

# [219] 連続ミキサにより練り混ぜた混和材料を用いた コンクリートの品質

正会員 ○ 辻 正哲 (東京理科大学理工学部)

正会員 西澤 紀昭 (中央大学理工学部)

正会員 吉田 弥智 (名古屋工業大学)

## 1. はじめに

昭和49年頃に、我が国に導入された連続ミキサは、同一配合のコンクリートを現場で連続して練り混ぜるのに適しているため、港湾構造物や超即硬コンクリートの施工を中心に使用されてきた。しかし、昭和55年の土木学会コンクリート標準示方書改定までは連続ミキサで練り混ぜたコンクリートの品質に不安があることから、その使用が禁止されていた。

一方、この種の連続ミキサに関する研究はかなり行なわれている。しかし、混和材料を添加した、特に混和材料の添加方法を変えたコンクリートについて、連続ミキサで練り混ぜた場合と、従来のバッチミキサで練り混ぜた場合のコンクリート品質に関して比較検討を行なった研究はほとんどない。

本研究はA E剤、A E減水剤、流動化剤、ならびにフライアッシュを混和材料として用いたコンクリートについて連続ミキサで練り混ぜた場合と、従来のバッチミキサで練り混ぜた場合でコンクリートの品質を比較検討するとともに、連続ミキサの練り混ぜ性能試験におけるコンクリート試料の採取時期について検討したものである。なお、ここに示す実験は土木学会コンクリート委員会、コンクリート現場練り施工指針小委員会活動の一環として行なわれたものである。

## 2. 実験の概要

実験に使用した連続ミキサは、練り混ぜ能力 $25\text{m}^3/\text{h}$ の定置式である。また、実験に用いたバッチミキサは公称容量 $50\text{l}$ のパン型ミキサであり、練り混ぜ時間は全材料投入後60秒とした。尚、連続ミキサの羽根の回転数は、 $190\text{ r.p.m}$ を標準としたが、配合No. 4の目標空気量 $7\%$ のものについては $160\text{ r.p.m}$ と回転数を減じた場合についても実験を行なった。これは回転数が大きい場合には、空気量が著しく大きい範囲では、バッチミキサを用いた場合に比べ、空気量が小さくなりやすいためである。

実験に使用したコンクリートの配合は、表-1に示すとおりである。スランブ試験、空気量試験、フリージング試験及び圧縮強度試験は、それぞれJIS A 1101, JIS A 1128 注水しない方法、JIS A 1123及びJIS A 1108に準じて行なった。しかし、フリージング試験におけるコンクリート温度は、 $19\pm 3\text{ }^\circ\text{C}$ であった。また、モルタルの単位容積質量差及び単位粗骨材質量差は、採取した試料について、JIS A 1119に準じて行なった。

流動化剤の添加方法は、練り混ぜ水にあらかじめ添加しておく方法の他に、時差添加する場合を考慮図-1に示すように、ミキサ部中央付近で原液を添加する方法の2種類とした。また、フライアッシュの添加方法は図-1に示すように、ミキサ部の途中で添加する方法とした。

表-1 配合表

配合番号	単位重量 (kg/m <sup>3</sup> )					混和剤量 (cc/m <sup>3</sup> )	使用した混和剤の種類
	水	セメント	フライアッシュ	砂	砂利		
No. 1	200	364	—	860	860	—	—
No. 2	190	345	—	838	871	104	A E剤
No. 3	180	327	—	858	892	981	A E減水剤
No. 4	143	260	—	828	972	2600	A E減水剤
No. 5	180	327	—	858	892	5559 98 A E減水剤	同時添加型 流動化剤
No. 6	180	327	—	858	892	4905 98 A E減水剤	時差添加型 流動化剤
No. 7	189	275	69	873	871	—	—
No. 8	184	201	134	873	871	—	—

