

火山ガラス微粉末を混和したコンクリートの遮塩性および ASR 抑制効果

金沢工業大学大学院 学生会員 ○荒木 大靖

金沢工業大学 正会員 花岡 大伸

株式会社建設技術研究所 正会員 野村 貢

さくら コンサルタント&エンジニア オフィス 正会員 桜井 裕一

1. はじめに

天然資源のポゾラン材料として、2020年3月に JIS A 6209 2020「コンクリート用火山ガラス微粉末」が制定された。火山ガラス微粉末は、国内に埋蔵されている火山灰を原材料としているため、国内生産が可能である。加えて、フライアッシュや高炉スラグ微粉末のように火力発電所や製鉄所の動向に影響されないという利点があり、資源循環型社会および脱炭素社会を目指すうえで大いに検討に値するとされている²⁾。本研究では、比表面積が異なる2種類の火山ガラス微粉末を用いたコンクリートを作製し、遮塩性およびアルカリシリカ反応 (ASR) の抑制効果について調べた。

2. 実験概要

本研究で使用した火山ガラス微粉末 (福島県産) は、ロールクラッシャーを用いて粉砕し、サイクロンにより分級したものである。火山ガラス微粉末の種類および化学組成を表-1 に、実験項目を表-2 に示す。コンクリート配合は、ベース配合 (N 配合) のセメント質量に対して、火山ガラス微粉末を 10% 置換 (内割置換) とした。また、遮塩性試験には高炉セメント

B 種 (BB 配合) を、ASR 試験にはフライアッシュ (FA 配合) を比較用に用意して実験を行った。実験に使用したコンクリートの配合およびフレッシュ性を表-3 示す。ASR 試験に用いたコンクリートには、モルタルバー法 (JIS A 1146 2017) で無害でないと判定された反応性骨材を用いて実験を行った。

表-1 火山ガラス微粉末の種類と化学組成

種類	ブレン比表面積 (cm ² /g)	BET比表面積 (cm ² /g)	化学組成 (%)					
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	Cl ⁻	ig.loss
A	6000	186020	71.2	11.8	0.2	0.1未満	0.002	1.2
B	14000	430310	70.5	12.0	0.4	0.1未満	0.002	1.3

表-2 実験項目

項目	概要
圧縮強度試験	JIS A 1108 2018 (φ100×200 の供試体)
遮塩性試験	非定常電気泳動試験 (NT BUILD 492 水中養生 28 日後に実施) 浸漬法 (水中養生 28 日後、濃度 3.0% の NaCl 溶液に 91 日間浸漬)
ASR 試験	デンマーク法 (湿潤養生 7 日後、飽和 NaCl 溶液に浸漬、7 日ごとに測定)

表 3 コンクリートの配合およびフレッシュ性

配合	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)											スランプ (cm) 12±2.5	空気量 (%) 4.5±1.5				
			W	C		FA	VGP	S-1	S-2	G-1	G-2	SP	AE-1			AE-2			
N	50	45	160	320			-	802			984		1.70	0.48		12.5	4.5		
N-A				288			32	798			979		4.32	0.64		14.0	4.5		
N-B														5.76	1.28		14.5	4.9	
BB					320			798			979			1.12	0.96		13.5	3.5	
N ^ˆ						320					845			996	1.57	0.96		14.5	5.7
N-A ^ˆ															2.08	1.92		14.0	5.9
N-B ^ˆ						288		32			841			990	3.84	1.92		14.0	5.8
FA								32							0.48	-	1.60	12.5	4.0

C: 普通ポルトランドセメント (密度 3.16g/cm³, ブレン比表面積 3340cm²/g), BB: 高炉セメント B 種 (密度 3.08g/cm³), FA: フライアッシュ II 種灰 (密度 2.30g/cm³, ブレン比表面積 4440cm²/g), VGP: 火山ガラス微粉末 A (密度 2.36g/cm³, BET 比表面積 186020cm²/g), B (密度 2.32g/cm³, BET 比表面積 430310cm²/g), S-1: 細骨材 (密度 2.57g/cm³), S-2: 反応性細骨材 (密度 2.708g/cm³), G-1: 粗骨材 (密度 2.58g/cm³), G-2: 反応性粗骨材 (密度 2.61g/cm³), SP: 高性能 AE 減水剤 (SF500S), AE-1: AE 剤 (AE-4), AE-2: AE 剤 (AE-9B)

キーワード 火山ガラス微粉末, BET 比表面積, 遮塩性, ASR

連絡先 〒921-8501 石川県野々市市扇が丘 7-1 金沢工業大学大学院 TEL076-248-1100

3. 実験結果および考察

図-1 に圧縮強度試験の結果を示す (ASR 試験の配合は材齢 28 日のみ実施)。火山ガラス微粉末を混和した N-A および N-B をみると、材齢 28 日以降の強度増加は確認できなかったが、ベース配合と同等あるいはそれ以上の圧縮強度であった。

