

火山ガラス微粉末ベースのアルカリ活性材料の圧縮強度に及ぼす
活性フィラーおよび養生条件の影響

熊本大学大学院 学生会員 ○大迫 雄馬 正会員 尾上 幸造 学生会員 下條 啓人

1. 目的

2020 年に「コンクリート用火山ガラス微粉末 (VGP)」が JIS A 6209¹⁾として制定された。既往の研究 ²⁾により、VGP ベースのアルカリ活性材料 (AAM) モルタルは活性フィラーが VGP 単体の場合は固化せず、活性フィラーの一部を高炉スラグ微粉末 (GGBS) に置換した場合強度発現すること、および脱型後に気中養生を行った場合は材齢経過に伴い強度低下することが明らかとなった。そこで本研究では、VGP をベースとし、活性フィラーの一部を GGBS で置換した AAM モルタルについて、VGP が圧縮強度に与える影響および脱型前後の養生方法の違いが圧縮強度に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験概要

2-1 使用材料

活性フィラーは、JIS III 種相当品の VGP (BET 比表面積 : 32,000 cm²/g, 密度 : 2.40 g/cm³)、GGBS (ブレン比表面積 : 3,980 cm²/g, 密度 : 2.91 g/cm³) および比較用の粉体として石灰石微粉末 (LSP, 密度 : 2.72 g/cm³) を用いた。アルカリ溶液には、モル濃度が 6 M の水酸化ナトリウム水溶液 (SH, 密度 : 1.21 g/cm³) と旧 JIS K 1408 の 3 号水ガラス (SS, 密度 : 1.41 g/cm³) を用いた。細骨材には JIS R 5201 における標準砂 (密度 : 2.64 g/cm³) を用いた。

2-2 検討項目

(1) VGP が AAM モルタルの圧縮強度に与える影響について

VGP が強度増進に寄与していることを確認するために VGP の一部を GGBS で置換した AAM モルタルおよび比較として LSP の一部を GGBS で置換した AAM モルタルについて φ50×100 mm の円柱供試体による圧縮強度試験を実施した。モルタルの設計パラメータは表-1 における No. 1 と 2 である。設計パラメータは、アルカリ溶液と活性フィラーの容積比 (L/P)、SS と SH の質量比 (SS/SH)、および SH のモル濃度を固定し、活性フィラーの 25% を GGBS で置換した。供試体の養生は打設後 3 時間前置きし、その後、昇降温速度を 20 °C/h、最高保持温度を 80 °C とし、前置き時間、昇降温時間および最高温度保持時間を含めて 24 時間の加熱養生を行った。脱型後材齢 2 日で JIS A 1108 に従って圧縮強度試験を実施した。

(2) 養生方法の違いが圧縮強度に与える影響について

VGP の一部を GGBS で置換した AAM モルタルについて、脱型前後の養生方法を変化させ、同様に圧縮強度試験を実施した。モルタルの設計パラメータは表-1 中における No.3 を用いた。設計パラメータは GGBS の置換率のみ 30mass%とし、他は(1)と同様にした。供試体の養生について脱型まで(1)と同様の加熱養生または 20°Cの室内における気中養生を 24 時間行い、脱型後は所定材齢まで水温 20°Cで水中養生あるいは気中養生を実施した。表-2 に養生方法パターンを示す。圧縮強度試験は JIS A 1108 に従って、材齢 7, 28, および 91 日で実施した。

表-1 AAM モルタルの設計パラメータ

No.	L/P	SS/SH	SH 濃度 (M)	細骨材 (vol%)	VGP (mass%)	LSP (mass%)	GGBS (mass%)
1	1.4	1.0	6.0	58.1	75	0	25
2					0	75	
3					70	0	30

表-2 養生方法パターン

シリーズ名	初期養生方法	脱型後の養生方法
H-W	加熱養生	水中養生
H-A		気中養生
A-W	気中養生	水中養生
A-A		気中養生

キーワード アルカリ活性材料, 火山ガラス微粉末, 圧縮強度, 養生方法
連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1 TEL 096-342-3542

3. 実験結果および考察

(1) VGP が AAM モルタルの圧縮強度に与える影響について

図-1 に VGP または LSP ベースの AAM モルタルの圧縮強度試験の結果を示す。VGP ベースの AAM モルタルは LSP ベースのものよりも、圧縮強度が約 12 N/mm² 大きい結果となった。また、LSP ベースの AAM モルタルは表面にひび割れが発生したが、VGP ベースのものはひび割れが確認されなかった。

