

第一章 總 說

第一節 Surge Tank の種類

1. **Surge Tank の種類.** 輒近水力電氣事業が著しき進歩發達を遂げた結果 *Surge tank* の設計に就ても亦種々なる工夫を凝らす必要に迫られて居る。即ち或は水路の中間に溪谷を利用して補助水槽とするとか、或は *Surge tank* を設くる場所が狭く其の附近に一層適當なる地形がある爲め其處に附屬水槽を設置するとか、或は地形の關係上又は經濟的見地から *Differential surge tank*, 又は *Chamber surge tank* を設計するとか、或は又水路の中間より支流を取水したりする様な複雑なる實際問題に逢着する場合が多い。併し之等を類別すると大體次の四種類六細別に分類することが出来る。

A. Simple surge tank.

1. Single simple surge tank.
2. Double simple surge tank.

B. Differential surge tank.

3. Single differential surge tank.
4. Double differential surge tank.

C. Chamber surge tank.

5. Chamber surge tank.

D. Miscellaneous type.

6. Miscellaneous type.

2. **Single Simple Surge Tank.** 此の型式は從來最も普通に用ゐられた型式であつて、水源池から水路を経て水壓管となる。その水路と

水圧管との接続點に *Surge tank* を設けたるもので、第一圖の A, A' に示すものが夫れである。

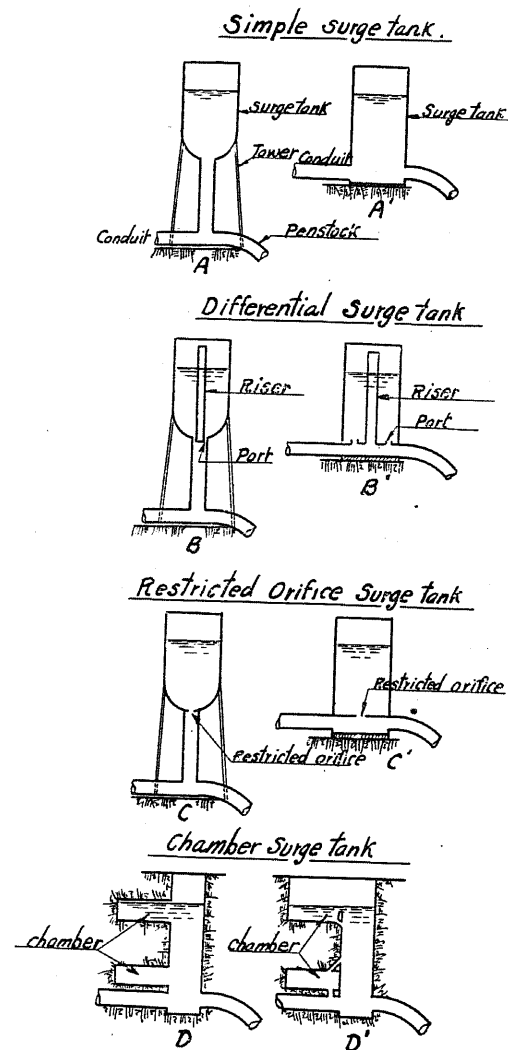
Simple tank に於ては負荷の變化による水面の昇降が緩慢であるから、水路に於ける流速に對する *Acceleration head* 又は *Retardation head* は至つて徐々に累加する。従つて *Simple tank* の働きは鈍重であるから、他の型式の *Surge tank* に比して比較的大きな容積を必要とする。故に此の型式は特殊の場合の他は著しく不經濟なものである。

之れが計算に就ては *Prasil* とか *Johnson* とか其他の人が基本微分方程式を少しく單純化して解折的に公式を導いて居る。普通の教科書に掲載されて居る *Surg-ing* の最高、最低、又は *Tank* の斷面積を示す公式が即ち夫れである。

3. Double Simple Surge Tank.

此の型式は水路の中間に補助水槽を有する場合である。水路が比較的長き場合、中間に適當な溪谷等が在つて之れを堰き上げて補助水槽に利用すれば種々なる點に於て利益があることが多い。尤もこの溪谷の容積が充分なる大きさを有し、*Surg-ing* に因つての其の水位の昇降が極めて微少なる程度ならば之れを水源池と見做すべきであるか

第一圖



ら、此の場合には *Single simple surge tank* の型式となるのである。

Double simple surge tank に對する微分方程式は之れを單純化しても最早解折的に解くことは出來ない。そこで之れを計算するには、*Tank* の大きさを假定して數値計算をするか又は圖計算の方法に依る外はない。此の圖計算の方法に就ては *Mühlhofer* が其の著の小冊子に於て *C. Runge* の定理を應用した方法を示して居る。

