

## 論 說 報 告

土木學會誌 第十六卷第七號 昭和五年七月

# C. Runge's Theorem に依る積分曲線を用ひて種々なる Surge Tank の研究

會員 工學士 新 井 榮 吉

The Study of Surge Tanks of Various Types with the Aid of the Integral Curves based upon C. Runge's Theorem

By Eikichi Arai, C. E., Member.

### 内 容 梗 概

本論文は種々なる Surge tank に関して著者の研究に成る計算式を發表すると同時に之れに C. Runge 氏の圖計算の方法に依る積分曲線を應用して複雑なる Surging curve を簡單に作る方法を示し、且如何なる構造の Surge tank が適當なるかを説明し之れに二三の計算實例を添へ尙ほ模型に於ける實驗計算との比較をなし計算式並に計算方法の精確なることを證明せるものである。

### 目 次

1. 緒 言 .....	2
2. Surging に關する基本公式 .....	4
3. 補助水槽なき Differential Surge Tank .....	5
4. Restricted Surge Tank .....	8
5. 水路の中間に補助水槽を有する Differential Surge Tank .....	8
6. Surge Tank の横の方に附屬水槽ある場合 .....	10
7. 水路が支線を有する場合 .....	11
8. 水路の中間に Restricted Tank ある場合 .....	14
9. Differential Surge Tank と Restricted Tank とを組合せたる場合 .....	15
10. 水路が支線を有し且中間に Restricted Tank を有する場合 .....	17
11. 計算實例(其の一) .....	18
12. 計算實例(其の二) .....	21
13. 計算實例(其の三) .....	23
14. 模型に於ける實驗と計算との比較 .....	25

従來 Surge tank に就て計算の出来るものは至極簡單なる場合のみに限られて居り、少しく複雑なるものになれば最早や計算不可能である。例へば水路の途中に補助水槽の

あるものは其の Main tank が Simple type であつても解析的には解決が出来ない、併し之れに就ては Mühlhofer の圖計算の方法がある事を著者は昨年の上木學會誌第十五卷第二號に於て紹介した、又 Differential surge tank に就ては其の發明者 R. D. Johnson 氏が 1915 年の Transaction に於て其の論文を發表して居るけれども、其の取り扱ふ處は補助水槽等のなき至極單純なる場合に限られて居り、而も其の解析的解法は種々なる假定の下に成り立つて居るものである。従て是のみに依つて具體的 設計を爲すことは困難である。次で具體的 設計に役立つ數値計算に關する Roy Taylor 氏の論文があるけれどもそれには計算の結果のみを掲げて其の公式方法を省略して居るから此の單純なる場合の計算すら今の處誰にでも出来るとは謂へない、従て其の他の複雑なる Surge tank の計算方法に就ては未だ何等發表されたものが無い様に思はれる。

繼て我邦最近に於ける電力界の趨勢を見るに皆貯水池を有する Peak 發電所を建設する傾向であるから今後の水力發電所には Surge tank は必ず付きものである。而も漸次大規模の發電所が建設せらるゝ結果 Surge tank の大きさも其の工費も共に相當莫大なものとなり、經濟的にも亦技術的にも可成困難なる問題に遭遇する。此の問題を解決するためには將來の Surge tank の設計に當ては種々なる工夫を凝して Surge tank 又は補助水槽の高さや大きさを出来るだけ縮小する事に努力する必要があると思ふ、若し此の論文が此の目的に向つて幾分でも参考になる事があれば著者の幸甚とする處である。

## 1. 緒 言

今日世間に多く知られて居る Surge tank の研究は其の基本公式

$$\frac{dz}{dt} = \frac{C-r}{F/f}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\varepsilon \mp \varepsilon v^n}{l/g}$$

なる微分方程式を無理に解析的に解きて其の極限の場合を示すに過ぎない、而も強ひて之れを積分するためには種々なる假定を必要とする。其の最も著しき點は摩擦水頭を流速の一乗に比例するものと見做して此の積分曲線を Convergent sine curve に導いて居る事である。従て其の結果は不正確にして而も最も單純なる場合即ち水源の水位が一定不變にして Simple surge tank が1個のみある場合より外には應用が出来ない。

然るに軌近水力事業が著しき進歩發達を遂げた結果 Surge tank の設計に於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の溪流を利用して補助水槽とすとか、或は Surge tank の位置が狭いため又は附近に一層適當なる地形が在るため横の方に附屬水槽を設くとか、或は地形の關係上又は經濟的見地から Differential tank を設計すとか、或は又水路の中間より支流を取り入れたりする様な複雑なる實際問題に逢著する場合が多い。然るに之れ等の何れを見ても解析的に解決を與へらるゝものは一つも無い。

Differential surge tank が Simple surge tank に比して有利なる事は Johnson 氏並に Roy Taylor 氏に依つて提唱せらるゝ處である、夫は只單に Tank の内部を仕切つて Riser と稱する圓筒を建て且其の仕切りに小孔を穿つて水を出入せしむる丈けの仕掛けである。之れに依つて同一直徑の Tank ならば其の Surging の高さを半減し又同一高さの Tank ならば其の斷面積を約半減する事を得ると言ふのである。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值があるが其の他 Pressure tunnel と Penstock との接續點に水槽が存在する普通の場合に於ても其の水量が多く且水路が長き場合即ち大なる水槽を必要とする場合に於ても亦頗る有利であるのみならず、小さい水槽の場合に於ても尙ほ夫れ相當の價值はある。

然るにも係はらず Differential tank が多く世に行はれざるは其の計算の方法が明瞭ならざる點に因る處が多い。

發明者 Johnson 氏の論文 (Transaction 1915) の取扱つて居る處は補助水槽等無き至極單純なる場合であつて然も riser の area を零と見做し且其の水位が常に constant となる様に port hole の area が移動するものと見做して居るから實際問題とは可成の相違がある。従つて之れのみ依つて具體的設計を爲さんとしても頗る困難である。而して Roy Taylor 氏が其の實際的計算の結果を發表して居るけれども其の計算の方法は示して居ないから之れも直に手本とする事は出来ない。斯の如く單純なる Differential tank に於てすら一寸手が下せないのであるから況んや水路の中間に補助水槽等が有つて其の水面が Differential tank の水面と相關連して上下するが如き場合其の他の複雑なるものに對しては殆んど見當も付かない有様である。

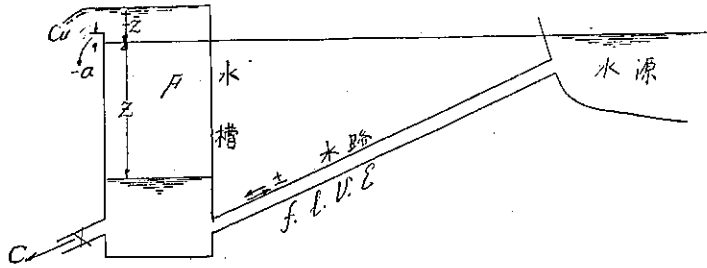
然るに Surge tank の經濟的設計は多くの場合此の Differential surge tank の應用又は其の類似性のものが多い。

曩に著者は土木學會誌第十五卷第二號に於て前記基本公式に對し C. Runge's Theorem に依り圖計算を用ひて積分曲線を作る Mühlhofer 氏の方法を紹介し併せて其の實驗との比較を發表し、Surging wave 並に velocity の推移變遷を一目瞭然たらしめた積りである。其の後著者は尙ほ進んで前記各種の複雑なる水槽に關する研究を進め各種の公式を考案し小規模ながら模型に於ける實驗をも行ひ其の結果と計算とを比較對照して全然一致するを確めたれば、茲に其の公式と計算實例並に實驗の結果を發表して將來 Surge tank の合理的並に經濟的設計に關する進歩發達に資したい希望である。因に本論文は拙著〔田代川第二發電所 Surging に關する實驗報告〕(土木學會誌第十五卷第二號所載)に關係する處多きを以て之れを参照せられたし。尙ほ本論文に使用する符號は大體該報文と同一であるから意味の異なる者の外は重複を避くるため其の説明を省略する。

2. Surging に関する基本公式 (添附報文参照)

a. 補助水槽なき Simple Surge Tank の場合

第 一 圖



$$\frac{dz}{dt} = \frac{C + C_u - v}{F/f} \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{z \mp \epsilon v^2}{l/g} \dots\dots\dots (2)$$

但し

$Q =$  水槽より水圧管に流下する水量

$$C = Q/f$$

$Q_u =$  水槽より溢流する水量

$$C_u = Q_u/f$$

$a =$  貯水池の水位を基準とせる溢水敷の高にして其の上にいる場合を

(-), 下に在る場合を (+) とす

然る時は Francis の公式に依つて

$$Q_u = 3.33 b (a - z)^{\frac{3}{2}}$$

なるを以て

$$\delta = 3.33 b$$

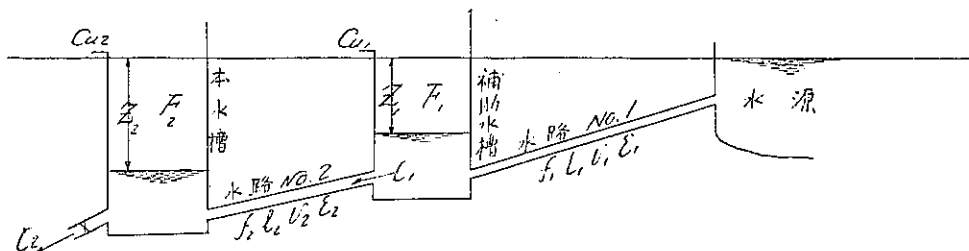
とすれば

$$Q_u = \delta (a - z)^{\frac{3}{2}}$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - z)^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

b. 水路の中間に補助水槽を有する Simple Surge Tank の場合

第 二 圖



補助水槽及第一水路に對して

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_1}{dt} &= \frac{C_1 + C_{u1} - v_1}{F_1/f_1} \\ \frac{dv_1}{dt} &= \frac{z_1 \mp \varepsilon_1 v_1^n}{l_1/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

本水槽及第二水路に對して

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_2}{dt} &= \frac{C_2 + C_{u2} - v_2}{F_2/f_2} \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_2 - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (5)$$

但し  $C_2$  は (1) 式の  $C$  と同一にして  $C_1$  は

$$C_1 = \frac{f_2}{f_1} v_2$$

なり、故に若し  $f_1 = f_2$  ならば

$$C_1 = v_2$$

なり。

### 3. 補助水槽なき Differential Surge Tank

a. 先づ順序として水路の中間に補助水槽なき場合を考ふ

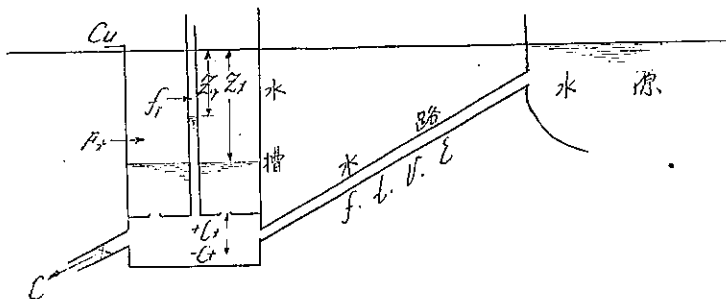
$F_i$  = Differential tank の斷面積

$f_r$  = Riser の斷面積

$z_2$  = 貯水池の水位を基準とせる Differential tank の水位にして下を (+), 上を (-) とす

$z_1$  = 貯水池の水位を基準とせる Riser の水位にして下を (+), 上を (-) とす

第三圖



$Q_i$  = Differential tank に port を通じて出入する水量にして Tank に流入する方を (+),  
流出する方を (-) とす

$$C_i = Q_i / f$$

$p$  = port の断面積

$m$  = 收縮係数

依つて  $Q_i$  は Orifice の公式に依つて

$$Q_i = mp\sqrt{2g(z_i - z_r)}$$

或は

$$= -mp\sqrt{2g(z_r - z_i)}$$

なるを以て

$$\gamma = mp\sqrt{2g}$$

とすれば

$$Q_i = \gamma\sqrt{z_i - z_r}$$

或は

$$= -\gamma\sqrt{z_r - z_i}$$

$$\left. \begin{aligned} C_i &= \frac{\gamma}{f} \sqrt{z_i - z_r} \dots \text{tank に流入するとき} \\ &= \frac{-\gamma}{f} \sqrt{z_r - z_i} \dots \text{tank より流出するとき} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (6)$$

依つて Surging に関する微分方程式は

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dz_r}{dt} &= \frac{C + C_t - v}{f_r/f} \\
 \frac{dv}{dt} &= \frac{z_r \mp \epsilon v^n}{l/g} \\
 \frac{dz_t}{dt} &= \frac{C_u - C_t}{F_t/f} \\
 C_t &= \frac{\gamma}{f} \sqrt{z_t - z_r} \\
 &= \frac{-\gamma}{f} \sqrt{z_r - z_t}
 \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

或は

にして式中の  $C_u$  は公式 (3) に依つて求む。

b. 水車の急開放又は急閉止を爲したる後數十秒を經過すれば  $z_t, z_r$  は共に最低又は最高に達し  $z_r$  の變化は  $z_t$  と同様緩漫となり、兩者略同様徐々に上下するを以て若し Riser の斷面積が水槽のそれに比して比較的小なる場合は近似的に次の式を用ひて簡単に略同様の結果を得。

