

覆工コンクリートの若材齢時強度推定方法に関する検証

佐藤工業 正会員 ○渡辺 晋吾*¹
 佐藤工業 飯塚 建*²
 佐藤工業 正会員 乾川 尚隆*²
 佐藤工業 正会員 宇野洋志城*³

1. はじめに

一般に、コンクリートの強度と積算温度には高い相関があることが知られており、両者の関係式（以下、積算温度式）がコンクリートの強度推定に用いられることがある¹⁾。また、各指針や論文からも様々な強度推定式が提案されている。その中で、覆工コンクリートの脱型強度の管理に強度推定式を利用する技術がある。しかし、若材齢における各種強度推定式と実強度の差を検証した文献は少なく、適合性及精度について検討の余地があると考えられた。本報告では、覆工コンクリート表面の積算温度式から算出した強度と覆工コンクリート付近で養生を行った供試体（以下、管理供試体）の強度を比較した結果について述べる。

2. 検討条件

(1) 温度測定

温度測定は、覆工コンクリート表面に温度センサを取り付けて行った。温度センサ取付位置は、覆工の天端部1か所、肩部2か所およびSL上部（側壁部）2か所の計5か所とした。

(2) 配合および管理供試体

試験練りで決定したコンクリートの配合を表-1に示す。セメントには、高炉セメントB種（密度3.04g/cm³）を使用した。管理供試体は、側壁部の温度センサ付近で封かん養生を行い、中心部温度の測定も実施した。

(3) 積算温度式

コンクリート標準示方書²⁾に記されている積算温度の算出式を式(1)に示し、試験練りにより算出した積算温度式を式(2)に示す。

(4) その他の強度推定式

積算温度式以外の強度推定式として、建築学会式³⁾（式(3)）、土木学会式⁴⁾（式(4)）および日本コンクリート工学会式⁵⁾（式(5)）（以下、JCI式）を使用し、推定強度の比較を行った。

$$M = \sum(\theta - A)\Delta t \quad \dots (1)$$

$$f_c = 3.303 \times 10^{-7} M^{2.425} \quad \dots (2)$$

M : 積算温度 (°D・D)

f_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

θ : Δt 時間中のコンクリート温度 (°C)

A : 定数 (-10°C)

Δt : 時間 (日)

$$f_c(t_e) = \exp \left\{ s \left[1 - \left(\frac{28}{(t_e - s_f)/t_0} \right)^{1/2} \right] \right\} f_{c28} \quad \dots (3)$$

t_e : 有効材齢 (日)

$f_c(t_e)$: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

f_{c28} : コンクリートの28日圧縮強度 (N/mm²)

s : セメント種類に関わる定数

s_f : 硬化原点のための補正項 (日)

T_0 : 定数 (1°C)

t_0 : 定数 (1日)

$$f_c(t_e) = \frac{t_e - s_f}{a + b(t_e - s_f)} f'_c(t_n) \quad \dots (4)$$

t_e : 有効材齢 (日)

$f_c(t_e)$: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)

t_n : 管理材齢 (日)

$f'_c(t_n)$: 管理材齢 t_n における圧縮強度 (N/mm²)

a, b : セメント種類および管理材齢に応じた係数

s_f : 硬化原点に対する有効材齢 (日)

表-1 配合表

W/C %	s/a %	単位量(kg/m ³)				
		W	C	S	G	Ad
58	50.4	173	299	959	936	2.09

キーワード コンクリート、若材齢、積算温度、有効材齢、強度推定式

連絡先 *1 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町4-12-19 TEL: 03-3661-1572 FAX: 03-3661-1576

*2 〒028-1121 岩手県上閉伊郡大槌町小槌第21地割字三枚堂42

TEL: 0193-27-8018 FAX: 0193-27-8019

*3 〒243-0123 神奈川県厚木市森の里青山14-10 TEL: 046-270-3091 FAX: 046-270-3093

$$f_c(t') = \frac{t'}{a+b(t'-S_f)} f'_c(i) \quad \dots (5)$$

- t' : 有効材齢 (日)
 $f_c(t')$: コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
 i : 基準材齢 (日)
 $f'_c(i)$: 基準材齢 i における圧縮強度 (N/mm²)
 a, b : セメント種類および基準材齢に応じた係数
 S_f : 硬化原点に対する有効材齢 (日)

3. 結果と考察

覆工コンクリートの温度測定結果を図-3 に示す. 天端付近ほどコンクリート温度が高い. これは, コンクリートが天端付近に溜まっている暖気の影響を受けているためだと考えられる.

