

II-380

屈曲水路における浮遊粒子の流れへの追従性

福山大学工学部 正員 梅田 眞三郎

1. まえがき

著者らは、平面2次元湾曲部流れにて浮遊粒子の運動特性を実験的に調べてきた。その結果、粒子の運動を表わすB.B.O.式の修正式を導き、さらに抗力係数Cdと無次元時間量 t_* との比は、粒子条件と流体条件を同時に含み、浮遊粒子の運動を調べるのに重要な無次元量であることを明らかにしてきた。

今回は、屈曲水路にて浮遊粒子の流れへの追従性を実験的に調べ、無次元量 t_*/Cd でその特性を議論することを試みた。

2. 理論式

Stokesの抵抗則を適用した単一浮遊粒子に対する修正B.B.O.式は、流体流速を u_f 、粒子流速 u_p とすると平面2次元流の球形粒子に対して次のとおりである。

$$\frac{3\pi Cd}{4\sigma Lp} U |U| - \frac{\sigma + \alpha}{\sigma} \cdot \frac{du_p}{dt} + \frac{1 + \alpha}{\sigma} \cdot \frac{du_f}{dt} + \frac{6Ap(\pi\nu)^{1/2}}{\pi\sigma Vp} \int_0^t \frac{(dU/dt')dt'}{(t-t')^{1/2}} = 0 \quad (1)$$

$$U = u_f - u_p \quad (2) \quad Cd = \frac{6\nu Lp}{u_f Ap} \quad (3) \quad t_* = t/T \quad (4) \quad T = \frac{2Ap(\sigma + \alpha)}{9\pi\nu} \quad (5)$$

ここでの σ 、 α 及び ν は、それぞれ粒子の流体に対する密度比、見掛上の質量係数及び動粘性係数を表わす。球形粒子に対して α は、0.5であり、粒子の水中での長さであるきつ水深 Dr に対して Ap 、 Vp 、 Lp は、それぞれ断面積、体積及び水中での最大周長をあらわす。(3)、(4)及び(5)式を組み合わせると、球形粒子に対して次のような新しい無次元パラメータを導くことができる。

$$t_*/Cd = \frac{u_p t}{Lp} \cdot \frac{3\pi}{4(\sigma + \alpha)} \cdot \frac{u_f}{u_p} \quad (6)$$

ここでの $u_p t$ は、時間 t での粒子の移動距離を表し、 $u_p t/Lp$ でもって水中での最大周長との関係を表している。さらにこの式には、密度比 σ や水面を浮遊する粒子の見掛上の質量係数を表す α を含んだ $3\pi/4(\sigma + \alpha)$ が流速比 u_f/u_p とともにかかっている。それに故に、経過時間を時間パラメータ T で割った無次元時間量 t_* と抗力係数 Cd との比 t_*/Cd は、流体中を浮遊する粒子の流跡を追跡するための重要な無次元量を表していると考えられる。

3. 実験結果と考察

実験に用いた水路は、長さ2mの途中に屈曲部を有し、その上下流にそれぞれ長さ4mの直線水路が存在する循環水路である。下流側の直線水路末端部に緩やかな傾斜の堰を、また上端部にはヘッドタンクを設け、そこからオーバーフローをさせて常に流速が一定となるようにし、定常流をつくるような工夫を試みた。ヘッドタンクと堰の高さを調節することにより、Table 1に示す3種類の流れを再現した。表中の流速は、直線部水路中央にてレーザ流速計を用いて得られた流速の平均値を示している。実験に使用した液体は、水に

Table 1 実験での3種類の流れ

	Run-1	Run-2	Run-3
$u_{ro}(\text{cm/sec})$	0.86	1.65	2.03

グリセリンを混合したもので、その動粘性係数は $0.036\text{cm}^2/\text{sec}$ であった。実験時には、投げ込みヒータにより水温を 25°C の一定に保った。

粒子は、Fig.1の粒子記号を示す屈曲部手前25cmの位置で初期粒子流速が0となるように投入し、浮遊粒子の運動をビデオカメラで追跡した。その実験に用いた粒子は、抗力係数 C_d と無次元時間 t^* との比に差がでるように、直径や密度比の異なる4種類のものを選び、粒径の小さいものからNo.1~No.4の番号を付けた。

