

山須原発電所増設に伴う新旧サージ タンク連絡に関する水理試験報告(第2報)

宮崎大学 川上 謙太郎

〇吉高 益男

第1報(昭31年度冬季発表会)に於ては山須原発電所の計画概要、模型設置状況、模型試験の意義等について述べたが、第2報では誘導された計算式及び実験結果について報告する。

1. 流量配分式及び損失出力計算式

圧カトンネルの損失水頭 H_1' H_2' 及び連絡部の A_1 A_2 間の損失水頭は図-1、図-2より

$$H_1' = f_0 \frac{V^2}{2g} + \alpha \frac{L}{R} \frac{V^2}{2g} \quad (1)$$

$$H_1' \sim H_2' = f_{m2}' \frac{v^2}{2g} + f_{r1}' \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} + f_{d2}' \frac{v^2}{2g} - f_{d1}' \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

上式を整理すると

$$(1) \text{ より } H_1' = K_1 Q_1^2 \quad H_2' = K_2 Q_2^2 \quad K = \left(f_0 + \alpha \frac{L}{R} \right) \frac{1}{2gA^2}$$

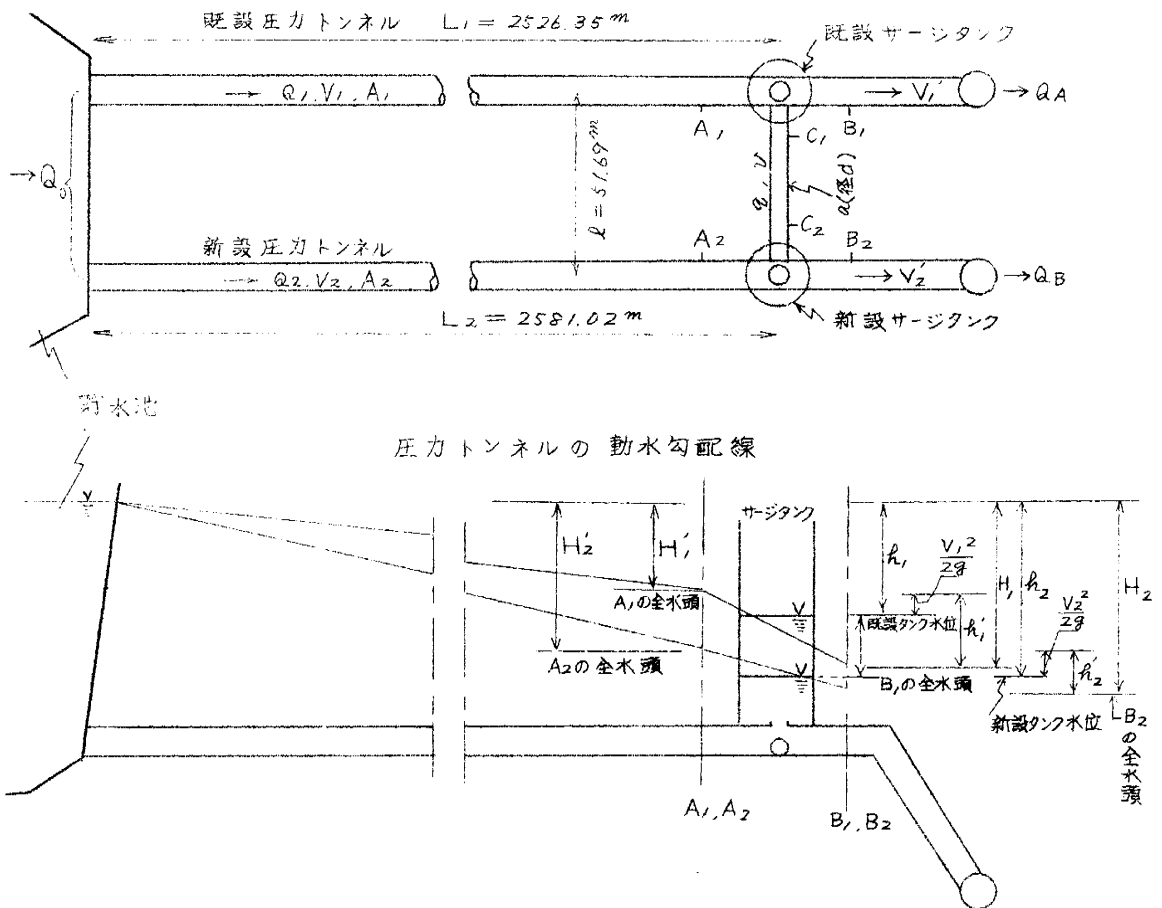
$$\alpha = \frac{19.6 \pi^2}{R^{1/3}} \quad (3)$$

