

火山ガラス微粉末を用いたコンクリートの凝結およびブリーディング特性に関する検討

(株)フローリック 正会員 西 祐宣 ○上本 洋
鹿島建設(株) 正会員 取違 剛 水野 健

1. はじめに

地球温暖化への懸念から、CO₂排出削減の動きが急激に加速しており、コンクリート分野においても、カーボンニュートラル社会の実現に向けて様々な検討が具体的に始まっている。セメントは製造過程で大量のCO₂を排出することから、高炉スラグ微粉末やフライアッシュの利用促進によるセメント使用量の低減が検討されている。しかしながら、2021年11月に開催されたCOP26において、190の国・企業が石炭火力発電の段階的廃止に関する共同声明を発表するなど、産業副産物の発生見通しも不透明となっている。

そのような中、天然に存在する、ポズラン活性を有する材料をセメント代替利用した環境配慮型コンクリートについて世界的に検討が進んでおり、日本においても、2020年に「JIS A 6209 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、アルミノけい酸塩ガスを主成分とした微粉末と定義されており、コンクリートの強度や耐久性に着目した様々な研究が行われている¹⁾。しかしながら、既往の研究では、施工性に関する検討が行われた例が少ない。本検討では、火山ガラス微粉末がコンクリートのスランプ、空気量、凝結特性およびブリーディング特性に及ぼす影響について検討を行った。

2. 試験概要

使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。水結合材比 W/B=50%、単位水量 165kg/m³で一定とし、JIS A 6209 のⅢ種に相当する BET 比表面積 32,000cm²/g の火山ガラス微粉末でセメントの 15%、30%置換した配合、また比較として、JIS Ⅱ種のフライアッシュで 15%、30%置換した配合を試験に供した。

材料を公称容量 55 リットルの強制二軸ミキサにて 90 秒練り混ぜ、練上がり直後、30 分、60 分経過後のスランプおよび空気量を測定した。また、JIS A 1147 に準拠して凝結時間試験を、JIS A 1123 に準拠してブリーディング試験を行った。試験時の環境温度は 20℃とした。

表-1 使用材料

材料名	記号	摘要
水	W	上水道水
セメント	OPC	普通ポルトランドセメント、密度=3.16g/cm ³
混和材	VRC	火山ガラス微粉末Ⅲ種、密度=2.40g/cm ³ 、BET比表面積 32,000cm ² /g
	FA	フライアッシュⅡ種、密度=2.29g/cm ³ 、ブレン比表面積 3,610cm ² /g
細骨材	S1	砕砂、表乾密度=2.64g/cm ³ 、粗粒率=2.80
	S2	山砂、表乾密度=2.63g/cm ³ 、粗粒率=1.65
粗骨材	G1	砕石、20mm-10mm、表乾密度 2.65g/cm ³ 、実積率=62.2%
	G2	砕石、10mm-5mm、表乾密度 2.64g/cm ³ 、実積率=60.6%
混和剤	AD	AE減水剤：リグニルスルホン酸塩、オキシカルボン酸塩およびポリカルボン酸塩化合物の混合物
	AE	AE剤：樹脂酸塩系界面活性剤
	DF	消泡剤：ニヒル系界面活性剤

表-2 コンクリートの配合およびフレッシュ性状

配合	Gmax mm	W/B [*] %	s/a %	設計 空気量 %	単位量 (kg/m ³)								AD B×%	AE A [*]	スランプ cm	空気量 %
					W	OPC	VRC	FA	S1	S2	G1	G2				
OPC	20	50	47	4.5	165	330	0	0	774	76	385	576	1.40	4.0	12.0	3.7
VRC15					165	281	50	0	768	76	382	571	1.40	4.5	11.0	3.5
VRC30					165	231	99	0	763	75	380	567	1.40	4.5	12.5	4.7
FA15					165	281	0	50	767	76	382	571	1.30	15.0	13.5	5.5
FA30					165	231	0	99	761	75	378	566	1.15	25.0	14.5	5.4

※B=OPC+VRC+FA, 1A=B×0.001%として表記、DF=B×0.00025%で統一して使用

キーワード：環境配慮型コンクリート、火山ガラス微粉末、凝結、ブリーディング、フライアッシュ

連絡先：〒170-0013 東京都豊島区東池袋 1-10-1 住友池袋駅前ビル 5F TEL 03-5960-6914

3. 試験結果

練上がり直後のコンクリートのスランプおよび空気量を表-2に示す。同表には、それぞれの配合におけるAE減水剤添加率およびAE剤使用量も併記した。フライアッシュで置換した場合、置換率の増加に伴ってAE剤使用量が増加し、AE減水剤使用量が低減される結果となった。一方、火山ガラス微粉末で置換した配合は、その置換率に依らず、混和剤添加量を変えることなく、無置換のものと同等のフレッシュ性状が得られた。また、火山ガラス微粉末は、 Na_2O および K_2O が3~4%程度ずつ含有されており²⁾、これらのアルカリ金属の影響に伴ってフレッシュ性状の変化が懸念されたが、図-1に示すように、火山ガラス微粉末が経時に伴うフレッシュ性状の変化に及ぼす影響は小さいと考えられた。

