

湿式動圧ろ過装置によって改質されたフライアッシュを混和したモルタルの強度発現性に関する基礎的研究

松江工業高等専門学校 正会員 ○周藤 将司
 松江工業高等専門学校 高田 龍一
 (株)フジイ・ケミカルズ 神門 誠
 広島大学 正会員 小川由布子

1. はじめに

フライアッシュ（以下，FA；Fly Ash）の改質方法の一つに，高田らの提案する“湿式動圧ろ過”が挙げられる¹⁾。湿式動圧ろ過は，マグネタイトの除去，酸性灰の中性化，動圧による粒子分級に着目して改質分級を行う方法である。筆者らは既報²⁾において，改質したFAがモルタルの流動性の向上効果を有し，FAコンクリート特有の初期強度の低さを克服できる可能性を示した。

本研究では，FAを混和した場合であっても28日強度が劣らない配合を見出すことを目的として検討を行った。具体的には，既報の強度試験結果を利用して，FAを使用していない配合に対する28日強度比が100%となる配合を見出すことを目的とした。本報では，その試験結果について報告する。

2. 試験概要と配合の検討

本研究では，性状の異なる2種類のFA（記号の後ろに“-1”，“-2”と付記することで区別する）について，原粉FA（以下，OFA；Original Fly Ash），OFAを改質した細粉（以下，MFAU；Modified Fly Ash Under），OFAを改質した際に副産物として生じる粗粉（以下，MFAO；Modified Fly Ash Over）の計6つのFAを試料とした。

用いたFAは既報²⁾と同ロットのものである。また，既報で得られている各配合の28日強度は，表1のとおりである。この試験の基本配合はJIS R 5201に準じており，セメントは普通ポルトランドセメント，細骨材はセメント強さ試験用標準砂を用いている。FAの置換率はセメント質量に対する割合である。

本研究では，MFAUを内割置換，MFAOを外割置換することとし，FAの置換率は30%で固定することとした。この条件で，28日強度比（基本配合の28日強度に対するFAを置換したモルタルの強度の比）が100%となる配合を推定した。図1に，強度試験結果から得られたMFAU置換率と28日強度比の関係を示す。ここで，MFAU=0%はMFAO=30%ということを意味している。

表1 各配合の28日強度

基本配合				60.0
FA-1	内割	MFAU	10%	56.7
			20%	48.5
			30%	48.3
	外割	MFAO	10%	68.2
			20%	61.8
			30%	66.9
FA-2	内割	MFAU	10%	57.5
			20%	58.2
			30%	51.9
	外割	MFAO	10%	73.6
			20%	71.6
			30%	72.2

単位：N/mm²

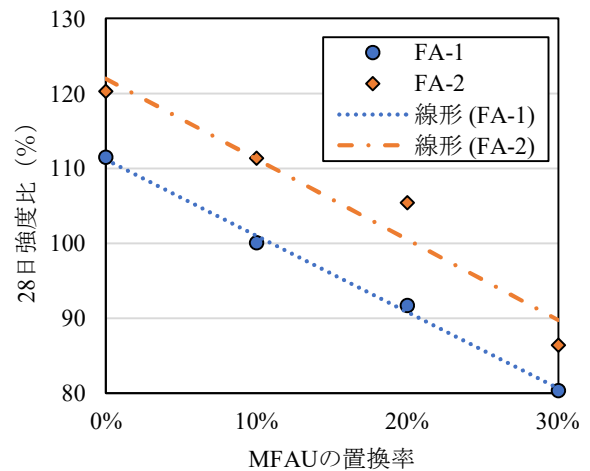


図1 MFAU置換率と28日強度比の関係

図1から求めた近似直線を式(1)，(2)に示す。

$$28日強度比 = (-1.02 \times MFAU置換率 + 1.11) \times 100 \quad (1)$$

$$28日強度比 = (-1.07 \times MFAU置換率 + 1.22) \times 100 \quad (2)$$

ここで，式(1)：FA-1の近似直線，式(2)：FA-2の近似直線である。これらの式から，28日強度比が100%となるFA置換率（MFAU，MFAO）（%）は，FA-1では（11，19），FA-2では（20，10）であると推定された。

