

中性子水分計を用いた単位水量測定技術の測定精度

東亜建設工業（株） 正会員 ○宮地 謙司
 東亜建設工業（株） 正会員 羽瀨 貴士
 東亜建設工業（株） 山田 雅裕

1. はじめに

コンクリートの品質確保のためにはフレッシュコンクリートの単位水量を適切に管理することが重要であり、各種の測定方法が提案されている。筆者らは、迅速かつ簡易に単位水量を測定できる中性子水分計を用いた方法を開発し¹⁾、各種のコンクリート工事に適用してきた。本報では、実施工に適用する中で得られたデータをもとに、中性子水分計を用いた単位水量測定技術の測定精度について考察した結果を示す。

2. 単位水量の測定方法

中性子水分計による単位水量測定手順を図-1に示す。まずフレッシュコンクリートの空気量試験（JISA 1128）を行い、その後、上蓋を外したエアメータ容器を中性子水分計の測定架台に載せ、容器上側にセットしたセンサ挿入用ガイドにセンサを挿入し、一定時間に検知される中性子数を測定した。測定は10秒間ずつ7回連続して行い、最大値と最小値を除く5データの平均値に対して、キャリブレーション試験によって予め得られた校正式を用いて単位水量を推定した。

3. キャリブレーション試験

全国の11現場15製造工場の様々な使用材料およびコンクリート種類の15配合（表-1）を対象とし、小型ミキサを用いた試し練りによってキャリブレーション試験を行った。示方配合に対して-5、±0、+7.5、+15kg/m³のような4水準の単位水量の変動を設定して単位細骨材量に置き換えることにより単位水量を増減し、その他の材料の単位量を一定にした配合に対して、中性子水分計によって中性子検知数を測定した。さらに、配合上の全水量（単位水量＋骨材の吸水量）と測定された中性子検知数の関係から校正式（校正直線）を求めた。キャリブレーション試験の結果を図-2に示す。校正式は式(1)のように表すことができる。なお、推定単位水量は式(2)に示すように全水量から骨材の吸水量分を差し引いて求めた。

$$\text{中性子検知数} = \alpha \times \text{全水量} + \beta \quad (1)$$

（ α 、 β ：実験定数）

$$\text{推定単位水量} = \text{全水量} - \text{骨材吸水量} \quad (2)$$

全てのキャリブレーション試験結果において、全水量（単位水量）の増加に伴って中性子検知数も増加する傾向にあり、配合毎の相関係数は0.76～0.95、平均0.87となっていたことから、校正式の精度は高いことが確認された。また、推定単位水量から求めたセメント水比と圧縮強度（標準養生28日）の関係を図-3に示す。両者も高い

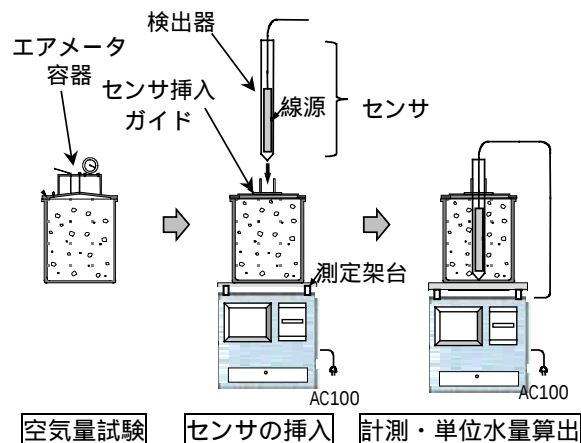


図-1 中性子水分計の測定手順

表-1 コンクリートの配合

現場	種類	W/C (%)	Air (%)	SL/SF (cm)	S/a (%)	Gmax (mm)	W (kg/m ³)	セメント	その他
A	普通	53.5	4.5	12.0	53.5	25	169	B A	
B	普通	45.5	4.5	15.0	45.1	20	163	N	SP
C	普通	57.0	4.5	8.0	39.2	40	142	B B	
D	普通	59.5	4.5	8.0	44	40	158	B B	
E	普通	51.0	4.5	12.0	41.1	25	172	B B	
F	普通	53.5	4.5	12.0	41.6	25	172	B A	
G	普通	55.0	4.5	12.0	44.5	20	174	B B	
H	普通	52.0	4.5	10.0	38.5	25	148	B B	
I	普通	52.0	4.5	10.0	42.4	25	151	B B	
I	普通	55.0	4.5	10.0	44.6	25	160	B B	
J	普通	53.5	4.5	12.0	45.2	20	162	B B	
K	高流動	50.7	4.0	65±5	w/p	20	175	N	*
K	高流動	50.7	4.0	65±5	30.4	20	175	N	*
K	高流動	50.7	4.0	65±5	s/m	20	175	N	*
K	高流動	50.7	4.0	65±5	45.7	20	175	N	*

* 石灰石微粉末、増粘材、SP

キーワード フレッシュコンクリート、中性子水分計、単位水量、キャリブレーション

連絡先 〒230-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町1-3 東亜建設工業（株） TEL 045-503-3741

