

# コンクリートの強度増進における氷点下域の影響および推定方法に関する研究

三森 敏司\*

## Effects of Temperature below Freezing Point on the Strength Development of Concrete and its Estimation Method

Toshiji MIMORI

**Abstract** - This study gathered up the following contents.

- A survey on cold weather concreting to practical persons in Hokkaido and Tohoku regions and a problem with the recommendation for practice
- Resistance to frost damage at early and low-temperature on concrete using various recycling Materials
- Strength development under freezing conditions and maturity function expression of concrete

**Key words** : Cold Weather Concreting, Strength Development, Standard Curve Curing, Maturity

### 1. はじめに

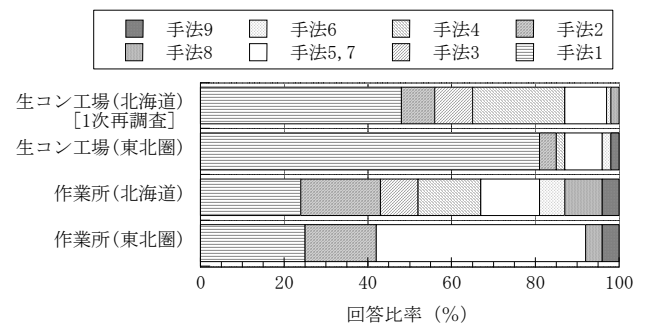
異なる温度条件におけるコンクリート強度の推定方法として積算温度方式があり、日本建築学会「寒中コンクリート施工指針(以下、寒中指針)」の調査計画、強度管理の方法として幅広く利用されている。しかしながら、氷点下域ではコンクリートの強度増進が大幅に遅延し、現行の積算温度方式の適用範囲外となっている。また、寒中指針には、積算温度と圧縮強度の標準的な関係を表す「標準曲線」を用いた圧縮強度の推定方法が示されているが、高強度コンクリートの強度を適切に推定していないことが指摘されており、各種の新材料を用いた新しいコンクリートに対する適合性の確認も必要である。近年、合理的かつ経済的な寒中コンクリート工事が求められており、このためには氷点下域における強度増進の活用、各種リサイクル材料を用いたコンクリートの強度増進の温度依存性等の明確化等が求められている。

本研究では、アンケート調査により寒中コンクリート施工の実態と問題点を明らかにし、積算温度方式における氷点下域の積算温度の評価方法を提案し、氷点下の条件も考慮した実用的な強度推定を可能としている。さらに、高強度域を含んだコンクリートの強度増進の明確化、近年開発された各種リサイクル材料を用いたコンクリートについて、初期凍害抵抗性および強度増進の温度依存性等を明らかにしている。これらの知見は、実務において合理的な寒中コンクリートの施工を行うための有用な成果である。

### 2. 本研究の概要

#### 2.1 アンケート調査による寒中コンクリートの現状と課題

北海道と東北地域の実務者を対象として実施した寒中コンクリート施工のアンケート調査から調査計画、養生計画、強度管理手法等の現状と問題点を明確にしている。特に、調査計画手法として寒中指針に示されている「圧縮強度増進の標準曲線を用いた方法(図1に示す)」が北海道において利用される割合が高いこと、この方法は高強度域のコンクリートへの適合性が不十分なこと、



- 手法1: 指針 4.4 構造体コンクリートの強度管理の材齢を28日として調査強度を定める方法  
手法2: 指針 4.5 構造体コンクリートの強度管理の材齢を延長して調査強度を定める方法  
手法3: 指針 資料6 標準曲線 (安全側の算定)  
手法4: 指針 資料6 標準曲線 (平均的な算定)  
手法5, 7: 公共工事標準仕様書, 指針 資料5 水セメント比補正係数  
手法6: 指針 資料5 強度補正值  
手法8: 指針 4.6 生コン工場実績による強度増進曲線  
手法9: その他の方法

図1 最も多く採用する(採用した)調査設計手法

\*釧路高専建築学科

氷点下における積算温度の考え方に対する誤解が多いこと等を明らかにしている。これらの結果は、この研究における目標を明確にするうえで重要なものとなっている。

## 2.2 氷点下域におけるコンクリートの強度増進性状とその影響を考慮した積算温度関数式の提案

積算温度方式における氷点下域のコンクリートの強度増進を推定する方法として、補正係数 $\alpha$ を乗じて積算温度を低減する方法を提案している。この補正係数 $\alpha$ は、凍結開始材齢および放置温度の影響は小さく、水セメント比ごとに一定の補正係数 $\alpha$ を用いて氷点下の条件での積算温度を補正することにより、実際の強度に近い推定値を得ることができることを示している。さらに、耐寒促進剤を用いない場合、氷点下の補正係数 $\alpha$ の値を水セメント比によらず0.2(図2に示す)と固定しても実用的には十分な精度で強度増進を説明できることを示し、この方法を氷点下域の積算温度の算定方法として提案している。ここで提案された方法は、冬期間の住宅のコンクリート基礎工事等の建設現場にも簡易に利用できるものであり、寒中コンクリートの調査計画および強度管理を合理的かつ簡便に行う方法として評価される。

