

論文 オムニミキサで練り混ぜた高流動コンクリートの品質

草野昌夫*¹・辻幸和*²・新田裕之*³・原田修輔*⁴

要旨：高流動コンクリートのフレッシュ性状や硬化性状は、ミキサの形式、練混ぜ方法等によって大きく左右される。そこで、オムニミキサで粉体系の高流動コンクリートを練り混ぜる場合の練混ぜ性状を検討した。二軸型強制練りミキサ及びパン型強制練りミキサより短い練混ぜ時間で高流動コンクリートを練り混ぜられる可能性が示唆された。また、フレッシュ性状が、練混ぜ量、練混ぜ時間及び材料の投入方法等に影響を受ける場合があることも明らかになった。

キーワード：オムニミキサ、練混ぜ、高流動コンクリート、フレッシュ性状、圧縮強度

1. はじめに

高流動コンクリートの練混ぜに関する研究は多方面で精力的に行われており、ミキサの形式や練混ぜ方法等によって高流動コンクリートのフレッシュ性状及び硬化性状が異なることが明らかになっている。特に、粉体量の多い高流動コンクリートの場合、練混ぜの影響が大きいことが報告されている¹⁾。一方、オムニミキサは従来のミキサと異なる機構で材料の速度、方向等を変化させ各々不規則な動きをさせることにより練り混ぜるもので、所定の品質のコンクリートが従来のミキサに比べて短い練混ぜ時間で得ることができると考えられている²⁾。しかし、オムニミキサは、ミキサの最大容量が小さい等の理由から生コンクリート工場等での利用がまだ十分でなく、これまで高流動コンクリートの練混ぜに関する報告はなされていない。

本文では、オムニミキサで高粉体量の高流動コンクリートを練り混ぜる場合の練混ぜ性状を把握することを目的として、ミキサの容量、材料の投入方法及び練混ぜ時間等の条件をそれぞれ変化させた場合のフレッシュ性状、硬化性状等の基礎物性について検討を行ったものである。

2. 試験概要

2.1 ミキサ形式

試験に用いたミキサは、ミキサ容量が異なるオムニミキサ (①容量 0.5m³・回転数：190rpm, ②容量 0.03m³・回転数：330rpm), パン型強制練りミキサ (容量 0.05m³, 回転数：72rpm), 二軸型強制練りミキサ (容量 0.1m³, 回転数：60rpm) の3形式、4種類とした。

2.2 使用材料

セメントは高炉セメントB種 (比重：3.04, 比表面積 3,800cm²/g) を用い、混和剤はポリカルボン酸系高性能AE減水剤及びAE助剤とした。使用した骨材の品質を表-1に示す。

2.3 コンクリートの配合

高流動コンクリートの示方配合は表-2に示す通りであり、目標スランプフローを65±5cm 目標空気量を4.5±1%とし、空気量は目標値となるようにAE助剤で調整した。示方配合は、オムニミキサで決定し、ミキサの形式、練混ぜ量及び練混ぜ時間が異なっても同一とした。

2.4 試験条件

材料の投入方法は、図-1に示す通りで、オムニミキサの場合は一括投入及び分割投入の2

*1 住友大阪セメント(株) セメント営業技術部技術開発グループ 工修 (正会員)

*2 群馬大学教授 工学部建設工学科 工博 (正会員)

*3 東栄コンクリート工業(株) 開発部

*4 住友大阪セメント(株) セメント営業技術部技術開発グループ 工修 (正会員)

表-1 使用した骨材の種類

ミキサの形式	骨材種類	最大寸法 (mm)	表乾比重	吸水率 (%)	実積率 (%)	粗粒率
オムニミキサ (ミキサ容量: 0.50m ³)	碎石	20	2.65	1.82	58.6	6.50
	陸砂	5	2.60	2.20	58.6	2.50
その他のミキサ	碎石	20	2.66	0.60	59.8	6.76
	陸砂	5	2.56	2.42	60.8	2.67

