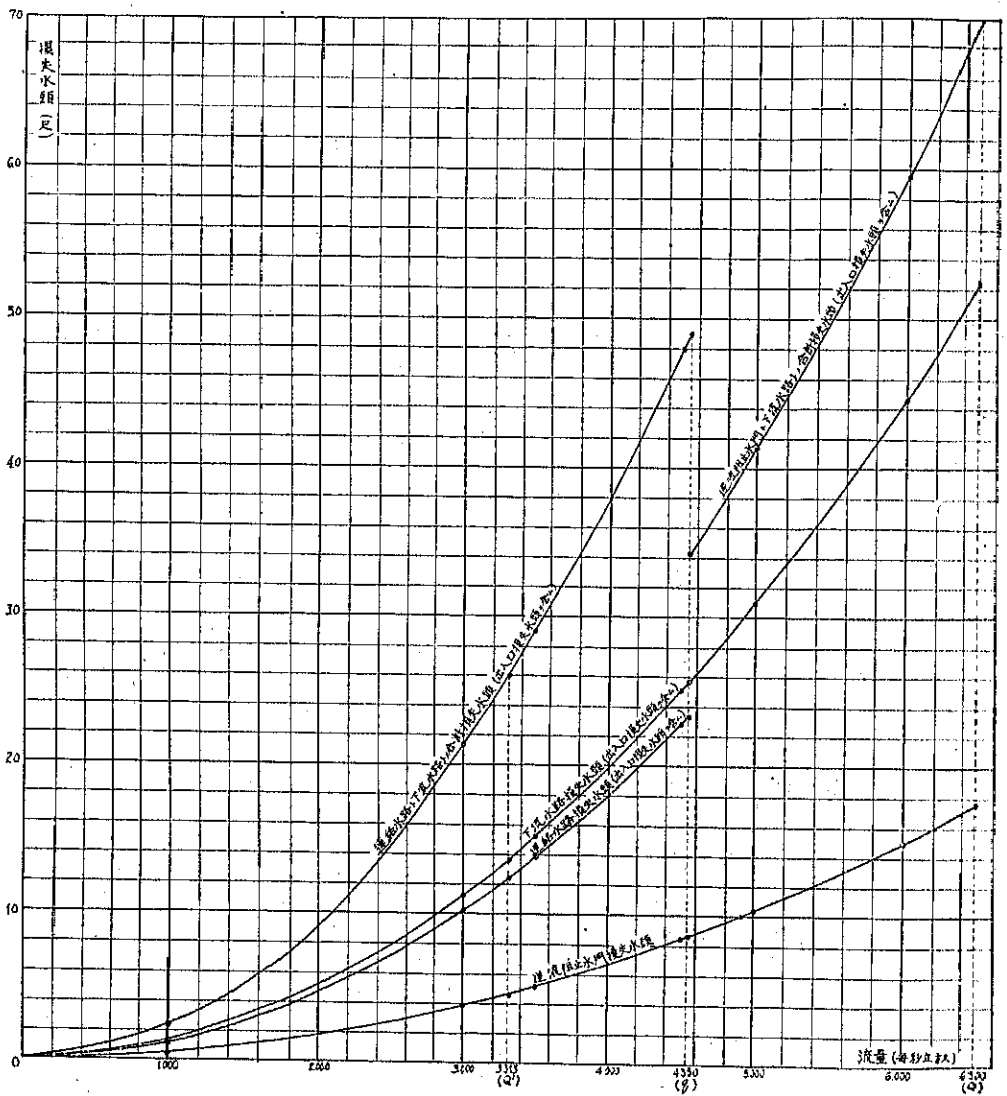
流量對重立面圖



溢流受口平面圖



