

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：10106

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04298

研究課題名(和文) 温水循環式エアヒーターを用いた省エネ型コンクリート給熱養生システムの構築

研究課題名(英文) Development of energy-saving concrete heat curing system using hydronic heater

研究代表者

井上 真澄 (Inoue, Masumi)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：00388141

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：寒冷地域で採用される給熱養生は、構造体を囲う仮設の養生上屋内において熱風機により内部空間全体を温度制御する方法が主流である。しかしこの方法は、熱効率が悪く、燃焼ガスの発生や熱供給の過不足などの懸念がある。

本研究は、従来型給熱養生の問題点を解決する新たな方策として、温水循環式エアヒーターを用いた給熱養生システムの構築を目的とするものである。低温環境下において本システムによりコンクリート部材を給熱した場合の温度分布や強度発現性について検討を行った。その結果、本システムにより給熱養生することで低温環境下におけるコンクリート部材の温度管理が可能であり、良好な強度発現性が得られることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現行の寒中施工では、養生上屋内全体を給熱機にて暖める給熱養生方法が最も普及している。しかし、熱効率性や経済性に関わる様々な課題に対しては全く手付かずの状態にある。温水循環式エアヒーターを用いた給熱養生システムは、従来型給熱養生方法の根本的な課題の解消に大きく寄与するとともに、施工の効率化・省力化、建設現場の安全性向上にも繋がる新しいシステムであり、寒中コンクリート施工における生産性向上を実現する有効な手段の一つになると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The accelerated heat curing method that is typically adopted in the cold regions is to cover the concrete structure in the construction layer with an insulating tarpaulin and then heated in the inner space using a hot air blower (jet heater). However, this method has been reported that thermal efficiency is low, temperature control in the temporary enclosure is difficult, and the generation of combustion gas. Therefore, the authors propose a heating curing using hydronic heater as a new heating curing method to solve these problems. The aim of this study is to clarify the temperature distribution and strength development when heat curing of concrete member using hydronic heater in low temperature condition. As a result, it was confirmed that the temperature control of concrete member was possible and good strength development was obtained by heat curing using hydronic heater in low temperature condition.

研究分野：コンクリート工学

キーワード：温水循環式エアヒーター 給熱養生 強度発現 温度履歴 寒中コンクリート施工

1. 研究開始当初の背景

寒中コンクリートは、凝結硬化の初期にコンクリート中で水分が凍結することによって生じる初期凍害と低温によるコンクリートの強度発現の遅れが問題となる[1]。そのため、打設後のコンクリート強度が 5N/mm^2 となるまではコンクリートを凍結させないこと、低温下での強度発現を促すために適切な養生を行うことが推奨されている[2]。我が国のみならず寒冷地の国々で採用されている冬期の養生は、図1に示すようにコンクリート構造体周囲に仮設の養生上屋を設置し、熱風機等により内部空間全体を温度制御する給熱養生方法を採用することが主流である。しかし、この方法は、熱効率が非常に悪く、熱源からの距離によっては養生温度の局部的な過不足が生じることでコンクリート構造体の強度が均等に発現しない場合がある。また、一般に熱源として使用されているジェットヒーターや練炭から排出される燃焼ガス(CO、CO₂)が労働環境の汚染に繋がる。現場では、CO濃度計等を用いた労働環境の管理とともに定期的な換気が必要となる。加えて、コンクリートの露出面開口部など外気が直接作用する部位では、不要な燃焼ガスを伴うコンクリートの乾燥や炭酸化にも懸念がある[3]。特に、若材齢時の不十分な養生は粗な細孔構造の形成に繋がり、CO₂の侵入が容易となり炭酸化も早期に進行することから、コンクリートの耐久性への影響も無視できない[4]。

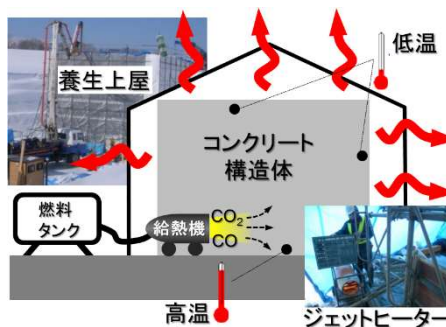


図1 従来型給熱養生方法

一方、寒中コンクリートは、積雪寒冷地における建設生産活動の通年化の基本である。労働者の恒常的な雇用による地域経済の活性化への貢献はもちろんのこと、災害復旧工事など季節を問わない緊急性を有する工事、補正予算の恒常化により冬期に工事を余儀なくされる場合など避けては通れない問題もあることから、冬期施工技術の進歩に対する期待は高い。しかしながら、その期待とは裏腹に、養生のための大がかりな上屋の設置や給熱による温度管理、積雪対策など付加的な手間や経費が必要になることが冬期施工に対する積極的な取り組みを阻害する要因ともなっている。

