

## 高炉セメントコンクリートの強度発現性に対する養生条件による影響

東北大学 学生会員 ○千葉 裕人  
 日本大学 正会員 岩城 一郎

## 1. はじめに

近年、セメント生産における二酸化炭素排出量の削減、コンクリートの水和熱の低減などのメリットから、高炉スラグを混合した高炉セメントの利用価値が認められている。しかし、その水和速度は遅く、周囲の環境条件あるいは養生条件の影響を大きく受ける<sup>1)</sup>ため、水和反応予測式の確立は十分でない。高炉セメントコンクリートを用いたコンクリート（以下、高炉セメントコンクリートと記す）の強度発現性状は、十分な湿潤養生を行うことにより長期においては普通ポルトランドセメント（OPC）を用いたコンクリートと遜色なく、また浸透性の低い緻密な水和組織を形成することから、コンクリートの高耐久化に寄与することが知られている。一方、この種のコンクリートは、低温下での水和反応性（水和熱）が低く、低温養生に不利なため<sup>1)</sup>、東北地方のような寒冷地においてはその利用は積極的に為されていない。このため、寒冷地において高炉セメントコンクリートの冬期養生技術を確立するためには、その強度発現性状について、養生条件による影響も含め、解明する必要がある。そこで本研究では、水セメント比の異なる高炉セメントコンクリート供試体に対し、屋内（恒温器内）及び屋外において各種養生を行い、異なる養生温度及び乾燥条件下での強度発現性状を測定した。これにより、その強度発現性に対する、養生条件による影響を評価し、これを従来提案されている積算温度により評価することで、高炉セメントコンクリートの強度発現性状に対する養生条件による影響について検討を行った。

## 2. 実験概要

使用したセメントは高炉セメント B 種である。配合は、水セメント比 60% の普通コンクリート（W/C60）と水セメント比 30% の高流動コンクリート（W/C30）の 2 種類である。コンクリート供試体は  $\phi 10 \times 20\text{cm}$  の円柱供試体で、打込み後 48 時間  $20^\circ\text{C}$  の恒温器で封かん養生を受け、その後脱型され、各養生条件による養生を受ける。屋内においては、各供試体は脱型後各測定材齢まで、 $5^\circ\text{C}$  及び  $20^\circ\text{C}$  の恒温器内で、粘着テープを用いた封かん材料による封かん養生を受ける。屋外においては、夏期および冬期に各供試体は脱型後各測定材齢まで変動気温下で、封かん材料による封かん養生及び気中養生を受ける。各供試体について、これらの養生後、2 日、7 日、28 日、56 日、91 日の各測定材齢において圧縮強度を測定した。

また、屋外においては各測定材齢までの外気温を測定し、これにより従来の式に従い、各養生条件に対する各測定材齢までの積算温度を算出した。

## 3. 実験結果および考察

実験結果を図-1 から 図-4 に示す。

BB60 及び BB30 の各配合に対する各養生条件による強度発現の結果を図-1 及び図-2 に示す。また、封かん条件の強度発現について、各材齢における積算温度  $M$  により、以下のように分数関数の近似式により評価した。

$$f'_c = \frac{a \times M}{M + b}$$

ここに、 $a$  及び  $b$  は定数であり、各配合の封かん条

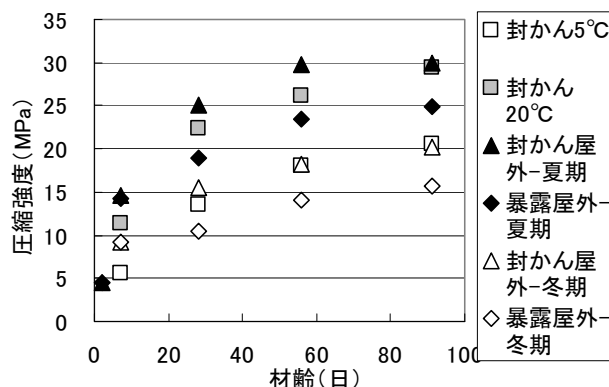


図-1 W/C60 の強度発現性

キーワード 高炉セメント，養生条件，強度発現性状，積算温度

連絡先 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 06 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻 TEL022-217-7432

件の各供試体強度に対し最小二乗法により決定した。この結果を図-3 及び図-4 に示す。またここでは、近似式からの誤差について図-3 においては20%の誤差範囲を、図-4 においては10%の誤差範囲を示した。