$$(2) \text{ より } H_1' \sim H_2' = k g^2 \quad \left. \begin{aligned} k &= (\bar{f} d + f_{r1}' l) \frac{8}{g^2 \pi^2 d^5} \\ \bar{f} &= f_{m2}' + f_{d2}' - f_{d1}' \quad f_{r1}' = \frac{124.5 \pi^2}{d^{1/3}} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

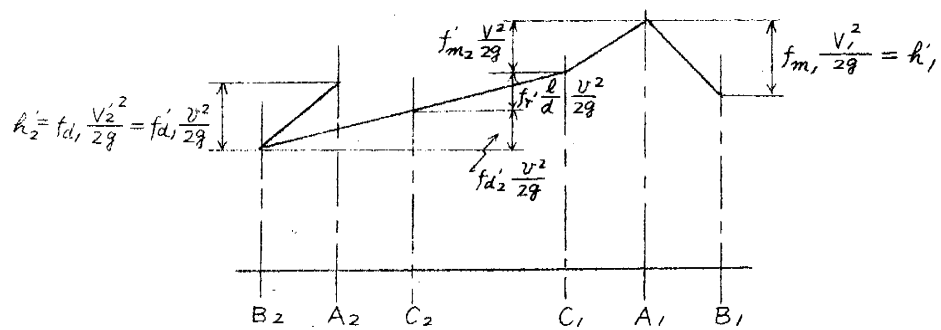
よって図-1のように計画された圧カトンネル及び連絡水路の流量配分式は両方運転時の場合は $Q_0 = Q_1 + Q_2 = Q_A + Q_B$

$Q_A = Q_1 - g \quad Q_B = Q_2 + g$ なる条件から次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} Q_1^2 (k + K_1 - K_2) - 2Q_1 (k Q_A - K_2 Q_0) + (k Q_A^2 - K_2 Q_0^2) &= 0 \\ Q_2^2 (k + K_1 - K_2) - 2Q_2 (k Q_B + K_1 Q_0) + (k Q_B^2 + K_1 Q_0^2) &= 0 \\ g^2 (k + K_1 - K_2) + 2g (K_1 Q_A + K_2 Q_B) + (K_1 Q_A^2 - K_2 Q_B^2) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$



図一五
両方運転時の連絡部の動水勾配線



又損失出力は発電所効率を 80% とみなして

$$P_e = 8 (Q_A H_1 + Q_B H_2) \quad (6)$$

で計算される。尚比較的な値を知るためには次式による計算の方が簡単である。

$$P_e = 8 (Q_1 h_1 + Q_2 h_2 + g h_3) \quad (7)$$

2. 損失係数の測定結果

上記の式中で $f_{mz'}$, $f_{dz'}$, $f_{d'}$ 等なる分岐損失係数が不明であるから、実験によつて求めてみると例えば $f_{mz'}$ は図-3 のようになる。これら実験で求められた係数より $\bar{f}$ を決定してみると表-1 のようになる。

