

# 流動保持剤および超遅延剤によるスランプ保持時間と 初期硬化性能の改善に関する実験的研究

## EXPERIMENTAL STUDY OF IMPROVEMENT OF SLUMP RETENTION TIME AND INITIAL CURING PERFORMANCE USING FLUID RETENTION AGENTS AND SUPER RETARDANTS

本田 亮\*<sup>1</sup>, 守屋 健一\*<sup>2</sup>, 田中 徹\*<sup>2</sup>  
Ryo HONDA, Kenichi MORIYA and Tooru TANAKA

In this paper, the effects of fluid retention agents and super retardants on slump retention time at different ambient temperatures were verified. The effects of curing accelerators on bleeding, setting time, and initial strength development, which are affected by the improvement of slump retention, were also examined. The results showed that slump retention time was improved by the use of fluid retention agents or super retardants, and that their performance could be controlled by the rate of addition. It is suggested that the problems of increased bleeding, delayed setting, and reduced initial strength development can be solved by accelerating the hydration of the cement with a curing accelerator.

**Keywords:** Fluid Retention Agent, Super Retardant, Curing Accelerator, Slump Retention Time, Initial Strength Development  
流動保持剤, 超遅延剤, 硬化促進剤, スランプ保持時間, 初期強度発現性

### 1. はじめに

近年、生コンクリートの出荷量の減少に伴い、生コンクリート工場の統廃合が進んでいる。生コンクリートは半製品であり、運搬時間90分以内の制約があるが、工場の集約により、時間内に運べない地域（空白地帯）が発生している<sup>1)</sup>。JISの規定上、購入者と協議することで運搬時間を変更することができるため、生コンクリートの可使時間を90分以上確保できれば、空白地域を縮小する一助となりうる。その方法として、90分を超えても適正なワーカビリティを確保できるような混和剤を用いている場合がある。最近ではスランプ保持時間を長くすることができる流動保持剤<sup>2)</sup>が普及し始めているが、実績はまだ少なく、高炉スラグ微粉末等の混和材を用いたコンクリートに対する検討も十分に行われていない。また、一般的には、超遅延剤を添加してスランプ保持時間を向上させるが、ブリーディングの増大、凝結時間の遅延等の初期硬化に至る特性（初期硬化性能）に課題が表出する可能性があることが課題である。

本稿では、普通ポルトランドセメント（以下、Nセメント）および高炉セメントB種（以下、BBセメント）を用いたコンクリートに対して、流動保持剤または超遅延剤を添加することによるスランプ保持時間の改善効果を検討するとともに、ブリーディング、凝結時間および初期強度発現性といった初期硬化性能への影響を検討する。加えて、流動保持剤および超遅延剤の添加によって影響を受けると想定される初期硬化性能に対して、硬化促進剤<sup>3) 4)</sup>を添加することによる改善効果を検討する。

### 2. 実験概要

#### 2.1 実験のシリーズ

本検討は、シリーズIおよびシリーズIIの実験から構成される。

シリーズIでは、環境温度が10℃、20℃および35℃の条件における流動保持剤および超遅延剤によるスランプ保持時間、ブリーディング、凝結時間および初期強度発現性についてコンクリート試験により確認を行った。

シリーズIIでは、シリーズIでスランプ保持時間が良好であった条件の中で、初期硬化性能への影響が大きいと考えられる環境温度10℃および20℃の条件における硬化促進剤による改善効果についてコンクリート試験により確認を行った。

表1に使用材料の種類および物理的性質を、表2にコンクリートの配合を示す。コンクリートの種類は、高性能AE減水剤を用いた30-15-20Nおよび30-15-20BBとした。

表3に目標性能を示す。目標スランプは、添加剤を用いないコンクリート（以下、ベース）が経過時間30分でJIS A 5308による荷卸し地点での許容差である15±2.5cmを満足するように練上り直後を19.0±1.0cmとした。

添加剤1（流動保持剤および超遅延剤）は生コンクリート出荷時に添加することを想定し、練上りから5分後に、添加剤2（硬化促進剤）は現場受入れ後に添加することを想定し、練上りから35分後に添加するものとし、それぞれ添加後の目標スランプを19.0±1.0cmとした。スランプ保持時間の評価は、経過時間30分以降のスランプの目標値を15.0±2.5cmとし、添加剤1を添加したコンクリートおよびベースの経時変化を確認した。

\* 1 戸田建設(株)技術研究所

\* 2 戸田建設(株)技術研究所 修士(工学)

Technology Research Institute, TODA CORPORATION

Technology Research Institute, TODA CORPORATION, M.Eng.