表-2 高流動コンクリートの示方配合

ミキサの種類	スランプフローの範囲 (cm)	空気量の範囲 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 (C*%)
オムニミキサ (ミキサ容量: 0.50m ³)	65±5	4.5±1	34.0	52.0	170	500	833	799	1.3
その他のミキサ			35.0	53.0	175	500	835	771	1.2

種類, その他のミキサの場合は分割投入とした。

測定項目は, スランプフロー及びスランプフローの経時変化(30分静置), 空気量, 圧縮強度(材齢28日, 標準養生)とした。また, 高流動コンクリートの流動性はスランプフロー値で, 材料分離抵抗性はスランプフローの広がり状態と周縁部を目視観察する事で判断した。ミキサ容量 0.5m³のオムニミキサの場合, 各練混ぜ時間ごとにミキサを停止し, 測定に使用するコンクリート試料を採取した。

試験要因をまとめて表-3に示す。

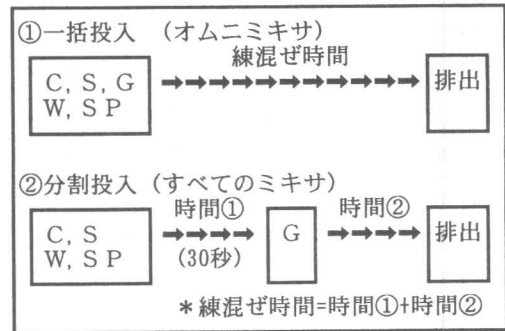


図-1 材料の投入方法

表-3 試験要因

ミキサの形式	練混ぜ量 (ミキサ容量×%)	練混ぜ時間 (秒)	材料の投入方法
オムニミキサ (ミキサ容量: 0.50m ³)	70	50, 60, 90	一括投入
	85	90, 120, 150	一括投入
		90, 120, 150	一括投入
	100	90, 100, 120	分割投入
オムニミキサ (ミキサ容量: 0.03m ³)	70	40, 50, 60, 80	一括投入
	85	60, 70, 80, 110	一括投入
		50, 70, 90	分割投入
	100	60, 90, 120	一括投入
パン型強制練りミキサ 二軸型強制練りミキサ	85	60, 90, 120	分割投入

3. 試験結果及び考察

3.1 ミキサ形式の影響

高流動コンクリートの練混ぜ量がミキサ容量の85%で、材料の投入方法を分割投入とした場合におけるフレッシュ性状と練混ぜ時間との関係を図-2～図-4に示す。各ミキサの最小練混ぜ時間は、粗骨材の投入後に粗骨材がモルタル表面から無くなった直後の時間とした。

ミキサ容量0.03m³のオムニミキサの場合は、練混ぜ時間に関係なくスランプフロー値が同程度である。これに対し、パン型強制練りミキサ及び二軸型強制練りミキサ（以下、従来のミキサと略す。）は、練混ぜ時間を60秒と短くした場合、スランプフロー値がオムニミキサに比べて約6cm大きくなる傾向が認められた。しかしながら、スランプフローの広がり状態は、目視観察の結果より若干材料が分離気味であり、良好なフレッシュ性状ではなかった。

A E助剤の量を同一として、ミキサの形式及び練混ぜ時間が異なった場合の空気量の測定値は、いずれの場合も4～5%となった事から、練混ぜ時における空気の巻き込み等の影響はほとんど受けないものと思われる。

30分静置後のスランプフローの経時変化は、パン型と二軸型のミキサで傾向が若干異なるがスランプフローロス値自体の差は小さく、ミキサの形式にほとんど関係ないといえる。本試験では、各練混ぜ時間におけるスランプフローの経時変化と練混ぜ直後のスランプフロー値には、特に明確な関係は認められなかった。

以上の結果を総括すると、同一配合において練混ぜ時間がオムニミキサで50秒と従来のミキサで60秒のコンクリートのスランプフローの広がり状態を目視で観察した結果、オムニミキサは従来のミキサに比べて、材料分離がほとんど生じないことから、練混ぜ時間を短くできるものと思われる。今後、測定値のばらつき等の影響を考慮するため、さらにデータの蓄積を行い詳細な検討が必要と思われる。

