生コンクリート製造者と施工者を対象とした寒中コンクリート工事に関するアンケート調査

QUESTIONNAIRE SURVEY ON COLD WEATHER CONCRETING TO READY MIXED CONCRETE SUPPLIERS AND CONSTRUCTORS

深瀬孝之 — * 1 谷口 円 — * 2
濱 幸雄 — * 3

Takayuki FUKASE — * 1 Madoka TANIGUCHI — * 2
Yukio HAMA — * 3

キーワード：
寒中コンクリート工事, 調査計画, 強度推定, 積算温度, 養生計画, 強度管理

Keywords:
Cold weather concreting, Mixture proportioning, Estimating strength, Maturity, Plan for curing, Quality control of strength

In recent years, there are environmental changes such as an increase in high-strength concrete and progress of curing materials in cold weather concreting. Therefore, a questionnaire survey was conducted to elucidate the actual condition of cold weather concreting for ready mixed concrete suppliers and constructors. Based on 458 responses, this paper showed the implementation situation by region on cold weather concreting, and subjects of this.

1. はじめに

寒中コンクリート工事の技術的な対応を網羅した, 日本建築学会「寒中コンクリート施工指針・同解説」¹⁾(以下, 寒中指針という)は, 同学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」²⁾(以下, JASS5 という)との整合性を図りながら, ほぼ 10 年ごとに改定が行われてきた。2010 年の改定では, 寒中コンクリート工事の適用期間, 調査計画手法および氷点下域の積算温度などに変更が加えられた。

これらの改正点に伴う実務への影響に加えて, 近年における高強度コンクリートやマスコンクリートの増加, 仮設資材の進歩に伴う養生形式の合理化などの環境変化から, 寒中コンクリート工事の実態を把握する重要性が高まってきた。

そこで, 日本建築学会北海道支部では, 寒中コンクリート新技術調査委員会(活動期間: 2017~2018 年度)を設置して, 寒中コンクリート工事に係る技術の適用状況や課題などを明らかにし, 寒中指針の充実化に向けた活動を行うこととした。

2017 年度には, 寒中コンクリート工事の実態を把握することを目的に, 北海道, 東北地方および北陸地方などに所在するレディミックスコンクリート工場(以下, 製造者という)と施工者を対象としたアンケート調査を実施した。本報では, アンケート調査から得られた主要な結果および課題について報告する。

2. アンケート調査

2.1 調査の概要

寒中コンクリート工事が適用される主な地域に所在する, 製造者 806 工場(全国生コンクリート工業組合連合会会員)および施工者 293 事業所(日本建設業連合会会員企業 200 事業所, 地場施工業者 93 事業所)を対象に, 2018 年 1 月下旬から 2 月上旬に調査を実施した。施工者に関しては, 本支店などの管理部門に加えて, 2017 年度に寒中コンクリート工事が行われた作業所の技術者を対象とした。

主な調査項目は, 寒中コンクリート工事における調査計画と強度推定の実施頻度・方法, 温度管理方法, 寒中指針の利用度・評価, 新しい技術の適用状況などとした。

調査方法は, 回答者が調査票の電子データをウェブサイトから入手し, 回答後の調査票をメールによって回収する形式とした。

2.2 調査対象数と回答数

表 1 に回答者が所属する組織の所在地別の回答数などを示す。製造者, 施工者の管理部門および作業所に対する回答数は, それぞれ 349 件(回答率 43%), 42 件(回答率 14%), 67 件(回答率不明)であり, 総計 458 件の回答が得られた。

寒中コンクリート工事の適用状況は各地域の気象特性³⁾に影響されることが考えられるため, 北海道, 東北, 関東, 中部, 北陸および近畿の 6 地域に区分して調査結果を整理することとした。ただ

表 1 アンケート調査の対象数と回答数

所属組織 所在地 回答者	北海道	東北地方						関東地方			中部地方				北陸地方				近畿地方			所在地不明	回答数	対象数	回答率
	北海道	青森県	秋田県	岩手県	山形県	宮城県	福島県	茨城県	栃木県	群馬県	長野県	山梨県	岐阜県	愛知県	新潟県	富山県	石川県	福井県	滋賀県	奈良県	京都府				
製造者	84	17	11	21	16	37	13	5	8	13	25	2	0	0	28	6	16	19	16	5	5	2	349	806	43%
施工者（管理部門）	18	0	0	1	0	7	0	-	-	-	1	1	0	4	6	1	2	1	-	-	-	0	42	293	14%
施工者（作業所）	35	2	0	3	1	5	2	-	-	-	0	1	1	1	9	2	4	1	-	-	-	0	67	不明	不明

