

中央大学 理工学部
 (備千代田コンサルタント
 石原建設)

正員 林 泰造
 正員 ○武安 貞児
 正員 吉田 隆

1. はじめに

非定常な流れの場合における乱流構造についての研究は従来より数多く行なわれてきたが、近年における測定装置の進歩と共に、乱れを直接測定することが可能となった。本研究では、X型ホットフィルムプローブを用い乱れを直接測定することにより往復流境界層の流速分布、剪断力分布、乱れ運動エネルギー分布について実験的研究を行なった。

2. 実験装置とデータ処理方法

本研究においては、長方形断面を有するU字管型のLundgren-Sørensen型往復流実験装置により実験を行なった。実験装置(写真-1)の全長は17.5m、測定部断面巾75cm、高さ24cmであり、底面には平均0.17mmの標準砂が一様にはりつけてある。U字管をなす2つのライザーのうち、写真右側のものは上方に開いているが左方のものの頂部は閉じ、空気が封じこめられている。この気圧をピストン(ストローク、周期可変)の往復運動により水に伝え定常的な往復流を生じさせる。流速、剪断力、乱れ運動エネルギー分布の直接測定にはX型ホットフィルムプローブ(TSI社製)を用いた。測定点は、底面から20mmの区間では2mm間隔で、20mm~35mmの区間では3mm間隔、50mm~120mmの区間では10mm間隔である。また開口したライザーに容量式波高計を取り付け水面の変動を記録し、位相を図-1の様に定めた。図-2は、底面付近のホットフィルムの流速の測定記録例である。ホットフィルム流速計の出力と、容量式波高計の出力はTEAC社R-80データレコーダーに記録し、中央大学土木工学科 Melcom M-70/35内蔵のA-D変換器によりデジタル変換し、容量式波高計の出力をトリガーとして位相を定め各測定点について40周期のデータを磁気テープに記録し同ミニコンピューターにより処理を行なった。サンプリングタイムは、1周期を360等分し、 $\pi/180$ に1つのデータを読みとるように定めた。一般に、往復流の様な非定常な流れのデータ処理にはアンサンブル平均が用いられているが、この方法ではサンプル個数を十分多くとる必要がある上に、周期、流速のばらつきが大きい場合に、この不規則性を乱れ成分として評価することになるため、本研究では、アンサンブル平均を直接用いることを避け、アンサンブル平均にフーリエ級数をあてはめる方法を採用した。

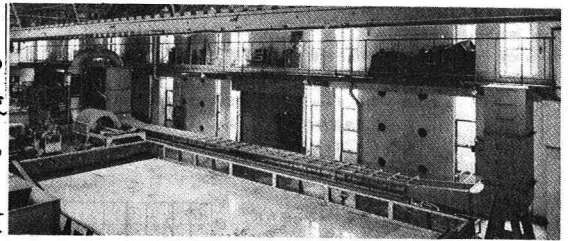


写真-1 実験装置

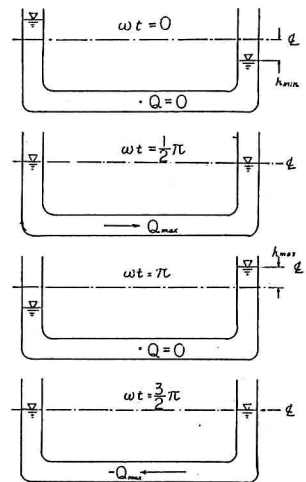


図-1 往復流の位相

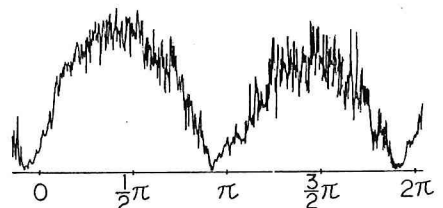


図-2 流速の測定記録例

3. 実験結果と考察

実験は、下記の様な実験条件により行な
った。

振動周期 $T = 1.8 \text{ sec}$, 振動角速度 $\omega = 0.63 \text{ rad/sec}$, 境界層外縁の
流速振巾 $U_0 = 59.0 \text{ cm/sec}$, スト
ークスのパラメーター $\lambda = \frac{1}{2} U_0 \sqrt{\frac{2\nu}{\omega}} / \nu$
 $= 439$, 境界層厚のパラメーター
 $\delta = \sqrt{2\nu/\omega} = 0.213 \text{ cm}$

