

跳水の内部特性に対する流入射流の影響

日本大学大学院理工学研究科 学生会員 ○松澤 貴士
 日本大学理工学部 正会員 高橋 正行
 日本大学理工学部 正会員 安田 陽一
 日本大学理工学部 フェローメンバー 大津 岩夫

高速射流を減勢させる有効な方法として跳水が利用されている。跳水の形成位置によって跳水始端の乱流境界層の発達状態が未発達の場合[Undeveloped inflow(以下 UD と略す)(図-1(a))]と十分発達した場合[Fully developed inflow(以下 FD と略す)(図-1(b))]がある。従来の研究では流入射流の違い(UD と FD)による跳水内部の流速特性や空気混入特性の影響については不明な点が多く、この点を明らかにすることが水工設計上必要である。

ここでは跳水始端での乱流境界層の発達状態(UD と FD)が跳水内部の流速特性と空気混入特性に及ぼす影響について実験的に検討した。

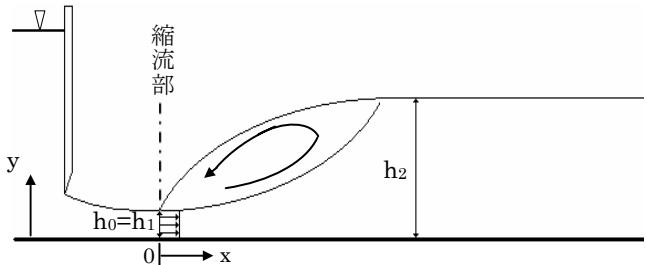
実験

長方形断面水平水路の自由跳水を対象とし、表-1 に示す条件で水路中央部の流速を二成分電磁流速計(採取間隔 50ms、採取時間 100sec)とプランタル型ピト管(外径 3mm、内径 1.28mm)を用いて測定した。さらに空気混入率 C [C = 空気の体積/(空気の体積+水の体積)]を二点電極型ボイド率計を用いて測定した。表-1において、 F_1 は跳水始端のフルード数、 R_e はレイノル

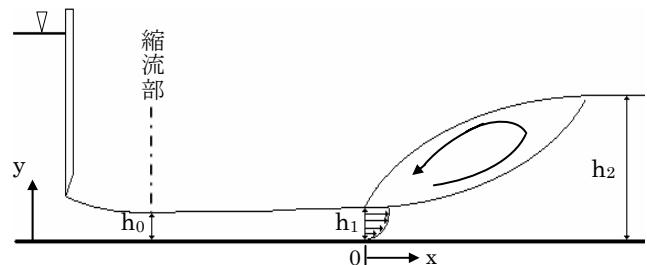
表-1 実験条件

乱流境界層の発達状態	F_1	R_e
Undeveloped inflow	7.19	62000
Fully developed inflow	7.20	61000

$$F_1 = \frac{V_1}{\sqrt{gh_1}}, \quad Re = \frac{q}{v}$$



(a) 乱流境界層が未発達の場合(UD)



(b) 乱流境界層が十分発達した場合(FD)

図-1 定義図

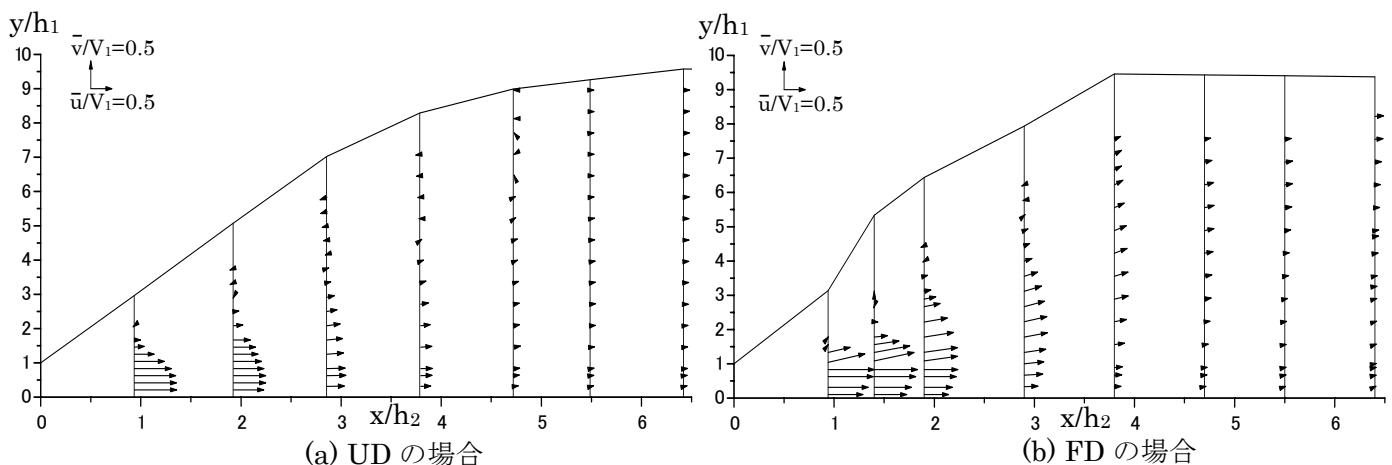


図-2 時間平均の流速ベクトル

キーワード：跳水、乱流境界層、流速特性、空気混入特性

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14, Tel. & Fax. 03-3259-0668

