

三成分結合材を用いたモルタルの耐久性に関する研究

愛知工業大学 学生会員 ○菅澤 輝仁
愛知工業大学 廣瀬 雅和
愛知工業大学 正会員 辛 軍青
愛知工業大学 正会員 呉 承寧

1. はじめに

筆者らは、初期強度が要求されるプレストレストコンクリート部材や構造物を対象に、早強ポルトランドセメント（H）の一部に産業廃棄物・産業副産物であるフライアッシュ（FA）及び高炉スラグ微粉末（BFS）を添加した三成分結合材（H+BFS+FA）を使用することで、環境保全ならびにコンクリート構造物の耐久性向上を図る研究を行っている¹⁾。

アルカリシリカ反応（ASR）によるコンクリートの劣化を抑制するため、BFS または FA を単独に添加することは有効とされる。ASR 抑制効果をより向上するために三成分結合材（H+BFS+FA）の使用が考えられるが、その抑制効果が不明確である。また、BFS 添加の場合はコンクリートの自己収縮が大きくなることが報告され、収縮ひび割れの発生により構造物の耐久性が逆に低下することが懸念される。

そこで今回は、上記三成分結合材を用いたモルタルを対象に、ASR 抑制効果および収縮特性を実験的に検討し、結合材の種類や組合せなどが耐久性に及ぼす影響を報告する。

2. 試験の概要

主な試験要因と因子を表-1 に示す。供試体はこれらの組合せで、ASR 抑制効果試験用 4 種類、収縮特性試験用 22 種類の計 26 種類を作製した。

2.1 使用材料

結合材には、早強ポルトランドセメント、3 種類の BFS（比表面積 4000, 6000, 8000）、2 種類の FA（II 種、産地が異なる）を使用した。また、骨材において、ASR 抑制効果試験には北海道産安山岩砕砂、収縮特性試験には岐阜県揖斐川産川砂を使用した。結合材と骨材の比率は、水結合材比=50%と 40%の配合は 1:3 とし、水結合材比=30%の配合は 1:2 とした。

表-1 試験の要因と因子

試験の要因	因子
混和材の種類	BFS, FA
混和材の添加率	BFS内割50%, FA内・外割10%
配合の種類	H, H+BFS, H+FA, H+BFS+FA
水結合材比	30%, 40%, 50%
初期の養生方法	標準養生, 給熱促進養生

2.2 供試体の作製

ASR 抑制効果試験と収縮特性試験は JIS A 1146 に準じて 40×40×160mm のモルタル角柱供試体を各 3 体作製し、長さ方向の端面に長さ変化測定用のステンレスプラグを埋め込んだ。

2.3 供試体の初期養生

水結合材比=50%と 40%配合の供試体は、現場打ちの構造物を想定し材齢 1 日の 20℃標準養生後に翌日脱枠した。また、水結合材比=30%の配合は工場製作のプレキャスト部材を想定し、初期強度を得るために養生槽で最高温度 50℃×6 時間の給熱促進養生を行った。いずれのケースにおいても、翌日脱枠後に所定の材齢まで 20℃水中の標準養生を実施した。

2.4 試験項目

- ASR 促進試験：供試体は材齢 4 ヶ月まで標準養生し、その後は ASR 劣化を促進させるため 40℃飽和 NaCl 溶液に浸漬して、定期的に膨張率を測定した。
- 収縮特性試験：供試体を材齢 7 日から温度 20℃、相対湿度 65%の室内に保管し、JIS A 1129-3（ダイヤルゲージ法）に準拠して乾燥日数 26 週まで長さ変化率を測定した。

3. 試験の結果と考察

3.1 三成分結合材の ASR 抵抗性に及ぼす影響

ASR 促進試験の結果として、膨張率の経時変化を図-1 に示す。早強ポルトランドセメントのみ (H-R) の配合では、浸漬日数 110 日付近から膨張し始めたことが確認された。その後、膨張率が急に高くなり、約 130 日に「無害」の限界値とされる 0.1% を超えた。

また、混和材を単独に使用した配合について、FA の 10% 外割添加 (F-R)、BFS6000 の 50% 内割添加 (B6-R) の配合では、それぞれ浸漬日数 240 日、350 日付近から膨張し始め、ASR を遅らせることで一定の抑制効果が見られた。その中、特に BFS6000 配合の抑制効果が顕著であった。これに対し、FA と BFS を併用した配合 (B6F-R) では、浸漬日数 380 日を経過した現在でも、ASR による膨張の動きが見られなく、最も優れた ASR 抑制効果が示されている。