積算温度式による覆工コンクリートの推定圧縮強度を図-4 に示す. コンクリート温度が高い天端付近ほど強度も高い. 安全側の強度評価になるように, 最も強度が低い側壁部の測定結果を用いて, 積算温度式と各指針の強度推定式の比較を行うこととする.

側壁部の強度推定式比較結果を図-5 に示す. 覆工コンクリートと管理供試体の積算温度式による強度推定結果には違いが見られなかった. これは, 覆工コンクリートと管理供試体の温度履歴が近いことを示しており, 両者の熱の移動や発熱の状況に大きな差は無いと考えられる. 材齢 19 時間における各指針の覆工コンクリートの推定圧縮強度は, 管理供試体の強度約 0.6N/mm² に対して, JCI 式は約 0.8N/mm², 建築学会式は約 1.6N/mm², 土木学会式は約 2.6N/mm² である. 全ての強度推定式の強度は, 管理供試体の強度よりも高く, 危険側の強度推定を行っていた. 配合, 施工条件, 養生条件などにより強度推定式と実強度の関係は変化するため, 実施工で強度推定式を適用していくためには何らかの補正をすることが必要だと考えられる.

通常, 積算温度式の結果と実強度は一致するはずであるが, 本検討ではかい離している. この理由は, 積算温度式作成時の練上がり温度は 19℃であるのに対して, 覆工コンクリートの練上がり温度は 13℃であるため, 積算温度と強度の関係に差が生じたと考えられる. そのため, 複数の積算温度式を作成し, 練上がり温度に合わせて使い分けを行う必要があると考えられる.

参考文献

- 1) 宇野洋志城, 京免継彦, 上村佑介, 藤原康史: 積算温度管理による脱型時期判定 (T-JUDG) システムの導入, 土木学会第 66 回年次学術講演会, VI-417, pp.833-834, 2011.9
- 2) 土木学会: 2012 制定コンクリート標準示方書 [施工編], 2013.3
- 3) 日本建築学会: マスコンクリートの温度ひび割れ制御設計・施工指針 (案)・同解説, 2008.3
- 4) 土木学会: 2012 制定コンクリート標準示方書 [設計編], 2013.3
- 5) 日本コンクリート工学会: マスコンクリートのひび割れ制御指針, 2016.11

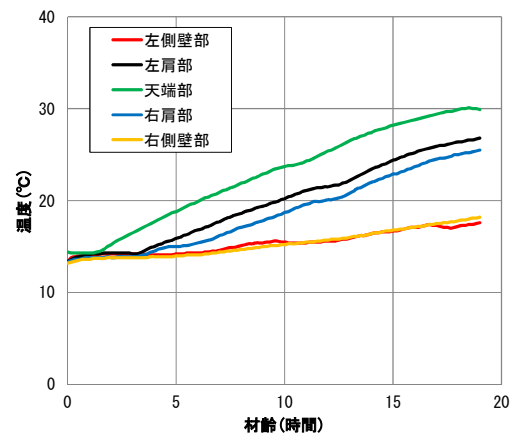


図-3 温度測定結果

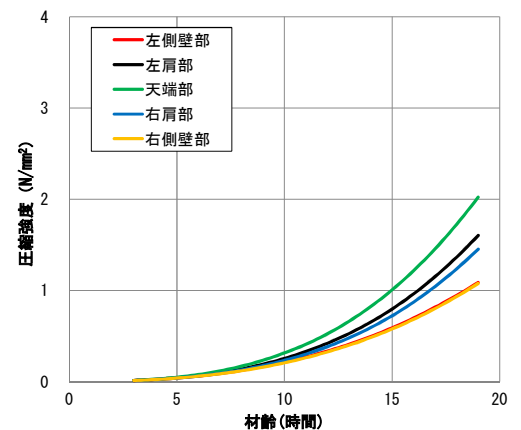


図-4 推定圧縮強度 (積算温度式)

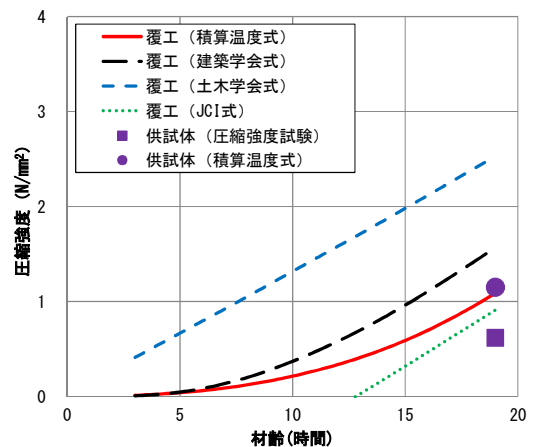


図-5 強度推定式比較結果