

天然ゼオライトのコンクリート骨材としての利用に関する基礎的研究 Study on Utilization of Natural Zeolites as concrete aggregate

○高田龍一*, 森本尚輝*, 柴田俊文*, 野中資博**

TAKATA Ryuichi, MORIMOTO Naoki, SHIBATA Toshifumi, NONAKA Tsuguhiko

1. はじめに

コンクリートの耐久性が近年大きな課題となっている。耐久性が損なわれる原因のひとつにアルカリ骨材反応（以下 ASR とする）がある。現在、生コンクリートにおいては構造物の長期安全性の観点から ASR の危険性のある反応性骨材を排除する傾向にあるが、骨材需要の逼迫により今後そのような骨材を使用しなければならない可能性がある。

本研究では、ゼオライト骨材の ASR 抑制効果と並行して混入率とコンクリート強度との関係を明らかにし、最適な混入率を求め、ASR に対してグレーな細骨材を安全な骨材として利用、開発することを目的として検討を行った。ゼオライトには、ナトリウムイオンやカリウムイオンを交換サイトに固定化する性質があり、ASR の要因となる細孔溶液中のアルカリ濃度を減少させることができるという特徴がある。しかし、ゼオライト骨材は低密度、高吸水率という特性を持つため、一般の細骨材と比較してコンクリート用細骨材としての品質が劣ると言われている。JIS の定めるコンクリート用細骨材としての基準におさまる品質の確保と ASR 抑制するための混入率が課題である。

2. 研究概要

天然ゼオライト骨材として、島根県産イワミラ

イト、イズカライトの 2 種類を用いた。表 1 に品質比較表を示す。

ASR 膨張抑制試験にあたっては、反応性骨材であるオパール石のペシマム混入率は 5% を置換した ISO 標準砂をベース細骨材とし、2 種類の天然ゼオライト骨材を 0% (コントロール)、3%、5%、10%、15%、20% の 6 種類 ISO 標準砂に対して体積置換した。さらに、ゼオライト骨材は、4.75~2.36mm を質量百分率に対して 10%、2.36~1.18mm を 25%、1.18~0.6mm を 25%、0.6~0.3mm を 25%、0.3mm 以下を 15% ふるい分けしたものを使用した。したがって、コントロールは共通として扱い、合計 11 水準の供試体について試験を行った。セメント骨材比は 1:2.25、水セメント比は 50% とした。骨材のアルカリシリカ反応性試験方法はモルタルバー法 (JIS A 1146-2001) に準じて試験を行った。アルカリ量は 2 規定の水酸化ナトリウム溶液により 1.2% となるよう調整した。これを 6 ヶ月間養生し膨張率を求め、効果の有無と同時に規定値である 0.1% を基準とし

表 1 イワミライト・イズカライトの品質比較表

イワミライト・イズカライトの品質比較表		イワミライト	イズカライト
産地		大田市五十猛町	大田市仁摩町
ゼオライトの種類		モルディナイト Na(AlSi5O12)3H2O	モルディナイト Na(AlSi5O12)3H2O
結晶の形状		針状結晶	針状結晶
陽イオン交換容量 CEC meq/100g		130~140	130~140
真比重		2.32~2.35	2.3
交換性イオン	Na+	65.143	53.8
	K+	23.73	9.4
種類の種類	Ca2+	14.17	53
	Mg2+	6.75	12.1
合計		109.78	128.3

*松江工業高等専門学校 (MATSUE NATIONAL COLLEGE OF TECHNOLOGY)

**島根大学 生物資源科学部 (SHIMANE UNIVERSITY, Faculty of Life and Environmental science)

キーワード: ゼオライト骨材, アルカリシリカ反応, モルタルバー法

て、これ以内に収まる混入率を求めることとした。強度試験においては、セメントの物理的試験方法(JIS R 5201-1997)に準じて試験を行った。供試体にはオパール石は混入せず、ASR膨張試験と同様に11水準の供試体について作製し、材齢7日、28日、91日強度を測定した。

