

Two-Point Workability Test によるレオロジー定数測定に関する実験的研究

名城大学大学院 学生員○森田 篤史
同上 学生員 荒木 俊行
名城大学理工学部 正会員 飯坂 武男
東海コンクリート工業(株) 稲熊 唯史

1. まえがき

高炉スラグ微粉末やシリフヒュームに類する微粉末材料を大量に使用した低水比のコンクリートは、プラスチックなフレッシュ性状を示すことが多く、この種のコンクリートのフレッシュ状態を評価する場合、スランブによってフレッシュ状態の評価とすることは妥当でない。

本研究ではコンクリートの物理量であるレオロジー定数を把握するため、手法として Two-Point Workability Test を取り上げ、従来型の回転翼形状に加え、複数種類の回転翼による測定を実施し、そのレオロジー評価値の変化について検討した。

2. 実験概要

2-1 使用材料および配合

セメントは普通ポルトランドセメント(C)、混和材は高炉スラグ微粉末(BF)、シリカフューム(SF)、フライアッシュ(FA)、混和剤はポリカルボン酸系高性能減水剤(P)、細骨材は川砂(S)、水は上水道(W)。配合は、実験の主旨よりフレッシュ状態のサンプルとして塑性粘度、降伏値とも広範囲の性状が得られるよう予備実験により決定した。(表.1)

2-2 実験方法

回転粘度計と Two-Point Workability Test はともに同一の原理によるレオロジー評価方法であり、回転粘度計のひずみ速度、せん断力は Two-Point Workability Test の回転翼の回転数、反力トルクと同一のファクターを表す変数である。そこで、同一試料のセメントモルタルについて回転粘度計と Two-Point Workability Test でコンシステンシー曲線を解析し、回転粘度計から得られるレオロジー定数を Two-Point Workability Test の測定値と比較することによりレオロジー定数に換算できる装置係数を算出することとした。また、回転翼は、A-type をベースに羽根の取り付け角度を変化させた B-type、C-type、回転1次モーメントを変化させた D-type、E-type、G.H.Tattersall によって提案された形状を参考にした F-type、G-type を用意した。回転翼の形状を図.1 に諸元を表.2 に示す。

Two-Point Workability Test によるレオロジー測定は、各回転翼について回転数を 0rpm~50rpm まで回転数を変化させ、その間 5rpm ピッチで回転翼への反力トルクを測定し、直線式(1)から見かけのレオロジー定数 h 、 g を算出する。また、同一試料の塑性粘度、降伏値を回転粘度計より求め式(2)、(3)に代入し各回転翼の装置定数を算出した。

$$T=g+hN \tag{1}$$

ここに T : トルク(N・m) N : 回転数(rad/sec) g 、 h : T と N の関係式の切片、傾き

表.1 示方配合

Sample	(kg/m ³)						
	W	C	BF	SF	FA	S	P
No.1	273	726	-	126	-	1122	11.5
No.2	274	763	-	94	-	1139	6.4
No.3	275	780	78	-	-	1168	3.9
No.4	275	617	242	-	-	1157	3.9
No.5	275	730	-	-	129	1133	2.6
No.6	275	534	325	-	-	1152	2.6

表.2 各回転翼の諸元(翼1枚)

Type	形状	取り付け 角度 (°)	水平方向 投影面積 (cm ²)	表面積 (cm ²)	回転一次 モーメント (cm ³)
A	長方形	45	14.9	42.0	80.2
B	長方形	60	14.9	34.3	80.2
C	長方形	30	14.9	59.4	80.2
D	長方形	45	14.9	42.0	104.2
E	長方形	45	14.9	42.0	61.7
F	台形	45	11.1	31.3	53.8
G	台形	45	23.6	66.6	167.9

