

フレッシュペーストの粘度測定におけるすべり量の評価

福島高専 学生員 ○鈴木 摩耶
福島高専 瀬谷 寿英
福島高専 正会員 緑川 猛彦

1. はじめに

コンクリートのフレッシュ性状を定量的に評価するためには、粘性流体理論に基づいたレオロジー定数を把握する必要がある。このレオロジー定数の測定には、装置が簡単で測定が容易である回転粘度計を用いることが多い。しかしながら回転粘度計は、測定する試料と回転ローターとの間にすべりを生じることが明らかにされており、正確なレオロジー定数を測定することが困難である。

本研究は、回転粘度計を用いてフレッシュコンクリートのレオロジー定数を適切に評価することを目標にし、その第一段階として、試料であるペーストと回転ローターとのすべり量を定量的に求める方法について検討したものである。

2. 実験方法

2.1 実験概要

回転粘度計を用いてペーストの粘度を測定する際に、ペーストおよび回転ローターの挙動を高速カメラで撮影し、実験後画像解析をすることによりすべり量を定量化した。本実験方法は、過去において提案されかつ詳細な検討がなされているものである¹⁾が、今回は、測定機器が進化したことにより測定精度が上がり、ローターの回転数が相当早くても測定できるようになったことを鑑み実施した。



図-1 浮子の設置状況

図-1 に示すように、ペーストを容器に入れ回転粘度計のローター（半径 2.5cm）をセットした後、ペースト表面に発泡スチロール製の浮子（直径約 1mm）を設置した。浮子はペーストの挙動を比較的詳細に測定できるように、直線的に約 10mm の間隔で置いた。ローターを所定の回転数（30, 50, 75, 100 r.p.m）で回しながら、ローターおよび浮子を高速カメラで撮影した。測定終了後、画像データをスロー再生し、ローターの回転速度およびペースト各部の回転速度を測定した。

ペーストには石灰石微粉末（ブレン値 4300cm²）を用い、水粉体体積比 W/P = 0.6、高性能減水剤添加量が 1.50 % と 0.85 % との 2 ケースで実験を行った。

2.2 解析概要

測定された浮子の位置 r と回転速度 θ をレオロジー基礎式に適用して、回転ローターの回転速度を逆解析的に求めた。レオロジー基礎式中の未知量である降伏応力 τ と塑性粘度 η を、実測された全ての点を満足するように最小二乗法にて同定し、その結果を用いて回転ローターの理論速度を逆解析した。実測されたローターの回転速度と逆解析で求められたローターの回転速度との差を、ローターとペーストとの「すべり量」と定義した。レオロジー基礎式を以下に示す。

$$\theta = \left[\frac{M}{4\pi h} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{r_0^2} \right) + \tau \ln \frac{r}{r_0} \right] / \eta$$

ここで、 θ : 半径 r における試料の角速度 (rad / sec), M : トルク (N・mm), $r_0 = 100$: 試料の流動領域の外側半径 (mm), r : 試料の流動部の任意点の半径 (mm), $h = 80$: 試料の深さ (mm), τ : 降伏応力 (N / mm²), η : 塑性粘度 (poise) である。

3. 実験結果

図-2 に水粉体体積比 W/P = 0.6、高性能減水剤添加量 1.50% のペーストにおける流速分布を示す。ペーストの
キーワード: 回転粘度計, すべり, 高性能減水剤, フレッシュペースト, レオロジー基礎式

連絡先: 〒970-8034 福島県いわき市平上荒川字長尾 30, TEL: 0246-46-0835, FAX: 0246-46-0843

角速度は、理論的に回転半径が大きくなるにつれて遅れることになるが、粘度と降伏値の影響により外側に離れるほど理論値以上に遅くなっている。また、ペーストの回転が影響される半径は、ローターの回転数が大きくても小さくてもほぼ同じであり約 5cm（ローター半径を含め 7.5cm）程度であった。

実測されたペースト部の角速度をレオロジー基礎式に代入し逆解析した流速分布は、いずれの回転数においても実測値と非常によく一致した。特に、ローターの実測角速度（ローター表面部）と逆解析角速度がほぼ一致したことから、ペースト部の挙動からローターの回転角速度を推定できることが明らかになった。図-2 に示すペーストは、高性能減水剤を多量添加した影響によりすべりが生じていないケースである。

図-3 に高性能減水剤添加量を変化させたケースにおける、ペーストの流速分布を示す。高性能減水剤添加量が 1.50%においては、前述のようにすべりを生じていないが、高性能減水剤添加量 0.85%においては、ローター実測角速度に比べ理論角速度が大きく低下していることから、すべりが生じているものと考えられる。また、この両者を比較した場合、高性能減水剤添加量を低下させるとペーストが回転している範囲が狭くなるが、ペーストの角速度の減少量はほぼ一定であることが分かる。言い換えれば、高性能減水剤添加量を低下させた流速分布は、ローターとペーストとのすべり量だけ下側にシフトした流速分布になることが分かる。