ズ数、 V_1 は跳水始端断面の断面平均流速($V_1 = q / h_1$)、 g は重力加速度、 h_1 は跳水始端水深、 q は単位幅流量、 ν は動粘性係数である。また図-1において、 h_0 は縮流部の水深、 h_2 は Bélanger equation より求めた跳水終端水深、 y は水路底面からの鉛直高さである。なお、射流の乱流境界層の発達状態は Ohtsu and Yasuda(1994)の方法¹⁾を用いて判定している。

跳水内部の流速

図-2(a)、(b)に UD および FD の時間平均流速ベクトルを示す。ここに、 x は跳水始端から流下方向への距離、 u は x 方向の流速、 v は y 方向の流速である。図に示されるように、UD の場合は跳水内部の主流が底面近くに位置するのに対し、FD の場合は UD の場合よりも主流が短区間で上昇している。

図-3 に示すように $u=u_m$ (u_m : 最大流速)となる y を y_1 、 $u=u_m/2$ となる y を Y と定義する。 y_1 と Y の流下方向の変化を図-4 に示す。図-4 に示されるように、FD の場合は UD の場合よりも主流が短区間で上昇していることがわかる。

空気混入率

図-5(a)、(b)に UD および FD の空気混入率分布を示す。図に示されるように、 $x/h_2 \leq 2.9$ の範囲では、与えられた x/h_2 に対して、FD の場合は UD の場合よりも空気混入率 C の値が大きい。跳水内部の空気混入率 C の最大値を C_{max} と定義し、流下方向の C_{max} の変化を図-6 に示す。図-6 に示されるように、 x/h_2 が大きくなると C_{max} は小さくなる。また、与えられた x/h_2 に対して、UD よりも FD の C_{max} は大きい。これは、UD の場合は流入射流の水面が滑らかであるのに対し、FD の場合は流入射流の乱流境界層が水面まで到達し、流入射流内部の乱れが大きいため、UD の場合よりも気泡を取り込む量が多くなり²⁾、 C_{max} が大きくなつたものと考えられる。また、跳水始端に近い断面($x/h_2 \leq 2.9$)において FD の場合の方が UD の場合よりも気泡の混入量が多くなり、気泡の浮力効果のため、FD は UD と比べて主流が短区間で上昇したものと考えられる。

参考文献

1) Ohtsu, I. and Yasuda, Y., Characteristics of supercritical flow below sluice gate, Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol.120, No.3, pp.332-346, 1994.

2) Ervine, D.A., McKeogh, E., and Elsayy, E.M., Effect of turbulence intensity on the rate of air entrainment by plunging water jets, Proc. Instn. Civ. Engrs., Part 2, Vol.69, pp.425-445, 1980.

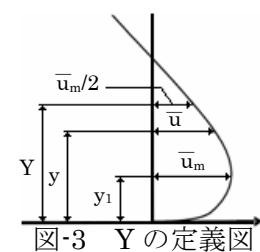
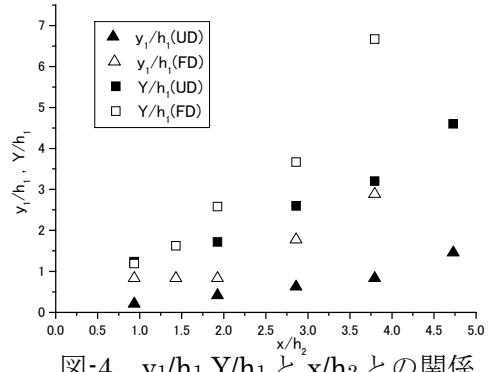
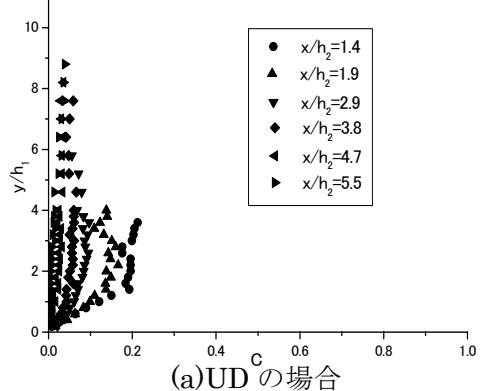
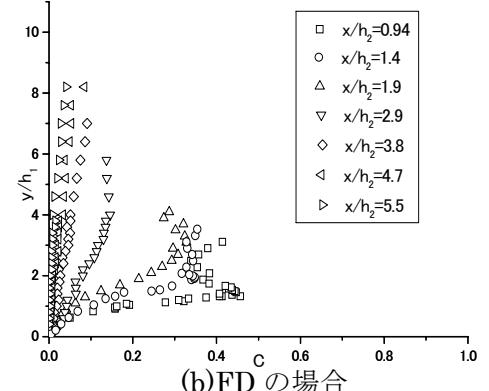


図-3 Y の定義図

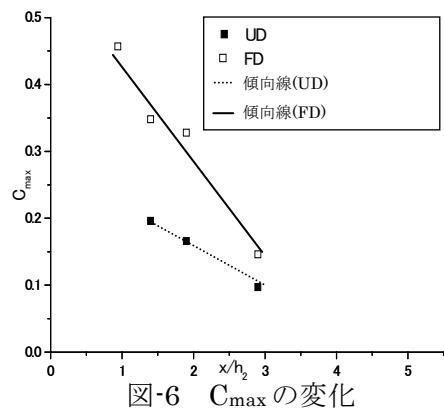
図-4 $y_1/h_1, Y/h_1$ と x/h_2 との関係

(a)UD の場合



(b)FD の場合

図-5 空気混入率分布

図-6 C_{max} の変化