

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04208

研究課題名（和文）亜硝酸リチウムにより耐寒性を付与した高機能グラウトの開発

研究課題名（英文）Development of High-Performance Grout with anti-freezing Using Lithium Nitrite

研究代表者

井上 真澄（Inoue, Masumi）

北見工業大学・工学部・教授

研究者番号：00388141

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、氷点下において特別な養生を必要としない耐寒を有する高機能グラウトの開発を目的として、亜硝酸リチウムの添加がPCグラウトの流動性や氷点下における強度発現性に及ぼす影響について検討した。また、厳寒期の屋外環境下において実物大試験体を用いたグラウト注入試験を行い、耐寒PCグラウトの充填状況や強度発現性などの基礎的性状を検討した。その結果、温度条件毎に亜硝酸リチウムの添加率を適正に設定することにより、練混ぜ直後から氷点下で養生しても良好な強度発現が得られることを確認した。また、シース管への確実な充填が可能であり、PCグラウトの品質基準を満足することを確認し、実用化への可能性を導いた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

寒中のPCグラウト工は、PCグラウトの注入作業を行わないことが標準となっている。やむを得ず寒中に注入を行う場合には、注入前にシース周辺のコンクリート温度を+5℃以上に保温し、注入後少なくとも3日間+5℃以上に保つことが原則とされている。しかし、低温環境下に曝されて冷え切ったコンクリート躯体をジェットヒーターや断熱マットなどを用いて給熱しコンクリート温度を保つことは容易ではなく、設置手間や燃料代など施工コストを押し上げる要因となっている。本研究で提案する耐寒性を付与した高機能グラウトの実用化は、工期の短縮とともに給熱のための手間とコストが不要となり、寒中施工の生産性向上につながる。

研究成果の概要（英文）：The authors aim to develop a high-performance PC grout using lithium nitrite without heat curing in cold weather. The fluidity and the strength development of the grout using accelerator containing lithium nitrite as a main component at the freezing point immediately after mixing were examined. A full-scale modeling test using concrete member were examined to clarify the fulling and strength development in the coldest season. As a result, it was confirmed that the grout using accelerator containing lithium nitrite has a good strength development at the freezing point. From a full scale modeling test, there was no problem in filling the grout into the sheath, and the all test results satisfied the standard value of PC grout.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：亜硝酸リチウム グラウト 寒中施工 強度発現 凍結点降下作用

### 1. 研究開始当初の背景

寒中のグラウト工事では、低温がもたらすグラウトの初期凍害や強度発現の遅れが大きな問題となる。その一例としてポストテンション方式のプレストレストコンクリート(PC)構造物では、シース内に注入した PC グラウト中の水分が凍結膨張を引き起こし周辺のコンクリート躯体にひび割れを誘発する恐れがある<sup>1)</sup>。そのため、現行の PC グラウトの設計施工指針<sup>2)</sup>では、日平均気温が 4°C以下となるような寒中ではグラウトの注入作業を行わないことを標準としている。やむを得ず寒中でのグラウト注入作業を行う場合には、グラウトの凍結を防ぐために構造物全体や大部分を覆う大がかりな養生囲いを設けて給熱養生する必要がある。しかし、グラウトの使用量(材料費)に対して給熱機の燃料消費量が膨大となることから、積雪寒冷地では寒中のグラウト施工を避けざるを得ないケースが多く、PC 構造物の通年施工の大きな障害となっている。

この問題の解決には、養生囲いや給熱を行わなくとも氷点下において凍結しない PC グラウトの開発が必要である。一般にセメント系材料に耐寒性を付与し強度促進を図る場合、無塩化・無アルカリ型の亜硝酸塩や硝酸塩が硬化促進剤(耐寒剤)として使用される<sup>3)</sup>。その亜硝酸塩のうち亜硝酸リチウム(以下、LN と称す)は、耐寒性や初期強度発現性に寄与<sup>4)</sup>するだけでなく、断面修復工や表面被覆工用セメント系補修材の鉄筋防錆成分としても広く使用されている。既報告では、LN はセメントに対して 10%以上添加できる一方で、練混ぜ後の流動性に及ぼす影響は小さく、作業性にも支障がないことが報告されている<sup>5)</sup>。亜硝酸塩は凍結点降下作用も有するためセメント系材料に多量添加できれば、耐寒(防凍)性能を飛躍的に向上できる可能性がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、-10°C程度の氷点下において特別な養生を必要としない耐寒を有する高機能 PC グラウトの開発を目的として、LN を含有する硬化促進剤の添加が PC グラウトの流動性や、練混ぜ直後から氷点下において養生した場合の強度発現性に及ぼす影響について検討を行った。また、実部材への適用性を把握するために、実物大試験体を対象に厳冬期の屋外環境下において耐寒 PC グラウトを注入した場合の充填状況や強度発現性などの基礎的性状を確認した。

