

# 連続式 RI 水分計によって計測されたコンクリートの 単位水量の品質管理への適用に関する検討

## Study on Quality Control of Concrete using the Water Contents Measured with Continuous Radiation Moisture Gauge

前田 智広<sup>※1</sup>      槇島 修<sup>※2</sup>      中根 茂<sup>※3</sup>  
Tomohiro Maeda      Osamu Makishima      Shigeru Nakane  
渡邊 康之<sup>※1</sup>      小原 理恵<sup>※1</sup>      赤城 嘉紀<sup>※1</sup>  
Yasuyuki Watanabe      Masae Ohara      Yoshinori Akagi

【キーワード】 フレッシュコンクリート 単位水量 連続的 RI 水分計 品質管理

### 1. はじめに

フレッシュコンクリートの単位水量測定方法は、強制乾燥による質量変化によって推定する高周波加熱乾燥法（電子レンジ法）、単位容積質量から推定するエアメータ法、コンクリートの電気特性と単位水量の関係から推定する静電容量法など多様な試験方法が提案され適用されている<sup>1),2)</sup>。ただし、これらの測定方法は、サンプリングしたわずかな量の試料を測定対象とする試験であるため、生コン車1台の平均的な単位水量を代表しているとは考えられない。そのため、単位水量の判定には、一定のサンプリングや、測定などによる誤差を考慮して判定値が設定されている<sup>1)</sup>。

そのような中で、コンクリート全量を対象に測定し、生コン車1台分の単位水量の平均値を推定する連続式RI法がある。この方法は、ポンプ配管内を移動するコンクリートの単位水量を放射性同位元素(RI)を用いて連続的に測定する方法である。また、測定対象とするコンクリートの単位水量の真値が確認できる室内試験を事前に行う場合には極めて高い測定精度が期待できる方法である<sup>3)</sup>。

そこで、連続式RI水分計を用いて実工事におけるフレッシュコンクリートの単位水量を計測し、単位水量の変動状況を検証するとともに品質管理への適用について検討した。また、既往の測定方法である静電容量法およびエアメータ法によって単位水量を測定し、試験方法の差異による測定結果についても比較し、課題を整理した。

### 2. 実験概要

#### 2.1 連続式RI水分計の測定原理

連続式RI水分計は、**図-1**、**写真-1**に示すようにコンクリートのポンプ配管に配置し、ポンプ中を移動するコンクリートの水分量および密度を測定するものである。システムは、中性子線水分計とγ線密度計で構成され、

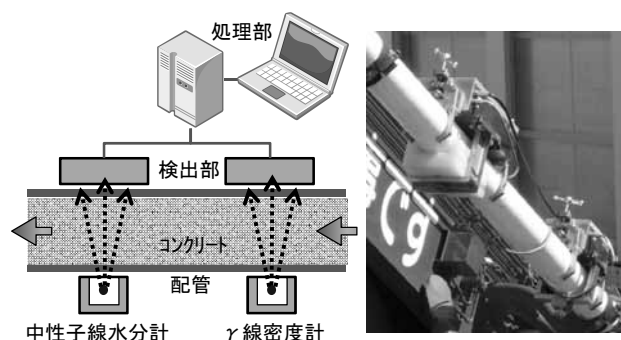


図-1 測定機器概要図

写真-1 設置状況

それぞれ検出部で計測される中性子線およびγ線の透過量から通過するコンクリートの水分量と密度が測定される。これにより、配管内のコンクリートの単位水量をリアルタイムで算出でき、また、生コン車1台分の圧送開始と終了を指示することで、生コン車1台分の単位水量の平均値を表すことができる。

#### 2.2 実験方法

計測対象とした工事は、配水池の築造工事であり、スラブコンクリートの打設時に測定実験を実施した。実験当日は、1日に344m<sup>3</sup>(生コン車81台分)の打設が予定されており、そのうち276m<sup>3</sup>を連続して測定した。

RI水分計によるフレッシュコンクリートの単位水量の測定は、実工事における276m<sup>3</sup>のコンクリート打設(生コン車65台分)を対象に実施した。なお、RI水分計で測定する場合に必要な単位水量の校正定数は、エアメータ法による10回(1,2,3,12,15,24,32,36,48,59台目)の単位水量測定結果の平均値が同値となるように設定した。

計測対象のコンクリートは、中庸熱ポルトランドセメントを使用した呼び強度21N/mm<sup>2</sup>、目標スランブ8cm、粗骨材寸法20mmであり、単位水量158kg/m<sup>3</sup>、水セメント比53.2%、細骨材率44.6%、目標空気量4.5%である。

静電容量法による測定は、エアメータ法の測定対象と

1. 東日本土木支社 関東土木事業部 小右衛門作業所

2. 土木事業本部 土木技術部 設計G

3. 東日本土木支社 企画G

した生コン車3台(15,32,48台目)を対象に実施した。なお、静電容量法の測定は生コン車1台から採取したコンクリート試料を対象に3回測定を行い平均値とした。

### 3. 試験結果

#### 3.1 単位水量測定結果

連続式 RI 水分計によって測定したフレッシュコンクリートの単位水量を図-2に示す。単位水量の設計値  $158\text{kg/m}^3$  に対して測定された単位水量の平均値が  $154\text{kg/m}^3$  となり、差異は小さく安定した単位水量の管理状況が確認された。また、国土交通省が示す管理値(設計値  $\pm 15\text{kg/m}^3$ )の範囲<sup>2)</sup>を満足するものであった。

