

構造体コンクリートの氷点下の強度増進

正会員 ○谷口 円*
正会員 桂 修**
正会員 濱 幸雄***

コンクリート 氷点下 強度増進
積算温度 寒中コンクリート 模擬構造体

1. はじめに

コンクリートの強度増進は温度と時間に依存し、適切な温度時間関数で表すことで、温度履歴の異なる強度増進予測が可能となる。我が国では積算温度方式¹⁾がよく用いられる。一方、凍結によって強度発現が停滞することが知られている。筆者ら²⁾は水の化学ポテンシャル低下と反応速度に着目した強度増進実験での検討を行い、氷点下の強度増進を0℃以上の積算温度と圧縮強度の関係と一義的に表すことができる積算温度式を提案し、寒冷期の温度変化を伴う屋外で養生された封緘試験体での強度増進実験でその有用性を検証した。本研究では、提案した氷点下の積算温度式の有用性をスラブを模した模擬構造体の寒中施工実験により検討を行うものである。

2. 実験概要

(1) 使用材料および調合

使用したコンクリートは呼び強度 33N/mm² のレディーミクストコンクリート (33-18-25) とした。セメントは普通ポルトランドセメントで、細骨材は比布産陸砂 (表乾密度 2.59g/cm³)、粗骨材は比布産陸砂利 (表乾密度 2.61g/cm³) であった。調合と荷卸し時のフレッシュ性状を表1に示す。コンクリートは到着後直ちにスランプ、空気量を測定した。

(2) 実験計画

表2に実験計画表を示す。模擬構造体は旭川市の屋外にて作製された。コンクリート打設日は2008年11月25日であった。試験材齢は水中養生は7,28,91日、その他を7,28,56,91日とした。養生上屋内で養生する試験体は、模擬構造体 (コア)、模擬構造体にφ10×20cmの強化プラスチック型枠ごと埋め込んだ埋込試験体 (以下埋込) およびφ10×20cmの簡易鋼製型枠に打設し、上面をポリエチレンフィルムで封緘した封緘試験体の3種類とした。簡易断熱養生試験体はJASS5T-705-2005に準じた簡易断熱養生箱を屋外に置き、ブルーシートで覆った中での養生

とした。標準条件は20℃水中養生試験体を作製した。コンクリート温度は、養生条件ごとに試験体中心部にTC熱電対を埋め込み測定間隔15分で測定記録した。また、外気温および養生上屋内雰囲気温度も同時に測定した。

所定の養生終了後、型枠を脱型し、または模擬構造体から切り取ったコアにより、JIS A 1108に準じて圧縮強度を測定した。屋外で養生した試験体は、内部の氷を融解するため約30分間20℃の水中に浸漬した後測定した。

(3) 製造、打ち込みおよび養生

コンクリートは旭川市内の工場で練り混ぜ、トラックアジテータで運搬し、時間はおよそ30分であった。到着したコンクリートはフレッシュ性状の測定を行い、φ10

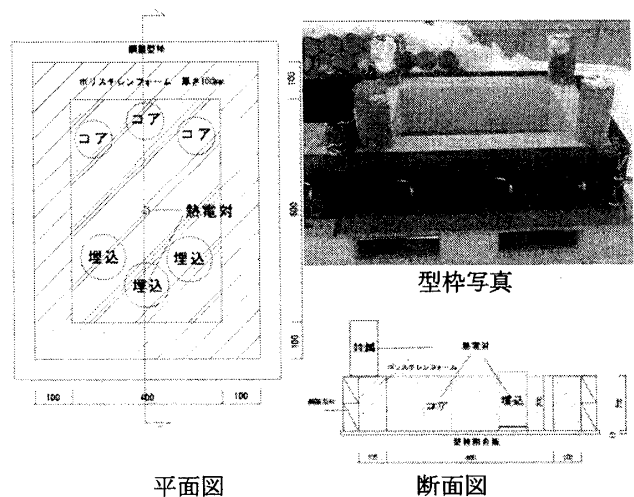


図1 模擬構造体の概要

表2 実験計画

養生条件	試験体条件	養生温度	測定材齢
養生上屋内	コア	材齢7日まで10℃ 以降屋外成り行き	7, 28, 56, 91
	埋込		
簡易断熱	封緘	屋外成り行き	7, 28, 91
水中	-	20℃	

表1 コンクリート調合表およびフレッシュ性状

水セメン (%)	粗骨材の最大 (mm)	細骨材率 (%)	単位水量 (kg/m ³)	絶対容積 (l/m ³)			質量 (kg/m ³)			混和剤の使用量 (G×%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	温度 (°C)
				セメント	細骨材	粗骨材	セメント	細骨材	粗骨材				
43.2	25	41.7	172	126	274	383	398	710	1000	0.80	17.0	3.6	9.5

Strength Development of Concrete in Structure under sub-zero temperature

TANIGUCHI Madoka, KATSURA Osamu and HAMA Yukio

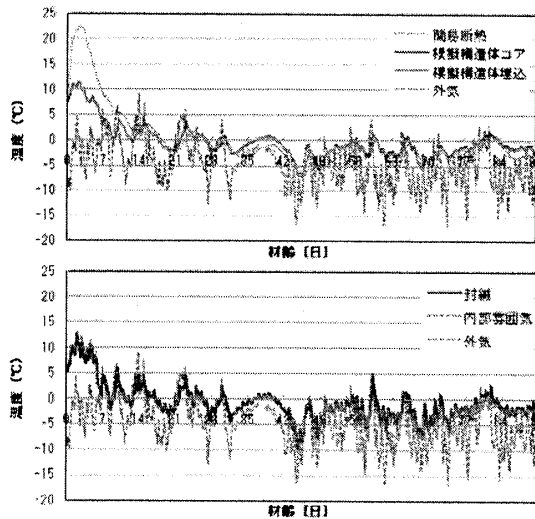


図2 温度測定結果

×20cm の試験体を採取した。その後、図1に示す模擬構造体の型枠に打ち込んだ。模擬構造体は4体用意され、材齢ごとに1体ずつ室内に運搬し、コア抜き等を行った。寒中コンクリート工事のため、模擬構造体4体を覆う上屋をかけた。上屋内の温度設定は材齢7日まで10℃を目標に採暖を行い、以降は外気の成り行きとした。

