

# (V-45) 若材齢における高強度コンクリートの断熱温度上昇に関する研究

オリエンタル建設(株) 正会員 小林俊秋・呉承寧・大熊 晃

## 1. はじめに

コンクリートの強度、ヤング係数および自己収縮の発現は、通常、材齢の関数として与えられるが、養生の温度にも大きな影響を受け、マチュリティによって支配される[1]。特に、高強度コンクリートの場合、単位セメント量が比較的多いため、若材齢において、強度発現などの特性に及ぼすコンクリートの硬化熱の影響を無視することはできない。従って、若材齢における高強度コンクリートの断熱温度上昇特性の解明は非常に重要となる。しかし、これについての研究は数少ないのが現状である。本研究は、24 時間以内の若材齢における高強度コンクリートの断熱温度上昇特性を調べ、土木学会の断熱温度上昇量の算定式と比較し、より正確な算定式を提案する。

## 2. 試験の概要

### 2.1 コンクリートの使用材料および配合

本試験には、表-1 に示す材料および表-2 に示す配合を使用した。

表-1 使用材料の種類および物性

| 材料名  | 種類                           | 物性                 |
|------|------------------------------|--------------------|
| セメント | 普通ポルトランドセメント<br>早強ポルトランドセメント | 比重=3.14<br>比重=3.13 |
| 粗骨材  | 2005#砕石(砂岩)                  | F.M=6.78、比重=2.63   |
| 細骨材  | 砕砂(砂岩)                       | F.M=2.80、比重=2.61   |
| 混和剤  | ポリカルボン酸系<br>高性能AE減水剤         | 液体、比重=1.05         |
| 練混ぜ水 | 水道水                          | 比重=1.0             |

### 2.2 断熱温度上昇試験方法

打設時のコンクリートの温度をそれぞれ 10℃、20℃および 30℃に調整したコンクリート(0.01m<sup>3</sup>)について、図-1 に示す装置を用いて断熱温度上昇試験を行う。

表-2 コンクリートの配合

| 配合<br>番号 | セメント<br>種類 | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |           |          |          |           |
|----------|------------|--------------------------|-----------|----------|----------|-----------|
|          |            | 水<br>W                   | セメント<br>C | 細骨材<br>S | 粗骨材<br>G | 混和剤<br>SP |
| N400     | 普通         | 150                      | 400       | 833      | 982      | 4.00      |
| N500     |            | 150                      | 500       | 759      | 972      | 5.00      |
| N600     |            | 150                      | 600       | 689      | 958      | 6.00      |
| H400     | 早強         | 150                      | 400       | 833      | 982      | 4.00      |
| H500     |            | 150                      | 500       | 759      | 972      | 5.00      |
| H600     |            | 150                      | 600       | 689      | 958      | 6.00      |

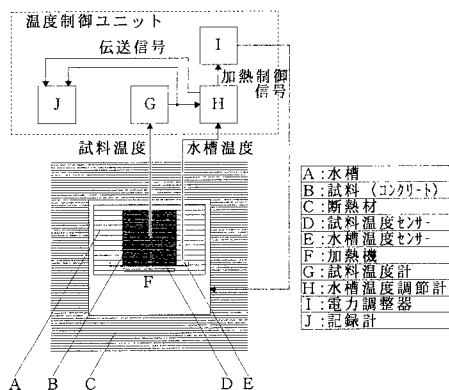


図-1 断熱温度上昇試験用装置の概要

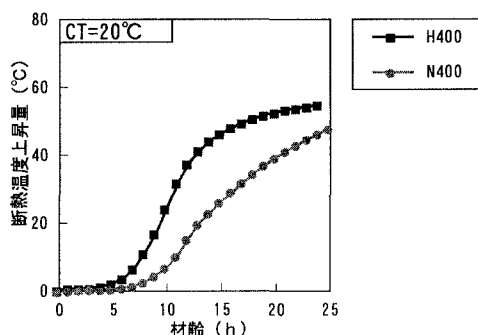


図-2 断熱温度上昇とセメント種類との関係

## 3. 試験の結果および考察

### 1 若材齢におけるコンクリートの断熱温度上昇

#### (1) 断熱温度上昇特性とセメントの種類

セメントは、種類によって水和速度が異なり、若材齢におけるコンクリートの断熱温度上昇に大きな影響を与えと考えられる。図-2 に示すように、早強セメントを用いるコンクリートは、普通セメントを用いるコンクリートに比べ、断熱温度上昇が早く、材齢 15 時間の温度上昇量が約 20℃高い。

キーワード：断熱温度上昇量、高強度コンクリート、若材齢

連絡先：〒 321-4367 栃木県真岡市鬼怒ヶ丘 5 TEL.0285-83-7921 FAX.0285-83-0021

(2) 断熱温度上昇特性と単位セメント量

断熱温度上昇は、セメントの水和発熱に起因するため、単位セメント量が断熱温度上昇特性を支配する。例えば、普通セメントを用いるコンクリートは、図-3に示すように、単位セメント量が多いほど、温度上昇が早く、温度上昇量が高い。