3.2 ミキサ容量及び練混ぜ量の影響

オムニミキサにおいて、材料の投入方法を一

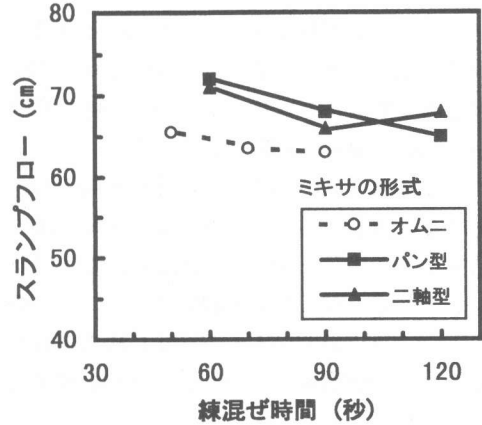


図-2 練混ぜ時間とスランプフローの関係 (ミキサ形式の影響)

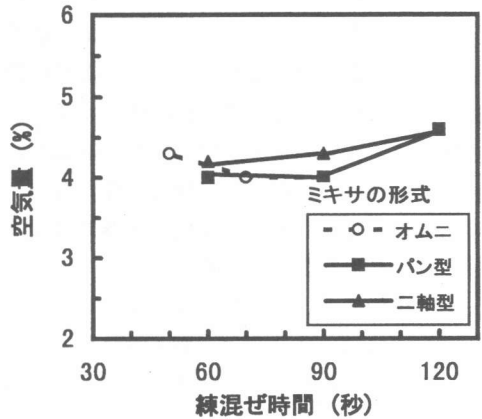


図-3 練混ぜ時間と空気量の関係 (ミキサ形式の影響)

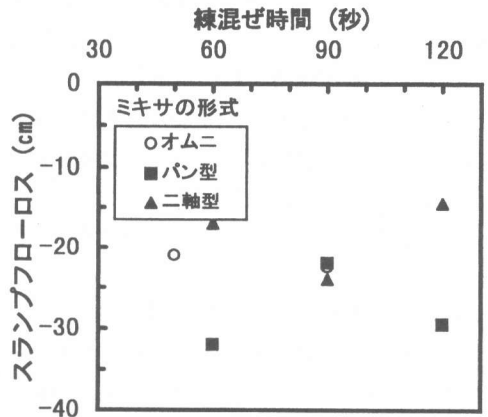


図-4 練混ぜ時間とスランプフローロスの関係 (ミキサ形式の影響)

括投入とし、高流動コンクリートの練混ぜ量をミキサ容量 (0.5m³, 0.03m³) の70%, 85%, 100% に変化させた場合のフレッシュ性状と練混ぜ時間との関係を図-5~図-7に示す。

ミキサ容量 0.5m³ のオムニミキサの場合、練混ぜ量に関係なく、スランプフロー値は練混ぜ時間を長くすると増加し、ある時間以上練り混ぜると一定となる傾向が認められた。同一のスランプフロー値 65±5cm を得るための練混ぜ時間は、練混ぜ量が多くなるにしたがい長くなることも確認された。

一方、ミキサ容量 0.03m³ のオムニミキサでは、練混ぜ量及び練混ぜ時間にほとんど関係なくほぼ一定のスランプフロー値を示した。このことより、ミキサ容量が大きく、さらに練混ぜ量がミキサ容量に近くなると、短い練混ぜ時間では不十分な場合があることが認められた。

空気量は、AE助剤の量が同一で、練混ぜ時間を変化させても、測定値はほぼ一定となっており、練混ぜ量及び練混ぜ時間の影響をほとんど受けないことが認められた。

ミキサ容量 0.5m³ のオムニミキサにおけるスランプフローの経時変化は、図-5に示したように練混ぜ量にかかわらず、スランプフロー値が60cm以上となった場合は小さく、スランプフロー値が60cmより小さい場合は、大きくなる傾向が認められた。ミキサ容量 0.03m³ のオムニミキサにおいては、練混ぜ量及び練混ぜ時間が異なった場合でも、スランプフローの経時変化にほとんど差が認められなかった。

