

## 活性フィラー中のカルシウム量がジオポリマーの ASR 抵抗性に及ぼす影響

九州工業大学大学院 学生会員 ○新貝勝信  
九州工業大学大学院 正会員 合田寛基 日比野誠  
西松建設株式会社 正会員 原田耕司  
九州大学大学院 正会員 佐川康貴

### 1. はじめに

近年、環境負荷低減性および持続可能な社会の実現への関心が高まっていることから、クリーンカーレスであるジオポリマー(以下、GP)が注目されている。GPの特徴の一つとして、アルカリシリカ反応(以下、ASR)に対する高い抵抗性が報告されている。OPCにおけるASRのメカニズムについては、骨材中の反応性鉱物、アルカリ、水分に加え、間接的なCa<sup>2+</sup>の存在が重要であることが知られている。しかしながら、GPでは、数種の配合を対象としたASR抵抗性について定性的実験<sup>1)</sup>に基づく評価を行っているにとどまっております、特にCaに着目した検討がなされていない。

そこで、本研究では、OPCでのASR発生条件を下に、カルシウム量と静置環境に着目した促進実験を実施し、GPのASR抵抗性に対する定性的評価を行うこととした。

### 2. 実験概要

本研究ではCPTを用いたASR促進試験方法(JCI-TC115FS)を参照の上、実験供試体の寸法(75×75×250mm)を決定した。使用した材料の物性及び配合を表-1、表-2に示す。本実験で使用した反応性骨材は九州産の安山岩であり、九州工業大学で過年度に実施したOPCのASR促進試験(CPT)では、材齢8週で約0.2%ほどの膨張率を示している。

本実験の実験条件を表-3に示す。GP中のCa<sup>2+</sup>量は活性フィラー中のCaを対象としたCaO換算で71, 188, 202(kg/m<sup>3</sup>)の3水準とした。それぞれ実用的配合のGPのCa量、OPCと同程度のCa<sup>+</sup>量、本実験における最大のCa量を想定している。また、OPCはアルカリ溶液浸漬環境において、細孔溶液中のpHが高い状態で維持されることで、ASRが促進されることが知られている。そこで、アルカリ溶液浸漬環境下でのGPにおけるASRの膨張傾向を検討するため、静置環境は浸漬環境(pH=13のNaOH溶液)とラッピング(pH=7の水道水)の2水準とした。

コンクリートの打込みには強制練りミキサーを使用し行った。練混ぜはFA、BFS、細骨材をミキサーに投入し30秒練り、その後GPWを投入し1分間練った。最後に粗骨材を投入し1分間練り、型枠に充填した。打込み後、最高温度70°C、同

表-1 使用材料

材料	密度(g/cm <sup>3</sup> )
アルカリシリカ溶液(GPW)	1.40
フライアッシュ(FA)	2.30
高炉スラグ微粉末(BFS)	2.91
細骨材(NS)	2.55
粗骨材(NG)	2.70
反応性細骨材(RS)	2.75
反応性粗骨材(RG)	2.76

表-2 GP配合表

Case	GPW	BFS	FA	RS	NS	RG	NG
	kg/m <sup>3</sup>						
1	326	122	285	397	561	259	391
2	384	426	0	384	542	250	378
3	412	457	0	363	513	237	358

表-3 実験条件

Case	CaO(kg/m <sup>3</sup> )	静置方法	
1	71	浸漬 (NaOH 溶液)	ラッピング
2	188		(pH=7の水道
3	202		水)

保持時間を36時間として1次養生を行った上で各静置環境下に静置させた。各静置環境における膨張量の測定間隔は2週間とした。測定方法はJISA 1129-3に準拠した。

### 3. 実験結果

図-1に各静置環境下での膨張率の経時変化を示す。膨張率は静置期間12週時点ではいずれの水準でも0.1%未満であり、JCI-AAR3の判定基準から、静置期間12週段階では「膨張性なし」と判定される。ただし、膨張率はCaO量=188、

キーワード ジオポリマー、アルカリシリカ反応、膨張率、CaO量、圧縮強度、静弾性係数

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学工学部建設社会工学科 TEL 093-884-3122

202, 71kg/m<sup>3</sup>の順になっていて、浸漬環境—CaO量=188kg/m<sup>3</sup>の水準で膨張率が0.08%程度生じており、膨張が収束していない。各水準での膨張の特徴についてみると、CaO量=71kg/m<sup>3</sup>ではほとんど膨張が生じておらず、一方で、Caが多い水準では静置環境に関わらず、材齢経過に伴い、継続して膨張する傾向が見られた。一方、同種の骨材を使用したOPCにおけるASR膨張(0.2%程度の膨張率)と比較すると、膨張は十分に小さい。

図-2に静置期間12週での各水準での膨張率を示す。CaO量が188kg/m<sup>3</sup>を超えると、膨張が大きくなる傾向が示された。また、各静置環境での膨張率についてみると、CaO量=188kg/m<sup>3</sup>では浸漬環境下での膨張率が0.03%ほど大きくなっているものの、他水準では殆ど差異はなく、アルカリの供給環境によるASR膨張への影響は確認されなかった。

