

## 各種微粉末による ASR 抑制効果に関する基礎的研究

|            |          |      |       |
|------------|----------|------|-------|
| 松江工業高等専門学校 | 環境・建設工学科 | 正会員  | 高田龍一  |
|            | 専攻科      | 学生会員 | ○安井千尋 |
|            | 専攻科      | 学生会員 | 永光雅一  |
| 島根大学       | 生物資源科学部  | 正会員  | 野中資博  |
| 高知大学       | 農学部      | 正会員  | 佐藤周之  |

## 1.はじめに

一連の廃ガラスをコンクリート材料として使用するための研究において、昨年は廃ガラスの ASR による膨張特性について報告した。今回の試験では、県内産のモルデナイト系ゼオライトとクリノプチロライト系ゼオライトについて、ASR 膨張の抑制効果の違いについて比較検討を行った。さらに、無機質微粉末を混和材として用いた場合、ポゾラン反応により生成される低カルシウム型の珪酸カルシウム水和物 (C-S-H) の作用によるアルカリイオンの固定または吸着などによる ASR に対する抑制効果についても検討を行った。

## 2.試験概要

2 種類のゼオライトの ASR 抑制に及ぼす影響の検討にあたっては、モルタルバー法 (JIS A 1146-2001) に準拠して試験を行った。過去の試験結果から粒度調整した廃ガラスを 80% 混入した供試体が ASR に起因したベシマム膨張を見せたことからこの供試体を **Control** とした。県内産のクリノプチロライト系ゼオライトをセメント内割りで 10%、20%、30% で置換し、骨材の 80% を粒度調整した廃ガラス、残りの 20% 部分は ISO 標準砂を使用した配合の計 3 水準の供試体を作製し試験を行った。また、モルデナイト系ゼオライトの試験データに関しては過去のデータを使用した。セメントの内割りで県内産のモルデナイト系ゼオライトを 5% から 25% まで 5% ごと混入率を増加させた計 5 水準の供試体により検討を行った。

各種微粉末による ASR 抑制の検討にあたっては、ポゾラン反応等により抑制効果が期待される高炉スラグ、フライアッシュ、微粉フライアッシュ、黒曜石微粉末、ガラスパウダー、RR ダストを使用した。それぞれセメント内割り 30% で置換し、骨材の 80% を粒度調整した廃ガラス、残りの 20% 部分は ISO 標準砂を使用した。高炉スラグについては高炉セメント B 種に相当するセメント内割り 60% で置換した供試体も作製し、計 7 水準の供試体で検討を行った。

## 3.試験結果

図 1、図 2 にそれぞれの天然ゼオライトによる抑制効果を示している。図 1 より **Control** 供試体が明らかな ASR 膨張を示しているのに対して、クリノプチロライト系ゼオライトを使用したすべての供試体については、脱型から 6 ヶ月を経過した時点で ASR 膨張を表す基準となる膨張率 0.10% を超えておらず、混入率にかかわらず高い抑制効果を持つことを示している。

図 2 に示す昨年度の検討結果によるモルデナイト系ゼオライトの抑制効果については、混入率が高くなるにつれ膨張率が減少していることが確認できる。また混入率が 15% 以上の供試体では脱型から 6 ヶ月を経過した時点での膨張率が

