

加熱養生を受けるジオポリマーコンクリートの 硬化過程における長さ変化に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○浅田 純 九州大学大学院 正会員 佐川康貴 学生会員 上野 貴行

1. はじめに

ジオポリマーコンクリート（以下、GP）は、フライアッシュなどの活性フィラーとアルカリ溶液が縮合重合反応により硬化するが、その過程では収縮が生じることが知られている。著者らの既往の研究¹⁾においては、GPは部材の製造時に収縮が原因と考えられるひび割れが発生することがあるとの知見を得ている。本研究では、加熱養生を受けるGPの硬化時における膨張および収縮特性を明らかにするため、埋込み型ひずみゲージを用いた計測を行った。

2. 実験方法

2.1 使用材料

活性フィラーには、フライアッシュと高炉スラグ微粉末 4000 (GGBFS) (密度 2.91 g/cm³, 比表面積 4160 cm²/g) を使用し、フライアッシュは JIS A 6201 の II 種に相当する FA-2 (密度 2.32 g/cm³, 比表面積 4310 cm²/g, 強熱減量 3.7%) を使用した。アルカリ溶液 (GPW) は、水ガラスと苛性ソーダを混ぜ、密度を 1.40 g/cm³ に調整したもの (東曹産業(株)製, ナトリウム系) を使用した。骨材には、細骨材として珪砂 (S), 粗骨材として碎石 G1 (5-10mm), G2 (10-20mm) を使用した。また GP との比較を目的として、普通ポルトランドセメント使用の普通コンクリート (OPC) も作製したが、骨材は GP と同じものを使用した。混和剤には、AE 減水剤としてリグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体 (Ad) と AE 剤としてアルキルエーテル系陰イオン界面活性剤 (AE) を使用した。

2.2 配合および加熱養生条件

GP (記号 2-7018) の配合を表-1 に示す。文献¹⁾ で用いた 28 日強度で 33.6 N/mm² が得られる配合である。最高温度 70℃ で 18 時間保持の加熱養生を行った。図-1 に加熱養生の条件を示す。OPC (記号 OPC-6012) の配合 (圧縮強度 31.1 N/mm²) を表-2 に示す。最高温度 60℃ で 12 時間保持の加熱養生を行った。なお、加熱養生中に水分が散逸しないよう、打設面にラップフィルムを敷いた。

2.3 供試体

各配合で 100mm×100mm×400mm の角柱供試体を以下の通り 6 体作製した。

(a) 乾燥収縮試験用供試体 (3 体)

鋼製型枠内に打ち込み、図-1 の加熱養生を行った後、20±2℃, 60±5% R.H. の恒温恒湿室内で保管した。1 体は埋込み型ひずみゲージと熱電対を用いて、打設直後から長さ変化と温度を測定した。残りの 2 体は所定の材齢 (1 日, 2 日, 3 日, 4 日, 5 日, 1 週, 4 週) で、質量を測定した。

(b) 封かん養生供試体 (3 体)

型枠と供試体間の拘束を排除するために、打設前に鋼製型枠内面にグリスを用いてポリエチレンシートを 2 重に貼り合わせた。脱型時に供試体をアルミテープとシリコンシーラントで密封し、ポリエチレン製の袋に封入した後、20±2℃, 60±5% R.H. の恒温恒湿室内で保管した。1 体は埋込み型ひずみゲージと熱電対を用いて、打設直後から長さ変化と温度を測定した。残りの 2 体は所定の材齢で、質量を測定した。

表-1 ジオポリマーコンクリートの配合

配合名	単位量(kg/m ³)					
	GPW	FA	GGBFS	S	G1	G2
2-7018	330	353	152	559	329	517

表-2 比較用コンクリートの配合

配合名	単位量(kg/m ³)					Ad (g)	AE (ml)
	W	C	S	G1	G2		
OPC-6012	170	283	850	375	587	885	8.5