次に、各配合における凝結試験結果を図-2に示す。フライアッシュでセメントの一部を置換した場合、凝結時間は遅くなる結果となった。これは、水和初期に反応するセメント分の減少によるものと考えられる。一方、火山ガラス微粉末でセメントの一部を置換した場合、始発時間がやや早くなり、終結時間は同等となった。これは、前述のアルカリ金属の影響、もしくは、BET比表面積が大きい火山ガラス微粉末に水の一部が保水され、見掛けのW/Cが小さくなり、セメントの水和反応が促進された可能性が考えられる。

各配合におけるブリーディング試験結果を図-3に示す。フライアッシュでセメントの一部を置換した場合のブリーディング率は、15%置換ではOPCと同等であり、30%置換では増加する結果となった。一方、火山ガラス微粉末でセメントの一部を置換した場合には、置換率の増加とともにブリーディング率が大きく減少し、ブリーディングが完了するまでの時間も短くなった。これは、火山ガラス微粉末の粉末度が大きく、かつ前述の理由に伴って凝結時間が早くなったことによるものと考えられる。

4. おわりに

火山ガラス微粉末をセメントの内割で置換したコンクリートの凝結特性およびブリーディング特性を評価した。その結果、火山ガラス微粉末をセメントの一部に置換した場合、水和初期の反応が促進され、それに伴って、凝結時間は、無置換のものと同等かやや早くなり、ブリーディングの量が低減されることが分かった。

参考文献

- 1) 友寄篤, 野口貴文, 袖山研一, 東和朗: コンクリート用火山ガラス微粉末を用いたコンクリートの基本特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.255-260, 2018.
- 2) 友寄篤, 野口貴文, 袖山研一, 東和朗: 入戸シラスから乾式比重選別した火山ガラス質に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.151-156, 2017.

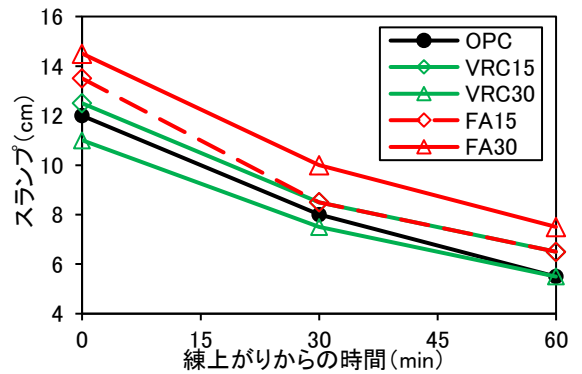


図-1 スランプの経時変化

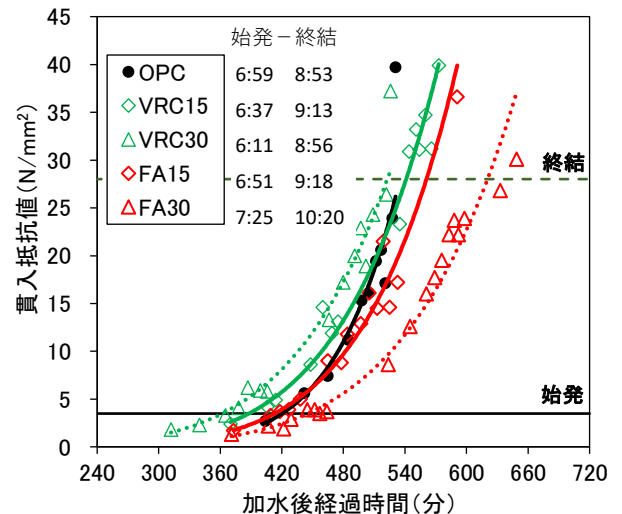


図-2 凝結試験結果

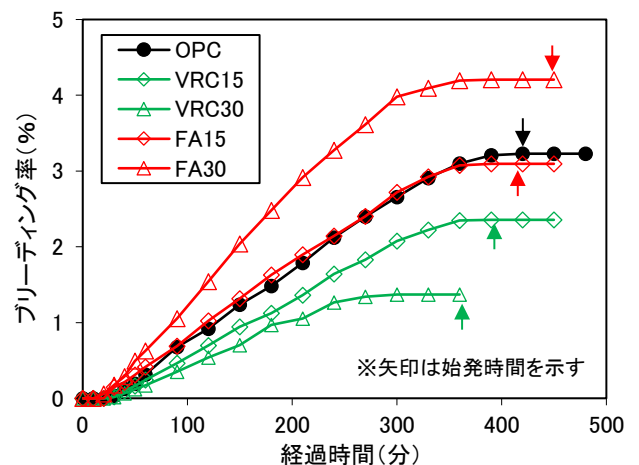


図-3 ブリーディング試験結果