

# コンクリートの長時間運搬に対応する 機能型混和剤の施工性改善効果

(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム ○山内 稜  
(国研) 土木研究所 寒地土木研究所 耐寒材料チーム 吉田 行  
(国研) 土木研究所 企画部 研究企画課 研究評価・国際室 長谷川 諒

コンクリート工場の集約化に伴う工場から施工現場までの長時間運搬による施工性低下から、出来上がりコンクリートの品質低下の懸念がある。改善方策の一つとして、スランプ保持性や凝結遅延性を付与した機能型混和剤の使用があるが、その効果は整理されていない。そこで、各種機能型混和剤を用いたコンクリートの性状を把握しその効果を検証するために、フレッシュ性状試験と硬化コンクリート試験を実施した結果、機能型混和剤の種類により効果は異なるが一般的な混和剤に比べスランプを保持性が高いことを確認した。

キーワード：長時間運搬、機能型混和剤、スランプ、圧縮強度

## 1. はじめに

レディーミクストコンクリートは長い時間を運搬する場合、時間経過に伴って流動性が低下し、打込みや締固め、仕上げ等の作業に支障をきたし、コンクリートに充填不良やコールドジョイントなどの初期欠陥が生じる可能性が高まる。

コンクリート標準示方書〔施工編〕では、コンクリートの練混ぜから運搬後の打込みまでの時間について「コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間は、現場に比較的近い工場を選定した上で、外気温が日平均で25℃以下では、2.0時間以内を、25℃を超える時期に施工を行う必要がある場合には1.5時間以内を目安に計画するとよい」と記載としている<sup>1)</sup>。しかし、建設需要の偏在化やプレキャスト化によるコンクリート出荷量減少等により、レディーミクストコンクリート工場の集約化が進んでおり、全国生コンクリート工業組合連合会の報告によると工場数が2000年から2022年の2年間で4662工場から3061工場へと数を減らしている<sup>2)</sup>。

全国的なコンクリート工場の集約化により、コンクリート工場から荷卸し地点までのレディーミクストコンクリートの運搬距離が伸び、JISが定める規定時間である90分以内に供給できない地域が発生する可能性がある。そのため、運搬による時間経過後であってもコンクリートのワーカビリティを適切に保った状態で施工することが求められている。

コンクリートのワーカビリティを確保する方法の一つに混和剤の活用が挙げられる。実際にコンクリート工場数の減少に伴うコンクリートの長時間運搬の必要性の

高まりによって、練混ぜ後の流動性を長時間保つスランプ保持性混和剤が開発され、現場への導入が進んでいる<sup>3)</sup>。これらの機能型混和剤を使用することにより、長時間の運搬後であっても施工が可能なワーカビリティを保持できる。しかし、凝結遅延性やスランプ保持性などを付与するこれらの機能型混和剤は種類が多く、そのスランプ保持性への効果は整理されていない。

そこで本研究では、各種機能型混和剤を用いたコンクリートの性状を把握するために、機能型混和剤を使用したコンクリートのフレッシュ性状の変化と圧縮強度について検討した。

## 2. 実験概要

### (1) 使用した材料とコンクリートの配合

実験に使用したセメントは、普通ポルトランドセメント（密度3.16 g/cm<sup>3</sup>、比表面積3,230 cm<sup>2</sup>/g）を用いた。骨材は、細骨材に苫小牧市樽前産の陸砂（密度2.66 g/cm<sup>3</sup>、吸水率0.97%）を、粗骨材に小樽市見晴産の碎石（密度2.65 g/cm<sup>3</sup>、吸水率1.43%、最大寸法20 mm）を使用した。実験に使用した混和剤を表-1に示す。機能型混和剤は、スランプ保持型の混和剤から標準型を2種類（記号a、b）、高機能タイプを1種類（記号c）、遅延型を2種類（記号d、e）、後添加型のスランプ保持剤を1種類（記号f）、凝結遅延剤を2種類（記号g、h）の計8種類を複数のメーカーから選定した。なお、比較のために標準的なAE減水剤（記号n）を1種類使用した計9種類とした。

