

オートクレーブを施した混和材混入モルタルの  
アルカリ骨材反応に関する基礎的研究

鳥取大学 正会員 西林新蔵  
愛知県庁 正会員 村松和哉  
鳥取大学大学院 学生会員 ○細井元規

1. まえがき

近年、わが国の骨材事情から海外からの多種多様な骨材の輸入が増加し、の中には反応性を示すものも含まれており、早期に骨材のアルカリ骨材反応を判定する必要がある一方で、混和材のアルカリ骨材反応抑制効果も早期に確認できることが望ましい。アルカリ骨材反応早期判定試験方法の1つにオートクレーブ法が提案されている。本研究では、混和材料を混入したモルタルに対しオートクレーブ処理を施した場合のアルカリ骨材反応による膨張特性について検討する。

2. 実験概要

本実験で使用した骨材は、JCI化学法およびモルタルバー法で反応性が認められている斜方輝石安山岩T2を破碎し粒度調整したもので、セメントはアルカリ含有量が $\text{Na}_2\text{O}$ 等量で0.46%の低アルカリ型普通ポルトランドセメントを使用し、混和材料はフライアッシュ、シリカフューム、高炉スラグの3種類である。表1に示す配合条件とオートクレーブ処理条件に基づいて実験を行い、オートクレーブ処理直後の膨張率および処理後に $40^\circ\text{C}$ , R.H.100%で保存したモルタルの膨張率の経時変化を測定する。また、比較のためオートクレーブ処理を施さず脱型直後から $40^\circ\text{C}$ , R.H.100%の促進養生を行った同配合のモルタル（以下コントロールと称す）の膨張率の測定も行う。

3. 実験結果と考察

3.1 混和材を混入したモルタルのオートクレーブ処理直後の膨張特性

図1に高炉スラグを混入した供試体のオートクレーブ処理直後の膨張率と置換率の関係を示す。アルカリ量2.0%では高炉スラグの置換率の増加に伴い、膨張率が減少する傾向が現れている。これは、置換率の増加に伴い、スラグの水和によって消費される水酸化カルシウムの量が増加する。また、スラ

表1 実験条件

| 反応性骨材                                    |                | T2                 |
|------------------------------------------|----------------|--------------------|
| 配合条件                                     | 粒度の規定          | JCI, ASTMの粒度規定に従う  |
|                                          | C/S            | 1 / 1.25           |
|                                          | W/C            | 0.45               |
| 供試体寸法 (cm)                               |                | 4 × 4 × 16         |
| セメントのアルカリ量 (eq, $\text{Na}_2\text{O}$ %) |                | 0.46               |
| 添加アルカリ                                   |                | $\text{NaOH}$      |
| 混和材料                                     | 高炉スラグ置換率 (%)   | 30, 50, 70         |
|                                          | フライアッシュ置換率 (%) | 10, 20, 30, 40, 50 |
|                                          | シリカフューム置換率 (%) | 5, 10, 15          |
| 全アルカリ量 (eq, $\text{Na}_2\text{O}$ %)     |                | 2.0                |
| 処理圧力 (MPa)                               |                | 0.1                |
| 処理時間 (hour)                              |                | 4                  |
| 測定項目                                     |                | 長さ変化               |

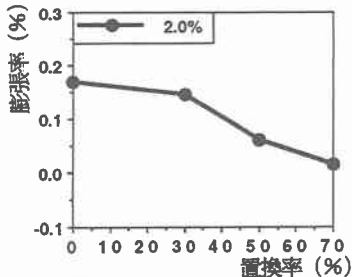


図1 オートクレーブ処理直後の膨張率と置換率の関係 (高炉スラグ)

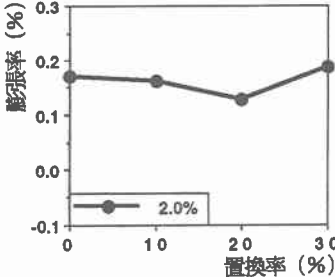


図2 オートクレーブ処理直後の膨張率と置換率の関係 (フライアッシュ)

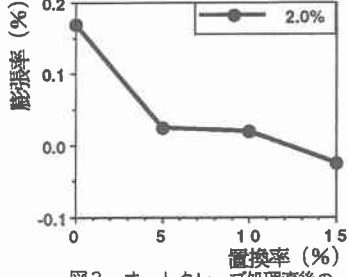


図3 オートクレーブ処理直後の膨張率と置換率の関係 (シリカフューム)

