

V-9 簡易攪拌機による高流動モルタルのレオロジー評価

○ 福島高専 学生員 小泉 遼
 福島高専 学生員 坂本健太郎
 福島高専 正会員 緑川 猛彦

1. はじめに

高流動モルタルのフレッシュ性状は、フロー試験や V 漏斗試験により定性的に評価されるが、モルタルの性状をより詳細に解析するためには、粘度や降伏値などのレオロジー定数で表されることが望ましい。一般的にモルタルのレオロジー定数は、円筒型粘度計や落球型（引上球型）粘度計等により測定されるが、いずれの粘度計も高価であることや、モルタルの粘度や骨材の状態によっては測定器具とモルタルが滑りを生じる等、測定に困難を伴うことが多い。

そこで本研究では、市販の攪拌機を改造することにより Two-Point 型粘度計を試作することを目的とし、試作機の妥当性および高流動モルタルのレオロジー定数について検討したものである。

2. 実験概要

2.1 Two-Point 型粘度計

Two-Point 型粘度計は、Tattersall により考案された回転型粘度計の一種類であり、コンクリート中に配置される回転翼の形状に特徴がある。回転翼は、中心のシャフト上に三角形のブレードを螺旋状に配置した形状となっている。測定中のコンクリートが回転翼の隙間を通り抜けて元の状態に戻るために、回転翼とコンクリートは滑りが生じることが無く、比較的正確にコンクリートのレオロジー定数を測定できるとされている。

2.2 攪拌機の改造

市販の攪拌機を改造し、Two-Point 型粘度計を試作することとした。攪拌機の駆動性能は、最大回転数は 300r.p.m、最大測定トルクは 42cNm であり、計測値はデータロガーを介し電圧値として出力できるものである。

回転翼の改造は、図-1 のように進めた。回転翼は、市販の回転直径 70mm の 4 枚羽根を入手し、その 3 枚をカットした。残った 1 枚の羽根を 45° にねじ曲げ、4 個を 1 セットとして攪拌棒に 90° ずらしてボルトで取り付けた。

2.3 キャリブレーション

粘度が既知のセンチストークス粘度液を用いて、試作した簡易粘度計により粘度を求めるための機械定数を算出した。センチストークス粘度液は、動粘度 5000cST、10000cST、50000cST（密度 1g/cm^3 ）を用いた。回転数を 0r.p.m から 300r.p.m まで 50r.p.m ピッチで上昇・下降させ、回転数及びトルクを測定した。

2.4 高流動モルタルのレオロジー定数の測定

標準的なフレッシュ性状（フロー値 245mm、V 漏斗流下時間 10s）を有する高流動モルタルを製造（普通ポルトランドセメント $\rho_c=3.15\text{g/cm}^3$ 、川砂 $\rho_s=2.14\text{g/cm}^3$ 、細骨材率 40%）し、試作した簡易攪拌機により、レオロジー曲線を描いた。

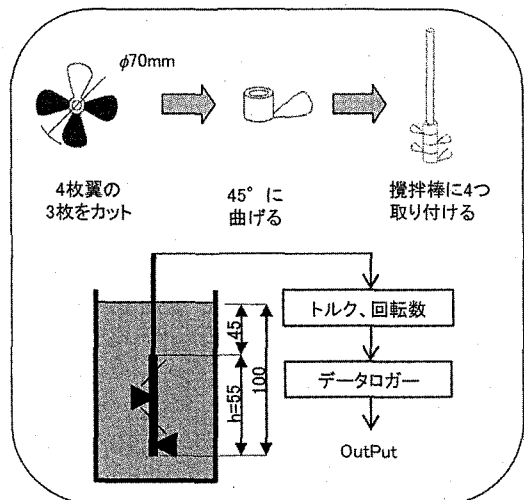


図-1 攪拌機の改造および寸法

3. 結果及び考察

3.1 機械定数の算定

図-2 に攪拌機の回転数と測定トルクとの関係を示す。回転数の増減に伴い、どの粘度液においてもトルクは直線的に増減する傾向を示した。また、直線の傾きは粘度液の粘度と比例しているように思われた。これらのことから、本試作機によってモルタルの粘度測定が可能であると考えられた。

