

千葉工業大学 正員 工博 高畑 政信
全 全 工修 島 正之
全 全 ○大塚 英雄

1. まえがき

空気ばねサージタンクの上部空気室を取除いて、
 $pV = \text{const.}$ の関係の代りに $pV^{\gamma} = \text{const.}$ とおいて
計算式を導いたのが空気制動サージタンクである。

ここでは、最近導いた潜り堰の越流係数を紹介し、
さらに上部水室の通水孔に蝶番ゲートと設け、これ
らを使って最も性能がよいと推定できる差動水室型
空気制動制水孔サージタンクの計算例を紹介する。

2. 潜り堰の越流係数

差動型の場合、完全・不完全・潜り越流を連続的に取扱う
必要がある。そこで佐藤清一氏の実測値を使って、この値に
近似するものとして次式を与える。

$$Q_u = \alpha m \sqrt{2g} H^{3/2} \quad (1)$$

ここに、 Q_u : 単位幅越流量、 α : 越流係数

$m\sqrt{2g}$ は係数でサージタンクの場合には約2であると考えたと(1)式は、

$$Q_u = 2\alpha H^{3/2}$$

$$h_2 \leq (2/5)H \quad \cdots \alpha = 1$$

$$h_2 \geq (2/5)H \quad \cdots \alpha = \left[1 - \left\{\frac{5h_2}{H} - \frac{2}{3}\right\}^3\right]^{1/3} \quad (2)$$

(2)式の適合性を示すために、 α と h_2/H の関係を表1に掲げる。

3. 空気制動サージタンクの概算式

導水路にあるサージタンクを標準と
し、水位は下方を正方向とし、放水路
の場合は逆にする。

3.1 上部水室

水位上昇初期および中期

$$\frac{dV}{dt} = \frac{g}{L}(Z - P - h_p - h), \quad P = 10 \left\{ \left(\frac{V_s - V_a}{V_s - V_z} \right)^{1.4} - 1 \right\}, \quad h_p = \left\{ \frac{f(w - V)}{4.427 C_p f_p} \right\}^2,$$

$$h = \left(\varepsilon + \frac{1}{2g} \right) V^2, \quad \frac{dV_a}{dt} = 122.79 C_a f_a P^{1/2}, \quad \frac{dZ}{dt} = \frac{f}{F} (w + u + x - v),$$

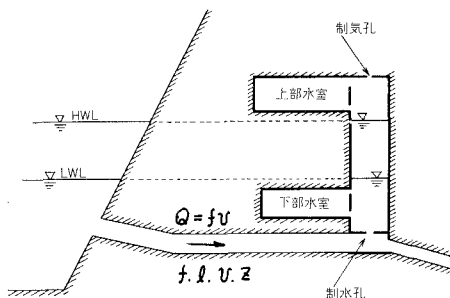


表1図 差動水室型空気制動制水孔サージタンク

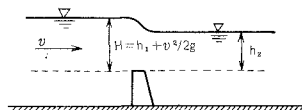


表2図 越流基本図

第1表 α と h_2/H の関係

h_2/H	0.400	0.450	0.500	0.550	0.600	0.650	0.700	0.750
実測値	1.000	1.000	0.996	0.990	0.983	0.975	0.961	0.940
計算値	1.0000	0.9998	0.9984	0.9948	0.9875	0.9753	0.9565	0.9289
h_2/H	0.800	0.850	0.900	0.950	0.960	0.970	0.980	0.990
実測値	0.908	0.856	0.758	0.550	0.490	0.423	0.346	0.225
計算値	0.8895	0.8331	0.7497	0.6125	0.5718	0.5225	0.4590	0.3664

$$\frac{dz_1}{dt} = -\frac{f}{F_1}(u+x), \quad x = \frac{4.427 C_x f x}{f} (z_1 - z)^{1/2},$$

$$u = \frac{2\alpha b_u}{f} (z_u - z)^{3/2} \dots \dots \dots \begin{cases} (z_u - z_1) \leq \frac{2}{5}(z_u - z) \dots \dots \alpha = 1 \\ (z_u - z_1) \geq \frac{2}{5}(z_u - z) \dots \dots \alpha = \left[1 - \left\{ \frac{5(z_u - z_1)}{3(z_u - z)} - \frac{2}{3} \right\}^3 \right]^{1/2} \end{cases} \quad (3)$$

