

凍結条件下におけるコンクリート強度増進の
等価積算温度による検証

コンクリート, 強度増進, 等価積算温度

正会員 ○三森 敏司*1
同 大楽 隆男*2
同 浜 幸雄*3
同 千歩 修*4
同 友澤 史紀*5

1. はじめに

寒冷期におけるコンクリート工事において、マイナス温度となる施工条件下でのコンクリートの強度増進を評価し、それを予測することができれば、強度補正によるコンクリートコストの増加を抑え、養生上屋・加温などの経費を節減することができ、より効率的で経済的な寒中施工となることが考えられる。

本実験では、コンクリートの凍結時の積算温度と強度増進の関係について、現行方式、補正係数を用いる方式の他、セメントの水和反応速度係数から得られた等価積算温度の適用性について検討した。

2. 実験計画および方法

使用材料は、セメントは普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は由仁産と幌延産、粗骨材は由仁産砂利と峯朗産碎石を混合で用いた。それぞれの骨材の物理試験結果を表1に示す。また、混和剤はAE減水剤標準形(No.70)を用いた。

コンクリートの調合は、水セメント比を49.5% (呼び強度27)とし、目標空気量を $4.5 \pm 1.0\%$ 、目標スランプを $18\text{cm} \pm 1\text{cm}$ とした。コンクリートの調合を表2に示す。

供試体は $\phi 10 \times 20\text{cm}$ の円柱供試体を用い、JIS A 1132 (コンクリートの強度試験用供試体の作り方)に準じて作製した。コンクリートの打ち込み後の養生

は、 20°C 封かん養生、 5°C 封かん養生を継続したものと打ち込み後 20°C で3日間前養生を行い、外気養生を開始したものの3水準とした。なお、外気養生は札幌市において12月から3月までの厳寒期に行ったものであり、熱電対の温度データをパソコンに取り込むデータ収集システムを用いて、コンクリート温度の測定を行った。圧縮強度の測定は、それぞれの養生条件ごとに定めた3~91日までの3~5材齢とした。コンクリートの養生条件と試験材齢を図1に示す。

3. 実験結果および考察

(1)式に示す積算温度は、コンクリートの強度増進過程を温度と時間の関数として一義的に表すことを目的としたものであり、プラスの温度条件であること

表1 骨材の物理試験結果

骨材種類	細骨材		粗骨材	
	由仁産	幌延産	由仁産砂利	峯朗産碎石
最大寸法 (mm)	5	5	25	20
絶乾密度 (g/cm^3)	2.55	2.62	2.55	2.68
表乾密度 (g/cm^3)	2.62	2.65	2.62	2.70
吸水率 (%)	2.74	0.84	2.36	0.62
実績率 (%)	—	—	66.0	60.0
粗粒率	2.80	2.60	—	—

表2 コンクリートの調合

W/C (%)	s/a (%)	単位水量 (kg/m^3)	単位量 (kg/m^3)					
			セメント	細骨材1	細骨材2	粗骨材1	粗骨材2	混和剤(No.70)
49.5	43.5	167	338	388	395	707	310	0.845

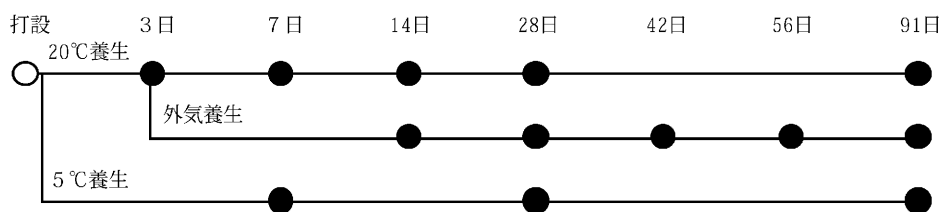


図1 コンクリートの養生条件と試験材齢

Inspection of Strength Development under Freezing Condition of Concrete, Using Equivalent Maturity

MIMORI Toshiji, TAIRAKU Takao, HAMA Yukio, SENBU Osamu and TOMOSAWA Fuminori

が基本となる。

$$M = \Sigma (\theta + 10) \quad (1)$$

図2に現行の積算温度と圧縮強度の関係を示す。外気養生の場合、厳寒期であることからコンクリートが凍結し、その影響から強度増進が大幅に遅延し、プラス温度での積算温度と強度増進の関係は成立していない。これに対し(2)式に示す0℃以下の温度範囲を対象とした積算温度方式がニケネンより提案されているが、積算温度の基準温度を変化させることになり、現行の積算温度方式における地域の寒冷度の尺度としての実務的有用性を損なうことになる。

$$M = \Sigma 0.2 (\theta + 15) \quad (2)$$

そこで20℃および5℃養生での積算温度と圧縮強度の関係をロジスティック曲線で近似し、凍結時の積算温度を(3)式として、 α を0.1~1.0まで変化させて算出したロジスティック曲線による推定値と実験値の相関性が最も高い $\alpha = 0.5$ を補正係数とした。

