

高カーボン含有フライアッシュ用コンクリート混和剤の実用化研究

(株)竹中土木 正会員 松坂 恵太
 (株)竹中土木 正会員 和田 直也
 中国電力(株) 技術研究センター 畑 治広

1. はじめに

未燃カーボンを多量に含む JIS 規格外のフライアッシュをコンクリートに使用すると、そのフレッシュ性状に悪影響を及ぼすことがよく知られている。これは、未燃カーボンが高性能 AE 減水剤などの分散剤を吸着したことによるものと考えられている¹⁾。一方、フライアッシュは、その製造ロットにより未燃カーボンの含有量に 2~20% のばらつきがある。そのため、未燃カーボンを不活性化させる混和剤（以下、不活性剤と呼ぶ）と高性能 AE 減水剤（以下、SP 剤と呼ぶ）の添加効果が不明確であった。そこで本研究では、未燃カーボンの含有量に応じた最適な不活性剤の添加率を見つけるために、フレッシュ性状について実験を行い検討した。

2. 実験概要

本実験では、フライアッシュの置換率および未燃カーボン率に応じて不活性剤と SP 剤を添加したときのモルタルのフレッシュ性状を確認した。フレッシュ性状試験において、練混ぜ方法およびモルタルフロー試験は JIS R 5201 に準拠した。そして、フライアッシュの置換率および未燃カーボン率に応じた不活性剤の最適な添加率を見つけ出すために、SP 剤のみを添加した場合のモルタルフロー試験、SP 剤と不活性剤を添加した場合のモルタルフロー試験 の 2 ステップで試験を行った。ここで、未燃カーボンの含有率の違いは、グラファイト（カーボンと同元素）を添加してフライアッシュ内のカーボン含有量を 10,15,20% と設定した。また、モルタルフロー試験は、各配合において二回実施した。

1) 実験の因子と水準

SP 剤の添加率とモルタルフローの関係、および不活性剤の添加率とモルタルフローの関係を確認するため、フライアッシュの置換率とグラファイト（GF）を添加したときの総カーボン含有率を因子として実験を行った。実験の因子と水準を表-1 に示す。ここで、総カーボン含有率は、 $\{(FA \text{ 中の未燃カーボン} + GF) / (C + FA + GF)\}$ である。

表-1 実験の因子と水準

因子	水準		
	1	2	3
フライアッシュ置換率 (セメント内割置換%)	10	20	30
グラファイト添加後の カーボン率(%)	10	15	20

2) 使用材料

表-2 に使用材料を示す。総カーボン含有率は、試薬のグラファイトを用いて調整した。グラファイトの外観は暗灰黒色の粉末であり、粒度（45 μm 通過分）は 95% 以上のものを用いた。

表-2 使用材料

品目	仕様
セメント	普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm ³)
フライアッシュ	三隅火力発電所産(強熱減量 2.61%)
未燃カーボン	グラファイト
細骨材	S1 砕砂:加茂郡黒瀬町産(粗粒率2.75、密度2.56g/cm ³ 、吸水率1.90%)
	S2 砕砂:加茂郡黒瀬町産(粗粒率2.95、密度2.56g/cm ³ 、吸水率1.77%)
	S3 高炉スラグ:福山市産(粗粒率2.55、密度2.80g/cm ³ 、吸水率0.54%)
混和剤	カーボン不活性化剤
	高性能AE減水剤
	消泡剤

3) 配合

実験に用いたモルタルの配合を表-3 に示す。水結合材比は 55% で一定とし、フライアッシュの置換率およびグラファイト量を変化させ総カーボン含有率を 10、15、20% として実験した。モルタルの空気量は、消泡剤を添加して調整した。

キーワード：未燃カーボン、フライアッシュ、カーボン不活性化剤

連絡先：〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1 竹中技術研究所 TEL0476-47-1700

〒739-0046 広島県東広島市鏡山三丁目 9-1 中国電力技術研究センター TEL 082-420-0700

また、モルタルの配合は実構造物への適用性を鑑み、実際に稼動している生コン工場のコンクリート配合に基づいて、水・セメントおよび細骨材の容積比を設定した。

表-3 モルタル配合

水結合材率 W/(C+FA+GF) (%)	FA置換率 (FA+GF)/(C+FA+GF) (%)	総カーボ ン含有率 (%)	単位量(kg/m ³)						
			W	FA	GF	C	S1	S2	S3
55	10	10	277	46	4	456	714	357	390
55	10	15	277	44	6	457	714	357	391
55	10	20	277	41	9	457	715	358	391
55	20	10	277	94	8	404	708	354	387
55	20	15	277	89	13	405	709	355	388
55	20	20	277	84	18	406	711	355	389
55	30	10	277	140	11	353	702	351	384
55	30	15	277	133	19	355	704	352	385
55	30	20	277	125	27	356	707	353	386

