

V-8 可視化手法による2軸強制練りミキサの練混ぜ性能評価

徳島大学大学院 学生員 ○福島誉央
 徳島大学大学院 学生員 藤戸幹大
 徳島大学工学部 正会員 渡辺 健
 徳島大学工学部 正会員 橋本親典

1. 背景と目的

2軸強制練りミキサの練混ぜ機構は、投入された粒子が大きく異なる各種粉体材料を早く混合するための全体循環流動と、セメントの水和反応を活発にするためにセメント粒子と水の接触頻度を高めるための局部交錯流動から成る(図-1 参照)。本研究では、高性能なミキサの開発を目的とし、浅底と深底の容器形状の違いが練混ぜ性能に与える影響を、この2種類の流動機構に着目し可視化実験手法により明らかにする。

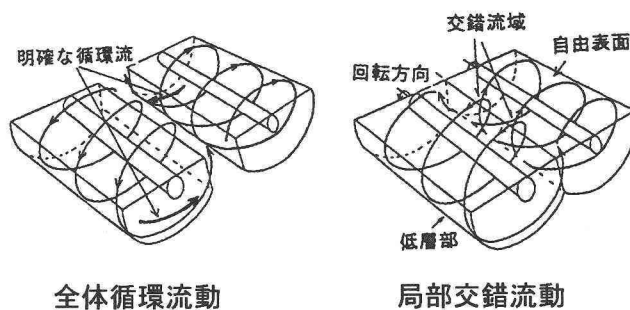


図-1 2軸強制練りミキサの練混ぜ機構

2. 全体循環流動に関する練混ぜ性能実験

2.1 実験概要

2種類のモデルミキサの形状の違いを表-1に、概観を図-2に示す。容積で実機の1/83の縮小率としてモデル化した。練混ぜ容量は、シャフトの軸長さを調整し24ℓと36ℓに変更することができる。モデルコンクリートは2相系のモデル材料とし、モデルモルタルは無色透明な粘性流体である高吸水性高分子樹脂水溶液(密度1.0g/cm³)を用いた。モデル粗骨材は、粒径の異なる3色の樹脂球、緑色球(φ10mm)、白色球(φ6mm)、青色球(φ3mm)を用いた。主たる配合要因であるモデル粗骨材とモデルモルタルの容積比(以下、Vg/Vmと称す)は、50%(高流動コンクリート想定)、65%(スランプ12cm程度想定)、80%(スランプ8cm程度想定)の3種類とした。

2.2 実験方法

3種類の粒径別に、所定のVg/Vmでモデルモルタルとモデル粗骨材を混合し、図-3に示すように、ミキサ容器内に粒径別に3層に分けてセットする。画像解析を行う領域として、ミキサ底部にA領域とB領域の2領域を設定しビデオカメラにより撮影する。各領域をさらに4分割し、計8ウインドについて、最小ウインド内に存在する緑色球と白色球の個数を、粒径別にカウントする。練混ぜ性能の評価方法として、A領域とB領域の合計8ウインドでの白色球と緑色球の混合度Mを以下の式により求める。混合が進行するほど、

表-1 実験に供したモデルミキサの容器形状の違い

ミキサ	練混ぜ容量(ℓ)	練混ぜ槽	L(長さ)(mm)	W(幅)(mm)	ブレードの枚数	パドル配列角度	ブレード取付角度	交錯部の数
A型	24	浅底	407	474	12	45度	45度	3
	36		536	474	16			
B型	24	深底	288	552	6	60度	38度	1
	36		464	552	8			

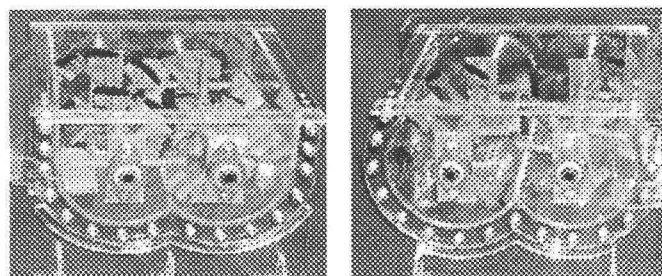


図-2 モデルミキサの概観

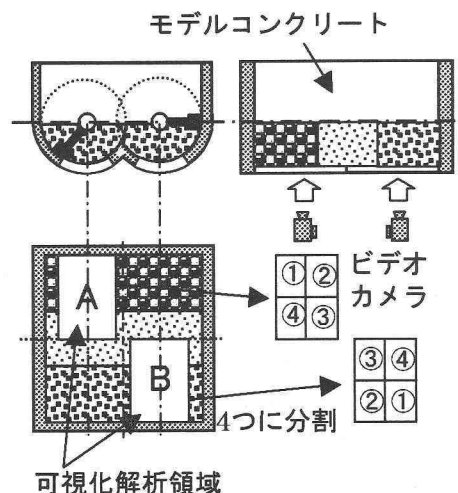


図-3 材料投入位置と解析領域

8つのウインドの出現率は平衡状態となり、混合度 M は100%に漸近する。この漸近する度合いによって、各ミキサの練混ぜ性能を定量的に評価することができる。

$$\text{混合度: } M = \frac{\sigma_0^2 - \sigma_r^2}{\sigma_0^2 - \sigma_r^2} \quad \text{ただし, } \sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2$$