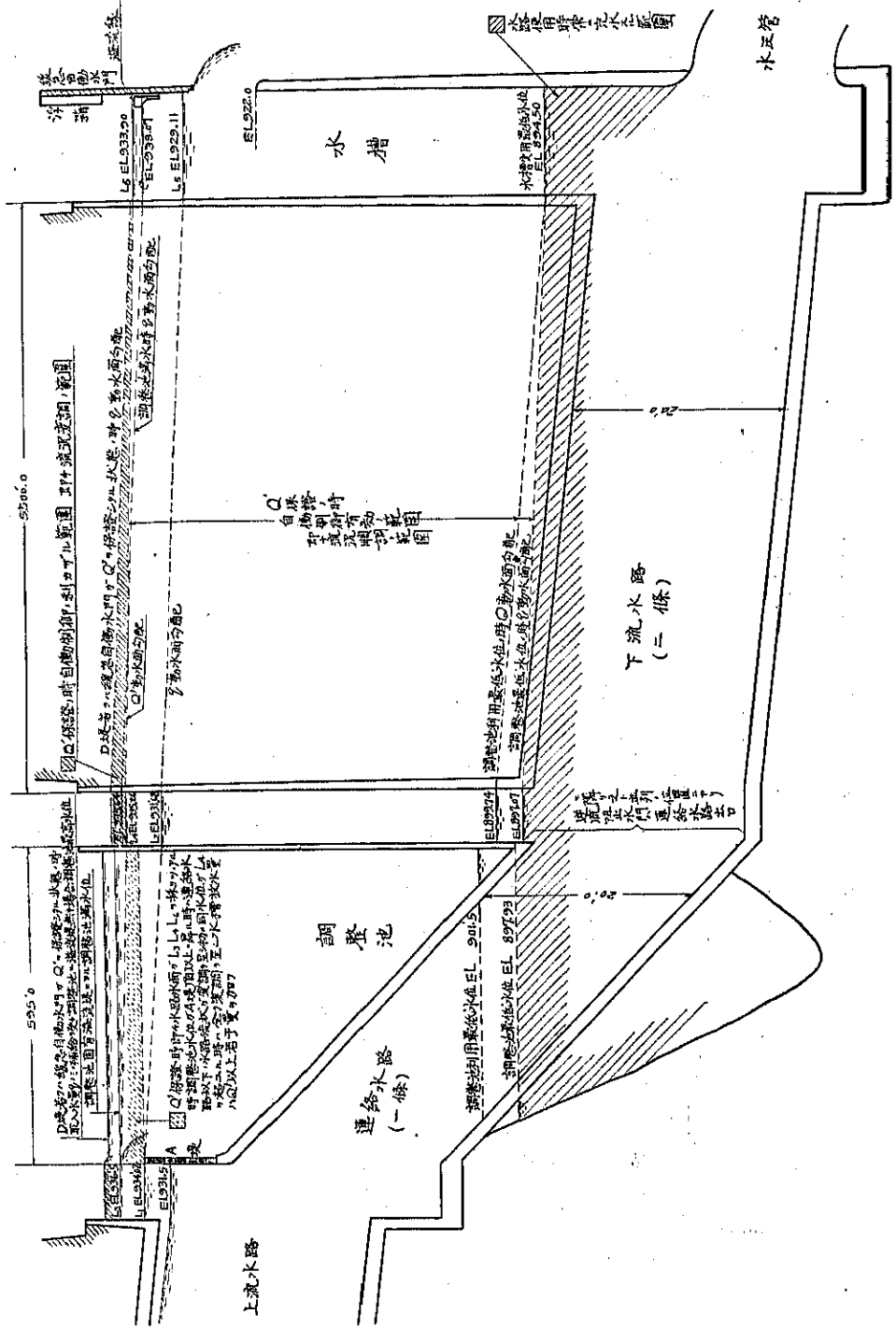
附圖第四 調整池 A 溢流堤及び水槽間に於ける水路内損失水頭圖表  
 (本文 10 節計算例参照)





