

# 練混ぜ抵抗を用いたワーカビリティ評価方法

東京理科大学 正会員 辻 正哲  
東京理科大学 学生会員 澤本 武博  
東京理科大学 学生会員 梅田 慎也  
東京理科大学 佐藤 伸好

## 1. はじめに

フレッシュコンクリートのレオロジー定数の測定には、回転粘度計や傾斜管試験等が提案されているが、これらの試験方法は複雑であることや清掃が困難であること等から、実際の製造工程における品質管理または配合選定の目的ではほとんど用いられていないのが現状である。一方、コンクリートが硬練りとなったり材料分離が生じたりすると、骨材のかみ合わせの影響が無視できなくなる。また、粘性係数が同一であっても、使用する骨材の比重、最大寸法、粒形や粒度分布等の変化によっても、材料分離に対する抵抗性は異なる。

本研究では、練混ぜ速度を2段階に変化させ、それぞれの速度下でのミキサの負荷電流より降伏値と粘性係数に関係する指標を求める手法を提案する。さらに、求められた値より所望の材料分離に対する抵抗性を確認できない場合には、ミキサを一時停止し再度練混ぜを開始する際のミキサの負荷電流と一時停止前の定常状態で求めたミキサの負荷電流の差を用いて、直接的に材料分離に対する抵抗性を評価する方法も提案する。

## 2. 実験概要

使用した材料は、普通ポルトランドセメント、鬼怒川産川砂および山梨産砕石である。混和剤には、ポリカルボン酸系の高性能 AE 減水剤、セルロース系の増粘剤 A および多糖類系バイオポリマーの増粘剤 B を使用した。そして、水セメント比 (28% ~ 60%)、高性能 AE 減水剤の添加量 ( $C \times 1.5\% \sim 2.0\%$ ) および増粘剤の添加量 ( $W \times 0\% \sim 1.0\%$ ) をそれぞれ変化させて実験を行った。

コンクリートの練混ぜにはオムニミキサを使用し、低速 (240rpm) で1分間、高速 (480rpm) で5分間練り混ぜた後、図-1に示す手順で、高速練混ぜ時の負荷電流( $T_H$ )に続いて低速練混ぜ時の負荷電流( $T_L$ )の測定を行った。そして、 $T_H$ と $T_L$ の関係より、材料分離の可能性が認められた時のみ、ミキサを1分間停止させた後、再度低速で練混ぜた時の負荷電流( $T_L'$ )の測定を行った。また、比較のため、練上がり直後にV漏斗試験 (JSCE 規準)、スランプフロー試験 (JSCE 規準) および RS 貫入試験<sup>1)</sup> (JCI 規格) を行った。

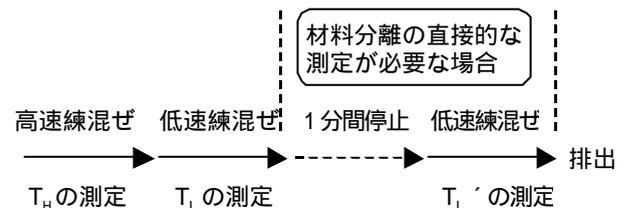


図-1 新しく提案したワーカビリティの評価手法

## 3. 実験結果および考察

V 漏斗流下時間と  $T_H$  および  $T_L$  の関係は、図-2 に示す通りである。なお、表示した負荷電流は測定値より同一回転数における空転時の電流を差し引いた値で示した。V 漏斗流下時間が長くなるに伴い、 $T_H$  および  $T_L$  は増加する傾向にあった。これは、流動性の低下に伴いコンクリートの降伏値および粘性が大きくなったためと考えられる。しかし、降伏値と粘性係数の間には一定の関係がないため、水セメント比、高性能 AE 減水剤の添加量や増粘剤の添加量を変化させた場合、 $T_H$  または  $T_L$  と V 漏斗流下時間との傾向が少し異なっている。しかし、図-3 に示すように、 $T_H$  と  $T_L$  の差と V 漏斗流下時間との関係は、V 漏斗流下時間が 20 秒以下の範囲ではほぼ線形関係となった。ここで、ミキサの負荷電流はモーターに発生するトルクにおおむね比例すると考え、またフレッシュコンクリートの練混ぜ抵抗を (1) 式および (2) 式のように仮定する。

キーワード：フレッシュコンクリート、練混ぜ、ミキサ負荷電流、ワーカビリティ、材料分離

連絡先：〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 TEL 0471-24-1501(内線 4054) FAX 0471-23-9766

$$T_H = a + b \cdot \dot{\omega}_H \dots (1) \quad T_L = a + b \cdot \dot{\omega}_L \dots (2)$$

T: ミキサのトルク a: 降伏値に関する指標 b: 粘性係数に関する指標  $\dot{\omega}$ : ミキサの羽根の回転速度 (HおよびLは、それぞれ高速練混ぜ時および低速練混ぜ時の値を示す)

