

シラスを原料としたコンクリート用混和材の開発

地域資源部シラス研究開発室 ○増永卓朗, 袖山研一, 吉村幸雄
 東京大学 友寄 篤, 野口貴文
 株式会社プリンシプル 東 和朗

1. はじめに

当センターの開発した乾式比重選別技術は、入戸火砕流堆積物である普通シラスを結晶質、軽石質、火山ガラス質、粘土質分の4種類に選別可能である。火山ガラス質を粉砕した火山ガラス微粉末(以下、VGP)は、コンクリート用混和材として用いることができる。本研究では、コンクリートの劣化の原因となる塩害への抵抗性を調査するため、VGPセメント置換コンクリートの塩化物イオンの浸透拡散について実験を行った。また、VGPの基礎物性の調査を実施し、さらに既存の混和材であるシリカフューム(SF)およびフライアッシュ(FA)と粉体の形状や化学組成、水蒸気吸着特性について比較した。

2. 実験方法

2.1 試料の製造

入戸シラスの5mmのふるいを通過した粒分を原鉱とした。含水率1%以下とした原鉱を乾式比重選別により分離回収した火山ガラス質(VG)を原料とし、ローラミルで粉砕したものをRとした。Rをジェットミルで二次粉砕して微粉RJFと粗粉RJCとした。また、Rを汎用サイクロンで分級して、微粉RFと粗粉RCとした。これら5種類のVGPを実験に使用した。乾式比重選別技術とVGPの製造方法を図1に示す。

2.2 浸漬法による塩化物イオン浸透抵抗性

鉄筋コンクリート内部への塩化物イオンの浸透は構造物の劣化につながるため、混和材による浸透抵抗性への影響に関する検証は重要である。「浸漬によるコンクリート柱の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法(案)(JSCE-G572-2003)」に準拠して供試体を用意した。また、全塩化物イオンの測定は、JIS A 1154「硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法」に準拠し、イオンクロマトグラフ法により塩化物イオンを定量した。

2.3 混和材の形状観察

コンクリート練りにおいて生コンの流動性は重要であるが、混和材の形状が影響を与えていると言われている。ジェットミル粉砕によるVGP(RJF, RJC)について電子顕微鏡で形状観察を行い、SFおよびFAと比較した。

2.4 混和材の化学組成

VGPについて化学組成を測定し、条件ごとの化学組成への影響を検討した。また、VGPの測定結果とSFとFAの規格を化学組成の観点から混和材ごとの比較をした。

2.5 混和材の水蒸気吸着測定

セメントとの結合や化学混和剤の吸着などについて系統的な検討をするためには混和材表面について形状以外の情報も必要である。表面物性について検討するため水蒸気吸着測定を行い、SFとFAを比較した。

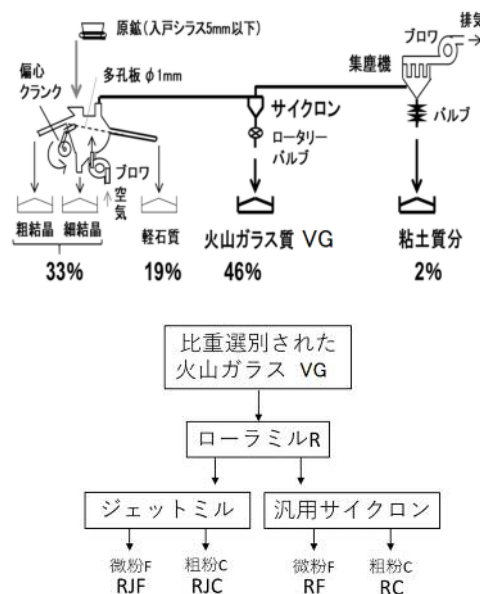


図1 乾式比重選別技術とVGPの製造方法

3. 実験結果

3.1 浸漬法による塩化物イオン浸透抵抗性

図2は、塩水に21週浸漬したVGPのRFセメント置換率5%、10%および無置換(Plain)のコンクリートの深さ方向に含まれる塩化物イオン濃度である。Plainでは塩化物イオンが深さ35mmまで浸透したのに対して、5%置換では深さ20mmまで、10%置換ではほとんど浸透していなかった。この結果から、VGPでセメントの一部を置換することによりコンクリート内部にある鉄筋の腐食を抑制でき、港湾部のような過酷な環境下で使用できる耐久性の高いコンクリートであることが示唆された。