### 3. 研究の方法

#### (1) LN を添加したセメントペーストの氷点下における物性

LN の添加がセメント系材料の流動性や練混ぜ直後から氷点下において養生した場合の強度発現性に及ぼす影響を明らかにするため、セメントペーストを対象としてフローや圧縮強度などの基本物性について検討を行った。

表-1 に試験項目を示す。圧縮

表-1 実験要因

強度は、練混ぜ後に φ50×100mm のぶりき製軽量型枠に打込み、打込み面をラップで覆い封緘した。その後、初期養生せずに打込み直後から、氷点下を想定して-10°Cの恒温槽内にて封緘養生し、所定材齢(3, 7, 28 日)において圧縮強度試験(JSCE-G

略号	W/C (%)	LN 添加率 (%)	練混ぜ環境	養生条件 (封緘)	試験材齢 (日)	試験項目
LN0	40	0	10±1°C 85±5%RH	-10°C(材齢 28 日以降 20°Cの回復養生) 20°C一定	3, 7, 28, 91, 180	0 打フロー 温度履歴 圧縮強度 細孔量
LN3		3				
LN6		6				
LN9		9				

531)を行った。また、材齢 28 日以降は、氷点下における養生後の追加養生による強度回復の有無を確認するため、20°Cの恒温槽内において追加養生(以下、回復養生と称す)を行い、材齢 91 日および 180 日にて圧縮強度試験を行った。

供試体の温度履歴は、φ50×100mm のぶりき製軽量型枠中央部に熱電対を設置し、打込み直後から-10°Cに設定された恒温槽内において供試体中心部の温度履歴を測定した。細孔構造の変化は、圧縮強度と同様に所定材齢まで養生した φ50×100mm 供試体中央部から 2.5~5mm 角程度のものを採取し、水銀圧入ポロシメータ(MIP)を用いて細孔径および細孔量の測定を行った。

#### (2) LN を添加した耐寒 PC グラウトの流動性と氷点下における強度発現性

PC グラウトへの適用性を把握するため、市販の PC グラウトに LN を添加した場合の流動性や氷点下における強度発現性について検討した。

PC グラウトの設計施工指針<sup>2)</sup>を参考にして、現在市販されているグラウト混和剤を用いた高粘性型のものと、プレミックス材を用いた超低粘性型のものの 2 種類を使用し、これに LN を添加した。LN は粉体(またはセメント)質量に対する LN の固形分量の割合として計算し、その添加率は 0~10%の範囲で変化させた。寒中施工を想定して温度 10±1°C、湿度 85±5%の恒温恒湿室内にて材料を温度管理し、同室内にてハンドミキサーを用いて練混ぜを行った。その後、同室内にて JSCE-F 531 に準じた流動性試験を行った。次に、φ50×100mm のぶりき製軽量型枠を用いて供試体を作製し、打込み面をラップで覆い封緘した。その後、厳冬期の施工を想定して氷点下(-5, -10, -15°C)に設定した恒温槽にて封緘養生し、材齢 7 日と 28 日において圧縮強度試験(JSCE-G 531)を行った。また、氷点下の恒温養生終了後の強度増進を確認するため、材齢 28 日以降は

20°Cの恒温環境において28日間回復養生を行い、材齢56日で圧縮強度試験を行った。

### (3) コンクリート試験体を用いた耐寒PCグラウト注入試験

実施工に向けた一検討として、シース管を埋設したコンクリート試験体を作製し、厳冬期の屋外環境下においてLNを添加した耐寒PCグラウトを注入した場合の充填性を検証した。また、注入直後のシース管内での温度低下がPCグラウトの品質に与える影響を確認することを目的として、注入前後に強度測定用の供試体を採取し、圧縮強度の経時変化を比較検討した。

図-1にコンクリート試験体の概要を示す。図に示す位置にφ35mmの鋼製シース管を6本埋設した。上下2本のシース管は、注入口および排出口とは反対側の端部でビニールホースにより接続し、全てのシース管内に呼び径21.8mmのPC鋼より線を1本(1S21.8)挿入した。コンクリートは設計基準強度24N/mm<sup>2</sup>とし、水セメント比は52%とした。試験体は、打込み後材齢1日まで給熱養生(10°C)した後、材齢7日まで屋外で養生してからPCグラウトの注入作業を行った。

