

# 型枠脱型の判定手法における積算温度 などを用いた強度推定法の適用に関する 研究について

(問合わせ)

材料研究グループ 土屋 直子

Tel 029-864-6621

E-mail [tsuchiya@kenken.go.jp](mailto:tsuchiya@kenken.go.jp)

# 型枠脱型の判定手法における積算温度などを用いた強度推定法の適用に関する研究について

- ✓ 鉄筋コンクリート建物のコンクリート工事では、コンクリートの変形・損傷などが生じないように十分に強度が発現してから型枠を取り外すことが必要。

※昭和46年建設省告示110号「型枠及び支柱の取り外しに関する基準を定める件」では、型枠存置日数あるいは圧縮強度試験により達成すべき強度が規定されている。

- ✓ コンクリートの強度発現は、コンクリートの水和反応時の温度と相関がある。
- ✓ 現場では、工期短縮・コストカットのためにコンクリート試験体を用いた圧縮試験により強度発現を確認

➡ 温度によりコンクリートの強度推定を行う手法が型枠脱型の判定に用いることができれば、合理的で効率的なコンクリート工事が可能となる。

✓ コンクリートの強度発現は、コンクリートの水和反応時の温度と相関がある。

水和と発熱温度の関係 (例えば、鈴木, 前川, 1990、岸、前川1994)

$$H_i = \gamma_i \cdot \beta_i \cdot \lambda_i \cdot \mu_i \cdot H_{i,T_0}(Q_i) \exp\left\{\frac{E_i}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)\right\}$$

ここで、 $H_i, T_0$  は基準温度  $T_0$ (K)における鉱物  $i$  の基準水和発熱速度(W/kg)、 $-E_i/R$  は温度活性(WK/kg)であり、積算発熱量  $Q_i$ (kJ/kg)の関数である。 $\gamma_i$  はフライアッシュや有機混和剤による遅延効果を表す係数、 $\beta_i$  は自由水の減少による発熱速度の低減を表す係数、 $\lambda_i$  はCa(OH)<sub>2</sub>に依存したスラグやフライアッシュの発熱速度の変化を表す係数、 $\mu_i$  は鉱物組成の相違によるエーライト(C3S)とビーライト(C2S)の発熱速度の変化を表す係数である。

$$H = \sum p_i H_i = p_{C3A}(H_{C3AET} + H_{C3A}) + p_{C4AFET}(H_{C4AFET} + H_{C4AF}) + p_{C3S}H_{C3S} + p_{C2S}H_{C2S} + p_{SG}H_{SG} + p_{FA}H_{FA}$$

$H_i$  は鉱物  $i$  の水和発熱速度(W/kg)、 $p_i$  は鉱物  $i$  の鉱物組成比

部位、セメント種類・調合、外気気温による。

$$t_T = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \exp\left[13.65 - \frac{4000}{273 + T(\Delta t_i)/T_0}\right] \quad (2.1-87)$$

where

$t_T$  is the temperature adjusted concrete age which replaces  $t$  in the corresponding equations

$\Delta t_i$  is the number of days where a temperature  $T$  prevails

$T(\Delta t_i)$  is the temperature (°C) during the time period  $\Delta t_i$

$T_0 = 1^\circ\text{C}$ .

$T < 80^\circ\text{C}$

$$f_{cm}(T) = f_{cm}(1.06 - 0.003T/T_0) \quad (2.1-89)$$

where

$f_{cm}(T)$  is the compressive strength at the temperature  $T$

$f_{cm}$  is the compressive strength at the temperature  $20^\circ\text{C}$  from eq. (2.1-1)

$T$  is the temperature in (°C)

$T_0 = 1^\circ\text{C}$ .