¹⁾ 伊藤組土建(株)建築部 担当部長(技術)・工修(室蘭工業大学大学院工学研究科 博士後期課程)
(〒060-8554 札幌市中央区北 4 条西 4 丁目)

²⁾ (地独)北海道立総合研究機構北方建築総合研究所建築研究部建築システムグループ 研究主幹・博士(工学)

³⁾ 室蘭工業大学大学院工学研究科 教授・博士(工学)

¹⁾ Manager, Itogumi Construction Co., Ltd., M. Eng. (Graduate Student, Muroran Institute of Technology)

²⁾ Senior Research Manager, Hokkaido Research Organization Northern Regional Building Research Institute, Dr. Eng.

³⁾ Prof., Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

し、中部地方における作業所の回答数は3件と少数であることから、本報では参考値として取り扱う。

3. アンケート調査結果

3.1 回答者の特性

図1に、製造者と施工者（管理部門）回答による、所属組織における寒中コンクリート工事の適用物件数（2017年度内に実施するコンクリート数量300m³以上の建築工事を対象とする）を示す。また、図2に回答者の自己評価による寒中コンクリート工事に関する理解度を示す。

製造者回答において、北海道、東北、中部地方では1件以上の物件を保有するとの回答が60%以上であるが、関東、北陸、近畿地方では「物件なし」との回答が過半数を占める。

回答者の理解度に関しては、「理解していない」がわずかに含まれているが、全体的に見ると「おおむね理解している」「普通」が大半を占める。地域別では、製造者、施工者ともに他の地域に比べて北海道と東北地方では「よく理解している」「おおむね理解している」

図1 寒中コンクリート工事の適用物件数 (製造者・管理部門回答)

図2 寒中コンクリート工事の理解度 (全回答)

図3 調査計画関連計算の実施頻度 (製造者・管理部門回答)

に対する回答比率が高い傾向を示す。

3.2 調査計画

製造者と施工者（管理部門）回答による、所属組織で調査計画に関連する計算が実施される頻度を図3に示す。「少ない」「非常に少ない」「実施なし」に該当する回答が半数以上を占め、全地域ともに実施頻度は低い。そのなかで、実施頻度が比較的高い傾向を示したものは、製造者回答での北海道と中部地方、施工者（管理部門）回答での東北地方である。なお、施工者（作業所）回答では、関連計算は作業所技術者または製造者が実施することが多く、施工者（管理部門）が関与する頻度は低い傾向がみられた。

図4は、製造者回答における6種類の調査計画方法の利用度を地域別に示したものである。ここで、「JASS5による方法」は材齢28日までの予想平均気温に応じて構造体強度補正値を定める方法である。また、「積算温度による方法」は寒中コンクリート工事における標準的な方法であり、積算温度から構造体強度補正値を定める方法をいう。

北海道では「積算温度による方法」の利用度が最も高く、「非常に

図4 調査計画方法の利用度 (製造者回答)

多い」(19%)、「多い」(35%)を合せると過半数を占める。次いで、「JASS5による方法」と「標準曲線(平均的)」が比較的良好に利用されることがわかる。

東北地方では「JASS5による方法」の利用度が高く、「非常に多い」「多い」が約60%を占める。「JASS5による方法」に関しては、関東、中部、北陸および近畿地方でその利用度はさらに高くなり、「非常に多い」「多い」の回答がほとんどである。なお、これらの地域において「積算温度による方法」は利用されるものの、その利用度は極めて低い。

図5に最も多く採用する調合計画方法を示す。製造者回答では、調合計画方法の利用度(図4)と同様の傾向が認められる。施工者(管理部門および作業所)の回答では、北海道では「積算温度による方法」、東北地方では「JASS5による方法」と「積算温度による方法」、北海道と東北地方以外では「JASS5による方法」と「工場の実績などによる強度増進曲線」が利用される。

各地域で主に利用される調合計画方法には大きな差異が認められ

図5 最も多く採用する調合計画方法 (全回答)

図6 調合計画における適用図書 (全回答)

図7 強度推定の実施頻度 (製造者・管理部門回答)

る。その要因として、「JASS5による方法」は材齢28日までの予想平均気温が0℃以上の場合に制限されており、この条件が満足できない場合には「積算温度による方法」を採用することが想定される。各地域の気象条件から定められる材齢28日までの平均温度が、調合計画方法を選択する際の分岐条件であると考えられる。

