

# ミキサの練り混ぜ時間がコンクリートの品質に及ぼす影響

Effect of Mixing Time on Properties of Concrete

魚 本 健 人\*・西 村 次 男\*  
Taketo UOMOTO and Tsugio NISHIMURA

## 1. は し が き

強制攪拌式ミキサが導入されて以来、コンクリートの練り混ぜ時間は短縮される一方であって、実質的なコンクリートの練り混ぜ時間は、強制攪拌型ミキサで50秒に満たないと言われている。また、最近では練り混ぜ時間がさらに少ない連続ミキサなども登場しており、コンクリートを製造する際の練り混ぜ時間は、今後ますます減少する傾向にあるといえよう。

このような傾向が生じた原因は、第1に時間当たりのコンクリート製造量を増加させれば、コンクリート製造コストを低減させることができるばかりでなく、多量のコンクリートを早急に必要とする建設工事のニーズにも合致するためである。第2の原因は、コンクリートの練り混ぜ時間を短縮することに関する学協会等の規定がないことから、JIS A 1119「ミキサで練り混ぜたコンクリート中のモルタルの差および粗骨材量の差の試験方法」を利用して、モルタルおよび粗骨材量のバラツキが基準値以下となる時間を、練り混ぜ完了と見なしているためであると考えられる。

コンクリート製造時の練り混ぜ時間が短縮されても、コンクリートの品質が良いものとなるのであれば問題とはならないが、この点についてはまだ十分には明らかにされていないのが現状である<sup>1)2)3)</sup>。そこで、本研究は、現在多く使用されている強制攪拌式ミキサの羽根形状およ

び練り混ぜ時間が、コンクリートの品質に及ぼす影響を明らかにするとともに、コンクリート中のモルタルおよび粗骨材量のバラツキだけで、コンクリートの品質を判定できるか否かを明らかにすることを目的として実施したものである。

## 2. 実 験 概 要

実験に用いたミキサは2種類の強制攪拌型ミキサで、1つは一般によく用いられているパン型ミキサ(50*l*)、他はパドル型ミキサ(30*l*)である。パドル型ミキサは、図1に示すように釣り針状の羽根(J型)と葉脈状の羽根(W型)の2種類を用いた。

実験に用いた材料は、セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は大井川産川砂(比重2.64、吸水率1.23%、F.M. 3.00)で、粗骨材は秩父両神産碎石(最大寸法20mm、比重2.69、吸水率0.66%、F.M. 6.71)である。なお、コンクリートの製造に当たっては、骨材の表面水がコンクリートの品質に大きな影響を及ぼすことから、細骨材は表面水率を $4 \pm 0.5\%$ 、粗骨材は表面乾燥状態となるよう調整して用いた。

コンクリートの配合は、表1に示すように水セメント比が40%、55%、70%の3種類で、いずれの場合にも混和剤は使用しなかった。

コンクリートを練り混ぜる方法としては、次のように行った。まず止めたミキサ内に、コンクリート材料である細骨材、セメント、粗骨材を、この順番で図2に示すように層状に均して入れた。最後に、水をこの上から均等に入れ、ミキサを始動させた。

練り混ぜ中はコンクリートの外観観察を行うとともに、

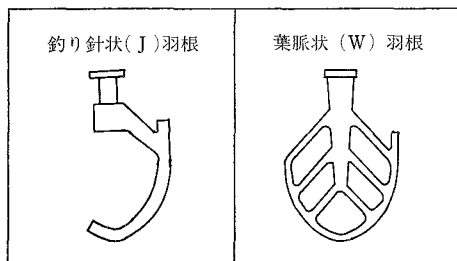


図1 パドル型ミキサの羽根

表1 コンクリートの配合 (kg/m<sup>3</sup>)

W/C	s/a	W	C	S	G
40%	39%	192	480	675	1,077
55%	44%	180	327	832	1,080
70%	49%	180	257	955	1,015

\*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

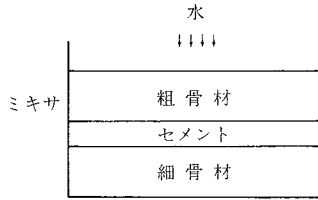


図2 ミキサ内へのコンクリート材料の投入方法

ミキサ消費電力量を計測した。練り混ぜ時間としては、10秒、40秒、120秒、300秒、1000秒とし、各練り混ぜ時間後におけるコンクリートの品質およびバラツキを調べた。なお、コンクリートの練り混ぜ量は、いずれのミキサの場合にも25lと一定にした。