これらの $\bar{f}$ を (4) に入れ (5) (6) 等より損失出力を計算することにより、適当な新設圧カトンネル及び連絡水路径が決定されるであろう。

3. サージ波計算式

既設、新設サージタンクの水面振動方程式は次のようになる。

(図-4 参照)

$$\left. \begin{aligned} dZ_1/dt &= A_1/F_1 (-C_{1t}) \quad C_{1t} = V_1 - C_A - C_{13} \\ dV_1/dt &= g/L_1 (Z_{1r} \mp C_1 V_1^2) \quad Z_{1r} = Z_1 \mp (A_1/\gamma_1)^2 C_{1t}^2 \end{aligned} \right\} (8)$$

$$\left. \begin{aligned} dZ_2/dt &= A_2/F_2 (-C_{2t}) \quad C_{2t} = V_2 - C_B + C_{23} \\ dV_2/dt &= g/L_2 (Z_{2r} \mp C_2 V_2^2) \quad Z_{2r} = Z_2 \mp (A_2/\gamma_2)^2 C_{2t}^2 \end{aligned} \right\} (9)$$

C_1, C_2 はトンネル損失係数, γ_1, γ_2 はポート係数である。

2つのサージタンクが連絡される場合、サージ波の計算法は (8), (9) をどのような式で結びつけるかにあると思われる。即ち C_{13}, C_{23} がどのように計算されるかにあると思われる。

