

火山ガラス微粉末のセメント混和材への適用

前橋工科大学 学生会員 ○上原 稔生

前橋工科大学 正会員 佐川 孝広

1. はじめに

火山灰(火山ガラス微粉末)は、ガラス質を多量に含む天然ポゾランの一種であり、古くよりコンクリートの性能を向上させることが知られているが、幅広い普及には至っていない。

一方、JIS の制定に向けて 2017 年に「コンクリート用火山ガラス微粉末」が新市場創造型標準化制度に採択された¹⁾。そこでは、非晶質量や粒度等を選別することで、混和材として利用できる可能性のあることが指摘されている。

そこで本研究では、北海道で採取された火山ガラス微粉末 2 種類について、強度発現性およびポゾラン反応性をフライアッシュと比較し評価した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では、研究用普通ポルトランドセメントと混和材として火山ガラス微粉末 A、B およびフライアッシュを用いた。表 1 に使用した混和材の特性を示す。研究用普通ポルトランドセメントを N、火山ガラス微粉末 A、B およびフライアッシュを置換した配合をそれぞれ A、B、FA と略記する。また混和材の置換率は、それぞれ質量比 15%とした。

2.2 圧縮強度

N、A、B、FA の 4 種類の結合材と JIS 規格標準砂を用い、水結合材比 50%の JIS モルタルを作製し、圧縮強度を測定した。供試体は $\phi 5 \times 10 \text{cm}$ の円柱とし、養生条件は 20℃および 40℃の水中養生とした。ただし、いずれもモルタルの作製は 20℃にて行い、24 時間の封緘養生を所定の温度とした。材齢はそれぞれ 3、7、28、91 日とした。

表 1 使用した混和材の特性

	密度 (g/cm ³)	粉末度 (cm ² /g)	ガラス化率 (%)
A	2.34	3710	89.7
B	2.36	12680	84.1
FA	2.29	4010	82.6

2.3 強熱減量および X 線回折

上記のモルタルと同一の水結合材比で N、FA、A、B のペーストを作製し、40×55mm のチャック付きポリ袋に薄板状に成型した。養生条件は、24 時間の封緘養生を行った後脱型し、20℃、40℃の水中養生を行った。ペーストの作製には蒸留水を用いた。水和試料は多量のイソプロパノールで水和停止し、40℃および 105℃で 24 時間の乾燥後、40℃乾燥試料を遊星ミルにて微粉碎した。微粉碎後の試料をそれぞれ 950℃で 30 分間加熱し、強熱後の質量に対する減量を強熱減量として求めた。ペースト試料の表乾質量から 40℃および 105℃24 時間乾燥質量の減量を吸水率として測定し、ペーストの理論配合と強熱減量から硬化体の空隙率を算定した。測定材齢は 3、7、28、91 日とした。また、微粉碎後の試料を用い X 線回折の測定を行った。

2.4 ポゾラン反応率

材齢 91 日での火山ガラス微粉末 A、B および FA の反応率を 1mol/L の塩酸を用い選択溶解法で測定した。

3. 実験結果

図 1 に材齢と圧縮強度の関係を、図 2 に各材齢での N に対する強度比を示す。養生温度 20℃では、A、B、FA の初期強度は N よりも低く、材齢 3 日での強度比は A、B、FA でそれぞれ 0.8、0.85、0.95 程度となった。FA は材齢 7 日で、B は材齢 28 日で N の強度と同程度になり、材齢 91 日での強度比は、A、B、FA でそれぞれ 0.9、1.05、1.15 程度となった。養生温度 40℃では、20℃と同様に A、B、FA の材齢 3 日での強度比は N より低くなった。しかし、N に対する A、B、FA の強度の増進は、20℃に比較すると大きく、材齢 91 日での強度比は、A、B、FA でそれぞれ 1.1、1.2、1.3 程度となり、全て N の強度を上回った。混和材の種類を比較すると、FA の強度発現性が最も高く、火山ガラス微粉末では A よりも B の強度が高くなった。これは、表 1 に示すように A と B の粉末度の差異が影響したものと考えられる。

