

## V-13

## 低界面活性型増粘剤を使用した高流動コンクリートの凝結時間と耐凍害性

|           |     |       |
|-----------|-----|-------|
| 北見工業大学大学院 | 学生員 | 佐野 智之 |
| 北見工業大学工学部 | 正 員 | 鮎田 耕一 |
| 北見工業大学工学部 | 正 員 | 桜井 宏  |
| 五十嵐建設(株)  |     | 五十嵐 力 |
| 五十嵐建設(株)  |     | 佐々木 元 |

### 1. はじめに

近年、高い流動性と材料分離抵抗性を併せ持たせた高流動コンクリートが注目されている。高流動コンクリートの製造方法については、いくつか提案されているが、その一つとして水中不分離性コンクリートに使用されているセルロース系増粘剤を用いた高流動コンクリートがある。この増粘剤を用いた場合、高流動コンクリートの製造は容易であるが、空気を多量に連行するという特性がある<sup>1)</sup>。

そこで、筆者らは、メチルセルロース系増粘剤よりも空気連行性の少ない、低界面活性型のセルロース系増粘剤（以下増粘剤とする）を用いて、高流動コンクリートを製造することを目的として、種々の実験を行ってきた<sup>2)</sup>。本研究では増粘剤を使用した高流動コンクリートの凝結時間が耐凍害性に与える影響について検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 実験内容

##### (1) フレッシュコンクリートの性状

①空気量：練上がり直後の空気量を測定した。

②スランプフロー：練上がり直後のスランプフローを測定した。

③凝結時間：ASTM C 403<sup>3)</sup> に準じて、フレッシュコンクリートからモルタル試料を 5mmふるいでふるい分けして採取し、スプリング反力型装置で断面積 161、65、32、16mm<sup>2</sup>の貫入針を、モルタル試料に貫入し、貫入抵抗を測定し、凝結始発時間と凝結終結時間を求めた。始発時間は貫入抵抗が 3.5 (MPa)、終結時間は貫入抵抗が 27.6 (MPa) に至るまでの、セメントと水が接触してから時間である。

##### (2) 硬化コンクリートの性状

①圧縮強度：φ10×20cmの円柱供試体を用い、試験材令まで 20℃水中養生を行い材令14日、28日に試験した。

②耐凍害性：10×10×40cmの角柱供試体を用い、材令14日まで 20℃の水中で養生した後、材令14日から土木学会規準「コンクリートの凍結融解試験方法」に準拠し水中における急速凍結融解試験を行い、ASTM C 666<sup>4)</sup> に準じて凍結融解 300サイクル後の耐久性指数を求めた。

③硬化コンクリートの気泡組織：ASTM C 457<sup>5)</sup> の修正ポイントカウント法に準拠して、画像解析システム<sup>6)</sup>を用い、空気量、気泡間隔係数を測定し、さらに気泡の平均直径、気泡数とその大きさの分布も求めた。

Setting Time and Freeze-Thaw Resistance of Super Flowing Concrete Containing Low Surface-Active Viscous Agent

by T.SANO, K.AYUTA, H.SAKURAI, T.IGARASHI and H.SASAKI

## 2. 2 使用材料

使用材料を表1に、配合を表2に、各配合の混和剤使用量を表3に示す。SF-1～SF-6の増粘剤、AE減水剤の使用量は空気量が $4.5\pm0.3\%$ となるように定めた。A<sup>+</sup>-Sは増粘剤を使用していないコンクリートで、AE剤とAE減水剤の使用量は空気量 $4.5\pm0.3\%$ となるように定めた。

表1 使用材料

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| セメント   | 普通ポルトランドセメント（比重：3.16）           |
| 細骨材    | 川砂（比重：2.62 吸水率：2.27% 粗粒率：2.68）  |
| 粗骨材    | 川砂利（比重：2.65 吸水率：1.54% 粗粒率：6.87） |
| 増粘剤    | 水溶性セルロースエーテル                    |
| 高性能減水剤 | 高縮合トリアジン系化合物                    |
| AE減水剤  | リグニンスルホン化合物ポリオール複合体             |
| AE剤    | 天然脂肪酸塩                          |

