

# V-4 高強度コンクリートにおける連行空気の評価について

法政大学 正会員 小林 正凡  
日曹マタービズ 正会員 〇 児玉 和乙  
同上 正会員 街所 聖邦男

## 1. はじめに

最近、高性能減水剤を用いて、水セメント比を相当に低下させたコンクリートを通常の方法で施工して高強度コンクリートを造る方法が実用化され、種々の構造物に適用され始めている。この種の減水剤は、それ自体は空気連行作用を有せず、AE剤による空気の連行を抑え、空気泡を凝集粗粒化する性質があると言われている。この性質は、コンクリートの強度面に対しては有利であるが、凍結融解に対する抵抗性からは問題である。この研究は、我国で一般に市販されている高性能減水剤を用いた高強度コンクリートにおける連行空気の役割を明らかにするため、高性能減水剤およびAE剤との組合せ、水セメント比ならびに空気量レベルを変えて実験を行ったものである。

## 2. 実験の概要

セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は川砂(比重:2.59, 吸水率:2.4%), 細骨材は硬砂岩碎石(比重:2.61, 吸水率:1.9%, 最大寸法20mm)を用いた。高性能減水剤としては、高縮合トリアジン系のもの(A), 高縮合ナフタレンスルホン酸系のもの2種(B, C)の計3種類とし、対比としてリグニン系の通常のAE減水剤(D)を用いた。AE剤としては、レジジン系のもの(E), アルキルベンゼンスルホン酸系のもの(F)および高級アルコール系のもの(G)の3種類である。使用したコンクリートの配合は、W/C比を25, 27, 32, 42および55%の5段階とし、各々空気量レベルを耐圧性からくみ限界空気量をカバーするよう数点選んだ。高性能減水剤の効果およびAE剤との組合せ効果を調べるため、同一W/C比で高性能減水剤を、同じ配合でAE剤を変えて実験を行った。高性能減水剤の使用量は、 $C \times 0.35 \sim 1.0\%$  (固形分量)の範囲で、W/C比およびコンクリートのワーカビリティその他を考慮して、富配合になる程、多くした。AE剤量は、所定の空気量が得られる量を用いた。

表-1 非空気連行コンクリートの性質

| W/C  | HRWR AD. | FRESH C.            |          | HARDENED C. |                   | DURABILITY FACTOR 300 C. |
|------|----------|---------------------|----------|-------------|-------------------|--------------------------|
|      |          | W kg/m <sup>3</sup> | AIR C. % | AIR C. %    | SPACING FACTOR μm |                          |
| 0.25 | A        | 177                 | 1.4      | 1.0         | 920               | 102                      |
|      | B        | 177                 | 1.3      | 1.5         | 840               | 102                      |
|      | C        | 179                 | 1.5      | 1.3         | 820               | 102                      |
| 0.27 | A        | 173                 | 1.6      | 1.5         | 800               | 94                       |
| 0.32 | A        | 167                 | 1.4      | 1.5         | 750               | 18                       |
|      | B        | 167                 | 2.3      | 2.1         | 640               | 36                       |
|      | C        | 171                 | 2.2      | 2.1         | 840               | 18                       |
| 0.42 | A        | 172                 | 1.8      | 1.6         | 579               | 11                       |
|      | B        | 172                 | 2.5      | 1.7         | 580               | 7                        |
| 0.55 | WR D     | 165                 | 3.7      | 3.5         | 330               | 70                       |

表-2 高性能減水剤(A)入コンクリートの性質

HRWR : A  
W/C : 0.32

| AE ADMIXTURE |              | FRESH CONCRETE      |       |          | HARDENED CONCRETE |                   |                                 | DURABILITY FACTOR 300 CYCLES |
|--------------|--------------|---------------------|-------|----------|-------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------------|
| —            | DOSAGE C = % | W kg/m <sup>3</sup> | S/O % | AIR C. % | AIR C. %          | SPACING FACTOR μm | AIR BUBBLES PER cm <sup>3</sup> |                              |
| —            | —            | 167                 | 4.0   | 1.4      | 1.5               | 750               | 4700                            | 18                           |
| E            | 00010        | 165                 | 3.9   | 2.8      | 3.0               | 260               | 21200                           | 95                           |
| F            | 00250        | 159                 | 3.9   | 3.0      | 2.8               | 370               | 13100                           | 80                           |
| G            | 00008        | 159                 | 3.9   | 2.9      | 2.8               | 490               | 5600                            | 19                           |

圧縮強度試験は、 $10^{\circ} \times 20^{\circ} \text{cm}$ の円柱供試体を用いた。凍結融解試験は、ASTM C 666のA法(水中急速凍結融解法)に従い、 $10 \times 10 \times 40^{\circ} \text{cm}$ のハリ供試体を用い、材料14日で試験を開始した。

硬化コンクリートの気泡のパラメーターは、 $15^{\circ} \times 30^{\circ} \text{cm}$ の円柱供試体の中央部をダイヤモンドカッターにより輪切りにし、カット面を入念に仕上げたものについて、ASTM C 457により行なった。