図 3 には、養生温度 20℃の強度に対する 40℃の強度比を示す。いずれの配合も材齢 3 日での強度比が大きくなり、材齢の経過により 20℃と 40℃の強度差は小さくなる傾向にあった。ただし N は 40℃で材齢 28 日以降の強度は停滞し、材齢 91 日で 20℃の強度を下回るのに対し、A, B, FA では 40℃での長期強度の増進が認められた。このように、強度発現性に及ぼす養生温度の影響は、初期材齢ではなく長期材齢に大きく現れた。この傾向は、高炉セメントの場合とは大きく異なり、高炉スラグとポゾランの反応性の差異によるものと考えられる²⁾。表 2 には材齢 91 日でのポゾラン反応率を示す。20℃および 40℃の反応率はそれぞれ 20-30%、50-60%程度となった。ポゾラン反応に及ぼす養生温度の影響は大きいこと、20℃では強度発現の最も低い A のポゾラン反応率が低いこと、一方で 40℃での反応率は A で最も大きく、図 3 での強度比の傾向と一致することが確認された。

図 4 には強熱減量と圧縮強度の関係を示す。セメントや混和材の反応が進行し、強熱減量が増加するほど強度は高くなり、その関係は、混和材の種類や養生温度に関わらず概ね等しくなった。

4. まとめ

本研究では、火山ガラス微粉末 A, B およびフライアッシュ(FA)をセメント混和剤として適用し、以下の結果が得られた。

- (1) A, B, FA のいずれの配合も養生温度 20℃, 40℃ともに材齢 3 日の圧縮強度は低下した。20℃91 日では B, FA の強度が、40℃91 日では A, B, FA のいずれも N の強度を上回った。
- (2) A, B, FA を比較すると、FA の強度発現性が最も高く、火山ガラス微粉末では A よりも B の強度が高くなった。A と B の強度発現性の差異は、粉末度の影響が考えられた。
- (3) 強熱減量と圧縮強度の関係は、混和材の有無や種類に関わらず、概ね同一となり、強熱減量が増加すると圧縮強度は高くなった。

参考文献

1) 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材としての高度利用に関する研究委員会 <http://www.jci-net.or.jp/~tc193a/shushi.html>

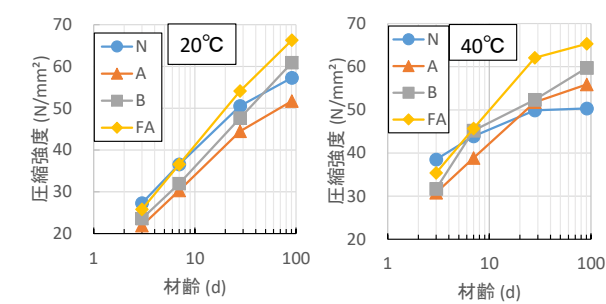


図 1 材齢と圧縮強度の関係

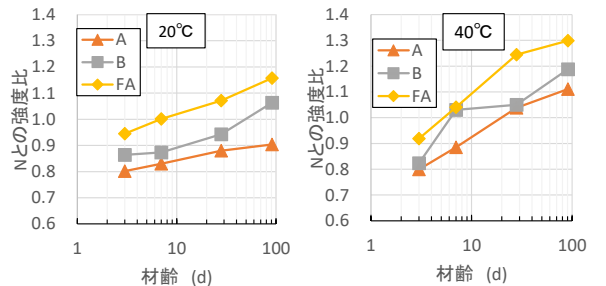


図 2 N との強度比

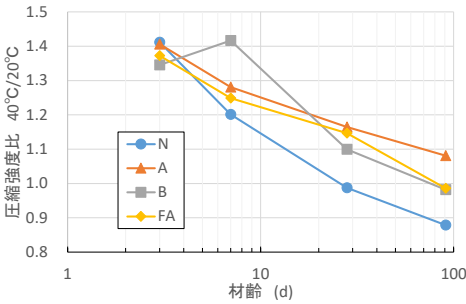


図 3 圧縮強度比 40℃/20℃

表 2 材齢 91 日におけるポゾラン反応率 (%)

	20℃	40℃
A	22.0	60.7
B	32.6	50.7
FA	26.3	50.6

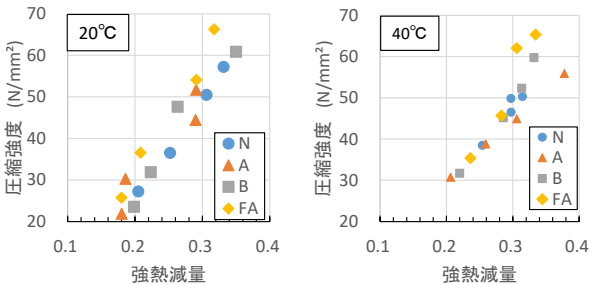


図 4 強熱減量と圧縮強度の関係

2) 佐川孝広, 名和豊春: リートベルト法による高炉セメントの水和反応解析, コンクリート工学論文集, Vol.17, No.3, pp.1-11, 2006