

傾胴式ミキサの練混ぜ性能に関する検討

東京大学大学院 正会員 ○吉國 美涼
 東京大学生産技術研究所 正会員 加藤 佳孝
 東京大学生産技術研究所 F 会員 魚本 健人

1. はじめに

コンクリートミキサの構造形式は、多種多様にわたっており、用途に合わせてさまざまなミキサが開発されている。しかし、コンクリートの練混ぜ機構については、未解明な部分が多く、ミキサの構造設計や操作方法は、経験的育った技術に頼っているのが現状である。一方、魚本ら¹⁾は、これまでにミキサの大きさに関わらず、パン型ミキサおよび二軸強制練りミキサの場合、ミキサの単位体積当たりの消費電力を一つの指標としてコンクリートの品質変化を予測できることを示している。そこで本研究では、近年、CSG 混合等に新たな重力式のミキサが開発されていることを踏まえ、傾胴式（重力式）ミキサを使用した場合に、コンクリートの品質がどのように変化するか実験的に検討し、魚本ら¹⁾の結果と比較検討を行なった。

2. 実験および解析概要

表-1 コンクリートの配合

W/C(%)	s/a(%)	単位量(kg/m ³)			
		W	C	S	G
55	45	181	329	823	1031

実験に用いた材料を以下に示す。セメントは普通ポルトランドセメントで、細骨材は川砂（密度：2630kg/m³，吸水率：2.19%，F.M：2.70）を、また粗骨材は最大寸法 20mm の碎石（密度：2700kg/m³，吸水率：0.61%）を用いた。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、細骨材の表面水率を 0.5～1.0%の範囲となるように、また粗骨材は表面乾燥状態となるように調整して用いた。実験に用いた傾胴式コンクリートミキサはドラム練り上げ量が 1.5 切（40 リットル）、口径×ドラム径×ドラム長が 300×520×530mm，ドラムの傾斜角度が 20 度である。

コンクリートの配合を表-1 に示す。水セメント比は 55%，細骨材率は 45%とし、混和剤は使用しなかった。なお、コンクリートの配合は、傾胴式ミキサ（練混ぜ量：30 リットル，ミキサの傾斜角度：20 度，ドラムの回転数：30rpm）で 300 秒練り混ぜたときにスランプ 8cm となるよう試し練りを行って定めた。

実験の要因は、コンクリートの練り混ぜ量（20，30，40 リットル）および回転数（20，30rpm）とした。練り混ぜ時間は 10 秒から 1800 秒までとし、各練り混ぜ時間後におけるコンクリートのスランプ，空気量，圧縮強度およびミキサの積算電力量を測定した。

3. 結果および考察

図-1 にスランプと練混ぜ時間の関係を示す。スランプは練混ぜ時間の増加にともない増加し、ある練混ぜ時間で最大となり、その後減少した。この現象はパン型ミキサおよび二軸強制練りミキサの場合にも認められるもので、魚本らの試験結果と同様である。ある練混ぜ時間でスランプが最大となるのは、練混ぜが進むほどセメントが分散すると考えると、セメントの凝集の程度により最も流動性が高くなる点が存在するのではないかと考えられる。ミキサの回転数を 20rpm，30rpm と変化させると、スランプが最大となる練混ぜ時間は回転数が 20rpm の場合約 300 秒，30rpm の場合約 180 秒となった。これをミキサの回転回数で表すと両者とも 90～100 回転であり、ほとんど大差はなかった。一般に、容器回転形混合機の混合速度は、遠心力の影響により、ある回転数でピーク値を示すことが知られているが、今回の検討範囲内では、遠心力の影響は小さいと考えられる。

図-2 に各練混ぜ時間でのスランプ測定値と最大スランプ値の比を相対スランプとして、ミキサの単位体積当たりの積算消費電力量との関係を示す。単位体積当たりの積算電力量とは実測の積算電力量から空練時の積算

キーワード 傾胴式ミキサ，積算電力量，練混ぜ

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 魚本研究室 TEL 03-5452-6393

電力量を引いた値を練混ぜ量で割ったものである。スランプの最大値は、各実験ケースにおいて、ミキサの消費電力量とスランプの関係を二次曲線で回帰して推定した値を用いた。グラフに示す実線は、魚本ら¹⁾の実験によるスランプの変化曲線 ($SI_r = 95.74 - 29.07 \log P - 49.63 (\log P)^2 \dots$ (1) ただし SI_r : 相対スランプ (各練り混ぜ時間でのスランプ SI と最大スランプ SI_{max} の比 $= (SI/SI_{max}) \times 100$)、 P : ミキサの消費電力量 (wh/L)) であり、点線が $\pm 10\%$ の値である。図から傾胴式ミキサの場合もスランプは、ミキサ消費電力量の増大に伴って増加し、最大値に達した後に減少している。また、式 (1) と比較して傾胴式ミキサの場合、同一の積算電力量では、相対スランプ値は、10%ほど低下し、逆に既往の研究と同等の相対スランプを得るためには、ミキサの積算電力量が大きくなる。このことから傾胴式ミキサは、パン型ミキサや二軸強制練りミキサと比較して、ミキサの動力を効率的にコンクリートに伝えられていないことがわかる。

