

ジオポリマーモルタルのフローおよび圧縮強度に及ぼす水ガラスと混和剤の影響

呉工業高等専門学校 学生会員 ○国実 雅紀
 呉工業高等専門学校 正会員 三村 陽一
 呉工業高等専門学校 正会員 堀口 至

1. はじめに

現在、広く使用されているセメントは製造過程で大量の CO₂ を排出し、世界全体の CO₂ 排出量の 8% を占めていることから、セメント製造による地球温暖化の促進が懸念されている。そこで、セメントを使用しない建設材料としてジオポリマー（以下、GP）が注目されている。GP は活性フィラーとアルカリ溶液の反応により形成される縮重合体の総称を指し、製造過程での CO₂ 排出量を削減できるほか、フライアッシュや高炉スラグ微粉末（以下、BFS）等の産業副産物の有効活用が可能である。しかし、GP は統一的な配合設計法が確立されていないことや、高粘性で作業性に著しく劣るなど、普及に向けては課題点が多いのが現状である。本研究では、水ガラスの有無や各種セメントコンクリート用混和剤が、GP モルタルのフレッシュ性状および圧縮強度に与える影響について検討した。

2. 実験概要

本研究では、活性フィラーにフライアッシュ（JIS II 種相当品）と BFS（比表面積 4000cm²/g）を、アルカリ溶液には水ガラス（WG, JIS 1 号）、苛性ソーダ水溶液（15 mol/L）および上水道水を用いた。実験で使用した混和剤の一覧を表 1 に示す。本研究では表 1 に示した No.1~4 の 4 種類のセメントコンクリート用混和剤が、GP モルタルのフレッシュ性状や圧縮強度に与える影響について検討を行った。なお、混和剤の添加率はメーカーの定める標準使用量の最大量である。本研究で作製した GP モルタルの配合パラメータを表 2 に示す。本研究では、アルカリ溶液に WG を使用した実験 A に加え、GP モルタルの粘性低下を図るために WG を使用せずに作製した GP モルタルを用いた実験 B を行った。なお、実験 B では BFS 置換率が 50% となっているが、これは WG を使用しない GP の圧縮強度が大幅に低下すると報告されていることから、強度増進を目的に BFS 置換率を大きくしたためである。

モルタルフロー実験では、フローコーン引き上げ直後の GP モルタルの広がりを 0 回打フロー値、モルタルに 15 回の落下運動を与えた後の広がりを 15 回打フロー値として測定した。なお、GP モルタルの付着防止のため、内側をフッ素樹脂コーティングしたフローコーンを用いて実験を行った。圧縮強度実験には円柱供試体（直径 50mm×高さ 100mm）を用いた。打設直後から 60°C で 24 時間の加熱養生を行ったのち、圧縮実験まで 20°C の常温養生を行った。材齢 2 日で圧縮実験を行い、載荷速度を 0.2N/mm² とした。

表 1 混和剤の一覧と概要

No.	種類	主成分	特長	添加率 B×%
1	高性能 AE 減水剤	ポリカルボン酸系化合物 リグニンスルホン酸塩	高炉スラグ微 粉末高含有コ ンクリート用	2.5
2		ポリカルボン酸系化合物	低粘性・流動 保持性タイプ	2.0
3	高性能 減水剤	ポリカルボン酸系化合物	スランプフロ ーの保持性能	3.0
4		ナフタレンスルホン酸系 化合物	初期強度発現 性の向上	2.0

表 2 GP モルタルの配合パラメータ

配合パラメータ	実験 A	実験 B
アルカリ水比 A/W（モル比）	0.1	
ケイ素アルカリ比 Si/A（モル比）	0.4	0
単位水量 W （kg/m ³ ）	240	
水結合材比 W/B	0.44	
BFS 置換率 （vol%）	10%	50%

キーワード ジオポリマー、水ガラス、混和剤、モルタルフロー、圧縮強度
 連絡先 〒737-8506 呉市阿賀南 2-2-16 呉工業高等専門学校 TEL0823-73-8476