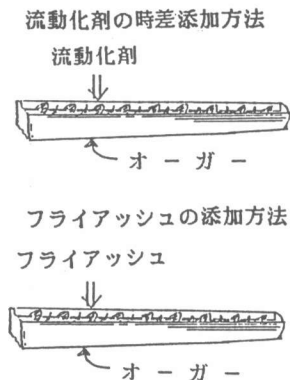


図-1 混和材料の添加方法

### 3. 実験結果及び考察

図-2は、スランブの経時変化を示したものである。練り上り直後の空気量が7%以上と著しく大きいNo.4の配合のコンクリートのスランブは、連続ミキサを用いた場合、安定するまでに約10分かかっている。しかし、この点を除くと、配合No.1~No.5について示した図-2(その1)では、連続ミキサを用いた場合とバッチミキサを用いた場合との間で、ほとんど差は見られない。しかし、図-2(その2)で、流動化剤を時差添加した場合、すなわちNo.6の場合、連続ミキサで練り混ぜたコンクリートのスランブは、バッチミキサを用いて練り混ぜた場合に比べ、練り上り後30分以内では約5cm大きくなっていた。これは、流動化剤を連続ミキサのミキサ部の中央付近で添加したNo.6では、流動化剤添加後の練り混ぜ時間が著しく短いことが関係していると考えられる。また、フライアッシュを連続ミキサのミキサ部で添加した場合も、フライアッシュ添加後の練り混ぜ時間が約2/3となるため、スランブにかなり差が生じている。