オムニミキサの場合も、従来のミキサの場合と同様に同一の配合であってもミキサ容量及び練混ぜ量に対応する練混ぜ時間により、スランプフロー値及びスランプフローの経時変化の傾向が異なることが確かめられた。

3.3 材料の投入方法の影響

ミキサ容量 0.5m³ のオムニミキサを用いて、高流動コンクリートの練混ぜ量をミキサ容量の100%とし、材料の投入方法を一括投入、分割投入に変化させた場合のフレッシュ性状と練混ぜ時間との関係を図-8~図-10に示す。

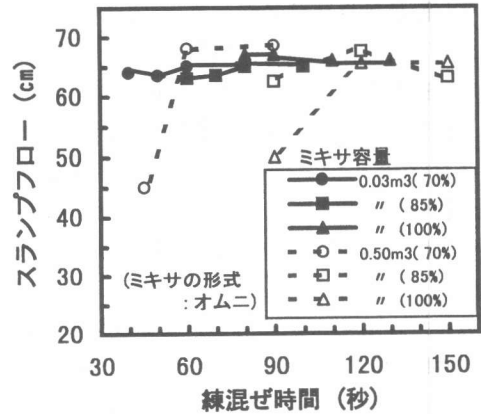


図-5 練混ぜ時間とスランプフローの関係 (ミキサ容量及び練混ぜ量の影響)

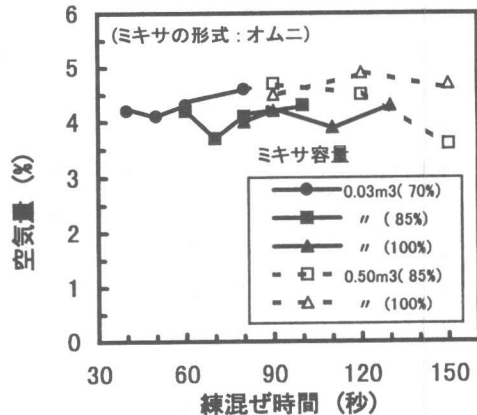


図-6 練混ぜ時間と空気量の関係 (ミキサ容量及び練混ぜ量の影響)

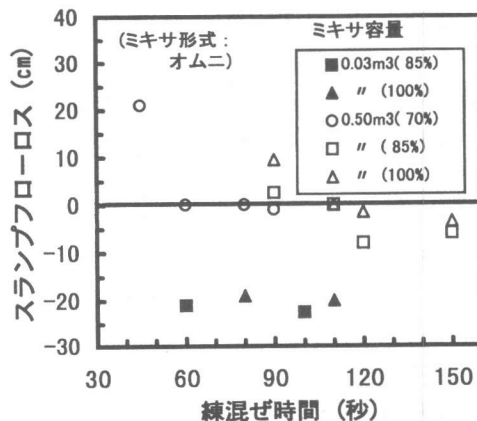


図-7 練混ぜ時間とスランプフローロスの関係 (ミキサ容量及び練混ぜ量の影響)

スランプフロー値は、各練混ぜ時間において、分割投入の方が一括投入の場合よりも大きくなる傾向が認められ、特に練混ぜ時間が短い場合に、両者の差が大きくなった。さらに、スランプフロー値が一定となる練混ぜ時間も、分割投入の方が一括投入の場合よりも短くなり、練混ぜ量がミキサ容量の100%でも、分割投入することにより、90秒程度の練混ぜ時間で高流動コンクリートを製造することができた。

空気量は、各練混ぜ時間において、分割投入の方が一括投入の場合より少し大きくなった。

スランプフローの経時変化は、分割投入の場合、スランプフロー値の増加は認められないが、一括投入で練混ぜ時間が90秒の場合に、若干増加する傾向が認められた。

オムニミキサにおいても、練混ぜ時間が短い場合、材料の投入方法により高流動コンクリートのフレッシュ性状がわずかながら異なることが確認された。

3.4 圧縮強度

高流動コンクリートの練混ぜ量をミキサ容量の85%とし、ミキサ形式を変化させた場合の圧縮強度と練混ぜ時間との関係を図-11に示す。材齢28日の圧縮強度は、練混ぜ時間が長くなるほど、わずかながら増加する傾向が認められるが、ミキサ形式の影響をほとんど受けないことが確認された。