表-2に実験に用いたコンクリートの各配合を示す。水セメント比は55%の1水準とし、単位水量は全配合165

表-1 使用した混和剤

| 記号  | 混和剤種類                | 成分                               |
|-----|----------------------|----------------------------------|
| n   | AE減水剤                | リグニンスルホン酸化合物とポリオールとの複合体          |
| a   | AE減水剤超保持型高機能タイプ(標準形) | リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体     |
| b   | AE減水剤スランプ保持タイプ標準形    | リグニンスルホン酸塩、オキシカルボン酸塩、ポリカルボン酸系化合物 |
| c   | AE減水剤高機能タイプ標準形       | 変性リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸化合物の複合体    |
| d   | AE減水剤超保持型高機能タイプ(遅延形) | リグニンスルホン酸化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体     |
| e   | AE減水剤スランプ保持タイプ(遅延形)  | リグニンスルホン酸塩、オキシカルボン酸塩、ポリカルボン酸系化合物 |
| f   | スランプ保持剤(後添加)         | ポリカルボン酸系化合物                      |
| g   | 凝結遅延剤                | ポリヒドロキシカルボン酸複合体                  |
| h   | 超遅延剤                 | オキシカルボン酸塩                        |
| AE剤 | AE剤1                 | 変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤              |
|     | AE剤2                 | 樹脂酸塩系界面活性剤                       |
|     | AE剤3                 | 特殊界面活性剤系化合物                      |

表-2 コンクリートの配合

| 凡例<br>記号 | セメント | W/C<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      | 機能型混和剤 |      | AE剤(C質量%) |       |        | スランプ<br>(cm) | 空気量<br>(%) |
|----------|------|------------|------------|--------------------------|-----|-----|------|--------|------|-----------|-------|--------|--------------|------------|
|          |      |            |            | W                        | C   | S   | G    | 記号     | C質量% | AE剤1      | AE剤2  | AE剤3   |              |            |
| N        | NP   | 55         | 45.0       | 165                      | 300 | 832 | 1024 | n      | 0.60 | 0.00375   | —     | —      | 17.6         | 4.3        |
| A        |      |            |            |                          |     |     |      | a      | 0.50 | 0.00150   | —     | —      | 18.8         | 5.5        |
| B        |      |            |            |                          |     |     |      | b      | 0.60 | —         | 0.045 | —      | 19.1         | 5.3        |
| C        |      |            |            |                          |     |     |      | c      | 0.50 | —         | —     | 0.0055 | 20.6         | 4.5        |
| D        |      |            |            |                          |     |     |      | d      | 0.50 | 0.00150   | —     | —      | 18.6         | 4.5        |
| E        |      |            |            |                          |     |     |      | e      | 0.50 | —         | 0.050 | —      | 19.0         | 4.1        |
| F        |      |            |            |                          |     |     |      | c      | 0.30 | —         | —     | 0.0055 | 18.7         | 5.1        |
| G        |      |            |            |                          |     |     |      | f      | 0.15 |           |       |        |              |            |
| H        |      |            |            |                          |     |     |      | g      | 0.10 |           |       |        |              |            |
|          |      |            |            |                          |     |     |      | h      | 0.20 | —         | 0.060 | —      | 18.3         | 5.1        |

kg/m<sup>3</sup>に統一した。目標空気量は4.5±1.0%として、使用する機能型混和剤と同メーカーのAE剤を組合せ使用した。なお、スランプについては、後述する(2)スランプの経時変化測定のために各メーカーのカタログを参考に練混ぜ後からのスランプの経時変化量を見込んだ20±2.5 cmを目標とし、混和剤の添加量は、各メーカーの標準添加量を基本として、標準添加量の範囲内で目標スランプに合わせ調整した。

## (2) スランプ経時変化測定

20℃環境下の試験室で練り混ぜたコンクリートのスランプ試験をJISA 1101に準拠し実施した。機能型混和剤によるスランプ保持性を検証するために、初回の測定後に測定に用いた写真-1に示すコンクリートをコンテナボックスに移し替え、30分経過毎に4～5回スコップで練り返した後、スランプ試験を実施し、120分後まで測定した。



写真-1 経時スランプ変化測定に使用したコンクリート

認するため、20℃で水中養生を行ったφ100×200 mmの円柱供試体を用いて、JIS A 1108に準拠し材齢3、7、28日の圧縮強度を測定した。

## 3. 試験結果および考察

### (3) 凝結時間試験

20℃環境下での試験室で練り混ぜたコンクリートにウェットスクリーニングを行い抽出したモルタル分に対して、JISA 1147に準拠し凝結時間試験を実施した。なお、機能型混和剤がコンクリートの初期の硬化性状に与える影響を把握するために、測定時間は始発時間までとした。