図-3に静置期間12週の脱型直後に対する圧縮強度比を、図-4に静置期間12週の脱型直後に対する静弾性係数比をそれぞれ示す。圧縮強度に関しては、浸漬環境下における全ての水準で強度増加が見られた。ラッピングよりも水和が促進されることで、膨張による強度低下よりも水和による強度増進の方が優位的に進行したと考えられる。また、ラッピングでは、Ca量の増加に伴い、強度比の減少傾向が見られ、特にCaO=202kg/m<sup>3</sup>では、強度比が1を下回った。一方、静弾性係数に関しては、ラッピングでの増加が大きいが、CaO量=202kg/m<sup>3</sup>においては、両静置環境で若干の静弾性係数の低下が見られた。また、圧縮強度比と同様に、Ca量の増加に伴い、静弾性係数比に減少傾向がみられた。

一般的に、ASRを呈したOPCでは圧縮強度、特に静弾性係数が顕著に低下することが知られている。本研究では、静弾性係数の低下はいずれも小さく、OPCの特徴と異なることが分かった。

#### 4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) 静置期間12週段階では、膨張率はいずれも0.1%未満であったものの、CaO量が多い水準では、静置環境に関わらず、膨張が大きくなる傾向が確認された。ただし、ASRを呈したOPCの膨張率と比較すると、膨張率は小さかった。
- (2) 浸漬環境とラッピングでの膨張率に顕著な差異は確認されなかった。
- (3) 圧縮強度、静弾性係数にASRを呈したOPCに見られるような顕著な低下は確認されなかった。

#### 謝辞

本研究の一部は、九州建設技術管理協会の助成を受けて実施した。ここに記して謝意を表する。

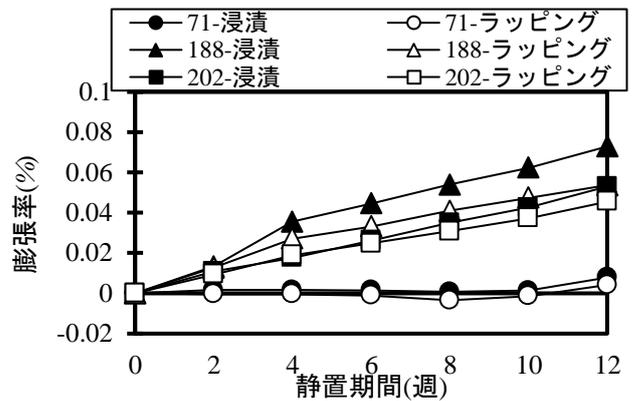


図-1 膨張率の経時変化

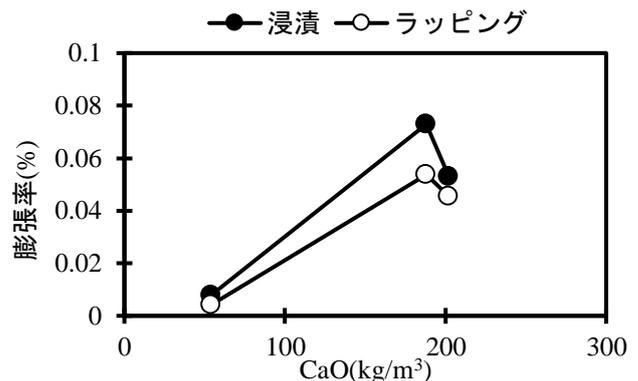


図-2 CaO量と膨張率の関係(静置期間12週)

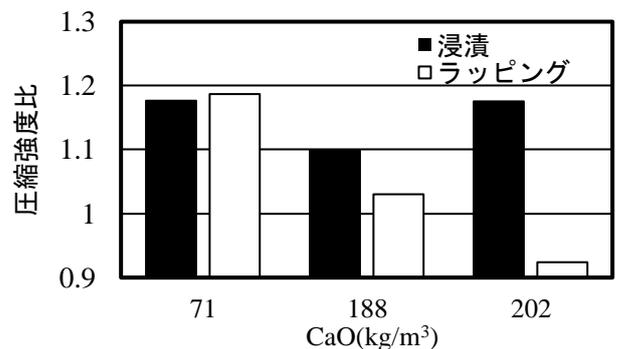


図-3 圧縮強度試験結果

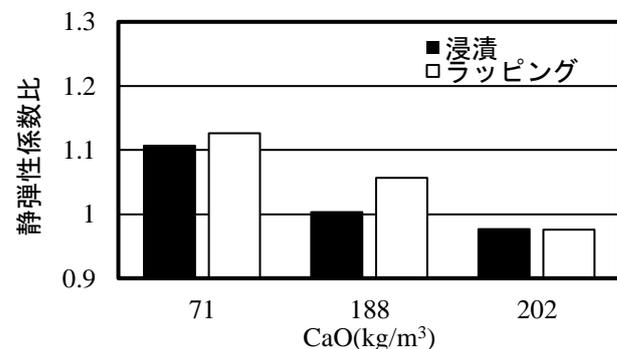


図-4 静弾性係数試験結果

#### 参考文献

- 1) 合田寛基ら：耐久性評価に基づいた低炭素型社会における建設材料としてのジオポリマーの適用性に関する研究，九州技術管理協会建設技術研究開発助成，p1-p6，2012