屈曲部全体での粒子の流れへの追従性について調べた結果、Fig.2~Fig.4のようになった。Fig.2は、流れが最も速い場合の Run-3 の結果で、屈曲部中央付近までは、流速比が時間の経過と共に徐々に減少していつている。さらに減少し、流速比が1.0より小さい場合も見られた後には、逆に流速比は増加していつている。大きな粒子や密度比の小さいものの方が、その変曲点が早く現れている。Fig.3は、粒子No.3に対して流れの違いによる結果を示している。その変曲点の位置がはっきり示されている。Fig.4 は最も粒径の小さい No.1に対する結果で、流速比の変化はやや小さくなっているが、変曲点の位置は存在している。

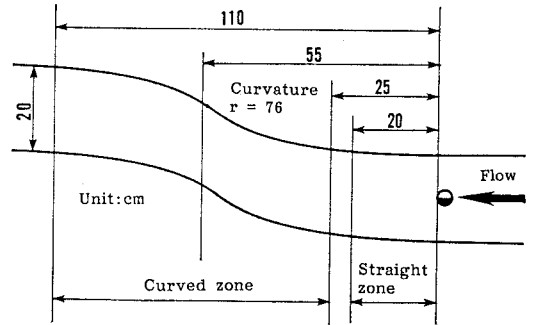


Fig.1 試験区間

4. 結び

浮遊粒子の流れへの追従性を無次元量 t^*/C_d と流速比 u_{r0}/u_p との関係で調べた結果、その関係曲線には変曲点が存在していることがわかった。さらに屈曲部内では、流体流速 u_r と粒子流速 u_p がともに変化していることを推定することができた。

<参考文献>

- 1) Umeda S. and Yang W. J.: Dynamics of Particles Floating on Liquids Flowing in a Semicircular Open Channel, Experiments in Fluids へ投稿中。

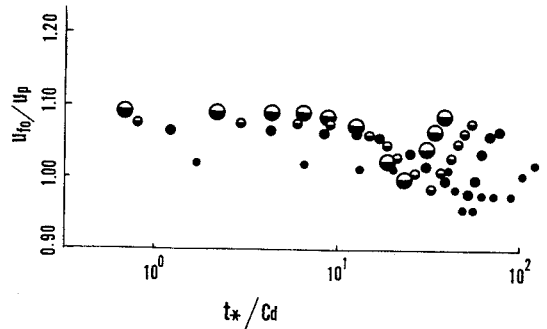


Fig.2 屈曲部での t^*/C_d と u_{r0}/u_p との関係 (Run-3の場合)

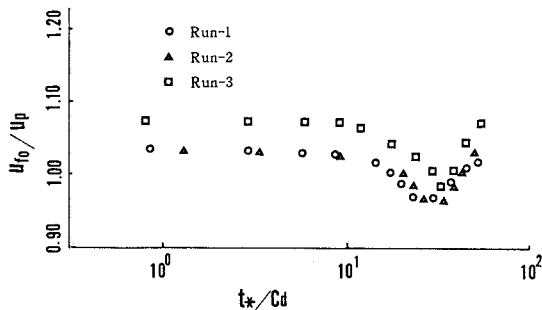


Fig.3 屈曲部での t^*/C_d と u_{r0}/u_p との関係 (粒子No.3の場合)

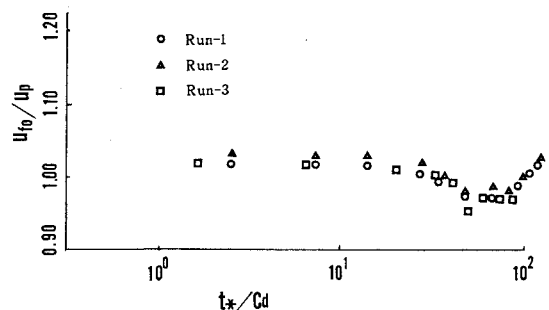


Fig.4 屈曲部での t^*/C_d と u_{r0}/u_p との関係 (粒子No.1の場合)