これらの要因としては、VGP はシリカ (SiO₂) とアルミナ (Al₂O₃) が主要成分であり、VGP からそれらが溶出し、アルミナケイ酸カルシウム水和物 (C-A-S-H) の生成が進行したためより緻密な構造となったが、LSP は主成分が炭酸カルシウム (CaCO₃) であるため、反応が十分に進行しなかったためと考えられる。

(2) 養生方法の違いが圧縮強度に与える影響について

図-2 に養生方法を変化させた場合の圧縮強度試験の結果を示す。脱型まで加熱養生を行った H-A と H-W については、7 日から 91 日にかけての強度増進は見られず H-W では強度低下が見られた。よって、脱型までの養生を加熱養生とした場合は、その後の養生方法を変化させた場合にも材齢 91 日までは強度増進しないことが明らかとなった。

その一方で脱型まで気中養生を行った A-W と A-A について、A-A の圧縮強度は 10 N/mm² を下回ったがその後材齢 91 日にかけては強度増進が見られた。また、A-W は材齢 7 日の時点で A-A よりも強度が増進しており H-A も上回る結果となり、その後材齢 91 日にかけて強度が大きく増進し、最終的に全体で最も大きい強度を示した。なお A-A の供試体は、いずれの材齢においても供試体端部の研磨翌日に白華が発生した。白華の主成分については現在検討中である。

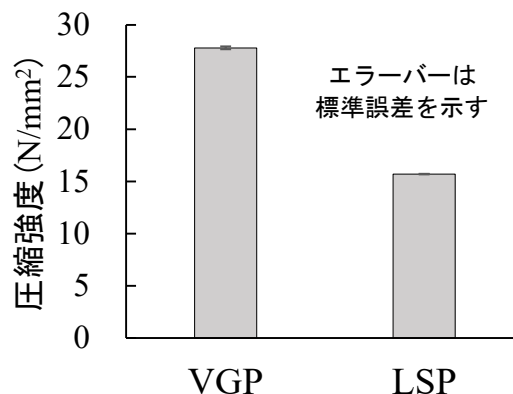


図-1 VGP または LSP ベースの AAM モルタルの圧縮強度

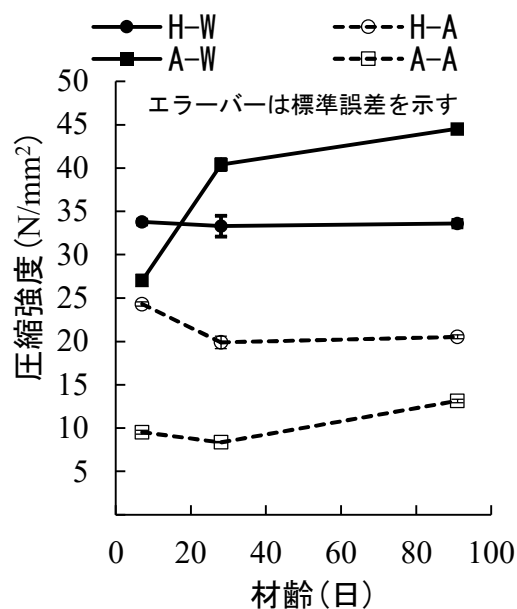


図-2 養生方法を変化させた VGP ベースの AAM モルタルの圧縮強度

4. まとめ

- 1) VGP の一部を GGBS で置換した VGP ベースの AAM モルタルにおいて、VGP は強度増進に寄与する。
- 2) VGP の一部を GGBS で置換した VGP ベースの AAM モルタルにおいて、脱型まで気中養生を行った供試体は、材齢経過に伴い強度増進が見られ、脱型後に水中養生を行った場合に大幅に強度が増進した。

謝辞：本研究は 科研費・基盤研究 (B) 22H01566 の助成を受け実施した。また、実験実施に際し熊本大学大学院 特別聴講学生のカタリーナ・ヤナス氏の協力を得た。

参考文献

- 1) JIS A 6209 「コンクリート用火山ガラス微粉末」, 2020
- 2) 大迫雄馬, 尾上幸造, 新大軌, 福永隆之, 下條啓人, 重石光弘: 火山ガラス微粉末のアルカリ活性材料の活性フィラーとしての性質について, 土木学会西部支部研究発表会要旨, pp. 705-706, 2023