

電気式水分計を用いたフレッシュコンクリート硬化過程のモニタリング手法の研究

一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 ○谷倉 泉
一般社団法人 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 榎園正義

1. はじめに

養生期間内の早期脱型の問題を始めとして、コンクリートの強度発現をより正確に把握する非破壊検査手法の重要性が高まっている。本研究では、電気式水分計を用いたフレッシュコンクリート硬化時のモニタリング手法について確認実験を行い、水分計の適用性を検証したものである。

2. 実験概要

2.1 水分計の種類と主な仕様

水分計の種類は、広く普及している高周波容量式の水分計（HI-520；従来型水分計 A と呼ぶ）と電気抵抗式の水分計 B（HI-100 相当品；新型水分計 B と呼ぶ）を用いた。両水分計の主な仕様を表 2.1 に示す。新型水分計 B は、コンクリートの水分含有量によって電気抵抗が変化することを利用した方式であり、コンクリートの電気抵抗を低い抵抗値（10kΩ）から超高抵抗値（820GΩ）の広範囲な測定ができる特徴がある。また、実験では広範囲な電気抵抗値を取扱いし易くするためのカウント値表示機能を採用した。

表 2.1 水分計の種類と主な仕様

種類	主な仕様
従来型水分計A (HI-520)	①測定方式:高周波容量式(20MHz) ②測定対象:コンクリート、モルタル、ALC他 ③測定範囲:コンクリート(0~12%)、モルタル(0~15%)
新型水分計B (HI-100相当品)	①測定方式:電気抵抗式 ②測定対象:コンクリート床版 ③測定範囲:コンクリート床版(0~6%)、 電気抵抗換算値(カウント値;10~990)

測定方法は、従来型水分計 A は含水率 (%) 表示で、新型水分計 B はカウント値表示として、試験体表面上に上・中・下各 2 箇所合計 6 箇所測定を行った。水分計による測定状況を写真 3.1 に示す。

(3) 実験結果と考察

従来型水分計 A による含水率は、打設直後から 2 時間経過時点までは測定上限値の 12%以上の状態で、その後は 12%以下の測定範囲となったが、バラツキが生じて不安定な状態となった。これは、コンクリートに混入した鋼繊維によって、測定する静電容量が微妙に変化し、その影響を受けるのではないかと考えられる。

一方、新型水分計 B では、SFJC 打設直後の湿潤状態から 1 時間経過後におけるカウント値は 819~最大 990 (10kΩ 以下) で、3.5 時間経過後では急激に低下する傾向を示した。さらに、4 時間経過後ではカウント値 200 (2MΩ) 付近で安定し、鋼繊維の影響を殆ど受けずに乾燥状態に到る傾向が確認された。このカウント値の変化から残留する水分状態の変化（水和反応の経過）が把握でき、硬化状態（強度）の推定が可能と考えられる。

3. フレッシュコンクリート硬化過程のモニタリング

3.1 鋼繊維入り超速硬セメント打設後の適用実験

(1) 実験概要

道路橋床版の部分補修や増厚工法等の短時間施工の条件で使用する鋼繊維入り超速硬セメント（以下、SFJC と呼ぶ）の打設直後から硬化時までの水分量の変化を把握するため、従来型水分計 A と新型水分計 B の 2 種類を用いた比較実験を行った。

(2) 実験方法

試験体は、超速硬セメントを用いた平板コンクリート試験体（□400×400×80mm）を作製した。コンクリートの配合は、基準強度 3 時間で 24N/mm²、W/C38%、s/a51.3%、スランプ 6.5cm、空気量 3.0%、粗骨材の最大寸法 25mm、超速硬セメント、SF100kg/m³とした。また、打設条件は恒温恒湿室 20℃、60%、打設後 3 時間の圧縮強度は平均 27.2N/mm²であった。

3.2 超速硬コンクリート打設後の適用実験

(1) 実験概要

超速硬セメント系の試験体製作時に、コンクリート打設直後から硬化（3 時間）後までの水分量の変化を把握するため、両水分計を用いた比較実験を行った。

(2) 実験方法

超速硬プレミックスコンクリート（製品名；ジェットパック）を用いたコンクリート平板試験体(3 体/回)を（ $400 \times 400 \times 65 \text{ mm}$ ）を 2 回打設し、合計 6 体作製した。また、設計基準強度は 3 時間で 24 N/mm^2 とした。なお、打設後の圧縮強度は 2 時間後で平均 35.4 N/mm^2 、4 時間後で平均 36.8 N/mm^2 であった。