表1 使用材料の種類および物理的性質

| 材料       | 記号   | 種類および物理的性質                                   |
|----------|------|--|
| 水        | W    | 上水道水   |
| セメント (C) | N    | 普通ポルトランドセメント<br>(密度3.16g/cm <sup>3</sup> )   |
|          | BB   | 高炉セメント B種<br>(密度: 3.04g/cm <sup>3</sup> )    |
| 細骨材      | S    | 大井川水系陸砂<br>(表乾密度: 2.59g/cm <sup>3</sup> )    |
| 粗骨材      | G    | 青梅市産硬質砂岩砕石<br>(表乾密度: 2.66g/cm <sup>3</sup> ) |
| 混和剤      | SP-S | 高性能 AE 減水剤 標準形                               |
|          | SP-R | 高性能 AE 減水剤 遅延形                               |
| 添加剤 1    | Ad-A | 流動保持剤<br>ポリカルボン酸エーテル系化合物                     |
|          | Ad-B | 超遅延剤<br>変性リグニンスルホン酸化合物とオキシカルボン酸化合物の複合体       |
| 添加剤 2    | Ad-X | 硬化促進剤カルシウムシリケート水和物 (粉体)                      |

表2 コンクリートの配合

| 種類         | W/C (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |
|------------|---------|---------|--------------------------|-----|-----|-----|
|            |         |         | W                        | C   | S   | G   |
| 30-15-20N  | 53.0    | 48.0    | 170                      | 321 | 850 | 944 |
| 30-15-20BB | 51.0    | 48.0    | 167                      | 327 | 844 | 942 |

表4に測定項目および測定方法を示す。

コンクリートは、容量60リットルの二軸形強制練りミキサーを用いて、35リットル分の全材料を投入後60秒練り混ぜた。混和剤は、環境温度が10℃および20℃の場合は高性能 AE 減水剤 標準形を、環境温度が35℃の場合は高性能 AE 減水剤 遅延形を用いた。経時変化の測定は、練上り後所定の測定時間までコンクリートを静置し、練返しを行った後に実施した。

## 2.2 シリーズ I の概要

環境温度が10℃、20℃および35℃の条件において、スランブの経時変化を確認した。試験の流れを以下に示す。

- ①練上り後、直ちにフレッシュ性状の確認を行う。
- ②ベースは、練上りから30分ごとにフレッシュ性状の確認を行う。
- ③添加剤1を添加する場合は、練上り直後のフレッシュ性状を確認した後、容量50リットルの傾胴式ミキサーにコンクリート全量および添加剤1を投入し、練上りから5分後に20rpmで60秒間攪拌し、直ちにフレッシュ性状の確認を行う。
- ④経時変化試験として、その後練上り直後を起点にして、30分ごとにフレッシュ性状の確認を行う。
- ⑤経時変化試験が終了した時点で圧縮強度試験用供試体採取する。
- ⑥経時変化試験と同条件で再度コンクリートを練り混

表3 目標性能

| 項目         | 目標性能                     |
|------------|--------------------------|
| 目標スランブ     | 添加剤なし：練上り直後19.0±1.0cm    |
|            | 添加剤1：添加後（5分後）19.0±1.0cm  |
|            | 添加剤2：添加後（35分後）19.0±1.0cm |
| 目標空気量      | 4.5±1.0%                 |
| 目標コンクリート温度 | 環境温度±2℃                  |
| スランブ保持時間   | 経過時間30分以降：15±2.5cm       |

表4 測定項目および測定方法

| 項目                | 目標性能                                    |
|-------------------|---|
| 測定項目              | 測定方法                                    |
| スランブ              | JIS A 1101                              |
| 空気量               | JIS A 1128                              |
| ブリーディング           | JIS A 1123                              |
| 凝結時間              | JIS A 1147                              |
| 圧縮強度 (材齢24, 72時間) | JIS A 1108<br>養生方法：所定の材齢まで封緘養生          |
| 圧縮強度 (材齢7, 28日)   | JIS A 1108<br>養生方法：材齢3日まで封緘養生、その後標準水中養生 |

ぜ、ベースは練上り直後に、添加剤1を添加する場合は添加直後に、ブリーディング試験および凝結試験用供試体採取する。

添加剤1を添加するとスランブが増大するため、添加後に目標スランブを満足するように高性能 AE 減水剤の添加率を調整した。また、添加剤1は生コンクリート出荷時に添加することを想定し、予め練混ぜ水から添加剤1の添加量分の水を減じた。

