

## V-40 高炉セメントコンクリートの強度発現性に及ぼす養生条件の影響

東北大学 学生会員 ○千葉 裕人

日本大学 正会員 岩城 一郎

東北大学 正会員 久田 真

## 1. 緒言

近年、その様々な利点から、高炉セメントを使用したコンクリートの利用が注目されている<sup>1)</sup>。しかし、高炉セメントの強度発現性は、OPC に比べ養生条件による影響を大きく受け、特に低温環境下における強度発現性の遅延が顕著である<sup>2)</sup>。これらのことから、高炉セメントを使用したコンクリートの強度発現に対しては合理的な予測式が確立されておらず、その低温環境下での使用は消極的である。そこで本研究では、高炉セメントを使用したコンクリートを対象に、異なる養生条件下での強度発現性を観察し、各供試体に対して積算温度を算出することで、異なる養生温度下での強度発現を画一的に評価することを試みた。

## 2. 実験概要

対象配合は、高炉セメント B 種を使用した、水セメント比 30% の高強度コンクリート、及び 40%、50%、60% の普通強度コンクリートとし、各々 BB30、BB40、BB50、BB60 と表記し、その配合を表-1 に示す。

供試体は 100mm×200mm の円柱供試体とした。各供試体は、恒温試験においては打込み後即座に封かん状態で、屋外試験に

おいては、打込み後封かん状態で 24 時間 20℃ 恒温下に置いた後、各々表-2 に示される各養生条件下に静置し、2、7、28、56、91 日の各材齢で圧縮強度を測定した。

## 3. 実験結果および考察

## (1) 各供試体の強度発現結果

図-1 に BB30 及び BB60 の強度発現結果を示す。各供試体の強度発現性に対する養生条件の影響について比較すると、水セメント比によらず、養生温度が高いほど、強度発現性は大きくなっている。また、この強度発現性の温度依存性は、BB30 よりも BB60 の方がすなわち水セメント比が大きいほど大きくなった。高炉セメントによるコンクリートの強度依存性は、OPC によるコンクリートに比べ、養生温度による影響を受けやすく、またその影響は水セメント比が大きいほど大きくなることが知られている。本研究においてもこれと同様の結果が得られた。

## (2) 積算温度による強度発現性の評価

本研究において得られた強度発現結果に対して、積算温度により評価する。各供試体に対する積算温度は、式-1 により計算する。

$$M = \sum (\theta_z + 10) \Delta z \quad (\text{式-1})$$

ここに、M：積算温度（℃・時）、z：材齢（時）、 $\theta_z$ ：材齢 z に

表-1 コンクリート及びモルタルの配合表

| 記号   | W/C | 細骨材率 (%) | 単位量 (kg/m³) |              |       |       |       |       |
|------|-----|----------|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
|      |     |          | 水 W         | 高炉セメント B 種 C | 細骨材 S | 粗骨材 G | 混和剤 A |       |
|      |     |          |             |              |       |       | SP 剤  | AE 剤  |
| BB30 | 30  | 48       | 170         | 567          | 747   | 887   | 8.79  |       |
| BB40 | 40  | 42       | 170         | 425          | 705   | 1067  |       | 0.17  |
| BB50 | 50  | 42       | 170         | 340          | 735   | 1113  |       | 0.102 |
| BB60 | 60  | 42       | 170         | 283          | 756   | 1144  |       | 0.085 |

表-2 各供試体の養生条件

| 配合        | 恒温試験    | 屋外試験（月間平均外気温）       |
|-----------|---------|---------------------|
| BB30、BB60 | 5℃、10℃、 | 夏期（23.8℃）、冬期（11.8℃） |
| BB40、BB50 | 20℃、30℃ | —                   |

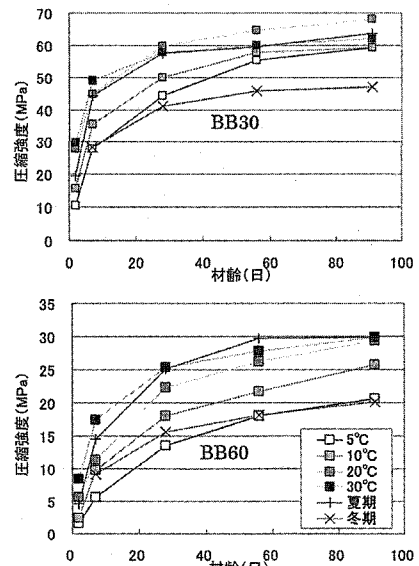


図-1 各供試体の強度発現結果

におけるコンクリート温度 (°C) である。図-2 に各コンクリート供試体の積算温度-強度発現結果関係を示す。さらに、異なる養生温度による強度発現性について画一的に評価するため、配合ごとに式-2 による分数関数の近似曲線を与えた。

$$F'_c = aM / (M + b) \quad (\text{式-2})$$

ここに、 $F'_c$ : コンクリート圧縮強度  $a, b$ : 各配合に対して近似曲線の誤差を最小化するように決定される係数である。また、各配合に対する式-1 における各係数を表-2 に示す。