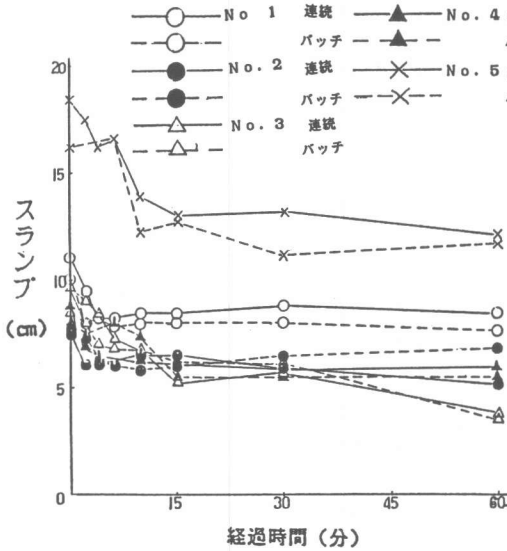


図-2(その1) スランブと経過時間の関係

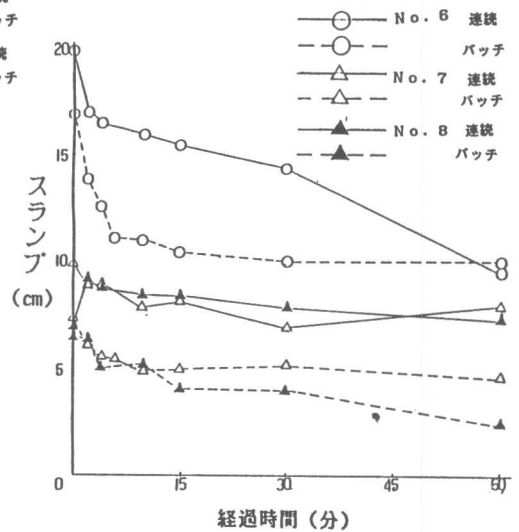


図-2(その2) スランブと経過時間の関係

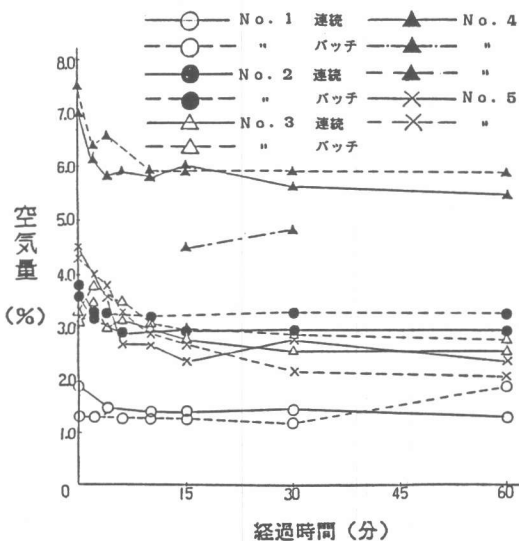


図-3(その1) 空気量と経過時間の関係

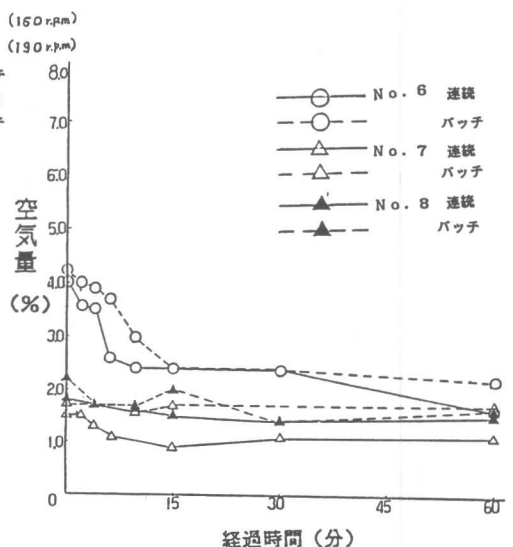


図-3(その2) 空気量と経過時間の関係

図-3は、空気量の経時変化を示したものである。配合No.1~No.5について示した図-3(その1)では連続ミキサを用いた場合とバッチミキサを用いた場合との間で、ほとんど差は見られない。ただし、目標空気量が7%と著しく大きい配合すなわちNo.4で、連続ミキサの回転数が190r.p.m.では、空気量は同一配合であってもバッチミキサを用いた場合に比べ減少する傾向にある。そこで、回転数を160 r.p.m.と減少させると、練り混ぜ時間が長くなるため、連続ミキサの空気量はバッチミキサの空気量とほぼ同等となる。一方、図-3(その2)すなわち流動化剤を添加した場合(No.6)及びフライアッシュを別系列の供給装置によりミキサ内に投入した場合(No.7~No.8)では、連続ミキサを用いると、バッチミキサを用いた場合に比べ、空気量が小さくなる傾向を示している。これには、フライアッシュの投入部が、連続ミキサのミキサ部の排出口より約2/3の位置にあったため、練り混ぜ時間がかなり短くなったことが関係していると考えられる。

表-2は圧縮強度及びその変動係数を示したものである。配合No.1~No.5の圧縮強度の平均は、連続ミキサで練り混ぜた方が若干大きくなる傾向にあるが、変動係数は、バッチミキサと練り混ぜた場合と同等である。しかし、配合No.6~No.8の場合には連続ミキサで練り混ぜた方が、変動係数が大きくなっている。これにはスランプや空気量と同様に連続ミキサの場合練り混ぜ時間を自由に変更できないことが関係していると考えられる。

表-3は、ブリージング試験結果を示したものである連続ミキサ、バッチミキサいずれを用いて練り混ぜてもほとんど差を生じていない。

以上の結果をまとめると、今回実験を行なった連続ミキサを用いて練り混ぜたコンクリートの品質は、従来のバッチミキサで練り混ぜた場合と同等と考えられる。しかし、流動化剤の時差添加の場合や混和材料をミキサ部の途中で投入する場合には、全材料投入後の練り混ぜ時間が変化するため、コンクリートの品質にも差が生じることが考えられる。こうした別系列で混和材料を添加する必要がある場合には、新たに供給装置を設けるか、または練り上ったコンクリートを、再練り用連続ミキサを用いて、混和材料を添加するなどの工夫をする必要があると考えられる。

表-2 圧縮強度及び変動係数

配合番号	ミキサタイプ	変動係数 (%)				強度の平均 (kg/cm <sup>2</sup> )
		練り上り後、試料採取までの経過時間			変動係数の 平均値	
		0分	4分	10分		
No. 1	バッチ	1.8	1.4	0.6	1.5	359
	連続	2.6	1.5	2.8	2.2	365
No. 2	バッチ	0.8	0.7	1.6	1.7	372
	連続	1.7	1.5	1.4	2.7	412
No. 3	バッチ	1.3	0.6	1.6	2.2	362
	連続	2.0	1.2	0.9	2.7	426
No. 4	バッチ	1.0	1.9	1.1	2.1	275
	連続	2.7	2.7	2.0	4.3	306
No. 5	バッチ	1.5	0.7	1.6	3.2	336
	連続	1.7	1.3	1.0	1.9	385
No. 6	バッチ	0.2	0.3	2.8	2.6	348
	連続	2.4	8.6	6.1	8.4	401
No. 7	バッチ	0.2	2.3	1.7	4.9	256
	連続	5.0	6.2	2.5	6.1	284
No. 8	バッチ	1.4	1.5	1.9	3.1	185
	連続	5.5	4.2	5.6	6.0	213