4. Single Differential Surge Tank. 此の型式は *Simple surge tank* に比して有利なることは *Johnson* に依て提唱せらるる處である。夫れは只單に *Tank* の内部を仕切つて *Riser* と稱する圓筒を建て、且つ其の仕切に小孔を穿ち之を通じて *Penstock* に於ける過不足水量を *Tank* に出入せしむる丈けの装置であつて、第一圖の B, B' が夫れである。之れに依つて同一直徑の *Tank* ならば其の *Surg-ing* の高さを約半減し又同一高さの *Tank* ならば其の斷面積を約半減することを得ると云ふのである。故に關東水力の佐久發電所に於ける如く *Surge tank* が *Penstock* の中間に在りて *Elevated tank* となる場合は勿論絶對的價値がある。其の他水路と水壓管路との接続點に水槽を設置する場合に於ても其の水量が多く水路が長い場合即ち大なる水槽を必要とする場合又は水源池の有効水深が大なる場合、即ち高き水槽を必要とする場合に於ても亦頗る有利である。而のみならず比較的小なる水槽の場合に於ても尙ほ夫れ相當の價値はあるのである。然るに *Differential surge tank* と云ふと *Elevated tank* の場合のみに限る如く誤解して居る人が案外に多いのは不思議である。之れは *Lyndon* の著書等に誤解し易い様な不徹底な圖面が掲載されて居る事などに原因するのであらふか。

Single differential surge tank の計算に就ては *Johnson* が二、三の假定を入れて解折的に公式を誘導して居るが其の假定と實際とには可なりの隔りがあるから數値計算又は圖計算の方法と相俟つてやらないと徹底的な設計は出來難い。此の *Differential tank* に關する圖計算の方法

を示した書物等がない様であるから著者の考案した微分方程式に *C. Runge* の定理を應用した圖計算の方法を後に記述する。

因に *Differential tank* は以前米國に於ては *Johnson* の特許になつて居たが、今日では既に其の特許期限が経過したさうである、

5. Restricted Orifice Surge Tank. 此の特種なる型式の *Surge tank* は第一圖の *C, C'* が夫れである。此の形式は *Differential tank* の特別な場合と見做すべきもので、其の特徴は *Tank* と水路との連絡を *Restricted orifice* で制限したことである。即ち *Differential tank* の *Riser* を省略したものと見ることが出来る、

此の型式の *Surge tank* に於ては負荷を切つた場合に *Penstock* に於ける過剰水量は直ちに *Restricted orifice* を通じて *Tank* に收容しなければならない。即ち此の *Orifice discharge* が過剰水量と同等となるに必要な *head* 丈け *Penstock* 内の *Pressure* は必然的に即時上昇する。

之れが直接に水路内の流速に對する *Retardation head* となるのである。又負荷を掛けた場合も同様に *Penstock* に於ける不足水量は直に *Restricted orifice* を通じて *Tank* より補給しなければならない。即ち此の *Orifice discharge* が不足水量と同等となるに必要な *Head* 丈け *Penstock* 内の *Pressure* は必然的に即時降下する。之れが直接に水路内の流速に對する *Acceleration head* となるのである。故に *Orifice* の斷面積を適當に定めるならば、夫れに相應して *Tank* の大きさを節約することが出来る。極端な場合を云ふならば、*Orifice* の斷面積が零ならば、*Tank* の大きさも零になり、其の代りに流水の *Inertia* は全部 *Water hammer* となる。又 *Orifice* の斷面積が極端に増大して其の出入水量に對し *Head* を要せざるに到れば、*Simple tank* に歸着するのである。

斯の如く *Restricted orifice tank* は單に經濟的見地から云へば頗る有効なものであるが、希望通りの *Acceleration head* 又は *Retardation head* が即時得らるる代り水車に及ぼす *Head* に急變が起り、*Governor* の働きの之れ

に伴はない缺點がある。此の點に於ては *Head* の變化が到つて緩慢である丈け *Simple tank* が最も理想的であるが、其の代り大なる *Tank* を要する點が經濟的に缺點である。茲に於て此等の中間を行くものが *Differential tank* である。即ち *Differential tank* に於ては *Port* 即ち *Orifice* に依て *Acceleration head* 又は *Retardation head* を急速に累加すると同時に *Riser* に依て其の急速の度を緩和し水車に及ぼす *Head* の變化を *Governor* の働きの之れに應じ得る程度に調節したものであるから、*Differential tank* は即ち *Simple tank* と *Restricted orifice tank* の缺點を除去した理想的な考案であると云ふべきである。