LN添加率は、室内試験の結果を参考に5%(LN5)と9%(LN9)の2水準を選定し、LN無添加(LN0)のケースと比較検討した。

実験は、まずグラウト練混ぜ直後に流下時間を測定し、注入前の圧縮強度測定用ぶりき製軽量型枠(φ50×100mm)に打込んだ。次に図-1に示す注入口からPCグラウトを圧送し、排出口から排出されたPCグラウトを注入後の圧縮強度測定用として同軽量型枠に打込んだ。採取した供試体は、打込み面をラッピングして封緘した状態で屋外環境にて暴露養生し、所定材齢で圧縮強度試験を実施した。

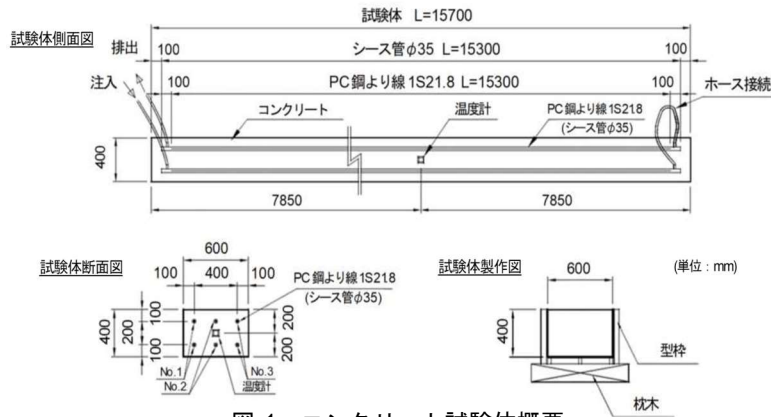


図-1 コンクリート試験体概要

## 4. 研究成果

### (1) LNを添加したセメントペーストの氷点下における物性

図-2に10°C環境下における練混ぜ直後のペーストフロー値を示す。LNを添加することによりペーストフローは若干低下するものの、LN添加率を増加しても大きな変化はなく、LN添加率9%までの範囲においては流動性に影響がないことを確認した。

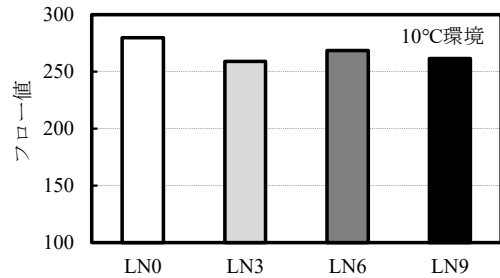


図-2 ペーストフロー

図-3のペーストの温度履歴に着目すると、養生開始直後から温度降下の過程においてLN無添加のLN0では0°C付近で、LNを3%添加したLN3では-5°C付近で温度の停滞現象が確認された。これは潜熱の影響であり、これらの温度帯においてペースト中の水分が凍結しているものと考えられる。LN添加率をさらに増量したLN6およびLN9では、温度の停滞を示すことなく供試体温度が低下し、打込み後4時間程度で恒温槽の設定温度付近まで到達し、その後一定値を推移した。両ケースでは、LN添加率の増量によるセメントペースト中の水分の凍結点降下作用により、凍結が抑制されたものと考えられる。

図-4に打込み直後から-10°Cの氷点下において封緘養生した場合の圧縮強度の経時変化を示す。LN0では、材齢28日までは硬化不良を生じており、脱型や研磨の段階で供試体が破損したため圧縮強度が得られなかった。LN3では材齢3日以降の強度発現が認められるものの、材齢28日

