

ガラス骨材に起因するアルカリシリカ反応の抑制方法に関する検討

松江工業高等専門学校 土木工学科 正会員 ○高田龍一
島根大学 生物資源科学部 正会員 野中資博

1. はじめに

現在、資源の有効利用の立場から、従来は廃棄物として処理されていたものをコンクリート材料として有効利用するために多くの研究、開発が進められている。著者らは、一連の研究の中で廃ガラスをコンクリート骨材として利用するための検討を行ってきた。廃ガラスのコンクリートへの利用については国内外においていくつかの研究が見られ、コンクリート骨材としての各種の有効性が認められているものの、一方で廃ガラスの持つ反応性シリカ成分によるアルカリシリカ反応(ASR)に対する検討が重要な課題として挙げられている。近年のいくつかの研究から、廃ガラスを微粉化し反応性を高めることにより ASR を抑制し、ポゾラン反応を期待するというひとつの廃ガラスの利用形態が有力視されているが、ここでは細骨材としての利用形態における取り扱いの中で課題とされる ASR の抑制方法について検討を行った。

既報の研究において、本県産の天然ゼオライトに着目し、混和材として利用した場合のイオン吸着能による ASR の抑制に対する有効性を明らかにしてきたが、その際、強度の低下が課題として上げられた。ここでは、ASR の抑制に併せ強度改善を図ることを目的として、天然ゼオライトの利用方法について実験的検討を行った結果を報告する。

2. 実験の概要

本実験においては、天然ゼオライトの利用の形態として、セメントの内割り利用した場合と外割り利用した場合の流動性、強度および ASR の抑制効果について検討を行った。

強度試験にあたって、セメントは普通ポルトランドセメントを、細骨材にはモルタルバー法（JIS A 5308 付属書 8）に準拠した粒度に調整を行ったガラスカレット（密度 2.54g/cm^3 ）を使用し、さらに比較の目的で ISO 標準砂を使用したモルタルについても検討を行った。天然ゼオライトには大田市産ゼオライト（M250）を用いた。天然ゼオライトの物理的・化学的性質を Table1 に示す。また、打設可能な所定の流動性を確保するために高性能減水剤を使用した。配合にあたっては、天然ゼオライトをセメントの内割り、外割りで使用した場合の混入率の変化が流動性および強度に及ぼす影響について検討を行うために、水セメント比 50%、セメント骨材比 1:2.25 を基本配合とし、天然ゼオライトをセメント量の 0～25%の範囲で、5%刻みで内割り、外割り置換した。なお、セメントの外割り使用にあたっては、天然ゼオライト添加による増量分を細骨材と置換することにより配合した。さらに、天然ゼオライトは吸水性が高いため、最も流動性の劣ると考えられる外割り 25%において、モルタル打設可能な流動性が得られたセメント質量の 0.5%量の高性能減水剤をすべての配合に一様に添加した。強度試験にあたっては、水中標準養生後 7 日、28 日、91 日の各材齢において曲げ、圧縮強度を測定した。

アルカリ骨材反応試験はモルタルバー法（JIS A 5308 付属書 8）に準拠して、強度試験と同様に天然ゼオライトの外割り利用及び、内割り利用した場合の混入率の違いによる ASR 効果について検討を行った。その際、セメントには協会

指定のアルカリ骨材反応試験用セメントを使用し、さらに水酸化ナ

Table 1 天然ゼオライトの物理的・化学的性質

	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	SiO ₂	MnO	TiO ₂
M250 zeolite(%)	4.2	3.3	4.7	87.4	0.1	0.3
True specific gravity (g/cm ³)	2.2	CEC(meq/100g)	130	Specific surface area(cm ² /g)	5560	

トリウム溶液を用いて規定のアルカリ量をコントロールした。

キーワード：廃ガラス、アルカリシリカ反応、天然ゼオライト

連絡先：〒690-8518 松江市西生馬町 14-4、国立松江工業高等専門学校、土木工学科

3. 結果と考察

天然ゼオライトの混入率が流動性に及ぼす影響について検討するために、廃ガラスおよび標準砂を使用した全てのバッチでフロー値を測定し、その結果を Fig.1 に示す。

図からわかるように、廃ガラス、標準砂ともに内割り、外割りのいずれにおいても天然ゼオライトの混入率が高くなるにしたがってフロー値が減少している。一般にゼオライトの結晶構造から吸水性の高いことが知られているが、試験結果からも天然ゼオライトの吸水性がモルタルの流動性を阻害していることがわかる。

