

V-199

RI 水分計によるコンクリートの水量連続モニタリングに関する基礎実験

(財)日本建築総合試験所 材料試験室

正会員 田村 博

(株)竹中工務店 技術研究所

正会員 瀬古繁喜

全国生コンクリート工業組合連合会 中央技術研究所 正会員 鈴木一雄

ソイルアンドロックエンジニアリング(株) 機械部

熊原義文

1. はじめに

フレッシュコンクリートの単位水量測定は一般に試料をその都度採取するバッチ方式によって行われている。これに対し、バッチ方式の測定方法結果が一部の試料の代表値によること、あるいは採取・測定に手間がかかるといった問題点を解決するために、筆者らはポンプ配管中のコンクリートの水量を連続測定できる RI(ラジオアイソトープ)水分計を試作し、その基礎的な性能についてコンクリート圧送実験を行い評価した。

2. 連続式 RI 水分計の概要と較正式

連続式 RI 水分計は、放射線源に線源強度 0.74Mbq(20 μ Ci)の ^{252}Cf を用いた高速中性子(運動エネルギーの大きい中性子)線透過型の水分計である。本水分計では、線源から放出された高速中性子がコンクリート中の水素原子により熱中性子(運動エネルギーの小さい中性子)に減衰されることなく透過してきた数をカウントし、コンクリート中の水分を算定する。線源と検出管は図-1 に示すように、コンクリートポンプ配管の両側に相対して取り付けることにより、ポンプ配管中を流れるコンクリートの単位水量の連続測定が可能となる。本試作機には、コンクリートの密度を測定するために γ 線密度計を併せて取り付け付けた。RI 水分計の較正式は式(1)に示すように、水分計から得られた RI カウント数(N_m)を用いて線源の標準カウント数(S_m)との比(計数率比)により単位水量を算定するものであり、較正係数は、 $C=0.9402$ 、 $D=-0.0014501$ 、 $\alpha=0.1451$ とした。なお、測定値の標準偏差($\sigma \text{ WW}$)は式(2)に示す形となる。

$$N_m/S_m = C \cdot \exp[D\{(WW) + \alpha(UW - WW)\}] \quad \cdots \text{式(1)}$$

 N_m : 試料測定カウント(cpm) S_m : 線源強度を表わす

標準 RI カウント数(cpm)

WW : 試料の単位水量(kg/m³)UW : 試料の密度 (単位容積質量(kg/m³))C, D, α : 較正係数

$$\sigma \text{ WW} = \frac{1}{(1 - \alpha)|D|} \cdot \frac{1}{\sqrt{N_m \cdot ST}} \quad \cdots \text{式(2)}$$

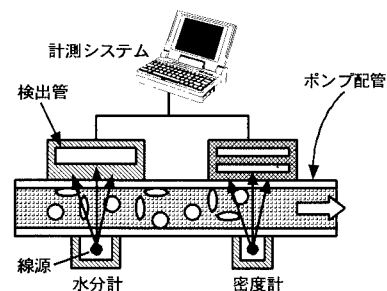


図-1 連続式 RI 水分計の概要

3. 実験概要

(1)実験因子と水準

実験因子はコンクリートの単位水量とし、165kg/m³から 205kg/m³の範囲で 10kg/m³おきに 5 水準設けた。また測定値の再現性について検討するために各々のコンクリートを 3 回製造し、繰り返し測定した。

(2)使用材料とコンクリートの配合

コンクリートに使用した材料は、普通ポルトランドセメント、大井川水系産陸砂(比重 2.61)、飯淵産(比重 2.63)、リグニンスルホン酸化合物による AE 減水剤、ポリカルボン酸エーテルと架橋ポリマー複合体に

キーワード：単位水量、ラジオアイソトープ、連続測定、測定精度

連絡先：〒565-0873 大阪府 吹田市 藤白台 5-8-1

よる高性能 AE 減水剤である。コンクリートの配合は、スランプ $18 \pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5 \pm 1.5\%$ 、単位セメント量 350kg/m^3 として、試験練りにより表-1 のように定めた。

(3)実験方法

実験装置は、スクイズ式ポンプ(最大吐出圧力 3N/mm^2)から全長約 15m の配管を接続し、圧送されたコンクリートコンクリートが再びポンプのホッパに戻るような循環システムとした。RI 水分計はポンプ出口から約 3m の位置に配置し、その近傍に

