

平成 29 年 6 月 30 日現在

機関番号：82727

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26820243

研究課題名(和文) コンクリートの可変速ミキシングによる強度および流動特性の改善

研究課題名(英文) Improvement of the Fresh Properties of Concrete using the Variable Mixing Speed Concrete Mixer

研究代表者

山崎 尚志(Yamasaki, Hisashi)

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基・能力開発院・講師)

研究者番号：80648965

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,700,000 円

研究成果の概要(和文)：本研究は、汎用インバータを用いて可変速化したコンクリートミキサーを用いてコンクリートを練り混ぜ、コンクリートの品質改善を図った実験研究である。実験ではモルタルやコンクリートの調合、ミキサーの回転速度や練り混ぜ時間を実験要因とし、それらの要因が諸材料のフレッシュ性状や強度に及ぼす影響を調べた。

その結果、練り混ぜ時の電力量が材料の諸物性に影響していることや、練り混ぜ時の出力電力の観察によりコンクリートのフレッシュ性状をある程度予測できるようになった。

研究成果の概要(英文)： This is an experimental study for improving the fresh properties of concrete using the Variable Mixing Speed Concrete Mixer developed in the study. In the experiments the effects of mixing method and mix proportion on the fresh properties and strength of concrete was investigated.

As the result, it was found that power consumption for mixing influences on the properties of concrete, and the fresh property can be evaluated during mixing by observing the electric power.

研究分野：建築材料学

キーワード：コンクリートミキサ インバータ フレッシュ性状 レオロジー 流動特性 強度

1. 研究開始当初の背景

コンクリートの練り混ぜに関して、良質なコンクリートを製造するためには、各材料が均等質になるまで練り混ぜなければならないとされている。そのためコンクリートの練り混ぜに使用するミキサは日本工業規格 JIS A 8603(コンクリートミキサ)において規定されているが、ここではミキサの種類ごとに所定の容量を所定時間練り混ぜ作製されたコンクリート中のモルタルの単位容積質量差およびコンクリート中の単位粗骨材量の差が一定値以下となっていることを確認するだけで、コンクリートのスランプ値などのフレッシュ性状や硬化後の強度性能等が意識されたものではない。

コンクリートの練り混ぜに関する研究は、ミキサの消費電力から求めた練り混ぜエネルギーと、練り上がり直後のフレッシュコンクリートの性状に関して主にブリージング率について検討された例や、ミキサの構造性能、操作条件であるミキサの種類、周速、練り混ぜ時間などの諸条件が、コンクリートのスランプや圧縮強度に及ぼす影響を研究した例が認められる。

2. 研究の目的

本研究では、汎用インバータを用いて変速可能なコンクリートミキサを開発し、その後、コンクリートの練混ぜ速度や練混ぜ時間が、練り混ぜ後のフレッシュコンクリートの流動性能や硬化後のコンクリートの強度特性に及ぼす影響を明らかにすることを目的としている。

3. 研究の方法

本研究の実施期間は3年間とし、1年目は汎用インバータを用いて市販のモルタルミキサを可変速制御するシステムを構築し、各種練り混ぜ条件がセメントモルタルの諸物性に及ぼす影響を確認した。2年目は、1年目に開発した可変速モルタルミキサと同様のシステムにより、コンクリートミキサの可変速化をおこなった。3年目は、2年目に開発したコンクリートミキサによりコンクリートを混練して、練り混ぜ時に生じる出力電力をモニタすることで、練り上がり直後のコンクリートのフレッシュ性状の予測を試みた。

4. 研究成果

(1)モルタルミキサの可変速化

図1に示す傾斜羽根回転式粘度計をベースとして、ミキサのブレードをかく拌に適した形状に変更するとともに、汎用インバータを設置することで、ミキサの回転速度がより細かく制御できるようになり、さらには混練中に生じる電気的な特性値の計測が可能になった。