また、標準砂に比較して廃ガラスのフロー値が低くなっているが、これはそれぞれの粒度分布が異なっていることや廃ガラス粒子の形状などが影響しているものと考えられる。

強度試験結果について、廃ガラス、標準砂のそれぞれの各材齢における圧縮強度を Fig.2, Fig.3 に示す。

図からわかるようにガラス骨材、標準砂のいずれの場合についても内割り使用では天然ゼオライトの混入率の増加に伴い強度低下を示し、外割り使用では混入率の増加に伴い強度の増加傾向を示している。このことは、内割りではセメント置換することによるセメント量の減少が強度低下につながり、外割りでは水粉体比率の増加に伴うモルタルの緻密化あるいは天然ゼオライトの比表面積が高いことによる微粉末効果が強度増加につながったものと考えられる。

また、廃ガラス、標準砂のそれぞれの強度を比較すると、いずれの材齢、天然ゼオライトの混入率においても廃ガラスは標準砂に比較し強度が劣っており、過去の実験からも推測されているように、ガラス粒子の形状が角張っていることや骨材の粒子表面が滑面でありセメントペーストとの付着が弱いことなどが起因していると考えられる。

次に、アルカリ骨材反応試験結果について、内割りおよび外割り使用した試験結果をそれぞれ Fig.4, Fig.5 に示す。

外割りと内割りは共に天然ゼオライトの混入率の増加に伴い膨張率が低下しており、いずれの使用方法においても天然ゼオライトによる ASR の抑制効果が認められた。この場合、セメントの外割りでは天然ゼオライトの混入率 10%以上、内割りでは混入率 15%以上が必要であることが認められた。そして外割りと内割りの膨張率を比べてみると、明らかに内割りの膨張率の方が高くなっている。これは、外割り利用では天然ゼオライトをガラス骨材代替として混入しているため、混入率の増加に伴って反応性骨材量の減少となり、このことが膨張率の違いに影響したものと考えられる。

4. おわりに

天然ゼオライトを ASR 抑制材として利用する場合、混和材としての経済的効果を考えると内割り使用が一般的であるが、ガラス骨材のように混入率の増加に伴って比較的低強度を示すような骨材に対して一定の強度を確保しようとする場合、外割りでの利用が有効であることが明らかとなった。

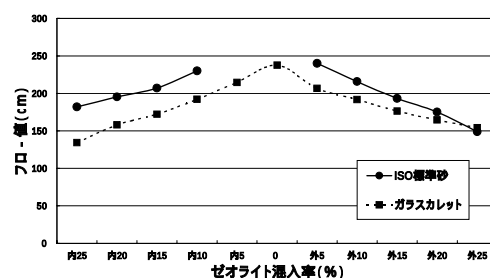


Fig.1 天然ゼオライトの混入率とフロー値

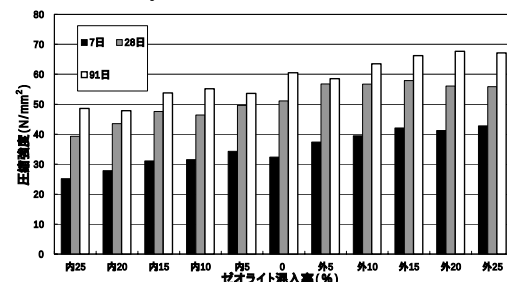


Fig.2 圧縮強度(廃ガラス)

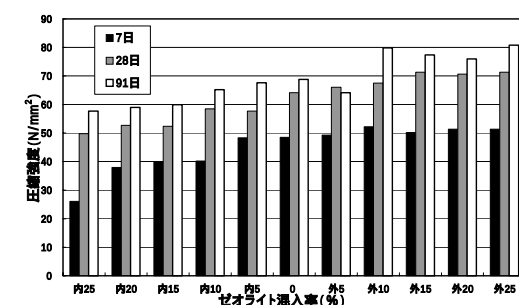


Fig.3 圧縮強度(ISO標準砂)

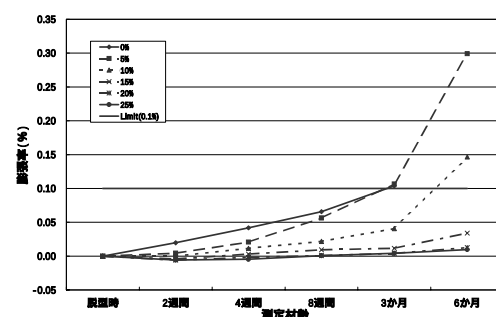


Fig.4 測定材齢と膨張率との関係(内割り)

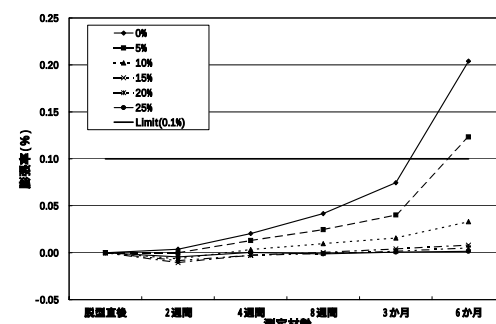


Fig.5 測定材齢と膨張率との関係(外割り)