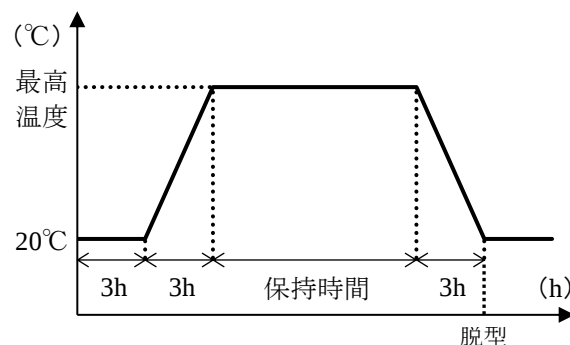


図-1 加熱養生条件

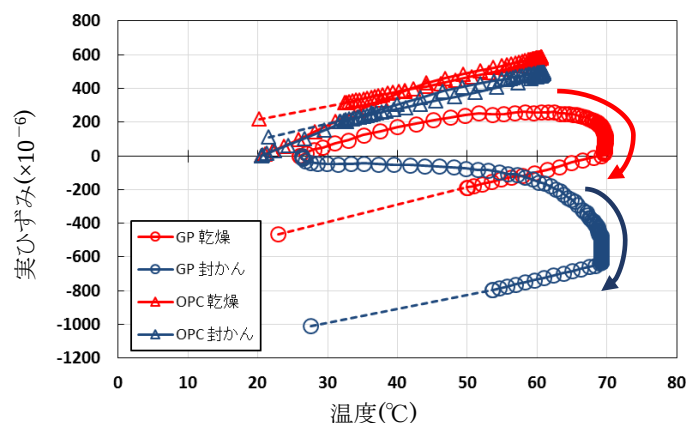


図-2 加熱養生時における実ひずみの変化

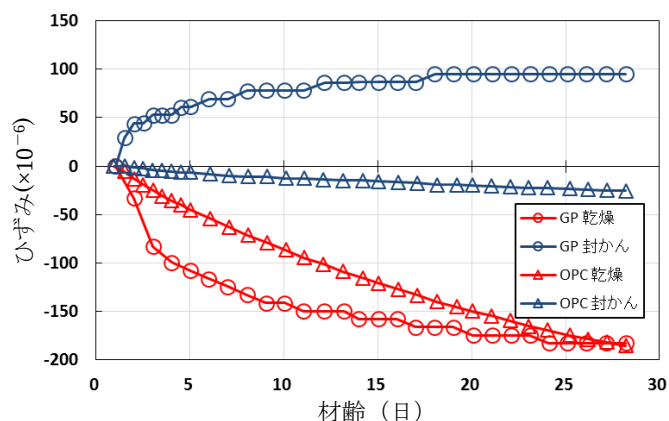


図-3 脱型後のひずみの変化

3. 実験結果および考察

3.1 加熱養生中の長さ変化

図-2 に加熱養生時における実ひずみの変化を示す。なお、供試体の温度ひずみは補正していない。図中の破線の区間は、脱型作業のためひずみを測定できなかったことを示している。

OPC は、最高温度 60℃で最大のひずみ（乾燥収縮試験用で 580μ, 封かん養生試験用で 500μ, μ は×10⁻⁶）を示した後、温度が下降するにつれて収縮した。

一方、GP は異なる結果を示した。乾燥収縮試験用供試体では温度上昇中に 50～60℃で 260μ に達した後は、70℃を保持している間も収縮を続けた。また、封かん養生供試体では、加熱養生開始時から収縮が始まっており、その後も加熱養生中に膨張は認められなかった。封かん養生供試体では、型枠と供試体間の拘束が小さいことにより、GP の縮合重合による収縮が、温度上昇による膨張量をも上回ったものと考えられる。なお、本研究では最高温度保持を 18 時間としており、保持時間の長さや収縮量の関係については、さらなる検討が必要である。各供試体の温度降下時のひずみから線膨張係数を求めた結果、8.2～10×10⁻⁶/℃の範囲にあり、GP と OPC で大きな差は認められなかった。

3.2 脱型後の長さ変化

図-3 に脱型後を基準としたひずみの変化を示す。なお、ひずみの値は、上記の線膨張係数を用いて温度ひずみの補正を行った値である。封かん養生供試体の結果を見ると、GP は膨張傾向を示していることが分かる。乾燥収縮試験用の全ひずみは、GP、OPC とともに図-4 に示す質量減少とともに収縮を示した。材齢 28 日の時点で GP は、乾燥供試体で -183μ, 封かん供試体で +95μ を

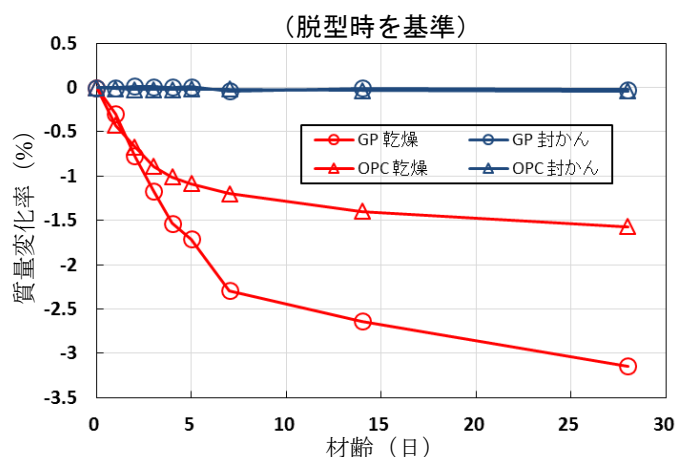


図-4 脱型後の質量変化

生じているため、加熱養生後の乾燥収縮ひずみとしては、-278μ 生じていることとなる。OPC でも同様に乾燥収縮ひずみを求めると、-159μ となり、GP は OPC と比べて、材齢 28 日の時点での乾燥収縮ひずみが大きくなった。

4. まとめ

- (1) GP は加熱養生中に、温度が上昇中または高温を保持している間に、収縮を示した。
- (2) 脱型後について、封かん養生 (20℃) を行った GP は膨張を示した。20℃, 60%R.H.環境下で GP は、OPC と同様に質量減少に伴い収縮を生じた。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 JP16K06441 の助成を受けたものです。関係者各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐川康貴, 太田周, 合田寛基, 大西俊輔：ジオポリマーコンクリートはりの曲げ耐荷性状に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.2095-2100, 2017.7