

種々の粒子濃度及び粒子集合状態のスラリー における重力沈降速度と沈降堆積層充填率と の関係

FUJI, Daiki / 藤, 大樹

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学研究科編

(巻 / Volume)

64

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

2

(発行年 / Year)

2023-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00026321>

種々の粒子濃度及び粒子集合状態のスラリーにおける重力沈降速度と沈降堆積層充填率との関係

RELATIONSHIP BETWEEN GRAVITATIONAL SEDIMENTATION VELOCITY AND SEDIMENT PACKING FRACTION FOR SLURRIES WITH VARIOUS PARTICLES CONCENTRATION AND ASSEMBLING STATE

藤大樹

Daiki FUJI

指導教員 森隆昌

法政大学大学院理工学研究科応用化学専攻修士課程

Gravitational sedimentation test has been used for characterization of various slurries, however, the relationship between the sedimentation velocity and sediment density is still unclear, even though they are both important properties. Thus, in this research, we conducted sedimentation tests with various particle concentration and assembling state to clarify their relation. For slurries in which hindered sedimentation occurs, the sediment density tends to increase with a decrease in the sedimentation velocity. This means that the slurry in which particles are well dispersed yields a low sedimentation velocity and a high sediment density. However, for slurries with comparative high particle concentration in which not only hindered sedimentation but also compression sedimentation occurs, the sedimentation velocity does not have a good connection with the sediment density. It is concluded that the sedimentation velocity changed complicatedly for compression sedimentation, resulting in the obscure relationship between the sedimentation velocity and sediment density.

Key Words : *Settling velocity, Filling ratio, Consolidation sedimentation*

1. 緒言

スラリーは、様々な産業分野で使用されており、スラリー中の粒子の分散状態は製品特性に大きな影響を与えることが知られているため、スラリー中の粒子の分散状態を適切に評価することが重要である。スラリー中の粒子分散状態の評価手法として重力沈降試験がある。重力沈降試験では粒子の沈降速度と沈降した粒子が形成する堆積層の充填率から、粒子の分散状態が評価される。沈降速度及び堆積層充填率それぞれで分散評価を行った報告[1]は数多くあるが、両者の関係について詳細に言及している文献は見当たらない。

そこで本研究では、様々なスラリーで沈降試験を行い、沈降速度及び堆積層充填率を比較し、両者の関係を明らかにすることを目的とした。さらに、セラミックス湿式成形プロセスを例に、スラリー評価として沈降試験をどのように利用すればよいのかについても検討する。

2. 実験方法

(1) スラリー調製

本実験では、pH を調整したスラリーと添加剤を使用したスラリーの 2 種類を作製した。試料粉体には、アルミナ研磨剤($d_{50}=2\ \mu\text{m}$, フジミインコーポレーテッド)、添加剤に

ポリエチレンイミン(PEI, 富士フィルム和光純薬)を使用した。pH を調整したスラリーでは、粉体と蒸留水を 1 h ボールミル混合し、スラリーとした。粒子濃度は 10~35 vol% とし、スラリーの pH を 4.5~9.5 と変化させた。添加剤を使用したスラリーでは、蒸留水と添加剤を混合し、超音波バス中で 5 min 手攪拌し添加剤溶液を作製した。その後、秤量した試料粉体と作製した添加剤溶液をポリポットに投入し 1 h ボールミル混合を行った。ボールミル終了後スラリーとアルミナボールを分離した後、スラリーを 5 min 真空脱泡し、スラリーとした。粒子濃度は 25 vol%, PEI 添加量は 0.01~0.10 mg/g-powder とした。

(2) 重力沈降試験

沈降管に初期高さ 15 cm となるようにスラリーを投入し、重力沈降試験を行った。この時、デジタルカメラを用いて沈降開始からスラリーを撮影し、沈降界面の経時変化を記録した。沈降界面高さの経時変化及び最終値から粒子沈降速度及び沈降堆積層充填率を算出した。

(3) 流動特性評価

共軸二重円筒回転粘度計(Rheolab QC, Anton Paar)を用いて、剪断速度を一定の割合で 0-200 s^{-1} の範囲で上昇、降させた際の剪断応力を測定した。

3. 結果および考察

図 1 に粒子濃度 25, 35 vol%における沈降速度と堆積層充填率の関係を示す。また、図 2 に添加剤を使用したスラリーの沈降速度と堆積層充填率の関係を示す。

