

フレキシブルな羽根を有するミキサの開発

佐賀大学都市工学科
元 不二コンクリート工業㈱
佐賀大学都市工学科
〃

学生員 ○ 花野 峰志
ノルマ フェブリエット
正会員 伊藤 幸広
正会員 山内 直利

1.まえがき

一般の強制練りミキサは、高強度、高流動コンクリートのような粘性の高いコンクリートを対象として設計されたものではないため、所要のコンシステンシーを得るまで練り混ぜに長い時間を要したり、消費電力量が多くなるという問題がある。本研究は、高粘性のコンクリートまたはモルタルの練り混ぜに適したミキサを開発することを目的として、フレキシブルな羽根（チェーンの羽根）を持ったミキサを試作し検討を行ったものである。本報では、ホバートミキサにチェーン羽根のパドルを装着し、高粘性のモルタルを練り混ぜた場合のフロー値と消費電力量について、JIS パドルとの比較を行った結果について報告するものである。

2.実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料の物理的性質は、Table-1 に示す通りである。細骨材には、熊本県玉名産の 5 号砂珪を用いた。混和剤は、ポリカルボン酸塩系の高性能 AE 減水剤であり、密度 1.07 g/cm³、固形分率 30%のものである。

モルタルの配合は、Table-2 に示すように水結合材比を 12, 14, 18, 22 および 30%の 5 段階に変化させたものである。全ての配合において、細骨材の容積はモルタル全体の容積の 37%とし、シリカフュームおよび混和剤の質量は、結合材の質量のそれぞれ 6%および 20%と一定とした。

2.2 練混ぜ装置および練混ぜ方法

試作したミキサは、Photo-1 に示すようなチェーンが水平軸の周りを羽根として回転し練り混ぜる機構の円筒形のパック型ミキサ（チェーンミキサ）であり、セメントの 20%をシリカフュームで置換した水結合材比 9%のモルタルまで練混ぜ可能なものである。一般の強制練りミキサで極低水粉体比のモルタルを練り混ぜると、粉体の状態のまま練混ぜができないか、モルタルの状態になったとしても、羽根と一緒にモルタルが移動し、粒子の分散に必要な十分なせん断力を与えることができない。しかし、フレキシブルなチェーンの羽根によると、まず、羽根の遠心力で容器の内面に混合物を貼り付け、その混合物の表面からチェーンが削り取る（せん断力

Table-1 Properties of materials

Item	Properties
Cement	OPC, Density : 3.15 g/cm ³
	Specific surface area : 3250 cm ² /g
	Compressive strength(28d) : 41.8N/mm ²
Silica fume	Density : 2.20 g/cm ³
	SiO ₂ Content : 96.0%
Aggregate	Quartz sand, Density : 2.59 g/cm ³ Particle size : 106~600 μm
Admixture	Superplasticizer, Density : 1.07 g/cm ³

Table-2 Mix proportions

Mix num.	Water-binder ratio (wt %)	Aggregate volume content (vol. %)	AES* by binder (wt%)	Unit Weight (kg/m³)				
				Mixing water**	Binder		Aggregate	Solid part of AES*
					Cement	Silica fume		
12-37-6	12	37	6	158	1052	263	958	24
14-37-6	14	37	6	177	1010	253	958	23
18-37-6	18	37	6	210	935	234	958	21
22-37-6	22	37	6	239	870	218	958	20
30-37-6	30	37	6	287	765	191	958	17

* Air entraining superplasticizer
** Including the liquid part of superplasticizer (AES)

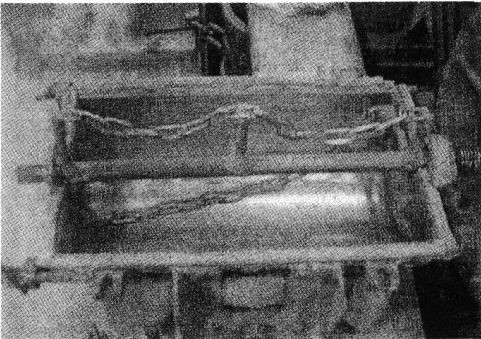


Photo-1 Horizontal single axis type chain mixer (removed upper caver)

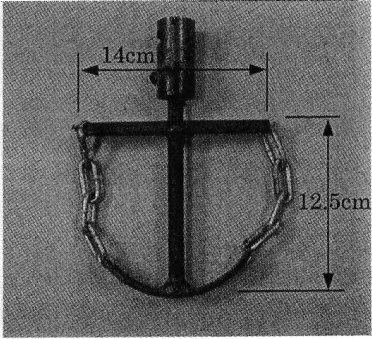


Photo-2 Chain Paddle for Hubert mixer

が与えられる) ように除々に混合物の内部に向かって練混ぜを行うもので、流動性を得た混合物は容器の底に溜まるが、粘性が高いものは再び遠心力で貼り付けられ練り混ぜが繰り返されるというものである。さらにチェーンによる振動も付与されるため、低水粉体比の混合物でも少ないトルクで効率的に練り混ぜを行うことができる。遠心力を利用したこの練混ぜ方法は、重力の小さい宇宙での混合物の練混ぜに適用できる可能性がある。