今連絡部の損失を v^2 に比例するとすれば、連絡水路の流速変化

図 - 3

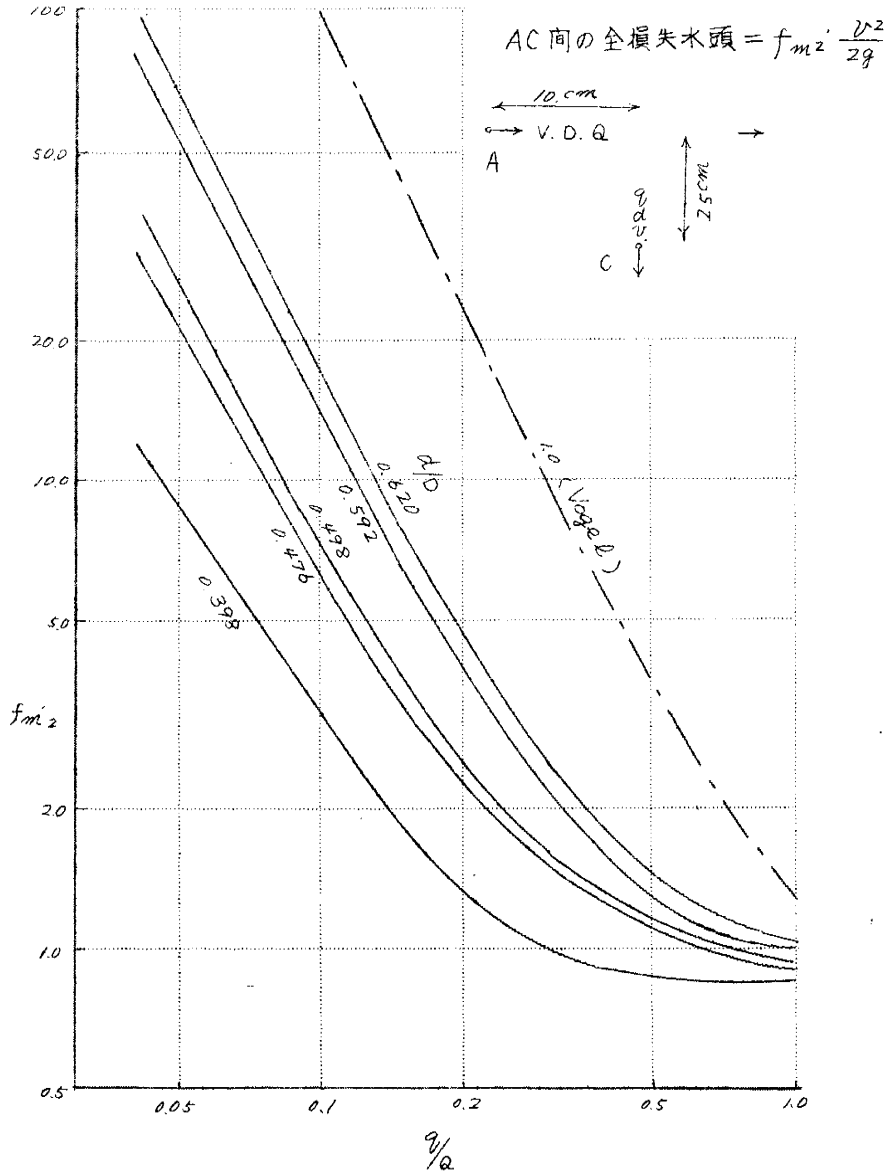


表-1 各種運転条件の場合の $\bar{f}$ (山須原発電所) $q: m^3/sec$

条 件			d=2.00m		d=2.50m		d=3.00m		d=4.00m	
			f	qの範囲	f	qの範囲	f	qの範囲	f	qの範囲
a 既設 新設 タンク 共制 水孔 式	i) 尖頭負荷運転	$D_1=4.40^m D_2=4.40^m$	3.9	1.6 ~ 2.4	8.1	1.6 ~ 2.4	15.7	1.6 ~ 2.4	46	1.6 ~ 2.4
		$D_1=4.40^m D_2=4.20^m$	3.2	3.6 ~ 4.6	6.3	3.6 ~ 4.6	10.2	3.6 ~ 4.6	23	3.6 ~ 4.6
		$D_1=4.40^m D_2=4.00^m$	2.9	5.8 ~ 7.0	5.4	5.8 ~ 7.0	7.9	5.8 ~ 7.0	12.3	5.8 ~ 7.0
	ii)	既設運転 $D_1=4.40^m$	1.4	$D_2=4.4^m \begin{matrix} 10.9 \\ 12.7 \end{matrix}$	1.4	13.6 ~ 15.5	1.3	15.5 ~ 17.5	1.0	16.9 ~ 20.0
			$D_2=4.2^m \begin{matrix} 10.5 \\ 12.3 \end{matrix}$	13.2 ~ 15.0		15.1 ~ 17.1		16.7 ~ 20.0		
			$D_2=4.2^m \begin{matrix} 10.3 \\ 11.8 \end{matrix}$	12.8 ~ 14.6		14.4 ~ 16.2		15.5 ~ 18.7		
		新設運転 $D_1=4.40^m$	1.4	$D_2=4.4^m \begin{matrix} 12.0 \\ 14.0 \end{matrix}$	1.4	15.0 ~ 17.1	1.3	17.1 ~ 19.3	1.0	18.6 ~ 22.0
				$D_2=4.2^m \begin{matrix} 12.5 \\ 15.0 \end{matrix}$		15.5 ~ 18.5		17.8 ~ 20.8		19.8 ~ 23.6
				$D_2=4.0^m \begin{matrix} 13.3 \\ 16.3 \end{matrix}$		16.8 ~ 20.4		19.0 ~ 22.4		21.0 ~ 25.0
	b 既設 新設両タンク共単動式 $D_1=4.40^m D_2=4.20^m$			1.5	all	1.5	all	1.5	all	1.5
c 既設は単動式 新設は制水孔式	i) 尖頭負荷運転	-2.1	4.05 ~ 4.15	-5.0	4.15 ~ 4.25	-11.3	4.25 ~ 4.35	-4.10	4.35 ~ 4.45	
	ii) 既設運転 $D_1=4.40^m$	1.89	all	1.99	all	2.07	all	2.22	all	
	iii) 新設運転 $D_2=4.20^m$	1.03	12.5 ~ 15.0	0.93	15.5 ~ 18.5	0.73	17.8 ~ 20.8	0.29	19.8 ~ 23.6	