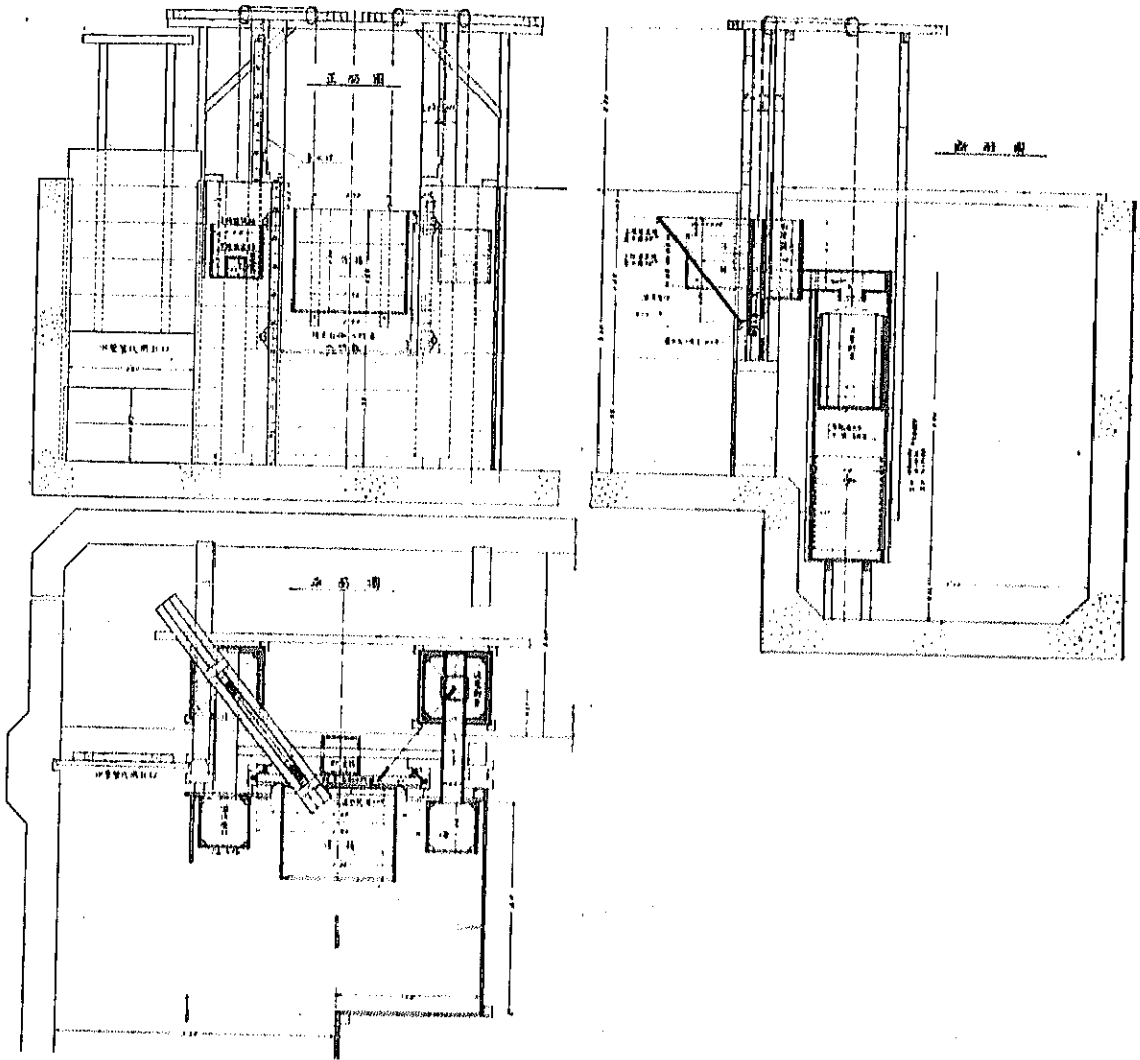
附圖第六 調整池水槽間水位圖表 (本文 10, 11 節及び第三圖參照)