即ち Tank と Riser との水位が同様に上下するものと見做して

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dz_t}{dt} &= \frac{C + C_u - v}{\frac{F_t + f_r}{f}} \\
 C_t &= \frac{F_t(v - C)}{F_t + f_r}
 \end{aligned} \right\} \dots \dots (8)$$

而して公式 (6) より

$$z_r = z_t \mp \frac{f^2}{\gamma^2} C_t^2 \dots \dots \begin{matrix} \text{tank に流入する時} & (-) \\ \text{tank より流出する時} & (+) \end{matrix}$$

及

$$\frac{dv}{dt} = \frac{z_r \mp \epsilon v^n}{l/g}$$

にして式中の  $C_u$  は公式 (3) に依つて求む。

c. Riser の斷面積が極めて小なる時は之を省略して考ふれば次の如く簡單となる

$$\left. \begin{aligned}
 C_t &= v - C \\
 \frac{dz_t}{dt} &= \frac{C_u - C_t}{F_t/f} \\
 z_r &= z_t \mp \frac{f^2}{\gamma^2} C_t^2 \dots \dots \begin{matrix} \text{tank に流入するとき} & (-) \\ \text{tank より流出するとき} & (+) \end{matrix}
 \end{aligned} \right\} \dots \dots (9)$$

公式 (6) より

及

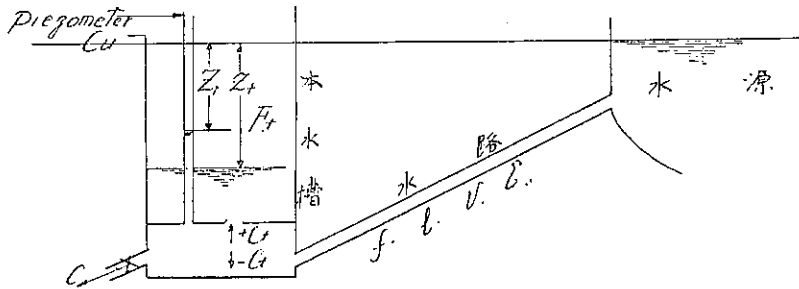
$$\frac{dv}{dt} = \frac{z_r \mp \epsilon v^n}{l/g}$$

にして式中の  $C_u$  は公式 (3) に依つて求む。

#### 4. Restricted Surge Tank

此の形式は Differential surge tank の Riser を省き Port のみを設けたるものにして工費の點から言へば此の方が優れて居るが Pressure の變化が時間無しに瞬間的に起る結果 Water hammer が大きくなり、且 Governor の働が之れに伴はない缺點である。

第 四 圖



之れに關する微分方程式は Tank に於て Piezometer を想像し其の水位を  $z_r$  とすれば次の如し。

$$C_t = v - C$$

$$\frac{dz_t}{dt} = \frac{C_u - C_t}{F_t / f}$$

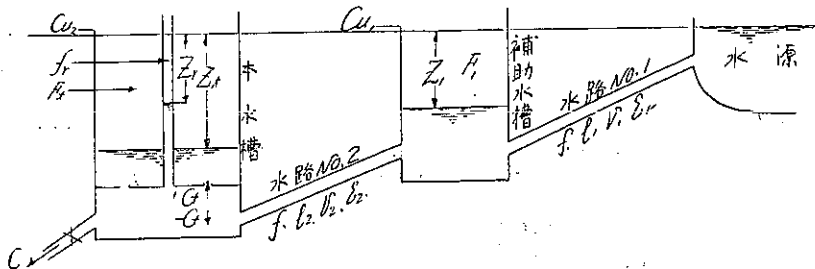
$$z_r = z_t \mp \frac{f^2}{\gamma^2} C_t^2 \begin{cases} \text{tank に流入するとき (-)} \\ \text{tank より流出するとき (+)} \end{cases} \dots\dots (9)$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{z_r \mp \epsilon v^n}{l/g}$$

即ち Differential surge tank の Riser の斷面積を省略したる場合と全然同一である。

#### 5. 水路の中間に補助水槽を有する Differential Surge Tank

a. 第一水路及第二水路の斷面積が同一なる場合





茲には  $f_1 = f_2$  なる場合を考へる。

補助水槽及第一水路に對して

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_1}{dt} &= \frac{v_2 + C_{u1} - v_1}{F_1/f} \\ \frac{dv_1}{dt} &= \frac{z_1 \mp \varepsilon_1 v_1^2}{l_1/g} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

本水槽及第二水路に對して

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_r}{dt} &= \frac{U + C_t - v_2}{f_r/f} \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_r - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^2}{l_2/g} \\ \frac{dz_t}{dt} &= \frac{C_{u2} - C_t}{F_t/f} \\ C_t &= \frac{\gamma}{f} \sqrt{z_t - z_r} \\ &= \frac{-\gamma}{f} \sqrt{z_r - z_t} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (11)$$

或は

にして式中  $C_{u1}, C_{u2}$  は公式 (3) に依つて求む。

b. 水車の急開放又は急閉止を爲したる後数十秒を經過すれば  $z_t, z_r$  は共に最低又は最高に達し  $z_r$  の變化は  $z_t$  と同様緩漫となり、兩者略同様徐々に上下するを以て若し Riser の斷面積が水槽のそれに比し比較的小なる場合は近似的に次の式を用ひて略同様の結果を得。

即ち補助水槽及第一水路に對する公式 (10) には變化なく本水槽及第二水路に對して

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_t}{dt} &= \frac{U + C_{u2} - v_2}{\frac{F_t + f_r}{f}} \\ C_t &= \frac{F_t(v_2 - U)}{F_t + f_r} \end{aligned} \right\} \dots\dots (12)$$

公式 (6) に依り

$$z_r = z_t \mp \frac{f^2}{\gamma^2} C_t^2 \dots \dots \text{tankに流入する時 (-)} \\ \text{tankより流出する時 (+)}$$

及

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_r - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^2}{l_2/g}$$

にして式中の  $C_{u2}$  は公式 (3) に依つて求む。

c. Riser の斷面積が極めて小なるときは之れを省略して考ふれば次の如く簡單となる

$$\left. \begin{aligned}
 C_i &= v_2 - C \\
 \frac{dz_i}{dt} &= \frac{C_{u_2} - C_i}{F_i/f} \\
 z_r &= z \mp \frac{f^2}{\gamma^2} C_i^2 \dots \begin{cases} \text{tank に流入するとき} & (-) \\ \text{tank より流出するとき} & (+) \end{cases} \\
 \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_r - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2/g}
 \end{aligned} \right\} \dots (13)$$

而して公式 (6) に依り

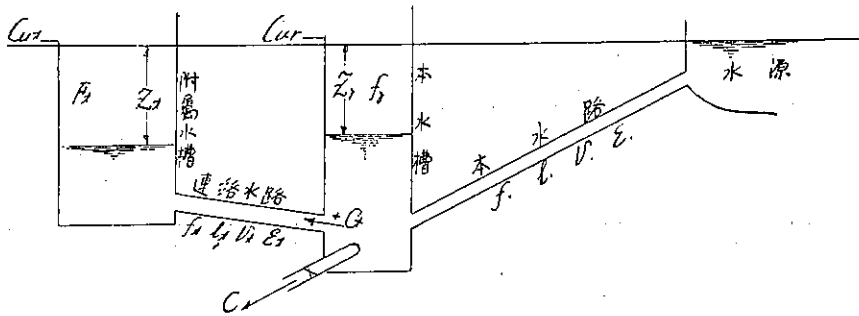
及

にして式中の  $C_{u_2}$  は公式 (3) に依つて求む。而して補助水槽及第一水路に對する公式 (10) には變化なし。

### 6. Surge Tank の横の方に附屬水槽ある場合

此の形式は地形上水槽の位置に適當なる大きさの水槽を作り得ざるか、又附近に一層適當なる地形が有つて之れに附屬水槽を作り本水槽を出來得る丈小さくする方經濟的に有利なる場合に用ふ。

第 六 圖



本水槽及本水路に對しては

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dz_r}{dt} &= \frac{C + C_i + C_{ur} - v}{f_r/f} \\
 \frac{dv}{dt} &= \frac{z_r \mp \varepsilon v^n}{l/g}
 \end{aligned} \right\} \dots (14)$$

附屬水槽及連絡水路に對しては

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{dz_i}{dt} &= \frac{C_{ur} - v_i}{F_i/f_i} \\
 \frac{dv_i}{dt} &= \frac{(z_i - z_r) \mp \varepsilon_i v_i^n}{l_i/g}
 \end{aligned} \right\} \dots (15)$$

但し

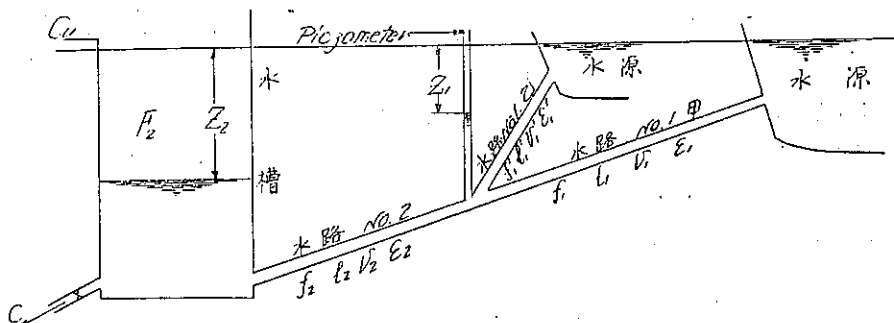
$$\left. \begin{aligned} C_i &= \frac{f_i v_i}{f} \\ C_{ur} &= \frac{Q_{ur}}{f} \\ C_{ut} &= \frac{Q_{ut}}{f_i} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (16)$$

にして若し連絡水路の距離即ち  $l_i$  が極めて小なる場合は Differential tank の變形と見做し得るものにして、其の連絡水路を一種の Orifice と考ふれば其の計算式も亦 Differential surge tank と全然同一である。

7. 水路が支線を有する場合

a. 水槽が Simple Surge Tank なる場合

第七圖



接続點に於て Piezometer を想像して其の水位より其の點の流速水頭を減じたるものを  $z_2$  とす。然るときは水槽及第二水路に對しては

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_2}{dt} &= \frac{C + C_u - v_2}{F_2/f_2} \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_2 - z_1) - \epsilon_2 v_2^n}{l_2/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (17)$$

第一水路の甲、乙に對しては

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_1}{dt} &= \frac{z_1 - \epsilon_1 v_1^n}{l_1/g} \\ \frac{dv_1'}{dt} &= \frac{z_1 - \epsilon_1' v_1'^n}{l_1'/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (18)$$

然るに

$$f_2 v_2 = f_1 v_1 + f_1' v_1'$$

$$v_2 = \frac{f_1}{f_2} v_1 + \frac{f_1'}{f_2} v_1'$$

$$\therefore \frac{dv_2}{dt} = \frac{f_1}{f_2} \frac{dv_1}{dt} + \frac{f_1'}{f_2} \frac{dv_1'}{dt}$$

而して

$$\frac{f_1}{f_2} \frac{dv_1}{dt} + \frac{f_1'}{f_2} \frac{dv_1'}{dt} = \frac{z_1 \mp \varepsilon_1 v_1^n}{\frac{l_1}{g} \times \frac{f_2}{f_1}} + \frac{z_1 \mp \varepsilon_1' v_1'^n}{\frac{l_1'}{g} \times \frac{f_2}{f_1'}}$$

故に

$$\begin{aligned} \frac{(z_2 - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2/g} &= \frac{z_1 \mp \varepsilon_1 v_1^n}{\frac{l_1}{g} \times \frac{f_2}{f_1}} + \frac{z_1 \mp \varepsilon_1' v_1'^n}{\frac{l_1'}{g} \times \frac{f_2}{f_1'}} \\ z_1 &= \frac{\frac{z_2 \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2} \pm \frac{f_1}{l_1 f_2} \varepsilon_1 v_1^n \pm \frac{f_1'}{l_1' f_2} \varepsilon_1' v_1'^n}{\frac{1}{l_2} + \frac{f_1}{l_1 f_2} + \frac{f_1'}{l_1' f_2}} \dots\dots\dots(19) \end{aligned}$$

公式 (17), (18) の  $z_1$  に此の値を入れて圖計算を爲す事が出来る。

b. 水槽が Simple Surge Tank にして支線の方が自然流下であつて壓力を受けざる場合

即ち  $f_1' v' = Q' = \text{constant}$

依つて水槽及第二水路に對しては

$$\frac{dz_2}{dt} = \frac{C + C_u - v_2}{F_2/f_2}$$

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_2 - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2/g}$$

第一水路の甲, 乙に對しては

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{z_1 \mp \varepsilon_1 v_1^n}{l_1/g}$$

$$\frac{dv}{dt} = 0$$

但し

$$z_1 = \frac{\frac{z_2 \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2} \pm \frac{f_1}{l_1 f_2} \varepsilon_1 v_1^n}{\frac{1}{l_2} + \frac{f_1}{l_1 f_2}} \dots\dots\dots(20)$$

c. 水槽が Differential Surge Tank なる場合

本水槽及第二水路に対しては公式 (11) 又は (12) の  $z_1$  に

$$z_1 = \frac{\frac{z_2 \mp \frac{\epsilon_2 v_2^n}{l_2} \pm \frac{f_1}{l_1 f_2} \epsilon_1 v_1^n \pm \frac{f_1'}{l_1' f_2'} \epsilon_1' v_1'^n}{\frac{1}{l_2} + \frac{f_1}{l_1 f_2} + \frac{f_1'}{l_1' f_2'}}$$