図6に調合計画に関連する計算を実施する際に適用する図書を示す。北海道では「寒中指針」、東北地域では「JASS5」と「寒中指針」、これらの地域以外では「JASS5」と「公共建築工事標準仕様書」が適用される傾向がみられ、採用する調合計画方法に応じて指針類を参照することが伺える。

3.3 強度推定

図7に回答者の所属組織において強度推定が実施される頻度を示す。製造者と施工者(管理部門)ともに、北海道と東北地方を除く地域では「実施なし」が大多数を占める。一方、調合計画と同様に北海道の製造者と東北地方の施工者(管理部門)での実施頻度が高く、特に北海道の製造者では「非常に多い」「多い」との回答が約

強度推定方法(図8)

方法1): 積算温度の実績値と計画値を比較する方法
方法2): 標準曲線(安全側)を利用する方法【寒中指針 資料3】
方法3): 標準曲線(平均的)を利用する方法【寒中指針 資料3】
方法4): 工場の実績や強度試験結果から定めた強度増進曲線を利用する方法
方法5): その他の方法

図8 強度推定方法の利用度 (製造者回答)

35%に達する。

製造者回答による、各地域における5種類の強度推定方法の利用度を図8に示す。北海道では「標準曲線（平均的）」と「標準曲線（安全側）」、北海道以外の地域では「工場実績などによる強度増進曲線」、の利用度が高い。特に北海道における「標準曲線（平均的）」の利用度が高く、「非常に多い」（10%）と「多い」（39%）がほぼ半数を占める。

調査計画方法として「JASS5による方法」を適用する場合、一般的には設計基準強度が得られる材齢を28日とすることから、強度推定によってこの材齢を確認する必要性は低い。一方、「積算温度による方法」では、初期強度や設計基準強度が得られる材齢は工程を考慮した任意の材齢として計画するため、実施段階で検証する必要がある。したがって、強度推定においても調査計画と同様に地域によって差異が生じているものと考えられる。

図9に氷点下域に対する積算温度の算定方法を示す。北海道を除く地域では「通常の算定方法」が大多数であるが、北海道では「通常の算定方法」のほかに「低減する算定方法」が採用されることが確認できる。「低減する算定方法」は現行の寒中指針に新たに導入されたものであり、寒中指針の利用頻度が高い北海道において普及したのと考えられる。

3.4 養生計画

施工者（作業所）回答による、加熱養生計画における熱量計算の実施者を図10に示す。また、施工者（管理部門および作業所）回答による、寒中指針に示される熱量計算方法の利用度を図11に示す。

図9 氷点下域の積算温度（複数選択、全回答）

図10 熱量計算の実施者（作業所）

図11 寒中指針における熱量計算の利用度（管理部門・作業所回答）

図12 温度計測機器（複数選択、作業所回答）

すべての地域において、熱量計算は「作業所技術者」による実施がほとんどであり、管理部門などが関与することは少ない。

熱量計算方法の利用度に関しては、北海道が最も高く、「非常に多い」が47%であり、「多い」と合すると約90%を占める。一方、中部・北陸地方では、加熱養生の実施自体が少なく、その計算方法の利用度は低い。

3.5 温度管理

作業所回答による、コンクリートの温度管理に用いる計測器を図12に、計測部位を図13に示す。温度計測機器としては、「電子式温度計」の採用が多く、「アナログ式温度計」と「アナログ式自記温度計」が採用されることは少ない。また、各地域ともに「上屋内部」「外部」「床」の3箇所を温度計測対象とすることが多い。

図14に、施工者（管理部門および作業所）回答による、加熱養生における計画温度と実績温度との差異を示す。加熱養生時の温度差に関して、北海道では「計画値に比べ実績値の方が5~10℃位高い」、東北地域では「ほぼ同じ」が、両者ともに60%程度を占めており、地域によって温度差に対する認識が異なることがわかる。

3.6 強度管理

作業所回答による、寒中コンクリート工事の適用期間中に作成する現場養生供試体の目的、養生種別および保管場所を図15~図17に示す。

現場養生供試体は各地域ともに、「初期養生の打ち切り」「せき板の取外し」「支保工の取外し」および「構造体コンクリート強度の確認」を目的とすることが多い。その養生種別は「封かん養生」が大多数

図13 温度計測部位（複数選択、作業所回答）

図14 計画温度に対する実績温度の差（管理部門・作業所回答）

図15 現場養生供試体の目的（複数選択、作業所回答）

図16 供試体の養生種別（複数選択、作業所回答）

であるが、北海道以外の地域では「水中養生」も採用される。また、極めて少数ではあるが、「簡易断熱養生」が利用されることも確認できる。

現場養生供試体の保管場所は、北海道では「施工階」、北海道以外では「工事敷地内の建物外部」が過半数を占める。また、「工事敷地外の建物外部」での保管も少数ながら存在する。