2. 研究の目的

本研究は、養生上屋内部全体を暖めるという“エネルギー多消費型の従来手法”の問題点を補完し、省エネ・効率化とコンクリートの品質確保を両立する新たな方策として、“温水循環式エアヒーターを用いた省エネ型コンクリート給熱養生システム”の構築を目的とする。

図2に本研究で提案する給熱養生システムの概要を示す。温水循環式エアヒーターは、専用ユニットに搭載された簡易ボイラーで温水を作り出し、専用の循環ポンプを用いて循環ホースへ温水を供給する装置である。この温水循環ホース(以下、温水ホース)をコンクリート打設面あるいは型枠外部に設置するとともに、温水ホースとコンクリート構造体全体を断熱シートなどで被覆して熱損失を抑えることで、コンクリート構造体を直接的に給熱するものである。本システムは、寒中コンクリートの品質管理における初期凍害の防止と早期脱型のための初期強度発現の確保に寄与すると同時に、適切な温湿度環境を維持することで良質かつ経済的な寒中コンクリート施工の実現に大いに資すると期待される。

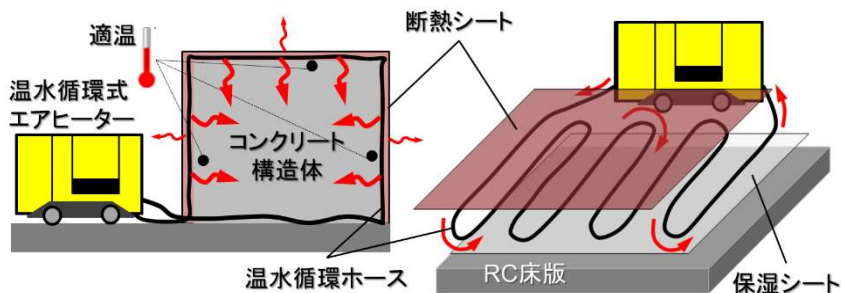


図2 温水循環式エアヒーターを用いた給熱養生システム

従来型給熱養生方法との比較において、以下のような優位点が挙げられる。

- (1) 大がかりな養生上屋を設置する手間と経費を削減できる。また、上屋が必要ないことで、近年多発する冬期の暴風雪など突発的な気象作用下でも均等かつ安全な養生が可能となる。
- (2) 不要な空間を給熱する必要がなく、労働環境上の換気も必要ない。加えて構造体に対して熱源を直接設置できるとともに、断熱シートを被覆することで熱損失も抑えられることから、熱効率に優れる。結果として燃料費を大幅に削減できる。
- (3) 効率的かつ適正な給熱養生により高い初期強度発現が得られ、養生期間を短縮できる。
- (4) 不要な燃焼ガス(CO、CO₂)を発生しないため、安全かつ適正な労働環境を保てる。
- (5) 不要な燃焼ガスを発生しない温水ホースを熱源としたクリーンな給熱養生であり、若材齢コンクリートの乾燥や炭酸化など耐久性に及ぼす悪影響を除外できる。

3. 研究の方法

(1) 温水ホースを構造体表面に設置した場合の給熱養生効果の検討

本システムの実施工への適用を考えた場合、様々な活用方法が考えられるが、最も汎用可能性が高いと考える RC 床版をターゲットにした。まず低温実験室において温水ホース(外径 25.0mm、内径 15.9mm、ポリウレタンゴム製)の設置間隔や内部溶液温度、外部環境条件、断熱シートの被覆条件などをパラメータとした給熱養生実験を行い、RC 床版模擬試験体の打込み直後から給熱養生終了に至る温度分布履歴を計測した。また、同一条件下で養生したテストピースを対象に、温度履歴と強度発現の関係を検討するとともに、給熱に伴うセメントの水和反応の進行や硬化体の微細空隙構造形成に及ぼす影響を明らかにするため、各材齢における水和生成物の量的変化や細孔構造の変化を測定し、強度発現との相関を検討した。

