

Ⅱ-74 サージタンクの基礎的研究(第1報)

防衛大学土木工学教室 正員 島山 正

正員 池内正幸

○正員 重村利幸

まえがき 本文は下記の仕様をもつ単動サージタンク模型を用いておこなったサージタンクの基礎実験の報告である。その第1報として単動サージタンク模型を含む単一水路系の遷移領域における水路特性および全負荷瞬時遮断時のサージング現象について2, 3検討を加えたいと報告する。

実験装置 サージタンクは一边が0.11mの正方形断面を有し、高さは0.6mである。タンクの一側面には高さ0.5mの観測窓を設けた。圧力隧道としては直径0.038m、長さ12.87mのゴムパイプを用いこれを一定水位に湛水し、内部水路中に沈めた。ベンストッパに相当する部分はこれを除きサージタンク直後方に直径0.038mのハンドルコックを取付けた。サージタンク中にはタンク水路系の損失水頭測定用の試作ポイントゲージおよびサージング現象追跡用の試作水位計を挿入した。試作水位計はストレインメーターを通してペン書きオシログラフに接続した。

実験結果

損失係数 実験の第1段階ではコック閉度および湛水水位を変えることによりパイプ内の流速を変え、その際の損失水頭を測定した。図1は損失係数 f とレイノルズ数 Re との関係を示している。レイノルズ数は約2000から13000の範囲とした。実験範囲を遷移領域として遷移領域におけるコールブルック式

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{k_s}{3.7} + \frac{251}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (1)$$

より k_s を求めた結果 $k_s = 0.000299 \pm 0.000012$ (m)であった。図中実線は $k_s = 0.0079$ のときのコールブルックによる損失係数 f とレイノルズ数 Re との関係を示す。

粗度係数 一般にサージタンク設計では圧力隧道内の流れは完全乱流であるとしておこなわれている。本実験範囲内において完全乱流の仮定により粗度係数を求めると

$n = 0.01059 \pm 0.000061$ であった。又の式と $\sqrt{f} = \frac{n}{R^{1/4}} \sqrt{8g}$ とから n を求めると $n = 0.01593$ であり、その標準偏差は ± 0.00018 であった。

損失水頭 図2は本水路系の損失水頭とレイノルズ数との関係を示す。本実験の範囲内では両者の間には次の関係がある。

$$\Sigma h_L = 8.24 \times 10^{-7} Re^{1.724} \quad (2)$$

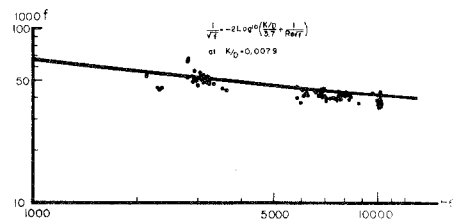


Fig. 1

全負荷瞬時遮断時のサージング現象

一般に全負荷瞬時遮断時の自由サージ Z_* , およびサージング周期 T_1 は次式で与えられる。

$$Z_* = \sqrt{\frac{\ell a}{gA}} v_0, \quad T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\ell A}{g a}} \quad \dots\dots (3)$$

又圧力隧道内で流速水頭と比例する損失水頭が生じるとし, 損失係数が遮断後も不変であるとするればサージング極値 Z_* は次式で求められる。

$$\begin{aligned} & [1 - (-1)^s m Z_s] - \ln[1 - (-1)^s m Z_s] \\ & = [1 + (-1)^{s-1} m Z_{s-1}] - \ln[1 + (-1)^{s-1} m Z_{s-1}] \quad \dots\dots (4) \end{aligned}$$

又周期 T_2 は次の近似式で表わされる。

$$T_2 = \left(1 + \frac{1}{200a}\right) 2\pi \sqrt{\frac{\ell A}{g a}} \quad \dots\dots (5)$$

図3は式(4)を解くために式(1), (2)より求めた初期条件である。

図4は式(4)に図3の初期条件を代入して試算的に求めたサージング極値の絶対値と実測サージング極値の極値番号 s に対する関係を示している。

これから判る様に自由サージは別として(4)式で計算したサージング極値は s が3までは実測サージング高とよく一致するがそれ以後は同じ傾向で急激に減衰する。これは管内流が完全乱流と仮定し, 損失係数がレーノルズ数に依存せず一定であるとした事に起因するものと考えられる。従って本模型実験においては水路の流れは遷移領域になるからサージング解析は, 損失係数を隧道内のレーノルズ数の函数として図式解法によるなければならぬと思う。

又周期に因りては(3), (5)式から計算して次の値を得た。

$$T_1 = 23.75 \text{ (sec.)}$$

$$T_2 = 25.04 \text{ (sec.)}$$

これに対し実測周期 T_0 は

$$T_0 = 26.00 \text{ (sec.)}$$

であった。

尚図面作製にあたり当教室の今井国次技士の協力に感謝する。

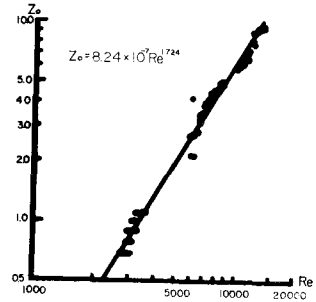


Fig. 2

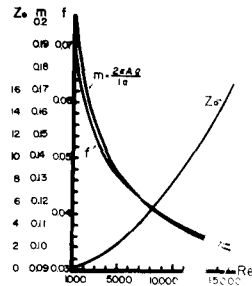


Fig. 3

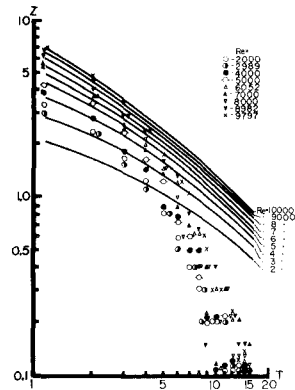


Fig. 4

$Re \times 1000$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Z_* \text{ (cm)}$	2.37	3.56	4.74	5.93	7.11	8.30	9.48	10.67	11.76