

# 報告 レディーミクストコンクリートの単位水量の現場測定と検査基準の提案

坂井 康人<sup>\*1</sup>・十河 茂幸<sup>\*2</sup>

**要旨:** レディーミクストコンクリートの品質保証のあり方が問題視され、単位水量の検査が義務付けられる動きがある中で、検査基準をどのように定めるかが課題になった。そこで、まず、複数の単位水量測定方法を比較し、測定精度について把握するとともに、現状のレディーミクストコンクリートの品質管理の実態を調査した。単位水量の実態調査では、同種のコンクリート構造物を構築する複数の現場において、納入されるフレッシュコンクリートの単位水量の測定を行った。この報告は、これらの測定結果をもとに、構造物の発注者として単位水量の検査基準を提案するものである。

**キーワード:** レディーミクストコンクリート, 単位水量, 品質管理, 検査, 検査基準

## 1. はじめに

レディーミクストコンクリート（以下生コンと称す）として供給されたコンクリートが施工性能を満たさないからと、荷卸し時にトラックアジテータのドラム内に加水をした事実が報道され、製造者の信頼性低下から単位水量の検査が義務付けられた。生コンは半製品とはいえ、本来は JIS 表示を認可された製品であり、単位水量の検査をすることなく購入できるはずである。製造者の管理記録を保証のためのデータとして使用されないことは信用取引ができていないことを意味するものである。

一方、2002 年版制定土木学会コンクリート標準示方書【施工編】において、「管理」と「検査」が明確に区別された。「検査」は発注者が受注者に対して、注文通りの性能を満足しているか否かを確かめる行為で、「管理」は受注者が検査に合格させるため行う自主的な行為である。誰が責任を担うべきかを明確にしたものである。

検査の方法としては、生コンの製造者が示す配合報告書が正しいとの認識で取引できれば、検査は文書（配合報告書）まで簡素化できるが、この配合報告書と実際に供給されコンクリートの計量結果は、配合を定めた計画時と製造時は

気温差や使用材料の品質変動から当然異なるとの見解もあり、そのことが荷卸し検査を義務付けざるを得ないひとつの理由でもある。

そこで、生コンの配合報告書と実測の単位水量の違いの実態を調査することを目的に、阪神高速道路株式会社が施工する現場において、半年間の期間をかけて、単位水量を荷卸し時に測定し、受け入れ検査としての基準について提案することとした。

## 2. 単位水量の測定方法の評価

### 2.1 試験に供した単位水量の測定方法

日本コンクリート工学協会の研究委員会報告において、各種の単位水量測定方法について評価が示されている<sup>1)</sup>。この報告書では、生コンの製造者としての測定、荷卸し時の購入者の検査などを区別して評価をしていないため、使用者は、単位水量測定方法の特徴を把握した上で適用しなければならない。また、合否判定の検査に用いるのであれば、透明性が必要で、手加減のできる方法には問題が残る。生コンの信頼性の低下が単位水量を荷卸し地点で測定することになった経緯を考えて検査を行うことが必要である。

\*1 阪神高速道路（株） 建設事業部建設管理グループ 工修（正会員）

\*2 （株）大林組 技術研究所 副所長 工博（正会員）

そこで、この報告書で示された測定方法のうち、荷卸し地点で適用できそうな5種を選択し、再評価をすることとした。検討した単位水量測定方法は、高精度エアメータ法、電子レンジ法、静電容量法、バッチ式RI法、連続式RI法である。なお、エアメータ法に関しては、通常使用されるエアメータでは空気量の測定には支障がないとしても、単位水量の測定には精度が不十分であるため、高精度エアメータを用いた単位水量測定装置を選択した。

## 2.2 単位水量の評価方法

荷卸し時の生コンの検査としては、ただ単に単位水量を測定できるだけではない。まず、検査に合格することが確認できるまでは荷卸しをできないため、生コン車を待機させることになるため、測定方法は迅速に結果が得られるものでなければならない。また、検査結果は透明性と公平性が要求され、測定結果に変動を多く含む要素を持つ場合は不相当と評価される。