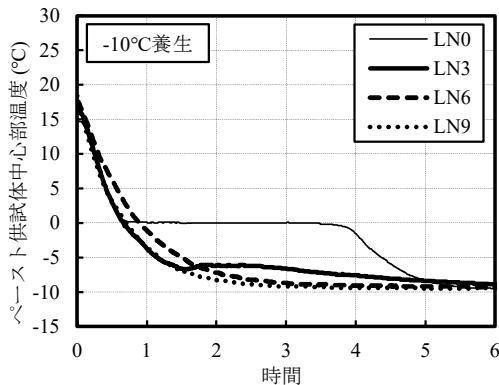


図-3 ペースト供試体中心部の温度履歴

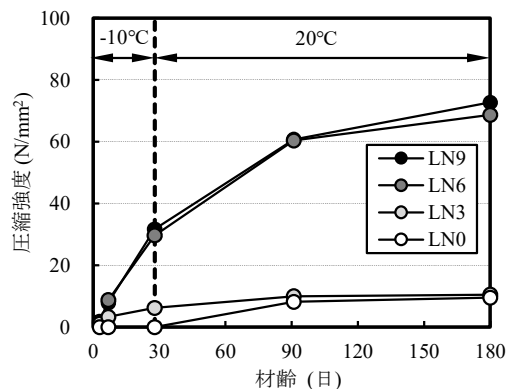


図-4 圧縮強度の経時変化

では  $6.0\text{N/mm}^2$  であった。両ケースでは、**図-3**の温度履歴から読み取れる凍結点の存在とともに、供試体表面には氷針状の幾何学的模様が浮き出ていることを目視で確認しており、セメントペースト中の水分の凍結の影響により強度増進しなかったものと考えられる。これに対して LN6 および LN9 では、材齢の経過に伴う強度増進が確認され、材齢 28 日においては約  $30\text{N/mm}^2$  の強度が得られた。その後、 $20^\circ\text{C}$ 環境下にて回復養生すると、両ケースはさらに強度増進し、材齢 180 日では約  $70\text{N/mm}^2$  に到達した。LN の添加量が多いほどセメントペースト中の水分の凍結点が低下するとともに、LN に含有する亜硝酸イオン( $\text{NO}_2^-$ )がセメントの水和反応に寄与する<sup>6)</sup>ことにより、氷点下での強度増進に繋がったものと考えられる。

**図-5**に圧縮強度比を示す。圧縮強度比は、氷点下養生の履歴を含む圧縮強度を打込み直後から  $20^\circ\text{C}$ 環境下にて封緘養生した供試体の圧縮強度に対する比として算出した。これより、LN6 および LN9 では、氷点下での養生後の回復養生により強度が増進し、材齢 180 日では 90%以上まで強度が回復しており、初期凍害の影響は受けていないものと考えられる。一方で、LN0 と LN3 の圧縮強度比は 11~14%程度であり、明らかに初期凍害を受けていると考えられる。

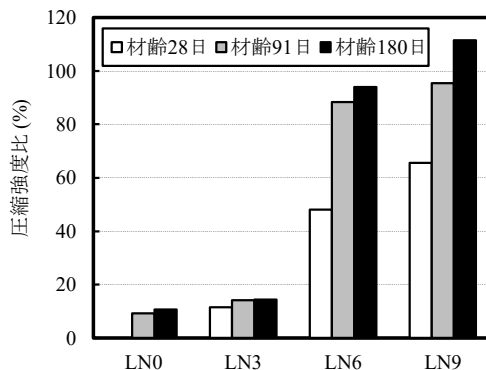


図-5 圧縮強度比

**図-6**に細孔径分布を示す。打込み直後から  $-10^\circ\text{C}$ の氷点下において封緘養生した場合、LN3 の細孔径分布に着目すると、材齢 3 日で直径  $30\sim 50\mu\text{m}$  の範囲に細孔のピークが存在し、その後材齢 28 日および 91 日においても同細孔径範囲にピークが確認された。一般にコンクリートがフレッシュ時に凍結を受けた場合、コンクリート中の水分が凍結し、融解後に空隙を残すことが報告されている<sup>7)</sup>。本実験の場合には、その空隙は直径  $5\mu\text{m}$  以上の粗大径範囲にあると推察され、LN3 では凍結の影響を受けていると考えられる。一方で LN6 および LN9 では、粗大径範囲における細孔ピークは確認されず、材齢を経ることで空隙のピークが微細径側にシフトした。両ケースでは  $-10^\circ\text{C}$ の氷点下においても凍結の影響を受けずにセメントの水和反応が進行することで硬化体組織が緻密化し、強度が増進したものと考えられる。

