

フライアッシュを溶融添加した高炉スラグを使用した モルタルのフレッシュ性状に関する検討

九州大学工学部 学生会員 高橋 勝也

九州大学大学院 フェロー 松下 博通

九州大学大学院 正会員 佐川 康貴

九州大学大学院 学生会員 石橋 昌史

1. はじめに

フライアッシュ（以下 FA）の発生量は今後とも増加すると予測されており、その利用方法の確立が急務となっている。現在、FA の新たな処理方法として、溶融状態の高炉スラグ中に FA を溶解させる技術の開発が行われている。本研究では、この技術により製造された粒子（以下、「FA 溶融スラグ」）の物理的性質、FA 溶融スラグの使用がモルタルのフレッシュ性状に及ぼす影響について検討し、FA の添加による高炉スラグ細骨材の改質効果について考察した。

2. FA 溶融スラグの物理的性質

FA 溶融スラグは、高炉から排出された溶融状態の高炉スラグに FA を吹込み溶融した後、水砕により急冷し、インペラブレーカーにより角ばりを取った（磨砕加工）ものである（図-1）。本研究では FA の添加率が異なる 5 種類の FA 溶融スラグを使用した。なお、FA 添加率が 0.9, 3.1wt% のものは FA を吹込み時に酸素を添加したものである。

本研究では JIS に規定されている各種骨材試験を行った。FA 溶融スラグの物理的性質を表-1、粒度分布を図-2、比較として海砂、高炉スラグのデータを示す。試験結果から FA 溶融スラグは海砂と比較して密度が大きく、吸水率が低下し密実な粒子となっていることがわかる。また、今回用いた FA 溶融スラグの磨砕加工条件はほぼ一定にも関わらず FA 添加率の増加に従い粒度は粗くなる傾向がある。このことから、FA を添加することによりスラグ粒子が硬くなることが推察された。

そこで、本研究では骨材の硬さを評価する方法として破碎値試験を行った。試験は英国規格 BS 812-Part 110「Methods for determination of aggregate crushing value(ACV)」を参考とし、内径 77mm、高さ 85mm のプランジャーを用い荷重をかけて細骨材の破碎し、150 μ m のふるいでふるい分け、通過率の割合を破碎値として求めた。

表-1 の試験結果より、FA 添加率が大きいほど破碎値が小さく、

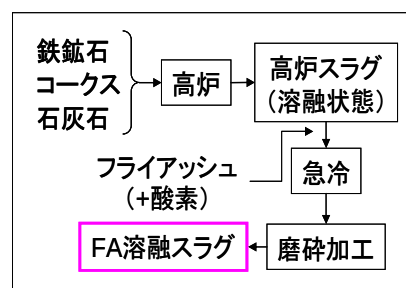


図-1 FA 溶融スラグの製造フロー

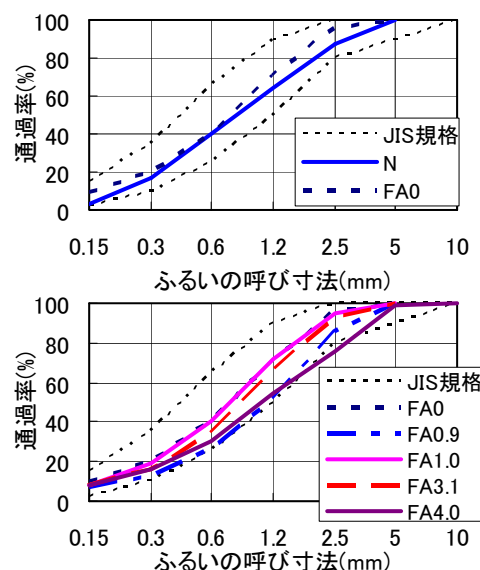


図-2 使用細骨材の粒度分布

表-1 細骨材の物理的性質

細骨材	酸素添加の有無	FA 添加率 (%)	記号	F.M.	絶乾密度 (g/cm ³)	吸水率 (%)	粒形判定 実積率 (%)	実積率 (%)	破碎値
高炉スラグ		0	FA0	2.63	2.81	1.30	57.7	66.7	14.1
FA溶融スラグ	○	0.9	FA0.9	3.16	2.82	1.31	58.6	65.2	9.2
		1.0	FA1.0	2.66	2.80	1.07	57.3	66.7	12.0
		2.5	FA2.5	2.67	2.82	1.14	55.9	66.2	10.1
	○	3.1	FA3.1	2.83	2.83	1.00	58.2	65.8	10.0
		4.0	FA4.0	3.15	2.89	0.53	57.0	66.4	8.6
海砂		—	N	3.02	2.51	2.12	60.5	67.2	5.1

骨材が硬くなることが確認された。なお、酸素添加による物理的性質への影響は認められなかった。

以上より、FA 溶融スラグはコンクリート用細骨材としての品質を満たしているが、FA 添加率が高い場合には、磨砕加工の程度を増したり、細砂との混合使用などの対策が必要であると考えられる。