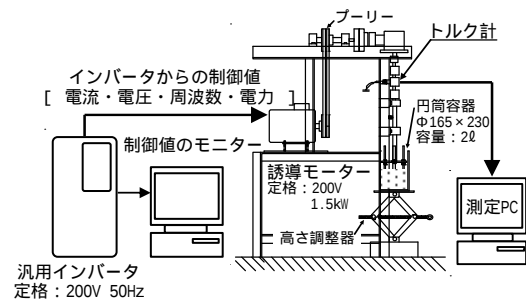


図1 実験装置の概要

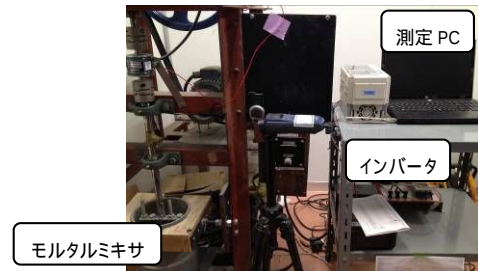


図2 実験装置の概要

(2)セメントモルタルの諸物性におよぼす練り混ぜ方法の影響

可変速化したモルタルミキサを用いて、練混ぜ条件や調合条件を要因とした実験を行った。練混ぜ条件は、練混ぜ時間と練混ぜ速度を要因とし、調合条件は水セメント比(W/C)を45%, 55%, 65%, 75%の4水準、細骨材セメント比(S/C)を2.0, 3.0, 4.0の3水準とした。実験の結果、図3, 図4に示すように、練り混ぜに要した電力量が、練り上がり直後のセメントモルタルの空気量と硬化後の圧縮強度に影響していることが確認され、良質なモルタルをつくるには、練り混ぜにある程度のエネルギーを与えなくてはならないことが確認され、モルタルではなくコンクリートに関しても同様のことがいえることが示唆された。具体的な知見は次の通りである。1) 本実験の範囲では練混ぜ時間が長くなるほど空気量は減少し、圧縮強度は増加する。2) 練混ぜに消費した電力量が高いほど空気量は減少し圧縮強度は増加する。圧縮強度に関しては、W/C が小さいほどその傾向が顕著である。

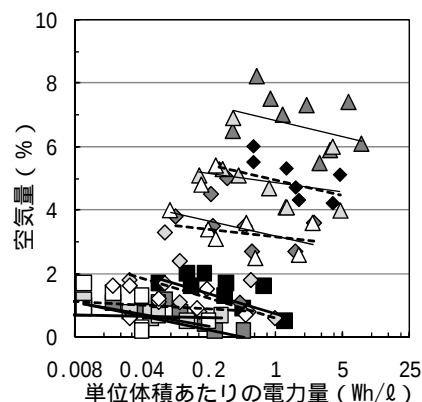


図3 電力量と空気量の関係

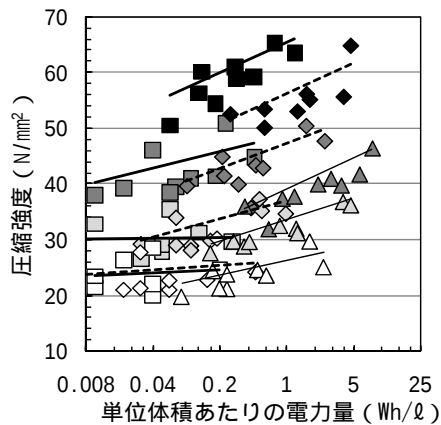


図4 電力量と圧縮強度の関係

(3) コンクリートミキサの可変速化

モルタルミキサと同様のシステムにより、強制練りコンクリートミキサに汎用インバータを設置し、コンクリートミキサの可変速化を行った。コンクリートミキサの概要を図5に示す。

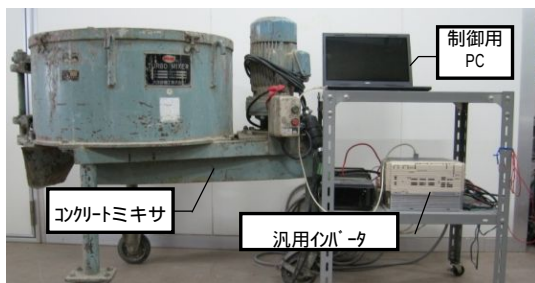


図5 コンクリートミキサの概要

これによりコンクリート混練中のミキサの回転速度の制御が可能となると同時に、混練中の電気的特性の計測が可能となり、例えば図6に示すように回転数を制御し、出力電力を測定することで、図7に示すような流動曲線を得ることも可能となり、コンクリートの粘性やかたさの評価が可能となった。