6. Double Differential Surge Tank. とは水路の中間に在る溪谷等を利用した補助水槽を有する *Differential surge tank* を云ふのであつて、補助水槽が *Simple tank* なる場合と *Restricted orifice tank* なる場合とがある。前者は補助水槽の位置が比較的水路の上流部に在つて其の容量が比較的大きい場合に適し、後者は其の位置が比較的水路の下流部に在つて溪谷の容積が比較的小なる場合に適する。之等の型式は著者の考案であるが恐らく未だ他に前例は無いであらふと思ふ。水路が長くて途中の溪谷を補助水槽に利用する場合に此の型式が經濟的に頗る有利であることは計算實例の示す通りである。而して其の位置が *Surge tank* に極めて接近したる場合は *Main surge tank* を單に *Riser* のみとして設計すれば宜しい。即ち此の場合此の *Main tank* 即ち *Riser* と補助水槽の *Restricted orifice tank* とを組合せて一つの *Differential surge tank* と考へることが出来るのである。又補助水槽が水路の中間に無くして横の方に在る場合も、之れと同様に取扱ひ得るものである。

此の *Double differential surge tank* の計算は勿論解拆的には爲し得ない。そこで著者の考案した微分方程式に *C. Runge* の定理を應用した圖計算の計算法を後章に記述する。

7. Chamber Surge Tank. 此の型式は米國に於ける *Johnson* の *Differ-*

ential tank に對抗的に歐洲大陸方面に於て考案されたもので第一圖の D, D' が夫れである。

此の型式は Tank の直徑を Thoma の Incipient stability の許す限度に縮小し其の上下部に膨らみを設けて水を收容したり補給したりする装置であつて、朝鮮水電赴戰江發電所の Surge tank は此の實例である。此の計算方法は原理に於て Simple tank と同様である。

又此の横の膨らみに水の出入する方法に就て一段の工夫を凝らし、上部のものを溢水式とし下部のものに Air hole を附したのものもある。之等の形式は相當考へたものであるが、著者の見解を以てすれば、理論の點から考へても、經濟的價值から觀ても Johnson の Differential tank には遠く及ばないと信ずるものである。茲に於て著者は之れに一步を進めて Chamber と Tank との連絡に Restricted orifice を使用する形式を創案した。斯の如き構造とすれば水源地の最高最底水位差が著しく大なる場合か、又は水路が著しく長く落差大なる場合及地形上圓筒形水槽を設置するに困難なる場合等に於て之れを用ふることが頗る有利となるのである。其の計算方法は第六章第十八節に詳述する。

以上の外に Double chamber surge tank と云ふのがある。これは水路の中間に在る溪谷等を利用した補助水槽を有する Chamber surge tank であつて、其の計算方法は以上述べた處のものを適當に組合せれば宜しいのである。

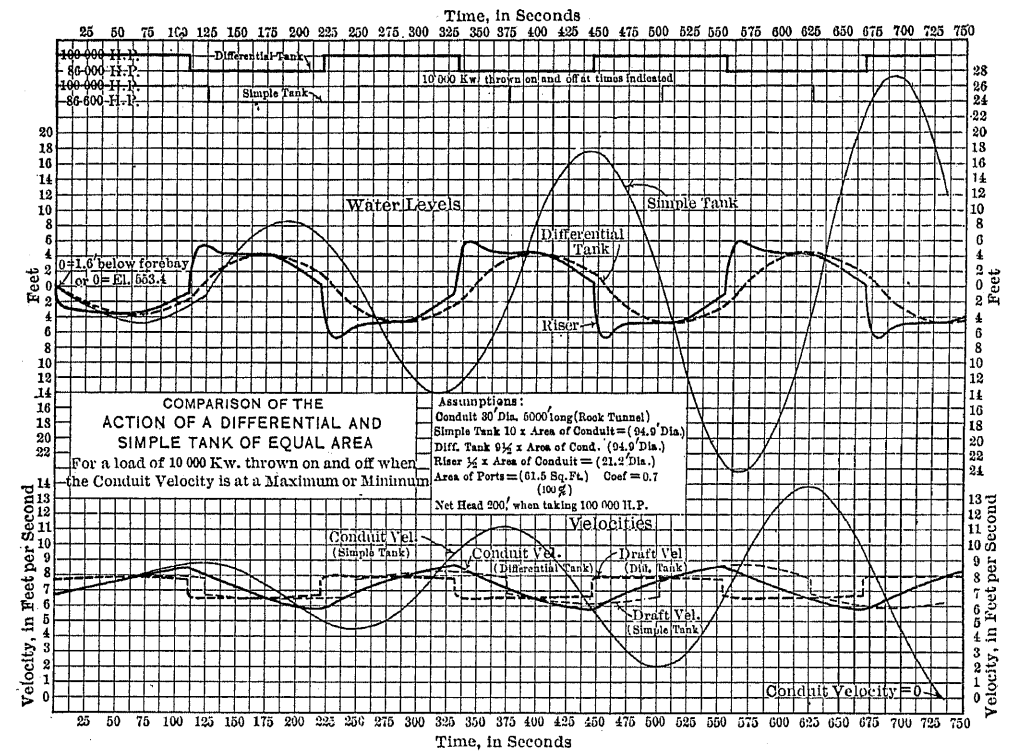
8. Miscellaneous Type. これは以上の分類に屬せざる形式を一括して此の内に包含せしめる。例へば、横の方に附屬水槽のあるもの。水源が二つ以上あるもの、等である。