(乙) 濁水時調整池增貯場合

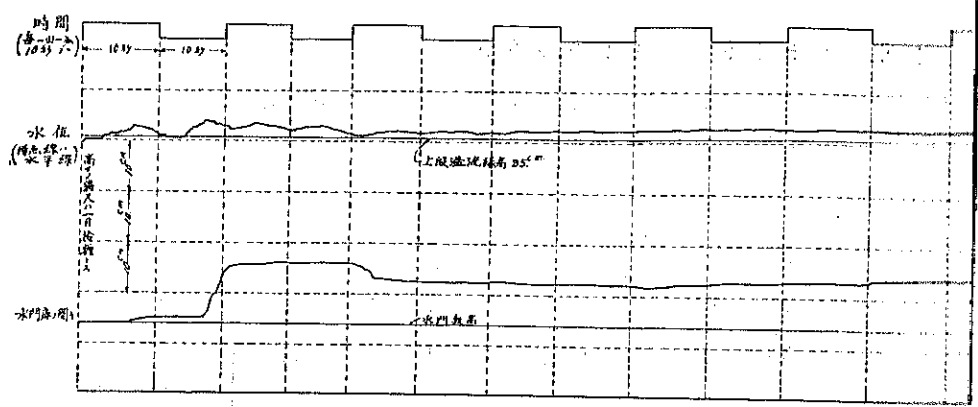




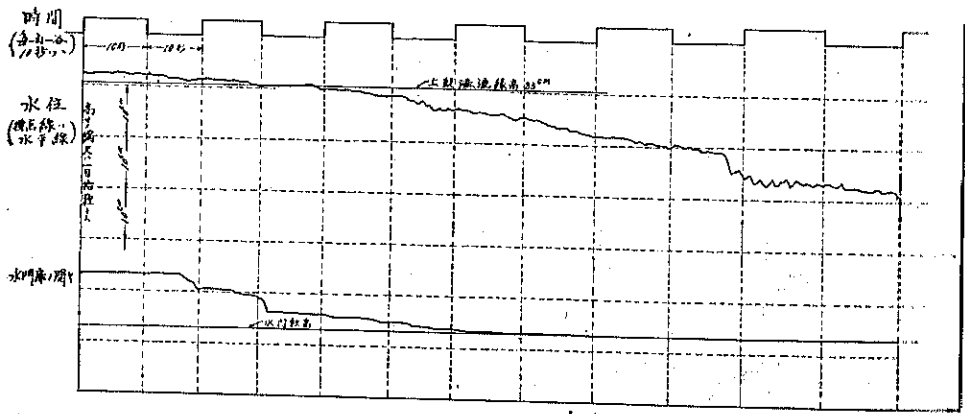
附圖第七 緩急自働水門模型試驗裝置



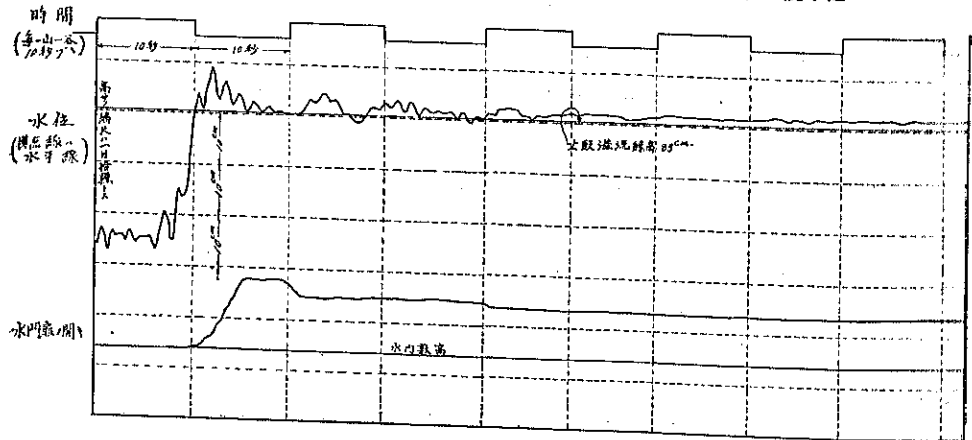
附圖第八 曲線圖 No. 1 (1) 門扉の開く場合, valve の開き 15, 上段水位