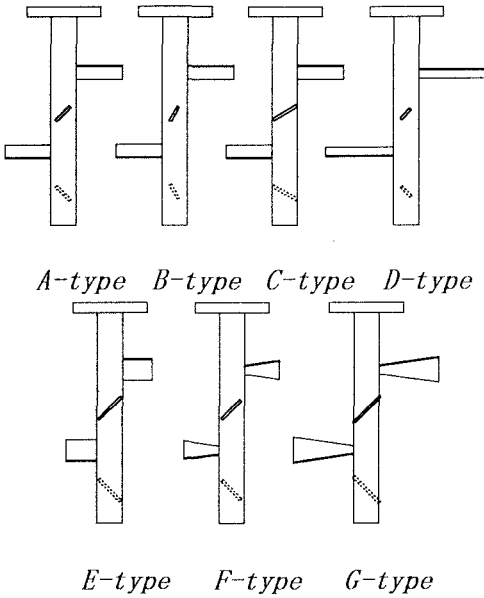


図.1 各回転翼の形状

$$\eta = K_{\eta} \times h \quad (2)$$

$$\tau = K_{\tau} \times g \quad (3)$$

ここに η : 塑性粘度(Pa・sec) τ : 降伏値(Pa) K_{τ} : 降伏値の換算係数 K_{η} : 塑性粘度の換算係数

3. 実験結果および考察

塑性粘度 2.06~15.24Pa・sec、降伏値 9.18~98.28Pa の範囲のセメントモルタルによって得られた(h, η)と(g, τ)の関係を図.2 と図.3 に示す。データを近似した直線の傾きは、 η/h 及び τ/g であり換算係数 K_{η} 及び K_{τ} を表す。塑性粘度では C,E,G-type を除く回転翼で全域に渡り直線の傾きが一定であり、回転粘度計とのデータと相関が高いことが判る。また、C,E,G-type では 8.0 Pa・sec 以上の領域において相関関係が変化しており、高粘性のモルタルにおいては正確に評価できないと思われる。降伏値では C-type を除く全ての回転翼で、比較的良い相関が確認された。7 種類の回転翼中で、C-type は最も翼の取り付け角度が浅い形状であり、E-type は翼の水平方向投影面積は A~D-type と同一であるが、翼の長さが最も短い形状である。また、G-type は最も回転一次モーメントが大きい形状である。翼の取り付け角度のみを変化させた A,B-type について、回転翼と換算係数の関係を図.4 に示す。A,B-type は水平方向の投影面積及び回転一次モーメントが同一であることから、一般的に取り付け角度が大きくなるに従い、回転翼に発生する反力が増加することが予想される。しかし、 K_{η} は翼の角度増加に伴い換算係数が増加しており、回転翼の反力負荷が減少したことを示している。これは A,B-type 回転翼形状を比較すると、回転翼の表面積が A-type に比べ B-type は減少していることに起因していると考えられる。これに対して、翼の角度及び水平方向投影面積は一定で、回転一次モーメントのみを変化させた A,D-type の回転翼を比較すると (図.5)、回転一次モーメントの増加に対応して各換算係数が減少し、回転の負荷が増加したことが確認できる。

4. 結論

今回の実験で明らかとなった内容をいかにまとめる。

1. 塑性粘度では 8.0 Pa・sec、降伏値では 73Pa 以下のセメントモルタルに対しては、全ての形状の回転翼について比較的正確なレオロジー一定数の評価が可能であるが、高粘性あるいは高降伏値の領域では回転翼形状の差異が現れる。
2. セメントモルタルのレオロジー一定数が比較的正確に評価可能な回転翼の形状は、翼の水平方向投影面積や回転一次モーメントのみにより決定されるのではなく、翼自体の形状や長さ、表面積などが要因として関係している。
3. 塑性粘度の評価に関しては、回転翼取り付け角度の因子よりも、回転翼表面積の因子の方が大きな影響を及ぼす。
4. 回転翼の回転一次モーメントの増加に伴い回転翼の負荷も増加するが、その変動比率は必ずしも一定でない。

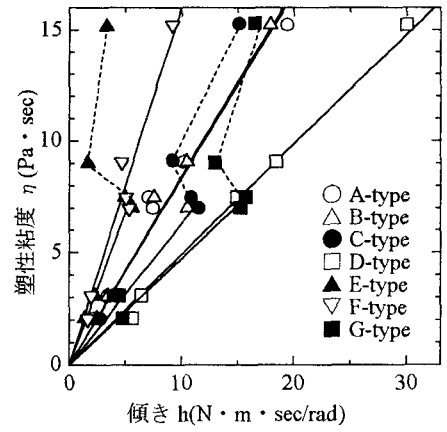


図.2 塑性粘度 η と h の関係

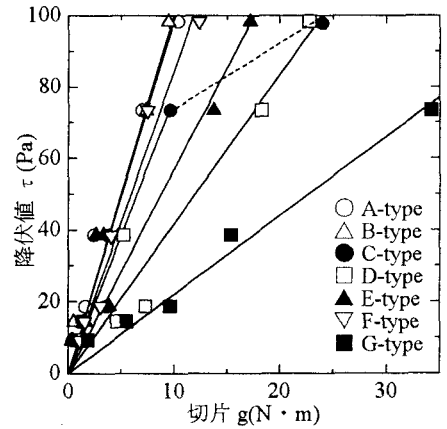


図.3 降伏値 τ と g の関係

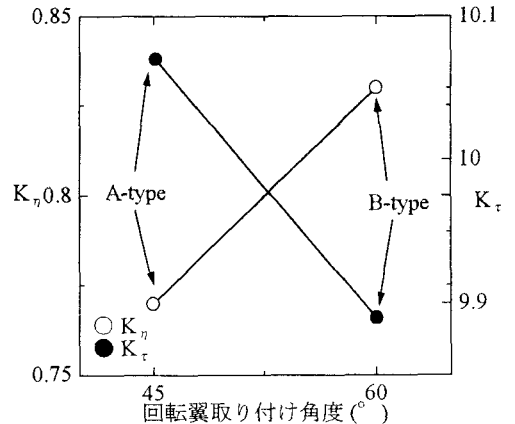


図.4 回転翼取り付け角度と装置定数

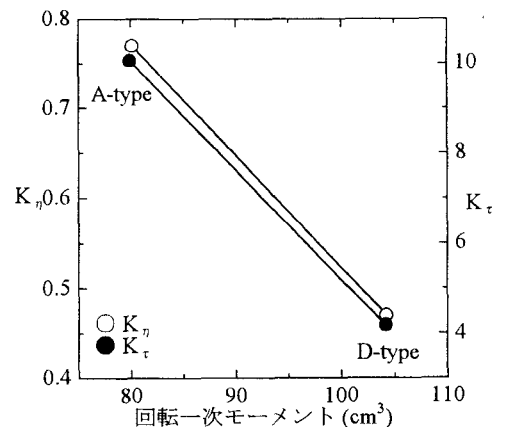


図.5 回転一次モーメントと装置定数