## 2.3 シリーズ II の概要

シリーズ I で環境温度が10℃および20℃の条件において、スランブの経時変化が良好であったものに対して、硬化促進剤を添加し、ブリーディング、凝結時間および初期強度発現性を確認した。試験の流れを以下に示す。

- ①練上り後、直ちにフレッシュ性状の確認を行う。
- ②①の後、容量50リットルの傾胴式ミキサーにコンクリート全量および添加剤1を投入し、練上りから5分後に20rpmで60秒間攪拌し、直ちにフレッシュ性状の確認を行う。
- ③練上りから30分後にフレッシュ性状を確認した後に、容量50リットルの傾胴式ミキサーにコンクリート全量および添加剤2を投入し、練上りから35分後に20rpmで60秒間攪拌し、直ちにフレッシュ性状の確認を行う。
- ④経時変化試験として、その後練上り直後を起点にして、30分ごとにフレッシュ性状の確認を行う。
- ⑤経時変化試験が終了した時点で圧縮強度試験用供試体採取する。

表5 Nセメントを用いたコンクリートのフレッシュ性状、ブリーディング量および凝結時間

| 環境温度 (°C) | 混和剤  |           | 添加剤1 |           | スランブ (cm) |         | 空気量 (%) |        | コンクリート温度 (°C) | ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ) | 凝結時間 (h:mm) |       |
|-----------|------|-----------|------|-----------|-----------|---------|---------|--------|---------------|--|-------------|-------|
|           | 種類   | 添加率 (C×%) | 種類   | 添加率 (C×%) | 練上り直後     | 添加剤1添加後 | 練上り直後   | 供試体採取時 |               |  | 始発          | 終結    |
| 10        | SP-S | 0.8       | -    | -         | 19.5      | -       | 4.9     | 3.9    | 11            | 0.11   | 11:55       | 16:50 |
|           | SP-S | 0.75      | Ad-A | 0.3       | 17.0      | 19.5    | 5.2     | 4.0    | 12            | 0.10   | 12:15       | 16:50 |
| 20        | SP-S | 0.9       | -    | -         | 19.0      | -       | 4.3     | 4.0    | 21            | 0.14   | 7:10        | 10:15 |
|           | SP-S | 0.8       | Ad-A | 0.3       | 18.0      | 19.0    | 5.3     | 4.5    | 21            | 0.13   | 7:35        | 10:40 |
|           | SP-S | 0.7       | Ad-A | 0.6       | 16.5      | 19.0    | 3.7     | 4.0    | 19            | -  | 7:50        | 10:40 |
|           | SP-S | 0.6       | Ad-A | 0.9       | 15.0      | 19.0    | 3.6     | 4.1    | 19            | 0.14   | 8:50        | 11:10 |
|           | SP-S | 0.75      | Ad-B | 0.3       | 17.5      | 18.5    | 4.4     | 4.3    | 21            | 0.32   | 9:10        | 12:15 |
|           | SP-S | 0.7       | Ad-B | 0.45      | 15.0      | 19.0    | 3.7     | 4.2    | 19            | 0.32   | 11:10       | 15:30 |
| 35        | SP-R | 0.95      | -    | -         | 19.0      | -       | 4.2     | 4.0    | 35            | 0.09   | 4:45        | 5:55  |
|           | SP-R | 0.7       | Ad-A | 0.9       | 15.0      | 19.0    | 4.0     | 4.2    | 35            | 0.07   | 5:00        | 6:10  |
|           | SP-R | 0.7       | Ad-A | 1.2       | 15.0      | 19.0    | 4.0     | 4.4    | 36            | 0.08   | 5:35        | 6:20  |
|           | SP-R | 0.6       | Ad-B | 0.6       | 14.0      | 19.0    | 4.2     | 4.2    | 36            | 0.38   | 10:55       | 12:35 |