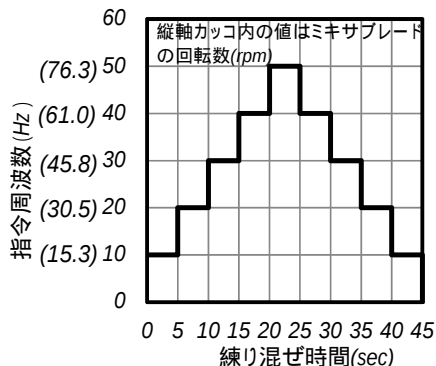


図6 コンクリートミキサの指令周波数

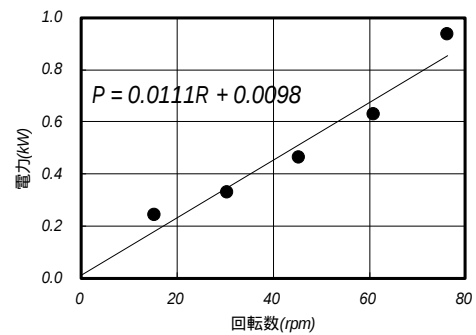


図7 コンクリートミキサにより得られる流動曲線の例

(4) 出力電力によるフレッシュコンクリートの流動特性の予測

表1に示すモルタルおよびコンクリートを対象に、練り混ぜ中の電力と練り上がったコンクリートの流動特性の関係を確認し、練混ぜ中にコンクリートの流動特性を評価するための実験的検討を行った。ミキサのブレードの回転数は、モルタルの場合は40,122,204rpm、コンクリートの場合は15.3,45.8,76.3rpmとし、練混ぜ時間は、モルタルの場合は180秒とし、コンクリートの場合は300秒とした。練り上がり後は、モルタルにおいてはテーブルフロー試験、コンクリートにおいてはスランプ試験を実施した。併せてコンクリートに関してはレオロジー特性の参考として、図7に示す流動曲線から式1)に示す1次式を得てhとgを求め、コンクリートのかたさを示すgと電力量の関係を考察した。

$$P = hR + g \quad (\dots \cdot 1)$$

ここに、P:出力電力、R:回転数

表1 セメントモルタルおよびコンクリートの調査

材料	調査№	配合率					単位量(kg/m ³)					
		W/C (%)		S/A (%)	Si/C (%)	SP/C (%)	C	W	G	S	Si	SP
		A/C										
モルタル	CM1	40	2	100	-	-	566	267	0	1333	0	0
	CM2	40	2	100	-	1.00	642	257	0	1284	0	6
	CM3	40	2	100	10	1.00	623	249	0	1246	62	6
	CM4	55	2	100	-	-	605	333	0	1211	0	0
	CM5	55	2	100	10	-	589	324	0	1178	59	0
コンクリート	C1	45	4.5	45	-	-	398	179	984	805	0	0
	C2	45	4.5	45	0	0.25	385	173	953	780	0	1
	C3	45	4.5	45	0	0.50	385	173	952	779	0	2
	C4	50	4.5	45	0	-	390	195	965	759	0	0
	C5	55	4.5	45	0	-	382	210	946	774	0	0

注) W:水、C:セメント、A:骨材、S:細骨材、G:粗骨材、Si:シリカフェーム、SP:高性能AE減水剤

まずはセメントモルタルを用いた基礎的な実験による成果を示す。モルタルの練り混ぜ終了直前の30秒間に生じた電力の平均値と、練り上がり直後に測定されたフロー値の関係を図8に示す。図8より、指令周波数が低くブレードの回転数が低いとき、フロー値の変化に対し電力は大きく変化しないが、指令周波数が20Hzでブレードの回転数が高いとフロー値と電力には一定の関係が認められる。ただし調査No. CM2のように高性能AE減水剤を用いて流動化されたモルタルの場合はその限りではない。

続いてコンクリートに関する成果を示す。前述のモルタルと同様に、練混ぜ時の電力とコンクリートの流動特性の関係を考察する。練り上がり直前の30秒間に生じた電力の平均値と、練り上がり直後のスランプの関係を図9に示す。モルタルの結果と同様に、電力とスランプに一定の関係があり、周波数を50Hzとしブレードの回転数が高いときにそ

の傾向が顕著である。流動曲線から求めた g に関しても、図 10 に示すとおり電力と一定の関係を示す傾向が認められる。

以上のことより実験の結果を総じて見ると、練り混ぜ時に生じる電力が高いほど、練り上がり後のフロー値およびスランプともに低く、 g は高くなることが認められ、混練時にコンクリートの流動特性をある程度予測可能であることが確認された。