本実験では、このチェーン羽根による練混ぜ性能を検証するため、Photo-2 に示すようなホバートミキサの JIS パドルと外形がほぼ同形状で、チェーンの羽根を持つパドル(チェーンパドル)を試作し JIS パドルとの比較を行った。練混ぜ手順としては、低速 1 分間、高速 2 分間でペーストを先練りした後、細骨材を投入し、低速 1 分間、高速 2 分間でモルタルを製造した。なお、水結合材比 14% の配合で JIS パドルを用いた場合のみ、所定の練混ぜ時間ではモルタルが形成できなかったため、ペースト先練り時の高速での練混ぜ時間を 5 分間とした。

2.3 試験方法

フロー試験は、JIS R 5201 に準じて行った。ミキサの消費電力量は、積算電力計を用いて測定した。

3. 実験結果および考察

Fig.1 は、チェーンパドルおよび JIS パドルで練り混ぜたモルタルのフロー値を比較したものである。水結合材比 30% の配合では、いずれのパドルを用いた場合もフロー値が 300mm 以上となり測定不可能であったが、水結合材比 22% 以下では、チェーンパドルの方がフロー値が若干大きくなっている。また、水結合材比 12% の配合においては、JIS パドルでは練混ぜ不可能であったが、チェーンパドルでは流動性はほとんどないもののモルタルを形成することができた。

練混ぜ終了までの消費電力量の両者の比較については、Fig.2 に示すように、モルタルの粘性が低い水結合材比 18% 以上の配合では両者に差がないが、水結合材比 14% の配合では、モルタルを形成するまでに要する消費電力量は、チェーンパドルの方が大幅に小さくなっている。また、チェーンパドルの場合、水結合材比 14 から 30% の範囲では、消費電力量が直線的に変化しているが、水結合材比 12% となると急激に増加することが分かる。

Fig.3 は、水結合材比 14% の配合における消費電力量の経時変化を示したものである。いずれのパドルを用いた場合もペーストを練り混ぜる過程では、単位時間当たりに消費される電力量は同程度であり、ミキサのモーターにかかる負荷(トルク)が同じであることを示している。しかし、チェーンパドルの方がペーストを形成するまでの練混ぜ時間が短い。また、細骨材投入後のグラフの傾きが、チェーンパドルの方が緩やかなことから、モーターにかかる負荷(トルク)が小さくなっており、チェーンパドルを用いた練混ぜは、せん断力を効率的に作用させる練混ぜ機構であると考えられる。

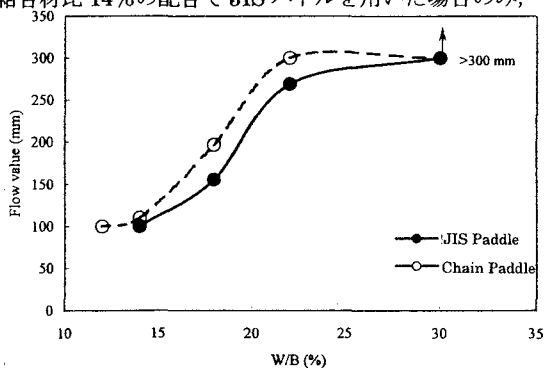


Fig.1 Relationship between flow value and water-binder ratio for mixtures made by different paddle type

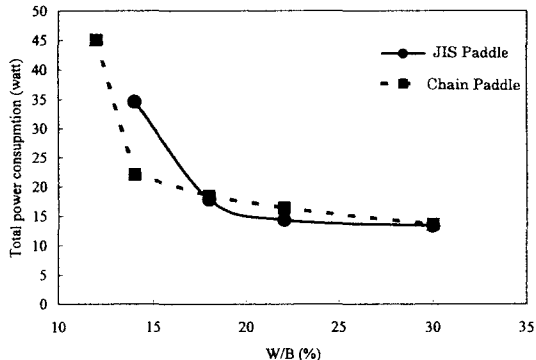


Fig.2 Relationship between total power consumption and water-binder ratio for mixtures made by different paddle type

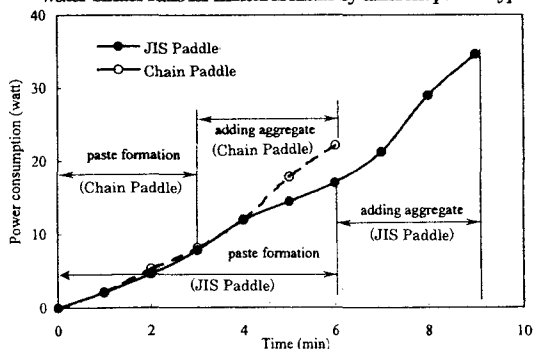


Fig.3 Relationship between power consumption and mixing time (Mix num.14-37-6)