供試体の養生方法は構造体コンクリートの温度条件に近い現場封かん養生が原則であるにもかかわらず、これに適合しない方法によって強度管理が実施されている可能性が示される。

3.7 寒中指針の利用度および評価

図18に寒中コンクリート工事に対応する際の寒中指針の利用度を示す。北海道と東北地方における利用度が高い傾向を示し、特に施工者（管理部門）回答では「非常に多い」「多い」が80%前後を占める。一方、これらの地域以外では利用度は低く、「利用しない」「非常に少ない」が60%を超える。

図19に寒中指針に対する評価を示す。すべての評価項目に共通して、「普通」が50～60%、「良い」が30%程度に対して、「非常に悪い」「悪い」との回答が5%程度であることから、比較的良好な評価であるといえる。

3.8 寒中コンクリート工事における新しい技術など

図20に、中庸熱セメントを使用したコンクリートと高強度コンクリートに関する製造または施工実績の有無を示す。北海道と北陸地方での実績が多いが、これら以外の地域においても少数ながら実績が存在する。特に、北海道では高強度コンクリートに関して「実績あり」との回答が約20%を占める。

図21に耐寒促進剤の利用度を示す。耐寒促進剤の利用度は、北陸と近畿地方で低く、関東と中部地方で高い傾向がある。

図22に新しい技術の採用有無、計算ソフトの利用経験などを示す。新しい技術の採用実績は12件であり、極めて少ない。その主な内容としては、耐寒促進剤、ユニット式養生上屋、サーモ付加熱設備、インターネット利用による採暖温度確認である。

コンクリートの温度履歴をもとにせき板の取外しが可能となった、旧建設省告示第110号の改正（2016年3月）に関して、「知っている」との回答は16%であり、その認知度は低い。

また、寒中コンクリート工事に関連する計算ソフトの利用経験は、全回答者平均では28%であるが、北海道と東北地方での利用度については他の地域に比べて高い傾向がみられる。

4. 寒中コンクリート工事における課題

本調査の結果を踏まえ、寒中コンクリート工事における課題について考察する。

1) 日平均気温4℃以下のみに該当する場合の調査計画

本調査では、寒中コンクリート工事の計画・管理方法、指針の利用度などは地域によって異なる傾向を示すことが確認された。表2に示すように、代表的な地域の適用日数、日最低気温、適用条件別の期間、材齢28日までの予想平均気温が0℃未満の期間は大きく異なる。工事での対応は施工時期の気象条件に応じて決定されることから、その実施内容には地域差が生じることになる。

調査計画方法に関しては、「JASS5の方法」が北海道以外の地域において広範囲に利用されることが確認された。この方法では、寒中

図17 現場養生供試体の保管場所（複数選択、作業所回答）

図18 寒中指針の利用度（全回答）

図19 寒中指針の評価（全回答）

図20 製造または施工実績の有無（全回答）

図21 耐寒促進剤の利用度（全回答）

図22 新しい技術などの採用（全回答）

コンクリート工事の適用条件のうち日平均気温 4℃以下のみに該当する場合には、材齢 28 日までの予想平均気温から構造体強度補正值（3 または 6N/mm²）を簡便に決定することができる。しかし、材齢 28 日までの予想平均気温が 0℃以上に制限されているため、一部の地域においては適用できない期間が存在する。

本調査における寒中指針に対する要望には、「材齢 28 日までの予想平均気温に応じて構造体強度補正值 9N/mm²を採用したい」との回答が含まれており、その妥当性を検討することが必要である。

2) 加熱養生時の温度差異

加熱養生における計画と実績の温度差異に関しては、本調査（図 14）と同様に過去の調査⁴⁾からも計画温度に対して実績温度が高くなる傾向が示されている。以下に加熱養生に関連する課題を示す。

①計画段階では寒波を考慮して平年値から 4℃低い平均気温を想定する。本来、施工直前の気象予報に基づいて想定気温との相違を確認することが基本となるが、実務では実行されていない可能性が高く、実績温度を上昇させる要因となる。寒中指針の運用上の課題として捉え、適用条件などの明確化を図ることが必要である。

②現行の寒中指針における熱損失量の算定手法、被覆材料の熱貫流率や安全率などは 1978 年発刊時の内容が踏襲されており、この間大きな見直しがなされていない。そのため、これらの妥当性について再検証する必要がある。