(3) 断熱温度上昇と打設時コンクリートの温度

打設時のコンクリートの温度 (C.T) は、セメントの水和速度に影響することから、若材齢においてコンクリートの断熱温度上昇に大きな影響を与えると考えられる。例として、普通セメントを用いるコンクリートは、図-4に示すように、打設時の C.T が高いほど、温度上昇が早く、温度上昇量が大きい。

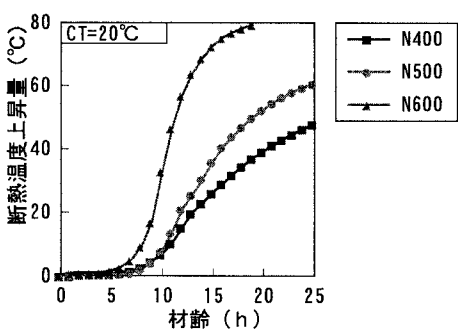


図-3 断熱温度上昇と単位セメント量との関係

3.2 若材齢におけるコンクリートの断熱温度上昇の算定式

コンクリートの圧縮強度、ヤング係数、自己収縮および温度応力等の特性を解析するために、コンクリートの断熱温度上昇の算定式は必要となる。コンクリートの断熱温度上昇に関して、土木学会の算定式がある [2]。しかし、この式に基づいて計算した若材齢におけるコンクリートの断熱温度上昇量は、図-5に示すように、実測値と異なり、特に、セメントの水和が遅れる場合、この計算値と実測値との差が極めて大きくなる。本研究は、若材齢におけるコンクリートの断熱温度上昇試験の実測値を回歸し、式 (2) を提案した。表-3に示す定数を用いる場合、この式による計算値は実測値とほぼ一致しており、相関係数  $r^2$  は 0.98 以上となる。

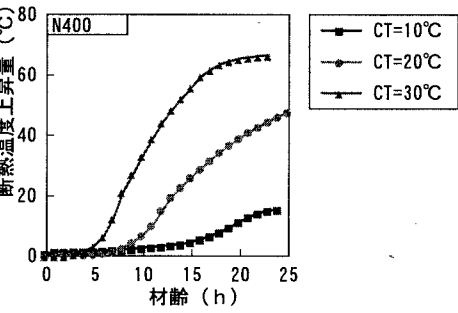


図-4 断熱温度上昇と打設時のコンクリートの温度との関係

$$Q(t) = Q_{\infty} \{1 - a/[a + (t/24)^b]\} \quad (2)$$

ここに、 $Q(t)$  は材齢  $t$  時間における断熱温度上昇量 (°C)、 $Q_{\infty}$  は終局断熱温度上昇量 (°C)、 $a$  と  $b$  は温度上昇速度に関する定数、 $t$  は材齢 (時間) である。

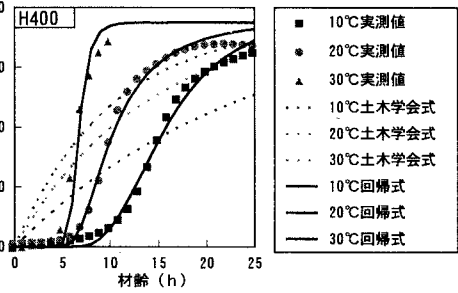


図-5 断熱温度上昇量に関する実測値と計算値

4. まとめ

本試験の範囲内において、以下の結論が得られた。

- (1) 若材齢における高強度コンクリートの断熱温度上昇特性は、用いるセメントの種類、単位セメント量および打設時のコンクリートの温度に大きな影響を受ける。
- (2) 若材齢における高強度コンクリートの断熱温度上昇量が式  $Q(t) = Q_{\infty} \{1 - a/[a + (t/24)^b]\}$  によって計算できる。

表-3 式 (2) における  $Q_{\infty}$ 、 $a$  および  $b$  の値

| セメント種類 | C.T. °C | 400 kg/m <sup>3</sup> |        |     | 500 kg/m <sup>3</sup> |        |     | 600 kg/m <sup>3</sup> |         |     |
|--------|---------|-----------------------|--------|-----|-----------------------|--------|-----|-----------------------|---------|-----|
|        |         | $Q_{\infty}$          | $a$    | $b$ | $Q_{\infty}$          | $a$    | $b$ | $Q_{\infty}$          | $a$     | $b$ |
| 普通     | 10      | 59                    | 2.7410 | 3   | 71                    | 1.4935 | 4   | 83                    | 0.2378  | 6   |
|        | 20      | 57                    | 0.1954 | 4   | 68                    | 0.0902 | 5   | 79                    | 0.0071  | 6   |
|        | 30      | 56                    | 0.0067 | 5   | 67                    | 0.0141 | 4   | 78                    | 0.0006  | 6   |
| 早強     | 10      | 67                    | 0.4495 | 5   | 80                    | 0.2006 | 4   | 93                    | 0.1098  | 4   |
|        | 20      | 64                    | 0.1137 | 3   | 77                    | 0.0437 | 4   | 90                    | 0.0593  | 3   |
|        | 30      | 62                    | 0.0028 | 5   | 75                    | 0.0016 | 5   | 88                    | 0.00004 | 6   |

注： $Q_{\infty}$  は土木学会式のデータである。

参考文献

[1] 日本コンクリート工学協会、自己収縮研究委員会報告書、pp.93-122、1996  
[2] 土木学会、コンクリート標準示方書、施工編、pp.185-186、1996