

V-285

## 参考配合表の単位水量の数式化

-米国コンクリートマニュアル等を中心にして-

西日本工業大学 正員 沼田 晋一  
東京大学 正員 小沢 一雅

### 1. まえがき

コンクリートの試し練りにあたっては、参考配合表を利用して単位水量及び細骨材率  $s/a$  もしくは単位粗骨材容積  $b/b_0$  が決定される。すでに筆者のひとりには、 $s/a$  と  $b/b_0$  の関係、粗骨材の最大寸法  $D$  と粗粒率  $FM$  の関係、粗骨材の実積率  $G_c$  と  $D$  または  $FM$  との関係を求め、規格に規定する粒度の範囲であればその粗骨材に対して、 $b/b_0$  の数式化を以下のように提案している<sup>1)</sup>。

$$b/b_0 = \frac{1}{1000} (100 - s/a) \{1000 - 10A - w(1 + c/w)\} / G_c \quad (1)$$

$$FM = 2.30 \log(38.8D) \quad (2)$$

$$G_c = G_0 + m(N-1) \quad (3)$$

$$\text{ただし, } D/d = 2^{N-1} \text{ すなわち } N-1 = 3.322 \log(D/d) \quad (4)$$

$$b/b_0 = k(N-1)^{1/3} \equiv 1.492k [\log(D/d)]^{1/3} \text{ または } 1.130k [FM-5.21]^{1/3} \quad (5)$$

ここに

$A$  : 空気量(%),  $w$  : 単位水量( $l/m^3$ ),  $c/w$  : 容積によるセメント水比,  $G_c$  : 粗骨材の実積率(%),  $D$  : 最大粒径, すなわち規格ふるいの目開きによる粗骨材の最大寸法(mm),  $d$  : 最小粒径, すなわち規格ふるいの目開きによる細粗骨材の分級点(mm),  $G_0$  及び  $m$  : 実験定数で米国コンクリートマニュアルの場合,  $s/a$  設計法と  $b/b_0$  設計法の結果を一致させるには, それぞれ 0.580 及び 0.0281 とするとよい。  $k$  :  $D > 12.7$ mm に対して 0.520 を提案する。

なお, ここで定義する  $D$  は  $RC$  示方書等の定義とは厳密には異なることを付言しておく。

粗骨材の最大寸法  $D$  と実積率  $G_c$  の関係については, 式(3)のほか  $A$  Caquot<sup>2)</sup> は式(6)を提案していてフランスでは生コン規格の単位セメント量の基準にも応用されている。

$$G_c \propto (D/d)^{-0.2} \quad (6)$$

$b/b_0$  設計法においては, コンクリート中の粗骨材は空気中での粗骨材の骨格構造(棒突き締固め状態)をそのままにして, 粒間の接触が離され骨格構造が拡大した相似形でコンクリート空間に分散した状態と想像される。したがって, 粗骨材の空隙率( $\equiv 1 - \text{実積率}$ )はコンクリートのモルタルマトリックス量を決定するものである。このことからコンクリートの単位水量は粗骨材の空隙率に比例するものとみなされる。この報告は, この関係を用いて単位水量  $W$  の数式化を試みたものであり,  $D$  と  $FM$  の関係から粗骨材の粗粒率の変化が単位水量に及ぼす影響をしらべ, 骨材粒の材料分離などで  $FM$  が変動する場合コンクリートのワーカビリティが相当に変動することを指摘したものである。

### 2. 米国コンクリートマニュアル<sup>3)</sup>の単位水量

旧版(1963年の第7版)には, AE剤を用いないスランプ 8cm 程度のプレーンコンクリートの単位水量  $W_0$  が示されていた。この数値を土木学会使用の単位表示に換算し(ただし,  $D$  のみ mm 表示), 1. で述べた結果とくに式(2), (3)及び(6)を考慮に入れて整理すると次式を得る。

$$W_0 = 340 D^{-0.2} = 707 \times 10^{-FM/11.5} \quad (7)$$

$$\text{あるいは } = 316 - 72.4 D^{0.2} = 316 - 1.866 \times 10^{PM/2.30} \quad (8)$$