以上の室内実験の結果を踏まえて、実物大 RC 床版試験体を作製し、厳冬期の屋外環境下にて温水循環式エアヒーターを用いた実大施工実験を行った。従来型給熱養生方法についても同一試験体を用意し、温度分布履歴、コア強度、中性化、体積変化等、各種測定項目について比較検討し、本システムの優位点を検証した。また、燃料消費量、CO₂ 排出量、養生上屋の設置経費などを含めた工事費用を試算することで、エネルギーの消費抑制や環境負荷低減に対する貢献についても検証した。

(2) 温水ホースを構造体内部に埋設した場合の給熱養生効果の検討

部材厚を有する構造体を対象とした場合、構造体表面からの均等な給熱には限界がある。そこで温水ホースを構造体内部に埋設してコンクリートを給熱する方法(パイプヒーティング工法)について追加検討を行った。図 3 にパイプヒーティング工法の概念図を示す。コンクリート試験体内部に温水ホースを埋設した試験体を作製し、低温実験室内にて給熱した場合の温度履歴や強度発現性を確認した。

一方で現場施工を考えた場合、埋設した温水ホースによる給熱養生終了後には、ホース内の溶媒を抜き取り、グラウト材を充填し構造体との一体性を確保する必要がある。この場合、低温環境下に曝される構造体内部に充填するグラウト材には耐寒性が求められるため、亜硝酸塩系硬化促進剤を用いたグラウト材に関する検討も行った。

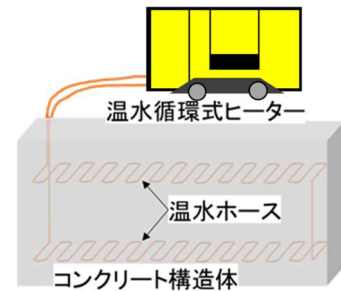


図 3 パイプヒーティング工法の概念

4. 研究成果

(1) 温水ホースを構造体表面に設置した場合の給熱養生効果の検討

図 4 に示すように、試験体(600×600×150mm)表面に 300mm 間隔でホースを 2 本設置し、-5℃ および-10℃の低温環境下にて給熱養生を行い、20℃にて恒温養生するケースと比較検討した。管理温度は、試験体表面の温度が 20±1℃、ホース間中央部および下端部温度で 20℃×80%以上を目標値に設定し、外気温が-5℃ではホース内部溶液温度を 60℃、外気温が-10℃では 70℃とした。また、給熱するケースでは、熱効率性を向上させるため、ホース表面と試験体型枠表面に断熱シートを 2 層で被覆した。さらに給熱養生中の乾燥に伴うひび割れ発生を抑制するため、保水性を有する養生シートを温水ホースと試験体表面との間に挿入した。打込み直後から 1 日間は、初期凍害防止のため、土木学会「コンクリート標準示方書」[4]に準拠して 5℃の恒温環境下で養生した。その後、2 日目よりケースごとの外気温に設定し、給熱養生を開始した。

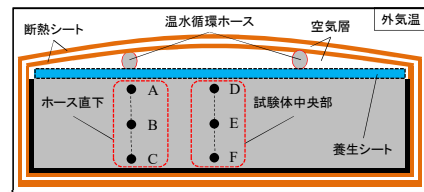


図 4 試験体概要(室内試験)

図 5 に-10℃環境下で給熱した場合の温度分布履歴を示す。温水ホースを設置していない場合、打込み直後から材齢 1 日までの 5℃環境下においては、水和熱の影響により試験体温度が 20℃程度まで上昇するが、材齢 1 日後からは低温下に曝されることで試験体温度が急激

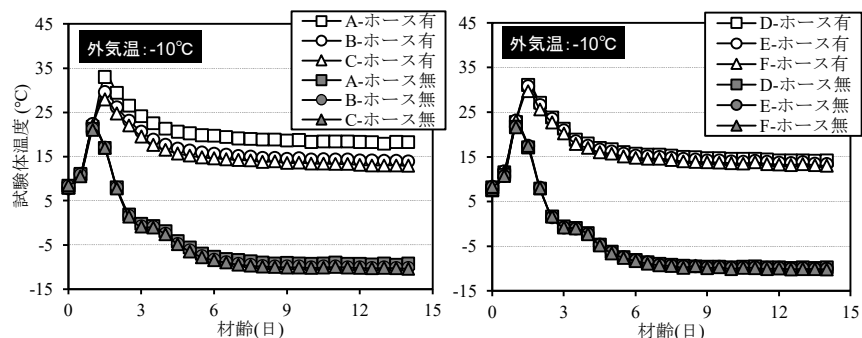


図 5 コンクリート試験体の温度履歴(室内試験)