は(10)のような式であらわされるとしてもよいであろう。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= \frac{g}{l} (-Z_1 r + Z_2 r + C_3 V^2) \\ C_{13} &= a/A_1 V \quad C_{23} = a/A_2 V \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

C_3 は連絡水路の損失係数である。

(8), (9) 及び (10) で図-5 の場合を計算してみるとかなりよく適合している。この計算は面倒であるから、簡単に連絡管の流量は両タンクの水位差によって流れると考えてみる。即ち (10) のかわりに次式を假定する。

$$Q = \sigma \sqrt{h_3} \quad C_{13} = \sigma/A_1 \sqrt{h_3} \quad C_{23} = \sigma/A_2 \sqrt{h_3} \quad (11)$$

Q は連絡水路流量とする。

(11) によると計算は簡単になる。(11) の σ を初期条件によって決定し、図-5 の場合を計算してみると若干のずれがある。しかし連絡水路の長さがトンネル長にくらべかなり短い場合は連絡水路の

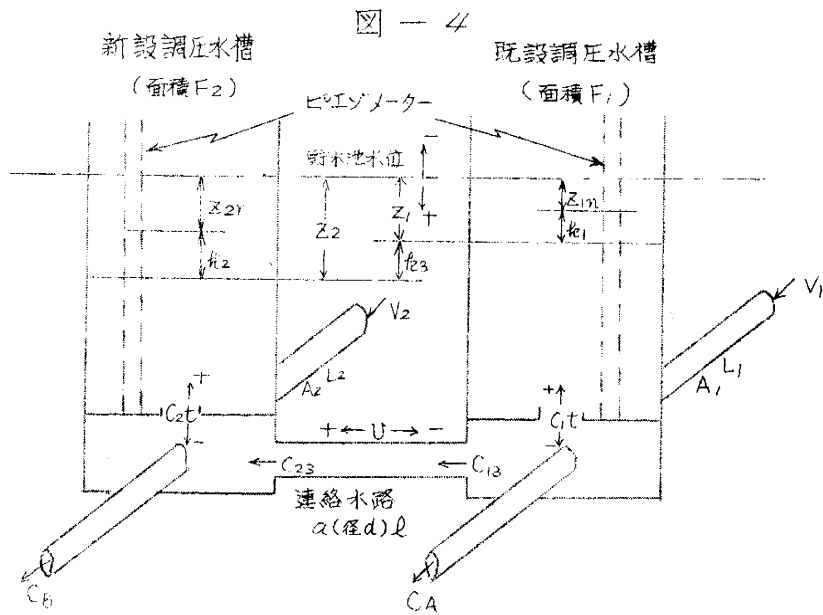
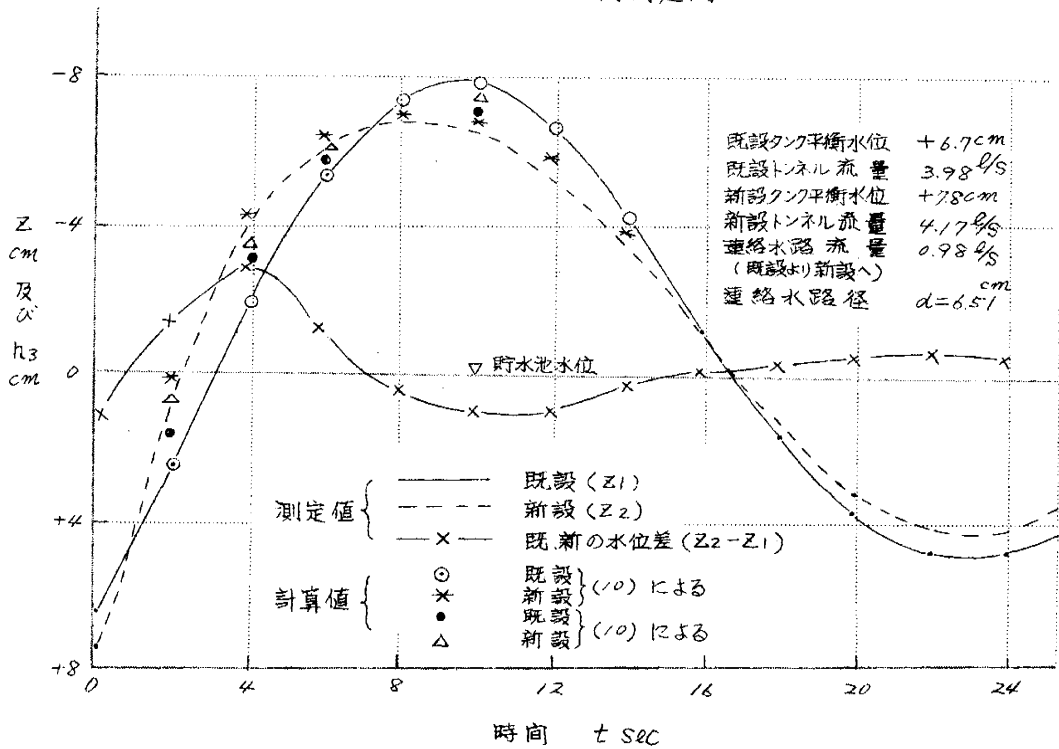