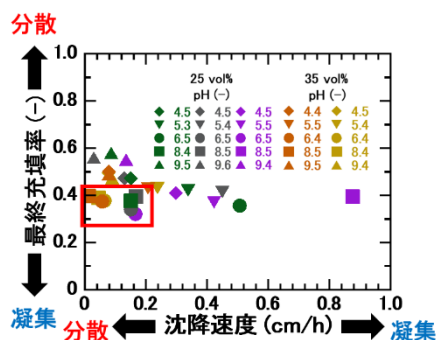


図 1. 粒子濃度 25, 35 vol%における沈降速度と堆積層充填率の関係

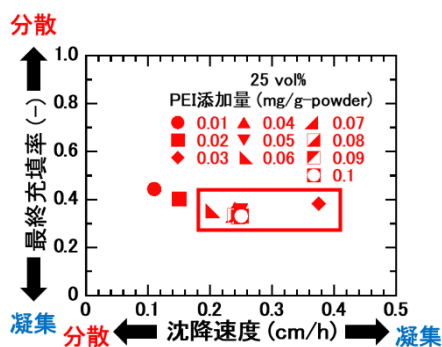


図 2. 粒子濃度 25 vol%, 添加剤を使用したスラリーにおける沈降速度と堆積層充填率の関係

図 1, 2 より、粒子濃度 25, 35 vol%, 添加剤を使用したスラリーでは、沈降速度が速いと堆積層充填率が低下する傾向から外れるスラリーが見られる。粒子濃度 25 vol%で傾向から外れたスラリーの流動特性評価を図 3 に示す。

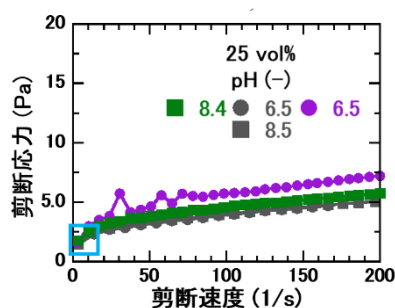


図 3. 粒子濃度 25vol%で傾向から外れたスラリーの流動曲線

図 3 より、傾向から外れたスラリーは、みな降伏値を持つことが分かった。粒子濃度 35 vol%及び添加剤を使用したスラリーで傾向から外れたスラリーについても同様に降伏値が見られた。降伏値を持つスラリーは粒子が構造体を形成し、圧密沈降したと考えられる。沈降速度が遅いと粒

子が分散していると考えてよいのは、スラリー中の粒子が干渉沈降する場合である。従って、構造体の変形速度が沈降速度に現れる圧密沈降の場合には、沈降速度が速いほど堆積層充填率が低下しないと考えられる。

圧密沈降するスラリーでは沈降速度が速いと堆積層充填率が低下する傾向は見られない。一方で、過去に圧密沈降の場合に降伏値が大きい(粒子の接点での粒子間力が大きい)ほど堆積層充填率が低下するという報告[2]が見られた。その結果を踏まえ、今回のスラリーでも同様の傾向が見られるのか調査を行った。図 4 に圧密沈降するスラリーの降伏値と堆積層充填率の関係を示す。

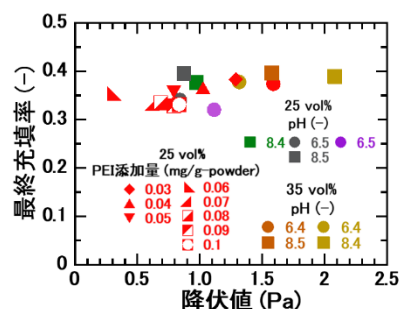


図 4. 降伏値と堆積層充填率の関係

図 4 より、降伏値が大きいほど堆積層充填率が低下する傾向は見られない。降伏値が大きいほど堆積層充填率が低下しなかった要因として、降伏値の範囲が狭く、粒子の1接点での粒子間力が変わらなかったことが挙げられる。文献では、降伏値が 1~100 Pa までと幅広く、粒子の接点での粒子間力が大きく異なる。しかし、今回圧密沈降したスラリーでは、降伏値が 0.3~2.1 Pa と狭い範囲であり、粒子同士の接点での粒子間力が変わらなかったと考えられる。そのため、降伏値の大小によって堆積層充填率(構造体がどこまで変形するか)が変化しなかったと考えられる。今後、さらに大きな降伏値を持つスラリーで実験を行い、降伏値と堆積層充填率の関係を検証する必要がある。

4. 結論

異なるスラリー条件で沈降速度と堆積層充填率の関係について検討した。その結果、干渉沈降と圧密沈降が混在するスラリーでは沈降速度が速いほど堆積層充填率が低下するとは必ずしも言えないことが明らかとなった。また、降伏値の範囲が狭い場合には、降伏値が大きいほど堆積層充填率が低下する傾向が成り立たないことが示唆された。

参考文献

- 1) Eiji, I. et al. : Gravity consolidation-sedimentation behaviors of concentrated TiO₂ suspension, *Chemical Engineering Science*, **64**, 4414-4423, (2009).
- 2) 吉田宜史, 森英利, 椿淳一郎 : アルミナスラリーの遠心圧密法による評価, *Journal of the Ceramic Society of Japan*, **107**, 571-576, (1999).