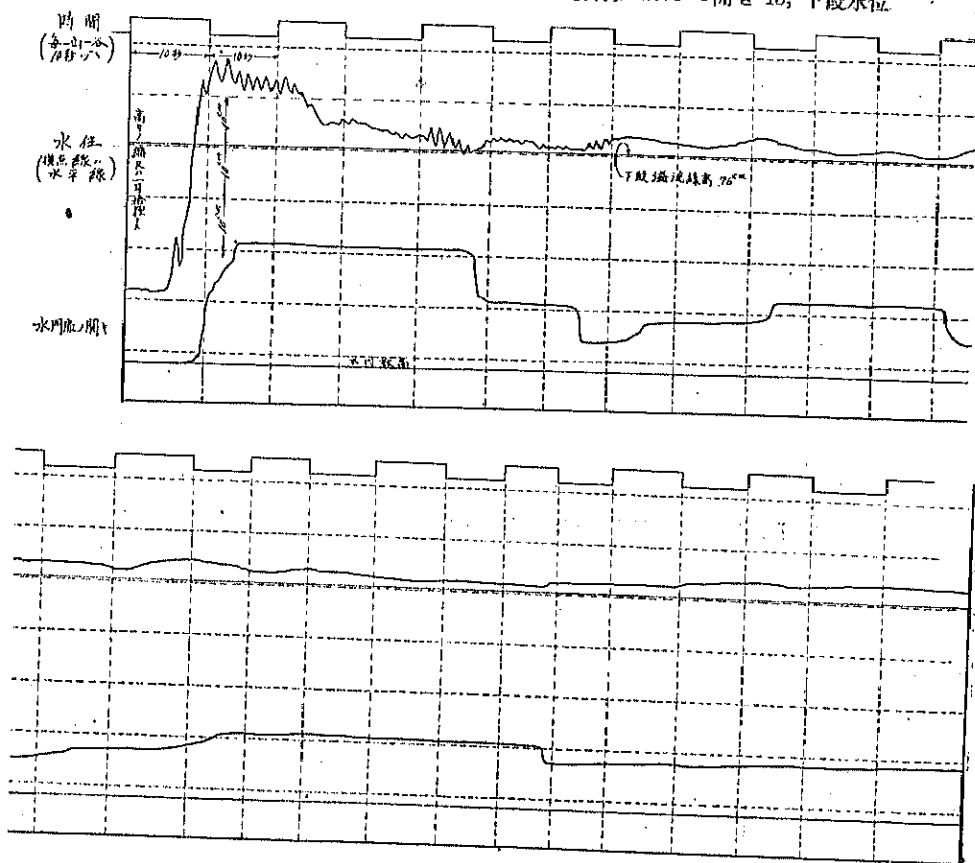
曲線圖 No. 2 (1) 門扉の閉づる場合, valve の開き 15, 上段水位



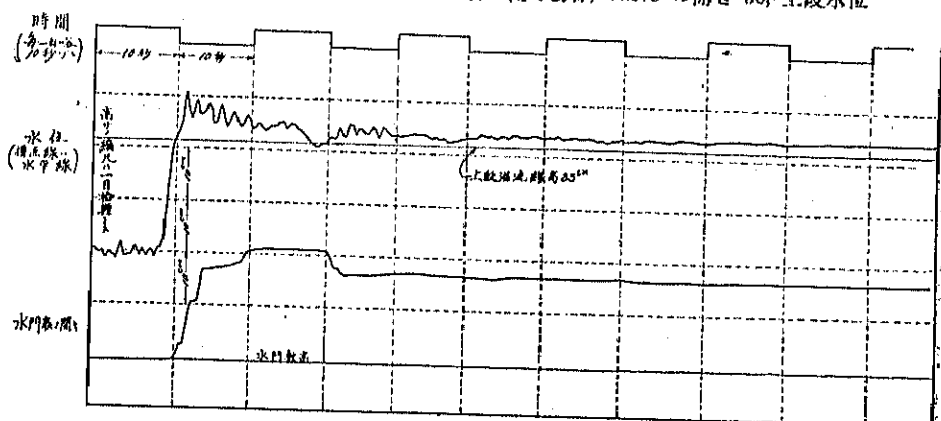
曲線圖 No. 3 (2) Surging の爲門扉の開く場合, valve の開き 15, 上段水位



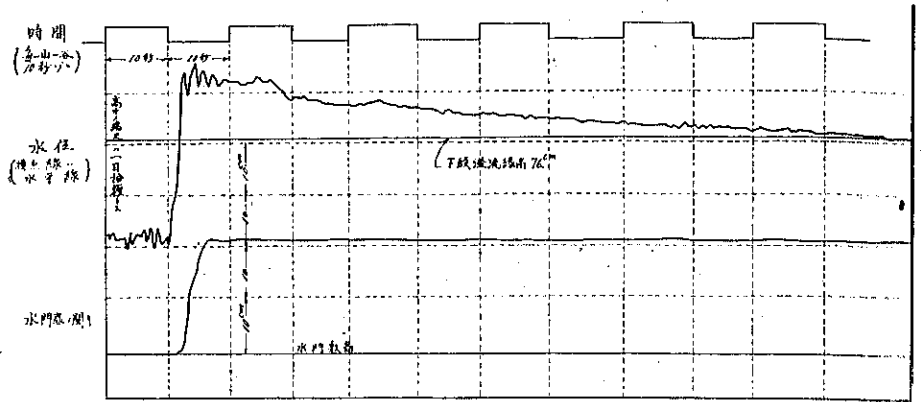
附圖第九 曲線圖 No. 4 (2) Surging の爲門扉の開く場合, valve の開き 15, 下段水位