表-3 ブリージング試験結果

配合番号	ミキサタイプ	ブリージング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	ブリージング率 (%)
No. 1	バッチ	0.225	7.3
	連続	0.195	6.2
No. 2	バッチ	0.135	4.5
	連続	0.140	4.4
No. 3	バッチ	0.153	6.1
	連続	0.142	4.7
No. 4	バッチ	0.081	2.8
	連続	0.074	2.6
No. 5	バッチ	0.170	6.5
	連続	0.238	8.6
No. 6	バッチ	0.252	9.0
	連続	0.193	6.9
No. 7	バッチ	0.209	7.3
	連続	0.235	8.2
No. 8	バッチ	0.231	8.2
	連続	0.215	7.7

表-4は、連続ミキサの練り混ぜ性能試験結果を示したものである。練り混ぜ開始直後のものを除くと、いずれも空気量、スランプ、モルタルの単位容積質量、単位粗骨材量、及び圧縮強度の差は土木学会規準連続ミキサの練り混ぜ性能試験方法(案)の制限値を満足している。しかし、試料を採取する間隔が大きくなると、骨材の品質の変化によるコンクリート品質の変化の影響が生じる。可能性がある。また、試料のサンプリングに要する時間を考え合わせると、土木学会規準連続ミキサの練り混ぜ性能試験方法(案)の練り混ぜ開始後100ℓ以上及び、ついで1000ℓ又は4分間排出後にコンクリートを採取する方法が適切であると考えられる。

表-4 連続ミキサの練り混ぜ性能試験結果

配合番号	採取位置	空気量 (%)	スランプ (cm)	モルタルの単位容積質量 (kg/cm <sup>3</sup> )	単位粗骨材量 (kg/cm <sup>3</sup> )	圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
No. 3	排出直後	4.0	6.0	—	—	—
	100ℓ	4.6	6.0	2240	834	277
	600ℓ	4.0	8.0	2213	797	290
	1100ℓ	4.4	7.0	2230	814	281
	1600ℓ	3.9	6.5	2214	825	280
	2100ℓ	4.3	9.0	2216	810	284
No. 5	排出直後	5.0	19.5	—	—	—
	100ℓ	5.2	13.5	2221	836	306
	600ℓ	5.0	13.5	2217	786	303
	1100ℓ	5.3	12.5	2235	824	317
	1600ℓ	4.9	12.5	2220	828	302
	2100ℓ	5.2	14.0	2249	805	311

配合番号	採取位置	空気量差 (%)	スランプ差 (%)	モルタルの単位容積質量差 (%)	単位粗骨材量差 (%)	圧縮強度差 (%)
No. 3	100ℓ	0.2	1.0	0.22	1.21	0.72
	1100ℓ					
	最大差	0.7	3.0	0.61	2.27	2.29
No. 5	100ℓ	0.1	1.0	0.31	0.72	1.76
	1100ℓ					
	最大差	0.4	1.5	0.72	3.08	2.42
規格値 (%)		1.0	3.0	0.8	5.0	2.5
評価		合	合	合	合	合

#### 4. まとめ

今回の実験結果より、以下の結果が得られた。

(1) 連続ミキサを用いて練り混ぜたコンクリートの品質は、従来のバッチミキサを用いて練り混ぜた場合と同等である。ただし、連続ミキサを用いた場合に、ミキサの回転数を変化させると、バッチミキサを用いた場合に比べ、空気量に差が生じる可能性がある。しかし、連続ミキサにおいて、ミキサ部の途中で混和材料を添加する場合には、練り混ぜ時間の調節が困難であることから、練り混ぜられたコンクリートの品質の変動が大きくなる可能性がある。

(2) 連続ミキサの練り混ぜ性能試験におけるコンクリート試料の採取時期は、練り混ぜ開始後、コンクリートを100ℓ以上排出した時点、ついでさらに1000ℓ程度又は4分間程度排出した時点とするのがよい。

#### 謝辞

土木学会コンクリート現場練り施工指針小委員会の関係各位ならびに、本実験を行なって頂いた東京理科大学 森田誠君、伊藤幸広君、原田耕司君、横川勝則君、鏡平名任君に感謝の意を表す次第である。

1) 村田, 小林, 河野 “無筋および鉄筋コンクリート標準示方書施工編の一部改訂について” コンクリートライブラリー, 第46号, 1980年

2) “連続ミキサによるコンクリートの製造に関する実験結果” コンクリートライブラリー, 第50号 1983年