練り混ぜ完了後、ミキサ内の3か所からコンクリートを採取し、コンクリートの品質を調べた。

3. コンクリート品質のバラツキ

同じ材料を用い、同じ配合であっても、ミキサの練り混ぜ時間を10秒から1000秒まで変化させると、得られるコンクリートの品質は著しく異なる。いずれのミキサおよび羽根を使用しても、練り混ぜ時間を増加させると、モルタルおよび粗骨材のバラツキのみならず、コンクリートの品質のバラツキは減少した。

図3および図4は、コンクリートの単位体積重量および硬化コンクリートの圧縮強度のバラツキを示したものである。いずれの場合にも練り混ぜ時間が長くなるとバラツキは減少しており、40秒以上では変動係数がほぼ一定の値となる。変動係数が一定となる条件を求めるといずれの場合にも、約40秒以下となり、モルタルおよび粗骨材の差が5%以下となる時間とほぼ一致した。これらのことから、JIS規格を満足する条件は、強度および単位体積重量が均一となる条件とほぼ一致すると言えよう。

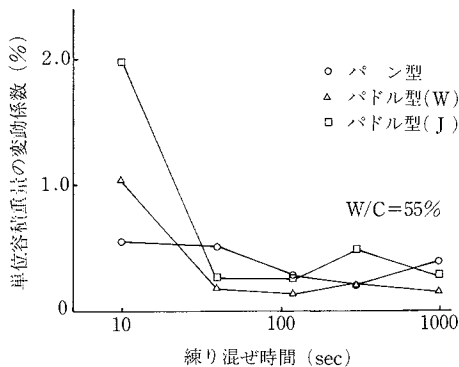


図3 練り混ぜ時間と単位容積重量の変動係数

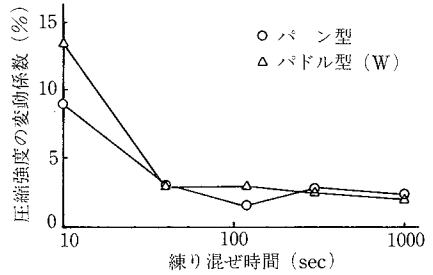


図4 練り混ぜ時間と圧縮強度の変動係数

4. 練り混ぜ時間とコンクリートの品質

練り混ぜ時間を増大させた場合、コンクリートの品質は均一になるが、その品質が練り混ぜ時間によってどのように変化するかを調べた。

コンクリートの練り混ぜ時間を10秒から1000秒まで変化させると、全く同じ配合のコンクリートであってもその品質は大きく変化する。図5は、練り混ぜ時間とスランプとの関係を示したもので、スランプは練り混ぜ時間の増加にともない増大し、100~300秒で最大となり、その後減少する。この現象はミキサの種類、羽根の種類のいかに問わず認められるもので、スランプ15cm以上のコンクリートについて行われた他の研究結果も同様である<sup>12)</sup>。

一方、コンクリートの圧縮強度の平均値については、いずれのミキサおよび羽根を用いても練り混ぜ時間が増加するにつれ増大し、練り混ぜ時間1000秒のコンクリート強度は10秒の場合より約150kg/cm<sup>2</sup>高い強度となっている。

このような傾向は、使用するミキサおよび羽根形状によって若干異なるが、練り混ぜ時のミキサ消費電力を指標としてまとめると図6および図7となる。これらの図に示されるように、ミキサの種類および羽根形状が異なる

