

B15

液架橋を有する粉体排出流動のDEM 数値解析

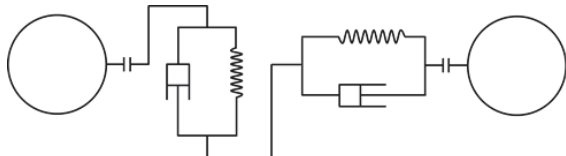
(佐世保高専) ○(専4)松永幹太・濱田裕康・松山史憲・中島賢治・(正)城野祐生*

1. 緒言

化学工業では粉体を扱うプロセスが多数存在する。このプロセスでは、粉体の挙動の把握が重要であるが、粉体を構成する粒子の大きさ・粒度分布・粒子間の付着や摩擦などの影響で不規則な挙動をとるため、把握が困難である。よって、同一条件での実験による解析では再現性が得られにくい。実測が困難な粉体の流動特性を明らかにするために、数値シミュレーションを用いて解析し、粒子間の液架橋による付着と流動特性について検討を行う。

2. 数値計算方法

離散要素法 (Discrete Element Method :DEM) とは、お互いに接触した粒子間に働く弾性反発力や摩擦力などの接触力を個々の粒子において計算するものである。接触力は以下の Fig.1のように弾性バネとダッシュポットが合わさったモデルによって表される。



~~~~~ : バネ  
 -| | : ダッシュポット  
 —|— : 粒子間の接触があるときこの機構が働く

Fig.1 粒子間接触モデル

粒子接触時の粒子間に働く復元力をバネ、粒子変形によるエネルギー損失をダッシュポットによって表現している。接触力はこれらの力の和として求めることができる。この力を考慮した運動方程式を追跡し、粉体の流動状態を求めることができる。

## 3. 液架橋による付着力

液架橋は、粒子間や粒子一壁間に存在する液体によって生じ、粒子が離れようとする方向と逆方向に働く。本計算では Pietsch と Rumpf の考えに基づく式を用いて計算した。この考えでは Fig.2のような液架橋モデルを考えている。

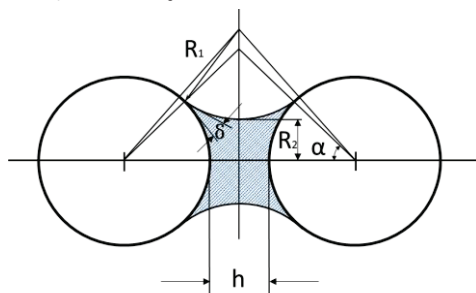


Fig.2 Pietsch と Rumpf の液架橋モデル

$\alpha$  は架橋角度、 $\delta$  は接触角、 $h$  は粒子間距離、 $R_1$  は液架橋の厚さを示す。Pietsch と Rumpf は、球と水面の接触部に毛管圧および表面張力が作用すると考えており、付着力は毛管圧と表面張力の和で表される。また表面張力は架橋角度と接触角の値によって変化するが、毛管圧は架橋角度と接触角、そして粒子間距離によって変化する。

## 4. 計算条件

本計算では直径10cm の小型円筒形ホッパーを対象に計算を行った。粒子は直径5mm で、密度等の物性はガラスビーズのものを用いた。ホッパー角度は $45^\circ$ 、粒子数は3000個とし、付着による流動状態の違いを検討するため、架橋角度と接触角を変化させて計算をした。粒子間の液架橋は水による架橋を想定して計算をしている。計算ではまずシミュレーションにより初期状態を作る。ホッパー排出口を塞いだ状態でホッパー上部に粒子を配置し自由落下させ堆積させる。粒子の速度がほぼ0となったところを初期状態とした。

## 5. 計算結果

初期状態から排出口を開いた条件で計算をスタートすると流動が始まり、粒子の接触力や液架橋の付着力が作用した状態で排出される。Fig.3に付着がない条件と、付着がある条件(架橋角度が $20^\circ$ 、接触角が $0^\circ$ )の流動の様子を示す。

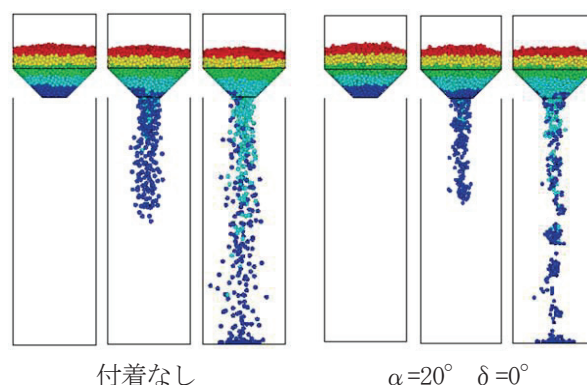


Fig.3 粉体排出流動の様子

付着がある条件では、付着がない条件に比べて粒子は凝集して流れていることが確認できた。さらに、付着がある条件の中でも、架橋角度と接触角を変えることで付着力に違いが生じるため、流動性に違いが確認された。

\*yjohno@sasebo.ac.jp