その結果、流速分布として 図-3 が得ら
れた。この図より、流速の位相は、水面変
動(波高計)の位相に比べて、約 $\pi/2$ 進ん
でいるのが、見られる。次に、 $\overline{u^2}$ より剪
断力分布を求めたのが 図-4 である。多少
のバラツキはあるものの全体的傾向
は、よく表わされていると思われ、底面付近
では $2/3\pi$ 付近で剪断力が最大になっ
ている。しかし、底面から離れるに従って、
剪断力の最大値は、 $5/6\pi$ から π へと遅れ
ていくことがわかる。図-5 は乱れエネ
ルギー分布を示したもので、この図より底面
付近の乱れエネルギーは、 $5/6\pi$ 付近で最大
となることがわかる。この減速時の乱れは
爆発的に発生する傾向にあり、bursting
の発生によるものと思われるが、発生機構
の解明については、今後の課題としたい。
以上の結果、アンサンブル平均を直接採用
せずにフーリエ級数を用いることにより、
剪断力分布等も精度よく計測できたと思わ
れる。

・付記 本研究は、筆者中の武安、吉田が
中央大学理工学部土木工学科在学中に行な
ったものである。

参考文献

1) 林 泰造・篠田 薫 (1979) 土木学
会第23回水理講演会論文集, pp41 ~
48. 2) 林 泰造・大橋 正和 (197
9) 土木学会第6回関東支部年次研究発表
会講演要集, pp31 ~ 32.

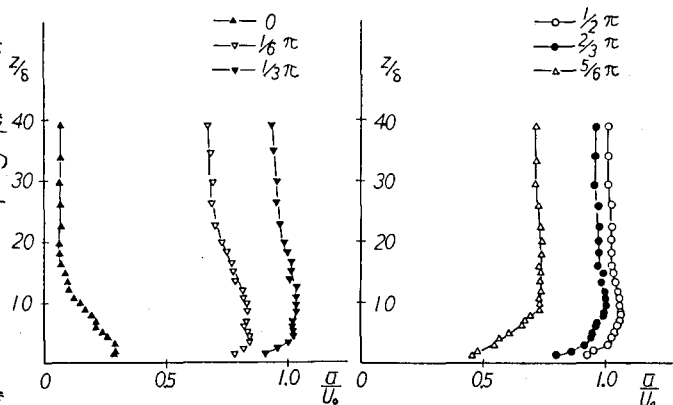


図-3 流速分布

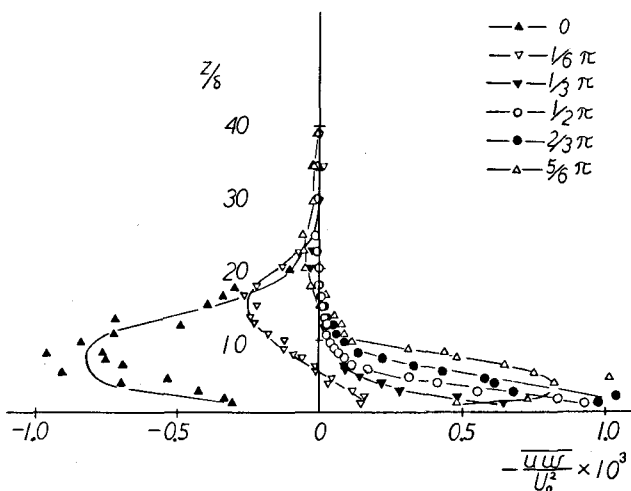


図-4 剪断力分布

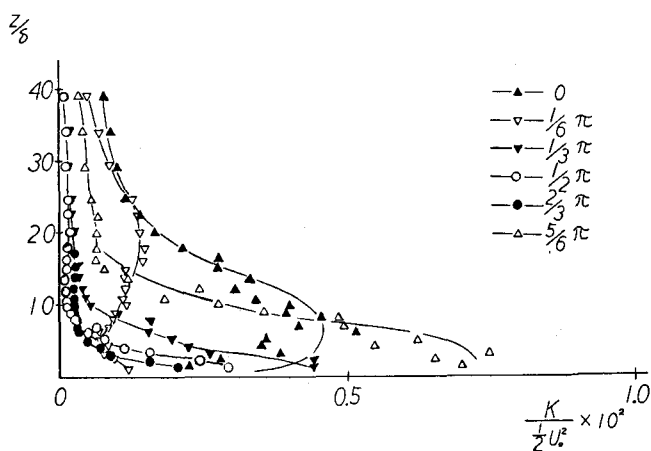


図-5 乱れ運動エネルギー分布