

# 高炉スラグ微粉末を単一活性フィラーとしたアルカリ刺激材料における アルカリ溶液の種類が材料特性に及ぼす影響

九州工業大学 学生会員 ○加来綾夏 九州工業大学大学院 正会員 合田寛基  
オリエンタル白石株式会社 正会員 俵道和 浦川洋介 吉澤千秋

## 1. はじめに

近年、低炭素社会実現が進められている中、汎用性の高いセメントコンクリートを活用しつつ、製造過程の二酸化炭素排出量を低減可能な新材料の開発が積極的に行われている。すでにセメントコンクリートの混和材として使用実績の高い高炉スラグ微粉末(BFS)は、カーボンニュートラルに寄与する産業副産物として期待されている。一方、BFSを主たる活性フィラーとしたアルカリ刺激材料(AAM)に関しては、海外での研究事例が多い一方、国内ではセメント系材料やジオポリマーほどの研究実績がない。そこで本研究では、AAMのプレキャスト部材への適用に関する基礎研究として、BFSを単一活性フィラーとしたAAMを試作し、アルカリ溶液の成分ならびにアルカリ水比(A/W)が材料特性に及ぼす影響を定量的に評価し、所定の要求性能を満たす配合をアルカリ溶液の成分およびA/Wから推測することが可能か検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1. 使用材料と配合

表1に本実験で用いた材料の物性値を示す。アルカリ溶液のA/Wは、汎用品にWならびにSOを添加して調整した。表2に本実験の配合例を、表3にアルカリ溶液の配合例を示す。本実験では、溶液粉体比(L/P)を0.7、細骨材ペースト比(S/Pa)を1.0とした。

### 2.2. 供試体作製方法と養生方法・試験方法

アルカリ溶液は、表3の配合から必要材料をスターラーで攪拌し、作製した。練混ぜは、始めに細骨材とBFSをミキサーに投入し30秒空練りを行った。その後、常温のアルカリ溶液を投入し、1分間練り混ぜ、搔落しの後、さらに1分間練り混ぜた。本実験では、φ50mm×100mmの円柱供試体を作製した。供試体は封緘した上で、プログラム恒温槽を用い、図1に示す条件で加温養生を行った。加温養生後は、20℃の恒温室で所定の材齢まで封緘養生とした。モルタルフロー、圧縮強

表1 使用材料

使用材料	記号	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	備考
アルカリ溶液1	AS1	1.40	A/W=0.11
アルカリ溶液2	AS2	1.40	A/W=0.099
高炉スラグ微粉末	BFS	2.91	石こう無し
細骨材	S	2.54	海砂
水酸化ナトリウム	SO	2.13	

表2 配合例

溶液	A/W	L/P	S/Pa	AS	BFS	S
				g/L		
SO	0.110	0.7	1.0	339	484	1270
GP1	0.110			390	557	1270
GP2	0.110			391	559	1270

表3 アルカリ溶液の配合例

基本	A/W	SO	AS1	AS2	W
		g/kg			
SO	0.110	196.4	0	0	803.6
AS1	0.110	0	1000.0	0	0
AS2	0.110	15.6	0	984.4	0

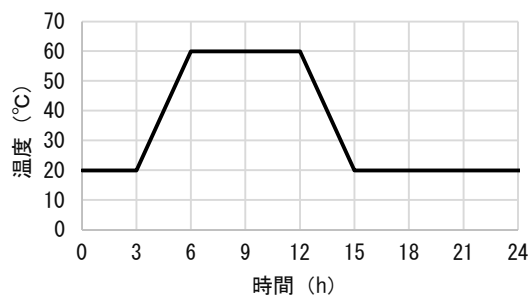


図1 加温養生条件

度試験は、JIS R 5201に準拠し、圧縮強度試験は1日、7日材齢で実施した。

### 3. 実験結果および考察

図2にA/Wが0.11, 0.099, 0.050におけるフロー値とSiO<sub>2</sub>質量パーセント濃度の関係を示す。図2より、SiO<sub>2</sub>濃度が0%から15%の間では、SiO<sub>2</sub>濃度が増加すると、フロー値も増加する。また、0打フローと15打フローの差が減少している。この傾向はA/Wが0.11, 0.099において顕著になっている。一方、SiO<sub>2</sub>濃度が15%を超えると、フロー値は減少し、0打フローと15打フローの差は大きく変化しない。

SiO<sub>2</sub>濃度が0%から15%の間では、濃度が増加するに従いアルカリ溶液の粘性が高くなるため、アルカリ溶液が細骨材を押し広げる力が大きくなり、フロー値が増加すると考えられる。また、濃度が増加していくと、0打フローの時点でモルタルが大きく広がるため、0打フローと15打フローの差が減少すると考えられる。SiO<sub>2</sub>濃度が15%を超えると、アルカリ溶液の粘性がさらに高くなり、モルタル全体の流動性が小さくなることで、フロー値が減少していくと考えられる。粘性が高いことで振動を与えてもフローが広がらず、0打フローと15打フローの差がほぼ変化しないと考えられる。

