

ジオポリマーモルタルの流動性と圧縮強度に関する基礎的研究

三井住友建設 技術研究所 正会員 ○恩田 陽介
 三井住友建設 技術研究所 正会員 石澤 正大
 三井住友建設 技術研究所 正会員 佐々木 亘
 三井住友建設 技術研究所 正会員 谷口 秀明

1. 目的

ジオポリマーは、活性フィラーとジオポリマー溶液を主体とした結合材で構成される。活性フィラーには主に産業副産物であるフライアッシュ等の粉体を多量に使用できることから、環境負荷を低減する技術の一つとして注目されている¹⁾。本報では、ジオポリマーの配合に関する基礎的検討として、ジオポリマーモルタル中の単位ジオポリマー溶液量（以下、GPW 量）を変化させ、GPW 量がジオポリマーモルタルの流動性および圧縮強度に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要

使用材料を表-1、配合を表-2 に示す。本実験では既往文献¹⁾を参考に、活性フィラーにフライアッシュと高炉スラグ微粉末を9:1で用い、ジオポリマー溶液に水ガラスとNaOHおよび水を用いたフライアッシュをベースとするジオポリマーモルタルを用いた。GW 量とフィラー量の質量比は一定(0.5)とした。GPW 量は、245～360kg/m³の間で4水準を設け、GPW 量とジオポリマーモルタルの流動性の関係を調べた。

表-1 使用材料

材料	記号	物性等
ジオポリマー溶液	GPW	上水道水、水ガラス（JIS 1号相当）およびNaOHの混合物、密度1.38g/cm ³
活性フィラー (記号:F)	フライアッシュ I 種	FA 密度2.44g/cm ³ 、比表面積5950cm ² /g
	高炉スラグ微粉末	BS 密度2.90g/cm ³ 、比表面積4380cm ² /g
細骨材	砕砂	S1 茨城県桜川市産、密度2.60g/cm ³
	山砂	S2 千葉県富津市産、密度2.65g/cm ³

表-2 配合

配合名	GPW/F	Air (%)	単位量 kg/m ³					
			GPW	F			S1	S2
				FA	BS			
GPm245	0.5	4.5	245	490	441	49	881	602
GPm280			280	560	504	56	796	541
GPm320			320	640	576	64	697	472
GPm360			360	720	648	72	598	405

練混ぜには、容量10Lのモルタルミキサを用いた。活性フィラーと細骨材を30秒間空練りした後、あらかじめ作製したジオポリマー溶液を加えて90秒間練り混ぜた。その後、かき落しを行い、さらに90秒間の練混ぜを行った。ジオポリマーモルタルの流動性は、JIS R 5201に準拠した方法で0打フロー、15打フローにより確認した。圧縮強度試験体にはφ

50×100mmの型枠を使用し、2層に分けて詰め込み、各層で叩きによる振動と突き棒での十分な突固めを行って作製した。20℃環境下で封緘養生を行った後、材齢3、7、28および91日の圧縮強度を測定した。

3. 実験結果および考察

GPW 量とフローの関係を図-1に示す。GPW 量の増加により、フローが増加するが、とりわけ、GPW 量が280～320kg/m³の範囲では、フローが急激に増加する。また、0打フローと15打フローの差は、GPW 量に関わらず小さく、振動に伴う変形性は小さいことがわかる。

GPW 量と圧縮強度の関係を図-2に示す。図-2中には、材齢3～91日の試験結果以外に、材齢28、91日の試験結果に対しては、3本の供試体の圧縮強度の最大値と最小値も併記している。対象としたジオポリマーモルタルの初期強度発現性は小さく、材齢3～7日の圧縮強度は約4～14N/mm²の範囲である。材齢7日以降の圧縮強度は材齢に伴って増加し、材齢28日で49.5～59.6N/mm²、材齢91日で68.6～98.2N/mm²といった高い強度

キーワード ジオポリマー、流動性、圧縮強度

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木518-1 三井住友建設(株)技術研究所建設材料グループ TEL. 04-7140-5201