表6 BBセメントを用いたコンクリートのフレッシュ性状、ブリーディング量および凝結時間

| 環境温度 (°C) | 混和剤  |           | 添加剤1 |           | スランブ (cm) |         | 空気量 (%) |        | コンクリート温度 (°C) | ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ) | 凝結時間 (h:mm) |       |
|-----------|------|-----------|------|-----------|-----------|---------|---------|--------|---------------|--|-------------|-------|
|           | 種類   | 添加率 (C×%) | 種類   | 添加率 (C×%) | 練上り直後     | 添加剤1添加後 | 練上り直後   | 供試体採取時 |               |  | 始発          | 終結    |
| 10        | SP-S | 0.7       | -    | -         | 19.0      | -       | 4.5     | 3.8    | 12            | 0.11   | 10:30       | 17:45 |
|           | SP-S | 0.65      | Ad-A | 0.3       | 17.5      | 19.0    | 4.2     | 4.0    | 12            | 0.09   | 11:35       | 18:50 |
|           | SP-S | 0.55      | Ad-B | 0.3       | 16.5      | 18.0    | 4.2     | 4.0    | 12            | 0.23   | 14:00       | 20:05 |
| 20        | SP-S | 0.75      | -    | -         | 18.5      | -       | 4.4     | 3.8    | 21            | 0.09   | 6:25        | 10:05 |
|           | SP-S | 0.7       | Ad-A | 0.45      | 17.5      | 18.5    | 4.2     | 4.1    | 21            | 0.09   | 7:10        | 11:20 |
|           | SP-S | 0.6       | Ad-A | 0.9       | 14.5      | 19.0    | 3.5     | 4.2    | 19            | 0.09   | 9:20        | 13:40 |
|           | SP-S | 0.65      | Ad-B | 0.45      | 15.5      | 18.0    | 4.1     | 4.0    | 21            | 0.55   | 11:05       | 14:15 |
| 35        | SP-R | 0.85      | -    | -         | 20.0      | -       | 4.0     | 4.1    | 36            | 0.07   | 4:40        | 6:10  |
|           | SP-R | 0.6       | Ad-A | 0.9       | 13.0      | 20.0    | 4.1     | 4.1    | 35            | 0.04   | 5:05        | 6:40  |
|           | SP-R | 0.6       | Ad-A | 1.2       | 12.5      | 19.5    | 3.5     | 3.7    | 36            | 0.05   | 5:30        | 7:05  |
|           | SP-R | 0.6       | Ad-A | 1.5       | 12.5      | 20.0    | 4.0     | 4.4    | 35            | 0.09   | 5:05        | 6:50  |
|           | SP-R | 0.6       | Ad-B | 0.6       | 13.0      | 19.0    | 4.1     | 4.2    | 35            | 0.61   | 11:45       | 14:15 |
|           | SP-R | 0.6       | Ad-B | 0.75      | 13.0      | 18.5    | 3.7     | 3.8    | 36            | 0.73   | 18:25       | 20:30 |

⑥経時変化試験と同条件で再度コンクリートを練り混ぜ、添加剤2を添加した直後に、ブリーディング試験および凝結試験用供試体を採用する。

添加剤2の荷姿は粉体だが、添加することでスランブが増大することが確認されたため、高性能AE減水剤の添加率を調整し、添加後に目標スランブを満足するように高性能AE減水剤の添加率を調整した。また、添加剤2は、単位量に含めず外割りで添加した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 シリーズI

表5にNセメントを用いたコンクリートのフレッシュ性状、ブリーディング量および凝結時間を、表6にBBセメントを用いたコンクリートのフレッシュ性状、ブリーディング量および凝結時間を示す。なお、空気量およびコンクリート温度は、練上り直後の試験値を示す。

いずれの条件においても、練上り直後、または添加剤1添加後のスランブについて、目標性能を満足することを確認した。また、一連の試験において、目標空気量お

よび目標コンクリート温度について、目標性能を満足することを確認した。

図1に添加率とスランブ増大量の関係を示す。このとき、添加剤1を添加しないものを基準とする。流動保持剤を添加した場合、C×0.9%を超えるとスランブ増大量が横ばいとなる傾向が見られた。添加率とスランブ増大量の傾きは、横ばいとなる傾向が見られるC×1.2%以上の値を除いた場合の流動保持剤が5.2に対し、超遅延剤が7.7であり、超遅延剤の方が添加率あたりの増大量は大きく、減水性が高いことが示唆された。セメントの種類による違いは認められなかった。環境温度ごとに比較すると、流動保持剤は傾向が見られないのに対し、超遅延剤は10°C、20°Cおよび35°Cに対してそれぞれ5.0、6.5および8.4であり、温度が高くなるのに伴い大きくなった。これは、温度が高くなることにより超遅延剤の分散効果が活発になったためと推察された。