材料の投入方法を一括投入とし、高流動コンクリートの練混ぜ量をミキサ容量(0.5m³, 0.03m³)の70%, 85%, 100%と変化させた場合の圧縮強度と練混ぜ時間との関係を図-12に示す。ミキサ容量0.03m³のオムニミキサの場合、圧縮強度に大差なくほぼ一定となっており、練混ぜ量及び練混ぜ時間の影響をほとんど受けないことが認められた。

一方、ミキサ容量0.5m³のオムニミキサは、練混ぜ量がミキサ容量の70%、練混ぜ時間45秒の場合に圧縮強度の低下が若干認められたが、他の条件ではほぼ様な圧縮強度を示した。今回の試験において、ミキサ容量0.5m³のオムニミキサを用いると、練混ぜ時間によってスラン

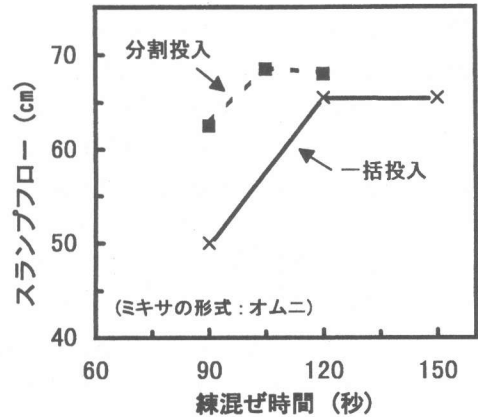


図-8 練混ぜ時間とスランプフローの関係 (材料の投入方法の影響)

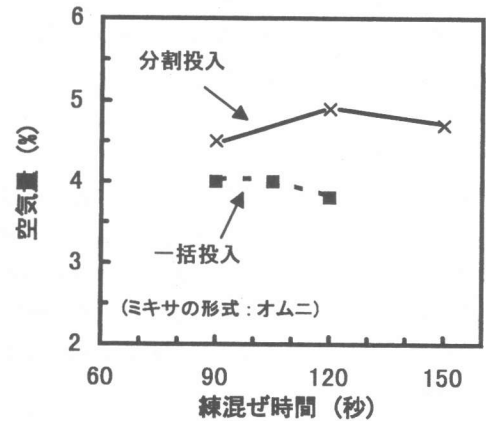


図-9 練混ぜ時間と空気量の関係 (材料の投入方法の影響)

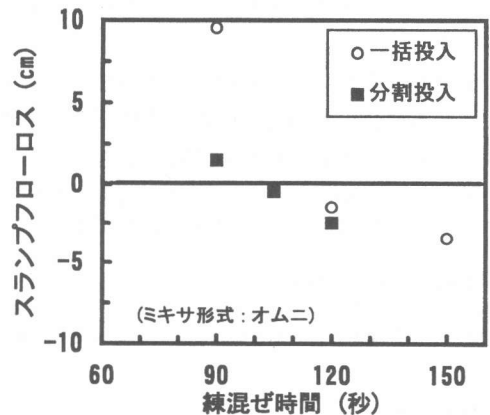


図-10 練混ぜ時間とスランプフローロスの関係 (材料の投入方法の影響)

プフロー値が大きく異なったため、圧縮強度にも差が生じると考えられたが、試験値には顕著な差が認められなかった。この一因として、強度試験用供試体の製作にスランプフローの経時変化を測定した後のコンクリートを用いたため、練り混ぜ状態の違いが圧縮強度に大きな影響を及ぼさなかったことが考えられる。

ミキサ容量 0.5m³ のオムニミキサで練混ぜ量をミキサ容量の 100%とし、材料の投入方法を一括投入及び分割投入とした場合の圧縮強度と練混ぜ時間との関係を図-13に示す。各練混ぜ時間において、圧縮強度はほぼ一定となっており、材料の投入方法の違いは圧縮強度に影響をほとんど及ぼさないことが認められた。