図-4 にローターの回転数とすべり量との関係を示す。ローターの回転数が大きくなるにつれてすべり量は指数的に大きくなることが分かり、回転粘度計でのレオロジー定数の測定は、回転数が大きくなるほどすべりの影響を大きく受け、正確な測定が困難になることが分かる。今後より詳細な検討が必要である。

4．結論

回転粘度計のすべり量を定量的に求めるために、ペーストに浮子を浮かべその挙動を解析する実験を行った。その結果、以下に示す知見が得られた。

- 1)本実験方法により、回転粘度計におけるローターとペーストとのすべり量を定量的に求めることができる。
- 2)高性能減水剤添加量によりすべり量が異なる。本実験では高性能減水剤添加量を多くしたケースにおいてすべりは認められず、少なくしたケースにおいてすべりが認められた。
- 3)高性能減水剤添加量を少なくした場合の流速分布曲線は、すべり量の影響だけ下に平行移動した曲線で表される可能性がある。
- 4)回転粘度計のローターの回転速度が大きくなるほどすべり量も大きくなる。

【参考文献】

- 1) 村田二郎，菊川浩治：まだ固まらないコンクリートのレオロジー定数測定法に関する一提案，土木学会論文報告集，第 284 号，pp.117-126，1979 年 4 月

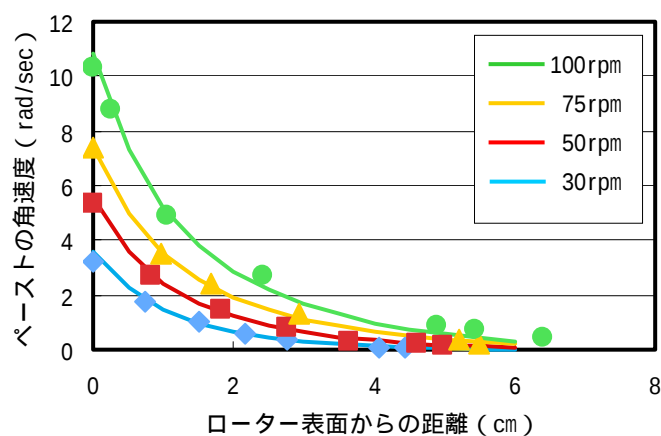


図-2 ペーストの流速分布

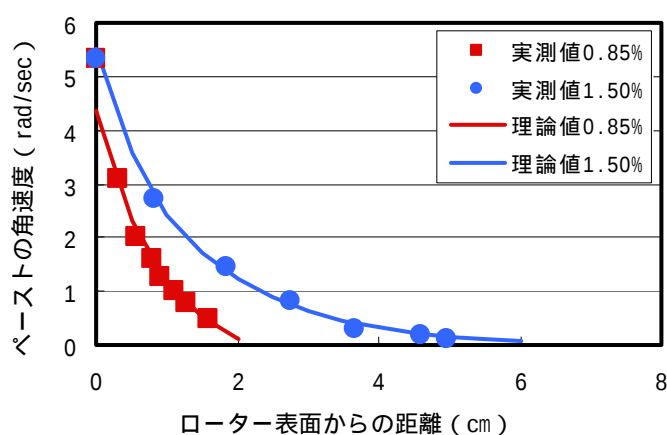


図-3 高性能減水剤添加による流速分布の違い

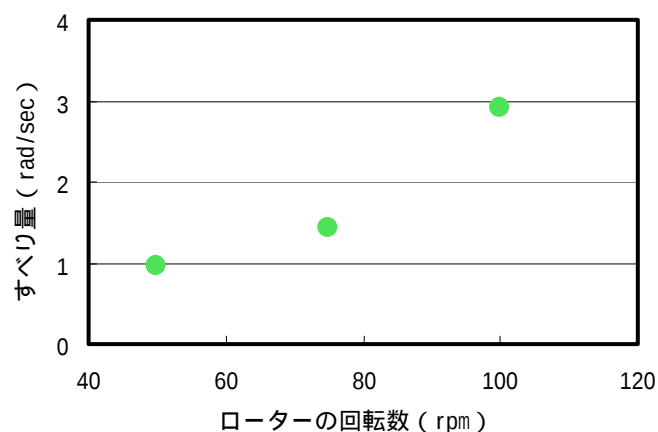


図-4 ローターの回転数とすべり量との関係