反応性骨材を使用したジオポリマーの材料特性

九州工業大学　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

ジオポリマーはセメントを使用しないため，Ca 含有量が少ない．これにより，耐酸性，耐熱性等の耐久性，特に ASR 抵抗性に優れるなどの特色を有している．

しかしながら，ジオポリマーの ASR 抵抗性に対する研究事例が国内外通して稀少であり，未だ不明な点が多い．そこで，本研究では配合（反応性骨材置換率）を変化させ，反応性骨材がジオポリマーコンクリートに及ぼす影響について検討を行った．

2. 実験概要

2.1 使用材料と配合

本研究は小型コンクリートプリズムを用いた 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．

使用材料の物性及び配合を**表－1**，**表－2** に示す．本実験では，反応性鉱物表面積とアルカリ溶液(GPW)との接触面積を変化させるために，反応性骨材置換率を 40%，60%，80%，100%に変化させた．また，本実験で使用した反応性骨材は九州工業大学で過年度に行われた OPC の ASR 促進試験(CPT)において，材齢 8 週で約 2000×10^{-6} ほどの膨張量を示している．打設は強制練りミキサを使用し行った．フライアッシュ，高炉スラグ微粉末，細骨材をミキサに投入し 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．その後，70℃48 時間の 1 次養生を行った上で，各静置環境下に静置させた．

また，静置環境は RILEM AAR-3[1]に準拠した 40℃と屋外暴露の 2 水準とした．また，静置に際して JCI－TC115FS を参照し，封かん状態を担保するためラッピング法を採用した．

2.2 測定方法

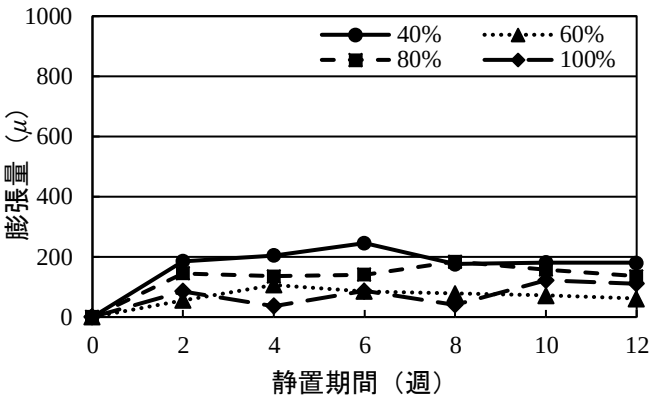
各静置環境における膨張量の測定間隔は 2 週間とした．なお，本報では静置期間 12 週までの結果を示す．測定方法は JIS A 1129-3 に準拠した．

表－1 使用材料

材料	密度(g/cm³)	吸水率(%)
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	1.27
粗骨材(NG)	2.70	0.55
反応性細骨材(RS)	2.74	1.70
反応性粗骨材(RG)	2.68	1.92

表－2 GP 配合表

	GPW	FA	BFS	NS	RS	NG	RG	Na_2O
	kg/m³							
40%	330	289	124	560	401	373	247	53
60%				373	601	249	370	
80%				187	802	124	494	
100%				0	1002	0	617	



図－1 膨張量の経時変化（40℃）

3. 実験結果

図－1，**図－2** に各静置環境下での膨張量の経時変化を示す．**図－1**，**図－2** から静置期間 12 週時において，いずれも膨張量が最大で 300×10^{-6} 以下を示し，閾値未満であったことから，JCI-AAR-3 の判定基準より，静置期間 12 週段階では「膨張性なし」と判定される．

© Japan Society of Civil Engineers

各水準での膨張の特徴についてみると，静置期間 12 週で 40℃環境下では，膨張量は反応性骨材置換率 40%>80%>100%>60%の順になっている．また，材齢 2 週以降膨張量に大幅な増加は見られず，膨張量は一定となっている．曝露環境下では，反応性骨材置換率 40%を除き，約 300×10^{-6} の収縮が確認された．反応性骨材置換率 40%のみ約 150×10^{-6} ほどの膨張量を示している．しかし，各静置環境下において，各反応性骨材置換率での膨張量に顕著な差異は確認されなかった．

圧縮強度試験は反応性骨材置換率 100%のみ実施し，脱型直後と静置期間 12 週で行った．**図－3** に圧縮強度の試験結果を示す．**図－3** から，各静置環境で脱型直後から圧縮強度は増加していて，ASR 劣化が生じた OPC で見られるような圧縮強度の低下は確認されなかった．

また，静弾性係数試験についても反応性骨材置換率 100%のみ実施し，脱型直後と静置期間 12 週で行った．**図－4** に静弾性係数の試験結果を示す．**図－4** から，各静置環境で脱型直後から静弾性係数は増加していて，ASR 劣化を生じた OPC に見られるような静弾数係数の低下は確認されなかった．