図-2 に非定常電気泳動試験で求めた塩化物イオン拡散係数を、図-3 には濃度 3.0% の NaCl 溶液に 91 日間浸漬させた供試体の全塩化物イオン濃度の分布を示す。図-2 の結果から、火山ガラス微粉末を混和したことで、塩化物イオン拡散係数が小さくなることが確認された。また、浸漬法においても同様に遮塩性の向上がみられ、今回の配合では BB 配合に近い遮塩性を有していることが分かる。これらの結果は、火山ガラス微粉末のポゾラン反応により、コンクリート中の細孔組織が緻密になり、水分や塩分の浸透が抑制され、比表面積が大きい火山ガラス微粉末の方が遮塩性が高くなったと考えられる。

図-4 に ASR 試験 (デンマーク法) の結果を示す。N 配合は浸漬期間 60 日あたりから膨張挙動を示し、100 日時点での膨張率は約 0.4% である。一方で、火山ガラス微粉末を混和した配合 (N-A', N-B') や FA 配合では、浸漬期間 100 以降においても膨張率は 0.1% 以下であることから、ASR の抑制効果が確認された。これは、火山ガラス微粉末およびフライアッシュを混和したコンクリートでは、単位セメント量の減少に加え、ポゾラン反応に伴う細孔溶液中のアルカリ成分の吸着やコンクリートの緻密化によるものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 火山ガラス微粉末を混和したコンクリートは、遮塩性が向上し、比表面積が大きい火山ガラス微粉末の方が遮塩性の向上が大きい傾向にあった。
- (2) 火山ガラス微粉末を混和したコンクリートは、フライアッシュと同様に、ASR の抑制効果があることが確認された。

【謝辞】本研究の実施にあたり、令和 3 年度上田記念財団「社会資本維持補修に関する研究助成」を受けた。ここに謝意を示します。また、混和材を提供して頂いたシリカジャパン Inc に謝意を表す。

参考文献

- 1) 友寄篤, 野口貴文, 袖山研一, 東和朗: 火山ガラ

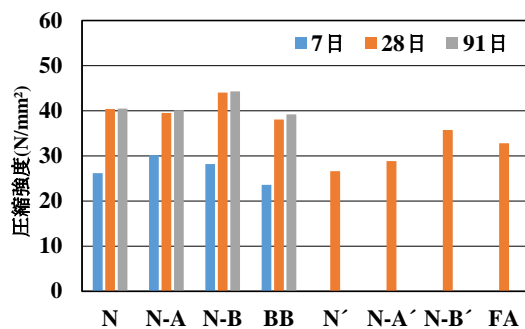


図-1 圧縮強度

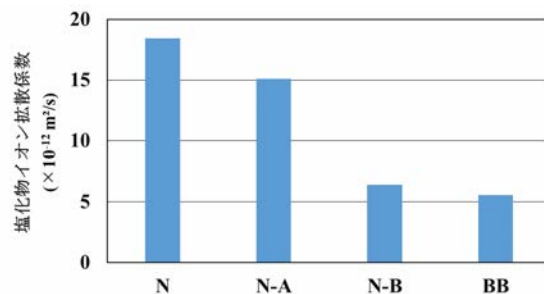


図-2 塩化物イオン拡散係数

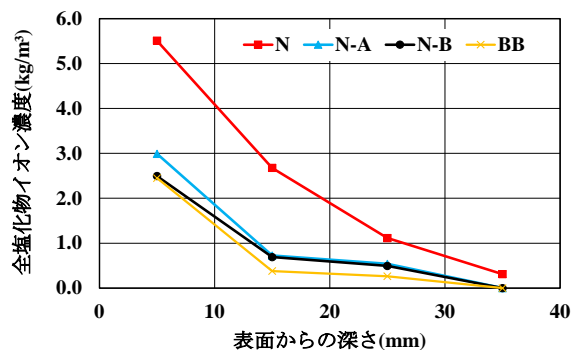


図-3 全塩化物イオン濃度の分布

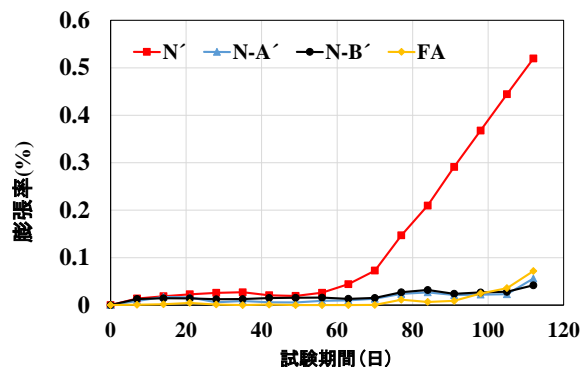


図-4 膨張率(デンマーク法)

ス微粉末の粉末度と置換率が強度特性に及ぼす影響, セメント・コンクリート論文集, Vol. 73, No. 1, pp. 465-470, 2019

- 2) 日本コンクリート工学会, 火山性堆積物のコンクリート用混和剤としての高度利用に関するシンポジウム, 委員会報告書, p. 1, 2022