

# 水に噴き込む空気ジェットのエネルギー損失

東北大学工学部 学生員 ○新嶋洋明  
東北大学工学部 正 員 沢本正樹

## 1. 序

水中に設置した送風管を用いると、空気流を一方向に制御できる。これを弁として利用するため、この基本的効果を、定常流および交番流の2種について実験的に調べた。

## 2. 実験方法

### ア) 定常流を用いた実験

1つの水弁室に1つのピストンを接続し、シリンダー内のピストンを一定速度で動かすことにより、定常的な空気を送ることができ(図-1)

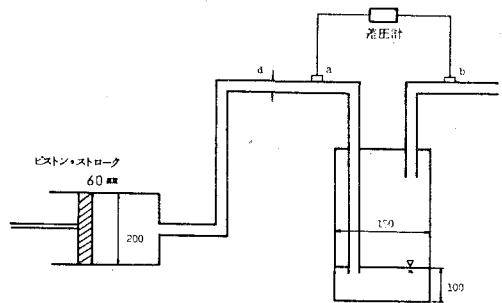
実験ケースとして、パイプ内径を26mm, 19mm, 16mmの3種、水弁室の内径を150mm、それぞれの突込み深さH(閉水時におけるパイプ先端と水面の鉛直距離)を0.5, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, cmの6通り、パイプ内断面平均流速 $v$ を0.61~0.65m/sの5通りに変化させて行った。

### イ) 振動流による実験

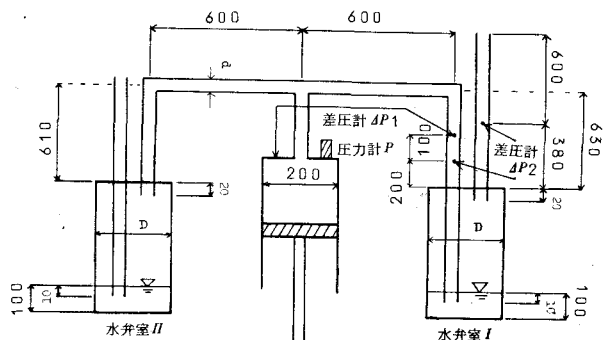
実験装置は(図-2)に示すもので、ピストンが上昇するときは、水弁室Iの方に空気ジェットが噴き込み、ピストンが下降するときは水弁室IIの方から空気を吸い込むことにより、一方向だけに空気が流れるようにした。ここで水弁室Iのエネルギー損失を調べるため、図のように圧力計および差圧計を接続した。ピストン内圧を直接測定するための圧力計Pと、ピストンから水弁室Iまでの間の空気流の形状損失を測定する差圧計( $\Delta P_1$ )により、水弁室Iに噴き込む直前でのパイプ内圧力の変化を考慮して、水弁室Iでのエネルギー損失( $\Delta P_2$ )を微差圧計により測定した。

実験ケースとして、図-2の水弁室内径 $D_1$ を、4種類(150mm, 200mm, 300mm, 400)パイプ内径 $d$ として、16mm, 26mmの2種類でピストンストロークは6cm, 10cm, 15cmの3種、ピストンの周期は1.33~7.87(s)の間で8~10点をとり行った。また水弁室内のパイプの突込み深さ $H$ は10mmで行なった。

ただし、ここでは $P, \Delta P_1, \Delta P_2$ ともピストンの上昇速度が最大のときの値を求めた。また、ピストンの動き、 $P, \Delta P_1, \Delta P_2$ はペンレコーダーにとり、なおかつ、パソコンに



定常流を用いた実験装置(図-1) (単位はmm)



実験装置および差圧計の接続点 (図-2)

(単位は、全てmmである。)

より、 $A/D$ 変換し、20波～40波の位相平均をとることをより求めた。

### 3. 実験結果 および考察

ア) 水弁室内の損失の発生原因について考察すると

- i) 管先端直下の水面を押し下げておく仕事
- ii) 空気が上昇通路をもとめて側方へ水をおしのける仕事
- iii) 上昇中の空気流がなす仕事

に分けられ、管より放出される空気はそれまで動いていなかった水を動かすことによって仕事をし、それ自体のもっていたエネルギーを消費する。単位時間あたりに流出する流量は、管路断面積を $A$ 、流速を $v$ とすると、 $Av$ であり、これによって動かされる水槽中の水は $Av$ に比例し、その新しい流速は $v$ に比例するであろう。したがって水槽内の水のうる運動エネルギーは単位時間あたりには、 $Av \frac{v^2}{2g}$  に比例し、単位体積あたりにすると $\frac{v^2}{2g}$  に比例することになる。