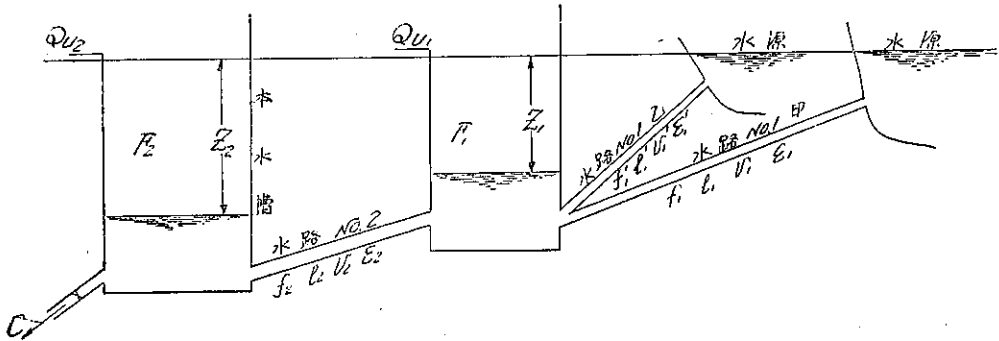
又は

$$z_1 = \frac{\frac{z_2 \mp \frac{\epsilon_2 v_2^n}{l_2} \pm \frac{f_1}{l_1 f_2} \epsilon_1 v_1^n}{\frac{1}{l_2} + \frac{f_1}{l_1 f_2}}$$

なる値を用ひ第一水路の甲、乙に対しては公式 (10) の代りに (18) を用ひて圖計算をなす事が出来る。

d. 支線の接続點に補助水槽ある場合

第 八 圖



補助水槽及第一水路の甲、乙に対しては

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_1}{dt} &= \frac{f_2 v_2 + Q_{v1} - f_1 v_1 - f_1' v_1'}{F_1} \\ \frac{dv_1}{dt} &= \frac{z_1 \mp \epsilon_1 v_1^n}{l_1/g} \\ \frac{dv_1'}{dt} &= \frac{z_1 \mp \epsilon_1' v_1'^n}{l_1'/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (21)$$

にして本水槽及第二水路に対しては Simple surge tank 又は Differential surge tank の何れにしても其の項に於て述べた公式に何等の變化は無いから公式 (5) 又は (11), (12) を用ふればよし。

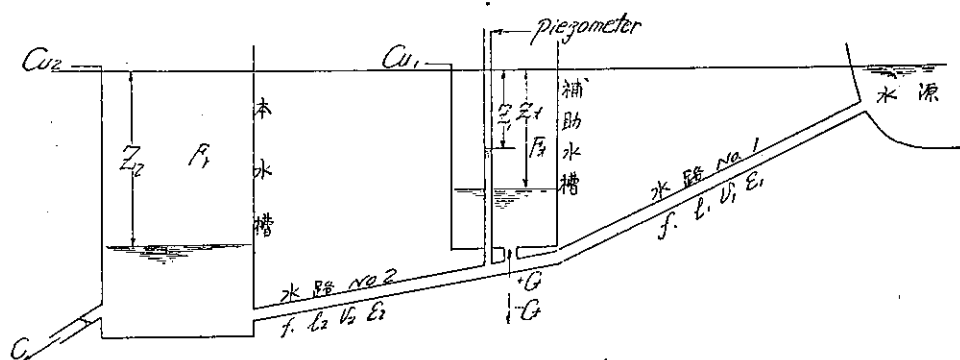
### 8. 水路の中間に Restricted Tank ある場合

水路の中間に在る溪流又は窪地が補助水槽に適當であるが、其の容量が小さく且其の位置が水源に遠く水槽に近き場合には之れを補助としても尙ほ相當大なる本水槽を必要とする。斯かる場合に對しては此の形式が最も適應するものであつて此の補助水槽と水路との連絡を自由開放にせず、Restricted orifice とするときは本水槽と此の補助水槽とが一組となつて Differential surge tank と類似の働をする。即ち本水槽が Differential surge tank の Riser に相當し補助水槽が其の Tank に相當する、従つて本水槽は餘程小さいもので充分である。斯の如く此の形式は補助水槽が小さい時に非常に有利であるのみならず補助水槽の容量が充分な場合でも此の裝置に依つて本水槽を著しく縮小する事が出来る。

此の場合に關する微分方程式を作るに當つて先づ Restricted orifice に近き水路に於て Piezometer を想像し其の水位より其の點の流速水頭を減じたるものを  $z_1$  とする。

然るときは

第九圖



本水槽及第二水路に對しては

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_2}{dt} &= \frac{C + C_{u_2} - v_2}{F_r/f} \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_2 - z_1) \mp \epsilon_2 v_2^2}{l_2/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (22)$$

Restricted tank 及第一水路に對しては

$$\left. \begin{aligned} C_i &= v_1 - v_2 \\ \frac{dz_i}{dt} &= \frac{C_{u_1} - C_i}{F_i/f} \\ f(v_1 - v_2) &= \gamma \sqrt{z_i - z_1 - \frac{v_2^2}{2g}} \end{aligned} \right\}$$

$$\frac{f^2}{\gamma^2}(v_1 - v_2)^2 = z_t - z_1 - \frac{v_2^2}{2g} \dots\dots\dots (23)$$

$$z_1 = z_t - \frac{v_2^2}{2g} \mp \frac{f^2}{\gamma^2} C_t^2 \dots \begin{matrix} \text{tank に流入するとき (-)} \\ \text{tank より流出するとき (+)} \end{matrix}$$

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{z_1 \mp \varepsilon_1 v_1^n}{l_1/g}$$

而して負荷に變化なき限り

$$v_1 = v_2$$

$$C_t = 0$$

$$z_1 = \varepsilon_1 v_1^n$$

$$z_t = \varepsilon_1 v_1^n + \frac{v_2^2}{2g}$$

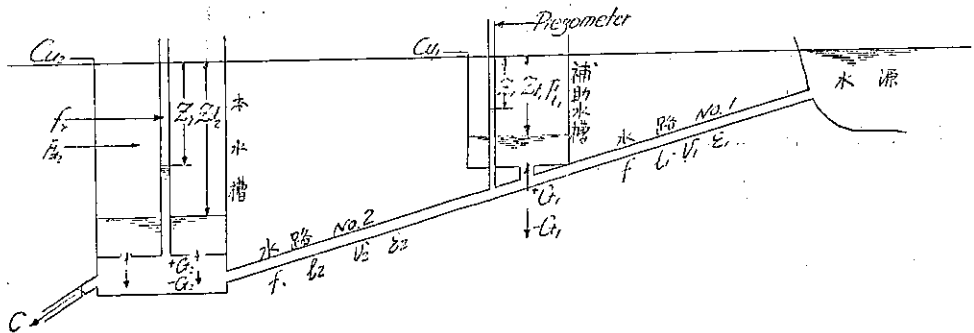
$$z_2 = \varepsilon_1 v_1^n + \varepsilon_2 v_2^n$$

但し Restricted tank の接続點に於て水路に Pocket を作り、其の點に於ける水路内の流速を出来るだけ減少すれば公式 (23) の  $z_1$  の式に於ける流速水頭の項を省略する事が出来る。

### 9. Differential Surge Tank と Restricted Tank とを組合せたる場合

此の形式は補助水槽の容量が尙ほ一層小なる場合又は本水槽と補助水槽との距離が稍々遠き場合に應用して非常に有效なるものである。而して普通のものに比して此の形式が如何に優つて居るかは後に記する計算實例の示す處に依つて明瞭である。

第十圖



此の形式に關する微分方程式は本水槽及第二水路に對しては

$$\frac{dz_r}{dt} = \frac{C + C_2 - v_2}{f_r/f}$$

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_r - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2/g}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_{t_2}}{dt} &= \frac{C_{v_2} - C_{t_2}}{F_{t_2}/f} \\ C_{t_2} &= \frac{\gamma_2}{f} \sqrt{z_r - z_{t_2}} \dots \text{tank に流入するとき} \\ \text{或は} &= \frac{-\gamma_2}{f} \sqrt{z_r - z_{t_2}} \dots \text{tank より流出するとき} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (24)$$

又は近似的に

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_{t_2}}{dt} &= \frac{C + C_{v_2} - v_2}{F_{t_2} + f_r} \\ C_{t_2} &= \frac{F_{t_2}(v_2 - C)}{F_{t_2} + f_r} \\ z_r &= z_{t_2} \mp \frac{f^2}{\gamma_2^2} C_{t_2}^2 \dots \text{tank に流入するとき (-)} \\ &\dots \text{tank より流出するとき (+)} \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_r - z_1) \mp \varepsilon_2 v_2^n}{l_2/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (25)$$

而して Restricted tank 及第一水路に對しては

$$\left. \begin{aligned} C_{t_1} &= v_1 - v_2 \\ \frac{dz_{t_1}}{dt} &= \frac{C_{v_1} - C_{t_1}}{F_{t_1}/f} \\ z_1 &= z_{t_1} - \frac{v_2^2}{2g} \mp \frac{f^2}{\gamma_1^2} C_{t_1}^2 \dots \text{tank に流入するとき (-)} \\ &\dots \text{tank より流出するとき (+)} \\ \frac{dv_1}{dt} &= \frac{z_1 \mp \varepsilon_1 v_1^n}{l_1/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (26)$$

而して負荷に變化なき限り

$$\begin{aligned} v_1 &= v_2 \\ C_{t_1} &= 0 \\ C_{t_2} &= 0 \\ z_1 &= \varepsilon_1 v_1^n \\ z_{t_1} &= \varepsilon_1 v_1^n + \frac{v_2^2}{2g} \\ z_{t_2} = z_r &= \varepsilon_1 v_1^n + \varepsilon_2 v_2^n \end{aligned}$$

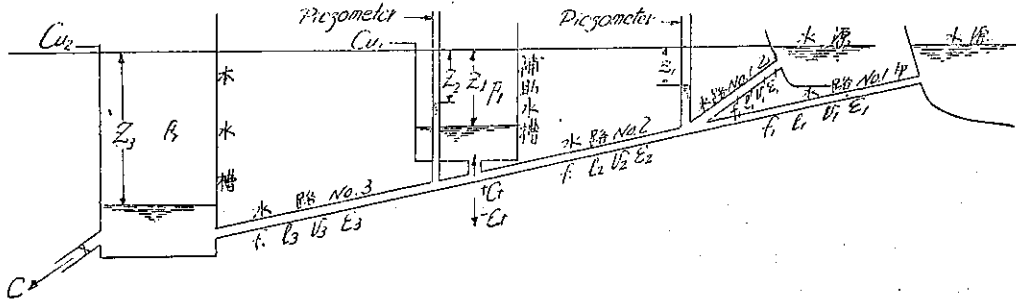
但し Restricted tank の接續點に於て水路に Pocket を作り其の點に於ける水路内の流速を



出来るだけ減少すれば公式 (26) の  $z_1$  の式に於ける流速水頭の項を省略する事が出来る。

10. 水路が支線を有し且中間に Restricted Tank を有する場合

第十圖



此の形式に関する微分方程式は本水槽及第三水路に對しては

$$\left. \begin{aligned} \frac{dz_3}{dt} &= \frac{C + C_{u2} - v_3}{F_3/f} \\ \frac{dv_3}{dt} &= \frac{(z_3 - z_2) \mp \epsilon_3 v_3^n}{l_3/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (27)$$

Restricted tank 及第二水路に對しては

$$\left. \begin{aligned} C_t &= v_2 - v_3 \\ \frac{dz_t}{dt} &= \frac{C_{u1} - C_t}{F_t/f} \\ z_2 &= z_t - \frac{v_2^2}{2g} \mp \frac{f^2}{\gamma^2} C_t^2 \dots \dots \text{tank に流入するとき (-)} \\ & \dots \dots \text{tank より流出するとき (+)} \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_2 - z_1) \mp \epsilon_2 v_2^n}{l_2/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (28)$$

第三水路の甲, 乙に對しては

$$\left. \begin{aligned} \frac{dv_1}{dt} &= \frac{z_1 \mp \epsilon_1 v_1^n}{l_1/g} \\ \frac{dv'_1}{dt} &= \frac{z_1 \mp \epsilon'_1 v_1'^n}{l'_1/g} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (29)$$

但し公式 (28) の  $z_2$  の式に於ける流速水頭の項は前同様省略する事が出来る。又式中の  $z_1$  は公式 (19) 又は (20) より求む。之れ等の微分方程式に就て C. Runge's Theorem に依り其の積分曲線を作れば Riser, Tank 等の水位及水路内の velocity に関する推移變遷を詳細に知る事が出来る。