3) 構造体コンクリートの強度管理

本調査（図 17）では現場養生供試体の施工階以外での保管が確認されたが、構造体コンクリートの強度を推定するための供試体は構造体と同等の温度条件で保管することが原則である。

特に、寒中コンクリート工事では保温養生を行うことが多く、構造体は外気温とは異なる温度環境となる。そのため、供試体の保管場所やキャッピング作業のための持ち出しによって、供試体と構造体コンクリートとの温度履歴が異なるといった問題が生じる。

改正後の旧建設省告示第 110 号では、せき板の取外しに必要な強度に関して、供試体を用いた圧縮強度試験を実施しなくとも、構造体の温度履歴を用いた推定強度によって判定することが可能となった。供試体保管に係わる問題を解消する方法として、この告示の適用など、寒中コンクリート工事における適正かつ合理的な強度管理方法を検討する必要がある。

4) 高強度コンクリート

寒中コンクリート工事における高強度コンクリートの実績が多数確認された（図 20）。しかし、現行の寒中指針において高強度コンクリートは適用除外とすることができるとされ、高強度コンクリートに関する技術的な対応は網羅されていない。

高強度コンクリートの普及度を考慮すると、初期強度や設計基準強度に対する推定方法および強度試験の判定方法に関する内容を補完する必要がある。

5. まとめ

製造者と施工者を対象とした寒中コンクリート工事に関するアンケート調査の結果から、以下の知見が得られた。

1) 調合計画の関連計算や強度推定に関する実施頻度、各種算定方法の利用度と適用指針、寒中指針の利用度などには、地域によって大きな差異が認められる。

表 2 代表的な地域における適用期間と気温条件

		気象庁平年値（1981 年～2010 年）							
地 名	適用日数（日）	最低温度（℃）	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月	4 月
北海道	旭川	182	-13.5						
	札幌	161	-7.5						
	函館	141	-6.8						
東 北	青森	131	-4.5						
	盛岡	131	-6.2						
	仙台	90	-2.2						
関 東	水戸	62	-2.5						
	前橋	51	-1.2						
中 部	長野	110	-4.8						
	甲府	52	-2.6						
北 陸	新潟	80	-0.4						
	福井	59	-0.3						
近 畿	彦根	51	0.2						
	奈良	31	-0.7						

■：寒中適用条件①：日平均気温が 4℃以下の期間
 ■：寒中適用条件②：材齢 91 日までの積算温度が 840° D-D 未満の期間
 ■：材齢 28 日までの平均気温が 0℃未満の期間

- 2) 調合計画方法として、北海道では「積算温度による方法」、東北地方では「JASS5 による方法」と「積算温度による方法」、これらの地域以外では「JASS5 による方法」が主に採用される。
- 3) 強度推定方法に関しては、北海道では「標準曲線（平均的）」と「標準曲線（安全側）」、北海道以外の地域では「工場実績などによる強度増進曲線」の利用度が高い。
- 4) 加熱養生時における計画温度と実績温度の差は、北海道では「実績値の方が 5～10℃位高い」、東北地方では「ほぼ同じ」と認識される傾向が強い。
- 5) 寒中指針の利用度は北海道と東北地方が高く、その評価に関しては「普通」と「良い」が大多数を占めるが、有益性に比べてわかりやすさに対する評価が低い。
- 6) 本調査の結果を踏まえ、寒中コンクリート工事の課題として、調合計画方法の適用範囲、加熱養生時の温度差異、構造体の強度管理方法、高強度コンクリートへの対応が考えられる。

謝辞

本アンケート調査に際して、多大なご協力を頂いた日本建築学会北海道支部寒中コンクリート新技術調査委員会、全国生コンクリート工業組合連合会、アンケートにご回答頂いた製造者と施工者の皆様に、心から謝意を表します。

参考文献

- 1) 日本建築学会：寒中コンクリート施工指針・同解説，2011.11
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事，2015.7
- 3) 長谷川拓哉，濱幸雄，長谷川壽夫，桂修，谷口円，深瀬孝之：気温の平年値の変化が寒中コンクリート工事の適用期間・積算温度に及ぼす影響，日本建築学会技術報告集，第 18 巻，第 38 号，pp.25-29，2012.2
- 4) 深瀬孝之，濱幸雄，長谷川拓哉，谷口円，他 15 名：寒中コンクリートに関するアンケート調査結果 寒中コンクリート施工調査研究委員会報告，日本建築学会北海道支部研究報告集，第 80 巻，pp.359-362，2007.7

[2018 年 10 月 2 日原稿受理 2018 年 11 月 19 日採用決定]