3. FA 溶融スラグを用いたモルタルのフレッシュ性状

3.1 配合条件および試験概要

本研究では、FA0.9, 1.0, 3.1 を用いて実験を行った。なお、粒度の違いによる影響を排除するため、粒度を海砂に統一した。

セメントには高炉セメント B 種 (密度 3.02g/cm^3 , 比表面積 $3900\text{cm}^2/\text{g}$) を使用し、水セメント比は $W/C=50\%$ とし、海砂を全量使用時にフロー値 190 となる砂セメント比 $S/C=2.65$ で一定とした。

FA 溶融スラグは、海砂に対し 25, 50, 75, 100% 体積置換した。

なお、本研究では混和剤は使用しなかった。

練混ぜ後、空気量測定試験を JIS A 1128, ブリーディング試験を JIS A 1123 に準拠して行った。

3.2 試験結果および考察

図-4 に空気量測定結果を示す。図より、FA 添加率によらずスラグ置換率の増加に伴い空気量が増加していることが分かる。これはスラグの粒形の影響により練り混ぜ時のエントラップトエアが増加したためと考えられる。

図-5 にフロー試験結果を示す。スラグ置換率の増加に伴い増加する傾向にあることが分かる。細骨材の粒度は等しいことから、フロー値の増加は、FA 溶融スラグのガラス質で滑らかな表面性状による影響が卓越しているものと考えられる。

ブリーディング試験結果を図-6 に、FA0.9 のブリーディング率の経時変化を図-7 に示す。図から、スラグ置換率の増加に伴いブリーディング率は増加している。これは FA 溶融スラグの保水性が低いためと考えられる。またブリーディングの収束はわずかながら遅延するが、大きな差異は認められなかった。これは FA1.0, FA3.1 においても同様の結果が得られた。

4. まとめ

本研究では、FA 溶融スラグの物理的性質および FA 溶融スラグを細骨材として使用したモルタルのフレッシュ性状について検討した。本研究で得られた知見を以下に示す。

- (1) FA 添加率の増加に伴い粒子は密実になり硬さが増し、粒度が粗くなる傾向が見られる。このことから、FA 添加率が高いものについては、細砂との混合、もしくは磨砕加工の程度を上げる等の対策があると考えられる。
- (2) FA 溶融スラグを用いた場合、単位水量一定条件では置換率が大きくなるほどフロー値は大きくなった。よって、FA 溶融スラグを用いた場合、所要のコンシステンシーを得るための単位水量を低減できる。
- (3) FA 溶融スラグを用いた場合、海砂への置換率が高くなるに伴い空気量が大きくなるとともに、ブリーディング率が増加した。

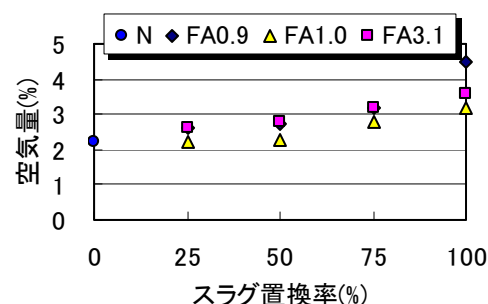


図-4 空気量測定試験結果

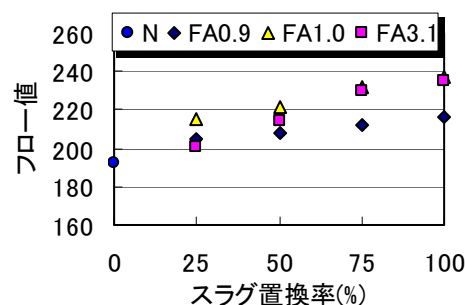


図-5 フロー試験結果

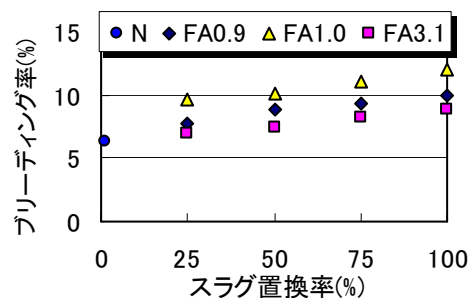


図-6 ブリーディング試験結果

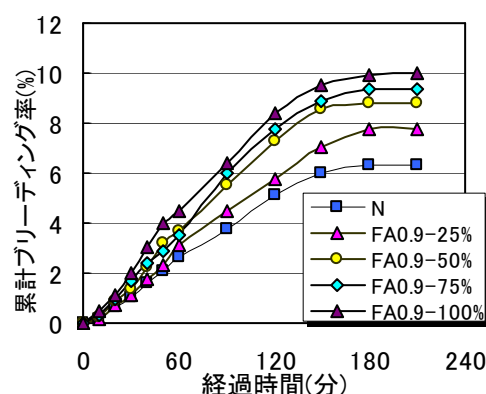


図-7 ブリーディング率の経時変化