図2に環境温度ごとのスランブの経時変化を示す。ベースのスランブは、いずれの条件においても、経過時間60分で12.5cmを下回る結果となった。これに対して、

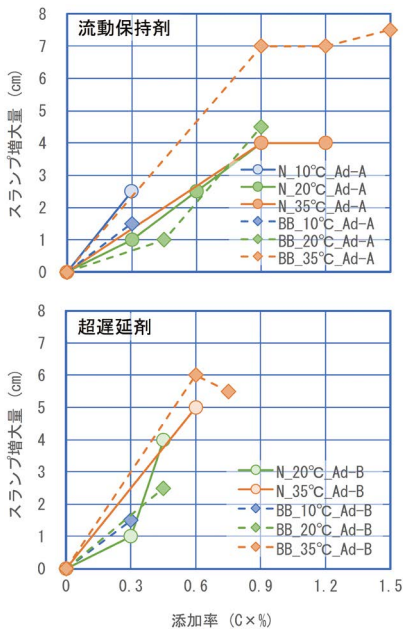


図1 添加率とスランプ増大量の関係 (上：流動保持剤、下：超遅延剤)

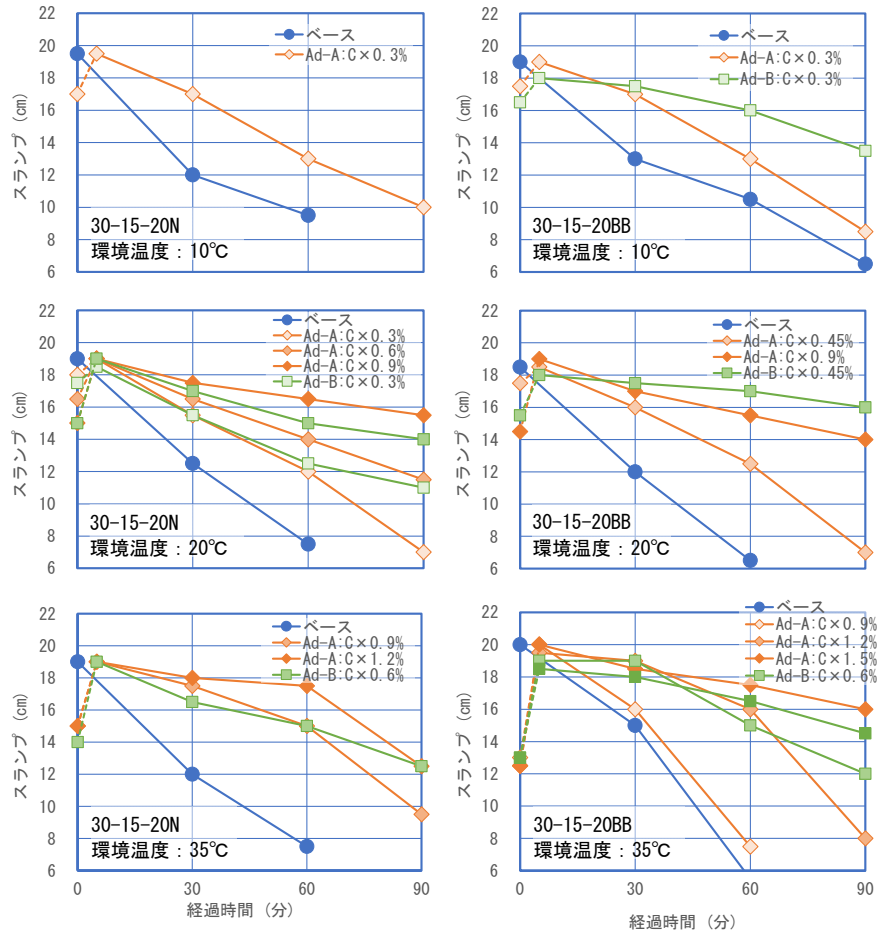


図2 環境温度ごとのスランプの経時変化 (左：Nセメント、右：BBセメント)

添加剤1を添加した場合、添加剤1の種類によらずスランプ保持時間を改善することができ、添加率を大きくすることでスランプ保持時間は長くなること示唆された。流動保持剤および超遅延剤を比較すると、同一添加率では流動保持剤より超遅延剤の方がスランプ保持時間は長くなる傾向にあることが確認された。この傾向は、NセメントよりもBBセメントを用いた方が、また、環境温度が高い方が顕著であった。

