

V-251 ミキサのトルク変動に基づくコンクリートの物性評価

前田建設工業（株） 正会員 渡部 正
同 上 正会員 牧野 英久
同 上 正会員 山田 一字

1. はじめに

コンクリート練り混ぜ時のミキサの動力消費は、①ミキサ内の物質を運動させるのに要する正味の動力、②ミキサの羽根を回転させるのに要する動力、③減速機や動力伝達装置の摩擦損失に費やされる動力等からなっている。この動力消費量は、モーターの消費電力や回転羽根のトルク変動を測定することによって知ることができる。強制練りミキサの場合には、実質的な練り混ぜに関与する正味の動力は、回転羽根によってもたらされるコンクリートの圧力抵抗、せん断力および回転に伴う慣性抵抗の総和であるといえる。⁽¹⁾したがって、特定のミキサにおける動力消費量は、練り混ぜるコンクリートの流動性、密度、練り混ぜ量および回転速度の影響を大きく受けるものと考えられる。

以上の観点を踏まえ、本実験では、ミキサの操作条件が同一であるという条件の下で、コンクリートの流動性の支配的要因であるスランプ値と動力消費量、特に回転トルクとの相関性について明らかにした。

2. 実験概要

今回の実験で使用したミキサは、可傾式2切（周速 1.03 m/s）とパン型強制練りミキサ（容量 100ℓ、周速 0～3.0 m/s可変式）であり、後者のミキサは、練り混ぜ時の回転トルクが測定できるよう羽根の回転軸にトルクメーター（TP-100KMCB）を取り付けたものである。コンクリートの標準配合は、表-1に示すとおりであり、練り混ぜは、ミキサ停止状態のもとで各材料を層状に2回に分けて投入し、それから所定時間回転させる方法とした。

練り混ぜ時には、回転羽根のトルク変動およびモーターの消費電力量（デジタルパワーメーター2533を使用）を測定した。そして、練り混ぜ終了後バッチ内の3箇所からコンクリートを採取して各々スランプ試験を行ない、それらの平均値をスランプ値とした。

実験は、練り混ぜ進行過程におけるスランプ変化、および、単位水量が異なる配合におけるスランプと動力消費量の関係を見出すことを目的とし、練り混ぜ時間を10～2000秒と広範囲に変化させ、かつ単位水量を150～180 kg/m³とした配合について実施した。

3. 実験結果

(1) 練り混ぜ進行過程におけるスランプ変化要因

スランプは、練り混ぜ進行初期の段階では増加傾向を示し、ある特定の時間で最大値となりその後減少傾向を示すことが明らかとなっている。⁽²⁾そして、その変化傾向は、使用するミキサの種類、配合特性によって大きく異なるため、スランプに対して練り混ぜ時間という操作条件も大きな影響因子となり得る。

図-1は、表-1中のコンクリートおよびセメントを

表-1 コンクリートの標準配合

粗骨材 の 最大寸法 (mm)	W/C (%)	S/a (%)	水 W	単 位 量 (kg/m ³)				
				セメント		粗骨材G		混和剤 Ad
				C	S	10~20mm	5~10mm	
20	55	49	180	327	868	558	372	0.033

セメント：普通ポルトランドセメント

細骨材：大井川産川砂，比重2.62，吸水率1.07%，粗粒率2.70

粗骨材：秩父産硬質砂岩，比重2.70，吸水率0.64%

混和剤：天然樹脂系A E剤

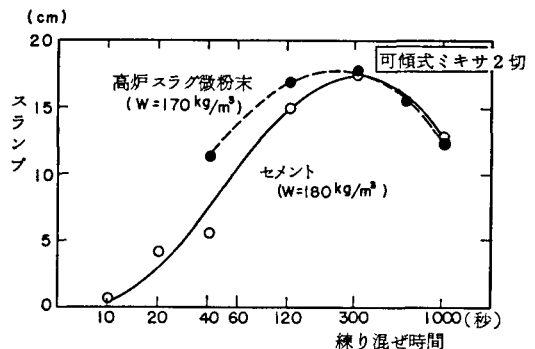


図-1 セメントを高炉スラグ微粉末で置き変えた場合の練り混ぜ時間とスランプの関係（可傾式2切ミキサ）

全量高炉スラグ微粉末で置き換えた場合の練り混ぜ時間とスランプの関係を示したものである。このように、不活性な高炉スラグ微粉末を使用した場合でもコンクリートとまったく同様な傾向を示すことが明らかとなった。このことは、粉粒体と液体との充てん形態が、練り混ぜ初期の段階ではペンジュラー状態からファニキュラー状態へと移行している過程で、それ以降においてスランプが最大値に達して減少傾向を示すのは、キャピラリー状態に移行し粉粒体の分散がより一層進んでいるためであろうと推測される。