に低下し、材齢 1 週間程度で外気温と同程度の温度で推移することが確認された。これに対して温水ホースを設置した場合には、水和熱の影響に加えて温水ホースの熱供給によって、試験体温度は材齢 1.5 日程度でピークを迎えた後に次第に低下し、材齢 4 日程度で安定することが確認された。この場合における試験体の温度測定位置による差異は、各ケースともに温水ホース直下の先端部 A 点が最も大きくなっているが、それ以外の測点については温水ホース直下の B、C 点

および試験体中央部の D、E、F 点ともに同程度の温度を示した。

次に給熱養生した場合の強度発現性を確認するため、**図 6** に示すように断熱材(スチレンボード)に $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のモールドを挿入後、モルタルを打込み、前述と同様の養生条件により給熱養生を行った。モールド中心部の温度履歴を測定し、所定材齢に圧縮強度試験ほか、熱重量示差熱分析(TG-DTA)および水銀圧入法による細孔径分布測定を行った。**図 7** に材齢 14 日までの圧縮強度の経時変化を示す。温水ホースによる給熱を行った場合は、外気温 -5°C および -10°C の環境においても強度増進しており、材齢 3 日以降は 20°C の恒温養生を行ったケースと同等の結果が得られた。また、材齢の経過に伴う水酸化カルシウムや C-S-H ゲルの生成量も 20°C 養生の場合と同様な傾向を示しており、氷点環境下においても温水ホースを構造体表面に設置して給熱することで良好な強度発現が得られると考えられる。

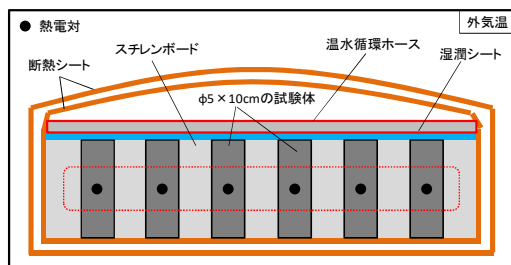


図 6 強度評価用試験体概要(室内試験)

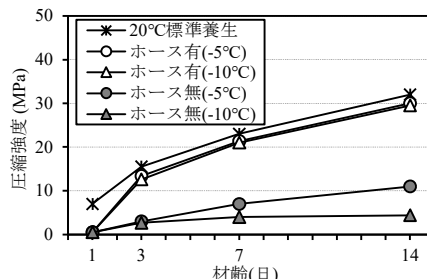


図 7 圧縮強度の経時変化(室内試験)

以上の室内試験結果に基づき、現場適用性を確認するため、実物大 RC 床版試験体 ($3000 \times 2000 \times 300\text{mm}$) を対象とした実大養生実験を行った。測定項目は、試験体の打込み直後の温度履歴と圧縮強度の経時変化とし、ジェットヒーターを用いた既存給熱養生との比較を行った。実験場所は北見大学の屋外試験場とし、給熱養生期間は 11 月下旬から 12 月上旬の 14 日間とした。**図 8** に養生期間中の外気温を示す。コンクリートの養生温度は、初期凍害防止のためいずれのケースでも打込み直後から 24 時間(1 日間)は 10°C 程度で簡易給熱した。その後、ジェットヒーターの場合は上屋内を 10°C 程度で温度管理した。温水ホースによる給熱の場合は、温水ホースの内部溶液温度を 60°C に設定し、2 日目よりコンクリート試験体の打込み面に 300mm 間隔で 10 本設置(**図 9** 参照)し、給熱を開始した。この際、養生期間中の外気温を考慮し、構造体全体を断熱シートにより単層で被覆した。