表2 配合

| W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |
|------------|------------|-------------------------|-----|-----|------|
|            |            | W                       | C   | S   | G    |
| 45         | 45         | 158                     | 350 | 810 | 1005 |

表3 混和剤使用量

| 供試体<br>No.        | 増粘剤<br>(g/ml) | 高性能<br>減水剤<br>(C×%) | AE<br>減水剤<br>(C×%) | AE剤<br>(C×%) |
|-------------------|---------------|---------------------|--------------------|--------------|
| SF-1              | 360           | 1.5                 | 0.20               | -            |
| SF-2              | 360           | 2.0                 | 0.20               | -            |
| SF-3              | 360           | 2.5                 | 0.20               | -            |
| SF-4              | 360           | 3.0                 | 0.20               | -            |
| SF-5              | 380           | 2.0                 | 0.10               | -            |
| SF-6              | 400           | 2.0                 | 0                  | -            |
| A <sup>+</sup> -S | -             | -                   | 0.20               | 0.01         |

表4 フレッシュコンクリートの性状

| 供試体<br>No.        | 空気量<br>(%) | スランプフロー<br>(cm) |
|-------------------|------------|-----------------|
| SF-1              | 4.5        | 45.0            |
| SF-2              | 4.3        | 63.0            |
| SF-3              | 4.3        | 67.0            |
| SF-4              | 4.3        | 65.0            |
| SF-5              | 4.5        | 58.0            |
| SF-6              | 4.4        | 49.5            |
| A <sup>+</sup> -S | 4.7        | -               |

## 3. 実験結果と考察

フレッシュコンクリートの性状を表4に、凝結時間を表5に、硬化コンクリートの性状を表6に示す。フレッシュコンクリートの目標スランプフローは55.0～70.0cmである。したがって、スランプフローが目標値に達していないSF-1、SF-6は凝結時間と硬化コンクリートの試験を行わなかった。

表5 凝結時間

| 供試体<br>No.        | 始発時間<br>(h:min) | 終結時間<br>(h:min) |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| SF-2              | 10:35           | 13:30           |
| SF-3              | 10:15           | 13:20           |
| SF-4              | 10:55           | 14:00           |
| SF-5              | 8:55            | 11:20           |
| A <sup>+</sup> -S | 7:05            | 9:20            |

表6 硬化コンクリートの性状

| 供試体<br>No.        | 空気量<br>(%) | 気泡間隔<br>係数<br>(μm) | 平均径<br>(μm) | 気泡数<br>(個) | 耐久性<br>指数 | 圧縮強度<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) |       |
|-------------------|------------|--------------------|-------------|------------|-----------|--------------------------------|-------|
|                   |            |                    |             |            |           | 材令14日                          | 材令28日 |
| SF-2              | 2.4        | 236                | 151         | 5981       | 54        | 327                            | 369   |
| SF-3              | 2.3        | 251                | 147         | 5590       | 33        | 277                            | 300   |
| SF-4              | 1.4        | 369                | 153         | 2950       | 20        | 273                            | 299   |
| SF-5              | 2.8        | 207                | 135         | 10038      | 91        | 317                            | 368   |
| A <sup>+</sup> -S | 2.7        | 233                | 128         | 8054       | 92        | 312                            | 366   |

### 3. 1 混和剤使用量と凝結時間

#### (1) 高性能減水剤の使用量の影響

図1にAE減水剤と増粘剤の使用量を一定とした場合の高性能減水剤の使用量が凝結時間に及ぼす影響を示す。高性能減水剤の使用量が2.0、2.5(C×%)の場合、凝結始発時間、終結時間はほぼ同じである。使用量が3.0(C×%)の場合には凝結始発時間、終結時間ともに前二者に比べて30分程度の遅れがある。

## (2) AE減水剤の使用量の影響

図2に高性能減水剤の使用量を一定とした場合のAE減水剤と増粘剤の使用量が凝結時間に及ぼす影響を示す。AE減水剤の使用量が0.2(C×%)で増粘剤の使用量が360(g/m³)の場合、凝結始発時間が10時間半程度なのに対し、AE減水剤の使用量が0.1(C×%)で増粘剤の使用量が380(g/m³)の場合には凝結始発時間が9時間弱となっており、1時間以上早くになっている。