3. 実験結果および考察

実験 A のフロー実験で得られた結果を図 1 に示す。実験 A の混和剤未添加の配合を A0 とし、A1～A4 の数値は表 1 の混和剤 No. を表している。実験 B の表記も同様である。また、比較対象として目標スランブ 8cm のセメントモルタル(W/C=55%)のフロー値(図 1 の C)を併せて示す。図 1 の棒グラフ全体で 15 回打フロー値を表し、棒グラフ中の点線で 0 回打フロー値を表している。C と A0 を比較すると A0 のフロー値は大きく、高流動で扱い易いように見受けられるが、0 回打と 15 回打のフロー値の差(フロー差)では、C が 87mm に対し A0 は 37mm であった。この結果や、実験中の目視観察の様子から、C と比較して粘性が高く作業性に劣る GP モルタルであった。A1～A4 の GP モルタルにおいても、A0 と 0 回打、15 回打フロー値ともに概ね同等であり、混和剤添加によるフロー値の大きな変化を確認できなかった。粘性についても混和剤未添加の A0 と同程度であった。

実験 B のフロー実験で得られた結果を図 2 に示す。C と B0 の 0 回打フロー値はほぼ 100mm でフローコーン引き上げ時にほぼ流動しなかった。しかし、B0 のフロー差は C より 30mm 程度小さくなった。また、A0 と B0 では、B0 のフロー値は 0 回打、15 回打フロー値ともに小さくなった。これは実験 B で BFS 置換率を高くしたためと考えられる。一方、フロー差は A0 に比べて B0 の方が大きくなった。既往の研究²⁾で、BFS 置換率が高いほど、練り混ぜ直後における GP モルタルの粘性が高くなる傾向にあると示されているが、本研究では BFS 置換率の高い B0 の粘性は A0 より大幅に低減していた。したがって、BFS 置換率を高くしても、WG を使用しないこと

で GP モルタルの粘性を低減させることができると考えられる。しかし、B0 の粘性は C に比べてやや高いものであった。B0 と B1～B4 を比較すると、粘性については混和剤添加による変化は確認されず、いずれの GP モルタルにおいても同程度であった。流動性については B1～B3 では混和剤による変化は確認できなかったが、B4 では混和剤添加により GP モルタルの流動性が高くなり、作業性が向上した。図 3 に示す圧縮強度については、B4 の圧縮強度が最も大きく、混和剤未添加の B0 の約 2 倍の圧縮強度を示した。B1～B3 では混和剤による圧縮強度の増加は確認されなかった。表 1 に示すように、本研究で用いた混和剤のうち、No.4 のみナフタレンスルホン酸系化合物が主成分の混和剤となっている。以上のことから、WG を使用しない GP モルタルにおいて、ナフタレンスルホン酸系のセメントコンクリート用高性能減水剤を使用することで、流動性や圧縮強度を高めることができると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に要約する。

- 1) 本研究で使用したセメントコンクリート用混和剤では、水ガラスを使用した GP モルタルのフレッシュ性状は改善されなかった。
- 2) WG を使用せずに GP を作製することで、GP モルタルの粘性を大幅に低減可能である。
- 3) 水ガラスを使用しない GP モルタルにおいて、ナフタレンスルホン酸系のセメントコンクリート用高性能減水剤を使用することで、流動性および圧縮強度を高めることが可能である。

参考文献

- 1) 木村 亨：フライアッシュと水酸化ナトリウム水溶液と細骨材だけで作製したジオポリマーモルタルの養生方法の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.42，No.1，pp.1768-1773，2020
- 2) 一宮一夫，津郷俊二，原田耕司，池田 攻：ジオポリマーモルタルの配合ならびに製造法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，pp.575-580，2011

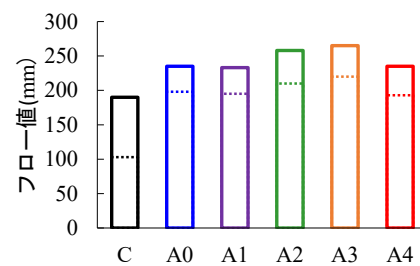


図 1 実験 A のフロー値

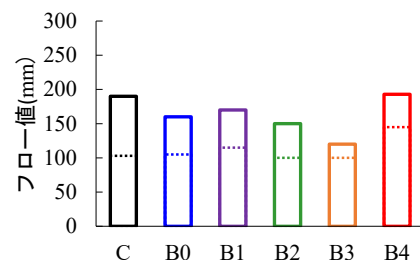


図 2 実験 B のフロー値

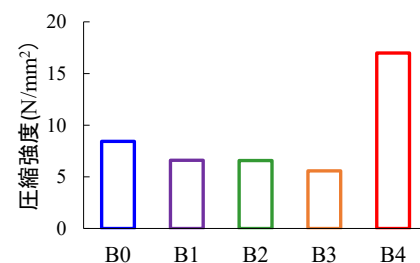


図 3 実験 B の圧縮強度