

文部大学工学部 正員 橋 東一郎
 文部大学工学部 正員 小松 利光
 文部大学工学部 正員 柴田 敏彦

1. ま え が き

前報¹⁾において乱流中の圧力変動の測定法について述べた。そこではV型2方向 *hot film* 流速計を2個組合わせ圧力プローブと連結固定することにより、3方向の流速 u, v, w を圧力と同時に測定し流速変動による動圧部分を差し引いた圧力変動成分の測定を行なっている。しかしながら非定常流である乱流中では動圧に加えて *inertial effect* が存在することが Kovasznay²⁾ によって指摘されている。この *inertial effect* についてはまだ確立された評価法はなく、その重要性も良くわかっていない。わずかに先端が半球面体の圧力プローブに対し非粘性の *potential flow* を仮定して求めた近似式が松永³⁾ によって提唱されているだけである。したがって通常の開水路乱流や自由噴流で *inertial effect* がどの程度の役割を果たしているかを推定することが必要である。本文では近似的に松永の方法を導入して圧力変動を求め *inertial effect* について評価するとともに得られた圧力変動について若干の考察を加えた。

2. 圧力測定の方法とその結果

測定に使用した圧力プローブは内径0.65mm、外径1.5mmのステンレスパイプで平均流の方向に向けて用いている。圧力の検出はピエゾ効果を利用した半導体圧力変換器を使用した。圧力プローブの方向特性を図-1に示す。RUN Cは圧力測定に使用した圧力プローブの場合、RUN Bは圧力プローブに *hot film* プローブを連結させたとき方向特性および静圧管係数に変化が生じるかどうか check するために行っている。またRUN Aは圧力プローブの大きさや異なるときの特性の変化を調べるために行なったもので内径1.5mm 外径2.0mmのパイプを用いている。RUN Cの場合とRUN Aの場合とは良く一致しており、管の大小による差異はみられない。

一方、*hot film* プローブの結合の影響は θ が大きくなるにつれて徐々にあらわれてくるがV型 *hot film* の測定範囲が $\pm 45^\circ$ 以内であることを考えると通常の乱流測定では無視し得る。今、乱流中の瞬間瞬間の流速をベクトル V で表わすと、圧力プローブが検出する V_p は補正関数 $R(\theta)$ を導入し

$$V_p = |V| R(\theta) \cos \theta \quad \text{----- (1)} \quad |V| = \sqrt{(U+u)^2 + v^2 + w^2} \quad \theta = \cos^{-1} \frac{U+u}{|V|} \quad (\text{rad})$$

で与えられる。 $R(\theta)$ は図-1で得られる結果を多項式で近似して次式で表わす。

$$R(\theta) = -0.831373 \theta^3 + 0.833485 \theta^2 - 0.0895292 \theta + 1.0 \quad \text{----- (2)}$$

一方、松永による半球面体のプローブに対し *inertial effect* P_i' は近似的に

$$P_i' = \frac{\rho a}{2} \frac{d}{dt} (|V| \cos \theta) \quad \text{----- (3)} \quad a \text{ は半球面体の半径}$$

で与えられる。著者らの測定では圧力プローブは円管であり半球面体とはみせないが、*inertial effect* の order を評価するため近似的に(3)式を用いることにすると $a = 0.575 \text{ mm}$ となる。したがって求める圧力変動は差圧計が検出する圧力を P とすると次式で表わす。

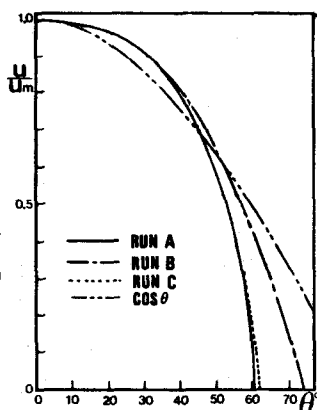


図-1

$$P' = P_r - \frac{1}{2} K \rho V_p^2 - P_p'' - (P_r - \frac{1}{2} K \rho V_p^2 - P_p'')$$