尙ほ之れ等の微分方程式の数値を定むるには第一に許され得る Surging の高さが與へられたるときは

$$h = \text{max. surging height above intake level}$$

$$v = \text{max. velocity}$$

$$H = \epsilon v^2 + h$$

とすれば

$$v = C_t = \frac{\gamma}{f} \sqrt{H}$$

に依つて  $\gamma$  の値を概算し且 Johnson 氏の方法等に依り  $F_t, f_r$  を適當に選定して一應積分曲線の計算を試み其の結果を見て相當の訂正を爲して更に之れを繰り返すのである。

第二に Tank の diameter が與へられたるときは Riser の高さを適當に選定し之れを以て前式に依り  $\gamma$  の値を算出して積分曲線を作る計算の data とするのである。

但し此の場合に於ても第一回の試みの結果を見て更に data を訂正して第二、第三の計算を爲す必要がある。茲に注意すべきは何れの場合に於ても Thoma 氏の研究に依る Incipient stability 及 Johnson 氏に依る Critical velocity に關する check を忘れてはならぬ事は勿論である。

### 11. 計算實例 (其の一)

水路の中間に補助水槽を有する Differential Surge Tank

#### a. 計算式

補助水槽及第一水路に對して

$$\frac{dz_1}{dt} = \frac{v_2 - v_1}{F_1/f}$$

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{z_1 + \epsilon_1 v_1^{1.85}}{l_1/g}$$

本水槽及第二水路に對して

$$\frac{dz_r}{dt} = \frac{C + C_t - v_2}{f_r/f}$$

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_r - z_1) + \epsilon_2 v_2^{1.85}}{l_2/g}$$

$$\frac{dz_t}{dt} = \frac{C_u - C_t}{F_t/f}$$

$$C_t = \frac{\gamma}{f} \sqrt{z_t - z_r} \dots \dots \dots \text{tank に流入するとき}$$

或は 
$$= \frac{-\gamma}{f} \sqrt{z_r - z_t} \dots \dots \dots \text{tank より流出するとき}$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - z_t)^{\frac{3}{2}}$$

又は近似的に

$$\frac{dz_t}{dt} = \frac{C + C_u - v_2}{\frac{F_t + f_r}{f}}$$

$$C_t = \frac{F_t(v_2 - C)}{F_t + f_r}$$

$$z_r = z_t - \frac{f^2}{\gamma^2} C_t^2 \dots \dots \dots \begin{array}{l} \text{tank に流入するとき (-)} \\ \text{tank より流出するとき (+)} \end{array}$$

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_r - z_1) - \varepsilon_2 v_2^{1.85}}{l_2/g}$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - z_t)^{\frac{3}{2}}$$

### b. 構造に関する數値

Tunnel No. 1	$l_1 = 10\ 751.05$
Tunnel No. 2.	$l_2 = 14\ 631.43$
Tunnel section	$f = \pi r^2 = \pi(8.55)^2 = 230.0 \square^s$
Riser Section	$f_r = \pi r^2 = \pi(7.5)^2 = 176.74 \square^s$
Sub-surge Tank Section	$F_1 = 20\ 200 \sim 126\ 000 \square^s$
Surge Tank Section	$F_t = \pi \left[ \left( \frac{65}{2} \right)^2 - \left( \frac{15}{2} \right)^2 \right] = 3\ 142.0 \square^s$
Orifice Coefficient	$\gamma = mp\sqrt{2g} = 43.4\sqrt{2} \times 32.4 = 349.37$
Weir Coefficient	$\delta = 3.33b = 3.33 \times 60 = 199.8$

$$\frac{F_1}{f} = \frac{20\ 200}{230} \sim \frac{126\ 000}{230} = 88 \sim 547.8$$

$$\frac{F_t}{f} = \frac{3\ 142}{230} = 13.65$$

$$\frac{f_r}{f} = \frac{176.74}{230} = 0.768$$

$$\frac{F_t + f_r}{f} = \frac{3\ 142.0 + 176.74}{230} = 14.43$$

$$\frac{l_1}{g} = \frac{10\ 751.05}{32.4} = 331.8$$

$$\frac{l_2}{g} = \frac{14\ 631.43}{32.4} = 451.6$$

$$\frac{f}{\gamma} = \frac{230.0}{349.77} = 0.66$$

$$\frac{f}{\delta} = \frac{230.0}{199.8} = 1.15$$

$$\frac{F_t}{F_t + f_r} = \frac{3\ 142.0}{3\ 142.0 + 176.74} = 0.9437$$

### c. Up Surging に関する數値

Full load を instant に切つた場合

Full load  $Q = 2\ 340^{ks}$

Primary  $v_1 = v_2 = \frac{2\,340}{230} = 10.17^s$   
 "  $C = 10.17^s$   
 $n = 0.013$

Manning's Formula に依り

$$Q = \frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} f$$

$$S = \left( \frac{Q}{\frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} f} \right)^2 = \left( \frac{2\,340}{0.013 (4.275)^{\frac{2}{3}} \times 230} \right)^2 = \frac{1}{876.2}$$

Primary  $z_1 = l_1 s = 10\,751.05 \times \frac{1}{876.2} = 12.3$   
 "  $z_r = z_t = (l_1 + l_2) S = 25\,382.48 \times \frac{1}{876.2} = 29.0$

$$\epsilon_1 = \frac{h_1}{v_1^{1.85}} = \frac{12.3}{(10.17)^{1.85}} = 0.169$$

$$\epsilon_2 = \frac{h_2}{v_2^{1.85}} = \frac{16.9}{(10.17)^{1.85}} = 0.229$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - \epsilon_t)^{\frac{3}{2}} = \frac{(-10 - \epsilon_t)^{\frac{3}{2}}}{1.15}$$

d. Down Surging に関する數値

先づ水源が L. W. L. に静止せる状態に於て 3/4 load を掛け次に  $v_2$  min. の時 full load を掛たる場合

Full load  $Q = 2\,340^{to.}$   
 Primary  $v_1 = v_2 = 0 \quad z_1 = 0 \quad z_r = z_t = 0$   
 Final  $v_1' = v_2 = 10.17^s$   
 3/4 load  $C = \frac{2\,340}{230} \times \frac{3}{4} = 7.63^s$   
 Full load  $C = \frac{2\,340}{230} = 10.17$   
 $n = 0.014$

$$S = \left( \frac{Q}{\frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} f} \right)^2 = \left( \frac{2\,340}{0.014 (4.275)^{\frac{2}{3}} \times 230} \right)^2 = \frac{1}{750}$$

Final  $z_1 = 10\,751.05 \times \frac{1}{750} = 14.3$   
 Final  $z_r = z_t = 25\,382.48 \times \frac{1}{750} = 33.8$

$$\epsilon_1 = \frac{h_1}{v_1^{1.85}} = \frac{14.3}{(10.17)^{1.85}} = 0.196$$

$$\epsilon_2 = \frac{h_2}{v_2^{1.85}} = \frac{19.5}{(10.17)^{1.85}} = 0.267$$

## 12. 計算實例 (其の二)

水路の中間に Restricted Sub-Surge Tank を有する Differential Surge Tank

## a. 計算式

Restricted sub-surge tank 及第一水路に對して

$$C_{t_1} = v_1 - v_2$$

$$\frac{dz_{t_1}}{dt} = \frac{-C_{t_1}}{F_{t_1}/f}$$

$$z_1 = z_{t_1} \mp \frac{f^2}{\gamma_1^2} C_{t_1}^2 \dots \dots \dots \begin{array}{l} \text{tank に流入するとき (-)} \\ \text{tank より流出するとき (+)} \end{array}$$

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{z_1 \mp \epsilon_1 v_1^{1.85}}{l_1/g}$$

本水槽及第二水路に對して

$$\frac{dz_r}{dt} = \frac{C + C_{t_2} - v_2}{f_r/f}$$

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_r - z_1) \mp \epsilon_2 v_2^{1.85}}{l_2/g}$$

$$\frac{dz_{t_2}}{dt} = \frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{F_{t_2}/f}$$

$$C_{t_2} = \frac{\gamma_2}{f} \sqrt{z_{t_2} - z_r} \dots \dots \dots \text{tank に流入するとき (-)}$$

或は

$$= \frac{-\gamma_2}{f} \sqrt{z_r - z_{t_2}} \dots \dots \dots \text{tank より流出するとき (+)}$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - z_{t_2})^{\frac{3}{2}}$$

又は近似的に

$$\frac{dz_{t_2}}{dt} = \frac{C + C_u - v_2}{\frac{F_{t_2} + f_r}{f}}$$

$$C_{t_2} = \frac{F_{t_2}(v_2 - C)}{F_{t_2} + f_r}$$

$$z_r = z_{t_2} \mp \frac{f^2}{\gamma_2^2} C_{t_2}^2 \dots \dots \dots \begin{array}{l} \text{tank に流入するとき (-)} \\ \text{tank より流出するとき (+)} \end{array}$$

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_r - z_1) \mp \epsilon_2 v_2^{1.85}}{l_2/g}$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - z_{t_2})^{\frac{3}{2}}$$

## b. 構造に関する數値

Tunnel No. 1	$l_1 = 21\,225.74^s$
Tunnel No. 2	$l_2 = 4\,156.74$
Tunnel section	$f = \pi r^2 = \pi(8.55)^2 = 230.0 \square^s$
Riser section	$f_r = \pi r^2 = \pi(7.0)^2 = 153.94 \square^s$
Sub-surge tank Section	$F_{t_1} = 3\,850^s \sim 16\,415.0 \square^s$

$$\begin{aligned} \text{Surge Tank Section} \quad Ft_2 &= \pi \left[ \left( \frac{55}{2} \right)^2 - \left( \frac{14}{2} \right)^2 \right] = 2222.16 \text{ m}^2 \\ \text{Orifice Coefficient} \quad \gamma_2 &= mp\sqrt{2g} = 31.05\sqrt{2 \times 32.4} = 250 \\ \text{''} \quad \gamma_1 &= mp\sqrt{2g} = 27.33\sqrt{2 \times 32.4} = 220 \\ \text{Weir Coefficient} \quad \delta &= 3.33b = 3.33 \times 60 = 199.8 \\ \frac{Ft_1}{f} &= \frac{3850}{230} \sim \frac{16415}{230} = 16.74 \sim 71.37 \\ \frac{Ft_2}{f} &= \frac{2222.16}{230} = 9.7 \\ \frac{Ft_2 + fr}{f} &= \frac{2376.1}{230} = 10.3 \\ \frac{fv}{f} &= \frac{153.94}{230} = 0.67 \\ \frac{h_1}{g} &= \frac{21225.74}{32.4} = 655.12 \\ \frac{h_2}{g} &= \frac{4156.74}{32.4} = 128.29 \\ \frac{\gamma_1}{f} &= \frac{220}{230} = 0.9565 \\ \frac{\gamma_2}{f} &= \frac{250}{230} = 1.086 \\ \frac{f}{\delta} &= \frac{230}{199.8} = 1.15 \\ \frac{Ft_2}{Ft_2 + fr} &= \frac{2222.16}{2376.1} = 0.936 \end{aligned}$$

## c. Up Surging に関する數値

Full load を instant に切つた場合

Full load = 2340<sup>cc</sup>.

$$\begin{aligned} \text{Primary} \quad v_1 = v_2 &= \frac{2340}{230} = 10.17^s \\ \text{''} \quad C &= 10.17^s \\ n &= 0.013 \end{aligned}$$

Manning's Formula に依り

$$Q = \frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} f$$

$$S = \left( \frac{2340}{\frac{1.486}{12} \times (4.275)^{\frac{2}{3}} \times 230} \right)^2 = \frac{1}{876.2}$$

$$\text{Primary} \quad z_1 = z_2 = 21225.74 \times \frac{1}{876.2} = 24.2$$

$$\text{Primary} \quad z_r = z_{t_2} = 25382.48 \times \frac{1}{876.2} = 29.0$$

$$e_1 = \frac{h_1}{v_1^{1.55}} = \frac{24.2}{(10.17)^{1.55}} = 0.331$$

$$\varepsilon_2 = \frac{h_2}{v_2^{1.85}} = \frac{4.8}{(10.17)^{1.85}} = 0.065$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - zt)^{\frac{3}{2}} = \frac{(-10 - zt)^{\frac{3}{2}}}{1.15}$$

#### d. Down Surging に関する數値

先づ水源を L. W. L. に静止せる状態に於て 3/4 load を掛け次に  $v_2$  min. の時 full load を掛けたる場合

Full load	$Q = 2340^{cu}$ .
Primary	$v_1 = v_2 = 0$ $z_1 = z_{t1} = 0$ $z_r = z_{t2} = 0$
Final	$v_1 = v_2 = 10.17$
3/4 load	$C = 7.63$
Full load	$C = 10.17$ $n = 0.014$ $S = \frac{1}{750}$
Final	$z_1 = z_{t1} = 21225.74 \times \frac{1}{750} = 28.3$
"	$z_r = z_{t2} = 25332.48 \times \frac{1}{750} = 33.8$
	$\varepsilon_1 = \frac{h_1}{v_1^{1.85}} = \frac{28.3}{(10.17)^{1.85}} = 0.385$
	$\varepsilon_2 = \frac{h_2}{v_2^{1.85}} = \frac{5.5}{(10.17)^{1.85}} = 0.075$

### 13. 計算實例 (其の三)

水路の中間に補助水槽を有する Simple Surge Tank

#### a. 計算式

補助水槽及第一水路に對して

$$\frac{dz_1}{dt} = \frac{v_2 - v_1}{F_1/f}$$

$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{z_1 - \varepsilon_1 v_1^{1.85}}{l_1/g}$$