図 - 5 サージ波測定例



水の慣性は無視できるように、そのときは(11)は(10)の近似解法として充分である。

4. 模型相似律及実験結果

制水孔式サージタンクの基本式は(8)、(9)であるから模型と、実物の間にこの方程式がどちらにおいても同じく成立しなければならぬし、各項の次元は等しかるべきことから、実物と模型の数量の縮尺を ρ であらわすと次式が導かれる。

$$\left. \begin{aligned} \rho_t &= \sqrt{\rho_L \rho_E} \quad (E = F/A) \\ \rho_c &= (\rho_A / \rho_n)^2 \\ \rho_v &= \rho_L / \rho_t \rho_c \quad \rho_o = \rho_v \rho_A \\ \rho_z &= \rho_c \rho_v^2 \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

(12)を用いて計算された縮尺によって模型流量等を求め、それにより模型において全負荷瞬間遮断($n=0.013$)、全負荷瞬間開放($n=0.016$)を行ってみると表-2のようになる。

表-2 実験によるタンク最高、最低水位

	連絡水路 径 m	エカトンネル流量 $\frac{m^3}{sec}$		連絡水路 流量 $\frac{m^3}{sec}$	タンク平衡水位 h_0 m		最高上昇水位 最低降下水位 m	
		既設	新設		既設	新設	既設	新設
負荷遮断	2.6	42.91	38.89	4.01	3.17	3.37	-9.65	-7.80
	2.1	42.76	39.04	3.86	3.15	3.40	-9.50	-8.00
	1.7	42.44	39.36	3.54	3.10	3.45	-9.30	-8.45
負荷解放	2.6	43.09	38.71	4.19	4.50	4.78	12.18	11.05
	2.1	42.94	38.86	4.04	4.47	4.82	11.96	11.20
	1.7	42.70	39.11	3.80	4.42	4.88	11.72	11.45

(注)

既設発電所使用量 $38.9 \frac{m^3}{sec}$

新設発電所使用量 $42.9 \frac{m^3}{sec}$

水位は貯水池水位を0とし上を-下を+とする。

但し実物においては既設タンクにサイフォンが設置されているが、
模型では一応ない場合が行われた。

これらの結果より、設計の妥当性等が検討された。

今後はタンク断面積を変へて精度を上げ、より一般的な結果をうる事。

又かかる発電所を運転する場合 片方の発電所にどのような影響を与えるかという事。

模型の相似律は妥当であったかという事等に関し、実験を続行中である。

これらの実験に対する九州電力耳川調査所、宮崎支店の諸氏の御援助を感謝する。