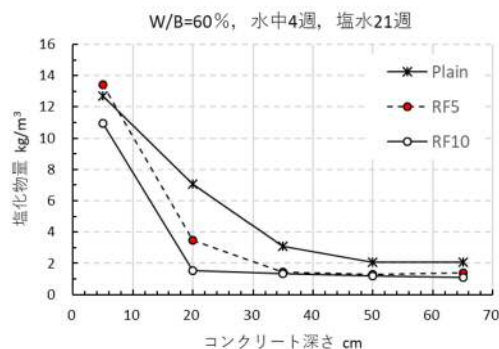


図2 コンクリート深さ方向に対する塩化物イオン濃度

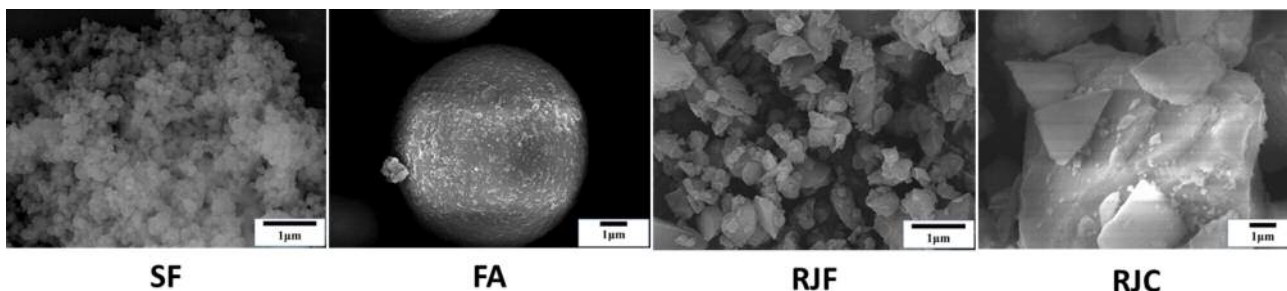


図3 コンクリート用混和材SF, FA, RJF, RJCの電子顕微鏡写真

3.2 混和材の形状観察

図3に混和材の電子顕微鏡写真を示す。SFとFAは球形だが、RJFとRJCは粉砕によって角張っている。VGP表面に鱗状の風化物は見られなかった。

3.3 混和材の化学組成

VGPの化学組成と比表面積、SFとFAのJISの基準を表1に示す。FAの比表面積は、ブレン値のため記載していない。SFおよびFAの基準をVGPに当てはめると、SiO₂は約70%、MgOは約0.3%、強熱減量は3%以下であり、SiO₂の含有率がSFとFAの中間に位置していた。

3.4 混和材の水蒸気吸着測定

図4にRJF, SF, FAの水蒸気吸着等温線を示す。RJFは比表面積約15m²/g以上のSFと比べて、水蒸気相対圧0.05~0.3付近で吸着量が多かった。低圧部分の吸着量から、細孔の存在や、表面が親水性を持つことが示唆された。

4. おわりに

普通シラスから選別された火山ガラス質を粉砕および分級して製造されるVGPは、コンクリート用混和材として使用可能である。さらに、塩化物イオンの浸透を抑制でき、高耐久性コンクリートへの使用可能性が示唆された。また、各測定結果から、SFやFAとは異なる粉体特性を有することがわかった。

表1 VGPの化学組成と比表面積

%	火山ガラス微粉末 VGP					シリカ フューム JIS A6207	フライアッシュ JIS A6201	
	R	RJF	RJC	RF	RC	SF	FA I種	FA II種
SiO ₂	73.9	72.4	74.3	73.0	74.3	85以上	45以上	45以上
TiO ₂	0.20	0.21	0.20	0.21	0.19			
Al ₂ O ₃	12.8	13.3	12.6	13.1	12.6			
Fe ₂ O ₃	1.89	2.33	1.76	2.38	1.78			
MnO	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05			
MgO	0.30	0.37	0.26	0.32	0.28	5以下		
CaO	1.44	1.56	1.40	1.51	1.39			
Na ₂ O	3.78	3.57	3.91	3.59	3.75			
K ₂ O	3.34	3.36	3.38	3.32	3.35			
P ₂ O ₅	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03			
強熱減量	2.3	2.8	2.0	2.5	2.2	4以下	3以下	5以下
比表面積 BET法 m ² /g 300℃乾燥後	6.7	16.1	4.1	10.4	2.7	15以上		

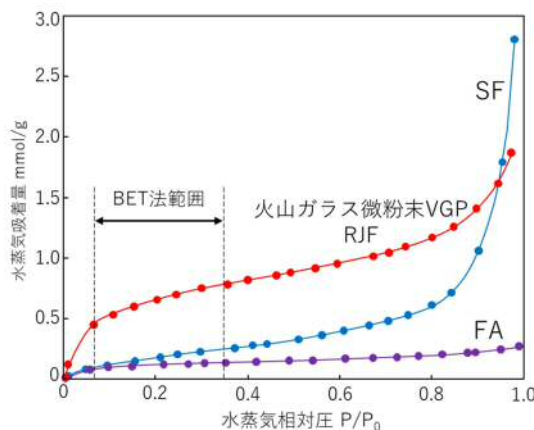


図4 RJF, SF, FAの水蒸気等温吸着曲線