固液混相流における急縮小部前に障害物を持つ粒子流れの研究

日大生産工(院)	○有働	開	日大生産工	安藤	努
P	[A 小池	修	東大環安セ	辰巳	怜

1. 緒言

世の中には人や物など様々な流れが存在し, 流れを円滑にすることは経済損失の軽減を図 る上で有益である.

サイロ内の粉体流れでは、急縮小部前に障害 物を設置することで、急縮小部前で発生する閉 塞の確率が下がり、円滑な粒子流れに寄与した という報告¹⁾²⁾がある.しかし土木、食品、化 学等の産業における製品の原料に多く用いら れる固液混相流においてはこのような報告は されていない.

そこで本研究では、固液混相流を対象とした 急縮小部前に障害物を設置することにより、粒 子流れの円滑化だけでなく、流れを促進した実 験結果を得たので、報告する.

2. 実験方法および評価方法

実験装置の概略図を図1に示す.流路はz方向 の流路の奥行きが粒子直径d = 6 mmに近い値 の二次元流路を用いた.流路内の圧力を一定に 保つためオーバーフロー管を用いて揚程を一 定にした.毎回同じ初期条件で粒子を充填して 流出を開始するため,障害物上方にゲートを設 けた.障害物設置距離は障害物表面と急縮小部 表面間の距離として,図中のLで示した.

実験手順は、まず二次元流路に一定流量で溶 媒を流し、オーバーフロー管の高さまで溶媒を 満たす.次にゲートを閉じ、粒子を規定個数で 最密に充填する.最後にゲートを一斉に開くと、 充填した粒子は急縮小部を通過して流出する.

実験条件は、粒子比重が1.81、粒子充填層数 は81層、障害物設置距離Lは2*d*、3*d*、4*d*、5*d*、 6*d*とした。

粒子流出開始から充填粒子の最終層が粒子 初期充填位置に達するまでを流出時間として 実験を評価した.障害物設置による粒子流出時 間が障害物無しの場合の粒子流出時間と比較 して小さい場合, 粒子流れは促進されている.



3. 実験結果

各条件における流出時間の実験結果を図2に 示す.図中の*At*は,障害物無しと各設置条件*L/d* における流出時間の増加割合であり,次の式で 求めた.



Experimental study on particle flow through an orifice with an obstacle on solid-liquid two-phase flow

Kai UDO, Tsutomu ANDO, Osamu KOIKE and Rei TATSUMI

-958-

図2より L/d = 3,4において At の値が負の値 をとっているため、障害物無しよりも流出時間 が短いことがわかり、固液混相流における粒子 流れが障害物設置により促進されていること が実証された.

4. 考察

固液混相流における障害物設置による粒子 流れの促進が実証できたので,その要因につい て考察した.まず数値解析シミュレータSNAP-F³⁾を用いて、実験モデルと同じ形状のシミュ レーションモデルを作成した. このシミュレー ションを用いて粒子非存在時の速度場を観察 した. 観察の結果, 障害物設置により水平方向 の流速が速くなっていることが確認できた.障 害物設置距離L=4dの速度場と、障害物無しと L=4dのオリフィス板の表面近傍の断面図にお ける速度場を図4に示す.ここで断面図は図中 の断面線で切った面を拡大して表示している. またvは最大流速を代表速度として無次元化し た無次元量である.図4のように障害物設置に より水平方向の流速が速くなっていることが 確認できた.



図4 シミュレーションによる速度場の比較

シミュレーションにより障害物設置による 水平方向速度増加が確認できたため,実際に今 回の実験系において粒子速度が増加している かを,実験により確認した.

実験装置は図1に示した実験装置を用いた. 実験手順はまず、オリフィス板表面に粒子一個 を配置する.その粒子は急縮小部に向かうため、 その様子をハイスピードカメラで撮影する.急 縮小部に粒子が到達するのに要した時間で、こ の実験を評価した.実験回数は10回で、撮影速 度は1500 [fps]で撮影した. 各条件における急縮小部に到達するまでの時間を図5に示す.図中の*At* 'は、障害物無しと 各条件の*L/d*における到達時間の増加割合であ り、次の式で求めた.



また図2の実験結果を破線で図5の中に示し、比較した.



図5 障害物設置による粒子の急縮小部到達 時間増加割合

図5のように障害物設置により*dt*の値が全 て負の値を示しているため,粒子の水平方向速 度が増加していることがわかった.また破線で 描いた図2の実験結果とグラフの傾きが似てい ることから粒子の水平方向の流速増加が,粒子 流れ促進効果の要因であることが考えられた. ここで傾きが異なる*L*=2*d*,4*d*においては,多 粒子径と一粒子径における,粒子と障害物間で 発生する力等の相互作用が考えられる.

5. 結言

今回行った実験により初めて固液混相流に おける障害物設置による粒子流れの促進効果 が確認できた.また実験結果より障害物設置に よる流れの促進効果には障害物設置距離 L の 最適値があることが示唆された.速度場を観察 したシミュレーションにより,障害物設置によ る水平方向の流速増加が確認でき,また実験結 果より粒子の水平方向流速増加が促進効果の 要因の一つであることが示唆された.

「参考文献」

-959 -

- 1) J.Johanson, *et al.*, Chem. Eng. Prog., 62,79 (1966).
- Z.Iker, *et al.*, Phys. Rev. Lett., 107,278001 (2011).
- M.Fujita, *et al.*, Phys. Rev. E., 77,026706 (2008).