本実験での高流動コンクリートの配合の範囲では、AE減水剤の使用量が0.1(C×%)、高性能減水剤の使用量が2.0(C×%)だと、凝結始発までの時間が最も短かった。

### 3. 2 凝結時間と耐凍害性

図3に凝結時間と耐凍害性の関係を示す。始発時間が9時間程度の高流動コンクリートのSF-5は、耐久性指数が大きく、良好な耐凍害性を示している。始発時間が10時間以上の高流動コンクリートのSF-2、SF-3、SF-4は、耐久性指数が小さく、十分な耐凍害性を示していない。また、始発時間が遅いほど、耐凍害性が低くなる傾向にある。

### 3. 3 凝結時間と気泡組織

凝結時間と耐凍害性の関係をさらに明らかにするため、凝結始発時間と硬化コンクリートの気泡組織の関係を検討した。

#### (1) 空気量の減少

図4は凝結始発時間とフレッシュ時から硬化までの空気量の減少量の関係を示している。

空気量の減少量は、練上がり直後に測定したフレッシュコンクリートの空気量と、硬化コンクリートの気泡組織の測定で求めた空気量の差から求めたものである。

凝結始発時間が遅い高流動コンクリートほど、空気量の減少量が多く、凝結始発時間が11時間以上の高流動コンクリートは、3%近くの空気減少量を示している。

#### (2) 気泡数

図5に凝結始発時間と、硬化コンクリート中のエントレインドエアに相当する気泡直径500μm以下の気泡の数との関係を示す。凝結

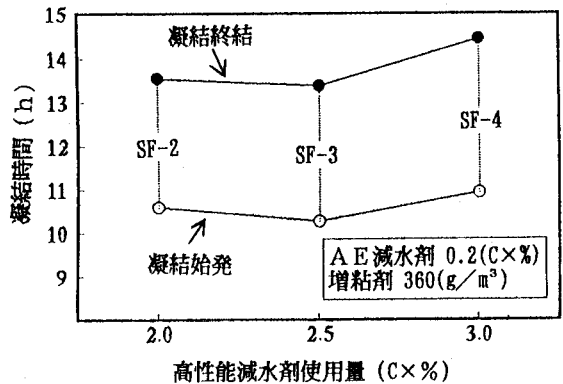


図1 高性能減水剤使用量と凝結時間

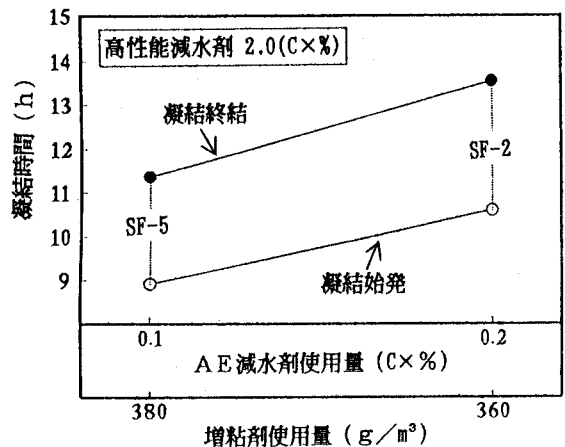


図2 AE減水剤・増粘剤使用量と凝結時間

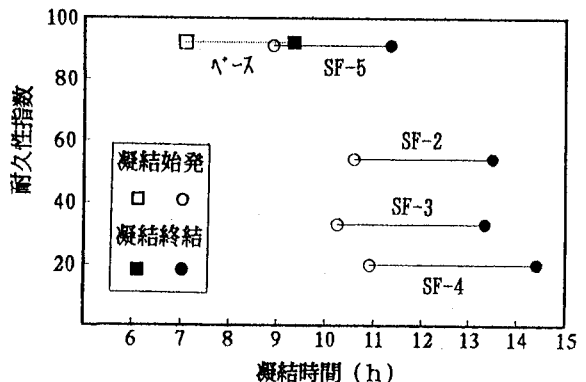


図3 耐久性指数と凝結時間

始発時間が遅くなるほどエントレインドエアは減少している。

以上の結果から、凝結始発時間が遅くなると、空気量が減少し、特に、耐凍害性の改善に有効な、径が  $500\mu\text{m}$  以下のエントレインドエアの数の減少が大きくなることが明らかになった。この凝結遅延に伴うエントレインドエアのロスが耐凍害性に大きく影響を及ぼしていると考えられる。

