

各種セメント-膨張材系の乾燥収縮特性

前橋工科大学 学生会員 ○中野 日加里
前橋工科大学 正会員 佐川 孝広

1. はじめに

近年、膨張材によるコンクリートのひび割れ特性の改善が、土木・建築分野を問わず注目されている。膨張材は数多くの銘柄が上市されており、(各種の混和材料)×(各種膨張材)の組み合わせは多岐にわたる。しかし、これら膨張材を用いた混合セメントの膨張・収縮特性を体系的に評価した研究は少ない¹⁾。

以上のことから、本研究では膨張材を用いた混合セメントの膨張・収縮特性と空隙構造を体系的に測定し、膨張・収縮特性を膨張材の水和反応や空隙構造の観点から評価することで、混合セメントに膨張材を適用する際の設計や施工において必要となる基礎的な知見を得ることを目的とする。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では、研究用普通ポルトランドセメント(N)高炉スラグ微粉末 4000(BFS)(SO₃ 2%)を用いた。高炉セメントの BFS 置換率は質量比で BA(25%), BB(45%), BC(65%)とした。膨張材はアウイン系(CSA)、低添加型アウイン-石灰複合系(CSA2)、石灰系(EX)、低添加型石灰系(EX2)を用い、CSA, EX は質量比 10%, CSA2, EX2 は 6%を結合材に対し外割添加した。

2.2 モルタル長さ変化試験

JIS A 1129 のモルタル及びコンクリートの長さ変化試験法でのダイヤルゲージ法に準じ、モルタルの長さ変化を測定した。試験体の作製には JIS R 5201 のセメント強さ試験用標準砂を用い、水結合材比は 50%とした。養生条件は 20℃24 時間封緘養生後を基長として、材齢 7 日まで 20℃水中養生後、20℃60% RH 環境下での長さ変化を材齢 91 日まで測定した。

2.3 強熱減量試験および空隙率

上記モルタルと同一の結合材配合で蒸留水を用い、N と BB のペーストを作製した。40×50mm の薄板

状に成型し 20℃24 時間の封緘養生を行った後脱型し、20℃の水中養生を行った。水和試料は多量のイソプロパノールにて水和停止させ、40℃および 105℃24 時間の乾燥後、40℃乾燥試料を遊星ミルにて微粉碎した。微粉碎後の試料を N は 950℃、BB は 900℃で 30 分間加熱し、強熱後の質量に対する減量を強熱減量として求めた。ペースト試料の表乾質量から 40℃および 105℃24 時間乾燥質量の減量を吸水率として測定し、ペーストの理論配合と強熱減量から硬化体の空隙率を算定した。ここで毛管空隙は 40℃乾燥逸散水のもつ空隙、ゲル空隙は 40℃では逸散しないが 105℃乾燥で逸散する水の持つ空隙とそれぞれ定義した。測定材齢は 3, 7, 28 日とした。

2.3 モルタル圧縮強度

長さ変化試験のモルタルと同一の結合材配合、水結合材比で 5 号珪砂を細骨材比 2 で用いたモルタルを作製し、圧縮強度を測定した。供試体は φ5×10cm の円柱とし、養生条件は 20℃封緘にて行い、測定材齢はペースト供試体と同様とした。

3. 実験結果

図 1 に膨張材を混和したモルタルの長さ変化をセメント種類ごとに示す。N, BA, BB, BC のいずれのセメントともに、膨張材の混和による初期膨張で乾燥収縮を補償し、膨張材無混和と比較して乾燥収縮量は低減した。BFS の混和により膨張材の膨張性は低下するという指摘もあるが²⁾、本実験では石膏を混和した BFS を用いており、すべてのセメントで SO₃ 量を一定にしていること、初期強度発現性の低い低発熱系のセメントでは膨張性が高まることから³⁾ BFS 置換率が高いほど膨張量が多くなったと考えられる。さらに、膨張材種類の影響については、高炉セメントで膨張材種類によって膨張量に差が生じた。したがって高炉セメントに膨張材を混和する場合には事前の試験等により、膨張量を確認する必要がある。

キーワード 膨張材、高炉セメント、乾燥収縮、圧縮強度、空隙率

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学 TEL : 027-265-0111 E-mail : m1541035@maebashi-it.ac.jp