## 2.3 測定結果および考察

図-1 は測定方法別に標準偏差を示したもので、図-2 は選択された5種類の単位水量測定装置を用いて、20現場で約9000m<sup>3</sup>のコンクリートの受入れ時に測定した420回の結果を偏差と2σの範囲として示したものである。測定の結果、いずれの測定装置ともほぼ同等の結果であった。そのため、受け入れ検査として、迅速に結果を得ることが可能な高精度エアメータを用いた単位容積質量法により現場の測定結果を整理することとした。

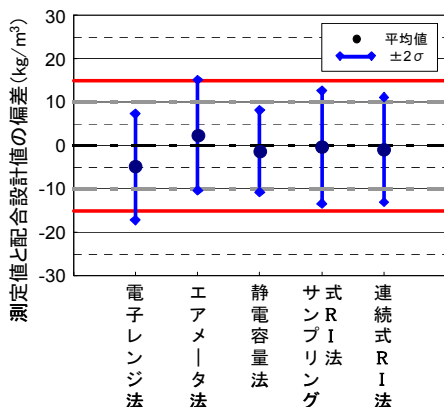


図-1 各種単位水量測定方法の標準偏差<sup>3)</sup>

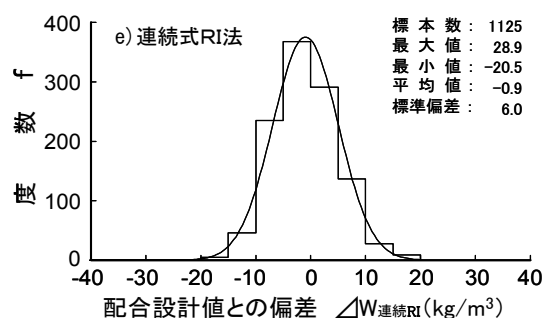
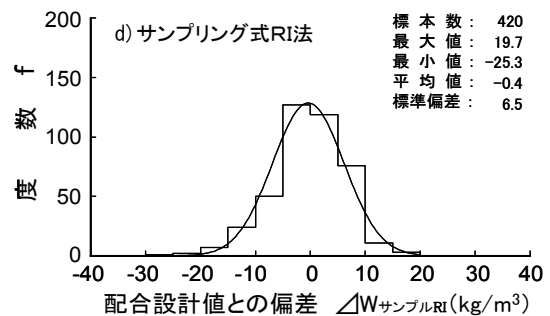
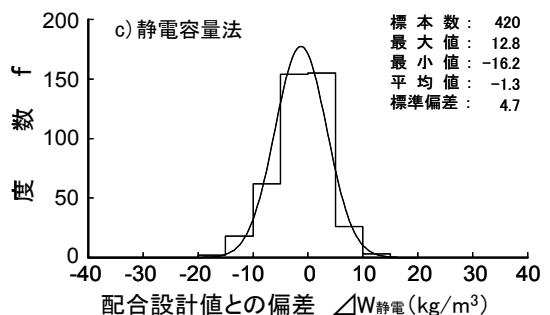
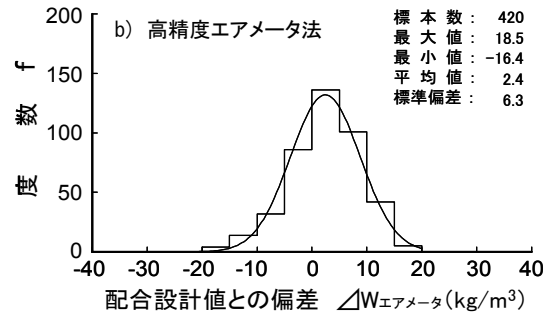
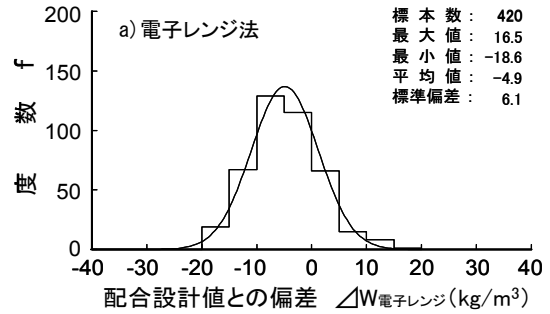