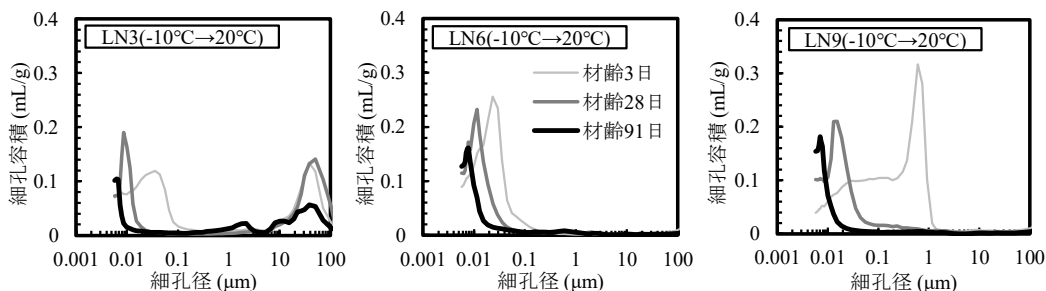


図-6 細孔径分布測定結果

## (2) LN を添加した耐寒 PC グラウトの流動性と氷点下における強度発現性

**図-7**に PC グラウトの流下時間と LN 添加率の関係を示す。図中のグレー色で囲った範囲は、高粘性型および超低粘性型 PC グラウトの流下時間の管理範囲<sup>2)</sup>である。高粘性型および超低粘性型ともに LN 添加率の増加に伴い流下時間が長くなる傾向にあるものの、本実験の LN 添加率の範囲においては流下時間の管理範囲を満足することを確認した。ただし、亜硝酸塩に含有する  $\text{NO}_2^-$ は、練混ぜ直後からセメント中の  $\text{C}_3\text{A}$  の反応を促進し、AFt や亜硝酸系水和物などの生成に伴い多量の  $\text{H}_2\text{O}$  を水和物に取り込むため、LN 添加量が過多になると流動性の低下を引き起こすものと推察される。

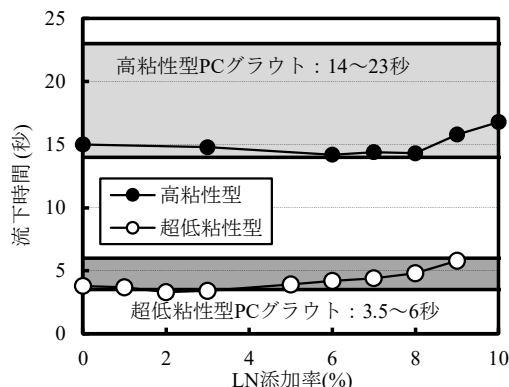


図-7 流下時間と LN 添加率の関係

**図-8**に超低粘性型 PC グラウトの圧縮強度と LN 添加率の関係を示す。各養生ケースの圧縮強度と LN 添加率の関係をみると、LN 添加率を増加させた場合の圧縮強度の変化には共通点がある。LN 添加率が小さい領域では強度発現は小さいが、この領域の供試体にはいずれの養生ケースにおいても、目視により供試体表面に氷針状の幾何学的模様が浮き出ていることを確認した。また、材齢を経ても強度の増進が小さく、練混ぜ直後から氷点下に曝されてグラウト中の水分の凍結挙動の影響により強度増進しなかったものと考えられる。これに対して LN 添加率が増加すると、ある添加率を境に圧縮強度が著しく増大する。PC グラウトの圧縮強度の規定値である  $30\text{N/mm}^2$  との関係を材齢 28 日強度で確認すると、 $-5^\circ\text{C}$ 養生では 2%以上、 $-10^\circ\text{C}$ 養生では 4%以上、 $-15^\circ\text{C}$ 養生では 6%以上で規定値を満足した。LN の添加量が多

いほど PC グラウト中の水分の凍結点が降下するとともに、LN に含有する  $\text{NO}_2$  がセメントの水和反応を促進することにより、氷点下での強度増進に繋がったと考えられる。

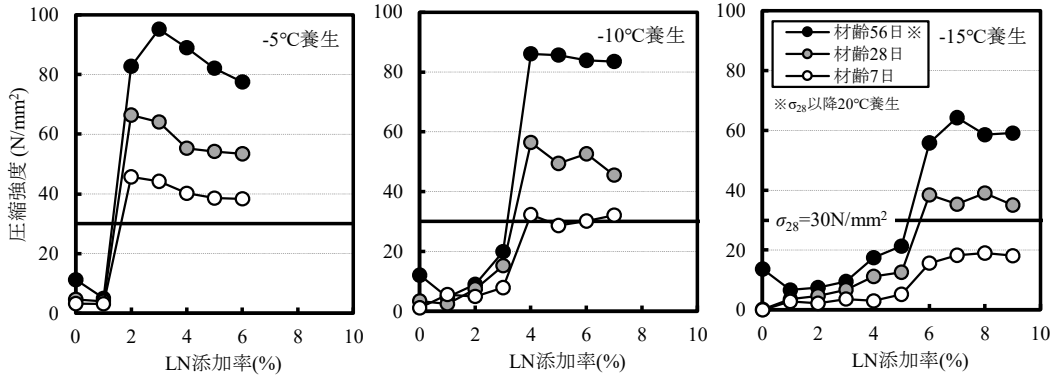


図-8 圧縮強度と LN 添加率の関係 (超低粘性型 PC グラウト)