## 有効材齢と圧縮強度の関係式

(CEB-FIP model code 1990)

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) f_{cm} \quad (2.1-53)$$

with

$$\beta_{cc}(t) = \exp\left\{s \left[1 - \left(\frac{28}{t/t_1}\right)^{1/2}\right]\right\} \quad (2.1-54)$$

where

$f_{cm}(t)$  is the mean concrete compressive strength at an age of  $t$  days

$f_{cm}$  is the mean compressive strength after 28 days according to eq. (2.1-1)

$\beta_{cc}(t)$  is a coefficient which depends on the age of concrete  $t$

$t$  is the age of concrete (days) adjusted according to eq. (2.1-87)

$t_1 = 1$  day

$s$  is a coefficient which depends on the type of cement (for cement classification, refer to Appendix d, clause d.4.2.1):  $s = 0.20$  for rapid hardening high strength cements RS,  $0.25$  for normal and rapid hardening cements N and R, and  $0.38$  for slowly hardening cements SL.

## 有効材齢と圧縮強度の関係式 (建築学会マスコン指針)

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

$f_c(t_e)$  : コンクリートの圧縮強度

$f_{c28}$  : コンクリートの28日圧縮強度

$s$  : セメントの種類に関わる定数

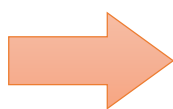
$s_f$  : 硬化原点のための補正項

実験係数

# 型枠脱型の判定手法における積算温度などを用いた強度推定法の適用に関する研究について

◆ 温度履歴による有効材齢を用いた強度推定の評価方法の型わく取りはずしの判定への適用性について検討した。

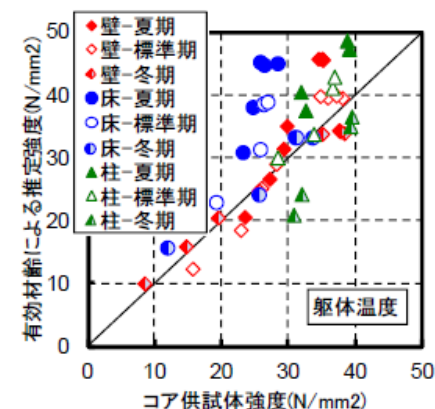
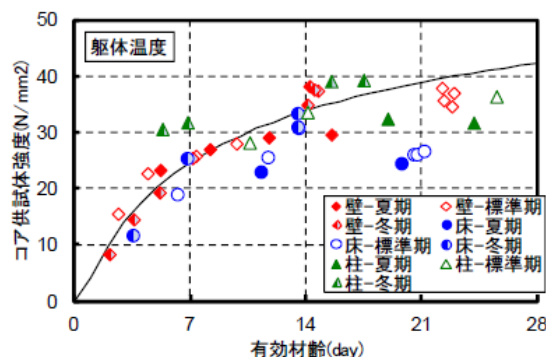
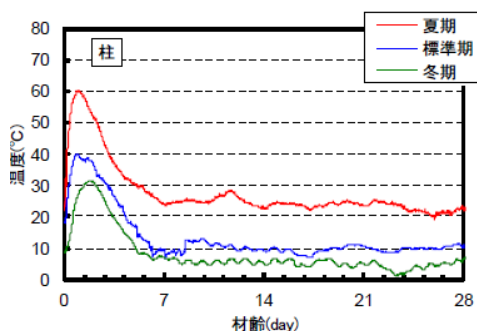
温度履歴結果



有効材齢と圧縮試験強度の関係から実験係数を取得



有効材齢による推定強度と従来のコア強度試験の結果と比較

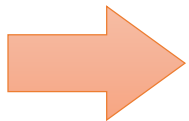


13種類の材料調合による模擬部材を季節ごとに作成し、温度測定およびコア強度の試験を通じて検討した。

# 型枠脱型の判定手法における積算温度などを用いた強度推定法の適用に関する研究について

## ◆有効材齢と圧縮強度の関係

- 部材の種類にかかわらず有効材齢を用いた既往の強度推定式の傾向によく合致する。
  - 実験により得られた係数を用い検討した結果  
→柱・壁の推定強度はコア供試体の圧縮強度とほぼ同等、あるいは小さくなる(一部を除く)傾向が見られるため、考え方の方針は間違いではない。
  - 特に初期材齢においてはいずれの試験水準においても安全側での評価となっている。
- ※更なる実験検討や温度の測定方法、積算方法の確立が必要



初期材齢については、温度によりコンクリートの強度推定を行う手法が型枠脱型の判定に用いることが可能であると考えられる。