

低炭素型シラス古代セメントの開発

シラス研究開発室 ○樋口貴久、袖山研一

1. はじめに

ポルトランドセメントは製造時に大量の CO_2 を出すため、代替材料の開発競争が世界的に行われている。その中で火山灰と石灰からなる古代セメントは、天然資源の活用と CO_2 排出削減で注目されている。本研究では、シラスから分離した高純度の火山ガラス質を化学処理により活性化して古代セメントへの適用を図ったので、その結果を報告する。

2. 火山ガラスの利用と活性化

本研究で扱う古代セメントは、火山灰と水酸化カルシウムから構成され、火山灰中の火山ガラス質とカルシウムが水和反応することで硬化する。水酸化カルシウムは、炭酸カルシウムを約 900°C で焼成して製造するが、ポルトランドセメントでは焼成温度が約 $1,450^\circ\text{C}$ と非常に高い温度が必要となる。このことから、古代セメントはポルトランドセメントに比べて製造時のエネルギーが少なく済む。ただ、ポルトランドセメントに比べて硬化速度が遅く、圧縮強度も小さい短所がある。

このことから、本研究では、火山灰よりも火山ガラス質の純度が高く、反応性が高いシラス由来の火山ガラス微粉末を用いた上で、さらに化学処理により活性化して、圧縮強度の増強を図ることを目的とした。

当センターではこれまで、図1に示すように、シラスから乾式比重選別技術によって取り出した高純度の火山ガラスを粉砕した火山ガラス微粉末（以下VGP）を開発し、2020年3月にJIS A 6209「コンクリート用火山ガラス微粉末」に登録された。

活性化処理は、VGPと水酸化ナトリウム水溶液を常圧で加熱処理した後、硫酸を加えることで行った。

活性化後のVGPを図2に示す。(a)の原料に比べて、(b)では原料に付着物が確認できる。これは、アルカリ処理によって溶出したケイ酸イオンが、酸処理により重合してできたケイ酸由来のシリカゲルと推察される。

このシリカゲルは比表面積が大きいと推察されるため、古代セメントのもうひとつの原料である石灰との反応性が向上すると見込まれる。

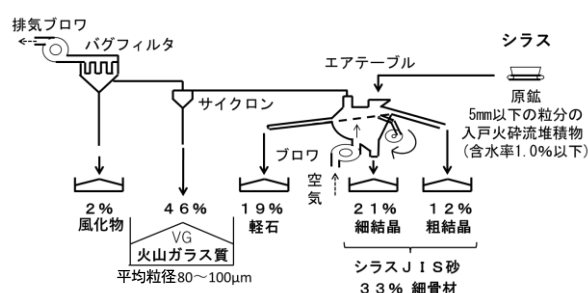


図1 乾式比重選別技術の概要

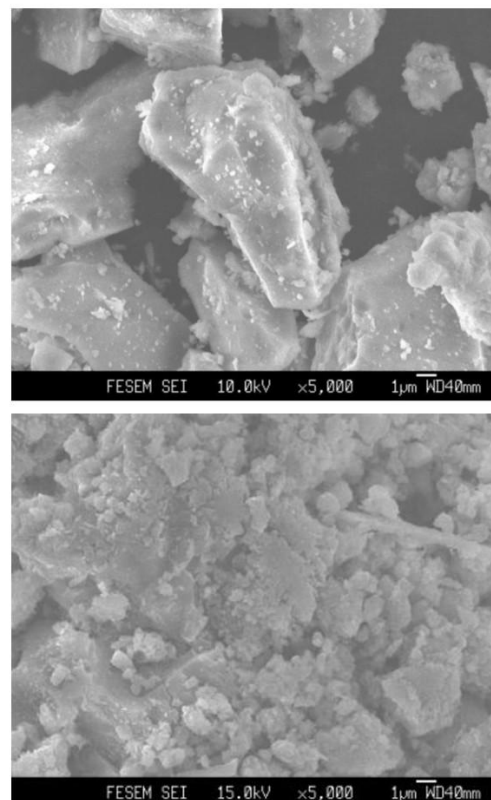


図2 電子顕微鏡画像

(a) VGP(原料)、(b) 活性 VGP

3. 古代セメントの作製と評価

古代ローマでは、古代セメントは材料を充填後、人力で突き棒を用いて突き固めて強度を高めていた。このことから、本研究では図3に示す加圧成形装置を用いることとした。

活性VGP、水酸化カルシウム、骨材として未粉碎の火山ガラス、水を混合した混練物を、加圧成形圧力226MPa、75MPaにより古代セメントを作製した。成形後は、水中養生、CO₂養生を行い、所定の材齢で圧縮試験を行った。