測定点は、試験体表面上に上・中・下各 3 箇所合計 9 箇所測定を行った。

(3) 実験結果と考察

従来型水分計 A は、図 3.2 に示すように打設直後から 2 時間後までは測定値のバラツキが大きく計測不可能な状態であった。また、2.5 時間以降では徐々にバラツキの幅が小さくなる傾向が確認されたが、表示値は $3.0 \sim 4.5\%$ の範囲で常時変動した。この変動の要因としては、表面仕上げの凹凸の影響によるものではないかと考えられる。一方、新型水分計 B（カウント値）では、打設 0.5 時間後から計測が可能な状態となり、2 時間後までは若干のバラツキはあるが、2.5 時間以降は、殆どバラツキがなく安定したカウント値 200 ($2 \text{ M}\Omega$) を示し、水和反応により水分量が減少した表面乾燥状態と考えられる。

以上の結果から、超速硬プレミックスコンクリート打設直後から硬化までの水分量の変化は、新型水分計 B を用いることで把握することが可能である。すなわち、新型水分計 B でカウント値と圧縮強度の関係を求めておけば、カウント値から硬化状態（圧縮強度）の推定が可能と考えられる。

4. まとめ

本実験によって得られた結果は、次のとおりである。

- (1) 電気抵抗式の新型水分計 B を用いたカウント値を管理することで、SFJC、超速硬プレミックスコンクリートの打設直後から硬化過程までのモニタリングが可能である。一方、高周波容量式の従来型水分計 A は、バラツキが大きく適用は困難である。



(a) 従来型水分計 A (b) 新型水分計 B(試作器)

写真 3.1 水分計による測定状況

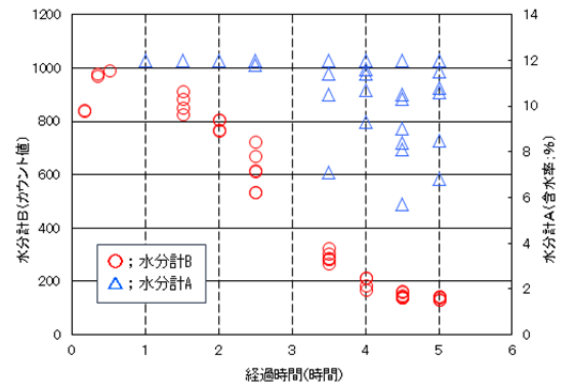
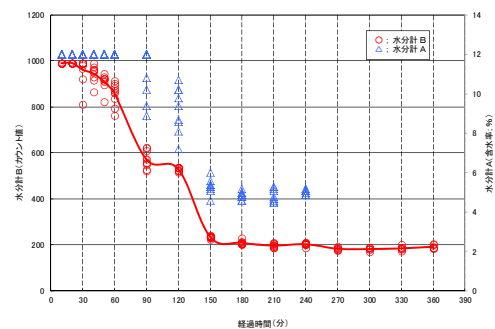
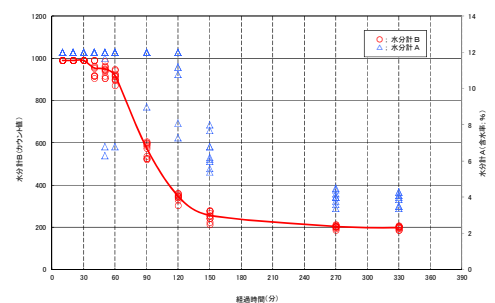


図 3.1 水分量（含水率, カウント値）の経時変化



(a) 打設試験ケース 1



(b) 打設試験ケース 2

図 3.2 水分量（含水率, カウント値）の経時変化

- (2) このカウント値より残留する水分量の変化（水和反応の経過）が把握できることから、あらかじめカウント値と圧縮強度の関係を求めておけば、カウント値から硬化状態の推定が可能と考えられる。