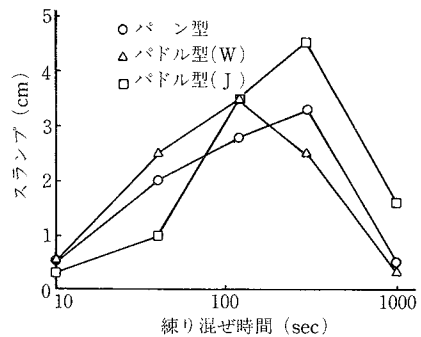


図5 練り混ぜ時間とスランプとの関係

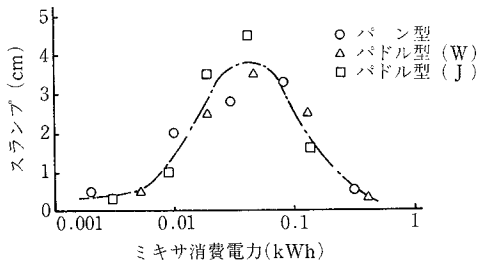


図 6 ミキサ消費電力とスランプとの関係

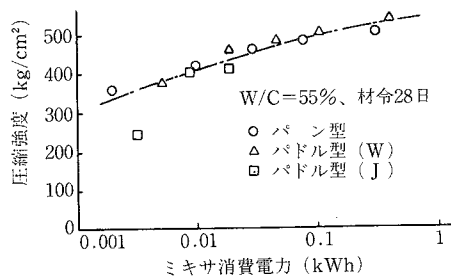


図 7 ミキサ消費電力と圧縮強度との関係

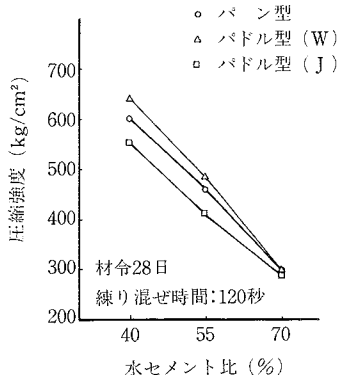


図 8 異なるミキサを使用した場合の圧縮強度と水セメント比との関係

る場合でも、ミキサ消費電力が同じであれば、ほぼ同じ品質のコンクリートが得られる。ミキサ消費電力は、ミキサで消費される電力全体であるため、厳密にはコンクリートに与えられたエネルギーということではできないが、簡便に計測することのできる1つの指標である。本研究では測定を行うことができなかったが、より望ましい指標としてはミキサのトルクが考えられる。

図6および図7に示したコンクリートの場合、ワーカビリティと圧縮強度とを考慮に入れると、練り混ぜ時間はコンクリート品質のバラツキが一定となる40秒では不十分で、スランプが最も大きくなるミキサ消費電力量0.04~0.05kWh(コンクリート量:25l)程度のときに、最も望ましいコンクリートが得られることになる。この望ましい条件を本研究で用いたミキサに当てはめると、パン型で約3分、パドル型ミキサJ型で約5分、W型で約2分となり、JISの試験で均一となる時間(約40秒)よりもかなり長い時間を必要とする。ミキサの種類および羽根形状が異なると、望ましい練り混ぜ時間はかなり異なったものとなるが、これはミキサの練り混ぜ性能の違いに起因していると言えよう。逆に、ここに示したような試験を行えば、ミキサの練り混ぜ性能を比較することができることになる。

練り混ぜ性能の異なる上記3種類のミキサを用い、練り混ぜ時間を120秒と一定にし、水セメント比の異なるコ

ンクリートの強度を調べたものが図8である。この図から明らかなように、練り混ぜ性能が異なるミキサを用い、同じ練り混ぜ時間とすると、得られるコンクリートの強度は水セメント比が小さい場合ほどその違いが顕著となる。すなわち、製造するコンクリートが高強度であればあるほど、ミキサの練り混ぜ性能の違いは大きな影響を及ぼすことになり、ミキサや練り混ぜ時間の選定に注意を要する。もし、同じミキサで高強度コンクリートを製造しなければならない場合には、練り混ぜ時間をかなり増大させることが必要となる。

### 5. 練り混ぜ時の単位時間当たりミキサ消費電力

練り混ぜ時の単位時間当たりミキサ消費電力が、どのように変化するかを示したものが図9である。この図から明らかなように、単位時間当たりミキサ消費電力量は、練り混ぜ時間と共に変化している。いずれのミキサの場合にも、練り混ぜ開始時は高い消費電力量を示すが、時間の経過と共に減少し、ある程度時間が経過すると最小となり、その後増加へと転じている。

コンクリート練り混ぜ時において、単位時間当たりミキサ消費電力が変化するという事は、練り混ぜられているコンクリートの抵抗が変化していることになり、練り混ぜ中のコンクリートの品質に変化が生じているはずである。そこで、コンクリートの品質としてスランプを取り上げ、図9と図5とを比較した。これらの図を比較すると明らかなように、いずれのミキサの場合にも、単位時間当たりミキサ消費電力が最小となるときに、コンクリートのスランプはほぼ最大となり、単位時間当たりミキサ消費電力が大きい場合にはスランプは小さい。