図-3 に各実験ケースごとに単位体積当たりの積算消費電力量が 1wh/l 時の空気量を 100 とした相対空気量とミキサの単位体積当たりの積算消費電力量の関係を示す。グラフに示す実線は、魚本ら¹⁾の実験による実験式 (相対空気量 $Air_r = 100.0 - 15.7 \log P + 15.7 (\log P)^2 \dots$ (2)) であり、ミキサの単位体積当たりの積算消費電力量が約 0.5wh/l 以上での相関が強いとされている。なお、単位体積当たりの積算消費電力量が 1wh/l というのは、ある程度練混ぜが行なわれた後であり、空気量の変化が落ち着いた状態である。練混ぜ量 40 リットルの場合を除き、空気量は式 (2) より大きな値を取り相関性はあまりなく、練混ぜが進むにつれ、一度ピーク値を示し、その後、再び増加する傾向が認められた。このことから、練混ぜ量が少ない場合、傾胴式ミキサは、練混ぜ過ぎると、再び空気を巻き込みながら混練を行っていると考えられる。また、練混ぜ量が 40 リットルと多い場合は、ミキサにより空気を巻き込む力よりもコンクリートの自重の影響の方が大きいと考えられる。

図-4 に空気量の場合と同様な方法により、単位体積当たりの積算消費電力量が 1wh/l 時の圧縮強度を 100 とした相対圧縮強度を求め、ミキサの単位体積当たりの積算消費電力量との関係を示す。グラフに示す実線は、魚本ら¹⁾の実験による実験式 (相対空気量 $CS_r = 100.0 + 9.407 \log P \dots$ (3)) であり、点線が $\pm 10\%$ の値である。図から明らかなように傾胴式ミキサの場合も圧縮強度は、式 (3) と強い相関性が認められ、ほぼ $\pm 10\%$ の範囲にプロットされている。

4. まとめ

傾胴式ミキサの場合、2 軸型やパン型ミキサと同様に、コンクリートの品質は単位容積当たりの積算電力量で変化するが、ミキサの積算電力量のみによって評価することは難しい。

参考文献

- 1) 魚本健人ほか: 新しいコンクリート製造管理システムに関する研究, 生産技術研究所報告, 第39巻 第1号, 1997.3

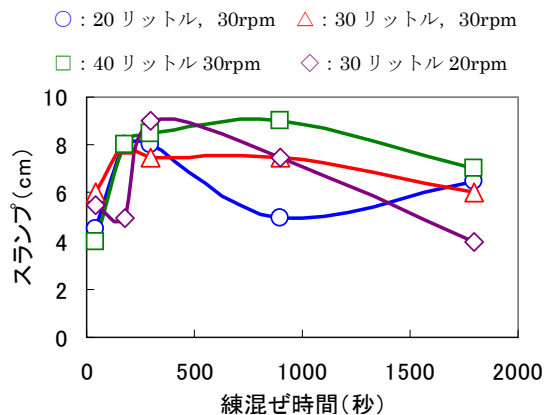


図-1 スランプ試験結果

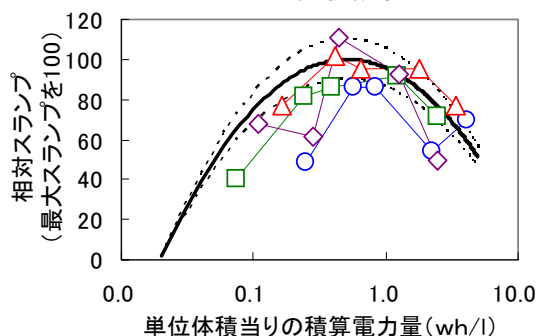


図-2 既往の変化曲線との比較 (スランプ)

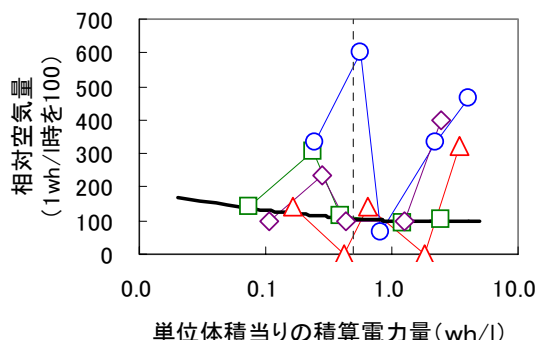


図-3 既往の変化曲線との比較 (空気量)

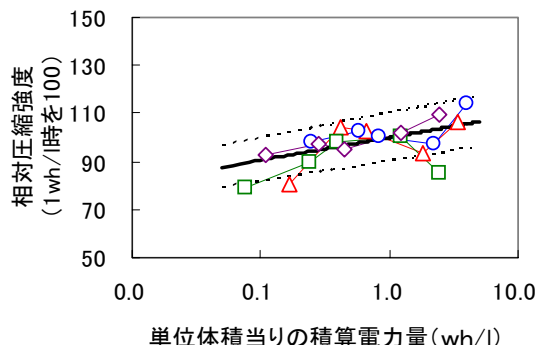


図-4 既往の変化曲線との比較 (圧縮強度)