表-1 コンクリートの配合

No.	水セメント 比(%)	細骨材 率(%)	単位量(kg/m ³)				混和剤	
			水	セメント	細骨材	粗骨材	単位量	種類
1	58.6	42.8	205	350	722	953	—	なし
2	55.7	43.7	195		748		0.613	AE減水剤
3	52.9	45.1	185		774		0.875	
4	50.0	45.8	175		801		3.80	高性能
5	47.1	46.6	165		827		5.02	AE減水剤

は圧力ゲージ(ダイヤフラム型、容量 0.2N/mm^2)を取り付けた。実験条件は圧送時の配管の圧力勾配が各々の調合のコンクリートでほぼ一定($0.005\text{N/mm}^2/\text{m}$)となるように圧送速度を調整した。一回の実験では、30分間一定の圧送速度でコンクリートを循環させて単位水量の測定を実施した。

4. 実験結果と考察

(1)単位水量の算定方法

単位水量 WW を式(1)により算定するためには、試料の密度 UW の影響を考慮する必要がある。そのため、密度 UW には γ 線密度計による測定値を用いる場合と、基準となる配合から得られる一定の値を用いる場合を比較した。その結果、単位水量測定結果のばらつきは、基準となる配合から得られる一定の値を用いる場合に小さくなった。

(2)測定精度とサンプリングタイムの関係

30 分間の測定値を、サンプリングタイム 5 秒から 300 秒までの間で分割して平均した単位水量を算出したときの測定値の標準偏差を図-2 に示す。サンプリングタイムが長いほど測定値の標準偏差は小さくなる。これは、RI 水分計の測定値の標準偏差は式(2)のようにサンプリングタイムの平方根に反比例するためである。サンプリングタイムが 120 秒のとき $\sigma=2.7\sim 3.2\text{kg/m}^3$ であり、RI 水分計の測定値のばらつきはある程度小さくできることが確認できた。

(3)単位水量の測定値と基準値の関係

単位水量測定値の 30 分間の平均値と、基準となる配合上の単位水量の関係を図-3 に示す。単位水量の測定値は基準値とほぼ一致したこと、また単位水量 1 水準 3 回の繰り返し実験による測定値の平均の変動は $\sigma=1.92\text{kg/m}^3$ であり基準値からの偏差は小さいことから、RI 水分計による測定値の再現性が確認できた。

5. まとめ

配管中を流れるコンクリートの単位水量を連続測定することを目的とした RI 水分計の基礎的な性能に関する実験の結果、単位水量の算定方法、測定値のばらつきの程度、測定値の再現性などの点で実用化への可能性を確認することができた。

謝辞: 本研究は、(社)日本建築学会に設置された「鉄筋・鉄骨コンクリートの健全性評価法の標準化のための調査研究委員会」のうち、「生の単位水量モニタリングシステム技術に関する調査研究」WG で実施したものである。同WG 主査である足利工業大学 毛見昌徳教授と各委員の方々に、ご助言をいただきましたことを、ここに厚く御礼申し上げます。

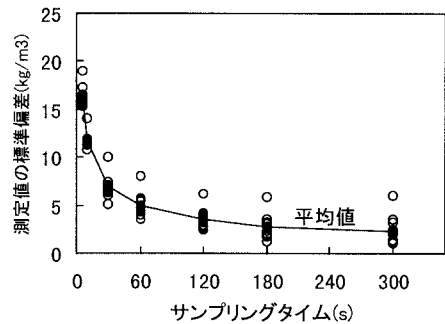


図-2 測定値の標準偏差とサンプリングタイム

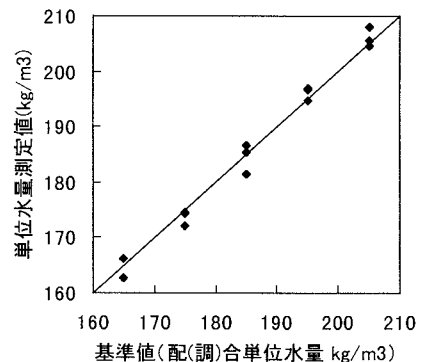


図-3 単位水量測定値と基準値