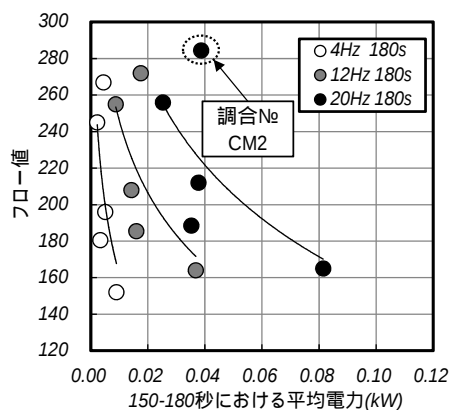


図 8 練り上がり直前の平均電力とフロー値

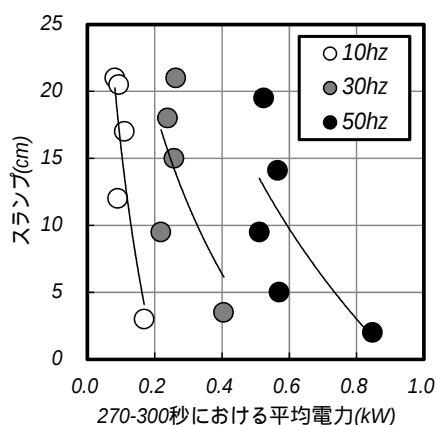


図 9 練り上がり直前の平均電力とスランプ

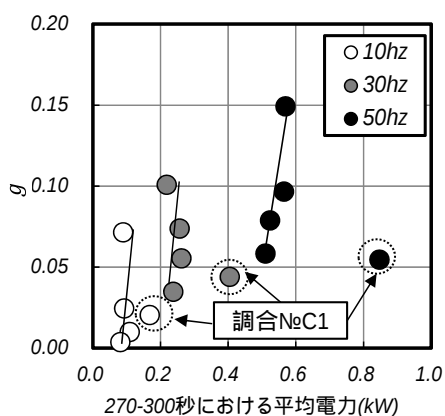


図 10 練り上がり直前の平均電力と g

(5) 可変速コンクリートミキサを用いた鉄筋コンクリート梁試験体の作製

鉄筋コンクリート梁試験体の作製において、本研究で試作した可変速コンクリートミキサを用いてコンクリートを混練した。100 × 200 × 1200mm の形状をした鉄筋コンクリート梁を 19 体作製し、使用したコンクリート

は、表 2 に示すとおり、調合強度が 30N/mm²、水セメント比が 65%、目標スランプは 21cm として調合した。練り混ぜたコンクリートの容積は 0.5m³ 程度であり、実験レベルでは比較的多量のコンクリートを混練した。複数バッチに分けて材料を混練したところ、いずれのバッチとも目視による混練状態は良好であり、諸材料が均一に分散している様子が確認できた。

表 2 コンクリート調合及び諸物性

調合強度	スランプ	空気量	水セメント比	最大骨材の寸法	細骨材率	単位水量	絶対容積		質量		材齢4週強度		実測スランプ	実測空気量		
							(ℓ/m³)		(kg/m³)		(N/mm²)					
							細骨材	セメント	細骨材	セメント	水中養生	現場養生				
(N/mm²)	(cm)	(%)	(%)	(mm)	(%)	(kg/m³)							(cm)	(%)		
30	21	1.0	65	25	50.1	239	318	317	116	827	827	367	34.1	33.6	23.6	1.2

現場養生は、材齢2週時まで散水養生した後、気中養生にした養生である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

三田紀行、山崎尚志、松本敏秀、炭酸カルシウム系発泡板を使用した外断熱工法に関する研究 その 2. タイル張り仕上げにおけるひび割れ性状、日本建築学会大会(九州)、2016 年 8 月 24 日、福岡大学(福岡市)

山崎尚志、三田紀行、松本敏秀、炭酸カルシウム系発泡版を使用した外断熱工法に関する研究 その 3. タイル張り仕上げにおける変形性状および曲げ損傷後の引張接着強度、日本建築学会大会(九州)、2016 年 8 月 24 日、福岡大学(福岡市)

山崎尚志、小澤秀祐、三田紀行、コンクリート練り混ぜ時の電力によるフレッシュ性状の評価、日本建築学会大会(中国)、2016 年 8 月 24 日、広島工業大学(広島市)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○ 出願状況 (計 0 件)

○ 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山崎 尚志 (Yamasaki Hisashi)

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・講師

研究者番号: 80648965

(2) 研究協力者

三田 紀行 (Mita Noriyuki)

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・教授

山本 修 (Yamamoto Shu)

独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職業能力開発総合大学校(能力開発院、基盤整備センター)・能力開発院・教授