### (3) コンクリート試験体を用いた耐寒 PC グラウト注入試験

図-9 にグラウト注入日から材齢 28 日までの外気温とコンクリート試験体中心部の温度履歴を示す。試験は、北見工業大学・オホーツク地域創生研究パークの屋外試験場を使用し、2月中旬から5月中旬にかけて実施した。グラウト注入作業時の外気温は-8.8°C、コンクリート試験体内部の温度は-8.3°Cであった。

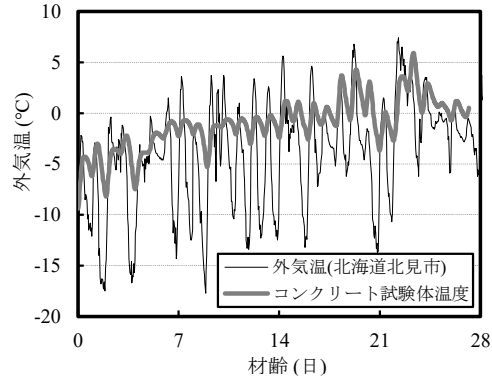


図-9 外気温と試験体中心部温度の履歴

PC グラウト練混ぜ直後の流下時間は、LN の添加量に関わらず、すべてのケースで超低粘性型 PC グラウトの管理範囲<sup>2)</sup>を満足した。また、いずれのケースもコンクリート試験体に埋設したシース管への注入作業に支障はなく、注入した PC グラウトが排出口から排出されることを確認した。

図-10 に注入前後に採取した供試体の圧縮強度の経時変化を示す。圧縮強度は各ケース 3 体の平均値で示した。LN0 では、LN を添加したケースより強度が小さい。試験値のばらつきが大きく注入前後の圧縮強度の差も大きいことから、シース内での凍結作用に伴う材料分離等の影響により品質が変動しているものと考えられる。また、LN0 の圧縮強度供試体表面には目視により氷針状の幾何学的模様部分が部分的に浮き出ていることを確認しており、凍結の影響を受けていると考えられる。一方、LN5 および LN9 では、注入前後の圧縮強度の差異は小さく、注入前後で PC グラウトの品質変動も小さいと考えられる。また、材齢の経過に伴い強度増進しており、材齢 28 日には PC グラウトの圧縮強度の規定値である  $30\text{N/mm}^2$  を大きく上回った。