図-1 及び図-2 において、各養生条件による強度発現性状への影響について比較すると、養生温度条件について、平均気温の高い夏期及び20℃に比べ、平均気温の低い冬期及び5℃における強度発現が伸び悩む傾向が確認され、これは特に高水セメント比のBB60の配合において顕著となった。その理由は、高炉スラグの持つ水和反応性の高い温度依存性により、低温環境下において水和反応が停滞したことによると考えられる。また乾燥条件について比較すると、暴露条件のものが封かん条件のものに比べ強度発現が小さくなり、この傾向は材齢長期、及び高水セメント比のBB60の配合において顕著となった。これは、乾燥の影響による水和進行の阻害が、材齢長期において、及び自由水量の多い高水セメント比の配合において卓越したことによると考えられる。

さらに、図-3 及び図-4 において、積算温度と圧縮強度の関係に及ぼす養生条件による影響について比較する。養生温度条件について比較すると、近似式は夏期及び20℃に対して過小評価となり、冬期及び5℃に対して過大評価となり、この傾向はBB60の配合において顕著となった。これは先の考察と同様、高炉スラグの持つ水和反応性の高い温度依存性によると考えられる。特に、低温下における養生に加えさらに乾燥の影響を受けた、冬期における暴露養生による強度発現性は、予測式に対し大幅に小さくなった。さらに配合条件について、予測式中の係数について比較すると、終局的な強度発現性を示す係数aはBB30の配合の方が大きい値となり、強度発現速度の温度依存性を示す係数bはBB60の配合の方が大きい値となった。

#### 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、従来から提案されている積算温度式ではその強度発現性を画一的に評価できないことが明らかになった。今後は、封かん条件を対象に、高炉セメントコンクリートの強度発現性に及ぼす温度依存性を考慮した新たな積算温度式の構築を試みる予定である。

#### 【参考文献】

- 1) Jay G.Sanjayan; Bill Sioulas : Strength of Slug-Cement Concrete Cured in Place and in Other Conditions , ACI Material Journal V.97, No. 5, September-October. 2000, pp603-611.

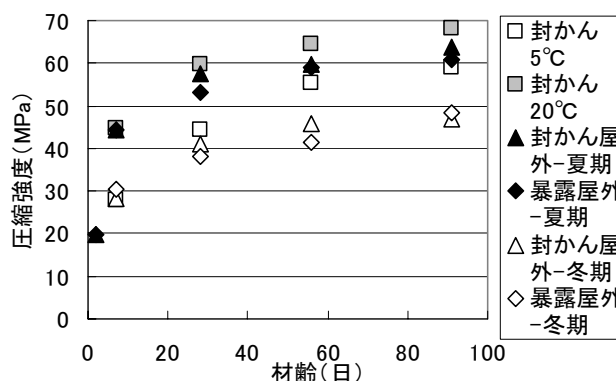


図-2 W/C30の強度発現性

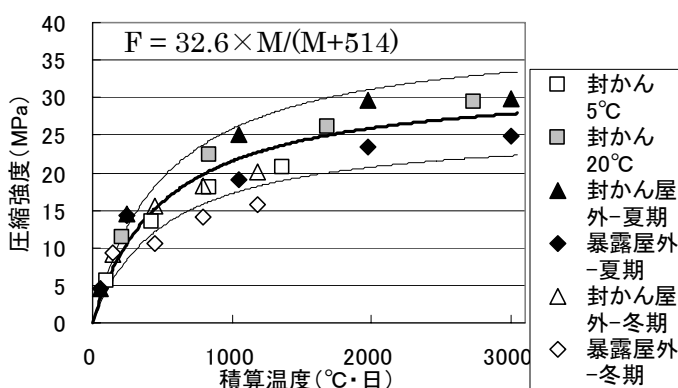


図-3 W/C60の積算温度による強度発現性状の評価

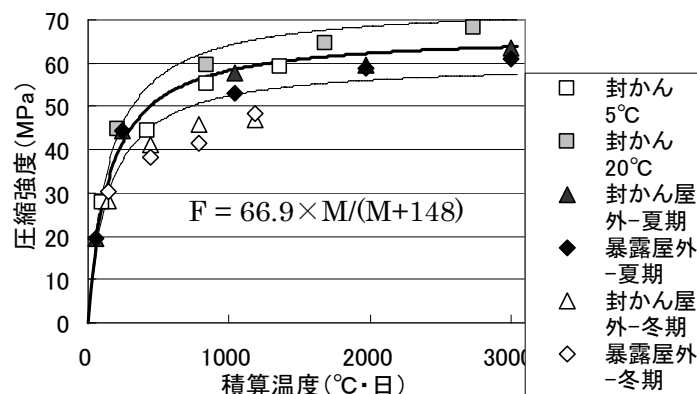


図-4 W/C30の積算温度による強度発現性状の評価