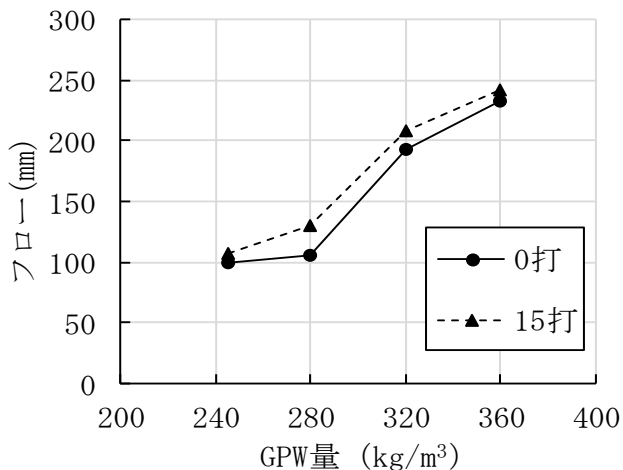


図-1 GPW 量とフローの関係

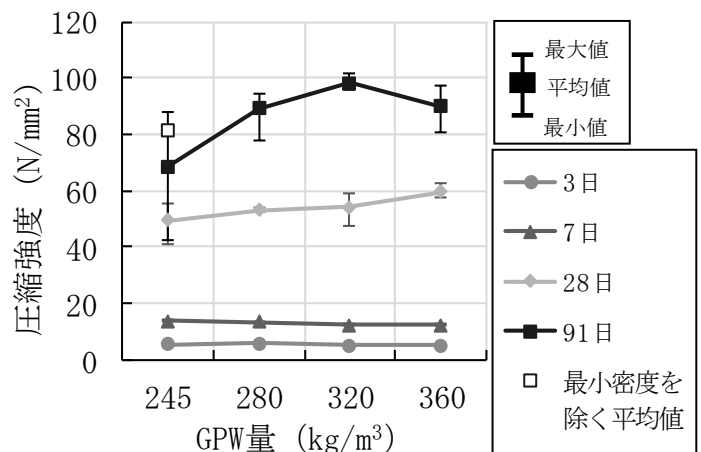


図-2 GPW 量と圧縮強度の関係

域のジオポリマー硬化体を得られる。既往の研究²⁾によれば、初期強度発現性を高めるため、蒸気養生を行っているものが多く、用途に応じてそのような養生面での対策も必要になるものと考えられる。また、ジオポリマー硬化体の圧縮強度は、ジオポリマー中のアルカリ量と水分のモル比（以下、アルカリ水比）に相関がある³⁾とされる。このため、アルカリ水比を一定とした本実験では、いずれの GPW 量においても圧縮強度は同程度になり得るが、GPW 量を 245kg/m³ の圧縮強度は他と比べて著しく低い。全体の傾向としては、GWP 量が多いほど、圧縮強度は高くなる傾向がある。

そこで、図-3 には供試体 1 本ごとの見かけの密度と

圧縮強度の関係を調べた。まず、GPW 量が 245kg/m³ に関しては、密度が著しく低下した 1 本が含まれるため、これは供試体作製時に空気を巻き込み、振動・突固めを行っても抜けなかったことに起因する（試験後の供試体内部の空隙を確認）。このため、この供試体を除いた圧縮強度は 81.7N/mm² となり、図-2 に示すように他との強度差は小さくなる。各 GPW 量において、密度が小さいほど、圧縮強度も小さい傾向があり、供試体中の空隙量が圧縮強度に影響を与えている可能性が高い。全体的な傾向として 15～20N/mm² の強度のばらつきが発生しており、フロー試験で述べたように振動による変形性が小さなジオポリマーモルタルでは巻き込みエアを低減する方法を検討する必要がある。配合上は、今回の実験の範囲では GPW 量を 280kg/m³ 以上とし、流動性を高める必要がある。

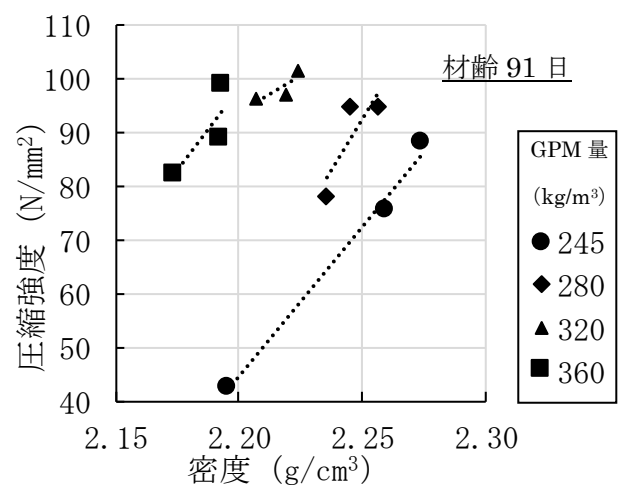


図-3 圧縮強度と密度の関係

4. まとめ

ジオポリマーモルタルの GPW 量が流動性および圧縮強度に与える影響を実験的に確認した結果、本実験の範囲では、GPW 量を 280kg/m³ 以上確保する必要があることが明らかになった。

参考文献

- 1) 日本コンクリート工学会：「建設分野におけるジオポリマー技術の現状と課題」に関するシンポジウム委員会中間報告論文集，2016
- 2) 一宮一夫ら：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. 1，2011
- 3) 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，Vol. 22，No. 4，2008. 4