

蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートの 体積変化および耐酸性特性について

(株)大林組 正会員 ○青木峻二 正会員 富井孝喜 正会員 谷田部勝博
西松建設(株) 正会員 原田耕司
大阪ガス(株) 正会員 西崎丈能 正会員 大西俊輔

1. はじめに

ジオポリマーコンクリートは、固化過程で熱を加えることによりその性能を早く発揮できるため、蒸気養生を行い製作される二次製品としての適用でしか実績がなかった。蒸気養生を行ったジオポリマーの性質に関しては、これまでに配合と強度の関係やフレッシュ性状と固化性状に関する研究成果が報告されている^{1), 2)}。

本稿では、現場打設可能なジオポリマーコンクリートの実用化を目的として、蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートの乾燥収縮、自己収縮および耐酸性について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合：使用材料を表-1に示す。アルカリシリカ粉末には、フライアッシュ(以下、FA)と高炉スラグ微粉末(以下、BS)を用い、アルカリシリカ溶液には、ケイ酸ナトリウム、水酸化ナトリウムおよび水の混合溶液を用いた。細骨材は珪砂、粗骨材は砂岩碎石を用いた。

ジオポリマーコンクリートの配合を表-2に示す。アルカリシリカ粉末のFAに対するBS置換率をパラメータとして0%(BS0)、10%(BS10)、30%(BS30)の3ケースについて実験を行った。アルカリシリカ溶液とアルカリシリカ粉末P(FA+BS)の質量比GPW/Pは、65%とした。

2.2 練混ぜ方法および養生：練混ぜは、温度20℃の恒温室内でパン型ミキサ(容量55L)を用いた。練混ぜ手順は、粗骨材と細骨材とアルカリシリカ粉末を入れて空練り30秒、アルカリシリカ溶液を入れて60秒間、掻き落とし後120秒間練り混ぜる方法とした。養生は、恒温恒湿室(温度20℃、湿度60%)で封緘養生とした。

3. 試験方法

3.1 乾燥収縮試験：試験は、JIS A 1129-3:2010「モルタル及びコンクリートの長さ変化測定方法—第3部：ダイヤルゲージ方法」に準拠した。幅100×高さ100×長さ400mmの供試体を作成し、材齢7日で基長を測定後、長さ変化と質量変化を1, 4, 6, 8および13週で測定した。

3.2 自己収縮試験：試験は、JCI-SAS2「セメントペースト、モルタルおよびコンクリートの自己収縮および自己膨張試験方法(案)」に準拠した。幅100×高さ100×長さ400mmの供試体を作成し、供試体の両端において中央部に埋込み型歪計を配置し、長さ方向のひずみを計測した。打込み直後は、打込み面からの水分の蒸発を防ぐためシートで覆いをして、24時間養生後、脱型した。歪の初期値は、打込み直後を基準とした。

3.3 耐酸性試験：φ100×100mmの円柱供試体を作成し、材齢28日まで封緘養生を行った後、硫酸水溶液(20℃、5%)に28日間浸漬した。硫酸浸透深さの測定は、供試体を切断し、切断面にフェノールフタレイン溶液を噴霧して、赤紫色を呈色した部分の直径を測定した。

表-1 使用材料

項目	記号	材料
アルカリシリカ粉末	FA	フライアッシュⅡ種品 密度：2.27g/cm ³
	BS	高炉スラグ微粉末 ブレン値：約4,000cm ² /g 密度：2.91g/cm ³
アルカリシリカ溶液	GPW	ケイ酸ナトリウム、 水酸化ナトリウム、水の混合溶液 密度：1.4g/cm ³
細骨材	S	珪砂(絶乾状態) 密度：2.60g/cm ³
粗骨材	G	砂岩採石(表乾状態) 密度：2.64g/cm ³

表-2 配合表

配合名	GPW/P (%)	単位量 (kg/m ³)				
		GPW	P		S	G
			FA	BS		
BS0	65	324	496	0	532	805
BS10	65	324	446	50	537	813
BS30	65	324	347	149	548	824

キーワード ジオポリマーコンクリート、常温養生、現場打設、乾燥収縮、自己収縮、耐酸性
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 技術第一部 TEL 03-5769-1322