イ) 定常流および振動流の実験で、水弁損失 $\Delta P_2$ から $H$ を引いた $\Delta P_2'$ は、 $H$ に関係ないことがわかった。ゆえに、 $\Delta P_2' = \Delta P_2 - H$ の $\Delta P_2'$ を考察すればよいことがわかった。

ウ) アで述べたように空気ジェットのエネルギ損失は、単位体積あたり $v^2/2g$ に比例するから、ここでは $\Delta P_2' (= \Delta P_2 - H)$ と $v/\sqrt{2g\alpha}$ の関係を、それぞれ管径 $d$ で無次元化した $\Delta P_2'/d \sim v/\sqrt{2g\alpha}$ をグラフにし、その関係を求めてみた。

振動流の実験で、8つのケースがあるが、同一管径 $d$ に対し4つの水弁室径 $D$ による差は、ほとんどなかった。

また、振動流と定常流とでは、ほぼ同じ傾向を示した。

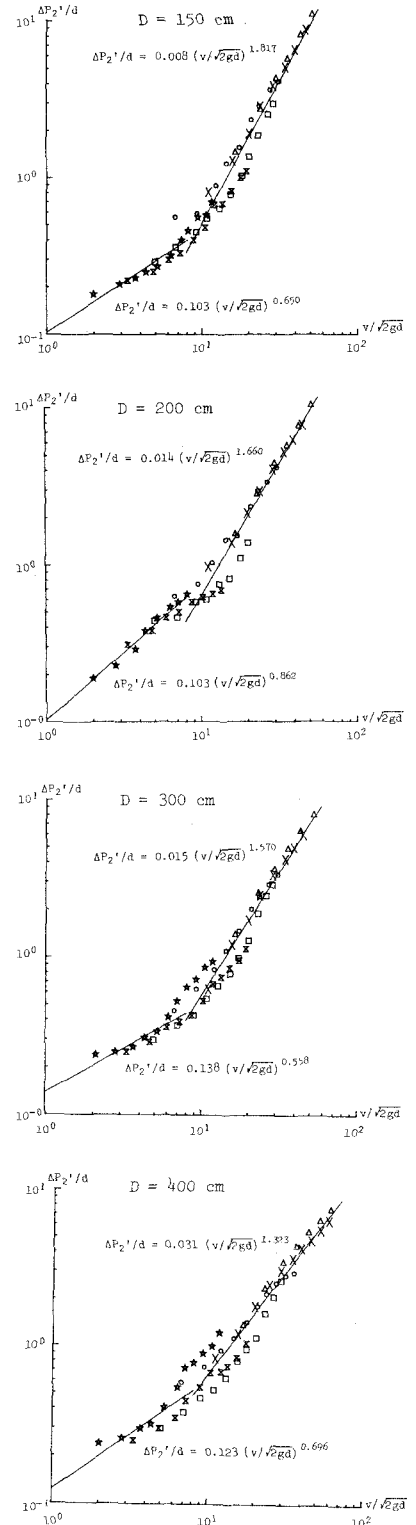
その傾向は、 $\Delta P_2'/d \sim v/\sqrt{2g\alpha}$ は、ある点を境いに2つの直線に分かれることが分かった(図-3)。この直線が変化する点は $v/\sqrt{2g\alpha} = 8.0$ 付近であると思われる。よって $v/\sqrt{2g\alpha} = 8.0$ により 2つに分けて、直線をかいてみた(図-3)

直線が、ある噴き出し速度 $v$ ( $v/\sqrt{2g\alpha} \approx 8.0$ )を境いに2つに分かれるのは、次の2つの場合のエネルギー損失のしきのちがいによるものと考えられる。

- ① 管から噴き出した空気がちぎれて気泡となる場合
- ② ちぎれないで連続流となる場合

### 4. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、東北大学工学部首藤伸夫教授には多大なる御助言を賜った。ここに記して謝意を表する。



(図-3)