ブリーディング量は、流動保持剤を添加した場合、添加率、セメントの種類および環境温度によらず、ベースとほぼ同等の値を示した。このことから、流動保持剤はブリーディングにほとんど影響を及ぼさないと考えられた。一方、超遅延剤を添加した場合、添加率の多寡にもよるが、ベースと比較しておよそ2倍から10倍であった。この傾向は、NセメントよりもBBセメントを用いた方が大きく、環境温度が高い方が大きくなり、スランプの経時変化と相関性があることが示唆された。

ベースの凝結時間は、環境温度が高くなるのに伴い早くなった。図3に添加率と始発の遅延時間の関係を示す。このとき、添加剤1を添加しないものを基準とする。いずれの条件でも添加率の増加に伴い遅延時間が大きくなる傾向を示した。流動保持剤を添加した場合、

環境温度が高くなるのに伴い遅延する時間が短くなる傾向を示したが、超遅延剤を添加した場合、環境温度によらず傾きが同程度となった。これは、竹内らが報告<sup>5)</sup>しているように、環境温度が高くなると超遅延剤の凝結遅延成分が活性化し、その効果が大きくなったためと考えられる。遅延時間は、流動保持剤および超遅延剤のいずれもNセメントよりもBBセメントを用いた方が大きかった。

図4に圧縮強度試験結果を示す。供試体採取時の空気量の差は、ベースに対して最大で0.5%であったため、空気量による補正は行わなかった。材齢24時間の圧縮強度は、ベースに対して流動保持剤を用いると、環境温度10°Cおよび20°Cでは同等かやや低下した。超遅延剤を用いると、環境温度10°Cおよび20°Cでは低下した。しかし、環境温度35°Cではいずれを用いた場合でも、6~20%増加する傾向を示した。材齢72時間以降の圧縮強度は、ベースと同等程度であった。

以上の結果から、添加剤1の流動保持剤および超遅延剤のいずれでも、添加率を調整することで環境温度によらずスランプ保持時間をコントロールすることが可能であることが確認できた。ただし、流動保持剤は、超遅延剤と同等のスランプ保持時間を確保するためには同等以

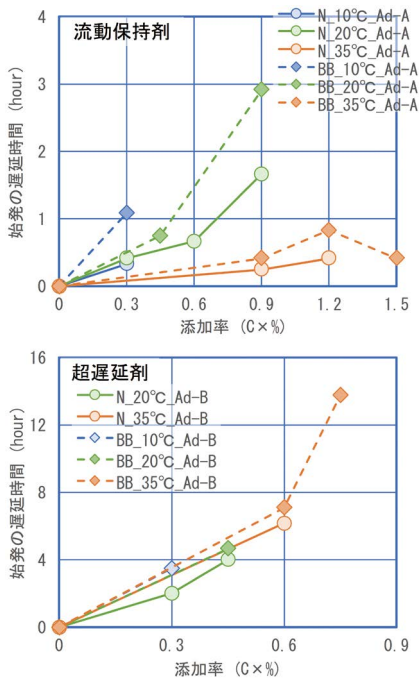


図3 添加率と始発の遅延時間の関係 (上：流動保持剤、下：超遅延剤)

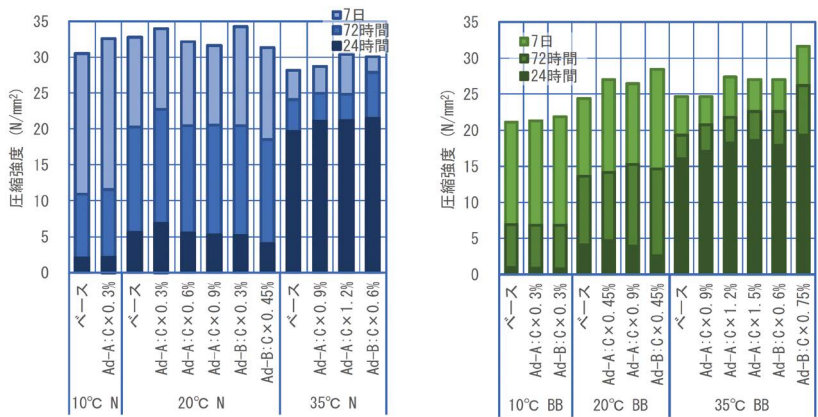


図4 圧縮強度試験結果 (シリーズI) (左：Nセメント、右：BBセメント)