1975年の第8版では、プレーンコンクリートの単位水量 $W_0$ については省かれているが、AE剤及び減水剤の場合でも上記の $W_0$ にそれぞれの混和剤の減水率 $\eta$ を加味して $\alpha = 1 - \eta/100$ を乗じて求める。

$$W = \alpha W_0. \quad (9)$$

コンクリートマニュアルに示されている単位水量から計算される $\eta$ の値は、粗骨材の最大寸法により図-1に示すような折れ線であるが、ほぼ図示のように直線で近似できる。

$$\text{AE剤の場合: } \eta(\%) = 8.8 + 8.9 \frac{D}{100} \quad (10)$$

$$\text{減水剤の場合: } \eta(\%) = 14.8 + 7.9 \frac{D}{100} \quad (11)$$

### 3. 考察の結果

コンクリートの単位水量は、粗骨材の実積率の支配要因の一つである最大寸法 $D$ に応じた粗骨材の粗粒率 $FM$ を知ることによって数式化して図-1のように正確に推定でき、さらに川砂利と粒形の異なる砕石などでは対応する実積率の補正を行うとよい。粗骨材の実積率または単位容積重量は粗骨材の単位量を決定し、単位水量が求めれば同じく式(1)より $s/a$ も求まる。粗粒率と実積率あるいは単位容積重量は配合割合決定上の重要な要素のひとつである。

式(7)の微分形は、 $FM$ の変化による単位水量の変化を示す。 $D = 9.5 \sim 150\text{mm}$ について $FM = 0.1$ の変動は単位水量 $3.1 \sim 3.8 \text{ kg/m}^3$ 、平均 $3.4 \text{ kg/m}^3$ の変化となる。細骨材の場合、 $FM$ が $0.20$ 以上変化する場合には配合の修正を行うよう示方書に規定されているが、粗骨材ではこのような補正は考えられていない。試算すると、細骨材の場合の $FM 0.20$ の変動は単位水量 $1\%$  ( $1.5 \text{ kg/m}^3$ 程度)の過不足、すなわちスランプにして $0.85 \text{ cm}$ 程度の変化となる。したがって同様な範囲にスランプのばらつきを抑えるには、粗骨材の場合は $FM$ の変動を $0.05$ 程度以下しなければならないことになる。

粗骨材は、製造時のふるい分け作業の不備以外に、ミキサに投入されるまでの受入・貯蔵・輸送の各過程において大小粒の分離が生じやすいので、実際のコンクリート中の粗骨材は計画された通りの粒度が得られない可能性が大きい。従って粗骨材の粗粒率の範囲について管理規定を設けてもそれが実際のコンクリート中の粗骨材の粒度を代表しないおそれが過分にあり、材料分離の少ない細骨材のように粗粒率管理を適用することは困難とみられる。したがって、粗骨材は粒群ごとに製造されたものを、個々に受入・貯蔵・輸送してミキサの中で所定の粒度となるよう計量することが望ましい。

### 4. 参考文献

- 1) 沼田晋一: 土木学会第41回年次学術講演会V, p511~512, 昭和61年
- 2) 白山和久: セメント・コンクリート No.161, p25~31, 1960
- 3) 米国開拓局コンクリートマニュアル第7版及び第8版

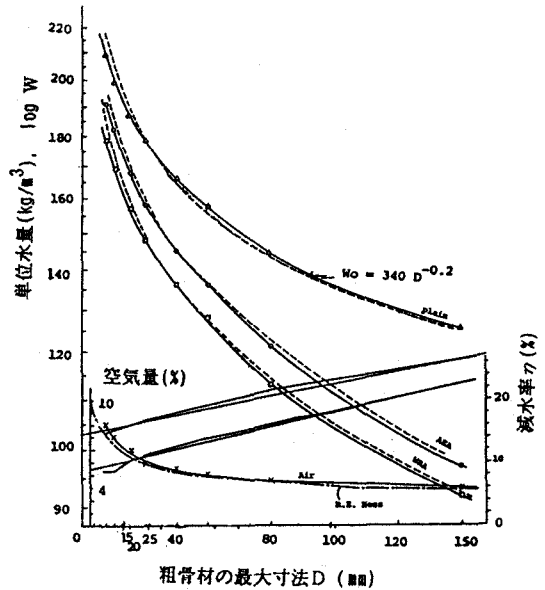


図 1. コンクリートマニュアルの単位水量 (点線は、数式(7),(9)による結果)

したがって同様な範囲にスランプのばらつきを抑えるには、粗骨材の場合は $FM$ の変動を $0.05$ 程度以下しなければならないことになる。