3.2 三成分結合材の収縮特性に及ぼす影響

乾燥日数 26 週の長さ変化量測定結果 (+は収縮) を水結合材比ごとに図-2 に示す。全体としては、水結合材比が大きくなるほど、すなわち単位水量が大きいほど収縮量が大きい結果となった。

早強ポルトランドセメント単味配合 (H) に比べて、水結合材比に依存せず、FA のみ添加した配合 (H+FA) は収縮量が 5~7% 小さくなり、BFS のみ添加した配合 (H+BFS) は収縮量が 5~22% 大きくなることを確認された。BFS 添加により自己収縮が大きくなることから、H+BFS 配合の収縮量が大きくなったのは主に自己収縮に起因したと推測される。

また、BFS と FA を併用した配合 (H+BFS+FA, FA は外割) では、BFS のみを添加した場合 (H+BFS) と比較し収縮量が 5~13% 減少していることが確認できた。したがって、H+BFS 配合に FA を少量の外割で併用することにより、一定の条件の下で収縮量を抑制する効果があると考えられる。

なお、BFS の比表面積の相違、FA の産地や種類の相違が収縮特性に与える影響について明確な関連性が示されていない。

4. まとめ

本研究の範囲内で下記の結論が得られた。

- 1) BFS または FA の添加は ASR 抑制効果があり、特に両方を併用する場合は優れた抑制効果が示された。
- 2) BFS を添加した配合は収縮量が大きくなるが、FA を少量の外割で併用することにより、収縮量を抑制する効果がある。

【謝辞】

本研究の一部は、平成24年度文部科学省私立大学等研究設備整備費等補助金によって設置された設備を使用した。

【参考文献】

- 1) 辛 軍青, 呉 承寧: 高炉スラグ微粉末とフライアッシュを併用したモルタルに関する基礎研究, プレストレストコンクリート工学会第 23 回シンポジウム論文集, pp.275-280, 2014.

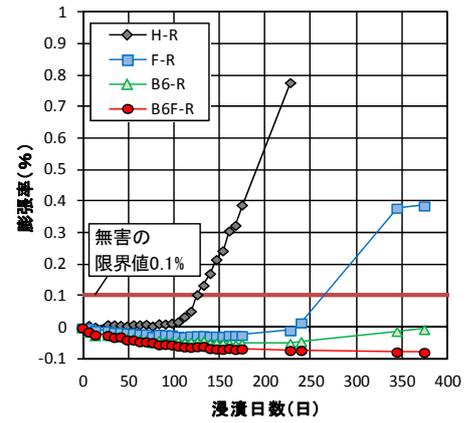


図-1 ASR 促進試験の結果

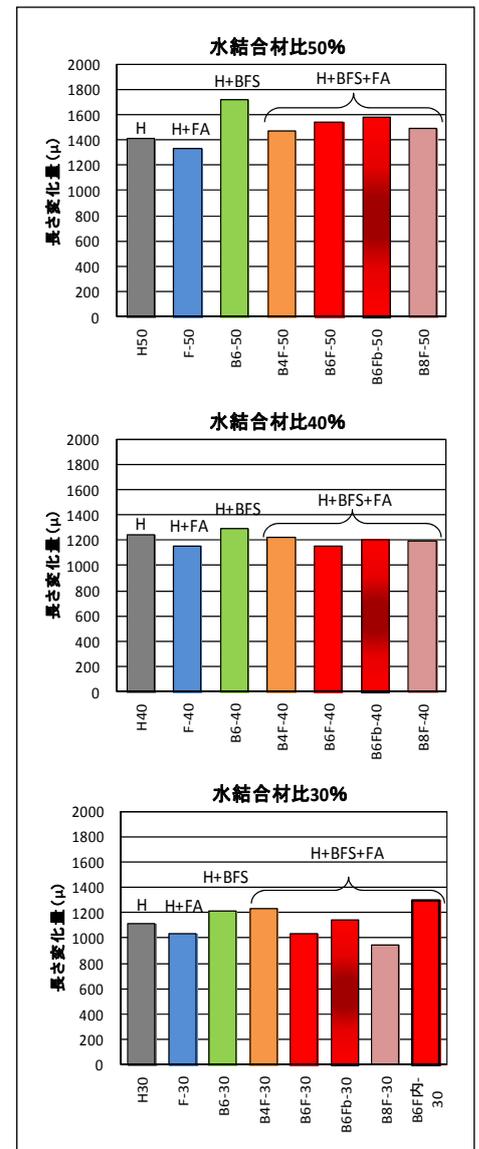


図-2 収縮特性試験の結果