グの水和によって生成される水和物の生成量の増加に伴い、水和物に取り込まれるアルカリイオンの量が增加する。以上の2つの理由によって細孔溶液中の水酸化イオンおよびアルカリイオン濃度が低下するためと考えられる。図2よりフライアッシュを混入した供試体の場合、アルカリ量2.0%で置換率30%の供試体を除けば、置換率の増加に伴いオートクレーブ処理直後の膨張率は減少している。これは、高炉スラグの場合と同様の原因によるものと考えられる。図3よりシリカフェウムを混入した供試体の場合、シリカフェウムを混入したすべての供試体の膨張率はほぼ0%に近い値を示しており、オートクレーブ処理直後には膨張はほとんど見られない。

### 3. 2 オートクレーブ処理以降のモルタルの膨張特性

図4の高炉スラグ置換率30%の供試体の膨張率の経時変化を見ると、オートクレーブ処理直後にコントロールの材齢3ヵ月とほぼ同程度の膨張率が現れ、その後膨張率の変化は見られない。また、コントロールの膨張率の経時変化を見ると、材齢2~3ヵ月まで膨張率の増加がほとんど見られないことから、材齢3ヵ月の膨張率が、ほぼ最終膨張率に近い値と考えられる。したがって、高炉スラグを混入した供試体に関しては、オートクレーブ処理直後に最終膨張率に近い値が得られることがわかる。また、図5のフライアッシュ置換率10%の供試体の膨張率の経時変化を見ても高炉スラグと同様のことがいえる。これは、オートクレーブ処理を施すことによりアルカリ骨材反応が促進され、アルカリシリカゲルが生成されることによって、オートクレーブ処理直後に膨張が現れる。しかし、その後高炉スラグ、フライアッシュから溶出されるCaイオンがゲルに浸入することによって、アルカリ-カルシウム-シリカ型の低膨張性のゲルになるため、オートクレーブ処理以降の膨張率が増加しなくなったと考えられる。しかし、図6のシリカフェウム置換率5%の供試体の膨張率の経時変化を見るとオートクレーブ処理直後に膨張率の増加が見られず、オートクレーブ処理以降の膨張率の増加がかなり大きいことがわかる。

### 4. 結論

(1) オートクレーブ処理直後の膨張は、高炉スラグにおいては置換率の増加に伴い膨張率は減少する。フライアッシュにおいては置換率30%を除けば置換率の増加に伴い膨張率は減少する。シリカフェウムにおいてはすべての置換率に関して処理直後の膨張はほとんど現れない。

(2) 高炉スラグ、フライアッシュにおいてはオートクレーブ処理直後の膨張率が大きく、オートクレーブ処理以降の膨張率の増加は見られない。また、オートクレーブ処理を施していないコントロール供試体の材齢3ヵ月の膨張率はオートクレーブ処理直後の膨張率に接近している。しかし、シリカフェウムについてはオートクレーブ処理直後の膨張率が小さくオートクレーブ処理以降の膨張率の増加が大きい。

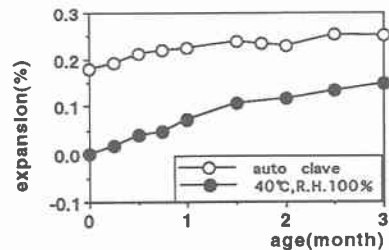


図4 オートクレーブ処理以降の膨張率の経時変化 (高炉スラグ, 30%)

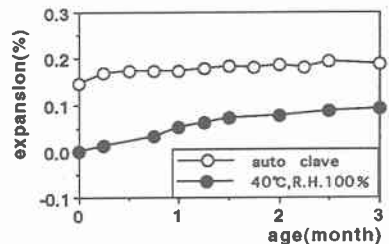


図5 オートクレーブ処理以降の膨張率の経時変化 (フライアッシュ, 10%)

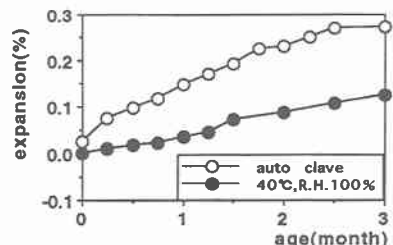


図6 オートクレーブ処理以降の膨張率の経時変化 (シリカフェウム, 5%)