## Ⅳ―27　発電所放水路に関する2,3の実験

電力中央研究所　正員　○千秋信一
同　准員　秋元　保

近年、地下式の発電所が建設される趨向にともない、長い放水路をそなえた水力発電所が各所に計画されるようになった。放水路の設計に当っては、発電所の負荷変動に関聯して、放水路サージタンクのさまざまな特性、自然流下時の段波現象、開水流と管路流との遷移現象、放水路へ合流する余水路の流況、水路中に閉じ込められた空気塊の作用、その他必要に応じて設置される特殊な水理構造物の設計、など、多くの問題に遭遇するものである。これら放水路に関するさまざまな問題を、いろいろな角度から、これまでFavre, Frank u. Schüller, Escande, Jaeger, Meyer-Peter, Blind 等が、理論的あるいは実験的に取扱ってきており、わが国においても林　泰造博士がサージタンク一般の問題と併せて研究せられており、多くの有益なデータが提供せられている。当研究所においても各電力会社の依頼に基づき、いろいろな問題を含む放水路に関して、いくつかの模型試験を実施したので、現在進行中のものをも含めて、主として実験的な面から、この問題に関する2,3の研究結果を報告しようと思う。本概要には、模型の尺度についてその要点を述べ、模型実験の結果については講演時に説明申し上げる。

一般のサージタンクに関する模型試験の際考慮すべき相似律については、Gibsonの単動調圧水槽の場合の相似律を一般化して、林　泰造博士がさきに発表しておられるが、当面の放水路の実験においては、取扱う対象が調圧水槽の振動現象に限られず、開水流の問題をも含むので、実験の主題に応じて相似律を変えて模型尺度を決定しなければならない。

実物量と模型量との比値（縮尺）を　$K$　であらわすと、現象に関与する諸量は次のごときものである。（添字 $m$ は模型量を示す）

| | | | |
|---|---|---|---|
| $K_L = L/L_m$ | 放水路の長さ | $K_V = V/V_m$ | 放水路内の平均流速 |
| $K_d = d/d_m$ | 放水路の径，又は水路断面内の一次量（水深，径深） | $K_c = C/C_m$ | 水路の損失係数 |
| | | $K_n = n/n_m$ | 水路の粗度（Manning係数） |
| $K_Z = Z/Z_m$ | サージタンク水位，損失落差 | | |
| $K_R = R/R_m$ | サージタンク断面積と水路断面積との比　$R = F/f$ | $K_t = t/t_m$ | 時間 |

（1）　放水位が高く、放水路が常に圧力隧道として働き、放水路サージタンクの問題を中心に取扱う場合には、サージタンク振動の運動方程式と連続式とに基づいて、実物と模型とで式中の次元をあわせることから、次の関係が得られる。

$$\frac{K_L K_V}{K_t} = K_Z = K_c K_V^2 \qquad (1) \qquad (2)$$

$$K_V = \frac{K_R K_Z}{K_t} \qquad (3)$$

一方、水路粗度に関しては、

$$K_c = \frac{K_n^2 K_L}{K_d^{4/3}} \qquad (4)$$

この4箇の等式に対して未知量Kは前記の8箇であるから、差引き4箇の縮尺を独立に選ぶことができる。この相似律に従う場合は、普通　$K_L \fallingdotseq K_d \fallingdotseq K_z$　で、また　$K_R \fallingdotseq 1$　であるから、模型全体の幾何学的形状は可成り歪んだものとなる。この相似律による模型試験の結果は計算と良好な一致を示すことが、多くの経験から確かめられた。

（2）放水位の変動が大きく、放水路サージタンクの下降サージが時に放水路隧道中に空気層を進入させるような場合には、この現象のサージング計算式に基づき、上記の4式に加えて、さらに次の関係をも満さねばならない。

$$K_R = \frac{K_L}{K_z} \qquad (5) \qquad\qquad K_z = K_d \qquad (6)$$

この場合、独立に選ぶことのできる縮尺は2箇となる。(1), (3), (5)式より、$K_V^2 = K_d$ なる関係が生れ、この場合の相似律はFroudeの相似律をも満していることがわかる。A発電所の例は、調整池堰堤の堤体内の限られた部分に水室式サージタンクをもつ特殊なもので、その模型量はこの相似律に基づいて定めた。

（3）放水位が低くて、放水路が常に開水路として働き、負荷変化による段波現象の問題を中心に取扱う場合には、開水流の運動方程式および段波の波速の式のいづれからも、次の関係が得られる。

$$K_V = \sqrt{K_d} \qquad (7), \qquad\qquad K_n^2 K_L / K_d^{4/3} = 1 \qquad (8)$$

これは明かにFroudeの相似律の適用を示すものである。しかしもし水路の縮尺を幾何学的に相似なものとして、$K_L = K_d = K_z = x$（linear scale）と選べば、$K_n = x^{1/6}$ となり、これから算出される模型水路の粗度は再現不可能なような小さい値となることが一般である。それで、この場合には、水路の長さ方向の縮尺と長さに直角方向の縮尺とを別の値に選び、$K_L = x$，　$K_d = y$　とすれば、

$$K_n = y^{2/3} / x^{1/2} \qquad (9)$$

となって、模型製作に可能な$K_n$の値を与えるよう、$x$と$y$を選択することができる。B発電所の例は、放水路に余水路が合流するような場合の流況や段波の伝播の問題を取扱うものであるが、この模型量を定めるには、いま述べた、水路損失をあわせるための歪縮尺を加味したFroudeの相似律に従った。

（4）放水路中の一局部の構造物に関する模型実験の場合には、純粋にFroudeの相似律を適用する。C発電所の例のごとく、放水路中の段波の波高をそぎとる横溢流堰の模型試験の場合、水路流量と横溢流量の縮尺を一致せしめるためには、歪縮尺を用いることは不可であるから、幾何学的縮尺模型とした。