本水槽及第二水路に對して

$$\frac{dz_2}{dt} = \frac{C + C_u - v_2}{F_2/f}$$

$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{(z_2 - z_1) - \varepsilon_2 v_2^{1.85}}{l_2/g}$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - z_2)^{\frac{3}{2}}$$

#### b. 構造に関する數値

Tunnel No. 1  $l_1 = 21225.74^s$

Tunnel No. 2	$l_2 = 4156.74$
Tunnel Section	$f = \pi r^2 = \pi(8.55)^2 = 230$
Sub-surge Tank Section	$F_1 = 3 \times 50 \sim 16415 \square'$
Surge Tank Section	$F_2 = \pi r^2 = 2 \times (27.5)^2 = 2376.1 \square'$
Weir Coefficient	$\delta = 3.33b = 199.8$
	$F_1/f = 16.74 \sim 71.37$
	$F_2/f = 10.3$
	$l_1/g = 655.12$
	$l_2/g = 128.29$
	$f/\delta = 1.15$

c. Up Surging に関する數値

Full Load を instant に切つた場合

Full Load	$Q = 2340^{cu}$
Primary	$v_1 = v_2 = 10.17^s$
Primary	$C = 10.17^s$
	$n = 0.013$

Manning's Formula に依り

$$Q = \frac{1.486}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$S = \frac{1}{876.2}$$

Primary  $z_1 = 21225.74 \times \frac{1}{876.2} = 24.2$

Primary  $z_2 = 25382.74 \times \frac{1}{876.2} = 29.0$

$$\epsilon_1 = \frac{h_1}{v_1^{1.85}} = \frac{24.2}{(10.17)^{1.85}} = 0.331$$

$$\epsilon_2 = \frac{h_2}{v_2^{1.85}} = \frac{4.8}{(10.17)^{1.85}} = 0.065$$

$$C_u = \frac{\delta}{f} (a - z_2) = \frac{(-14.9 - z_2)^{\frac{3}{2}}}{1.15}$$

d. Down Surging に関する數値

先づ水源が L. W. L に静止せる状態に於て 3/4 load を掛け次に  $v_2$  の min. の時 full load を掛けたる場合

Full load	$Q = 2340^{cu}$
Primary	$v_1 = v_2 = 0$
	$z_1 = 0$
	$z_2 = 0$
Final	$v_1 = v_2 = 10.17^s$
3/4 load	$C = 7.63^s$
Full load	$C = 10.17^s$
	$n = 0.014$



$$S = \frac{1}{750}$$

$$\text{Final } z_1 = 21\,225.74 \times \frac{1}{750} = 28.3$$

$$\text{Final } z_2 = 25\,382.48 \times \frac{1}{750} = 33.8$$

$$\varepsilon_1 = \frac{h_1}{v_1^{1.85}} = \frac{28.3}{(10.17)^{1.85}} = 0.385$$

$$\varepsilon_2 = \frac{h_2}{v_2^{1.85}} = \frac{33.8}{(10.17)^{1.85}} = 0.075$$

#### 14. 模型に於ける實驗と計算との比較

##### a. 模型の構造

水源 Tank には給水用の井戸 Tank を用ひ Sub-surge tank 及 Differential surge tank にはトタン板にて内徑 4 寸及 5 寸の圓筒を作り其の外側に Gauge glass を立て水位の觀測用とした、尙ほ Differential surge tank の仕切板の下部より別に Gauge glass を立て Riser 兼用の Gauge とした、仕切板の port hole は内徑 0.054 とす。

之れ等の連絡水路には内徑 8 分のゴムホース長さ 20.0 のものを用ひ水源 Tank の出口及 Differential surge tank の出口には各内徑 8 分の Cock を設備した。

其の數値は次の如くである。

$$l_1 = 20.0$$

$$l_2 = 20.0$$

$$f = \pi r^2 = \pi (0.04)^2 = 0.005$$

$$F_1 = \pi (0.2)^2 = 0.1255$$

$$F_2 = \pi (0.25)^2 = 0.1962$$

$$\gamma = mp\sqrt{2g} = 0.6 \times \{\pi \times (0.027)^2\} \sqrt{64.8} = 0.011$$

$$\frac{F_1}{f} \doteq 25$$

$$\frac{F_2}{f} \doteq 40$$

$$\frac{l_1}{g} = \frac{l_2}{g} = 0.617$$

##### b. 實驗の方法及其の結果

先づ水源 Tank に井戸ポンプを以て間斷なく相當水量を補給して満水の上餘水吐より溢水せしめ、次に出口の Cock を開いて相當水量を Differential surge tank を通して流出せしむ。

其の水量は補給水量より少しく小量とし水源 Tank の溢水を幾分残して其の水位を常に一定ならしむ。而して暫時にして Gauge glass の水位一定するを待ち其の流水を桶に受けて其の流量を測定すると同時に Gauge glass に於ける水位を觀測す。

桶の容量	=1.085 立方尺
之れを満水する時間	=50 秒
流量	$Q = \frac{1.085}{50} = 0.0217$ 立方尺/秒
Primary	$v_1 = v_2 = \frac{Q}{f} = \frac{0.0217}{0.005} = 4.34$ 尺/秒
〃	$C = 4.34$
〃	$z_1 = 3.97$
	$z_r = z_t = 8.34$

次に Differential surge tank の出口を急速に閉鎖し Up surging の試験をなし Gauge glass に於ける水位の變化を 10 秒毎に観測したり。

但し Riser に於ける水位の變化に就ては最初の數秒間特に精密なる記録を取りたり。其の結果は附圖第二十五の實線の通りなり。

### c. Friction Loss の算定

此の場合水路が短いから其の loss の主は Entrance から起るものと想定して便宜上 loss は velocity の二乗に比例するものとして算定したり。

$$\begin{aligned} h &= \epsilon v^2 \\ z_1 &= \epsilon_1 v_1^2 \\ 3.97 &= \epsilon_1 (4.34)^2 \\ \epsilon_1 &= 0.2108 \\ z_r - z_1 &= \epsilon_2 v_2^2 \\ 4.37 &= \epsilon_2 (4.34)^2 \\ \epsilon_2 &= 0.232 \end{aligned}$$

### d. 計算式と計算の結果

補助水槽及第一水路に對して

$$\begin{aligned} \frac{dz_1}{dt} &= \frac{v_2 - v_1}{F_1/f} \\ \frac{dv_1}{dt} &= \frac{z_1 - \epsilon v_1^2}{l_1/g} \end{aligned}$$

Differential surge tank 及第二水路に對して

$$\begin{aligned} C_t &= v_2 - C \\ \frac{dz_t}{dt} &= \frac{-C_t}{F_t/f} \\ z_r &= z_t - \frac{f^2}{g^2} C_t^2 \\ \frac{dv_2}{dt} &= \frac{(z_r - z_1) - \epsilon_2 v_2^2}{l_2/g} \end{aligned}$$

之れ等の式に前掲の數値を入れて計算したる結果は附圖第二十五の鎖線の通りにして實驗の結果と殆んど一致して居る事が解かる。(終)

附表第一 計算實例其一 計算表 (Up Surging)

Pump Time	$\frac{dQ_1}{dt} \cdot \frac{C_1 Q_1 - C_2 Q_2}{V_1}$				$\frac{dQ_2}{dt} \cdot \frac{C_2 Q_2 - C_1 Q_1}{V_2}$				$\frac{dQ_3}{dt} \cdot \frac{C_3 Q_3 - C_2 Q_2}{V_3}$				$C_1 \frac{V_1 - Z_1}{V_1}$	$C_2 \frac{V_2 - Z_2}{V_2}$	$\frac{dQ_1}{dt} \cdot \frac{V_1 - Z_1}{V_1}$	$\frac{dQ_2}{dt} \cdot \frac{V_2 - Z_2}{V_2}$	$\frac{dQ_3}{dt} \cdot \frac{V_3 - Z_3}{V_3}$	
	C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>						Z <sub>1</sub>
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表第二 同上

Pump Time	$\frac{dQ_1}{dt} \cdot \frac{C_1 Q_1 - C_2 Q_2}{V_1}$				$\frac{dQ_2}{dt} \cdot \frac{C_2 Q_2 - C_1 Q_1}{V_2}$				$\frac{dQ_3}{dt} \cdot \frac{C_3 Q_3 - C_2 Q_2}{V_3}$				$C_1 \frac{V_1 - Z_1}{V_1}$	$C_2 \frac{V_2 - Z_2}{V_2}$	$\frac{dQ_1}{dt} \cdot \frac{V_1 - Z_1}{V_1}$	$\frac{dQ_2}{dt} \cdot \frac{V_2 - Z_2}{V_2}$	$\frac{dQ_3}{dt} \cdot \frac{V_3 - Z_3}{V_3}$	
	C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>						Z <sub>1</sub>
17	1.70	0	2.20	1.70	2.20	0.61	1.70	0.60	1.71	1.18	1.60	0.62	1.68	0.70	1.60	0.61	1.70	0.60
18	1.80	0	2.11	1.60	2.11	1.10	1.70	0.70	1.70	1.28	1.50	0.63	1.68	0.70	1.60	0.61	1.70	0.60
19	1.90	0	1.98	1.40	1.98	1.53	1.60	0.71	1.68	1.48	1.40	0.64	1.67	0.71	1.60	0.61	1.70	0.60
20	2.00	0	1.85	1.20	1.85	1.96	1.50	0.72	1.66	1.68	1.30	0.65	1.66	0.72	1.60	0.61	1.70	0.60
21	2.10	0	1.73	1.00	1.73	2.39	1.40	0.73	1.64	1.88	1.10	0.66	1.65	0.73	1.60	0.61	1.70	0.60
22	2.20	0	1.60	0.80	1.60	2.82	1.30	0.74	1.62	2.08	0.90	0.67	1.64	0.74	1.60	0.61	1.70	0.60
23	2.30	0	1.48	0.60	1.48	3.25	1.20	0.75	1.60	2.28	0.70	0.68	1.63	0.75	1.60	0.61	1.70	0.60
24	2.40	0	1.35	0.40	1.35	3.68	1.10	0.76	1.58	2.48	0.50	0.69	1.62	0.76	1.60	0.61	1.70	0.60
25	2.50	0	1.23	0.20	1.23	4.11	1.00	0.77	1.56	2.68	0.30	0.70	1.61	0.77	1.60	0.61	1.70	0.60
26	2.60	0	1.10	0.00	1.10	4.54	0.90	0.78	1.54	2.88	0.10	0.71	1.60	0.78	1.60	0.61	1.70	0.60
27	2.70	0	0.98	0.00	0.98	4.97	0.80	0.79	1.52	3.08	0.00	0.72	1.59	0.79	1.60	0.61	1.70	0.60
28	2.80	0	0.85	0.00	0.85	5.40	0.70	0.80	1.50	3.28	0.00	0.73	1.58	0.80	1.60	0.61	1.70	0.60
29	2.90	0	0.73	0.00	0.73	5.83	0.60	0.81	1.48	3.48	0.00	0.74	1.57	0.81	1.60	0.61	1.70	0.60
30	3.00	0	0.60	0.00	0.60	6.26	0.50	0.82	1.46	3.68	0.00	0.75	1.56	0.82	1.60	0.61	1.70	0.60

(日本學會誌第十六卷第十號附表)

附表第三 計算实例其の一計算表 (Down Surging)

Point	Time	$\frac{dZ_1 - C_1 - C_2}{dt}$				$\frac{dZ_1 - C_1 - C_2}{dt}$				$\frac{dZ_1 - (C_1 - C_2) - Z_1}{dt}$				$C_1 \frac{dZ_1 - Z_1}{dt}$		$C_2 \frac{dZ_1 - Z_1}{dt}$		$\frac{dZ_1 - Z_1 - Z_1}{dt}$				$\frac{dZ_1 - Z_1 - Z_1}{dt}$				
		C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.0	-5.20	0.07	1.76	0	-5.20	5.20	7.90	0	0	7.90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1.5	-5.26	1.19	1.75	0	-5.26	5.26	11.45	0	0	11.45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2.0	-5.26	1.15	1.72	0	-5.26	5.26	14.65	0	0	14.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2.5	-5.26	1.19	1.70	0	-5.26	5.26	16.65	0	0	16.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3.0	-5.26	1.25	1.68	0	-5.26	5.26	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3.5	-6.01	1.51	1.68	0	-6.01	6.01	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	4.0	-6.21	1.59	1.65	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4.5	-6.21	1.59	1.62	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	5.0	-6.21	1.59	1.59	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	5.5	-6.21	1.59	1.56	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	6.0	-6.21	1.59	1.53	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	6.5	-6.21	1.59	1.50	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	7.0	-6.21	1.59	1.47	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	7.5	-6.21	1.59	1.44	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	8.0	-6.21	1.59	1.41	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	8.5	-6.21	1.59	1.38	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	9.0	-6.21	1.59	1.35	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	9.5	-6.21	1.59	1.32	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	10.0	-6.21	1.59	1.29	0	-6.21	6.21	17.65	0	0	17.65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表第四 同上