$$M = \Sigma \alpha (\theta + 10) \quad (3)$$

図3に α を用いて算出した補正積算温度と強度の関係を示す。現行の積算温度を用いた場合に見られる凍結時の強度のかたよりが補正されている。

図4に等価積算温度と強度の関係を示す。(4)式に示す等価積算温度とは、水の凍結を考慮して反応速度定数を算定する方法²⁾で、得られた反応速度定数から凍結温度に対応する等価積算温度を20℃で1日に得られる積算温度を基準に算定したものである。

$$M_e = 30 / (k_{20} / k_T) \quad (4)$$

- M_e : 等価積算温度 (° D · D / 日)
- k_{20} : 養生温度 20℃での反応速度定数
- k_T : 養生温度 T℃での反応速度定数

図より、等価積算温度を用いた厳寒期のコンクリートの強度増進では、凍結による強度のかたよりがなく、良い適合が認められた。

4. まとめ

コンクリート中の水分の凍結状態を考慮して提案されている等価積算温度のコンクリートへの適合性は良く、その有用性が認められた。

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,1998
- 2) 須藤由美子他：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集,第542号,pp17-22,2001.4
- 3) 三森敏司他：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,Vol22,No.2,pp553-558,2000

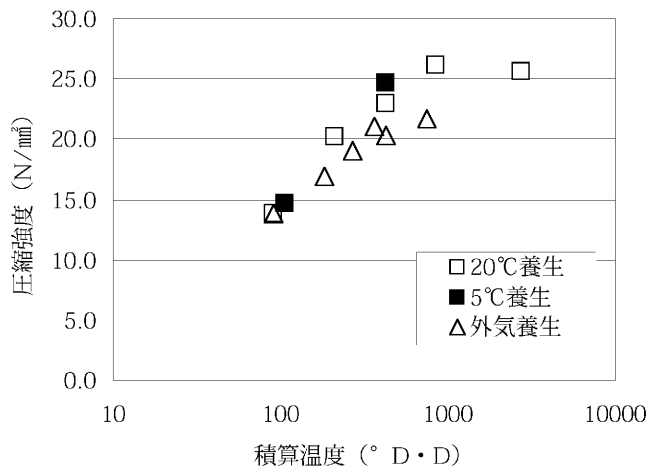


図2 現行方式による積算温度と強度の関係

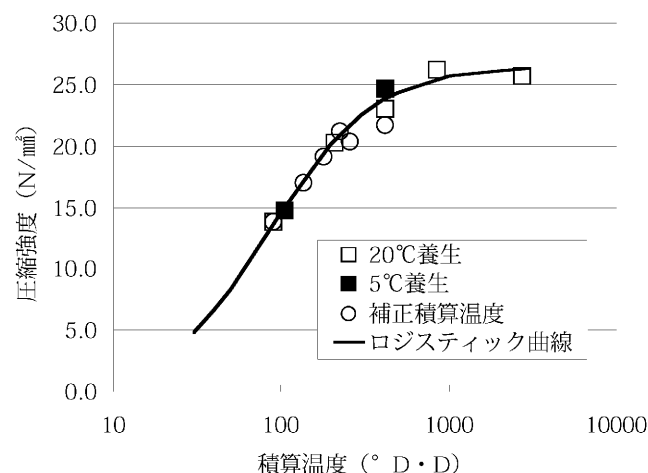


図3 補正積算温度と強度の関係

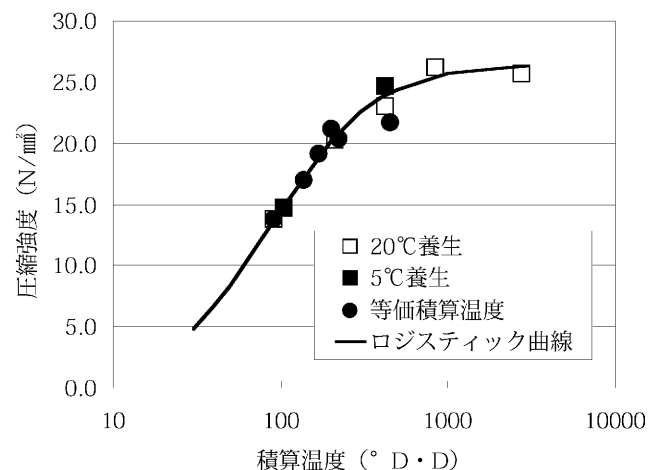


図4 等価積算温度と強度の関係

* 1 釧路工業高等専門学校 助教授
 * 2 釧路工業高等専門学校 教授
 * 3 室蘭工業大学 助教授・博士 (工学)
 * 4 北海道大学大学院 助教授・工学博士
 * 5 北海道大学大学院 教授・工学博士

* 1 Assoc. Prof., Kushiro National College of Technology
 * 2 Prof., Kushiro National College of Technology
 * 3 Assoc. Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng.
 * 4 Assoc. Prof., Graduate School of Hokkaido Univ., Dr.Eng.
 * 5 Prof., Graduate School of Hokkaido Univ., Dr.Eng.