### (4) 圧縮強度試験

機能型混和剤がコンクリートの強度に与える影響を確

#### (1) スランプ経時変化

図-1 に各配合のスランプの経時変化を示す。標準的なAE減水剤を使用したNは、初期スランプ17.6cmから90分経過後の測定で9.8cmであった。機能型混和剤を添加した配合では、B、Dの配合が各時間経過後であっても、他の配合と比べスランプが大きい結果となった。一方で、60分経過後のGの配合や90分経過後のA、Hの配合のスランプが、同時経過後のNのスランプと同程

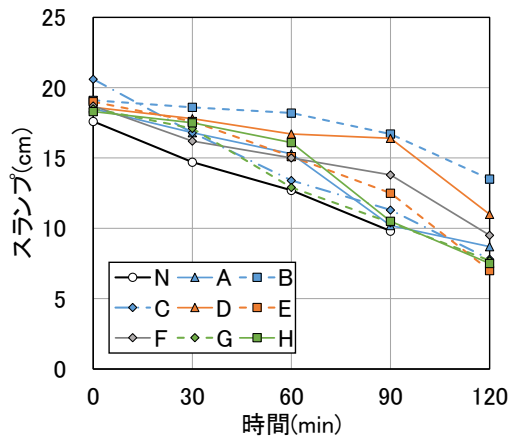


図-1 スランプの経時変化

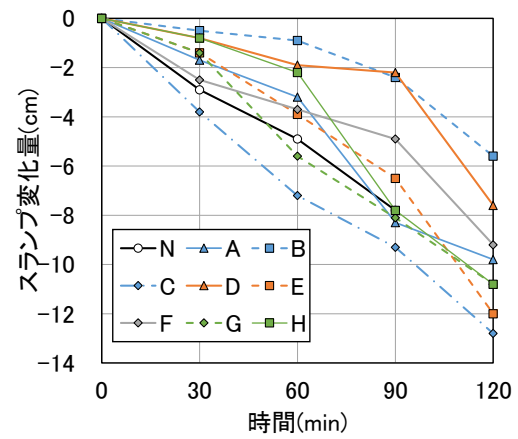


図-2 初回測定時からのスランプ変化量

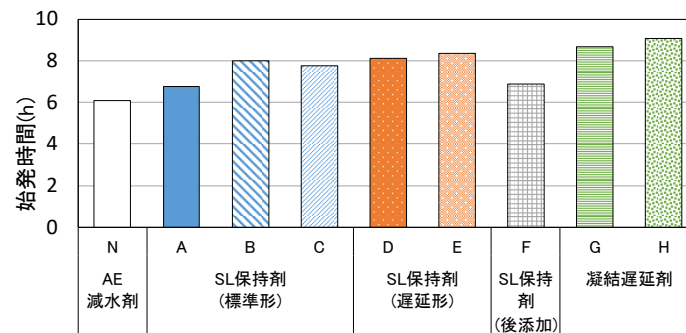


図-3 コンクリートの始発時間

度となった。

図-2 に練混ぜ後に測定したスランプ変化量を示す。Nの配合に比べCの配合は30分経過後にNのスランプ変化量を上回り、90分経過後にはA、G、Hの配合のスランプ変化量がNと同程度となった。さらに、120分経過後にはスランプ変化量が高機能タイプのCは12.8cm、スランプ保持タイプ遅延型のEは12cmであった。その一方で、120分経過後のスランプが最も大きいBの配合ではスランプ変化量が5.6cmであった。