図3にA/Wと圧縮強度の関係を示す。図3より、アルカリ溶液がSO, AS1, AS2の順に圧縮強度が増加することがわかる。また、SOよりも、AS1, AS2の方が、圧縮強度の増加量が大きい。A/Wはもとより、A/W以外の要因が圧縮強度に影響していることがうかがえる。

図4に圧縮強度とSiO<sub>2</sub>質量パーセント濃度の関係を示す。図4より溶液に対するSiO<sub>2</sub>質量パーセント濃度が増加すると、圧縮強度も増加する。

AAMの硬化体組織は、Ca, Al, Si, H<sub>2</sub>Oの化合物(C-A-S-H)で構成されている。BFS中にはCaやAlが多く存在するものの、内包するSiでは、強固なC-A-S-Hを構成するには十分ではない。このため、Siを有していないSOでは十分な強度を期待できない。一方で、けい酸ソーダ由来のアルカリ溶液中には多量のSiが含まれているため、圧縮強度が高くなったと推察できる。

以上より、A/WとSiO<sub>2</sub>濃度からフロー値の推測が可能であると考えられる。また、A/WとSiO<sub>2</sub>の濃度によって圧縮強度の大きさが決まり、A/W, SiO<sub>2</sub>濃度が共に高いと、圧縮強度も高い傾向がみられる。このことから、アルカリ溶液のA/Wと成分を調整することで、要求性能を満たす配合が推測できると考える。

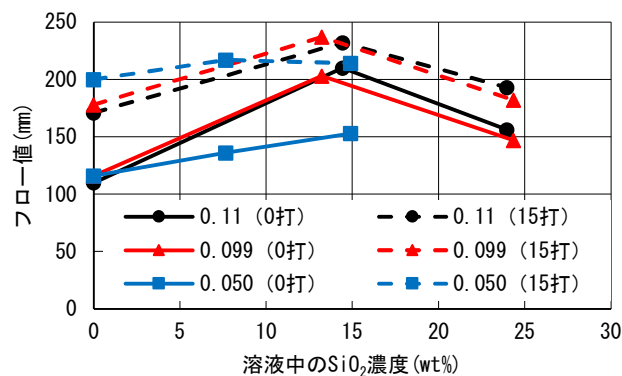


図2 フロー値とSiO<sub>2</sub>濃度の関係

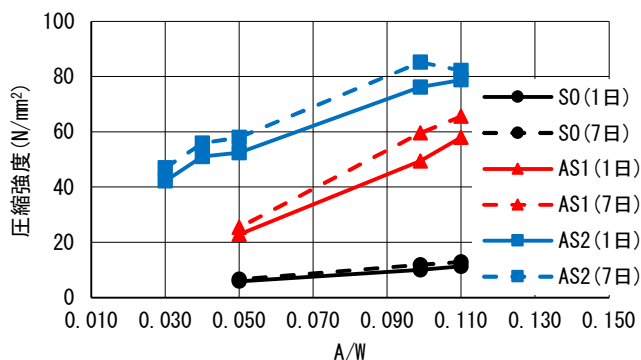


図3 アルカリ水比と圧縮強度

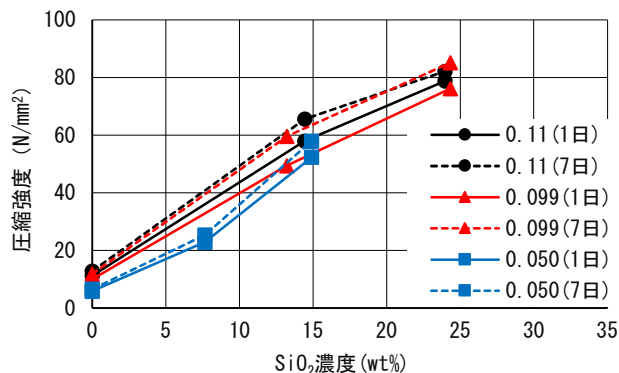


図4 圧縮強度とSiO<sub>2</sub>濃度

### 4. まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す。

- (1) アルカリ溶液中のSiO<sub>2</sub>質量パーセント濃度が0%から15%に増加するとフロー値も増加し、SiO<sub>2</sub>濃度が15%を超えるとフロー値が減少する。
- (2) アルカリ溶液中のアルカリ水比およびSiO<sub>2</sub>質量パーセント濃度が増加すると、初期材齢時の強度も増加する。
- (3) アルカリ水比, SiO<sub>2</sub>濃度から、流動性および圧縮強度の要求性能を満たす配合の推測が可能である。