Point	Time	$\frac{dZ_1 - C_1 - C_2}{dt}$				$\frac{dZ_1 - C_1 - C_2}{dt}$				$\frac{dZ_1 - (C_1 - C_2) - Z_1}{dt}$				$C_1 \frac{dZ_1 - Z_1}{dt}$		$C_2 \frac{dZ_1 - Z_1}{dt}$		$\frac{dZ_1 - Z_1 - Z_1}{dt}$							
		C	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	Z <sub>1</sub> Z <sub>2</sub>	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	2.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	3.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	4.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	5.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	5.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	6.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	7.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	8.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	8.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	9.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	9.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	10.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

（土木学会誌第十六卷第七號附刊）

附表第五 計算實例其の一計算表(Down Surging)

Dist Time	$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$			
	C	C <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>10</sub>	L <sub>11</sub>	L <sub>12</sub>
0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

附表第六 計算實例其の二計算表(Up Surging)

Dist Time	$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$				$\frac{dL}{dt} = \frac{C_0 Q - L_0}{H_0}$			
	C	C <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	C	C <sub>0</sub>	L <sub>0</sub>	H <sub>0</sub>	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>	L <sub>9</sub>	L <sub>10</sub>	L <sub>11</sub>	L <sub>12</sub>
0 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12 0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(土七層心 離第十六至第十七號附近)

附表第七 計算實例其の二計算表(Down Surfing)

Run Time	$\frac{dZ}{dt} = \frac{C \cdot C_0 \cdot H}{L_f}$					$\frac{dZ_1}{dt} = \frac{C_1 \cdot C_0 \cdot C_1}{L_f}$					$\frac{dZ_2}{dt} = \frac{(C_2 \cdot Z_1 \cdot C_2)^{0.667}}{L_f}$					$C_2 \pm \frac{\sqrt{Z_2 - Z_1}}{L_f}$					$C_0 \frac{dZ_0}{dt}$		$C_0 H$		$\frac{dZ}{dt} = \frac{C \cdot C_0 \cdot H}{L_f}$		$\frac{dZ}{dt} = \frac{Z \cdot C_0 \cdot H}{L_f}$			
	C	C <sub>0</sub>	H	$\frac{dZ_0}{dt}$	$\frac{dZ_1}{dt}$	C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	$\frac{dZ_2}{dt}$	Z <sub>1}</sub>	Z <sub>2</sub>	$\frac{dZ_2}{dt}$	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 25.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2 50.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3 75.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 100.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26 550.0	263	250	500	0.09	0	250	250	272.1	2175	180	402	22.15	27.27	892	1.25	500	260	0.25	15.74	2075	0.15	2720								
27 550.0	263	250	500	0.11	0	262	262	274.7	2210	155	392	22.65	27.49	882	1.30	510		0.20	16.0	2075	0.15	2720								
28 550.0	263	250	500	0.09	0	260	260	276.0	2215	160	385	22.85	27.60	885	1.35	510	299	0.25	15.66	2075	0.15	2720								
29 550.0	263	250	500	0.09	0	235	235	277.9	2220	139	389	23.30	27.79	889	1.40	510	350	0.25	15.55	2075	0.15	2720								
30 550.0	263	250	500	0.09	0	232	232	279.3	2220	138	383	23.60	27.93	893	1.45	510		0.25	15.5	2075	0.15	2720								

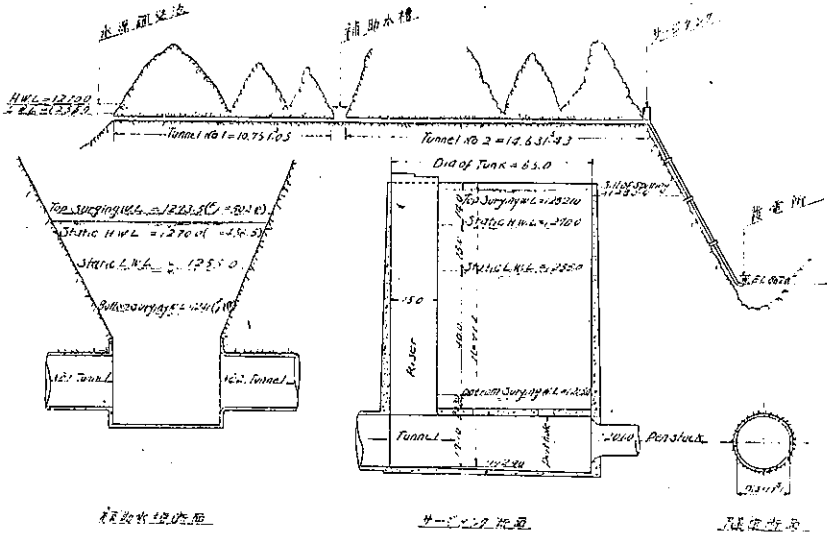
附表第八 同 上

Run Time	$\frac{dZ}{dt} = \frac{C \cdot C_0 \cdot H}{L_f}$					$\frac{dZ_1}{dt} = \frac{C_1 \cdot C_0 \cdot C_1}{L_f}$					$\frac{dZ_2}{dt} = \frac{(C_2 \cdot Z_1 \cdot C_2)^{0.667}}{L_f}$					$C_2 \pm \frac{\sqrt{Z_2 - Z_1}}{L_f}$					$C_0 \frac{dZ_0}{dt}$		$C_0 H$		$\frac{dZ}{dt} = \frac{C \cdot C_0 \cdot H}{L_f}$		$\frac{dZ}{dt} = \frac{Z \cdot C_0 \cdot H}{L_f}$			
	C	C <sub>0</sub>	H	$\frac{dZ_0}{dt}$	$\frac{dZ_1}{dt}$	C <sub>1</sub>	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	Z <sub>2</sub>	$\frac{dZ_2}{dt}$	Z <sub>1}</sub>	Z <sub>2</sub>	$\frac{dZ_2}{dt}$	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	C <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	
39 180	763	605	700	0.157	0	605	605	370.5	3505	3000	325	170	200	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	0.60	3000								
40 180	870	0	760	0.20	0	0	0	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	760	0.70	17.70	500	0.60	3000							
41 180	1077	170	765	0.32	0	170	170	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	765	0.70	17.70	500	0.60	3000							
42 180	1288	170	769	0.40	0	170	170	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	769	0.70	17.70	500	0.60	3000							
43 180	1504	270	775	0.52	0	270	270	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	775	0.70	17.70	500	0.60	3000							
44 180	1726	1077	783	0.67	0	1077	1077	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	783	0.70	17.70	500	0.60	3000							
45 180	1954	0	790	0.83	0	0	0	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	790	0.83	18.0	500	0.60	3000							
46 180	2188	170	797	1.00	0	170	170	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	797	1.00	18.3	500	0.60	3000							
47 180	2428	170	805	1.18	0	170	170	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	805	1.18	18.6	500	0.60	3000							
48 180	2674	0	813	1.37	0	0	0	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	813	1.37	18.9	500	0.60	3000							
49 180	2926	170	821	1.57	0	170	170	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	821	1.57	19.2	500	0.60	3000							
50 180	3184	170	829	1.78	0	170	170	370.5	3505	325	3545	1.15	500	750	0.70	17.70	500	829	1.78	19.5	500	0.60	3000							

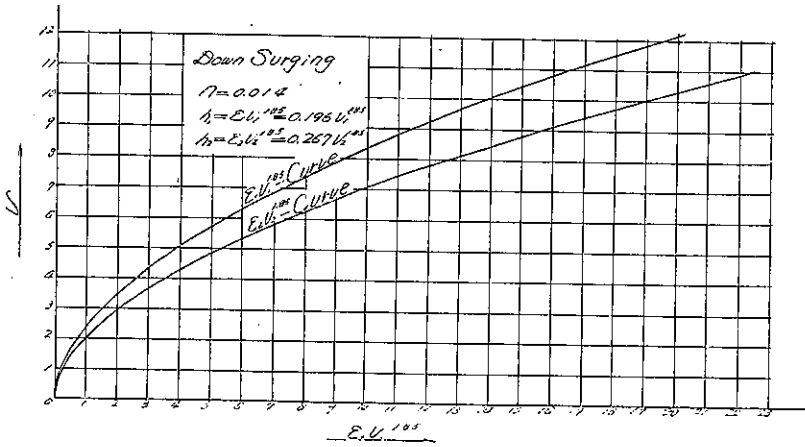
(下米級全盛期十六日(全盛期)中)



