

石炭灰を活性フィラーとして用いたジオポリマーの養生温度と強度特性の関係について

中国電力株式会社
中国電力株式会社
中国電力株式会社
(公財)鉄道総合技術研究所
大和クレス株式会社

正会員
正会員
正会員
正会員
正会員

○ 渡辺 勝
及川 隆仁
佃 勝二
上原 元樹
田坂 晃宏

1. はじめに

ジオポリマーの硬化は、石炭灰などの Si, Al 成分を多く含む非晶質物質と、水酸化ナトリウム、水酸化カリウム等のアルカリ性溶液とを混合し、脱水縮合反応により 3 次元ポリマー構造の形成が、連続的にほとんど同時に起きる硬化反応である¹⁾。また、セメント生産時の CO₂ 排出量に比べて製造時の CO₂ 排出量が低いことや、火力発電所で発生する副産物を利用する点など環境負荷低減にも効果がある。

本報告では、早期硬化による効率的なジオポリマー作製手法の確立を目的とし、ジオポリマー作製時の温度養生条件の違いによるジオポリマー硬化体の性状および強度発現について実験的に確認した結果を報告する。

2. 実験概要

(1)実験ケースと使用材料

実験ケースと主要な使用材料を表 1 に示す。ケース A は一般的な配合と比較してケイ素/アルカリ（以下、Si/AL と略す）比が小さく、アルカリ/水（以下、AL/W と略す）比が大きい。一方、ケース B は多くのジオポリマー硬化体の作製配合に近い。なお、石炭灰（以下、FA と略す）は JIS 規格 2 種のものを使用した。

表 1 実験ケースと使用材料

実験ケース	養生温度	FA	細骨材	KOH+SiO ₂ 水溶液	NaOH+水ガラス水溶液	AL/W	Si/AL
ケース A100	100℃	590g	1180g	—	500g	0.36(モル比)	0.07(モル比)
ケース A80	80℃						
ケース B100	100℃	590g	1399g	429g	—	0.20(モル比)	0.30(モル比)
ケース B80	80℃						

(2)実験方法

前述の使用材料をモルタルミキサーにて混合攪拌し、φ5cm×h10cm の使い捨て型枠に詰め、乾燥炉にて高温養生を 4 時間実施しジオポリマー硬化体を作製した。その際、乾燥炉内の温度および湿度とジオポリマー硬化体の内部温度の経時変化を計測した。

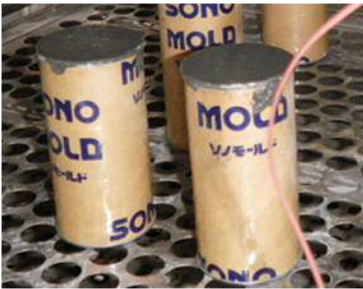


写真1 高温養生直前の状況

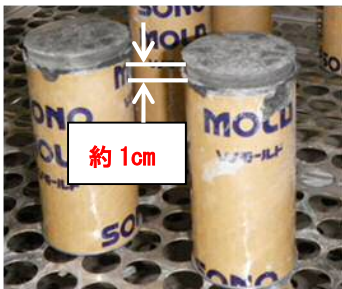


写真2 高温養生直後の状況

3. 実験結果

(1)ケース A100

養生前後の供試体状況を写真 1、写真 2 に示す。使い捨て型枠から約 1cm 供試体が膨張していることが確認された。また、写真 3 に示すように、供試体のいたるところで亀裂が確認された。



写真3 型枠内部状況

キーワード 石炭灰, ジオポリマー, 養生温度, 配合

連絡先 〒730-0046 広島県東広島市鏡山 3-9-1 中国電力(株)エネルギー総合研究所

TEL 082-420-0700 FAX 082-420-0704 E-mail 273625@pnet.energia.co.jp

図 1 に湿度と温度の経時変化を示す。乾燥炉内の設定温度が 100℃のため、炉内の温度は約 100℃、湿度はほぼ 0%で推移する。ジオポリマー内部温度が徐々に上昇し、設定温度の 100℃を超過することが確認された。また、120℃付近まで温度が上がったところで炉内の湿度が急激に上がり、徐々にジオポリマー内部温度が下がり始めることが確認できた。この結果から使い捨て型枠内部で行き場のなくなった水蒸気が膨張してジオポリマーを押し上げ、モールドとジオポリマーの隙間から水蒸気を放出したと推測される。

(2)ケース A80

次に同じ配合条件で養生温度を 80℃として実験を実施した。図 2 に湿度と温度の経時変化を示す。膨張現象および供試体の亀裂がないことを確認した。設定温度を下げたことで、ジオポリマー内部温度が 100℃を超えなかったため、水蒸気による圧力が小さく、供試体に影響を与えなかったと推測する。