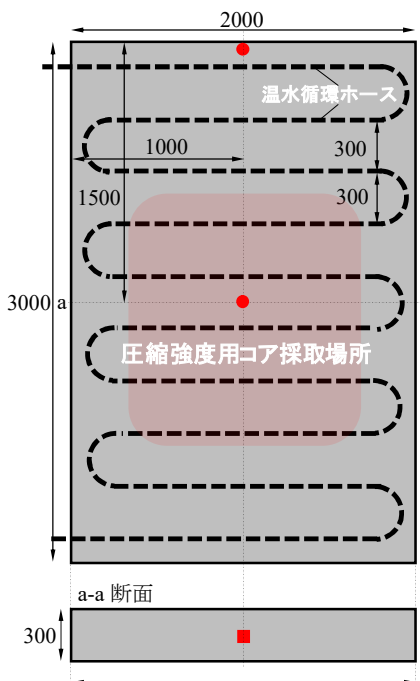


図 9 RC 床版試験体概要(現場試験)

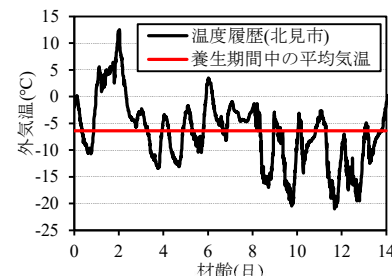


図 8 外気温履歴(北見市)

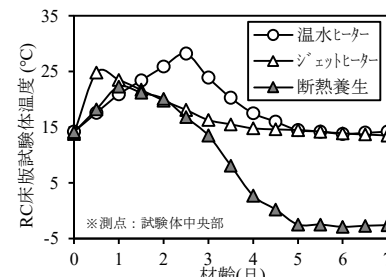


図 11 試験体温度履歴(現場試験)

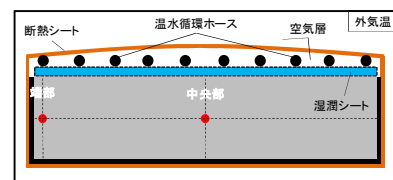


図 10 養生条件と測点(現場試験)

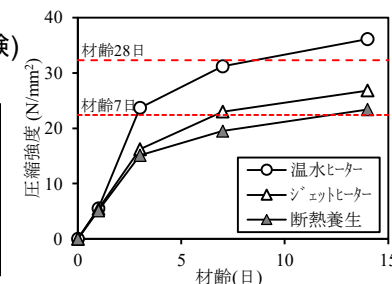


図 12 圧縮強度(現場試験)

図 12 に各養生ケースの圧縮強度の経時変化を示す。図中には標準水中養生(20°C)したサンプルの材齢 7 日および 28 日強度も示した。材齢 3 日以降の強度に着目すると、温水ホースにより給熱養生した場合、ジェットヒーターの場合よりも強度発現が良好であり、材齢 7 日時点では標準養生したサンプルの材齢 28 日強度と同程度の値を示した。**図 11** の各養生ケースの試験体中央部における温度履歴を比較すると、温水ホースによる給熱開始以降から材齢 5 日付近に至る期間において、温水ホースを設置した場合の方がジェットヒーターよりも高い温度履歴を受けており、これが材齢 3 日以降の強度発現に影響を及ぼしたものと考えられる。

なお、本システムが給熱養生期間中に消費した燃料消費量は、同一条件下でジェットヒーターを用いた場合に対して 65%削減できたことから、経済性や環境側面での優位性も確認できた。

(2) 温水ホースを構造体内部に埋設した場合の給熱養生効果の検討

図 13 に示す 300×200×300mm の試験体中央部に温水ホースを 1 本埋設し、低温実験室内で打込み直後から温水ホースにより給熱養生した場合の温度履歴と強度発現性について検討した。埋設した温水ホースの周辺温度で 20±1℃を管理目標とし、ホース内部溶液温度は外気温-5℃の場合に 40℃、外気温-15℃では 50℃に設定した。材齢 7 日まで給熱養生した後に、試験体からコアを採取して圧縮強度や微細構造分析等を行った。