3. 結果

図2に試験体、外気、養生上屋内雰囲気温度の履歴を、図3に得られた温度データのそれぞれの関係を示す。模擬構造体の温度履歴と埋込試験体の温度履歴はほぼ同じとなり、その差は±0.9℃の範囲であった。埋込試験体は、構造体と同じ温度履歴の試験体であるといえる。封緘試験体は、内部雰囲気温度と温度履歴は大差なく、その差は内部雰囲気温度に対し-2.5~+2.8℃であった。封緘試験体と模擬構造体温度では、その差は大きく-4.4~+3.4℃となった。また、外気温と上屋内雰囲気温度では、採暖養生中止以降の外気温が氷点下となる範囲では、雰囲気温度の方が高かった。

図4に圧縮強度の測定結果を示す。材齢7日では簡易断熱が最も高かった。28日では模擬構造体コアと簡易断熱が同程度となり、56日以降では封緘、模擬構造体コア、簡易断熱の強度は同程度となった。封緘試験体の圧縮強度はすべての材齢で模擬構造体コアの圧縮強度より小さくなった。寒中では構造体の発熱も小さいが、封緘試験体は構造体にくらべ熱容量が小さいため、ほぼ雰囲気温度と同様の温度履歴となり、構造体の温度よりも低い温度となった。このため、構造体以上の強度が得られなかったと考えられる。また、模擬構造体コアと埋込では履歴温度がほとんど変わらないが、圧縮強度に差が認められた。この原因については、明らかではなく、今後の検

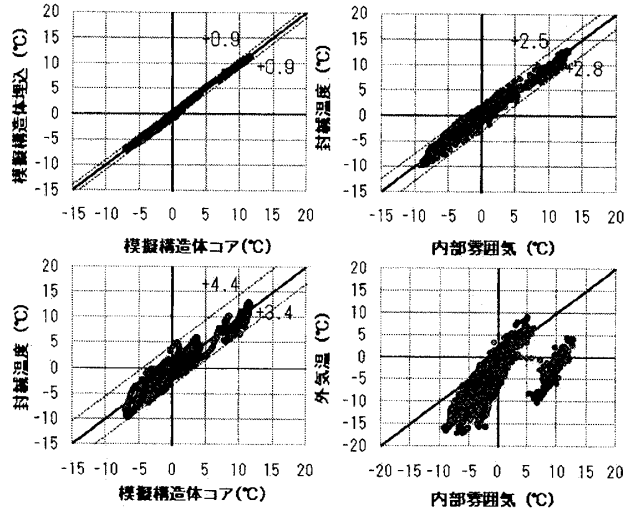


図3 温度測定部位による関係

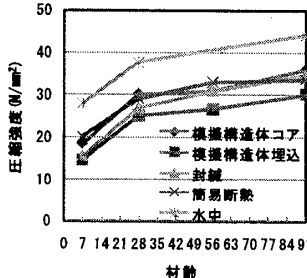


図4 圧縮強度試験結果

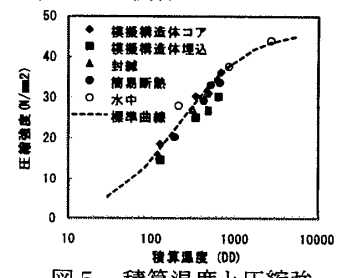


図5 積算温度と圧縮強度

討課題とする。

図5に筆者らの提案式による積算温度と圧縮強度の関係を示す。提案式は以下に示すとおりである²⁾。

$$M_{ef} = \sum_0^t 10 \exp(-0.6(-\theta)^{0.74}) \Delta t \quad (1)$$

ここに、 M_{ef} : 積算温度、 θ : Δt 時間中の温度 (°C)、 Δt : 時間 (日)

なお、図中の点線は強度増進の標準曲線であり、本会「寒中コンクリート施工指針・同解説」資料6¹⁾の標準曲線と水中28日強度から表した。温度変動のある試験体では埋込試験体をのぞけば、提案式で得られた積算温度は標準曲線での積算温度と圧縮強度の関係とほぼ一致していた。このことから、提案式によって、模擬構造体においても氷点下の強度増進を表すことができることが確認されたと考えられる。

4. まとめ

模擬構造体の実際の寒冷期における寒中施工実験において、提案した氷点下の積算温度式の有用性を示した。

参考文献

- 1)寒中コンクリート施工指針・同解説, 日本建築学会, 1998
- 2)谷口円, 桂修, 濱幸雄: 氷点下のコンクリート強度増進と温度時間関数, 日本建築学会構造系論文集, 第640号, 2009.6

*北海道立北方建築総合研究所

**北海道立北方建築総合研究所 博士 (工学)

***室蘭工業大学 准教授・博士 (工学)

*Hokkaido Northern Regional Building Research Ins.

** Hokkaido Northern Regional Building Research Ins., Dr. Eng

***Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology. Dr. Eng