### 3. 実験結果および考察

3.1 運行空気と気泡のパラメーター 高性能減水剤単味で用いた場合の空気量は、1.3～2.5%の範囲で、 $W/C$ 比が小さくなる程小さく、逆に気泡間隔係数( $E$ )は $W/C$ 比が小さくなる程、著しく大きくなり、 $W/C$ 比25%の場合には、800 $\mu m$ 以上にもなる。(表-1) 同一空気量を得るに必要なAE剤量は、剤の種類により異なり全般に通常の場合より増加し、特にAE剤Fの場合に増加が著しい。また、同一空気量でも $E$ は、 $E:260, F:370, G:490 \mu m$ とかなり異なっている。(表-2) これらの事実と、別途測定した減水剤の各種溶液の界面化学的物性値と間には相関関係が認められなかった。AE剤Eを用いた場合の空気量と $E$ の関係は、図-1に示すように高性能減水剤により若干差があるが何れの場合も空気量が増加すると気泡パラメーターは著しく改善される。

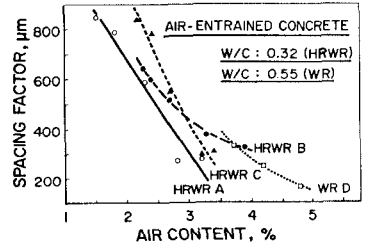


図-1 空気量と気泡間隔係数

3.2 運行空気量と単位水量、圧縮強度 単位水量は、気泡組織の疲労に関係なく、運行空気量の大小に左右され、図-2に示すように $W/C$ 比27～42%の範囲で空気量1%につき、2～3%減少する。空気量3%程度とした場合の圧縮強度は、図-3、4に示すように、同一セメント量とした場合には、非空気運行の場合とほぼ同一強度を示し、同一 $W/C$ 比とした場合には、空気量1%につき、2～4%強度が減少する。

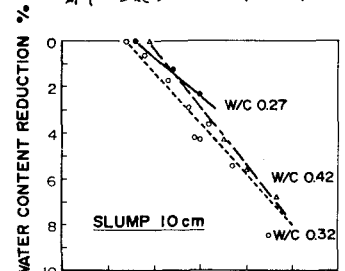


図-2 空気量と減水率の関係 (HRWR:A)

3.3 凍結融解に対する抵抗性 表-1に示すように、非空気運行とした場合でも $W/C$ 比25%の場合、 $E$ が800 $\mu m$ を超えるにも拘らず十分な耐凍性を示すが、32%以上では著しく劣っている。しかし表-2に示すように空気量を3%程度とすることにより耐凍性は著しく改善されるが、AE剤によれば、同一空気量でも $E$ が大きくなり、耐凍性は何う改善されなかった。

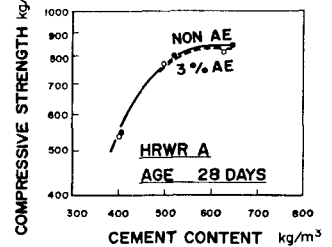


図-3 単位セメント量と圧縮強度

各 $W/C$ 比別に $E$ と耐凍性指数の関係を図-4に示す。 $W/C$ 比が小さくなる程耐凍性上必要な $E$ は大きくなり、特に $W/C$ 32%以下では著しく増大する。また、耐凍性指数80%を確保するのに必要な空気量と $W/C$ 比の関係を示す。これらのことから、高強度コンクリートにおいても、十分な耐凍性を得るためには、 $W/C$ 比25%程度の場合を除き、良質のAE剤を用いて3%程度の空気量と運行させる必要がある。

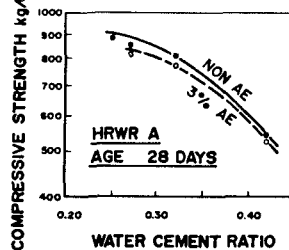


図-4 水セメント比と圧縮強度

#### 4. おおむね

高強度コンクリートにおいても、空気量は重要な因子であり、特に凍結融解作用に対する十分な耐凍性が要求される場合には、 $W/C$ 比25%程度のときは非空気運行のままでは、それ以上の $W/C$ 比では、3%程度の空気運行を必要とする。その場合、高性能減水剤と組合せるAE剤の種類には十分注意しなければならない。3%程度の空気運行であれば同一セメント量とすることにより、強度的にも何う問題はない。

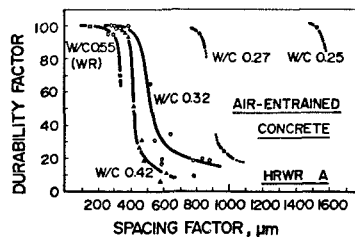


図-5 気泡間隔係数と耐凍性

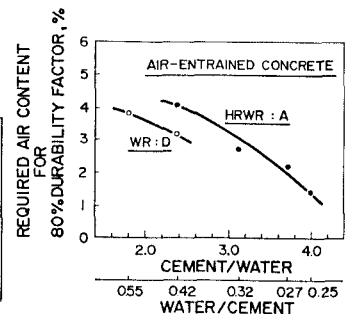


図-6 水セメント比と耐凍性指数80%を確保するのに必要最低空気量

[参考文献] 1) 小林正弘, 田中弘: 高強度コンクリートの凍結融解に対する抵抗性について, 建設XXVIII (549)  
2) H. Kobayashi, E. Nakakubo, K. Kodama, S. Negami: Frost Resistance of Superplasticized Concrete. ACI SP-68 (1981)