表7 硬化促進剤を添加した条件

| 環境温度 (°C) | セメントの種類 | 添加剤 1 |          |
|-----------|---------|-------|----------|
|           |         | 種類    | 添加率 (C%) |
| 10        | N       | Ad-A  | 0.3      |
| 10        | BB      | Ad-B  | 0.3      |
| 20        | BB      | Ad-B  | 0.45     |

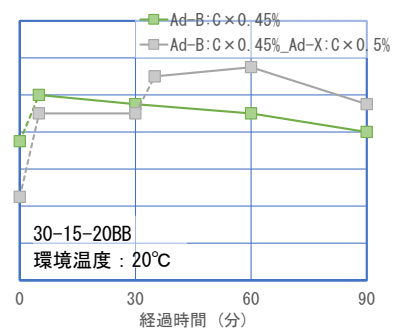
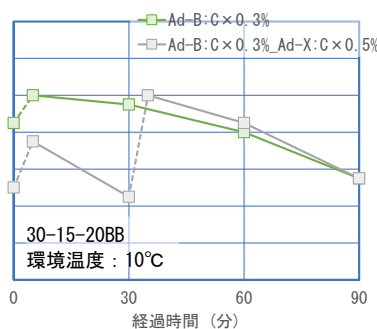
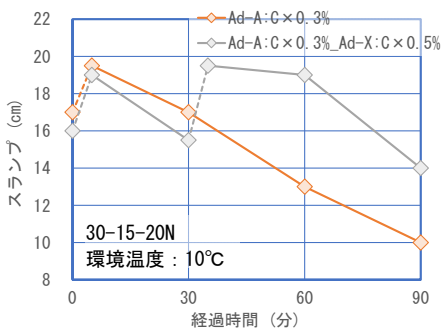


図5 スラブの経時変化

上の添加率を要すること、超遅延剤は、ブリーディングの増大や凝結時間の遅延等の硬化に至る過程に問題が生じること、といった特徴があることが明確となり、実際に使用する際はこれらの一長一短を考慮して運用することが必要であると考えられる。

### 3.2 シリーズII

シリーズIの結果を踏まえて、硬化促進剤の効果を確認した。表7に硬化促進剤を添加した条件を示す。なお、硬化促進剤の添加率は、いずれの条件においてもC×0.5%とした。

添加剤2の硬化促進剤をC×0.5%添加することでスラブは2.0~5.5cm増大した。ただし、各条件のサンプル数が1であることや添加前のスラブが異なることから、傾向を得ることはできなかった。

図5にスラブの経時変化を示す。スラブは、硬化

促進剤を添加した直後に増大し、その後のスラブ保持時間は添加しないものと比較して、同等以上の挙動を示した。

表8にブリーディング量および凝結時間を示す。ブリーディング量は、いずれの条件においても硬化促進剤を添加することで減少する傾向を示し、およそ70~81%減少した。また、その量はベースと同程度以下であった。

凝結時間は、いずれの条件においても硬化促進剤を添加することで促進された。10°C環境でNセメントを用い流動保持剤を添加した条件では、約3時間促進され、ベースより凝結時間が早くなった。一方で、BBセメントを用い超遅延剤を添加した条件では、環境温度によらず約1時間促進されたが、ベースと比較すると1時間30分~3時間程度遅延する結果となった。以上のように硬化促進剤の効果にバラつきが生じた要因が添加剤1によ

表8 プリーディング量および凝結時間

| 環境温度 (°C) | セメントの種類 | 混和剤  |           | 添加剤 1 |           | 添加剤 2 |           | ブリーディング量 (cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> ) | 凝結時間 (h:mm) |       |
|-----------|---------|------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|--|-------------|-------|
|           |         | 種類   | 添加率 (C×%) | 種類    | 添加率 (C×%) | 種類    | 添加率 (C×%) |  | 始発          | 終結    |
| 10        | N       | SP-S | 0.8       | -     | -         | -     | -         | 0.11   | 11:55       | 16:50 |
|           |         | SP-S | 0.75      | Ad-A  | 0.3       | -     | -         | 0.10   | 12:15       | 16:50 |
|           |         | SP-S | 0.7       | Ad-A  | 0.3       | Ad-X  | 0.5       | 0.03   | 9:20        | 14:10 |
|           | BB      | SP-S | 0.7       | -     | -         | -     | -         | 0.11   | 10:30       | 17:45 |
|           |         | SP-S | 0.55      | Ad-B  | 0.3       | -     | -         | 0.23   | 14:00       | 20:05 |
|           |         | SP-S | 0.5       | Ad-B  | 0.3       | Ad-X  | 0.5       | 0.05   | 13:15       | 19:10 |
| 20        | BB      | SP-S | 0.75      | -     | -         | -     | -         | 0.09   | 6:25        | 10:05 |
|           |         | SP-S | 0.65      | Ad-B  | 0.45      | -     | -         | 0.55   | 11:05       | 14:15 |
|           |         | SP-S | 0.55      | Ad-B  | 0.45      | Ad-X  | 0.5       | 0.10   | 10:20       | 13:20 |