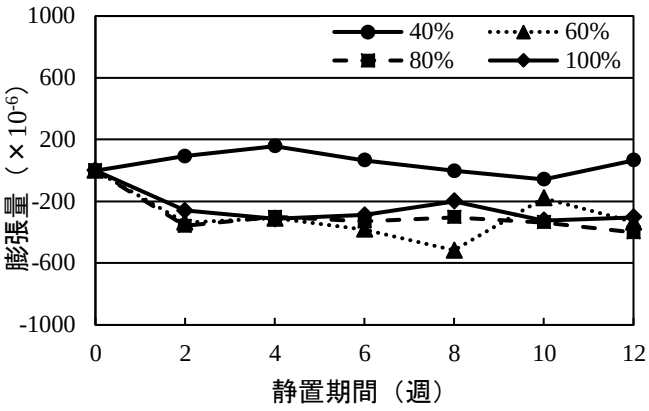
図－5 に膨張量と質量変化率（脱型直後の質量を 1 とする）の関係を示す．また，**図－5** に示す 0%は反応性骨材置換率 0%を示している．**図－5** から，各反応性骨材置換率と反応性骨材置換率 0%は各静置環境下で同様の膨張量と質量変化率の関係を示している．反応性骨材置換率 0%は反応性骨材を使用していないため，発生した膨張は吸水に伴う膨張であると考えられる．したがって，各反応性骨材置換率において発生した膨張も吸水に伴う膨張が支配的であると考えられる．

4. まとめ

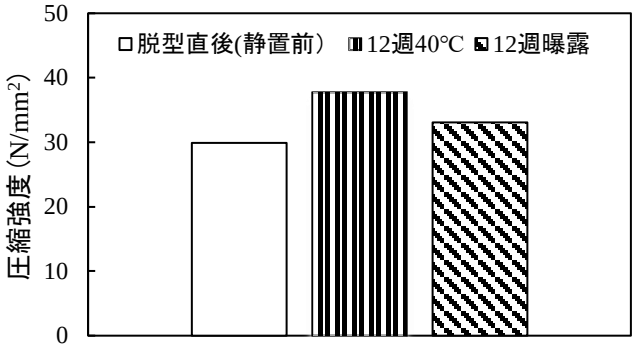
本実験環境下では，反応性骨材置換率を変化させたが膨張量は閾値未満であり，また膨張量に大きな差異は確認されず，圧縮強度，静弾数係数においても ASR 劣化を受けた OPC に見られるような傾向は確認されなかった．したがって，静置期間 12 週時点では反応性骨材がジオポリマーコンクリートに及ぼす影響は確認されず，反応性骨材を用いたジオポリマーコンクリートの適用の可能性が確認されたと考えられる．

謝辞

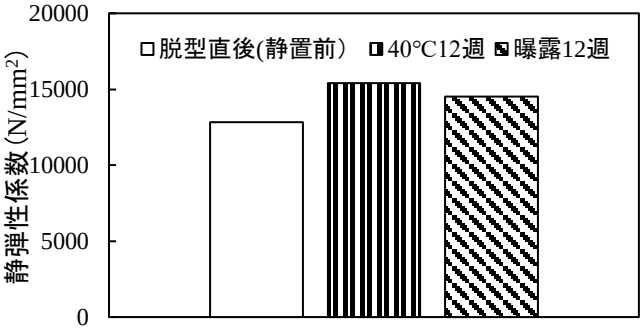
本研究の一部は，科研費（基盤 C－16K06441）の助成を受けて実施した．ここに記して謝意を表する．



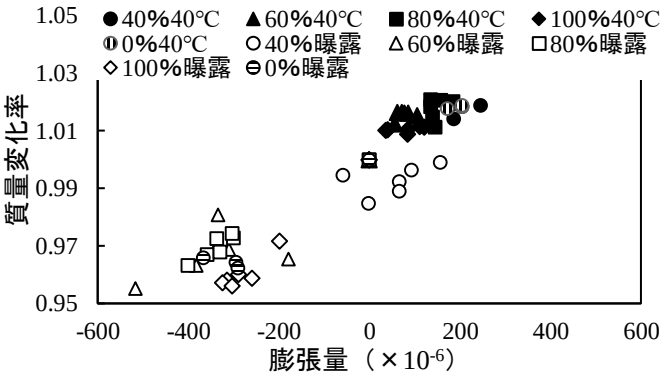
図－2 膨張量の経時変化（曝露）



図－3 反応性骨材置換率 100%の圧縮強度



図－4 反応性骨材置換率 100%の静弾性係数



図－5 膨張量と質量変化率の関係

参考文献

(1) 日本コンクリート工学会：ASR 診断の現状とあるべき姿研究委員会，pp268-269，pp307-310，2014.

© Japan Society of Civil Engineers