(3)ケース B100

次にケース B で養生温度 100℃の実験を実施した。図 3 に湿度と温度の経時変化を示す。養生時間が 1 時間 30 分過ぎたところで、約 100℃までジオポリマー内部温度が上昇するが、湿度上昇はわずかであることが確認できた。これは、AL/W 比が低く、Si/AL 比が高いことで反応性が上がり、アルカリを消費することで、温度上昇要因が小さく、強度発現が速いことから水蒸気が発生して圧力がかかっても、圧力に耐えるだけの強度が出ていたことに起因すると推測する。

(4)ケース B80

次にケース B で養生温度 80℃の実験を実施した。図 4 に湿度と温度の経時変化を示す。膨張現象も起こらず、ジオポリマー内部温度もほぼ設定温度で推移した。

なお、圧縮強度はケース B100 (約 25N/mm²) > ケース B80 (約 15N/mm²) > ケース A80 (約 2N/mm²) となり、ケース A100 は計測できなかった。ケース A80 は硬化が始まったばかりで、養生時間が短かったため強度が出なかったと推測する。

4. おわりに

今回の実験でジオポリマー硬化体は、養生温度が高いと早期に強度が出ることを確認できた。ただし、配合によっては高温養生時に膨張現象を起こすことが確認できた。ジオポリマー硬化体を膨張させずに高温で養生するには、適切な配合で作製すること、早期に強度を発現させることおよび水分を上手に抜くことが重要である。今後は、ジオポリマー硬化体作製のための高温養生における蓄積温度と強度の関係について検討する予定である。

・参考文献

- 1) 上原 元樹, ジオポリマー法による環境負荷低減コンクリートの開発, 鉄道総研報告, 2008

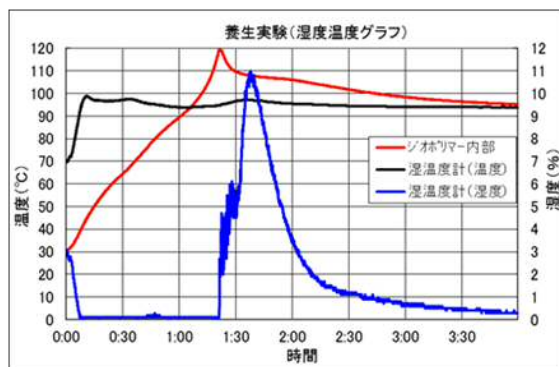


図 1 ケース A100 の経時変化図

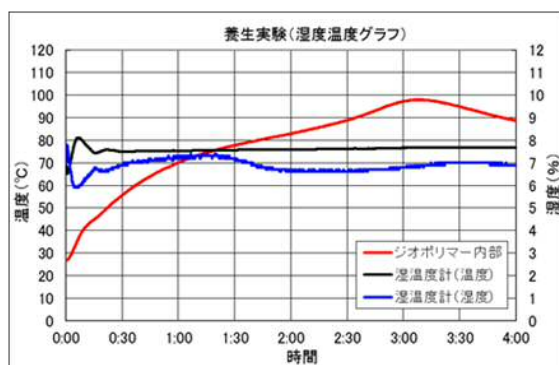


図 2 ケース A80 の経時変化図

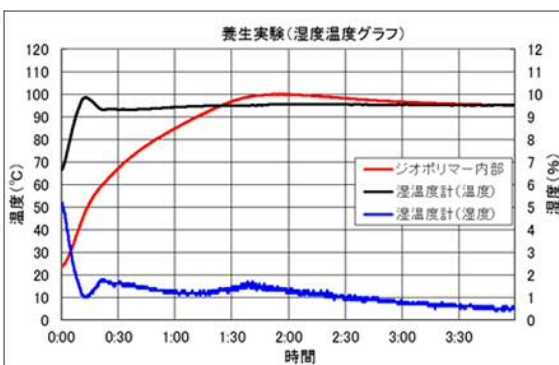


図 3 ケース B100 の経時変化

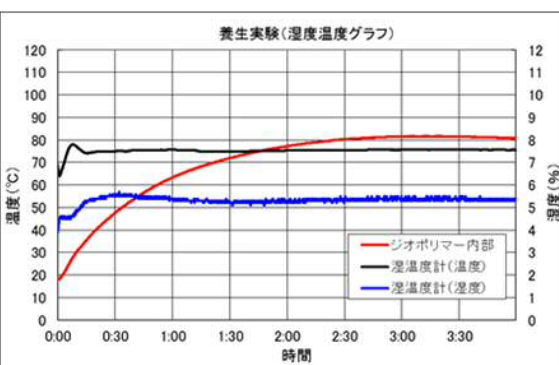


図 4 ケース B80 の経時変化図