図-2 において、各供試体の積算温度-強度発現性関係に対する養生温度の影響について比較すると、同等の積算温度に対する強度発現性は、養生温度が高いほど大きく、これにより、高温養生による強度発現は近似曲線の上側に、低温養生による強度発現は近似曲線の下側に現れる傾向がみられる。これは、高炉セメントによるコンクリートの強度発現性の温度に対する依存性が大きいことによると考えられる。またこの傾向は水セメント比が大きいほど顕著となっている。これは、高炉セメントによるコンクリートの強度発現性の温度依存性の大きさは、水セメント比が大きいほど大きくなることによると考えられる。

表-2 において、各配合に対する近似曲線の各係数を比較すると、水セメント比が大きいほど、係数  $a$  は小さく、係数  $b$  は大きくなっている。各配合に対するこれらの係数と水セメント比の関係を図-3 に示す。係数  $a$  及び  $b$  はともに水セメント比の一次関数として近似できる。これは、式-2 において、係数  $a$  はコンクリート強度の終極値を表し、係数  $b$  はコンクリート強度の発現速度を表す係数であるため、強度の小さい高水セメント比の配合に対して係数  $a$  は小さく、強度発現速度の小さい高水セメント比の配合に対して係数  $b$  は大きくなったと考えられる。

#### 4. 結論

高炉セメントコンクリートの強度発現性は、養生条件の影響を大きく受け、養生温度が高いほど強度発現性は大きくなる。水セメント比の異なる各配合の強度発現性に対して、積算温度の分数関数による近似曲線を与えた場合、異なる養生温度下での強度発現性に対して画一的に評価することは困難で、近似曲線による評価では、高温養生下について過小評価を、低温養生について過大評価をしてしまうことが示された。また、各配合に対する近似曲線中の各係数は、配合の水セメント比に関係していることが示唆され、この関係について整理することで、より総合的な強度発現予測が提案できる可能性が示唆された。

#### 【参考文献】

- 1) 石井晴彦: 低温環境下における高炉セメントコンクリートの温度履歴に関する検討, 東北大学学位論文, 2005
- 2) 佐藤幸恵, 梶田佳寛, 檀康弘, 伊代田岳史: 高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの初期養生条件が強度発現に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.27, No1, pp157-162, 2005

#### 【謝辞】

本研究の一部は、社団法人東北建設協会の助成金を受けて行われた。ここに記して謝意を表す。

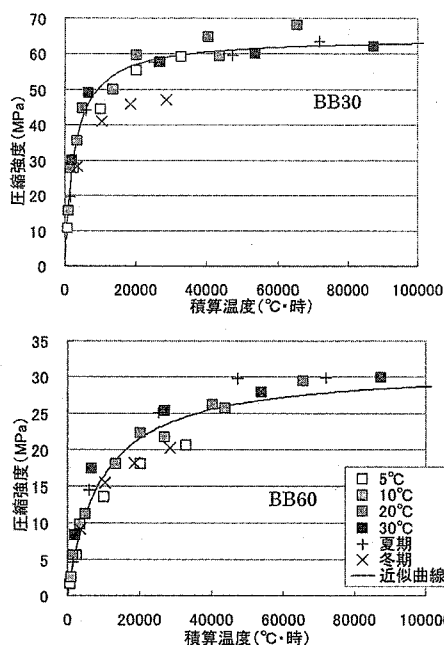


図-2 各供試体の積算温度-強度発現性関係

表-3 各供試体の養生条件

| 配合     | BB30 | BB40 | BB50 | BB60 |
|--------|------|------|------|------|
| 係数 $a$ | 64.6 | 43.7 | 37.2 | 31.3 |

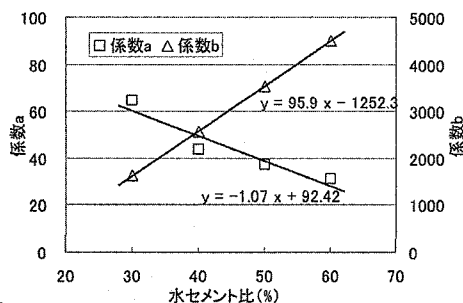


図-3 各配合の水セメント比-係数  $a, b$  関係