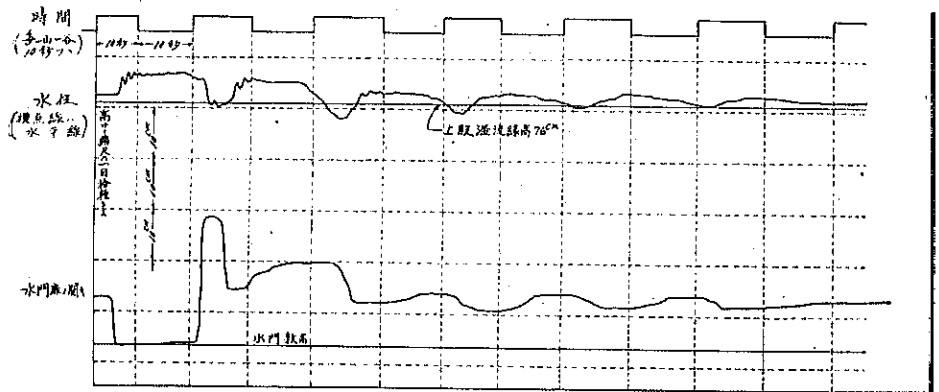
曲線圖 No. 5 (2) Surging の爲門扉の開く場合, valve の開き 30, 上段水位



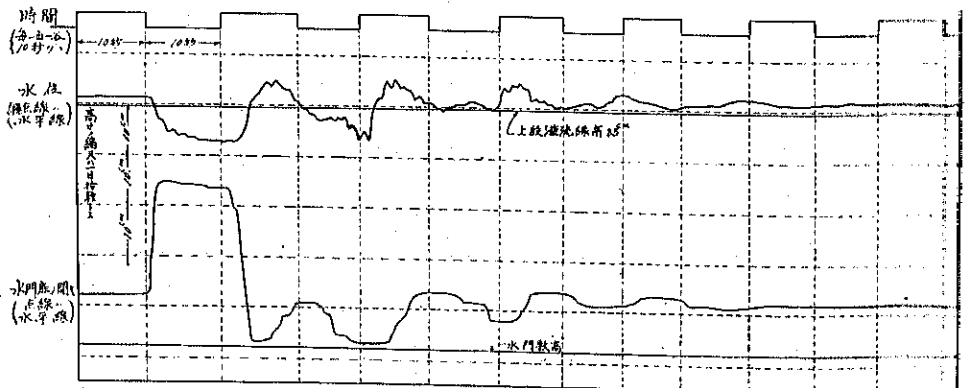
附圖第十 曲線圖 No. 6 (2) Surging の爲門扉の開く場合, valve の開き 30, 下段水位



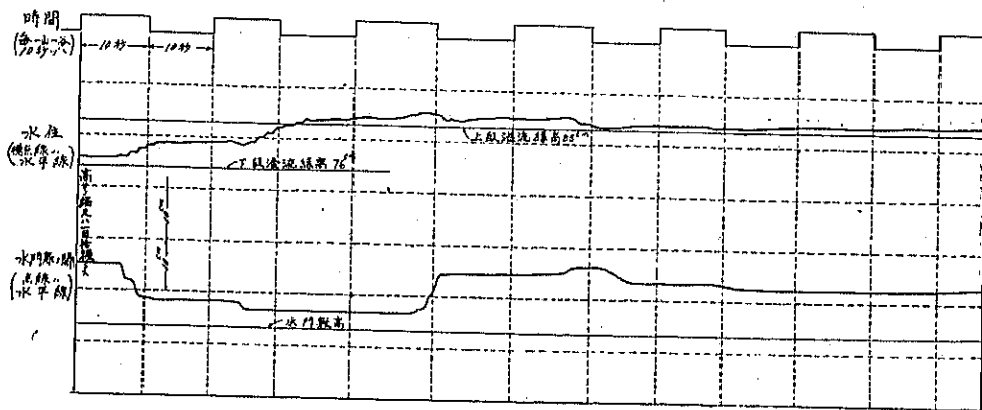
曲線圖 No. 7 (3) 水門扉の強制閉鎖後開放の場合, valve の開き 15, 上段水位