このように、単位時間当たりミキサ消費電力が最小値を示す原因を明らかにするために、次のような検討を実

研究速報

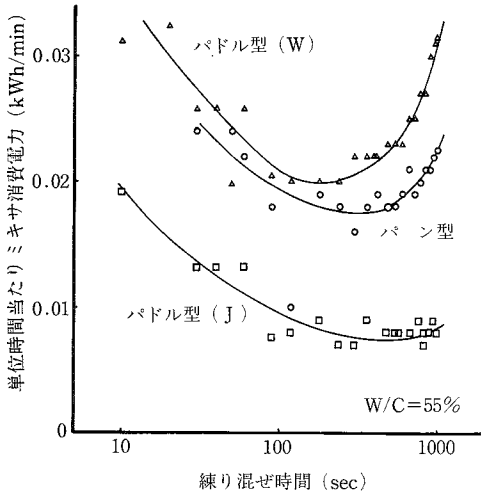


図9 異なるミキサを使用した場合の単位時間当たりミキサ消費電力の変化

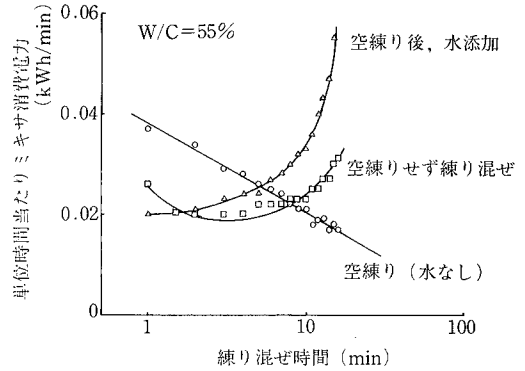


図10 空練り時および水添加後の単位時間当たりミキサ消費電力の変化

施した。

図10は、コンクリートの配合を表1のW/Cが55%の配合とし、(1)表乾状態の骨材とセメントだけで、水を加えずにミキサで空練りした場合、(2)表乾状態の骨材とセメントを空練りしたものに、水を加えて練り混ぜた場合、(3)表面水率4%の細骨材、表乾状態の粗骨材、およびセメントと水をミキサに入れ、練り混ぜた場合の3種類について単位当たりミキサ消費電力を調べた結果を示したものである。

この図から明瞭にわかることは、空練りの場合にはいくら練り混ぜ時間を長くしても、単位時間当たりミキサ消費電力は減少するだけで、それもほぼ時間の対数に比例している。一方、空練り後水をいれて練り混ぜると、今度は単位時間当たりミキサ消費電力は練り混ぜ時間の増大にともなって、増加する一方である。すなわち、(1)および(2)のいずれの場合にも、(3)に示すような最小値を取ることはない。これらのことから、(3)のような普通の練り混ぜを行っている場合、ミキサでのコンクリートの練り混ぜ機構は次のようになっているものと考えられる。すなわち、ミキサでの練り混ぜ開始初期においては、コンクリート材料の「混合・分散」が行われ、ミキサの消費電力もこれに費やされる。しかし、コンクリート材料が均一になった後では、「練る」操作が主に行われ、コンクリートが練れてくると、コンクリートの抵抗は大きなものになると考えられる。このようにミキサでの練り混ぜ機構を分けて考えると、コンクリートの「練り混ぜ」がどのように行われているかを明らかにするうえで参考になるものと思われ、「分割練り混ぜ方法」<sup>1)</sup>と

の違いなどについても、明らかにすることができるものと考えられる。

6. あとがき

本研究で得られた以上の結果から、ミキサの練り混ぜ時間を決定する場合によく用いられているJIS A 1119を利用した方法は必ずしも十分でなく、その他のコンクリートの品質変化についても考慮することが必要である。このJISの試験方法は、コンクリート中のモルタルおよび粗骨材量のバラツキを調べるものであって、ミキサの選定や練り混ぜ時間などを定める場合に必要な、フレッシュコンクリートおよび硬化コンクリートの諸特性までを評価の対象としていない点に注意することが必要である。

本研究を実施するにあたり、実験に御協力頂いた株式会社愛工舎製作所ならびに東京大学生産技術研究所第5部小林研究室の方々に感謝の意を表す。

(1987年6月19日受理)

参考文献

- 1) 高木, 草野, 曾我: コンクリートミキサの練りませ性能に関する一考察, 一強制練りパン型の場合一, フレッシュコンクリートの物性とそ施工への適用に関するシンポジウム論文集, 土木学会, 昭和61年3月
- 2) 岸, 稲垣, 山田, 渡部: ミキサの形式・容量がコンクリートの品質に及ぼす影響, フレッシュコンクリートの物性とそ施工への適用に関するシンポジウム論文集, 土木学会, 昭和61年3月
- 3) 庄野, 杉山, 田沢: コンクリートミキサの練りませ性能に関する一考察, 一可傾式ミキサの場合一, フレッシュコンクリートの物性とそ施工への適用に関するシンポジウム論文集, 土木学会, 昭和61年3月
- 4) 魚本健人: 分割方式によるコンクリートの練り混ぜ方法に関する基礎的研究, コンクリート工学(論文), Vol. 20, No. 9, 1982. 9