図-2 各種単位水量測定方法の偏差

### 3. レディーミクストコンクリートの単位水量管理の実態調査

#### 3.1 調査方法

阪神高速道路株式会社で施工したコンクリート構造物の建設現場 20 を選択し、納入する生コン工場を対象に、測定日を定めて 1 日の測定では 5 台に 1 回の割合で単位水量を測定した。

#### 3.2 調査結果

各現場で目標とする当日の配合に対して単位水量を測定し、測定結果と目標値の違いを比較整理した。結果の一例を図-3～図-12 に示す。

### 3.3 生コンの単位水量管理の実態について

20 現場で購入した生コン工場ごとに計画単位水量と実測単位水量の結果および空気量の測定結果を図-13、図-14 に示す。単位水量については、工場によっては計画と 15 kg/m<sup>3</sup> 程度もかけ離れた結果を示した工場もあったが、おおむね計画値に近く、±15 kg/m<sup>3</sup> の範囲に十分入る結果であり、一日のうちでも時間の経過に伴い次第に安定した結果になっていくことが認められる。また、空気量についても、平均的には±1.0% の範囲で管理できるものと評価される。

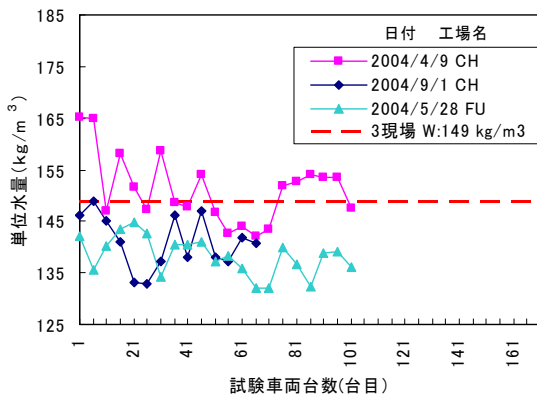


図-3 A工区の単位水量測定結果

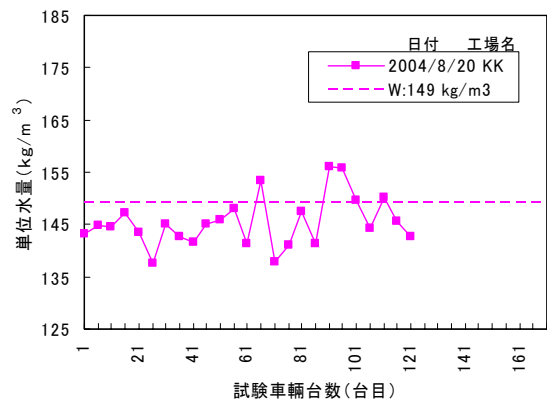


図-4 B工区の単位水量測定結果

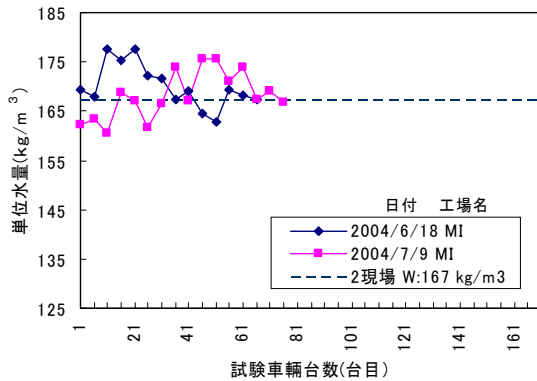


図-5 C工区の単位水量測定結果

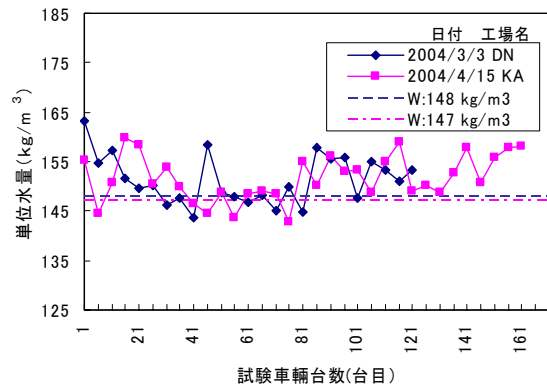


図-6 D工区の単位水量測定結果

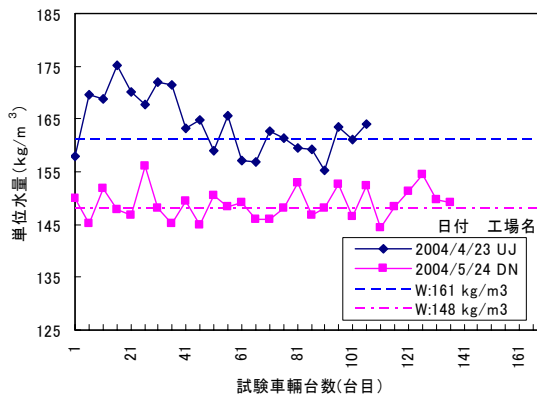


図-7 E工区の単位水量測定結果

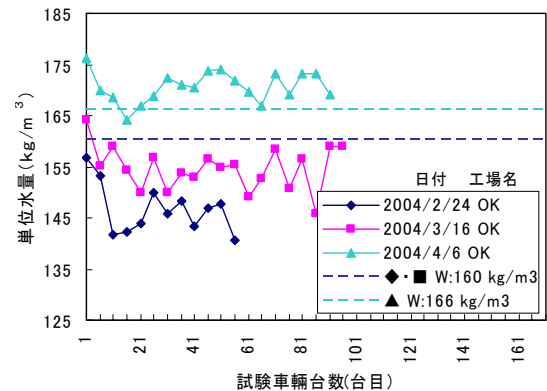


図-8 F工区の単位水量測定結果

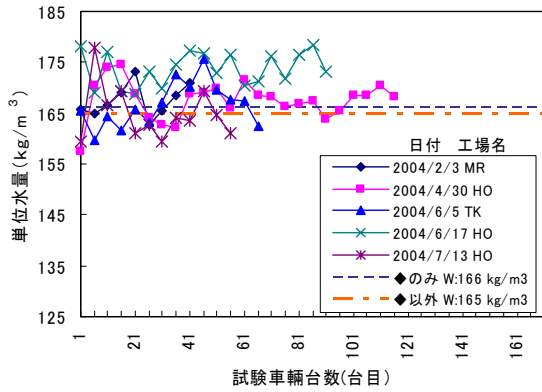


図-9 G工区の単位水量測定結果

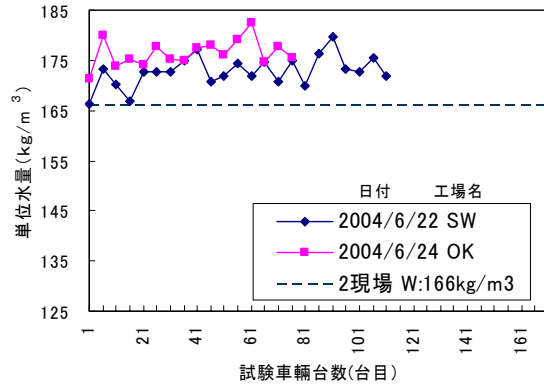


図-10 H工区の単位水量測定結果

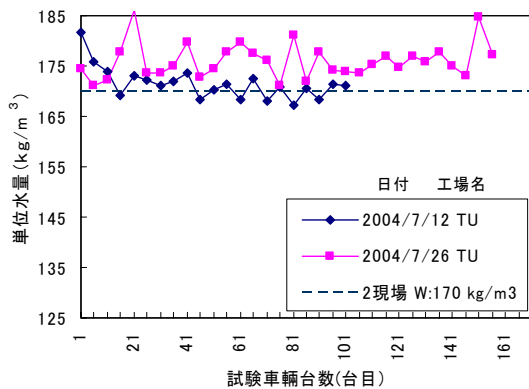