単位水量の変動は一定のばらつきを伴いながらも上昇(生コン車番号1~20, 45~52)や下降(生コン車番号20~45台, 52~60台)を繰り返す傾向が見られた。これは、単位水量の変動の主要因である骨材の含水状態の変動状況および骨材の含水状態に応じて行われる単位水量の補正による管理状況を示しているものと推察される。

図-3に示す単位水量の度数分布からも、平均値を中心とした正規分布を示していることが確認され、単位水量の管理状況がうかがえる。

このように、連続式 RI 水分計によって単位水量を連続的に測定することは、生コン車一台ごとの単位水量の変動を明確に捉えることが可能である。また、リアルタイムで製造管理にフィードバックすれば、コンクリートの単位水量の管理だけでなくスランブの変動抑制に対しても有効な手法となるものと考えられる。

#### 3.2 他の測定方法との比較

表-1に各種試験方法による単位水量の測定結果を示す。エアメータ法では、RI水分計と個々の測定値には差異が生じており、 $-11\sim 20\text{kg/m}^3$  と大きなものである。また、エアメータ法による単位水量の標準偏差は  $8.50\text{kg/m}^3$  となっており、RI水分計による単位水量の標準偏差  $3.10\text{kg/m}^3$  と比較しても RI水分計の測定精度が高いことが分かる。また、静電容量法では、RI水分計に比べて平均で  $11\text{kg/m}^3$  大きく評価される傾向が認められた。その値は  $9\sim 12\text{kg/m}^3$  の範囲にあり変動は比較的小さい(標準偏差:  $2.65\text{kg/m}^3$ )。

測定された単位水量とスランブとの関係は、いずれの測定方法も明確な相関が見られなかった。これは、スランブ試験も単位水量試験と同様にサンプリングによるばらつきを含むことと、対象とした試料が単位水量の測定を行ったものと必ずしも同一でないため明確な関係が現れなかったものと考えられる。

### 4. まとめ

以上の結果から、連続式RI水分計によるフレッシュコンクリートの単位水量測定方法は、測定精度が高く相対

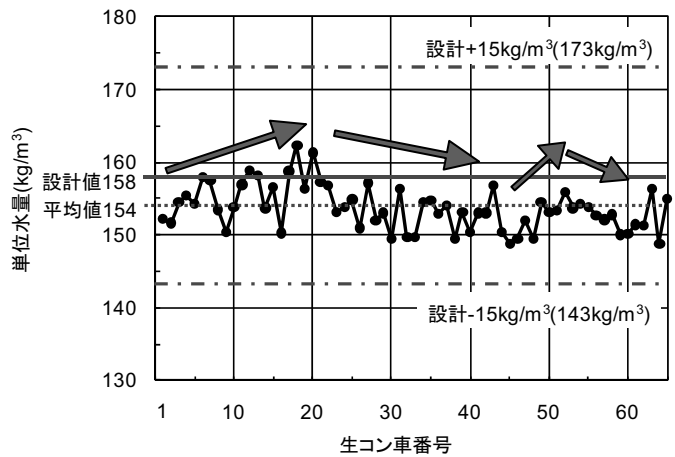


図-2 単位水量測定結果(RI水分計)

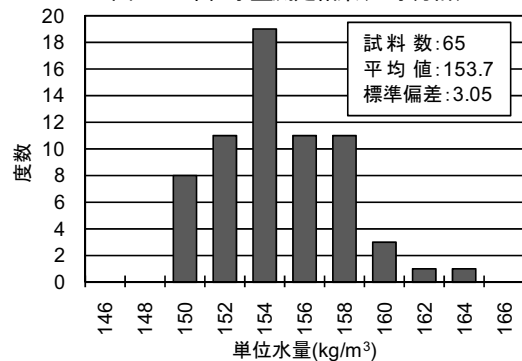


図-3 RI水分計によって計測した単位水量分布

表-1 各種試験方法による単位水量測定結果

車番	スランブ <sup>1)</sup> (cm)	単位水量( $\text{kg/m}^3$ )				
		RI水分計 測定値	エアメータ法 測定値	エアメータ法 RIとの差	静電容量法 測定値	静電容量法 RIとの差
1	8.0	152	154	2	—	—
2	—	152	172	20	—	—
3	—	155	164	9	—	—
12	10.0	159	148	-11	—	—
15	—	157	153	-4	166	9
24	9.5	154	146	-8	—	—
32	—	150	147	-3	162	12
36	8.0	153	146	-7	—	—
48	10.5	150	153	4	161	12
59	10.0	150	150	0	—	—
平均値( $\text{kg/m}^3$ )		153	153	—	163	—
標準偏差( $\text{kg/m}^3$ )		3.10	8.50	—	2.65	—
試料数		10	10	—	3	—

的な単位水量の変動についても高い精度で評価可能であることが確認された。

この方法でフレッシュコンクリートの単位水量を連続的に測定することで単位水量の変動状況および管理状況を的確に把握することが可能となり、この状況確認の結果を使用骨材の表面水管理にフィードバックすることにより、コンクリートの品質管理精度の向上に寄与できるものと期待できる。

#### 【参考文献】

- 1) 日本コンクリート工学協会:フレッシュコンクリートの単位水量迅速測定および管理システム調査研究委員会報告書, 2004.6.
- 2) レディーミクストコンクリートの単位水量測定要領(案):国土交通省, 2004.3.
- 3) 山田雅裕, 森沢友博, 羽瀧貴士, 吉田慎一郎:中性子水分計を用いたコンクリートの単位水量測定技術の検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.25, pp.911-916, 2003.7.