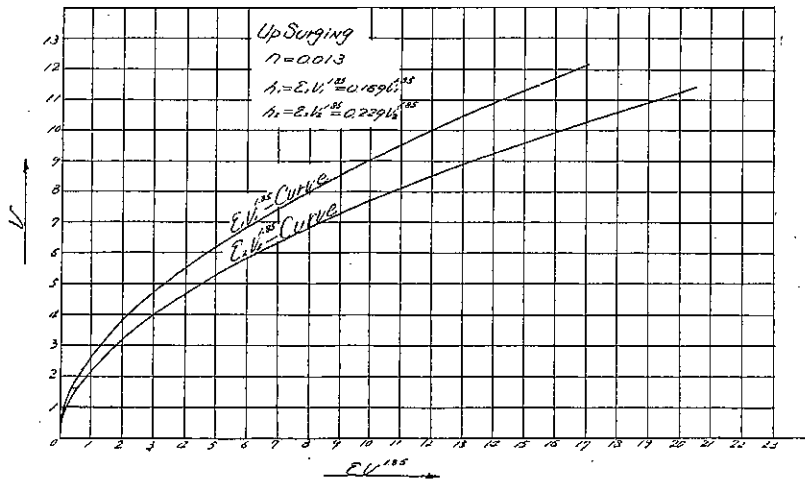
附圖第一 計算實例其の一構造圖



附圖第二 計算實例其の一附圖

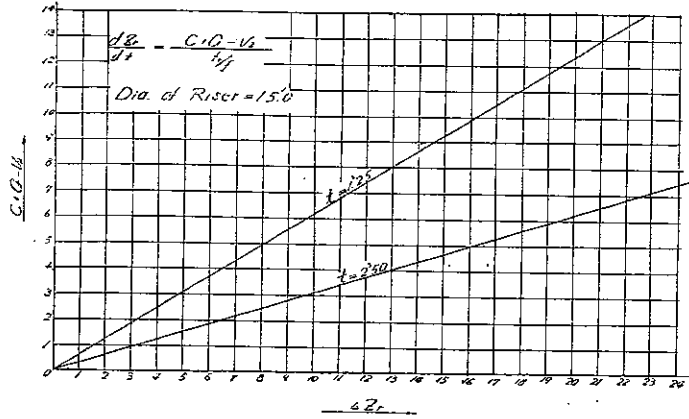


附圖第三 計算實例其の一附圖

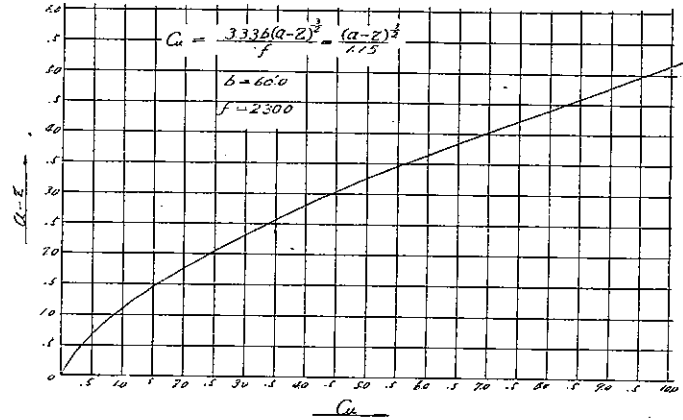




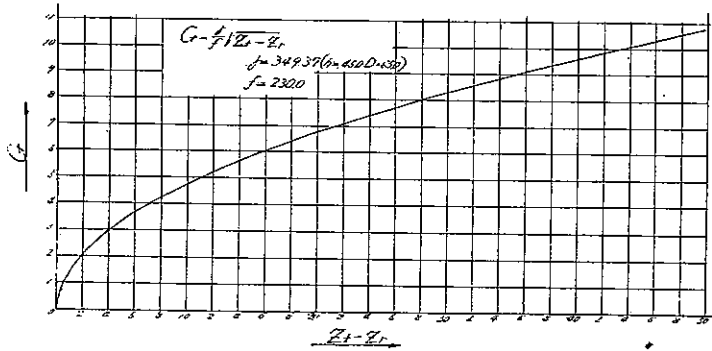
附圖第四 計算實例其の一附圖



附圖第五 計算實例其の三附圖

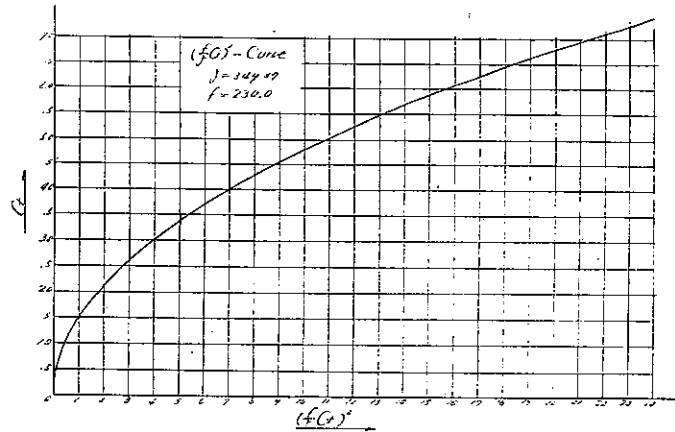


附圖第六 計算實例其の一附圖

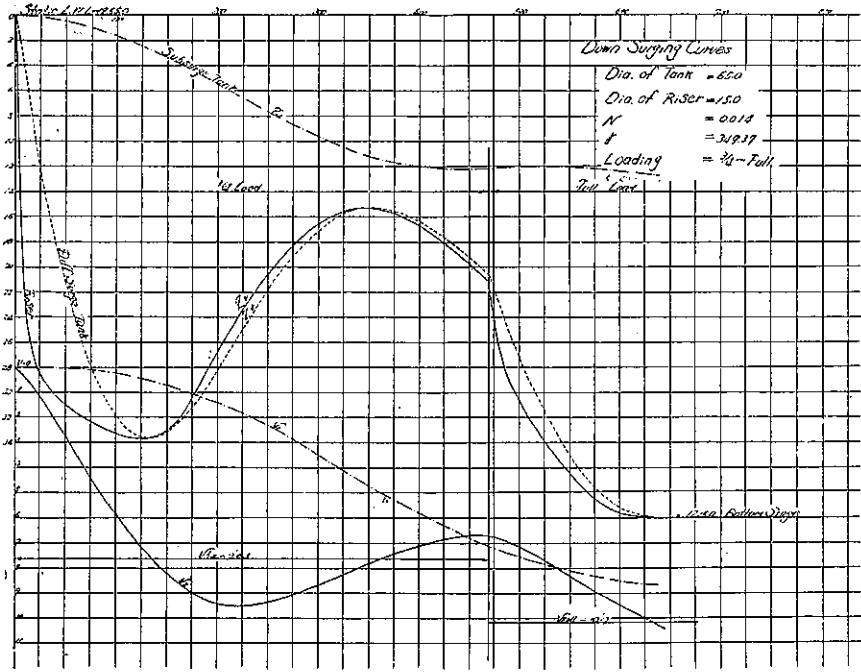


(五五院院七十一号) 計算實例其の三附圖

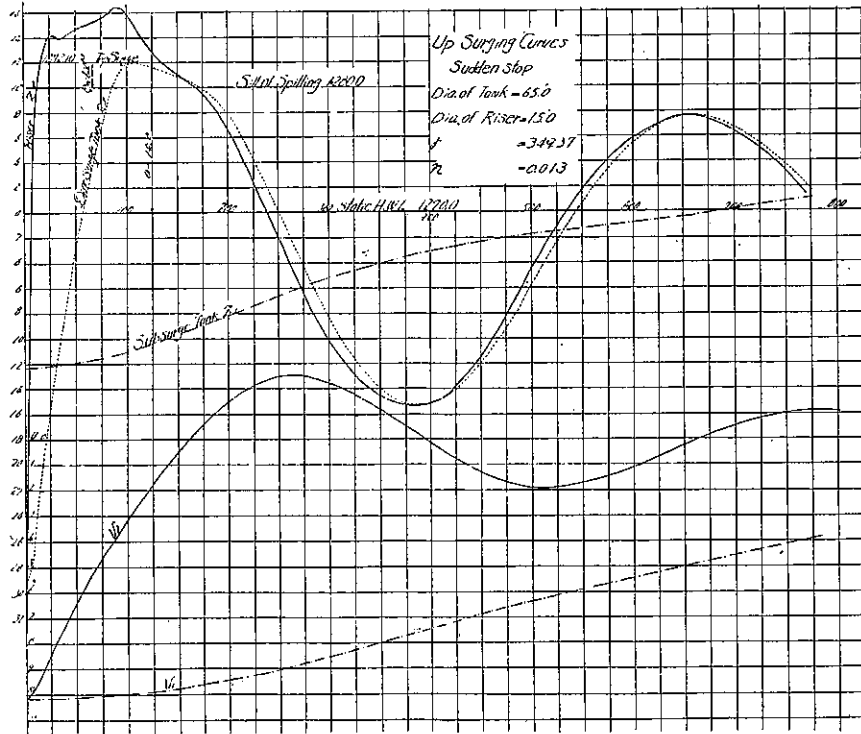
附圖第七 計算實例其の一附圖



附圖第八 計算實例其の一附圖

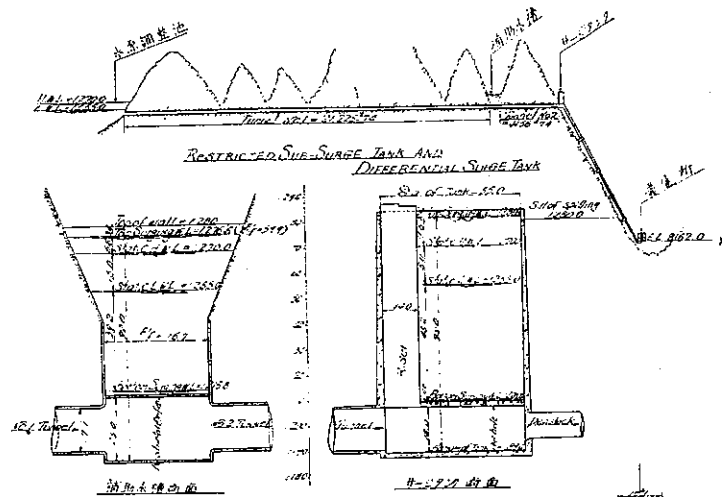


附圖第九 計算實例其の一附圖

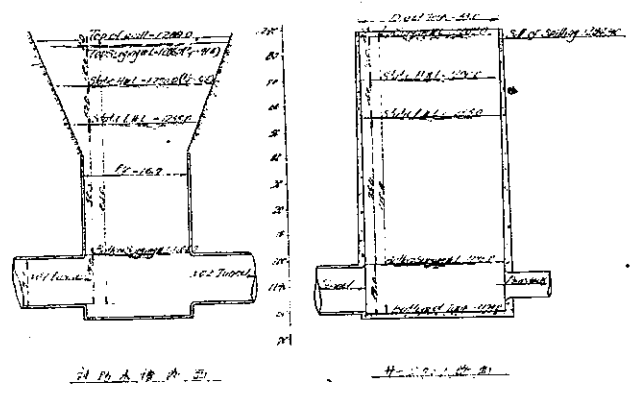


（土木部建築士試験問題集）

附圖第十 計算實例(其の三)構造圖

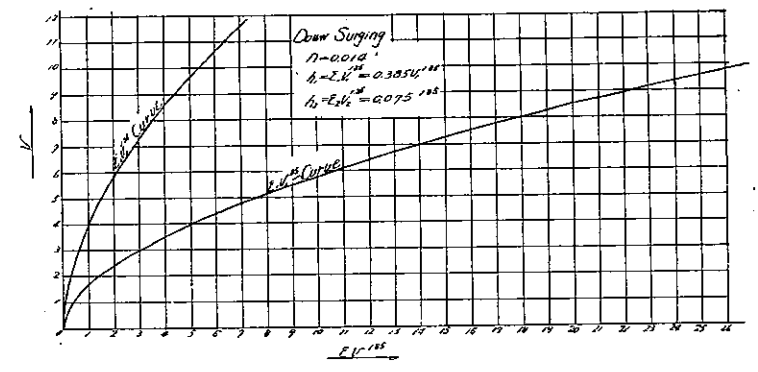


SINGLE SURGE TANK AND SIMPLE SURGE TANK

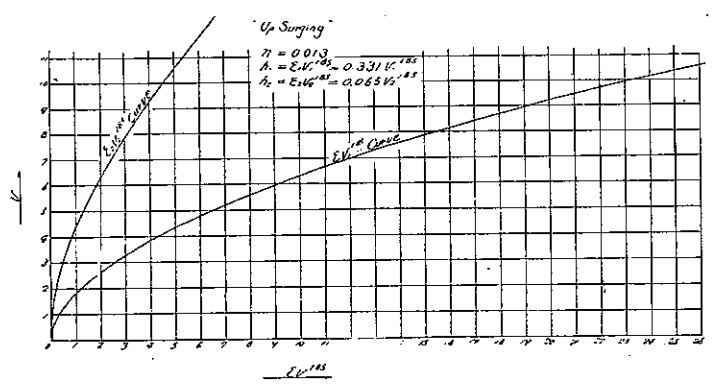


土木學會誌第十六卷第七號附圖

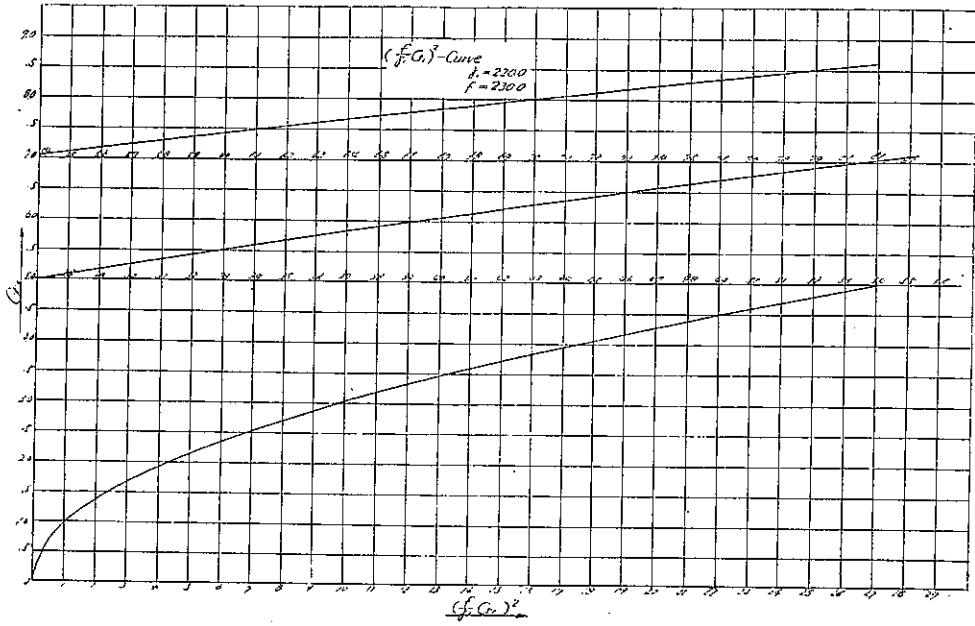
附圖第十一 計算實例(其の三)附圖



