

ポゾラン材料ベースジオポリマーペーストの配合と圧縮強度の関係 Relationship between the mix proportion compressive strength of geopolymer pastes based on pozzolanic materials

○上野真由¹, 佐藤正己², 梅村靖弘²
Mayu Ueno¹, Masaki Sato², Yasuhiro Umemura²

Abstract: As global warming has become a social problem, geopolymer (GP) have attracted attention for their ability to reduce emissions of CO₂, a factor in global warming. The properties of geopolymers, such as resistance to acid and compressive strength, have been clarified. On the other hand, the mix proportion theory has not been established yet. In order to contribute to the establishment of the theory of mix proportion, this study investigates the relationship between mix proportion and compressive strength by varying the alkali content, silica content and water content of GP.

1. はじめに

ジオポリマー (GP) とは、フライアッシュ (FA) 等の非晶質のケイ酸アルミニウムを主成分とした原料とアルカリ金属の水溶液を用いて硬化させた非晶質の縮重合体であり、1988年に Davidovits により命名された。GPは耐酸性の特性を持ち、国内では下水道、温泉地帯の酸性の強い場所での利用が期待されている。GPはセメントを使用せず FA 等の活性フィラーを用いるため CO₂排出量の削減に寄与することができる。これまでの研究より GP の酸に対する抵抗性や圧縮強度などの力学特性は明らかとなっているが、配合理論に関しては未だ確立されていない。そこで、本研究では配合理論の確立に寄与するため、佐藤、一宮らの研究^{2),3)}を参考に A/W (アルカリ水比)・Si/A (シリカアルカリ比)・W/P (水粉体比) の3つの要因子を変化させ練混ぜを行い養生した後、圧縮強度試験を行い、この3つの配合要因子と圧縮強度との関係を整理・検討した。主要因子を Table 1 に示す。

2. 実験概要

本実験では、活性フィラー (P) を FA (JIS II種) として、水ガラス (WG) と水酸化ナトリウム (NH) 溶液を使用した水ガラスペースト (WGP)、また、シリカフェーム (SF) と NH 溶液を使用したシリカフェームペースト (SFP) を同じ配合で作製した。練混ぜは JISR5201 に準拠し、空練り後低速 1 分、かきおとし後高速 2 分練り混ぜた。練混ぜ後はポリ瓶に詰めて加熱養生を行った。加熱履歴は、上昇温度速度 20°C/h で 20°C から 80°C、最高温度 80°C で 48h、降下温度速度 20°C/3h で 80°C から 20° まで下げた。圧縮試験は JISA1108 に準拠した。配合と圧縮強度を Table 2 に示す。

Table 1. Primary factors related to strength

記号	成分	定義
A/W	Na/(H ₂ O+SP)	Na (WG,NH)とH ₂ O (WG,WT) のモル比
Si/A	Si/Na	Si と Na (WG,NH) のモル比
W/P	(H ₂ O+SP)/FA	H ₂ O (WG, WT) 中 とFAの質量比
GP/W/P	(WG+NH+WT+SP)/FA	ジオポリマー溶液とFAの質量比
	(SF+NH+WT+SP)/FA	(全体量からFAを除いた質量)/FAの質量

Table 2. Mix proportion and compressive strength

配合名	条件	A/W モル比	Si/A モル比	W/P 質量比	GP/W/P 質量比	単位量 (g/L)						圧縮強度 (MPa)		
						W			NaOH	SF	FA			
						WT	SP	H ₂ O(WG)						
基準 WGP	基準	0.16	0.59	0.31	0.51	209	25	151	179	65	—	1242	38.8	
No.1 WGP	A/W+0.04	0.2			0.56	168	25	186	220	81	—	1224	54.6	
No.2 WGP	A/W-0.04	0.12			0.46	251	26	115	135	49	—	1260	14.6	
No.3 WGP	Si/A+0.3	0.16			0.89	0.55	134	25	228	270	27	—	1247	47.5
No.4 WGP	Si/A-0.3				0.29	0.46	285	25	74	87	103	—	1236	—
No.5 WGP	W/P+0.03	0.16			0.59	0.31	0.34	0.55	223	24	158	187	68	—
No.6 WGP	W/P-0.03		0.28	0.46			196	26	142	167	61	—	1298	19.0
基準 SFP	基準	0.2	0.59	0.31	0.52	339	23	—	—	133	114	1168	10.2	
No.1 SFP	A/W+0.04				0.57	330	23	—	—	162	139	1137	27.9	
No.2 SFP	A/W-0.04				0.47	349	25	—	—	103	88	1203	5.5	
No.3 SFP	Si/A+0.3				0.89	0.57	330	23	—	—	130	168	1140	32.7
No.4 SFP	Si/A-0.3				0.29	0.47	347	24	—	—	137	57	1200	9.3
No.5 SFP	W/P+0.03				0.16	0.59	0.31	0.34	0.57	359	22	—	—	139
No.6 SFP	W/P-0.03	0.28	0.47	319				24	—	—	126	108	1226	1.6