(1)式より(2)式を引き、高速および低速時の羽根の回転速度が一定であることを考慮すると、 $T_H$ と $T_L$ の差には降伏値に関する指標は反映されず、粘性に関する指標のみが反映されることになる。よって、図-3に示したように、 $T_H$ と $T_L$ の差は、主に粘性を反映するといわれているV漏斗流下時間と良い相関関係を示したと考えられる。一方、測定値 $T_H$ 、 $T_L$ 、 $\dot{\omega}_H$ および $\dot{\omega}_L$ を(1)および(2)式に代入すると、aおよびbは連立方程式によって求められるはずである。しかし、粘性に関する指標は(1)式より(2)式を差し引くことによりaを消去して求めることができたが、aを求めるに当たっては電流値の差ではなく電流そのものの値が大きく影響する。そのため、空転時の電流を適確に精度良く求める必要があるが、今回はインバータを用いて回転数を変化させかつインバータへの入力側で電流を測定したため、aの値を直接求めることは困難となった。よって、 $T_H$ および $T_L$ と先に求めた粘性に関する指標より、降伏値に関する指標を求めてみた。なお、ここでは、 $T_H$ を用いて、(3)式を仮定した。

$$\text{降伏値に関する指標} = T_H - (T_H - T_L) \dots (3)$$

そして、スランプフローとの相関関係が良くなるように最小自乗法により  $\dot{\omega}$  を 0.1 と求めた。なお、変化させたパラメータ別に得られたデータ数の違いは重みによって補正した。図4に示したように、求めた降伏値に関する指標とスランプフローは、比較的良い相関関係を示している。以上の傾向は、最終的なコンクリートの行き渡りに関係するスランプフローおよび材料分離に対する抵抗性を相対的に判断できる粘性を、ミキサの負荷電流より推定できることを表していると解決できる。

図5は、 $T_L'$ と $T_L$ との差をRS停止間隔の関係で示したものである。RS停止間隔が3cm以上になると骨材が著しく分離しやすいと判断すると<sup>1)</sup>、再起動時に10%以上の負荷電流が増加するものは、著しく骨材が分離しやすいと判定できることになる。これは、ミキサの停止によって、ミキサの底部に骨材が沈降し、骨材のかみ合わせによる抵抗が大きくなったためと考えられる。

#### 4. まとめ

練混ぜ速度を2段階に変化させた時に求まる2つの練混ぜ抵抗を組み合わせることにより、降伏値・粘性係数に関する指標を求めるという新しいワーカビリティ評価手法を提案できた。その評価によって、粘性が小さく材料分離が発生する可能性があるかと推定された場合には、ミキサを一時停止させ再度練り混ぜる際の抵抗の増加より材料分離の程度を直接評価する方法も提案できた。

[参考文献] 1)辻正哲、舌間孝一郎、伊藤幸広：高流動コンクリート用増粘剤の性能評価に関する基礎的研究、土木学会高流動コンクリートシンポジウム論文報告集、PP. 163-168、(1996)

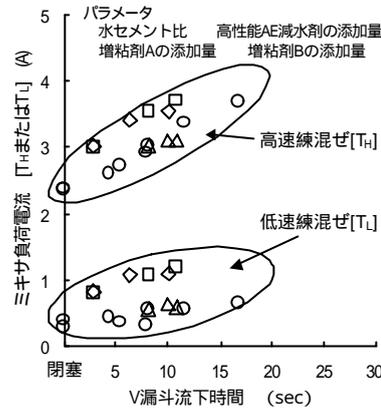


図-2 V 漏斗流下時間と  $T_H$  および  $T_L$  の関係

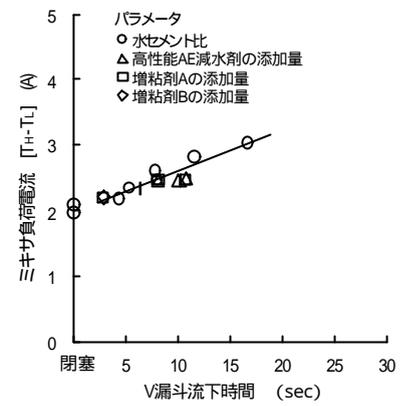


図-3 V 漏斗流下時間と  $[T_H - T_L]$  の関係

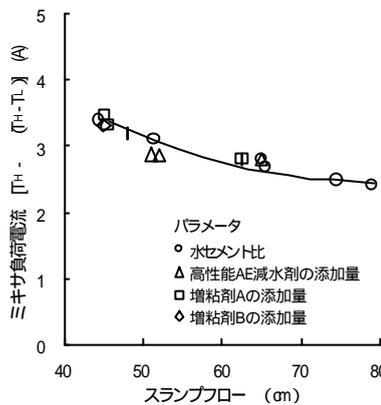


図-4 スランプフローと  $[T_H - (T_H - T_L)]$  の関係

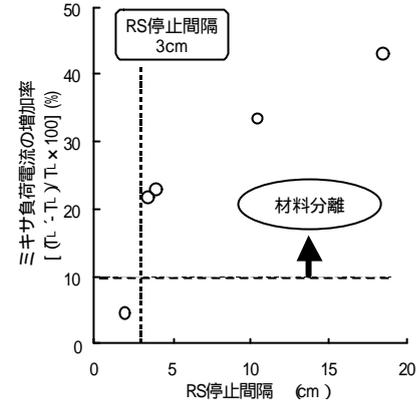


図-5 RS 停止間隔と  $[(T_L' - T_L) / T_L]$  の関係