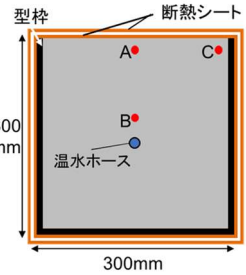


図 13 試験体概要

図 14 に打込み直後からの試験体の温度履歴を示す。外気温-5℃と-15℃で温水ホースを埋設した場合、いずれのケースにおいても水和熱と温水ホースによる給熱の影響により材齢 1 日程度で温度ピークを迎えた後次第に低下し、材齢 3 日から 4 日程度で安定した。図 15 に材齢 7 日の圧縮強度を比較する。温水ホースを設置した場合、外気温-5℃では温水ホース無に対して約 1.2 倍、外気温 15℃では温水ホース無に対して約 2.8 倍の強度が得られた。温水ホースを埋設することにより低温環境下においても温度管理が可能となり良好な強度発現が得られたと考えられる。

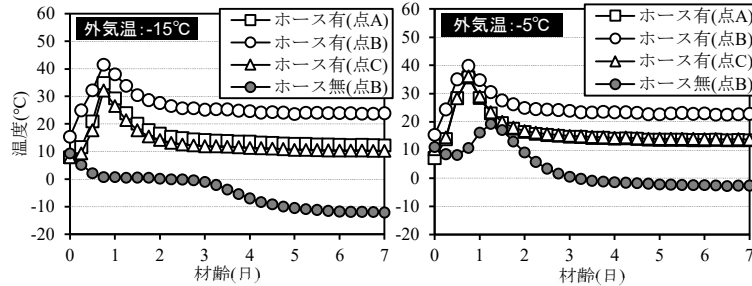


図 14 試験体温度履歴

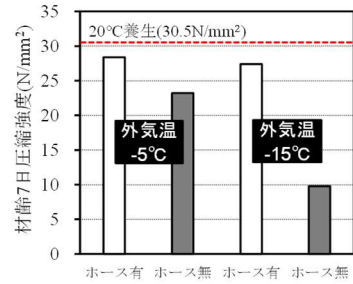


図 15 圧縮強度(材齢 7 日)

次に、温水ホースによる給熱養生終了後に温水ホース内を充填するグラウト材に関する検討を行った。給熱養生終了後、構造体が低温に曝された場合に充填するグラウト材には耐寒性が要求される。そこで本研究では、硬化促進剤としてセメント系材料に多量添加が可能かつ流動性に及ぼす影響が小さいとされる亜硝酸リチウムを添加剤とした耐寒グラウトに関する基礎的検討を行った。W/C=40%のセメントペーストに亜硝酸リチウム(以下、LN)をセメント質量に対して 0~9%添加したグラウト供試体(φ 50×100mm)を対象に、氷点下に曝された構造体中のホース内に充填することを想定して、練混ぜ直後から-10℃の氷点環境下で養生した場合の温度履歴と強度発現性について検討した。

図 16 に温度履歴を示す。練混ぜ後 30 分から 5 時間付近までの温度履歴に着目すると、LN 無添加では打込み後 40 分程度から 0℃付近で供試体温度が停滞した後に再降下しており、これはペースト中の水分の凍結に伴う潜熱の影響と考えられる。同様に LN=3%では-6℃付近で温度が一時的に停滞する動きを示した後に再降下しており、ペースト中の水分が凍結していると考えられる。一方、LN=6%と 9%では凍結とみられる温度の停滞は確認できなかった。図 17 の圧縮強度をみると、凍結点を確認された LN=0%と 3%では強度が小さいが、LN6%と 9%では強度増進が確認され、材齢 28 日では 30N/mm²を超える強度が確認された。図 18 の細孔径分布を確認すると、凍結による強度低下がみられた LN=3%では、10μm 以上の粗大径範囲に大きなピークが観察されており、ペーストの凍結に伴う初期凍害の影響により形成された空隙と推察される。

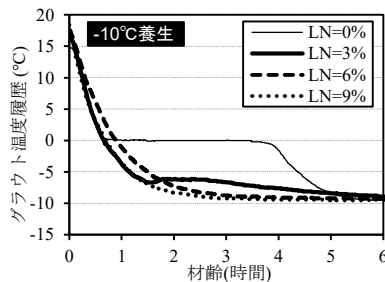


図 16 温度履歴(0-6hr)