図-11 I工区の単位水量測定結果

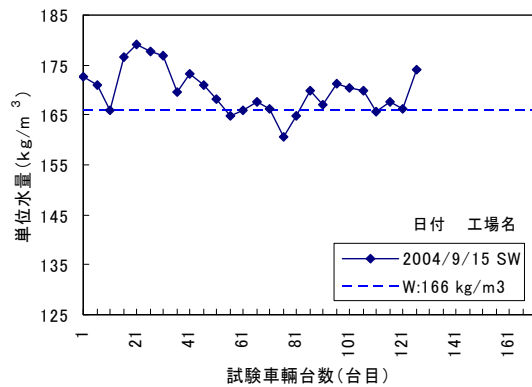


図-12 J工区の単位水量測定結果

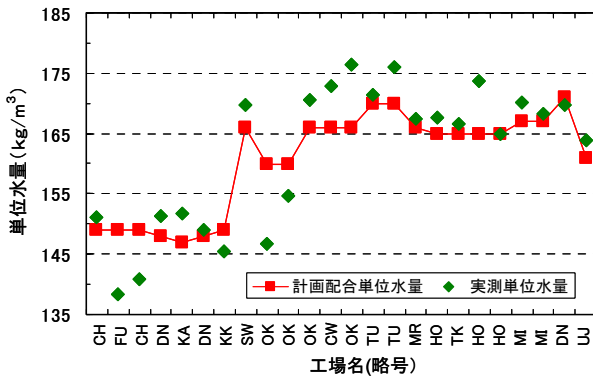


図-13 計画単位水量と実測単位水量の平均値

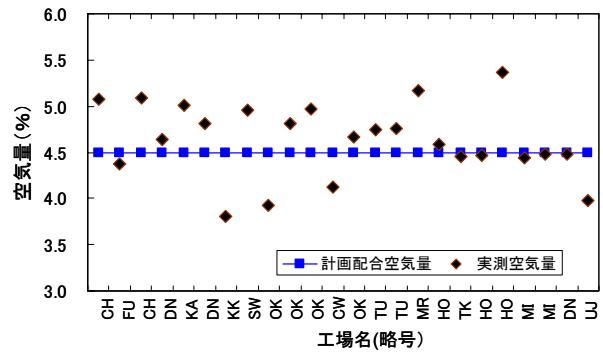


図-14 計画空気量と実測空気量の平均値

図-15, 図-16は、単位水量を測定し始めた2月初旬から9月中旬にかけて、朝一番の測定結果と昼一番の測定結果を示したもので、単位水量の測定結果は比較的安定しているものの、空気量については、朝一番はばらつきが大きく、表面水率の把握が難しい状況下での品質管理の不安定さを示している。なお、これらの試験は、不合格の生コンを排除する目的で行ったものは

なく、あくまでも生コンの品質管理の実状を把握し、検査としての規準作成の参考とするものであったが、結果としては、早期の空気量の変化が大きい点を除けば、良好な管理状態にあることが認められた。なお、この測定は予告のもとに行ったため、生コンの製造管理としても万全をつくした可能性もある。