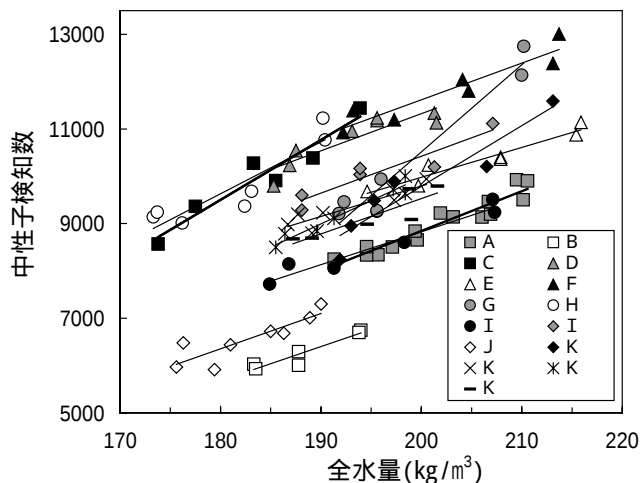


図-2 キャリブレーションの結果

線形関係にあり、相関係数は0.80～0.99、平均0.95であった。この関係は強度理論に関するセメント水比説によく合致しており、単位水量の測定精度が高かったことを裏付けるものと考えられ、中性子水分計を用いて単位水量を管理することによりコンクリートの圧縮強度も精度よく迅速に推定できることが確認された。

さらに、全測定データについて、全水量 W_1 の配合に対して測定された中性子検知数から校正式を用いて推定される全水量 W_2 と W_1 との差($W_1 - W_2$)を求めた。その度数分布を図-4に示す。図には値のばらつきが正規分布に従うと仮定した場合の正規分布曲線も示した。ほぼ全ての値は $\pm 5\text{kg}$ 以内に分布し、ほぼ正規分布となっていた。この分布からは $\pm 4.5\text{kg/m}^3$ 以内に95%のデータが、 $\pm 10\text{kg/m}^3$ 以内に99%以上のデータが含まれることになり、今回のようなキャリブレーション試験の結果を用いることにより、十分な精度で単位水量を推定することが確認できた。

4. コンクリート打設時の単位水量管理

単位水量の測定は、現場での荷卸し場所（プラント船の場合は船内）にて図-1に示す手順に従って行った。全測定データについて設計単位水量と推定単位水量の関係を図-5に示す。今回の測定範囲では、推定値の方が設計値よりも若干高くなる傾向にあり、一部には $+15\text{kg/m}^3$ を上回る場合もあったが、迅速に測定結果が得られるために、測定結果を工場での製造管理に反映することが容易であり、品質の安定化に役立てることができた。

5. まとめ

中性子水分計を用いた単位水量測定手法は、95%信頼範囲として $\pm 4.5\text{kg/m}^3$ の精度で単位水量を推定する可能性があることが確認され、高い精度と迅速性によりコンクリート打設の単位水量管理に有効と考えられた。

参考文献

- 1) 山田雅裕ほか：中性子水分計を用いた単位水量の測定に関する研究、フレッシュコンクリートの単位水量迅速測定及び管理システムに関するシンポジウム論文集，pp13-18，2002.12

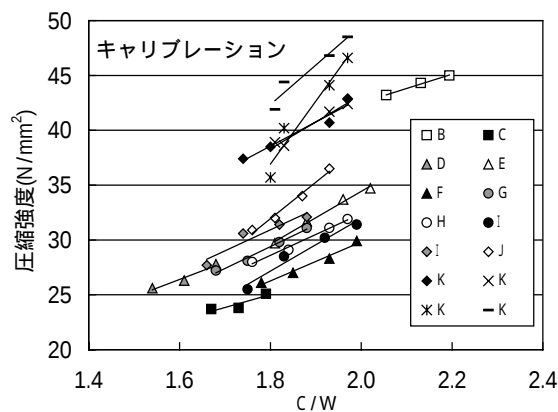


図-3 セメント水比と圧縮強度の関係

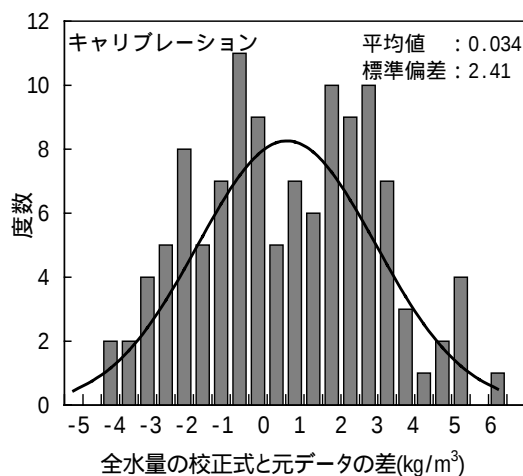


図-4 中性子水分計の測定精度

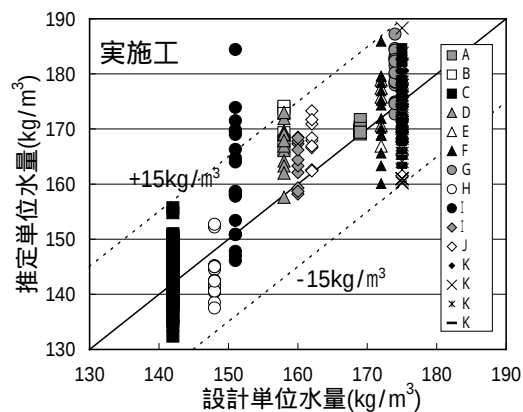


図-5 設計単位水量と推定単位水量の関係