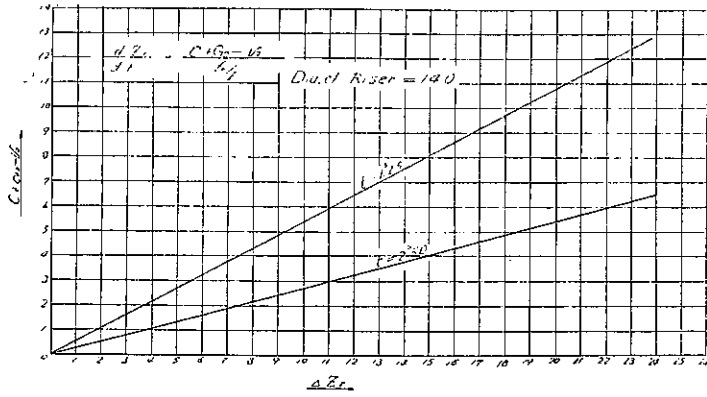
附圖第十二 計算實例(其の三)附圖



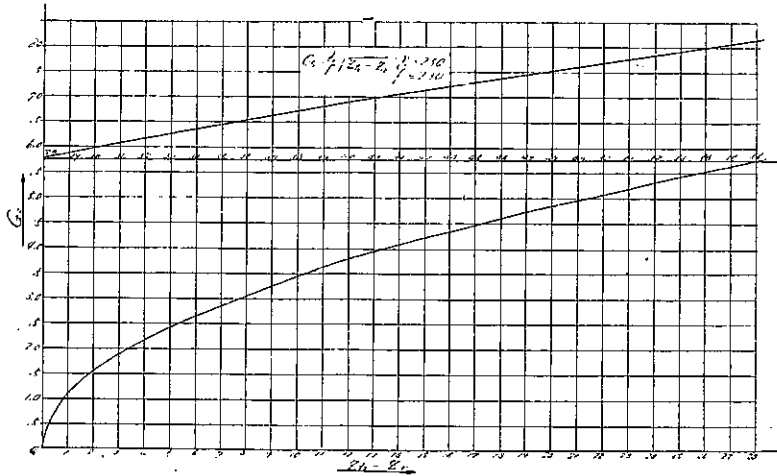
附圖第十三 計算實例其の二附圖



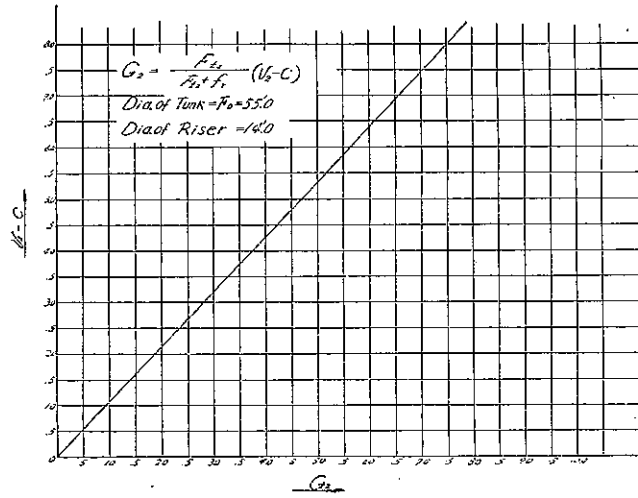
附圖第十四 計算實例其の二附圖



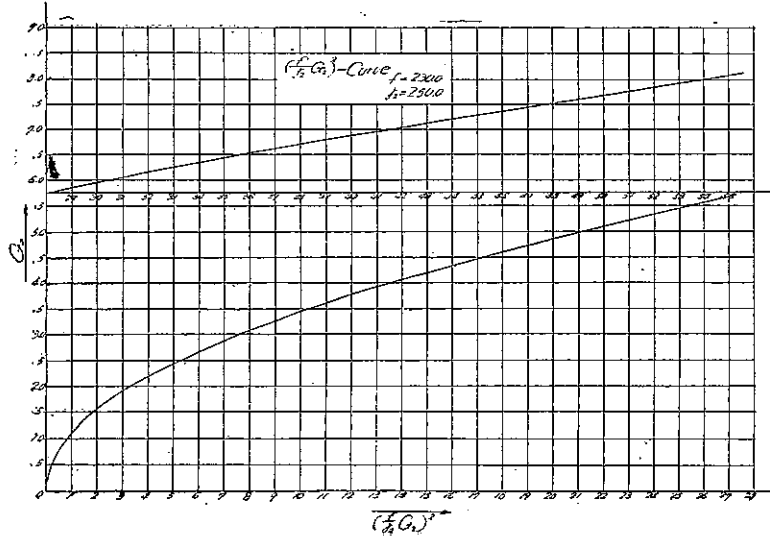
附圖第十五 計算實例其の二附圖



附圖第十六 計算實例其の二附圖

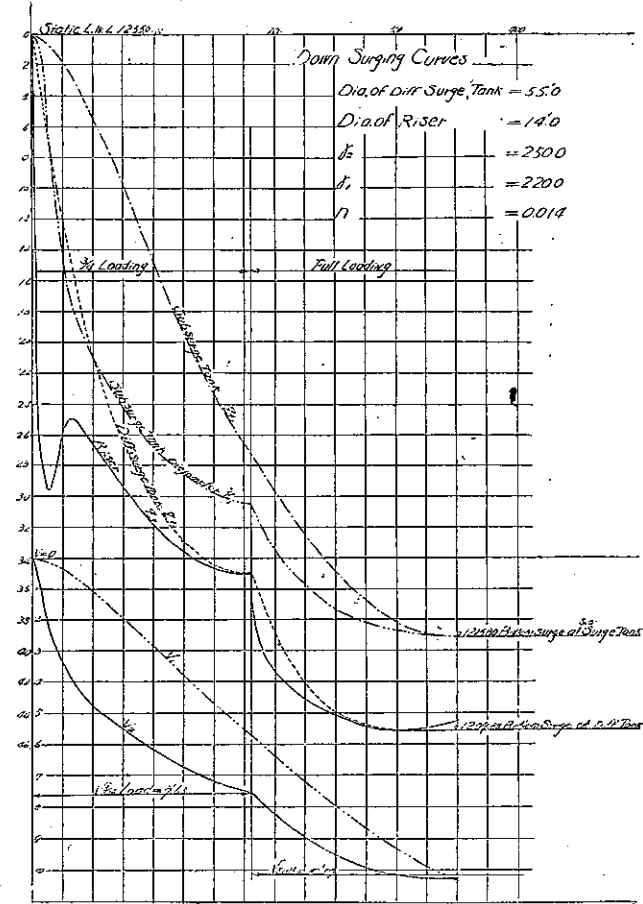


附圖第十七 計算實例其の二附圖

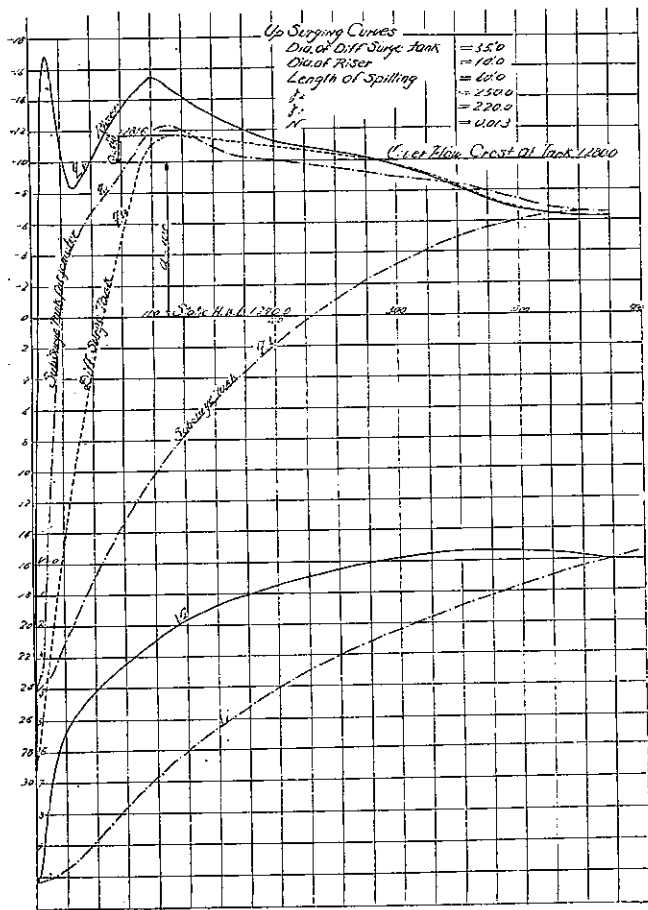


(主本録會誌第十六卷第七附圖)

附圖第十八 計算實例其の二附圖

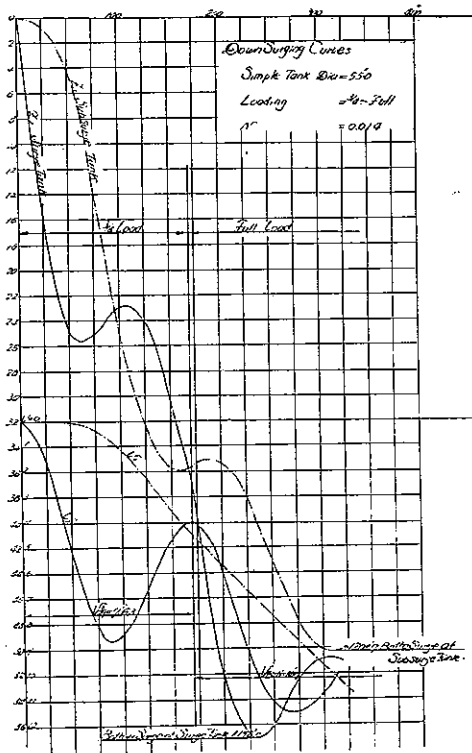


附圖第十九 計算實例其の二附圖

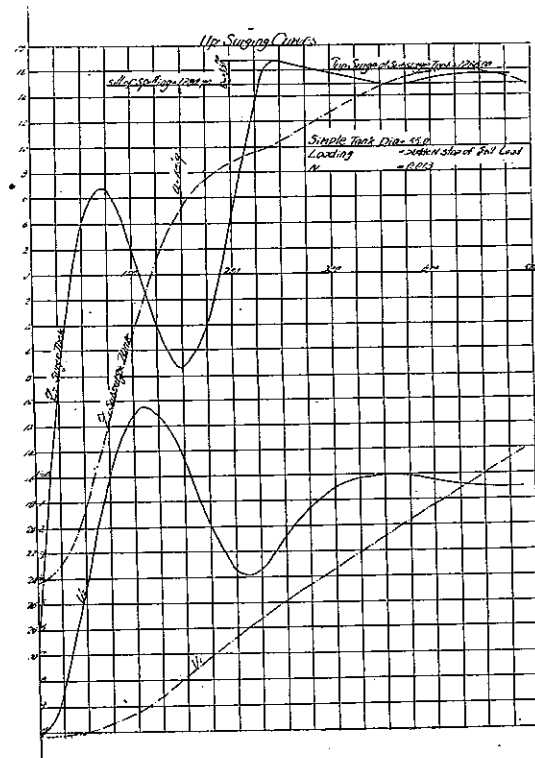


(土木學會誌第十六卷第七號附圖)

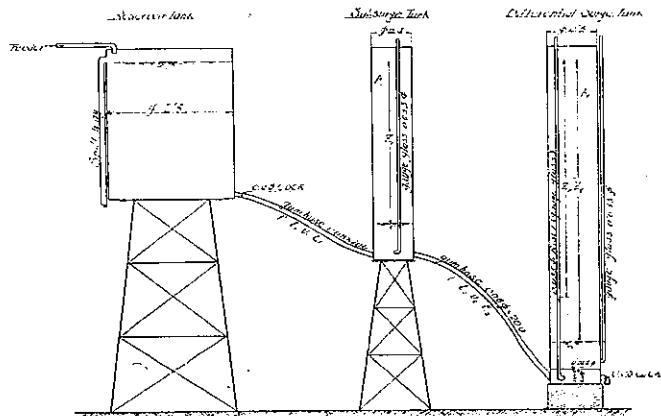
附圖第二十 計算實例其の三附圖



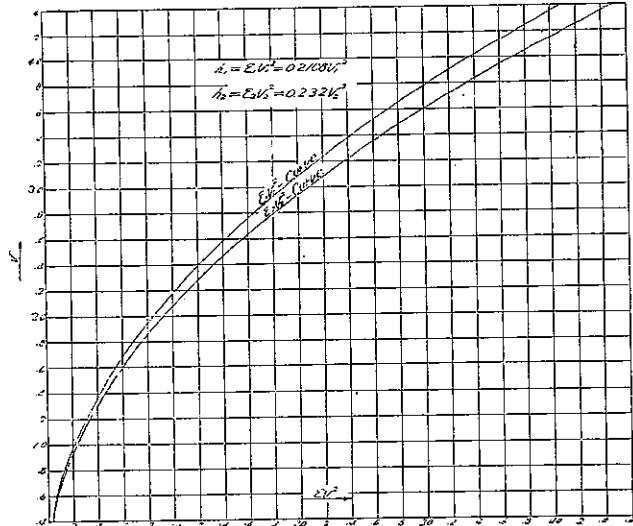
附圖第二十一 計算實例其の三附圖



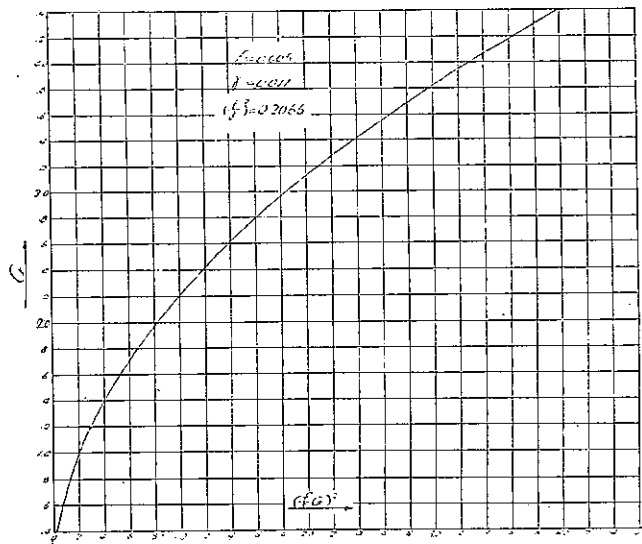
附圖第二十二 模型構造圖



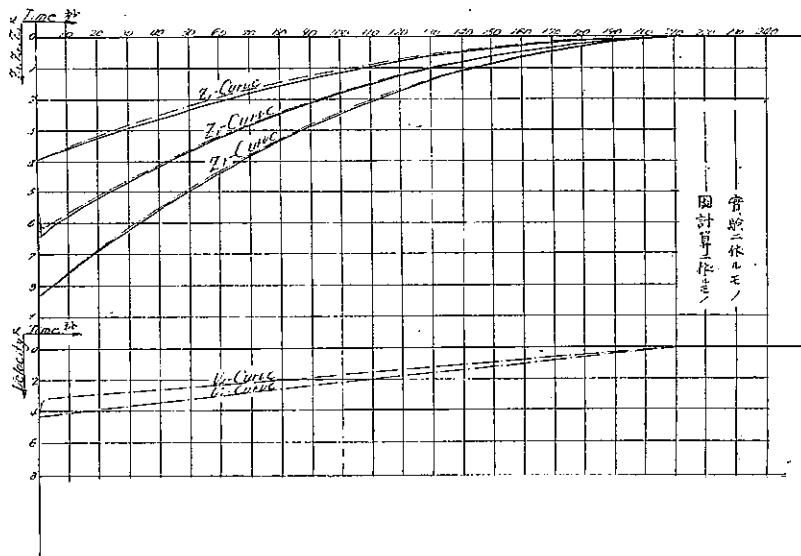
附圖第二十三 模型に関する實驗並に計算附圖



附圖第二十四 模型に関する實驗並に計算附圖



附圖第二十五 同上



(十六年度令陸軍十六卷第七號附圖)