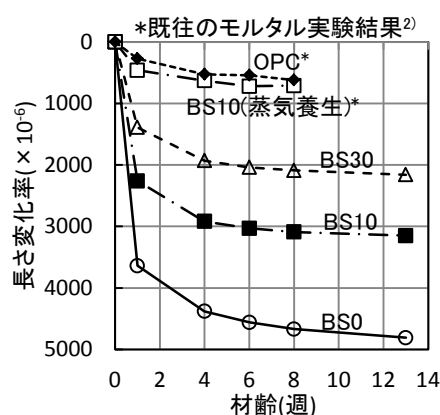


図-1 乾燥収縮長さ変化率

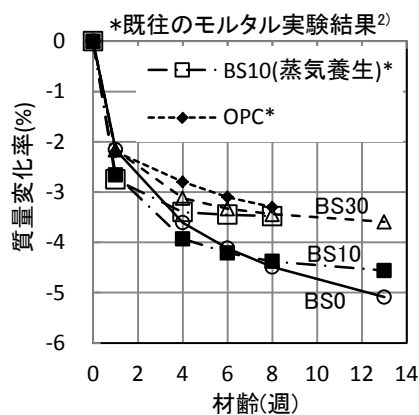


図-2 乾燥収縮質量変化率

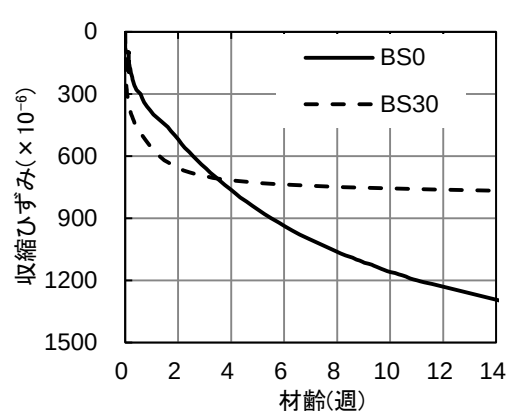


図-3 自己収縮ひずみ

表-3 耐酸性試験結果(28日)

配合名	浸透深さ (mm)	質量変化率 (%)
BS0	14.9	-1.27
BS10	12.7	-1.11
BS30	7.8	0.24
BS10 (蒸気養生)*	—	-2

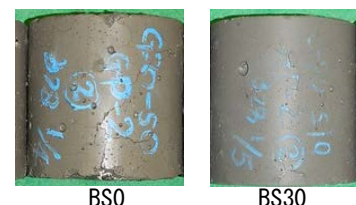
*既往のモルタル実験結果¹⁾

写真-1 耐酸性試験後供試体

4. 実験結果および考察

4.1 乾燥収縮試験：試験結果を図-1 および図-2 に示す。蒸気養生を行ったジオポリマーモルタル、セメントモルタル (OPC)²⁾ と比較して、蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートの長さ変化率は大きくなった。ジオポリマーは縮重合体であり、反応に伴い収縮する³⁾。蒸気養生を行うと縮重合反応が試験開始前に

大きく進むが、蒸気養生を行わないと試験開始後も縮重合反応が継続していることが長さ変化率増加の一因と考えられる。また、BS 置換率を高くすると長さ変化率は小さくなる傾向を示した。これは、縮重合反応と同時に BS による水和反応が起こり、圧縮強度が大きくなるため、長さ変化率が小さくなったと考えられる。蒸気養生の有無および BS 置換率と長さ変化率の関係から、縮重合反応の進行および圧縮強度が長さ変化率に関係していると考えられ、蒸気養生を行わない場合は、収縮量が多いことに注意する必要があると言える。なお、質量変化率に関する蒸気養生の有無による差は小さかった。これは、試験開始直後の水の蒸発が質量変化の主要な要因であるためと考えられる。

4.2 自己収縮試験：試験結果を図-3 に示す。材齢 10 日までは BS30 のほうが BS0 よりも収縮速度が大きい。材齢 10 日以降は BS30 の収縮速度が小さくなる傾向を示しているのに対して、BS0 の収縮が継続している。圧縮強度が小さく縮重合反応が起きている間は収縮が続くが、圧縮強度が大きくなると、収縮速度は小さくなると考えられる。材齢 10 日まで BS30 の収縮が大きい原因は、BS の水和反応による収縮の影響が考えられ、材齢 10 日以降は BS による水和反応による圧縮強度増加の効果もあり、収縮増加量が小さくなっていると考えられる。

4.3 耐酸性試験：試験結果を表-3 に示す。蒸気養生を行ったジオポリマーモルタル¹⁾の質量変化率と比較して、大きな差はなかった。硫酸浸透深さ、質量変化率、表面の損傷状況(写真-1)から、蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートも耐酸性が高いことと考えられる。

5. まとめ

今回の蒸気養生を行わないジオポリマーコンクリートの実験で得られた知見を以下に示す。

- (1)乾燥収縮は、蒸気養生を行う場合よりも大きくなる。
- (2)高炉スラグ微粉末の置換率を大きくすると、自己収縮、乾燥収縮が小さくなる。
- (3)耐酸性は、蒸気養生を行う場合と同程度の傾向を示す。

今後は、ジオポリマーコンクリートの収縮を考慮した配合、施工方法、養生方法等の検討を行う予定である。

参考文献 1)原田他:ジオポリマーモルタルの耐久性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, 2011, 2)一宮他:フライアッシュ 4 種を用いたジオポリマーモルタルの基礎物性, コンクリート工学年次論文集, Vol.34, No.1, 2012, 3)池田:ジオポリマーバインダーによる鉱物質粉体の常温固化と材料化, 資源と素材, Vol.114, 1998