加圧成形圧力226MPaでの結果を図4に、加圧成形圧力75MPaでの結果を図5に示す。ブランク（活性VGP無添加）、活性VGP添加ともに、成形直後の初期強度に比べて、水中養生、CO₂養生により圧縮強度が大きく増加していることが分かる。

これは、水中養生により火山ガラス質と水酸化カルシウムのポズラン反応により強度が増加したことと、CO₂養生により、水酸化カルシウムが炭酸カルシウムに変化して緻密化したことにより強度が増加したことが考えられる。

成型圧226MPaでの圧縮強度は、水中養生により72MPa、CO₂養生により65MPaを示した。また、成型圧75MPaでの圧縮強度は、水中養生により40MPa、CO₂養生により35MPaを示した。

加圧成形の成型圧と圧縮強度の関係を図6に示す。ブランクに比べて、活性VGPを添加した方が圧縮強度が高い結果となった。

グラフを外挿すると、一般的なコンクリートの圧縮強度である20MPaを到達するためには、活性VGPを添加した場合、実用的な成型圧0～10MPaまで成型圧を下げられる見込みがあることが分かる。

4. おわりに

シラスから得られた火山ガラス微粉末VGPを化学処理して活性化して古代セメント硬化体を作製した。VGPをアルカリ処理後、さらに酸処理を行うことで、ケイ酸由来のゲルと推定される生成物が認められた。

活性化したVGPを用いて加圧成型により古代セメントを作製したところ、成型圧226MPaでの圧縮強度は水中養生により72MPaを示し、成型圧75MPaでの圧縮強度は水中養生により40MPaを示した。

圧縮強度20MPaを目標とした場合、現実的な加圧成型圧0～10MPaまで下げられる可能性が示唆された。



図3 古代セメント成形治具

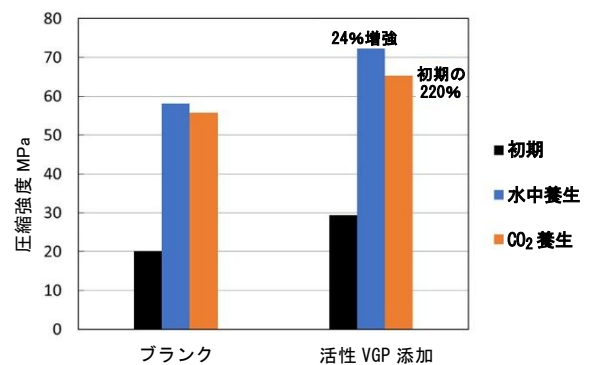


図4 成形体の圧縮強度（成型圧 226MPa）

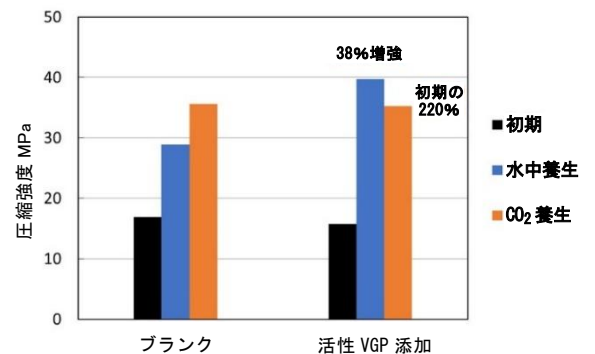


図5 成形体の圧縮強度（成型圧 75MPa）

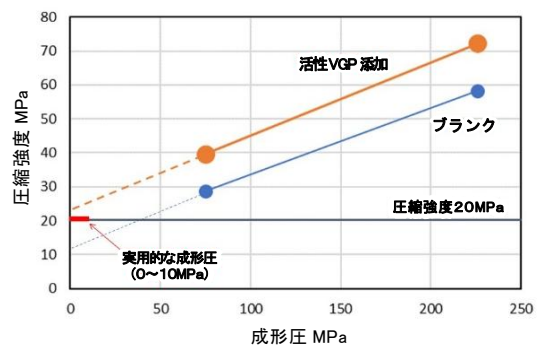


図6 加圧成型圧と圧縮強度の関係