（2）消費電力変化曲線

パン型ミキサにおける練り混ぜ進行時のスランプおよびトルク、消費電力の変化曲線は図-2に示したとおりであった。これらの値は、各バッチ毎のものであり、トルクと消費電力は練り混ぜ終了直前の値からミキサ空転時の値を差し引いたものである。

図から明らかなように、トルク変化曲線は練り混ぜ進行に伴うスランプ変化と良い対応を示しており、スランプが最大の時にトルクが最小となっている。一方、消費電力は、スランプが最大値を示した以降の練り混ぜ時間ではほぼ定常状態となっておりスランプ変化との対応が認められなかった。

（3）スランプ値と消費電力の関係

図-3は、スランプ値とトルク、消費電力の関係を示したものであり、図-2の実験データに加え単位水量を変えた配合のもの（練り混ぜ時間 120 秒）もプロットした。このように、トルクは、単位水量および練り混ぜ時間の違いにかかわらずスランプ値との相関性が優れていることが明らかとなった。また、消費電力は前述したように練り混ぜ時間の違いによるスランプ値とは相関性が認められないが、単位水量の違いによるスランプ変化とは良い対応を示していた。

練り混ぜ時のミキサ回転トルクを測定するということは、フレッシュコンクリートのレオロジー量を測定する各種原理⁽³⁾と基本的には同一であり、コンクリートの流動特性を評価する方法として合理的であるものと考えられる。

4. まとめ

本実験の結果、練り混ぜ進行過程におけるスランプの変化および単位水量の違いによるスランプの変化は、ミキサ回転羽根のトルク変動にて的確にとらえられることが明らかとなった。今後、他の配合特性および練り混ぜ量、回転速度という操作条件の影響についても実験的に検討し、練り混ぜ時におけるコンクリート品質の評価指標としての有用性を確認する予定である。〔参考文献〕（1）日本粉体工業協会編：混合混練技術，日刊工業新聞社（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施工への適用に関するシンポジウム，土木学会（3）例えば，明石，角田，森本：Two-point workability Testによるフレッシュコンクリートの物性値測定，同上シンポジウム

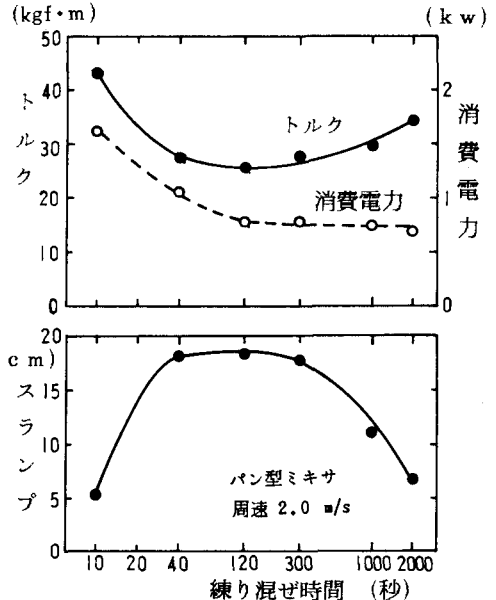


図-2 練り混ぜ進行過程におけるスランプトルク，消費電力の変化

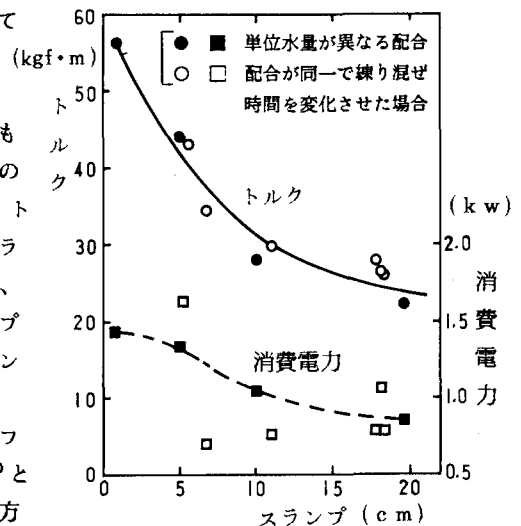


図-3 スランプとトルク，消費電力の関係