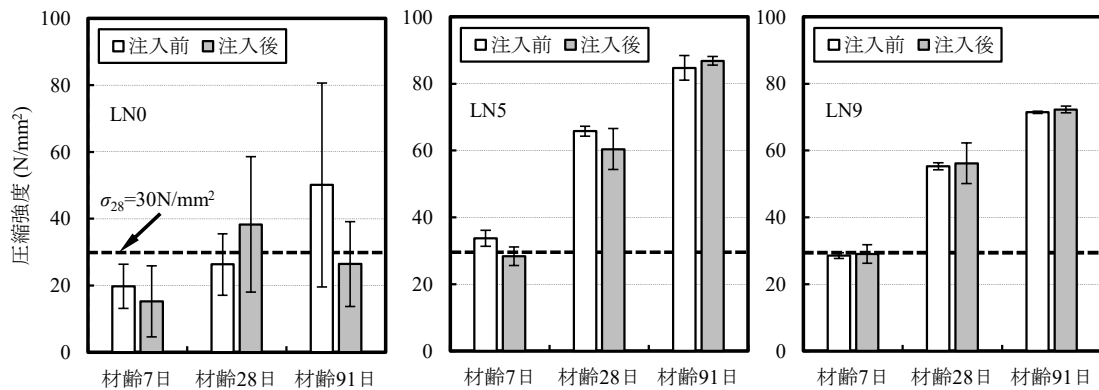


図-10 圧縮強度の経時変化

### 参考文献

- 1) 日本道路協会：コンクリート道路橋施工便覧，pp. 361-362, 1984.
- 2) プレストレストコンクリート工学会：PC グラウトの設計施工指針(改訂版), 2012.
- 3) 通年施工推進協議会：耐寒剤運用マニュアル(案), pp. 4-6, 2003.
- 4) 藤堂勝也ら：亜硝酸リチウムを防凍剤として使用したコンクリートの性状，土木学会年次学術講演会講演概要集(第 5 部), Vol. 51, pp. 468-469, 1996.
- 5) 堀孝廣ら：防錆モルタルに関する研究，コンクリート工学論文集，Vol. 5, No. 1, pp. 89-91, 1994.
- 6) Ramachanran, V. S.: Concrete Admixture Handbook, pp. 755-761, Noyes Publications, 1995.
- 7) Bernhardt, C. J.: Damage due to freezing of fresh concrete, Proceedings of ACI, Vol. 52, pp. 573-581, 1956.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 越田匠, 井上真澄, 崔希燮, 須藤裕司, 吉岡憲一	4. 巻 80
2. 論文標題 亜硝酸リチウムと亜硝酸カルシウムを併用したセメントペーストのフレッシュ性状と氷点下における強度発現性	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋玄弥, 井上真澄, 崔希燮, 須藤裕司, 外川浩輔	4. 巻 80
2. 論文標題 硬化促進剤を添加した高炉スラグ微粉末含有コンクリートの強度発現性と収縮特性	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-07
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Heesup Choi, Masumi Inoue, Hyeonggil Choi, Myungkwan Lim, and Jihoon Kim	4. 巻 16
2. 論文標題 Effects of Nitrite/Nitrate-Based Accelerators on Strength and Deformation of Cementitious Repair Materials under Low-Temperature Conditions	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma16072632	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 INOUE Masumi, CHOI Heesup, TAYA Kohei, SUDOH Yuhji, YOSHIOKA Kenichi	4. 巻 71
2. 論文標題 Strength Development of Cement Paste Using Nitrite Below Freezing Point	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Society of Materials Science, Japan	6. 最初と最後の頁 388 ~ 394
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2472/jsms.71.388	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 INOUE Masumi、YOSHIOKA Kenichi、SUDOH Yuhji、CHOI Heesup、TAYA Kohei	4. 巻 78
2. 論文標題 A STUDY ON FUNDAMENTAL PROPERTIES OF ANTI-FREEZING PC GROUT USING LITHIUM NITRITE AND ITS PRACTICALITY	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. E2 (Materials and Concrete Structures)	6. 最初と最後の頁 210 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejmcs.78.3_210	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 加藤萌、井上真澄、星野和生、斉藤亮一	4. 巻 31
2. 論文標題 寺田地区側道橋におけるカーボンニュートラルへの取り組み	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 プレストレストコンクリート工学会第31回シンポジウム論文集	6. 最初と最後の頁 255 ~ 258
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 吉岡憲一、井上真澄、須藤裕司、星博夫	4. 巻 64
2. 論文標題 耐寒PCグラウトの開発と適用事例 節婦川橋・寺田地区側道橋・高砂橋	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 プレストレストコンクリート	6. 最初と最後の頁 46 ~ 51
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井田知利、崔希燮、井上真澄、須藤裕司	4. 巻 44
2. 論文標題 低温環境下における耐寒促進剤を多量に添加したセメント系補修材の強度発現性と変形挙動に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 1516k ~ 1521
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 三浦也実、崔希燮、井上真澄	4. 巻 79
2. 論文標題 亜硝酸塩系耐寒促進剤を添加したセメント系複合材のC S Hの組成とゲル空隙の相関関係に関する研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 福岡優作、井上真澄、崔希燮、吉岡憲一、須藤裕司	4. 巻 79
2. 論文標題 亜硝酸リチウムを添加した耐寒無収縮モルタルの諸特性に関する基礎的検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-09
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 町田康介、崔希燮、井上真澄	4. 巻 79
2. 論文標題 改質石炭灰(CfFA)を用いた耐寒促進剤コンクリートの流動性と初期強度発現性に関する実験的検討	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-08
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 外川浩輔、飯塚玲央、井上真澄、崔希燮、須藤裕司	4. 巻 79
2. 論文標題 硬化促進剤を添加した高炉スラグ微粉末含有コンクリートの強度発現性と収縮特性に及ぼす遅延剤の影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-07
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 米山暁, 崔希燮, 井上真澄, 須藤裕司	4. 巻 43
2. 論文標題 耐寒促進剤を多量添加したセメント系材料の極初期材齢における水和特性とフレッシュ性状の相関関係に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 119-124