以上から、混和剤の種類によりその効果は異なるが機能型混和剤を添加した配合は、標準型混和剤よりもスランプ保持性が高いことを確認した。

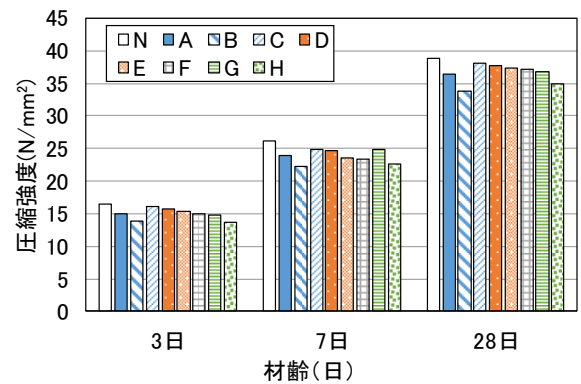


図-4 コンクリートの圧縮強度

## (2) 凝結時間

図-3 に各配合のコンクリートの始発時間を示す。標準的な AE 減水剤を使用した N は、6 時間程度で凝結始発となった。機能型混和剤を使用した場合にはどの配合も、N より始発時間が遅くなった。特に、凝結遅延剤を添加した H の始発時間が 9 時間を超え最も遅くなったが、スランプ保持型の混和剤の配合である B、D、E と始発時間の差は 1 時間以内であり、凝結遅延剤だけでなくスランプ保持型の混和剤も種類によりその効果は異なるが始発時間が遅くなる可能性があることを確認した。

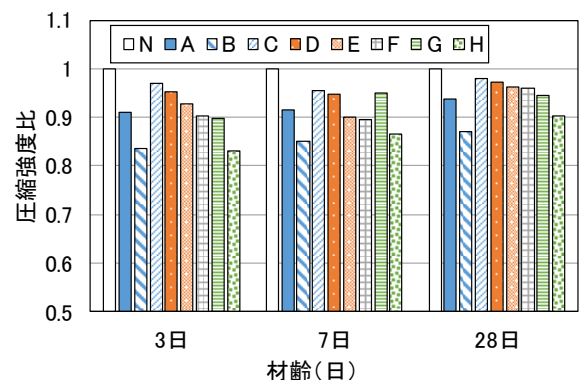


図-5 圧縮強度比

### (3) 圧縮強度

図-4 に各配合の圧縮強度を、図-5 に各材齢の N の圧縮強度を 1 とした場合の圧縮強度比を示す。機能型混和剤を添加した配合の圧縮強度は、ベース配合となる N と比べ、どの材齢においても下回った。機能型混和剤を添加した配合では、B、H の圧縮強度が各材齢で低く、他の配合は同程度であった。

図-6 に始発時間と各材齢の圧縮強度の関係を示す。なお、図には各材齢の圧縮強度に両者の関係の目安となる近似曲線を示している。前述のように他の配合と比べ強度が大きい N や強度が低い B、H を除き、始発時間に差はあるものの、圧縮強度に大きな差は確認されず、凝結時間が強度に及ぼす影響は小さいと考えられる。

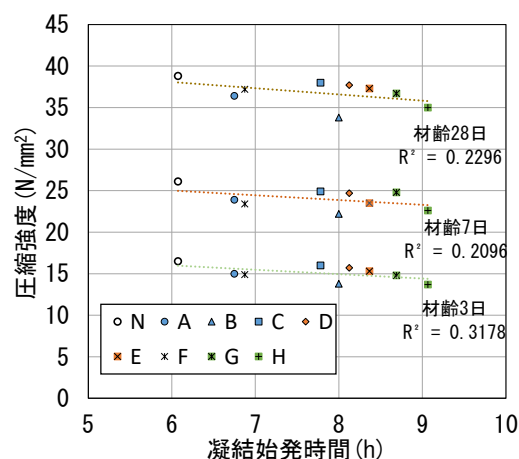


図-6 始発時間と圧縮強度

## 4. まとめ

本研究では各種機能型混和剤を用いたコンクリートの性状を把握するため、その効果を検討した。本研究で得た知見を以下にまとめる。

- 1) スランプ保持性や凝結遅延性を付与した機能型混和剤は、種類により効果が異なるが、一般的な混和剤よりもスランプ保持性が高く、始発時間が遅延することを確認した。
- 2) 機能型混和剤を用いた場合に始発時間が遅くなることがあるものの、凝結時間が圧縮強度に与える影響は小さいことを確認した。

## 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書〔施工編〕，2023.
- 2) 全国生コンクリート工業組合連合会：コンクリート産業の推移，<https://www.zennama.or.jp/2-soshiki/genjyou/suii.html>，2022.
- 3) 小泉信一，作榮二郎：流動性を長時間保持するAE減水剤・超保持型高機能タイプ，コンクリート工学，Vol.57，No.1，pp.12-15，2019.