

Ⅱ-56 取水口における浮子の運動

山梨大学 工 正 員 萩 原 能 男
同 大 学 院 正 員 永 井 康 平
鹿島建設 正 員 田 中 正 人

1. まえがき 温水取水口に設置されている浮子は、水撃作用によって圧力と流れの影響を受け、上下運動を行う。昨年度の筆者の研究では、水撃圧は浮子によって安全になるが、浮子は主に取水口の水撃圧力変動のために危険な運動をするという結果を得た。本年はサージタンクを有する管路を利用して軽い浮子が著しい流速変動を受ける場合について浮子の運動の実験および理論的解析を行った。

2. 解析方法 図-1の実験管路で、サージタンクを分岐管と考えて図解法できるが、サージタンクと圧力水路内の水面振動は一種のU字振動で周期が緩慢であるから(図-4)初期の浮子運動以外水撃圧の影響は考えなくてよい。よって

i) 浮子下の初期圧力のみ計算する。

ii) 浮子下の流速は図-2の通り仮定し、各実験値毎に計算する。即ち、時向を t 、管内初期平均流速を V 、サージタンクの最大流速(実験値)を V_2 、サージタンクの水位の減衰率を β 、 T_1 、 T_2 を図のように仮定すると

$$V = -\frac{V_0}{T_1} \sqrt{t} \quad (t \leq T_1) \quad \text{----- (1)}$$

$$V = -V_2 e^{-\beta t} \sin \frac{\pi}{T_2} t \quad (t > T_1) \quad \text{----- (2)}$$

である。

3. 浮子の運動方程式 圧力水頭を H 、浮子の質量を M 、水の単位重量を w 、管路内径を D 、浮子の断面積を A 、浮子の浮動減衰率を γ として、 $k = \pi w D^3 / 4gM$ 、 $k^2 = wA/M$ 、 $\alpha^2 = k^2 - \gamma^2/4$ 、 $H_0 = a V_0/g$ (但し、 g は重力加速度、 a は水撃波速)とあくと浮子の運動方程式は、 y を浮子の中立位置からの変化量(下向きを正)とし

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \gamma \frac{dy}{dt} + k^2 y + k g H(0, t) - k |V(0, t)| V(0, t) = 0 \quad \text{----- (3)}$$

なる方程式が得られる。この方程式を解くと、ラプラス変換式で($t \rightarrow S$)

$$\bar{y}(S) = \frac{S + \frac{1}{2}\gamma}{(S + \frac{1}{2}\gamma)^2 + \alpha^2} y(0) + \frac{\frac{1}{2}\gamma y(0) + y'(0)}{(S + \frac{1}{2}\gamma)^2 + \alpha^2} - \frac{k g H(0, S)}{(S + \frac{1}{2}\gamma)^2 + \alpha^2} + \frac{k |V(0, S)| V(0, S)}{(S + \frac{1}{2}\gamma)^2 + \alpha^2} \quad \text{----- (4)}$$

となって、右辺の3項が圧力の項、第4項が流速の項である。

i) 圧力による浮子の運動； これは昨年講演会で説明した。

ii) 流速による運動； 流速変動 $|V|V$ は図-2の様になり、これを(3)式に

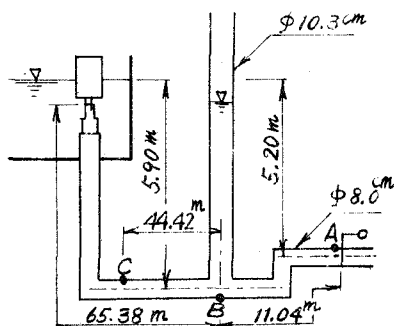


図-1 実験管路略図

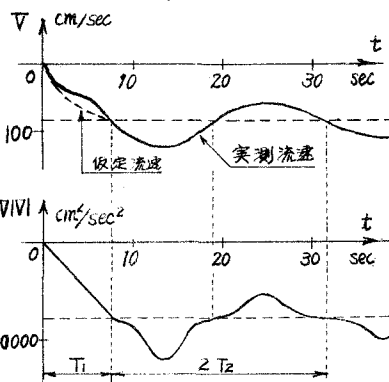


図-2 流入流速の仮定法

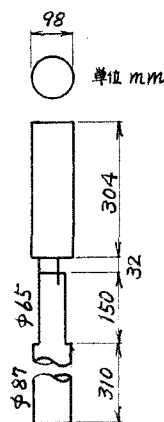


図-3 浮子

表-1 諸数値表

管路長: $L=78.42\text{m}$	浮子固有振動周期:
$L_1=11.04\text{m}$	$T_f=1.07\text{sec}$
$L_2=65.38\text{m}$	浮子減衰率: γ
管内径: $D=8.0\text{cm}$	$\gamma=8.74\text{sec}^{-1}$
浮子直下流入口径 D_1	$\omega=\pi/T_2=0.263\text{sec}^{-1}$
$D_1=9.84\text{cm}$	ヘルマウス直隔 ℓ
	$\ell=3.19\text{cm}$
サージタンク内径: D^*	サージタンク減衰率
$D^*=10.3\text{cm}$	$\beta=0.0185\text{sec}^{-1}$
粗度: $\eta=0.010$	流速: $a=1195\%$
	$\sim 1225\%$
浮子重量: $M=1.08\text{g}$	初期流入口内流速
$\alpha=\frac{2\pi}{T_f}=5.89\text{sec}^{-1}$	$V_0=88.4\text{cm/sec}$