1 : 日大理工・院 (前)・土木 2 : 日大理工・教員・土木

3. 実験結果

Figure 1 に圧縮強度と A/W の関係を示す。Figure 1 に示すように既往の研究同様 WGP, SFP ともに A/W が大きくなると圧縮強度は増加する傾向がみられた。既往の研究でアルカリ分が多くなることで FA が良く反応し GP の基本構造につながるアルミノケイ酸塩物質が生じやすくなるためと報告されており¹⁾、本研究においても同様の理由と考えられる。

Figure 2 に圧縮強度と Si/A の関係を示す。Si/A0.29 の場合は、練混ぜ後に FA が凝集しペースト状態になっておらず硬化体を作製することができなかった。WG 中の水分量が減少し FA が分散し難くなったためではないかと考えられる。Figure 2 に示すように Si/A が大きくなると圧縮強度が増加する傾向がみられた。しかし、SFP では Si/A=0.29-0.59 では圧縮強度はほぼ等しく増加はみられなかった。

Figure 3 に圧縮強度と水粉体比の関係を示す。既往の研究では GP コンクリートにおいて単位水量が少なくなると高強度となることが報告されている¹⁾。Figure 3 に示すように既往の研究とは異なり W/P と圧縮強度の間に線形の相関関係は見られず、圧縮強度は W/P=0.31 でピークになり、その前後において上に凸型の曲線形となるように推察された。

4. まとめ

A/W に関しては既往の研究と同様、A/W を大きくすると圧縮強度が増加した。Si/A については Si/A を大きくすると圧縮強度が増加する傾向はみられた。W/P と圧縮強度については既往の研究と異なり、W/P と圧縮強度の間には線形の相関関係は得られず W/P0.31 でピークになり、その前後で上に凸型の曲線形となることが推察された。

5. 参考文献

- [1] 建設分野へのジオポリマー技術の適用に関する研究委員会 報告書, 日本コンクリート工学会, 2017
- [2] 佐藤隆垣, 岡戸仁志, 小田慎太郎, 上原元樹, 山崎淳司, 作製法によるジオポリマーペーストの物性変化, 日本粘土学会第 59 回粘土科学討論会発表抄録, Vol.59, pp.162-163, 2015
- [3] 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, pp.575-580 No.1, 2011

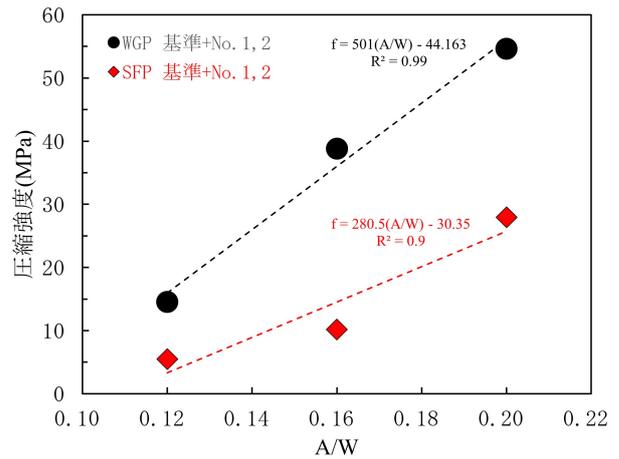


Figure 1. Relationship between compressive strength and A/W

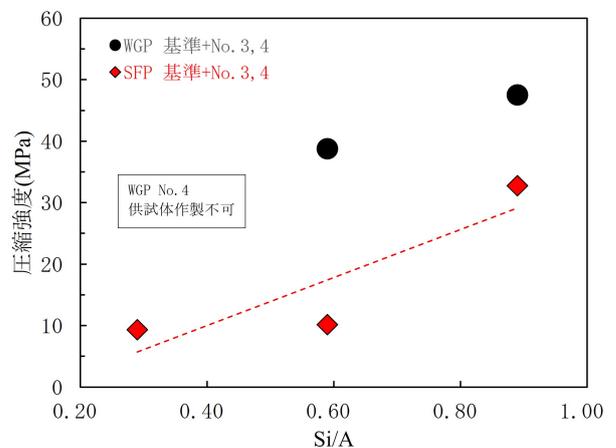


Figure 2. Relationship between compressive strength and Si/A

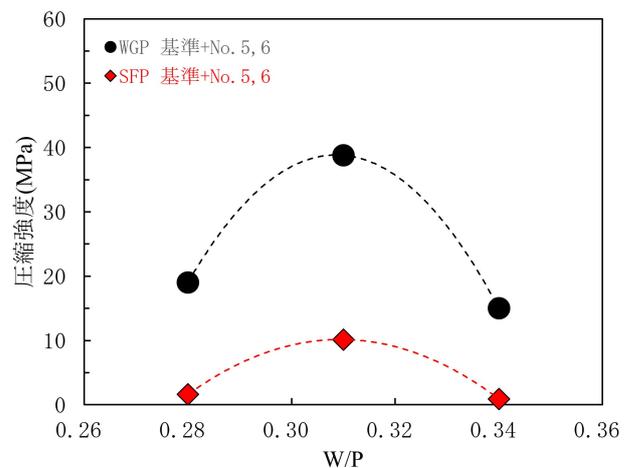


Figure 3. Relationship between compressive strength and W/P