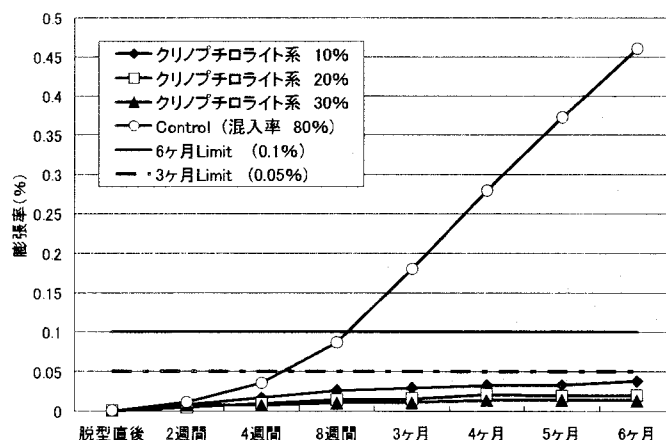


図 1 クリノプチロライト系ゼオライトの試験結果

0.10% を超えておらず明らかな ASR 膨張の抑制効果を示す結果となっている。このように、天然ゼオライトで

も種類と混入率により、大きく抑制効果が異なっている。

無機質微粉末による ASR 抑制効果の試験結果を図 3 に示す。一般に、ポズラン反応により低カルシウム型の C-S-H を生成し、アルカリイオンを固定または吸着することで溶液中のアルカリイオンを減少させることから ASR の抑制効果があるとされるフライアッシュ、高炉スラグを混和材として用いた各供試体について比較すると、Control 供試体が膨張率 0.10% を大きく上回り明らかな ASR 膨張を示すのに対して、フライアッシュを 30% 混入した供試体の膨張率は 0% 付近の値を示しており、大幅に基準値を下回る結果となっている。これより ASR 膨張の抑制効果を明確に表していることがわかる。高炉スラグを 30% 混入した供試体については、ASR 膨張を表す基準となる脱型から 6 ヶ月の測定を終えた時点で膨張率が 0.10% を超えておりフライアッシュほどの顕著な ASR 膨張に対する抑制効果は見られなかった。しかし、高炉スラグを 60% 混入した供試体については、大幅に基準値を下回る結果となり、ASR 膨張の抑制効果を明確に表す結果となった。微粉フライアッシュ、黒曜石微粉末をそれぞれ 30% 混入した供試体に関しても膨張率は 0% 付近の値を示す結果となり、顕著な抑制効果を示していた。

RR ダストについては、抑制傾向は見られるものの基準値を超えており顕著な抑制効果は今回の試験結果からは見られなかった。ガラスパウダーについては、ASR 膨張の基準となる 0.10% を超えておらず十分な抑制効果を確認することができた。同じガラスであっても微粉末は、昨年の結果で示したように、ASR を示さないばかりか、ポズラン反応によると考えられる抑制効果も示すことが明らかとなった。

#### 4.まとめ

各種ゼオライトを使用した ASR 抑制効果の試験結果より、クリノプチロライト系ゼオライトについては、セメント内割り 10% 混入から ASR 膨張に対する高い抑制効果を発揮しているが、モルデナイト系ゼオライトについては、15% 混入から ASR 膨張に対する抑制効果を示した。モルデナイト系ゼオライトとクリノプチロライト系ゼオライトの陽イオン交換能について比較すると一般にモルデナイト系ゼオライトの方が優れているとされているが、試験ではクリノプチロライト系ゼオライトの方が高い抑制を示した。これより陽イオン交換能の微小の優劣は ASR 膨張の抑制に対してほとんど影響を与えないものと考えられる。

無機質微粉末による ASR 抑制結果から、ポズラン材としてのフライアッシュ、微粉フライアッシュ、黒曜石微粉末については高い ASR 抑制効果を示した。一般に高い抑制効果を有するとされる高炉スラグについて、A 種に相当する 30% 混入した場合には大きな抑制効果は見られず、B 種に相当する 60% でその効果が顕著にあらわれた。高炉スラグによる ASR の抑制は、混和材として置換することによるアルカリ希釈の効果と水和生成物による化学的、物理的效果が考えられるが、ここでは、アルカリ量を一定としていることから、水和生成物による化学的、物理的效果による ASR が抑制されたことが推測される。

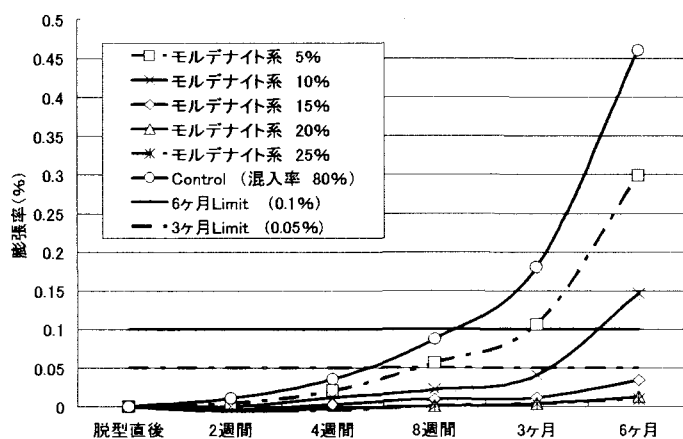


図 2 モルデナイト系ゼオライトの試験結果

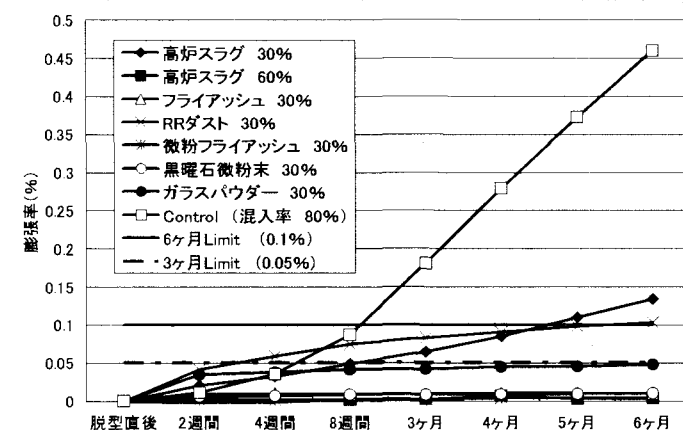


図 3 無機質微粉末混和材の試験結果