第二節 Surging Wave の種類

9. Surging Wave の種類. 發電機の負荷に變化が起つた場合 Single

surge tank の水面は次の 5 種類の何れかに屬する運動を起すものである。尤も Double surge tank になると、さう簡単に類別することは出来ない。

第二圖 Surging wave の種類



- 1) Convergent sine curve に類するもので其の Amplitude が漸々減少し遂に静止するもの。
- 2) Sine curve 類似のもので其の Amplitude が一定の値を保ち永久に繼續するもの。
- 3) Divergent sine curve に類似のもので其の Amplitude が一段毎に増大するもの。
- 4) Tank の水面が漸々降下し再び上昇の傾向を示さざるもの。之

れは水路に於ける流速に対する *Acceleration* が水車の使用する水量に追付かざる場合である。斯る場合は理論としては數學的に興味ある問題ではあるが實際としては起り得ないものであるから之れは考へる必要はない。

- 5) 1) の特別なる場合として *Surging wave* の最初の 1/2 周波に無限の時間を要し *Oscillation* なしに静止する場合がある。此の場合を *Non-oscillatory*, 又は *Dead beat condition* (無波動状態) といふ。斯る場合は水路内に於ける流速が變化後の負荷に相當する流速を超過することなく *Assymptotic* に之れに漸近するとき起るものである。

Surge tank に於ける負荷の變化に因る水位の移動は普通 1) の場合であるが其の負荷の變化が水路の水の振動の自然周期と一致して増減を繰返す場合に *Tank* が *Simple type* であると往々 3) の場合を惹起し *Surging* が無限に増大する。併し此の場合 *Tank* が *Differential type* であると *Surging* は 2) の場合となつて其の *Amplitude* は終始一定にして増大することが無い。現に或る處の *Simple tank* に於て此の 3) の場合の如き實例が惹起して困つた結果、之れを *Differential tank* に改造して此の危険から免れたさうである。

10. Dead Beat Condition. 5) の場合は *Simple tank* に於ては經濟上問題にならないが *Differential type* に於ては、水路が長きとき、摩擦水頭が大きいとき、又は流速が大きいときには此の *Dead beat condition* (無波動状態) の *Surge tank* が經濟的にも亦技術的にも設計可能である。斯様に *Inertia* の影響が大きければ大きい程、語を換へて云へば水路が長く流速が大きければ大きい程、容易に *Dead beat condition* が得られると云ふことは興味ある現象である。

一般に *Surge tank* は水路の長さとその流速とに比例して其の高さを増減する必要がある。併し斷面積が之れに相當して減じなければ

Inertia の影響が大きくとも *Oscillation* は鈍重になる。其の理由は次の如くである。

即ち *Tank* 内の物理的仕事の量は、其の水面の變化した量(高さ)の 2 乗に比例する。此の高さは又摩擦勾配、即ち水路の長さとの流速の 2 乗、とに比例する。故に水路の長さ又は流速の 2 乗を倍にすれば *Tank* 内の水位の變化量(高さ)は倍になる。従て必要なる仕事の量は 2 倍になる丈けであるに對し *Tank* 内の仕事の量は 4 倍となるから、水路が長く流速が大なる場合には *Tank* の水位の *Oscillation* は不活潑になるのである。故に非常に長き水路の場合に於ても危険な *Oscillation* が起るであらふと云ふ考へは誤りである事が此の事實に依て指摘されるのである。尤も、長き水路の場合に於ては負荷の變化に因る勾配の變化が大きくなり過ぎることは避け難き事實であつて此の事は餘り望まじきものではない。何故ならば斯の如き *head* の變化が行き過ぎる爲めに *Governor* が夫れ丈け餘分に働かなければならないからである。併し *Tank* の設計が巧妙であるならば此の比較的輕微なる缺點の他には惧るべき點は毫も無いのである。