

湿潤期間の異なるコンクリートのニオイセンサによる養生効果と乾燥収縮ひずみの評価

秋田大学 学生会員 ○布施 陽介 秋田大学 正会員 城門 義嗣
秋田大学 フェロー 加賀谷 誠 秋田大学 正会員 齋藤 憲寿

1. まえがき

コンクリート構造物の養生期間に限られるため湿潤養生の効果は長くても硬化初期の 14 日間程度に発揮される。また、この期間の養生作業の良否が構造物の長期的な品質を左右する。本研究は、普通コンクリート(N)と高炉スラグ微粉末(比表面積 $6000\text{cm}^2/\text{g}$)をセメントと 50%置換使用したコンクリート(B)について、湿潤養生期間 1 および 7 日後に恒温恒湿室(20°C , 60%)に設置して、圧縮強度、ニオイ強度および乾燥収縮ひずみを測定した。そして、養生効果の低下に伴う乾燥収縮ひずみの増加を、初期材齢におけるコンクリートのニオイ強度差により評価可能か否か検討したものである。

2. 実験概要

普通セメント(密度 $3.16\text{g}/\text{cm}^3$)、高炉スラグ微粉末(密度 $2.91\text{g}/\text{cm}^3$, 比表面積 $6150\text{cm}^2/\text{g}$)、混合砂(表乾密度 $2.57\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 3.24%, 粗粒率 2.74), 砕石(最大寸法 20mm, 表乾密度 $2.68\text{g}/\text{cm}^3$, 吸水率 1.34%), 天然樹脂酸塩を主成分とする AE 剤を使用した。用いた配合は、水結合材比(W/B)を 50%および 60%, 普通ポルトランドセメントを高炉スラグ微粉末で 50%置換したものを用い、単位水量は $175\text{kg}/\text{m}^3$ とした。容量 50 リットルのパン型強制練りミキサを用いて練混ぜを行った後、スランプおよび空気量を測定した。長さ変化試験用として断面寸法 $100\times 100\text{mm}$, 長さ 400mm の角柱供試体、圧縮強度試験用として直径 100mm, 高さ 200mm, ニオイ強度測定用として直径 100mm, 高さ 150mm の円柱供試体を製造した。材齢 1 日まで実験室内(室内環境: $20\pm 4^\circ\text{C}$, $60\pm 20\%$)に静置した後、脱型した。標準養生($20\pm 3^\circ\text{C}$ 水中)を基準とし、脱型直後および 7 日間湿潤養生(標準養生)後、室温 20°C , 相対湿度 60%の恒温恒湿室内に静置して測定を行った。

コンクリートの乾燥収縮ひずみを JIS A 1129 のコンタクトゲージ方法に準じて測定した。供試体中心部の深さ 70mm の位置における供試体内部のニオイ強度の測定には二種類のニオイセンサを備えたニオイ測定器を使用した。このため、ドリルで直径 6mm, 深さ 70mm の穿孔を行い、ニオイ分子吸引ノズルを挿入してコンクリート内部のニオイ強度を測定した。

3. 実験結果および考察

図-1 に圧縮強度の経時変化を示す。図中の記号 N および B の後の 50 および 60 は水結合材比, 記号 W は湿潤養生(標準養生), その後の数字は恒温恒湿室設置前の湿潤養生期間(日)を示し, 数字が無いものは標準養生を示している。図より材齢の進行によって両コンクリートとも圧縮強度は増加するが, 湿潤養生期間が 7 日の場合, 材齢 14 日で標準養生よりも N は $2\sim 14\text{N}/\text{mm}^2$, B は $2\sim 8\text{N}/\text{mm}^2$ 大きくなった。これに対して湿潤養生期間が 1 日(型枠内養生のみ)の場合, 材齢 14 日で標準養生よりも低く, B は湿潤養生を十分に行う必要があると考えられる。標準養生より強度が増加したのは供試体の乾燥による一時的なものであり, 水分蒸発によりセメントの水和反応の進行が停滞するため, 長期強度は標準養生よりも低下することが既往の研究で明らかにされている。このため初期材齢における供試体が乾燥を受けた場合, 圧縮強度で養生効果を評価すると, 長期強度の低下や乾燥収縮ひずみの増大などを判断できない場合がある。構造物の養生は初期に限られていることから, 初期にニオイセンサを用いたコンクリート内部

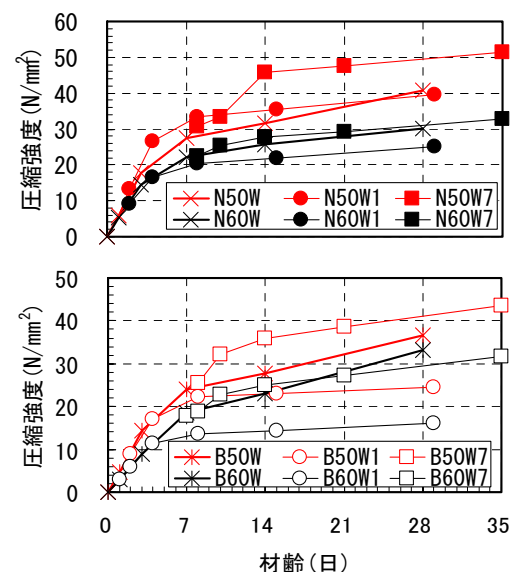


図-1 圧縮強度の経時変化

のニオイ強度の測定を行い、養生効果の評価を乾燥収縮ひずみや圧縮強度との関係から検討した。

図-2 にニオイ強度の経時変化を示す。図中の記号は前図と同じである。図よりニオイ強度は標準養生の場合、両コンクリートとも材齢の進行に伴って増加傾向を示し、高炉スラグの有するニオイ特性のため材齢 28 日で B が N より同じ W/B で約 1.4 倍大きくなった。また湿潤養生後に恒温恒湿室内に設置した場合、両コンクリートとも材齢の進行に伴って減少した後一定値に漸近し、湿潤養生期間が 7 日の場合、ニオイ強度は大きくなる傾向を示した。材齢 28 日で、標準養生の場合のニオイ強度に対して各湿潤養生期間のニオイ強度は、N の場合 32~45%、B の場合 16~67%まで低下した。B は湿潤養生期間が 1 日の場合ニオイ強度の低下が大きく、これが早期の乾燥開始に伴う初期強度の発現低下に対応した。