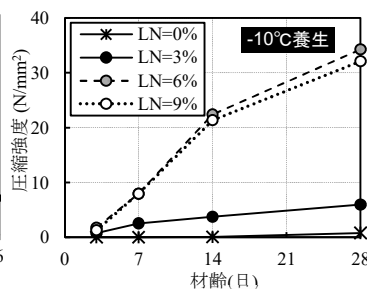


図 17 圧縮強度の経時変化

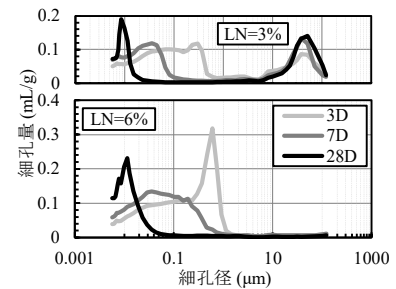


図 18 細孔径分布

【参考文献】

- [1] 児玉和己、御所窪邦夫、能町宏、岡沢智：低温環境下(0~-10℃)におけるコンクリートの強度発現機構に関する一考察、セメント技術年報、Vol.38、pp.146-149、1984
- [2] 土木学会：2012年制定コンクリート標準示方書(施工編)、pp.156-164、2013
- [3] Chet Grochowski：Cold Weather Concreting with Hydronic Heaters, Concrete International (ACI), pp.51-55、2000.4
- [4] 松里宏昭、船戸己知雄、山崎之典：炭酸化したセメント硬化体の強度と微細構造、セメント・コンクリート論文集、No.46、pp.592-597、1992

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 小原総基、崔希燮、井上真澄、斉藤能雄、井上和、中村雅樹	4. 巻 75
2. 論文標題 コンクリート床版を対象とした温水循環式給熱養生における最適温度設定方法の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 平成30年度土木学会北海道支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 E-19
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 小原総基、井上真澄、崔希燮、斉藤能雄	4. 巻 41
2. 論文標題 温水循環式給熱養生方法を用いたコンクリートの強度発現特性	5. 発行年 2019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 1265 ~ 1270
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 成岡大吾、小原総基、崔希燮、井上真澄、斉藤能雄、井上和	4. 巻 76
2. 論文標題 温水循環ホースを埋設したコンクリートの温度挙動に関する解析的検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 令和元年度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 田家康平、井上真澄、崔希燮、吉岡憲一	4. 巻 42
2. 論文標題 亜硝酸リチウムを添加した耐寒PCグラウトに関する基礎的検討	5. 発行年 2020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 1840 ~ 1845
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 米山暁、崔希燮、井上真澄、須藤裕司	4. 巻 42
2. 論文標題 亜硝酸塩系耐寒促進剤の添加によるセメント系複合材料の初期強度発現と水和物	5. 発行年 2020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 83-88
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 佐藤奈津美、田家康平、井上真澄、崔希燮、須藤裕司、吉岡憲一	4. 巻 77
2. 論文標題 亜硝酸塩を添加したセメント系材料の低温環境下における強度発現に関する物理化学的検討	5. 発行年 2021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 米山暁、崔希燮、井上真澄、須藤裕司	4. 巻 77
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初期水和反応と流動特性の相関関係に関する研究	5. 発行年 2021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-02
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 Yoneyama Akira, Choi Heesup, Inoue Masumi, Kim Jihoon, Lim Myungkwan, Sudoh Yuhji	4. 巻 14
2. 論文標題 Effect of a Nitrite/Nitrate-Based Accelerator on the Strength Development and Hydrate Formation in Cold-Weather Cementitious Materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 1006 ~ 1006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma14041006	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

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 小原総基, 崔希燮, 井上真澄, 斉藤能雄, 井上和, 吉岡憲一
2. 発表標題 温水循環式ヒーターにより給熱養生したコンクリートの強度発現特性
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Soki Obara, Heesup Choi, Masumi Inoue, Yoshio Saito, Wataru Inoue, Kenichi Yoshioka
2. 発表標題 Fundamental Study on the Strength Development of Cold-Weather Concrete with Hydronic Heat Curing System
3. 学会等名 Bridge Engineering Institute(BEI-2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小原総基, 井上真澄, 崔希燮, 斉藤能雄, 井上和
2. 発表標題 埋設型パイプヒーティング工法による寒中コンクリートの給熱養生に関する基礎的研究
3. 学会等名 第75回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2020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 耐寒PCグラウトの流動性と低温下における強度発現性に関する基礎的検討
3. 学会等名 第75回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 米山暁、崔希燮、井上真澄、須藤裕司、金志訓
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材料の初期強度発現メカニズムに関する研究
3. 学会等名 第75回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2020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・准教授 (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
---------	---------