ここで K は解圧管係数で $K=1.285$ である。

式(1)~(4)より一瞬一瞬の流速成分 U, V, W

がわかれば圧力変動 P' が求まることになる。

2次元噴流中で測定された結果を図-2に示す。

これによると P_r と動圧 P_p はほぼ same order であるが inertial effect P_p'' は前者と比較すると

かなり小さい。したがって P' と $P' (= P_r - P_p'')$

との間にはほとんど差異はみられない。かなり荒っぽい評価ではあるが以上のことから開水路

乱流や自由噴流などの通常の水流においては

inertial effect は無視してさしつかえないもの

と思われる。

図-3に開水路乱流において同一真同時測定した流速変動

U, V, W と圧力変動 P' の時系列を、図-4にそれぞれ

のスペクトルを示す。高周波数側では各方向の流速変動ス

ペクトルは完全に一致して等方向性を示しており、粘性域の

$1/5$ 乗則、粘性域の $1/3$ 乗則が成立している。圧力変動

は低周波において平均値より与えられた流れ方向の乱れエ

ネルギーを他の方向へ再配分するという重要な役割を果た

すが、低周波数側ではなだらかに減少を示している。一

方、高周波数側においては乱れが等方向性を示す平衡領域に入

ると急激に減少しはじめ、粘性域では流速変動のスペクトル

と同様 $1/5$ 乗則を示す。その詳細なメカニズムは明らか

ではないが粘性域において圧力変動は流速変動に対し

passive な性質をもっていると思われる。

2層流などの密度界面の変動が高周波数側では $1/3$ 乗

則を示すことが著者らによって報告されているが、乱れが

圧力変動を通じて界面に作用するであろうことを考えると

圧力変動の $1/3$ 乗則も妥当であると思われる。最後に本研

究遂行にあたり御尽力頂いた寺本憲二氏に深甚なる謝意を

表します。

参考文献

- 1) 橋・小松・柴田, 西部支部研究発表会, 1981.
- 2) Horaszmay et al, Technical Reps, Johns Hopkins Univ, 1971.
- 3) Matsunaga-Ishibashi-Kishi, Proceeding of A.S.M.E., 1978.
- 4) 橋・小松・下田, 第25回水理講演会論文集, 1981.

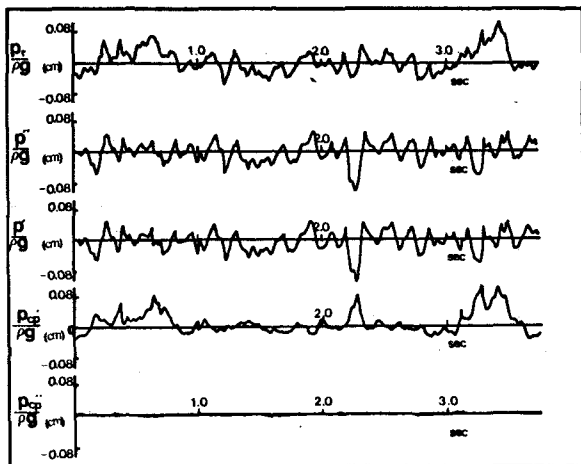


図-2

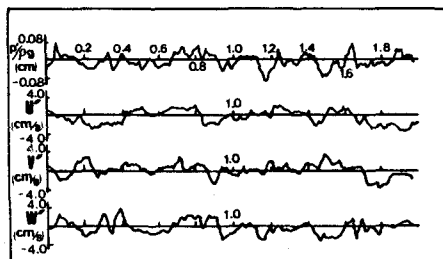


図-3

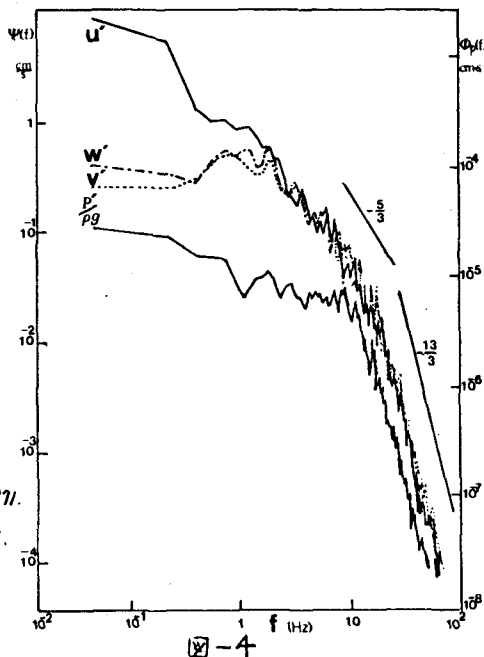


図-4