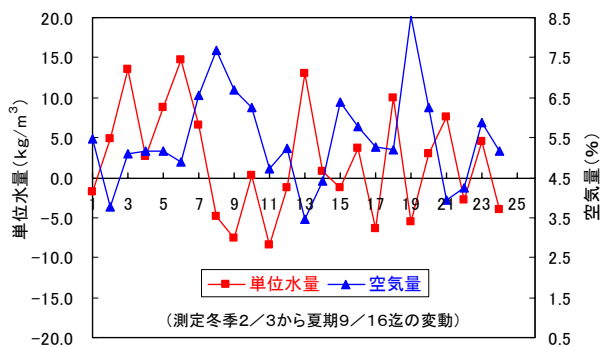


図-15 午前1台目の単位水量測定結果

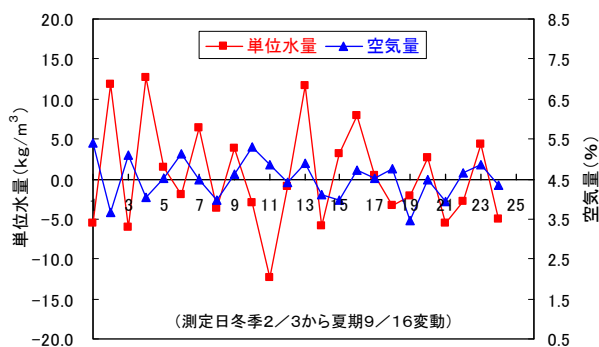
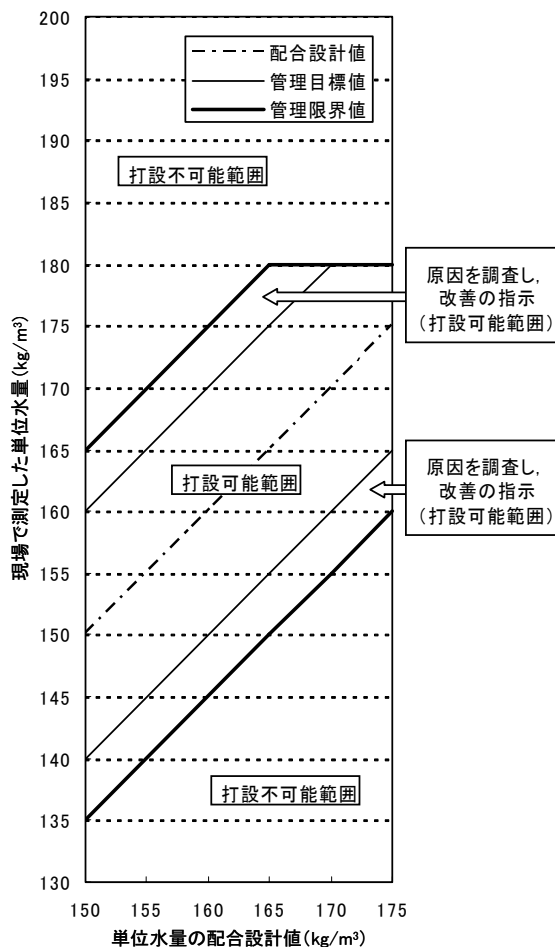


図-16 午後1台目の単位水量測定結果



注) 配合設計における単位水量の上限値が175kg/m<sup>3</sup>の場合 (粗骨材最大寸法が20~25mm)

図-17 単位水量の合否判定基準

#### 4. 生コンの単位水量検査の規準化について

##### 4.1 単位水量検査の考え方

単位水量の検査規準には2つの目的がある。一つは、単位水量がコンクリートの品質に対して影響を与えることから、その上限値を抑える目的で規制される。もう一つは、生コンの品質管理状態を一定の範囲に収めることを目的とするもので、最も鋭敏な単位水量の上下限を定め、その範囲内にあることを合格とする方法<sup>2)</sup>である。

単位セメント量を定量とすれば、単位水量が多いと水セメント比が大きくなり、結果として強度や耐久性に影響を与える。強度は単位セメント量をあらかじめ多めに計画しておけば目標を下回ることがないにしても、耐久性に対しては、単位水量の影響は残り、ゆえに土木学会では175kg/m<sup>3</sup> (粗骨材寸法40mmの場合は165kg/m<sup>3</sup>)、日本建築学会では185kg/m<sup>3</sup>の値を上限とするように推奨している。さらに、強度