以上のことから、スランプフローに比べて圧縮強度では、高流動コンクリートの品質を明確に評価することが困難であるといえる。

4. まとめ

オムニミキサを使用し単位粉体量が多い高流動コンクリートを練り混ぜた場合の練混ぜ性状について検討した結果、以下のような知見を得ると共に、従来のミキサより短い練混ぜ時間で高流動コンクリートを練りまぜられる可能性が示唆された。

- ①オムニミキサで練り混ぜられた高流動コンクリートのスランプフロー及びスランプフローの経時変化の傾向は、従来のミキサの場合と同様に練混ぜ量、練混ぜ時間の影響を受ける場合がある。
- ②材料の投入方法を一括投入、分割投入と変化した場合、分割投入の方が一括投入の場合よりも十分に練り混ぜることができる。
- ③オムニミキサにおいても、十分な練り混ぜを行わない場合は、圧縮強度が低下する。

【謝辞】 本研究の実施にあたり、東栄コンクリート工業(株)生産部、千代田技研工業(株)、(株)ポソリス物産仙台営業所に多大な御協力を頂きました。ここに付記し、深謝の意を表します。

「参考文献」

- 1) 粉体系分科会：粉体系高流動コンクリートの現状と課題，土木学会 コンクリート技術シリーズ 15，pp. 41-88，1996. 12
- 2) Garlinghouse L. H. and Garlinghouse R. E: The Omni Mixer - A New Approach to Mixing Concrete, ACI Journal, No. 69-21, pp. 220-223, April 1972

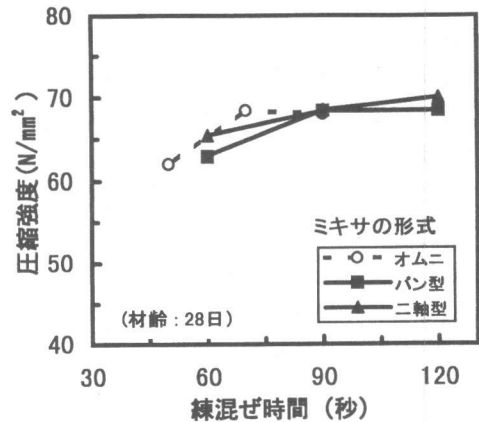


図-11 練混ぜ時間と圧縮強度の関係 (ミキサ形式の影響)

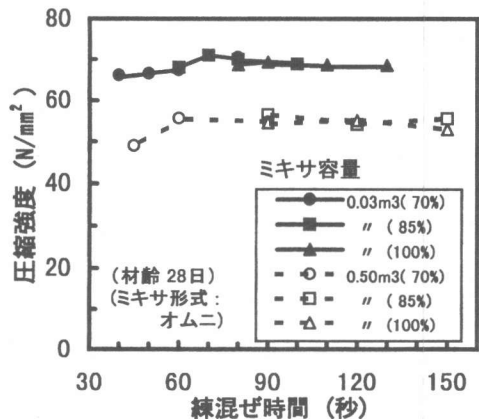


図-12 練混ぜ時間と圧縮強度の関係 (ミキサ容量及び練混ぜ量の影響)

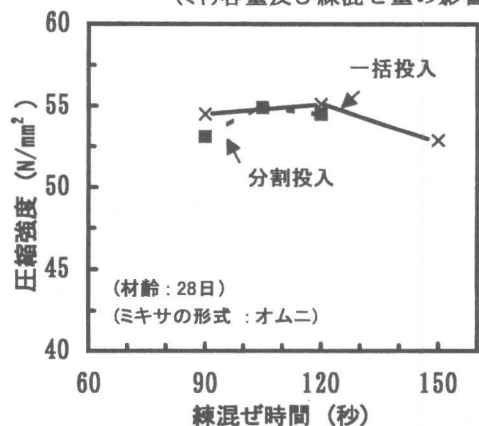


図-13 練混ぜ時間と圧縮強度の関係 (材料の投入方法の影響)