3. 結果および考察

モルタルバー法によるイワミライトとイズカライトの長さ変化率を図1、2に示す。

イワミライトは、混入率3、5%で規定値の0.1%以上の膨張を示したが、混入率10%以上では、ASR抑制効果が明らかである。イズカライトは、コントロールと比較すると混入率が増えるごとに膨張率は下がるが、混入率20%の場合でも、6ヶ月で0.1%以上膨張しているため、ASR抑制効果が期待できないことが明らかとなった。表1に示す品質比較表から、陽イオン交換能はほぼ同程度で、交換性イオンは、イワミライトがイズカライトに比較し多量の Na^+ 、 K^+ を既に吸着しており、むしろ Na^+ 、 K^+ を返還しやすい、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} などを多量に含んでいるイズカライトの性能が優れていると考えられる。しかし、結果は全く逆の傾向を示すこととなった。この原因としては、同じ産地であっても、サンプリングの場所で大きく性能が異なることが指摘されており、品質比較表に用いたゼオライト骨材と、実験に用いたゼオライト骨材の採取場所が異なっていることが考えられる。

強度結果を図3、4に示す。縦軸に圧縮強度、横軸に各混入率を材齢ごとに示している。

イワミライトはコントロールと比べて強度増進が大きい結果となった。イズカライトはイワミライトほど強度が伸びていないことが明らかとなった。また、どちらのゼオライトも混入率の増加に伴って7日強度が低下した。これは、ゼオライトの密度が小さく吸水率が高い特性から、ISO標準砂と比べて強度が低くなったためと考えられる。91日強度が増進

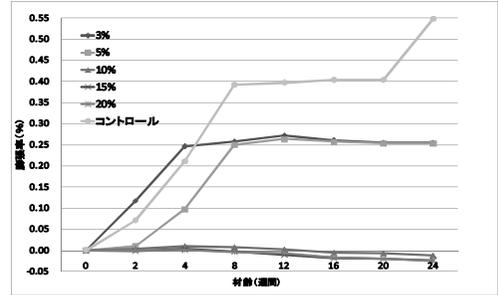


図1 イワミライト 長さ変化率

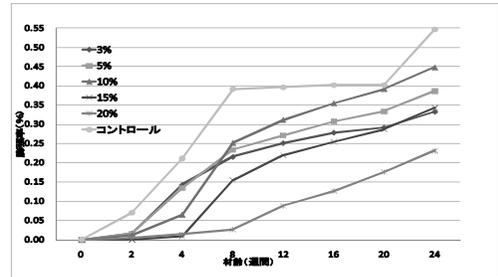


図2 イズカライト 長さ変化率

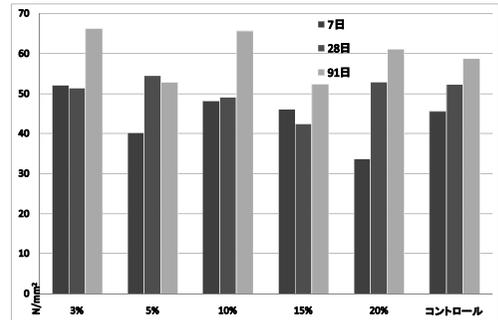


図3 イワミライト 圧縮強度

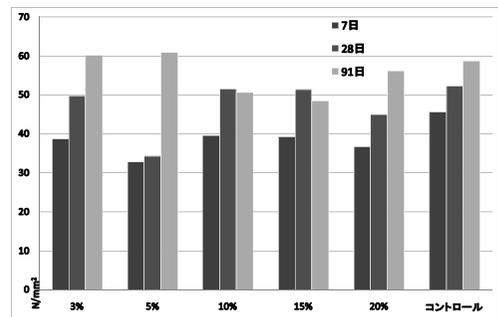


図4 イズカライト 圧縮強度
した原因としては、ゼオライト骨材の細粒分によるポズラン反応効果によりC-S-Hを生成し、強度の向上に寄与したものと考えられる。