3.2 下部水室

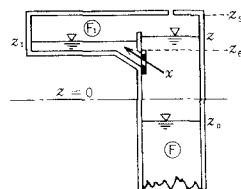
水位下降初期および中期

$$\frac{dv}{dt} = \frac{g}{l} (z - p - h_p - h), \quad p = 10 \left\{ \left(\frac{V_s - V_a}{V_s - V_x} \right)^{1/4} - 1 \right\},$$

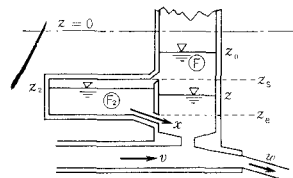
$$h_p = \left\{ \frac{f(w-v)}{4.427 C_p f_p} \right\}^2, \quad h = \left(\varepsilon + \frac{1}{2g} \right) v^2,$$

$$\frac{dV_a}{dt} = -122.79 C_o f_a p^{1/2}, \quad \frac{dz}{dt} = \frac{f}{F} (w - x - v),$$

$$\frac{dz_2}{dt} = -\frac{f}{F_2} x, \quad x = -\frac{4.427 C_x f x}{f} (z - z_2)^{1/2} \quad (4)$$



オ3図 水位上昇初期



オ4図 水位下降初期

4. 計算例

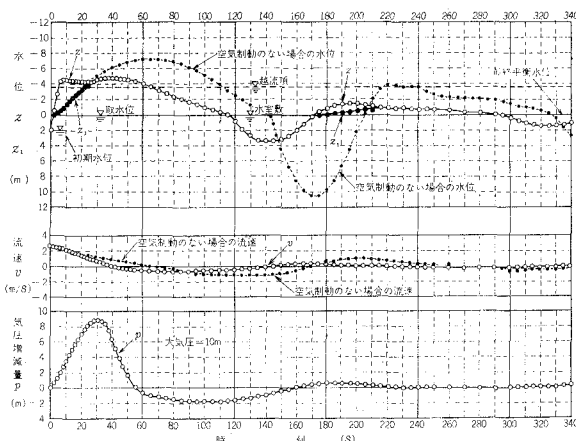
数値積分は、ルンゲ法では dt をかなり小さく取らねばならないので手間がかかるし、ルンゲクッタ法では似通った計算が多くなるので、この両者の中間である高畑法で行なった。これは精度がルンゲクッタ法とほとんど変わらないので計算の手間が約半分ですむ。

また計算例は、 $l = 1960\text{m}$, $z_0 = 2\text{m}$, $z_s = -7\text{m}$, $z_e = 0$, $F = 20\text{m}^2$, $F_1 = 80\text{m}^2$, $f = 10\text{m}^2$, $4.427 C_o f_a = 10\text{m}^2$, $\varepsilon + (1/2g) = 0.32$, $122.79 C_o f_a = 4$, $4.427 C_x f_x = 1.8$, $b_u = 10\text{m}$, $z_u = -3.5\text{m}$ と与えた。

5. まとめ

空気制動サージタンクは、富山県の小矢部川オ2発電所の放水路に単動制水孔型の例をみるだけである。これが効果のあることは、オ5図に空気制動をしない場合の水位および流速も示してあるから比較すれば明らかである。

空気制動の効果は、単に建設費の低下をもたらすだけではなく、運転上の安全性の確保にも十分役立ち、天井を張るだけで既設設備の改善も計れるので、計算の煩雑さに打勝って大いに利用してほしい。



オ5図 差動水室型空気制動制水孔サージタンク
水位・流速・気圧図