

跳水点付近の乱れ特性

金沢工業大学 正員 中川武夫
 金沢工業大学 正員 ○今井 悟
 金沢工業大学 学生員 小澤 誠
 金沢工業大学 中村 靖
 金沢工業大学 前島宏治
 金沢工業大学 学生員 大原和俊

1. 緒 言

跳水現象に関する研究の歴史は長く、すでに数世紀を経ている。 ¹⁾ 二ラした長さにあたる多くの研究者の努力にもかかわらず、跳水点付近の乱れの構造は未だに明らかではない。

過去十年間に熱線または熱膜流速計を用いて多くの跳水点付近における乱流測定が実施された。 ^{2,3)} この結果、跳水点直後の主流方向および水深方向の乱れ特性がかなりの程度まで明らかとなつてゐる。 ⁴⁾ としたが、水路横方向の乱れ成分を含む、三方向の乱れの同時測定が、最近まで不可能であつた。三次元性が高い跳水点付近の乱れの特性を完全に解明することができなかったわけである。

本研究の目的は環糸式流速計による流速の三方向成分の同時測定を通して、跳水点付近の乱れの三次元特性を明らかにすることである。 ⁴⁾ ここでは解析結果の一部を報告する。

2. 実験

Fig.1 に本実験の概要を示した。跳水点直後の流速測定は水路中に軸 $y=0$ を含む面内において、環糸式流速計により x 軸、 z 軸方向へそれぞれ 10 cm, 2 cm 間隔で実施した。この流速計は各測定点ごと所定の高さとなるように支持構を介して水路上縁レール上を動く台車に固定された。各測定点においては 2.5 秒間の時系列データが各速度成分ごとに連続的に記録された。これをアナログ・データはサンプリング周波数 500 Hz でいったんデジタル化されたのち、データ処理が行われた。すなわち、各測定点・各速度成分ごとに連続的に平均速度、乱れの強さ、レイノルズ数からエネルギー・スペクトルが求められた。

Table 1 に本実験の主要物理パラメータの値を掲げた。ここに、 $\bar{U}$ と d はそれぞれ $x=200$ cm における平均速度と水深である。なお、実験結果の提示にあたり乱れの強さ及びレイノルズ数を無次元化するためにこの平均速度 $\bar{U}$ を用いてゐる。

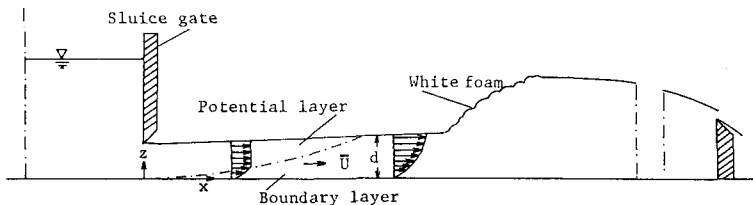


Fig.1 Schematic diagram of hydraulic jump experiment

3. 結果

本章では $x = 240$ cm の場所における平均速度、乱れの強さ、レイノルズ数及びエネルギー・スペクトルの結果を示す。

(a) 平均速度: Fig.2 に x, y, z 方向の各平均速度及び z 方向の速度水深方向への分布を示した。この図の縦軸は $x = 200$ cm の場所における水深 d に z を無次元化したものである。 $x = 240$ cm の場所における流速最先端は z の $z/d = 1.3$ であり、各平均速度は水深の变化に伴って変化する。

(b) 乱れの強さ: Fig.3 に x, y, z 方向の各乱れ強さ(すなわち、速度変動の2乗平均平方根を $x = 200$ cm の場所における平均速度 $\bar{U}$ で無次元化した値)の水深方向への分布を示した。この図から、各水深における乱れの強さは x 方向が最大で、 y 方向が最小で z 方向がその中間ということがわかる。ただし、 $z/d \approx 1.3$ では y 方向と z 方向の乱れの強さの大小関係が逆転している。さらに、いずれの方向の乱れの強さも水深に比べて比較的弱い依存性を示している。

(c) レイノルズ数: Fig.4 に各レイノルズ数の水深方向への分布を示した。図に示す3種類のレイノルズ数は各値が z/d の水深に対する依存性を示すことがわかる。ただし、3種類のレイノルズ数の絶対値は流速 U の増大に伴って最大となった。

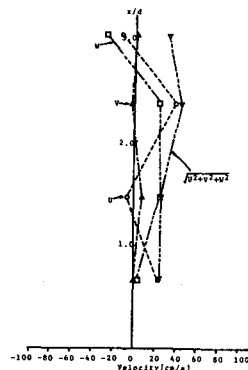
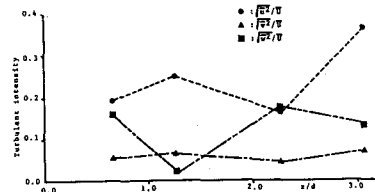
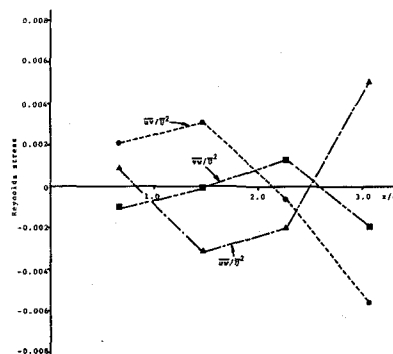
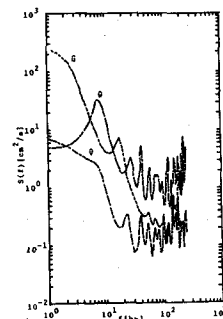
(d) エネルギー・スペクトル: Fig.5 に水深 $z/d = 0.77$ における x, y, z の各速度成分 $\bar{u}, \bar{v}, \bar{w}$ のエネルギー・スペクトルを例示した。この図から $\bar{u}$ のエネルギー・スペクトルは周波数帯に多くエネルギーをもち、周波数の増加に伴って急減し、以後は増減をくりかえすことがわかった。これに對して、 $\bar{v}$ のエネルギー・スペクトルは周波数の増加に伴って急減し、 $f = 8$ Hz において $\bar{w}$ の最大値をもちた急減をくりかえす。また、 $\bar{u}$ のエネルギー・スペクトルは $\bar{v}$ のそれとほぼ同様に下向きを示したような形状をもちている。

参考文献

- 1) Rouse, H. et al 1958 Proc. ASCE HY, 84, paper 1528.
- 2) Resch, F.J. 1970 Proc. ASCE HY, 96, 787-800.
- 3) Resch, F.J. et al 1972 J. of Hydraulic Research, 10, 409-430.
- 4) Nakagawa, T. 1983 J. Fluid Mech., 126, 251-268.

Table 1: Hydraulic parameters

Mean velocity $\bar{U}$ [cm/s]	162.11
Mean water depth d [cm]	2.13
Froude No. $F = \bar{U}/\sqrt{gd}$	3.55
Reynolds No. $Re = \bar{U}d/\nu$	3.57×10^4
Flume bed slope α	3/1000

Fig.2: Mean velocity vs. normalized vertical co-ordinate z/d Fig.3: Turbulent intensity vs. normalized vertical co-ordinate z/d Fig.4: Reynolds stress vs. normalized vertical co-ordinate z/d Fig.5: Power spectral density $S(f)$ vs. frequency f at $z/d = 0.77$