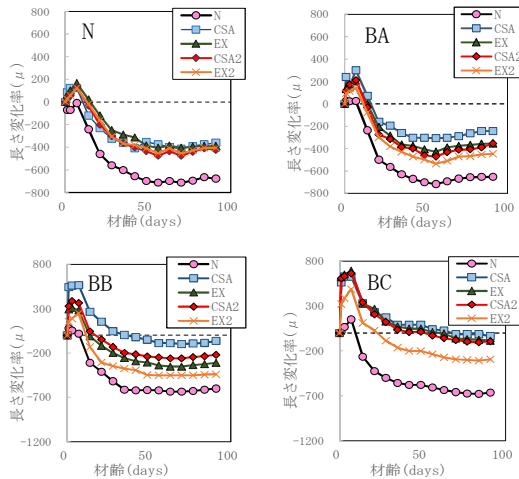


図1 膨張材を混和したモルタルの長さ変化

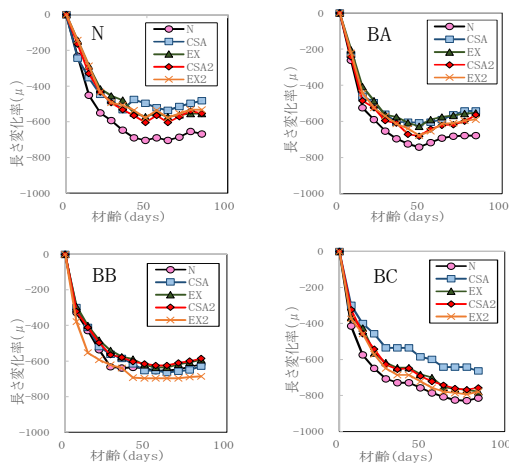


図2 材齢7日基長のモルタルの長さ変化

と考えられる。

図2に材齢7日を基長としたモルタルの長さ変化を示す。水中養生後、脱型7日を基長として乾燥収縮量を評価した場合、膨張材による収縮補償の効果が加味されない。しかしながら、図示される通り、材齢7日を基長とした場合でもBBを除き膨張材の混和による乾燥収縮量の低減が認められた。このことは、膨張材の混和による乾燥収縮の低減は、膨張材による収縮補償以外のメカニズムも存在することを意味する。そこでモルタルの乾燥収縮に及ぼす影響を把握するために、硬化体の圧縮強度や微細空隙構造との関係について検討することにした。

図3にゲル空隙率と圧縮強度の関係を示す。ゲル空隙の増加に伴い圧縮強度も増加した。また、膨張材を混和していないセメントと比較して膨張材を混和したセメントは同一材齢で比較した時のゲル空隙率が高いことがわかる。

図4に材齢7日の圧縮強度、ゲル空隙率と材齢91

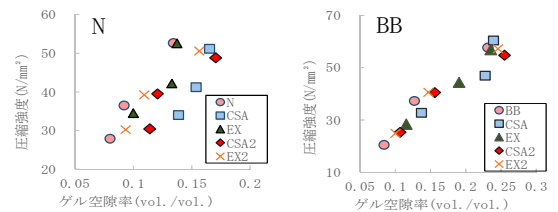


図3 NとBBのゲル空隙率と圧縮強度の関係

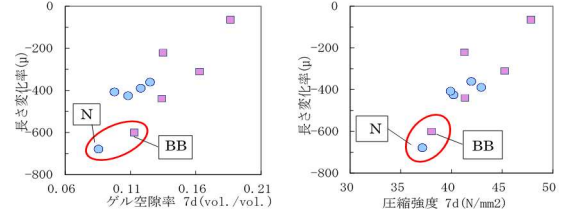


図4 圧縮強度、ゲル空隙率と長さ変化の関係

日の長さ変化の関係を示す。圧縮強度とゲル空隙率の増加に伴い乾燥収縮率は低下していることがわかる。また膨張材を混和していないセメントN, BBと比較して膨張材を混和したセメントは圧縮強度が高い値になった。これは膨張材を外割で配合しているため、水セメント比が小さくなり強度が増加したと考えられる。以上のことから、膨張材を混和したことでゲル空隙と圧縮強度が増加し、乾燥収縮率が低下したと考えられる。

4. まとめ

- (1)高炉スラグ置換率が高くなるにつれてモルタルの膨張量は増加した。また、高炉セメントでは膨張材の種類によって膨張量に差が生じた。
- (2)膨張材により乾燥収縮の低減が認められた。これは初期の膨張による収縮補償の効果に加え、膨張材を混和したことによるゲル空隙の増加や、圧縮強度の増大によるものと考えられる。

参考文献

- 1)佐川孝広ほか：膨張材を混和した高炉セメントの水和反応，コンクリート工学年次論文集，Vol. 31, No. 1, pp. 181-186, 2009
- 2)日本コンクリート工学協会：膨張コンクリートによる構造物の高機能化/高耐久化に関するシンポジウム委員会報告書・論文集，2003
- 3)竹下永造ほか：膨張材を使用したコンクリートの最近の動向，コンクリート工学 Vol. 57, No. 1, pp55-58, 2019