W:水道水 FA:三隈火力発電所産フライアッシュ GF:グラファイト C:宇部三菱セメント製普通ポルトランド
S1:加茂郡黒瀬町産砕砂(粗粒率2) S2:加茂郡黒瀬町産砕砂(粗粒率2.95) S3:福山市産高炉スラグ(粗粒率2.55)

4. 実験結果

1) SP 剤のみ添加した場合のモルタルフロー試験

フライアッシュ置換率とグラファイト添加後のカーボン率を変化させた場合において、SP 剤を添加したときのモルタルフローの結果を図-1 に示す。

実験の結果、例えばモルタルフロー値 15cm を得るために必要となる SP 剤の添加率は、フライアッシュ置換率が 10% のものより 20、30% の方が多くなることを確認した。

2) SP 剤と不活性剤を添加した場合のモルタルフロー試験

次にフライアッシュ置換率とグラファイト添加後のカーボン率を変化させた場合において、SP 剤と不活性剤を添加したときのモルタルフロー結果を図-2 に示す。図-2 において、縦軸は不活性剤が無添加、すなわち添加率 0% の値を基準としたときのフローの増加量を示している。

これよりモルタルフローの増加量は不活性剤無添加に比べ、各配合について 0.08 ~ 0.12% 程度の添加率で平衡状態となる傾向が見られた。すなわち 0.12% を超えて不活性剤を添加しても、フロー増加量への効果が少ないことを確認した。

また不活性剤を添加した効果は、フライアッシュの置換率が 30% において顕著に見られた。しかしながら、フライアッシュの置換率が 10%、20% のものについては、ばらつきの範囲も大きくフロー増加量への効果は 30% の場合に比べて少ないことを確認した。

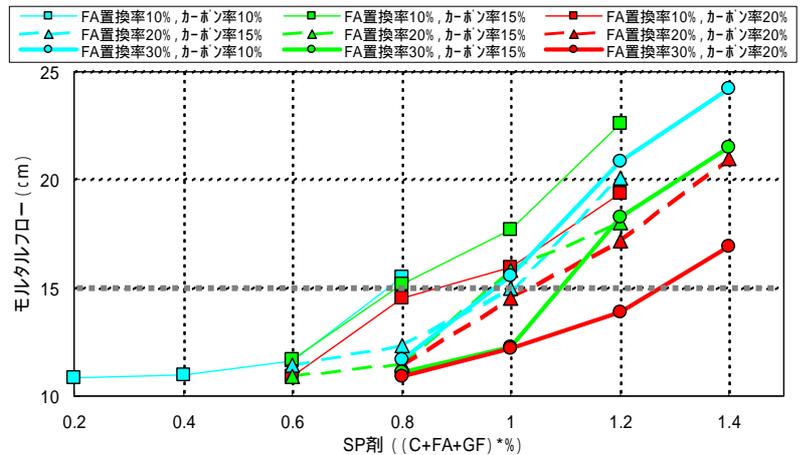


図-1 SP 剤添加率とモルタルフロー

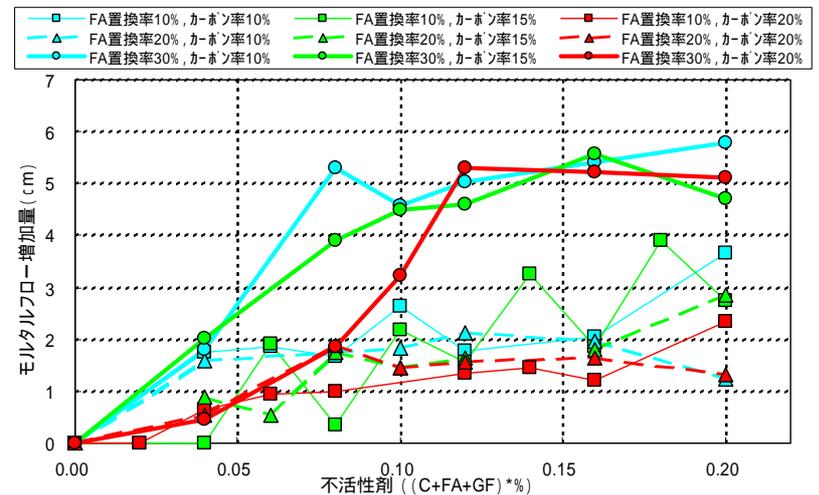


図-2 不活性剤添加率とモルタルフロー増加量

5. まとめ

以上の結果から、開発したカーボン不活性化剤の最適な添加率は 0.08 ~ 0.12% 程度であることがわかった。また不活性剤の影響は、フライアッシュの置換率が 30% において顕著に見られた。

今回の実験にあたり竹本油脂(株)飯田昌宏氏にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。