X_i : 任意の回転数で各ウインドに存在する緑色・白色球の割合
 σ : 任意の回転数における8つのウインドの出現率 X_i の分散
 σ_0^2 = 練混ぜ開始時の分散, σ_r^2 = 練混ぜ完了時の分散, $N = 8$

2.3 結果および考察

図-4 と図-5 に、練混ぜ容量 24ℓと 36ℓの混合度曲線を、 V_g/V_m 別に比較して示す。実線は A 型ミキサ、破線は B 型ミキサを表す。どの条件においても、B 型よりも A 型の方が、少ない回転数で混合度 M が、より平衡状態に漸近する。容量 24 ℓで V_g/V_m が小さい方が、この傾向が顕著である。練混ぜ槽が浅底で、シャフト軸が長くミキサ内での材料の上下移動が容易であるということ、また、単位粗骨材量が少なくなるとシャフトのブレードによる全体循環流動以外に、粗骨材粒子群相互の衝突や回転などによる練混ぜの効果が期待しにくいため、A 型と B 型ミキサで形成される全体循環流動の違いがより明確に現れたと考えられる。

3. 局部交錯流動に関する練混ぜ性能実験

3.1 実験概要

容量 24ℓのミキサ内をモデルモルタルのみで満たし、粗骨材粒子を 20 個を所定に位置に投入とする。ミキサの上面にビデオカメラをセットし、図-6 に示す出現領域へ上昇流により運ばれる粗骨材の挙動を撮影する。撮影するミキサ回転数は 20 回転までとし、同一ミキサに対して 4 回試行した。ビデオ画面上で、図-6 に示す出現領域のウインドを設定し、このウインド内から出現する粗骨材数を、交錯領域内と交錯領域外別に求める。20 回転分の総数で出現率を求めた。

3.2 結果および考察

表-2 に実験結果を示す。出現総数は、B 型ミキサは A 型ミキサに比較して約半分程度である。ブレードの枚数が半分であるためと考えられる。ブレードの回転によって発生する底部から自由表面部への上昇流は、ブレードの数に比例するといえる。出現率は、A 型ミキサは、交錯領域内外でほぼ同じである。これに対し、B 型ミキサは交錯領域外の方が多い。交錯領域の割合に比例する。

4. 結論

浅底ミキサの全体循環流動による練混ぜ性能は、単位粗骨材質量の少ないコンクリートほど優れており、局部交錯領域で形成されるせん断流の発生頻度は、交錯領域の割合とブレードの数に比例し、浅底ミキサは交錯領域が複数あるため、深底ミキサに比較して、全体循環流動および局部交錯流動ともに卓越している。

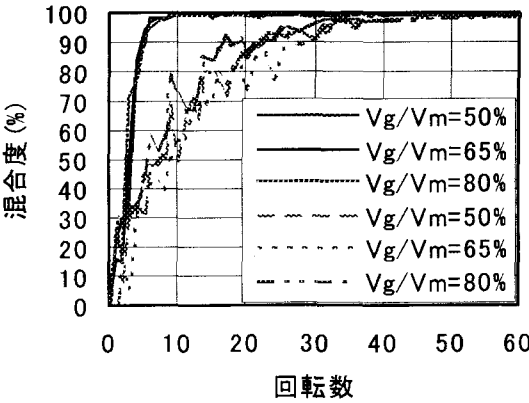


図-4 容量 24ℓの混合度曲線

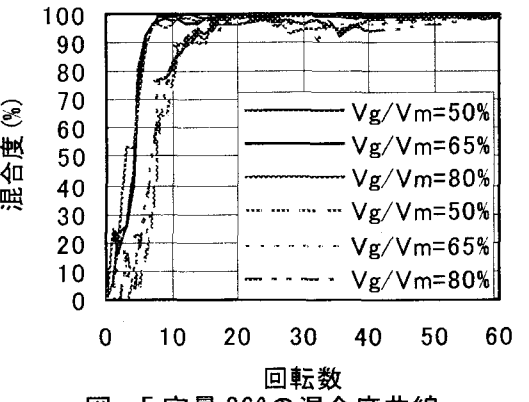


図-5 容量 36ℓの混合度曲線

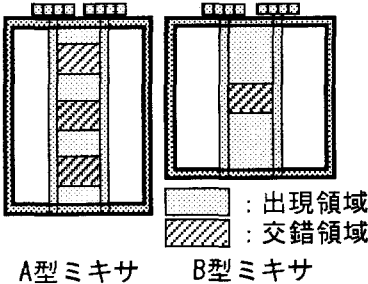


図-6 出現領域と交錯領域

表-2 出現率

A型ミキサ				B型ミキサ			
回数	領域内	領域外	出現総数	回数	領域内	領域外	出現総数
①	54	49	103	①	19	30	49
②	63	43	106	②	16	36	52
③	57	44	101	③	13	29	42
④	47	49	96	④	14	25	39
総数	167	136	303	総数	43	90	133
出現率	55.1%	44.9%		出現率	32.3%	67.7%	