図-3 にせん断速度とせん断応力の関係を示す。それぞれの値は、図-2 のデータを以下の式により換算したものである。

$$D_s = \frac{2\pi R}{60}, \quad \tau = \frac{M}{2\pi r^2 h}, \quad \eta = \frac{\tau}{D_s}$$

ここで、 D_s ：せん断速度(sec^{-1})、 τ ：せん断応力(N/m^2)、 R ：回転数(r.p.m.)、 M ：トルク(Nm)、 r ：回転翼半径($r=35\text{mm}$)、 h ：回転翼高さ($h=55\text{mm}$)である。

比較的粘度の低い 5000cST および 10000cST 粘度液においては、せん断速度とせん断応力の関係は直線的であり、回転数の上昇・減少においてもヒステリシスを描かなかった。50000cST 粘度液においてはヒステリシスを描いたが、その傾向は小さいと思われた。これらのことから原点を通る直線補完を行い、その傾きより粘度を求めた。

表-1 に測定された粘度と機械定数の関係を示す。用いた粘度液の粘度が既知であることから、測定された粘度との比を機械定数とした。この値はほぼ同じであることから、機械的な特性であると考えられ、これらの平均値を試作機の機械定数とした。

3.2 高流動モルタルのレオロジー定数の測定

図-4 に高流動モルタルにおけるせん断速度とせん断応力の関係を示す。図は基準となるモルタル（スランプフロー値 245mm、V 漏斗流下時間 10s）に対して、水粉体体積比 (W/P) や、高性能減水剤添加率を増減させたものである。せん断速度は 50r.p.m から 300r.p.m の広範囲に渡っているが、いずれのモルタルにおいてもせん断速度とせん断応力は直線で示されている。また、W/P や高性能減水剤の増減によりグラフの傾き等が一意的に決まる。これらのことから、本試作攪拌機にてモルタルのフレッシュ性状をレオロジー的に表わせることが確認された。

4. まとめ

市販の簡易攪拌機を改良し Two-Point 型粘度計を試作した。また、機械定数を算定し、高流動モルタルのフレッシュ性状を検討した。その結果、本試作機により高流動モルタルのフレッシュ性状を表わせることが明らかになった。

【参考文献】

1) G. H. Tattersall ; Workability and Quality Control of Concrete, E&FN SPOON, p54-58, 1991

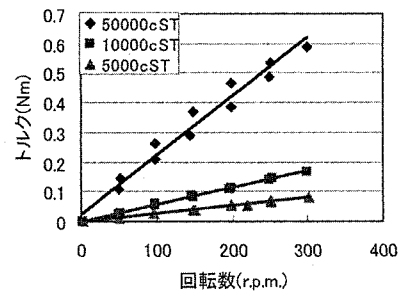


図-2. 回転数とトルクの関係

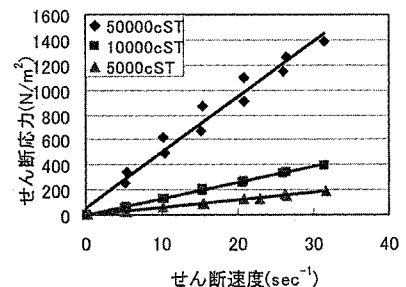


図-3. せん断速度とせん断応力の関係

表-1. 機械定数の算定

	既知粘度	測定粘度	機械定数
5000	5000	5768	0.87
10000	10000	12363	0.81
50000	50000	49866	1.00
	平均		0.89

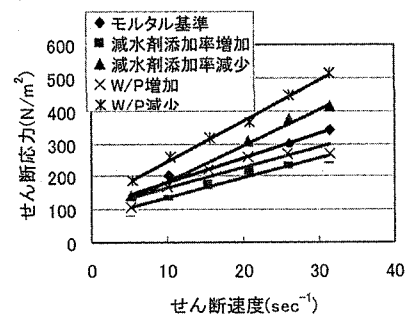


図-4. せん断速度とせん断応力の関係