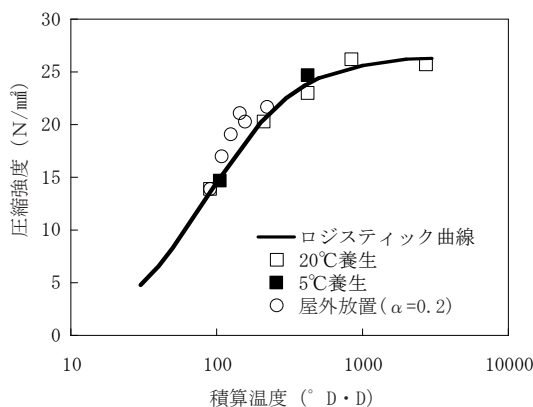


図2  $\alpha = 0.2$  固定(簡便法)による積算温度と強度の関係

## 2.3 圧縮強度増進の標準曲線の検討

寒中指針に示される圧縮強度増進の標準曲線に対して、寒中コンクリートにおける生コン工場の実績データと実験室実験データを用いて標準曲線の検証を行い、これらのデータと標準曲線の関係は、初期材齢で適合性が悪く、水セメント比が小さいほど推定値が小さくなることを明らかにしている。この問題を解決するために、水セメント比25～65%のコンクリートの実験を行い、現行式の問題点を改善した標準曲線の修正式を提案している。これにより、実施工において使用する

強度範囲のコンクリートについて実用的な強度推定を可能としている。

## 2.4 各種リサイクル材料を使用したコンクリートの初期凍害抵抗性および強度増進性状

各種リサイクル材料を用いたコンクリートの初期凍害防止のために必要な圧縮強度および強度増進の温度依存性について明らかにしている。これにより、各種リサイクル材料を用いたコンクリートに対して、寒中施工のための基本的性状が明確になったものと評価される。

## 3. おわりに

本研究は、寒中コンクリート施工の実態と課題を明らかにし、積算温度方式によるコンクリートの圧縮強度推定方法を実用的な方法で氷点下域に拡張し、コンクリートの強度増進の標準曲線を実施工で使用する強度範囲とした修正式を提案し、さらに各種のリサイクル材料を用いたコンクリートについて寒中施工のための基本的性状を明らかにしたものである。

なお、本報文は筆者の博士論文(北海道大学 2009 年)の骨子を再構成し、纏めたものである。

### 【本研究に関連する既発表論文等】

- 1) 三森敏司, 大楽隆男, 浜幸雄, 桂 修: 氷点下でのコンクリートの強度増進性状と積算温度関数式に関する検討, コンクリート工学年次論文集 Vol. 22, No. 2, pp. 553～558, 2000. 6
- 2) 三森敏司, 大楽隆男, 浜幸雄, 桂 修: 凍結条件下におけるコンクリートの強度増進性状におよぼす水セメント比および凍結開始材齢の影響, コンクリート工学年次論文集 Vol. 23, No. 2, pp. 421～426, 2001. 7
- 3) 三森敏司, 濱幸雄, 長谷川拓哉, 深瀬孝之: 北海道・東北圏の実務者を対象とした寒中コンクリートに関する実態調査と現行指針の課題, 日本建築学会技術報告集第 29 号, pp. 15～20, 2009. 2
- 4) 三森敏司, 大楽隆男, 濱幸雄, 千歩修: 各種リサイクル材料を用いたコンクリートの初期凍害抵抗性と低温強度増進, 日本建築学会技術報告集第 30 号, pp. 363～366, 2009. 6

### 【参考・引用文献】

- 5) 桂 修・吉野利幸・鎌田英治: 交流二電極法によるセメント硬化体中の凍結水量測定と水分凍結の細孔構造依存性, コンクリート工学論文集 Vol. 7, No. 1, pp. 57～66, 1996
- 6) 寒中コンクリート施工指針・同解説(第 4 版), 日本建築学会, 1998
- 7) 洪悦郎, 鎌田英治, 田畑雅幸, 浜幸雄: ロジスティック曲線を応用したコンクリート強度推定式の提案—普通ポルトランドセメントの場合—, 日本建築学会構造系論文報告集 No. 367, pp. 1～7, 1986
- 8) 須藤由美子, 桂 修, 吉野利幸, 三森敏司, 浜幸雄: 凍結および乾燥を受けたセメント硬化体の水和反応速度と強度増進, 日本建築学会構造系論文 No. 542, pp. 17～22, 2001. 4
- 9) 建築工事標準仕様書・同解説(JASS5)鉄筋コンクリート工事, 日本建築学会, 2003