図-3 に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。図より乾燥収縮ひずみは N と B で大きな差は認められず、材齢の進行と共に増加し、材齢 28 日で湿潤養生期間が 1 日の場合約 $4.4 \sim 5.4 (\times 10^{-4})$ 、7 日の場合約 $3.1 \sim 3.5 (\times 10^{-4})$ となった。

図-4 に N および B のニオイ強度差と乾燥収縮ひずみの関係を示す。ニオイ強度差は同じ材齢における標準養生と恒温恒湿室に設置したニオイ強度との差である。図よりニオイ強度差と乾燥収縮ひずみの間には密接な関係が認められる。ニオイ強度差の増加は乾燥収縮ひずみの増加に伴うひび割れ発生の危険性を示唆していることがわかった。

図-5 に材齢 14 日のニオイ強度差と材齢 28 日の標準養生に対する圧縮強度比(材齢 28 日の標準養生に対する湿潤養生期間を変化させた場合の強度比)の関係を示す。図より、コンクリート種別や W/B に大きく依存せず材齢 28 日の圧縮強度比は材齢 14 日のニオイ強度差の増加に伴って減少することが示されている。また、両コンクリートとも湿潤養生期間が 7 日の場合、ニオイ強度差は小さく強度比が増加している。水和反応の進行の遅速により強度は標準養生を行った場合よりも増減することから、ニオイ強度差の増加は養生効果の低下を示していると判断される。乾燥環境下で強度や耐久性を確保するためには湿潤養生期間を確保することが必要であり、特に高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートは、養生効果の低下による強度低下が顕著であることから、初期材齢での湿潤養生が極めて重要であることがわかる。

4. まとめ

- (1) 初期材齢に乾燥の影響を受けた場合、一時的な圧縮強度の増加のため養生効果を判断できない場合がある。恒温恒湿室設置前の湿潤養生期間が 1 日の場合高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートはニオイ強度の低下が大きく、乾燥に伴う水和反応の停滞による養生効果の低下を示した。
- (2) ニオイ強度差と乾燥収縮ひずみの間には密接な関係が認められ、ニオイ強度差の増加は乾燥収縮ひずみの増加によるひび割れ発生の危険性を示唆した。
- (3) 初期材齢におけるニオイ強度差の増加はその後の圧縮強度比の低下を示し、初期材齢のニオイ強度差で養生効果の評価可能と判断された。また、高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートは、普通コンクリートと比較して初期材齢での湿潤養生が極めて重要であることが示された。

謝辞：
本研究に際し、新日鐵高炉セメント株式会社より協力を得た。ここに記して謝意を表します。

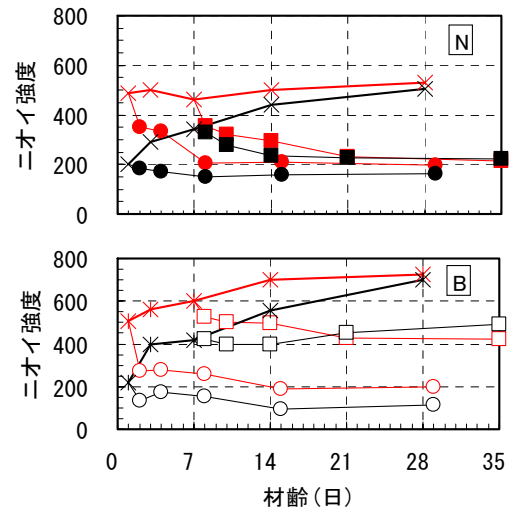


図-2 ニオイ強度の経時変化

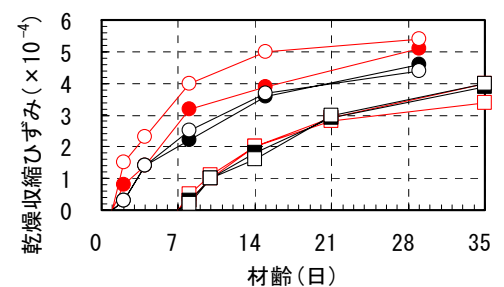


図-3 乾燥収縮ひずみの経時変化

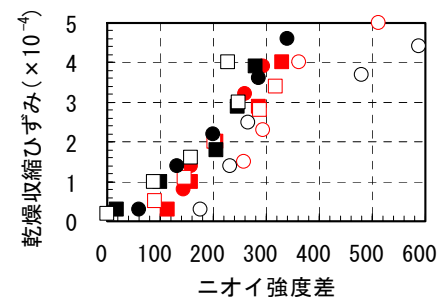


図-4 ニオイ強度差と乾燥収縮ひずみの関係

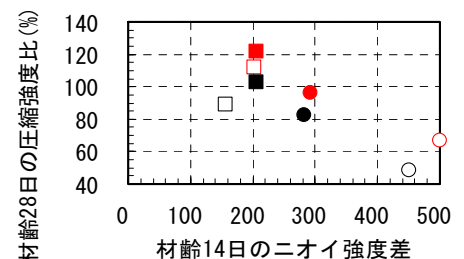


図-5 材齢 14 日のニオイ強度差と材齢 28 日の圧縮強度比の関係