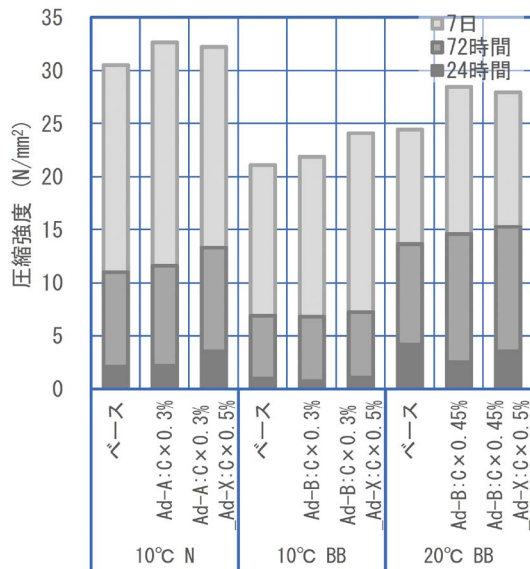


図6 圧縮強度試験結果 (シリーズII)

るものなのか、セメントの種類によるものなのか、今後検証する必要がある。

図6に圧縮強度試験結果を示す。圧縮強度は、材齢24時間ではいずれの条件においても硬化促進剤を添加することで高くなった。10°C環境でNセメントを用い流動保持剤を添加した条件では、63%高くなり、ベースと比較しても71%高くなった。一方で、BBセメントを用い超遅延剤を添加した条件では、環境温度によらず約40%高くなったが、超遅延剤を添加しないものと比較すると、10°Cで11%高くなり、20°Cで14%低くなった。この傾向は、凝結時間の結果と相関があり、今後検証する必要がある。材齢72時間では、いずれの条件においても硬化促進剤を添加することでベースおよび硬化促進剤を添加しないものと比較して高くなり、材齢7日で同程度となった。

#### 4. まとめ

普通ポルトランドセメントおよび高炉セメントB種を用いたコンクリートに対して、流動保持剤または超遅延

剤を添加することによるスランプ保持時間の改善効果を検討し、また、流動保持剤または超遅延剤の添加によって影響を受けると想定されるブリーディング、凝結時間および初期強度発現性に対して、硬化促進剤を用いることによる改善効果を検討し、以下の知見を得た。

- (1) 流動保持剤および超遅延剤のいずれを用いても、添加率を調整することで環境温度によらずスランプ保持時間をコントロールすることが可能である。
- (2) 流動保持剤は、超遅延剤より多くの添加率を要するが、ブリーディング、凝結時間および初期強度発現性に及ぼす影響が小さく、スランプ保持時間を改善することができる。
- (3) 超遅延剤は、ブリーディングが多くなることや凝結時間が遅くなる、といった欠点はあるものの、流動保持剤と比較して少ない添加率でスランプ保持時間を改善することができる。
- (4) 硬化促進剤は、流動保持剤または超遅延剤と併用することで、スランプ保持時間を損なうことなく、初期硬化性能を改善することができる。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：第3回道路における建設資材調達に関するあり方検討委員会 配布資料 参考資料3，2020
- 2) 小泉信一，菅俣匠，阿合証明，細田暁，藤岡彩永佳，渡邊賢三，柳井修司，筒井達也：スランプ保持型混和剤を使用したコンクリートの経時変化，土木学会第77回年次学術講演会講演概要集，V-394，2022
- 3) 井元晴丈，小泉信一，花房賢治，馬場勇介：C-S-H系早強剤を用いたコンクリートの初期硬化性状とブリーディング抑制効果，コンクリート工学年次論文集，Vol.36，No.1，pp.2248-2253，2014
- 4) 井元晴丈，花房賢治，小泉信一，杉山知己，C-S-H系早強剤が高炉セメントを使用したコンクリートの強度発現性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.1，pp.175-180，2015
- 5) 竹内徹，長瀧重義：超遅延剤を用いたコンクリートの特性，コンクリート工学，Vol.37，No.11，pp.9-19，1999