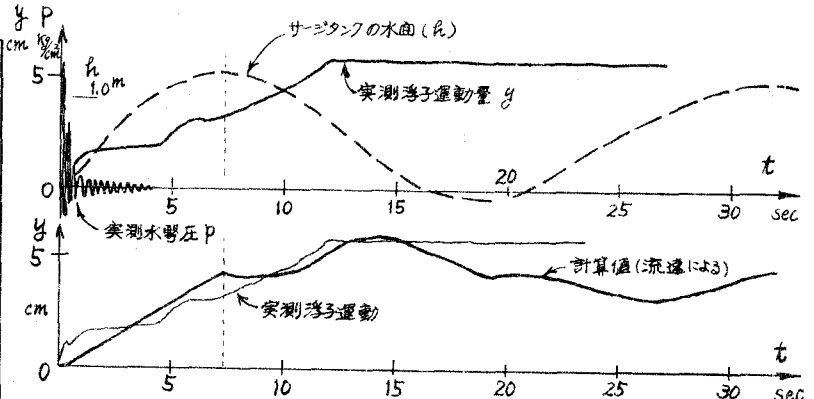


図-4 浮子の振動波形例 ($Q=2.91\text{ l/sec}$, $V=88.4\text{ cm/s}$)

代入して計算すると、次の様になる。図-4 に振動波形例を示す。

$$y(t) = -\frac{2V_0^2}{T_1} y_3(t) \left\{ 1 - S(t-T_1) \right\} - \frac{2V_0^2}{2} y_1(t) \left[S(t-T_1) \right. \\ \left. - 2e^{-2\beta T_1} S(t-T_1+T_2) \right] + 2e^{-\beta T_2} S(t-T_1+2T_2) - \dots \\ + \frac{2V_0^2}{2} y_2(t) \left[S(t-T_1) - 2e^{-2\beta T_2} S(t-T_1+T_2) \right] \\ \left. - 2e^{-\beta T_2} S(t-T_1+2T_2) \right] - \dots \quad (5)$$

ここで、 $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$ は、 $A=2\beta-\frac{1}{2}\gamma$, $B=\frac{1}{A^2+\alpha^2}$, $C=\frac{B}{\alpha}$
 $D=\alpha+2\omega$, $E=\alpha-2\omega$, $F=\frac{1}{A^2+D^2}$, $G=\frac{1}{A^2+E^2}$, $H=\frac{1}{4\gamma^2+\alpha^2}$,
 $I=\frac{H^2}{\alpha}$, $J=\alpha\gamma$, とおくと

$$y_1(t) = Be^{-2\beta t} + Ce^{\frac{1}{2}\gamma t} \left\{ A \sin \alpha t - \alpha \cos \alpha t \right\} \quad (6)$$

$$y_2(t) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\gamma t}}{2\alpha} \cos 2\omega t \left\{ (A \sin Dt - D \cos Dt) F + (A \sin Et - E \cos Et) G \right\} + \frac{e^{-2\beta t}}{2\alpha} \cos 2\omega t \left(\frac{D}{F} + \frac{E}{G} \right) \\ + \frac{e^{-\frac{1}{2}\gamma t}}{2\alpha} \sin 2\omega t \left\{ -(A \cos Dt + D \sin Dt) F + (A \cos Et - E \sin Et) G \right\} + \frac{e^{-2\beta t}}{2\alpha} \sin 2\omega t \left(\frac{A}{D} - \frac{A}{G} \right) \quad (7)$$

$$y_3(t) = Ht - H^2\gamma + Ie^{\frac{1}{2}\gamma t} \left(\frac{\sin \alpha t}{H} + J \cos \alpha t \right) \quad (8)$$

4. まとめ 浮子の重量が軽い時には流速の影響を受けやすいことが判明した。また浮子の部分の流速が小さい時には浮子の運動は水撃圧によって運動するが、流速が大きくなるにしたがつて、流速による力が働くようになる。浮子の運動の計算値と実験値とは比較的良く一致している。(図-4, 5)

この研究は昭和40年度文部省科学研究費試験研究(研究代表者 東大 嶋祐之教授)によって行われた。ここに厚く謝意を表わします。

5. 文 献 荻原; 弾性弁による水撃圧, 第20回年次学術講演会講演概要, II-96, 昭和40年5月。

荻原; 温水取水口と水撃圧, 山梨大学工学部研究報告第16号, 昭和40年12月。

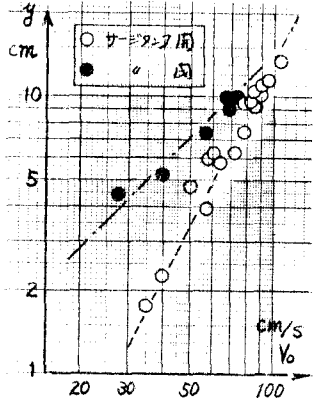


図-5 管内初期流速と浮子の最大振幅との関係

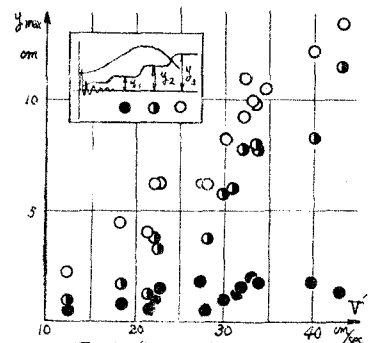


図-6 浮子下の流速と最大振幅