#### 4. 結論

低界面活性型増粘剤を使用した高流動コンクリートの凝結時間と耐凍害性の実験から、以下のことが明らかになった。

1) 凝結始発時間は、A E 減水剤、高性能減水剤の使用量によって異なり、A E 減水剤の使用量を  $0.1(\text{C}\times\%)$ 、高性能減水剤の使用量を  $2.0(\text{C}\times\%)$  とすると、凝結始発までの時間は 9 時間弱になる。

2) 凝結始発時間が 10 時間以上となると、直径が  $500\mu\text{m}$  以下のエントレインドエアの数が少なくなり、耐凍害性が低くなる。

本研究の遂行にあたり、ご協力いただいた北見建設業協会、ならびに北見工業大学の猪狩平三郎氏に感謝申し上げます。

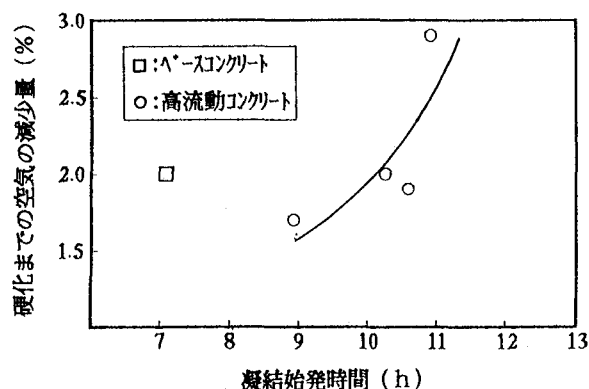


図4 凝結始発時間と空気の減少量

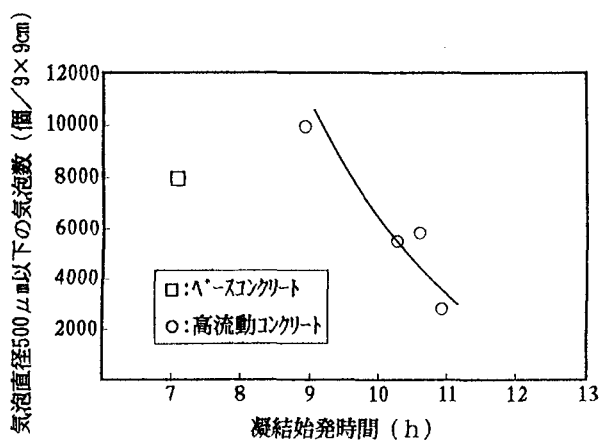


図5 凝結始発時間と気泡数

#### 【参考文献】

- 1) 須藤裕司・鮎田耕一・佐原晴也・竹下治之：増粘剤を添加した高流動コンクリートの耐凍害性に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.14、No.1、pp.1003-1008、1992.6
- 2) 須藤裕司・鮎田耕一・桜井宏・猪狩平三郎：増粘剤を用いた高流動コンクリートの基礎的研究、土木学会北海道支部論文報告集、第49号、pp.1021-1026、1993.2
- 3) ASTM C 403: Standard Test Method for Time of Setting of Concrete Mixtures by Penetration Resistance
- 4) ASTM C 666: Standard Test Method for Resistance of Concrete to Rapid Freezing and Thawing
- 5) ASTM C 457: Standard Practice for Microscopical Determination of Air-Void Content and Parameters of the Air-Void System in Hardened Concrete
- 6) 鮎田耕一・桜井宏・田辺寛一郎：硬化コンクリート気泡組織の照度差による画像解析、土木学会論文集、第420号/V-13、pp.81-86、1990.8