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 富田悠輔, 崔希燮, 井上真澄, 須藤裕司	4. 巻 43
2. 論文標題 亜硝酸カルシウムを添加した高炉スラグセメント系材料の収縮ひび割れ特性に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 131-136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 吉岡憲一, 井上真澄, 須藤裕司, 星博夫	4. 巻 63
2. 論文標題 耐寒PCグラウトの開発とその実用性に関する検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 プレストレストコンクリート	6. 最初と最後の頁 52-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 富田悠輔, 崔希燮, 井上真澄, 須藤裕司	4. 巻 78
2. 論文標題 亜硝酸塩系硬化促進剤を添加した高炉スラグ含有モルタルの収縮ひび割れ挙動に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-03
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井田知利, 崔希燮, 井上真澄, 須藤裕司	4. 巻 78
2. 論文標題 低温環境下における耐寒促進剤を添加したセメント系補修材の強度発現性と膨張収縮挙動に関する研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-05
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 外川浩輔, 井上真澄, 崔希燮, 須藤裕司	4. 巻 78
2. 論文標題 硬化促進剤を添加した高炉スラグ微粉末含有コンクリートのスランプ保持性能と初期強度発現に及ぼす遅延剤の影響	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 井上真澄	4. 巻 52
2. 論文標題 コンクリートを補修する改質材 亜硝酸リチウムによるコンクリート構造物の補修	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 月刊防水ジャーナル	6. 最初と最後の頁 84-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 福間優作, 井上真澄, 崔希燮, 吉岡憲一, 須藤裕司
2. 発表標題 亜硝酸リチウムを用いた耐寒無収縮モルタルの諸特性に関する基礎的検討
3. 学会等名 土木学会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 外川浩輔, 井上真澄, 崔希燮, 須藤裕司
2. 発表標題 硬化促進剤を添加した高炉スラグ微粉末含有コンクリートの強度発現性と収縮特性に及ぼす遅延剤の影響
3. 学会等名 土木学会第78回年次学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大川慶起, 崔希燮, 井上真澄, 須藤裕司
2. 発表標題 亜硝酸塩系硬化促進剤を添加した高炉スラグ含有モルタルの強度発現と変形挙動
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 外川浩輔, 井上真澄, 崔希燮, 須藤裕司
2. 発表標題 硬化促進剤を添加した高炉スラグ微粉末含有コンクリートのスランプ保持性能と初期強度発現に及ぼす遅延剤の影響
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小泉雄一, 崔希燮, 井上真澄, 須藤裕司
2. 発表標題 亜硝酸塩系耐寒促進剤を添加したセメント系補修材料の初期強度発現と変形挙動に関する研究
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 八島一也、井上真澄、崔希燮、広野邦彦、枚本正信
2. 発表標題 コンクリート中における損傷を付与した Al-Mg溶射鉄筋の耐腐食性能
3. 学会等名 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 井田知利 , 井上真澄 , CHOI Heesup, 須藤裕司
2. 発表標題 耐寒促進剤を多量添加したセメント系材料のレオロジー的性質に関する研究
3. 学会等名 日本建築学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田家康平, 井上真澄, 崔希燮, 吉岡憲一, 須藤裕司
2. 発表標題 亜硝酸塩を添加したセメント系材料の氷点下における強度発現性
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 富田悠輔, 崔希燮, 井上真澄, 須藤裕司
2. 発表標題 亜硝酸・硝酸カルシウム量が高炉スラグ含有モルタルの収縮ひび割れに及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomonori Ida, Heesup Choi, Masumi Inoue
2. 発表標題 Study on the correlation between hydration properties and fresh properties at the early age of cement-based materials to which used a large amount of accelerator
3. 学会等名 The International Workshop on Modern Science and Technology 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Tomita, Heesup Choi, Masumi Inoue
2. 発表標題 Evaluation of Mechanical and Shrinkage Behavior of Blast furnace slag mortars Mixed with Nitrite-Nitrate Based Accelerator
3. 学会等名 The International Workshop on Modern Science and Technology 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kohei Taya, Masumi Inoue, Heesup Choi, Yuhji Sudoh and Kenichi Yoshioka
2. 発表標題 Strength Development in Cement Paste Using Nitrite Below Freezing Point
3. 学会等名 The 9th International Conference of Asian Concrete Federation (ACF2020/2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Tomita, Heesup Choi, Masumi Inoue and Yuhji Sudoh
2. 発表標題 Evaluation of Mechanical and Shrinkage Behavior of Blast Furnace Slag Mortars Mixed with Nitrite/Nitrate Based Accelerator
3. 学会等名 The 9th International Conference of Asian Concrete Federation (ACF2020/2021)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	崔 希燮  (Choi Heesup)  (70710028)	北見工業大学・工学部・教授    (10106)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------