に対して安全側とするために単位セメント量を増加させると、温度ひび割れが生じる確率が高まり、よって単位水量が少ないコンクリートの方が望ましい。

一方で、単位水量さえ少なければ、変動を許容してよいかと言えば、施工面からみると生コンの施工性能の変動は、打込み時に欠陥を造る可能性が生じ、スランプや空気量は、安定したものであることが望まれる。そこで、図-17に示すような単位水量の検査基準と、その実施方法<sup>3)</sup>が推奨される。なお、単位水量の測定誤差については、目標とする規準値に検査側の責任として扱われるため、一定の精度で測定可能な装置として認可されたものであるべきで、測定の頻度は、生コン工場の信頼度によって定められるべきである。

## 4.2 検査基準値について

単位水量測定器メーカーの公表値および日本コンクリート工学協会の委員会報告書<sup>1)</sup>によれば、測定器自体の精度は $\sigma=3.0\text{kg/m}^3$ を下回るものが大半である。そこで、測定器自体の精度として $\sigma=3.0\text{kg/m}^3$ と考える。

さらに、先の 20 現場での調査において骨材の表面水率測定結果より推測した工場の製造過程での標準偏差は単位水量換算で $\sigma=4.4\text{kg/m}^3$ であった。これらの結果から、測定器自体および製造過程におけるそれぞれの誤差を  $2\sigma$  とした場合の合成誤差  $e_w$  は、

$$e_w = \sqrt{(3.0 \times 2)^2 + (4.4 \times 2)^2} = 10.6 \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

となる。以上より、骨材の表面水率の変動を管理することにより単位水量のバラツキを抑えることが可能と考え、合成誤差  $e_w$  より若干厳しい値である配合上の計画値 $\pm 10\text{kg/m}^3$ を管理目標値とした。

なお、受入れ検査において検査基準値を超えた場合の対応としては、計画値との差が $\pm 15\text{kg/m}^3$ 以内かつ配合設計における単位水量の上限値  $+5\text{kg/m}^3$  以下の測定値は注意勧告とする。また、測定結果が注意勧告範囲を超過し、計画値との差が $\pm 15\text{kg/m}^3$ を超過する場合は、これを管理限界としてそのアジテータ車のコンクリートは打設しないこととする。

上記の条件を満足している場合でも、配合設計上の単位水量の上限値に測定方法によるバラツキを  $5\text{kg/m}^3$  として加えた値を上限値として示した。例えば、粗骨材の最大寸法が  $25\text{mm}$  の場合は、測定結果が  $175+5=180\text{kg/m}^3$  を超過した時にそのコンクリートを打設してはならないこととした。また、管理限界の測定値が出現した後の測定頻度については、次のアジテータ車のコンクリートも同様である可能性が高く、次のアジテータ車の単位水量測定も実施するべきである。

## 5. おわりに

20 現場における単位水量の測定結果から、若干の変動は認められるものの総じて良い品質管理状態であることが、確認された。しかし、現状の生コンの受・発注システムを考えると、生コンの購入者が販売店に注文しても生コンの製造工場を選べない実状にあり、また、事前に提出された配合報告書は実は計画書に過ぎず、材料の品質変動や温度の影響などは明確に示されることはない。つまり、配合報告書は実際に現場で供給された生コンの配合とは異なり、正しくは配合が契約条件にはなっていないことが考えられる。このことが購入者と製造者の間で共通の認識になっていないことが問題である。建前が先行して工学的な判断を含んだ実態を契約に反映させる努力が望まれる。

生コンの発注者と受注者の間の信頼関係が築かれ、品質保証が適正に行われるならば、ことさらに単位水量を取り上げて検査の対象とする必要はない。一定の範囲の配合計画とその管理範囲が契約で交わされればよい。

## 参考文献

- 1) 日本コンクリート工学協会編：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，pp.87-95，2004.6
- 2) 坂井康人，鈴木威，宮口智樹：変動を考慮した単位水量の受入れ検査基準の提案，土木学会第 60 回年次学術講演会概要集，
- 3) 平成 17 年 9 月国土交通省大臣官房技術調査課：「レディーミクストコンクリートの品質確保について」，国官技第 185 号，2005.10.2
- 4) 国土交通省大臣官房技術調査課：「レディーミクストコンクリートの品質確保について」，国官技第 185 号，2005.10.2