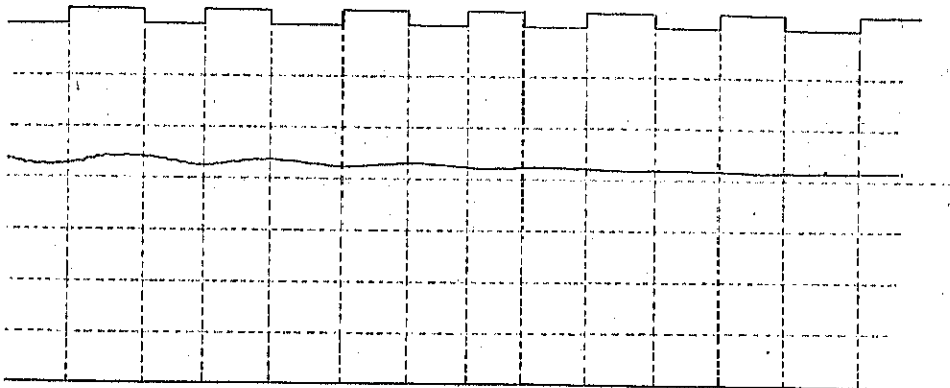
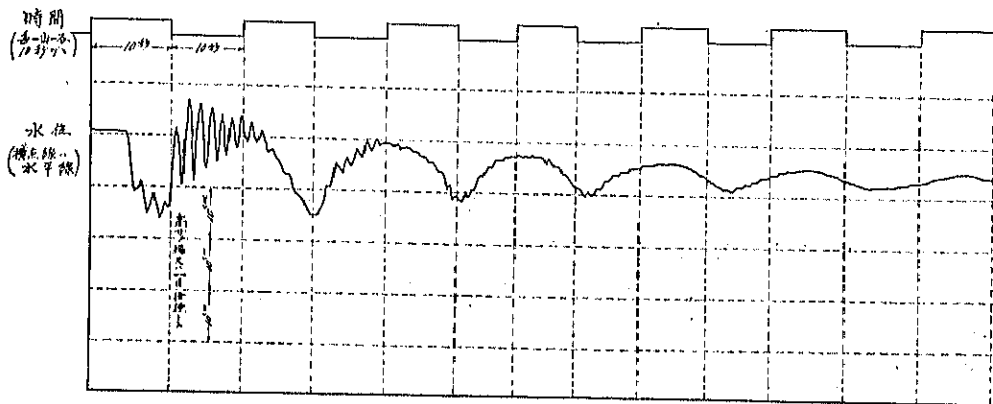
曲線圖 No. 8 (3) 水門扉の強制引揚後開放の場合, valve の開き 15, 上段水位



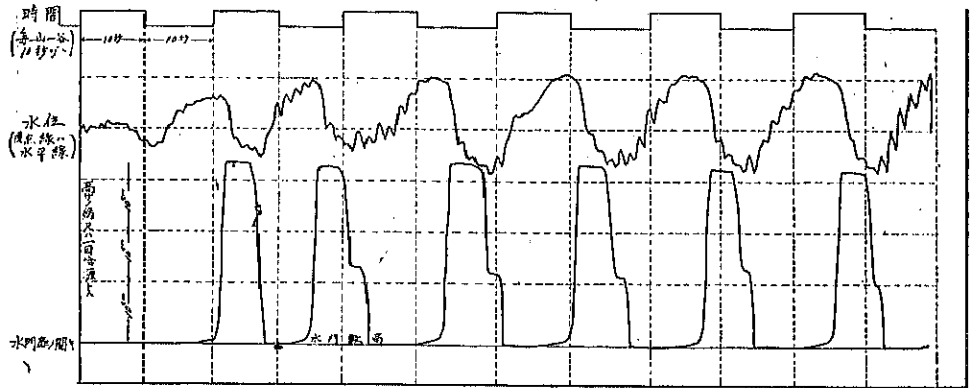
附圖第十一 曲線圖 No. 9 (4) 下段水位より上段水位へ移る場合, valve の開き 15



曲線圖 No. 10 (0) (イ) 水路内停水の動搖



附圖第十二 曲線圖 No. 11 (7) 浮箱を取去り水位緩慢上昇の場合  
valve の開き 15, 上段水位



曲線圖 No. 12 (7) 浮箱を取去り surging の場合  
valve の開き 15, 下段水位

