

J05

粒子の圧縮充填性評価方法の検討

(岡山大工)○中原 英里香・(岡山大院自)前田 修作・(正)吉田 幹生・(正)押谷 潤・(正)後藤 邦彰*

1. 緒言

食品や薬品、化粧品などでは粉体に圧力をかけて充填・成形した、圧縮成形体がよく見られる。圧縮成形時の粒子充填性は粒子サイズ、粒子形状などの物理的性質や、表面状態などの化学的性質により充填性は変化するので、粒子物性・特性から充填性を推定することは困難である。粒子の充填性を推定するためには、粒子の充填性を決定する要因を明らかにし、粒子の圧縮充填性の評価法を検討する必要がある。

そこで本研究では、粒子径の異なる数種類のシリカおよびチタニアを用いて系統的な粒子の一軸圧縮試験を行い、圧縮充填性の評価法を検討することを目的とした。

2. 実験方法

実験では、内径 $D=25.6\text{mm}$ 、最高充填高さ 40mm の円筒状圧縮成型器を用いた。試料粒子は、粒子径 $D_p=7\text{nm}\sim 15\mu\text{m}$ の球状シリカ粒子(SiO_2)、および $D_p=7\text{nm}\sim 200\text{nm}$ の非球状チタニア粒子(TiO_2)を用いた。

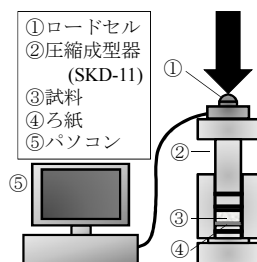


図1 実験装置図

充填は機械式プレス機または油圧プレス機を用い、 $0.12\text{MPa}\sim 30\text{MPa}$ の一定荷重を5分間加え圧縮した。

3. 結果と考察

図2にシリカ粒子の圧縮圧力 $P_t [\text{Pa}]$ に対する充填率 $\phi [-]$ の変化を示す。加える圧力が同じでも、粒子径が小さな粒子は大きな粒子に比べ充填率が低いことがわかる。これは、粒子径が小さいと比表面積が大きくなるため、同じ圧力を加えても粒子一接触点あたりに働く力 $H[\text{N}]$ が小さくなるからであると考えられる。そこで、次式を用いて粒子一接触点あたりに働く力 $H[\text{N}]$ を求めた。

Rumpf の式：

$$\sigma = \frac{H\phi}{\pi D_p^2} k = P_b$$

Janssen の式：

$$P_b = \frac{\rho_b D g}{4\mu_w k} \left[1 - \exp\left(-\frac{4\mu_w k}{D} h\right) \right] + P_t \exp\left(-\frac{4\mu_w k}{D} h\right)$$

また、粒子の充填過程は一接触点あたりに働く力 $H[\text{N}]$ と粒子間付着力 $F_v[\text{N}]$ のバランスで決まると予想

されるので、支配的粒子間付着力 $F_v[\text{N}]$ を次式で表わされる van der Waals 力と仮定し、相対圧縮荷重 $H/F_v[-]$ を粒子物性・特性を考慮した圧縮荷重のパラメータとして定義した。

$$F_v = \frac{AD_p}{24z^2} k$$

さらに、粒子により異なる初期充填状態の違いを考慮するため、重力充填のみによる初期充填率 $\phi_g[-]$ および最密充填時の充填率 $\phi_{max}[-]$ を用いて、規格化充填率 $\Phi[-]$ を次式で定義した。

$$\Phi = \frac{\phi_H - \phi_g}{\phi_{max} - \phi_g}$$

図2の結果を規格化充填率 $\Phi[-]$ で表し、相対圧縮荷重に対してプロットした結果が図3である。図からわかるように、データ点は一本の曲線でほぼ表すことができる。このことより、一軸圧縮試験結果は、充填率を重力による充填率 $\phi_g[-]$ と最密充填時の充填率 $\phi_{max}[-]$ で規格化した規格化充填率 $\Phi[-]$ で表記し、粒子一接触点あたりに働く力 $H[\text{N}]$ と粒子間付着力 $F_v[\text{N}]$ の比である相対圧縮荷重 $H/F_v[-]$ に対してプロットすることで、粒子径に依存しない圧縮特性曲線としてまとめることができると思われる。

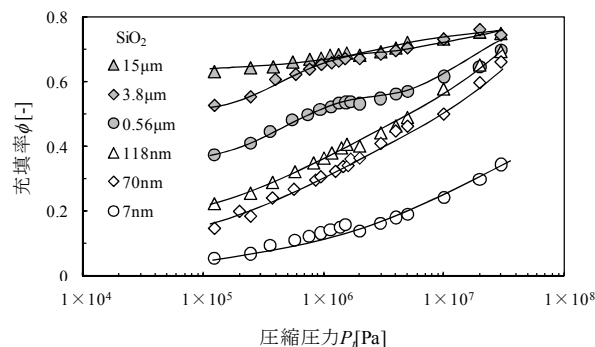
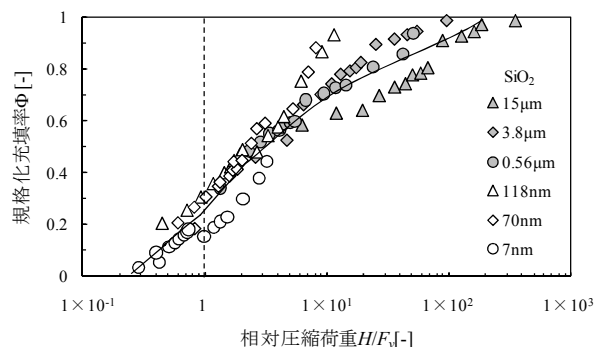


図2 圧縮圧力による充填率の変化

図3 H/F_v と規格化充填率の相関