表2に28日強度比が100%となる配合を示す。本研究

表2 28日強度比が100%となる配合

	W	C	FA		S
			MFAU	MFAO	
基本配合	225.0	450.0	0.0	0.0	1350.0
FA-1 (11,19)	225.0	400.5	49.5	85.5	1243.0
FA-2 (20,10)	225.0	360.0	90.0	45.0	1294.2

単位：g

では、表2の配合と、表2の配合のMFAUとMFAOの双方をOFAに置き換えた配合でモルタルを作製し、フロー値、圧縮強度（材齢7日、28日、91日）の測定を行った。

3. 試験結果と考察

表3に改質FA（MFAUとMFAO）を使用したモルタルの測定結果を示す。28日強度および28日強度比に着目すると、概ね基本配合の28日強度と同等の値が得られていることが分かる。このことから、図1の線形の妥当性は確認された。すなわち、今回の試験方法と同様の手順をたどることで、28日強度比が100%となる配合を求めることができることが明らかとなった。

また、フロー値については基本配合を上回る値が得られている。このことから、コンクリートの配合設計を行う際には、スランプ値を一定に保つための単位水量を減少させることができると考えられる。その際に、単位粉体量（＝単位セメント量＋単位FA量）を一定に保ったうえで単位水量だけを減少させるような工夫を行うことで、さらなる強度の向上も期待できる。

7日強度については基本配合を下回るものの、脱枠強度を得るための日数が多く必要となるようなレベルではないと推測される。また、91日強度はいずれも基本配合を上回っており、ポゾラン活性による長期強度の増進効果は従来通り期待できることが確認された。

表4に、OFAを使用したモルタルの測定結果を示す。なお、基本配合については表2の配合と全く同一であるが、再現性を確認するために再度測定を行っている。その結果、概ね同等の結果が得られており、これらのデータが比較を行うに足る信頼性を有していると言える。

ここでも、28日強度および28日強度比は、概ね基本配合の28日強度と同等の値が得られた。しかし、表3の改質FAを用いた結果と比較すると、強度比はやや低くなっていることが分かる。フロー値や7日強度も、改質FAを用いる方がやや有利な傾向は確認された。これらの結果は、湿式動圧ろ過による改質効果によるも

表3 フロー値と圧縮強度の測定結果
(改質FAの利用)

	フロー値 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)			28日 強度比 (%)
		7日	28日	91日	
基本配合	167	47.3	60.0	65.5	—
FA-1	174	44.2	63.3	70.1	105.4
FA-2	187	39.2	61.5	74.0	102.4

表4 フロー値と圧縮強度の測定結果
(OFAの利用)

	フロー値 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)			28日 強度比 (%)
		7日	28日	91日	
基本配合	169	43.4	61.6	—	—
FA-1	173	44.0	64.4	—	104.6
FA-2	178	37.4	60.6	—	98.4

のと言えらる。

ここで、本研究における改質では、50 μ mのスリッドを通過したものをMFAUとしている。このことから、FAの粒径によってMFAUとMFAOに分類されると言える。改質処理における分級工程を行わなかった場合にも、原粉FAの粒度分布を確認し、表2に示す「内割り相当量」と「外割り相当量」を概ね判断することができれば、図1の近似式から強度の推定ができる可能性もあると考える。

4. まとめ

- (1) MFAUとMFAOを混合利用する際に、FAを用いない配合と同等の強度を得るための配合推定は、本研究で提案した方法によって、概ね良好に行えることが明らかになった。異なる性状のFAを用いた場合であっても、同様に配合推定が行えるものとする。
- (2) MFAU置換率と28日強度比の関係を明らかにすることで、改質の工程を簡略化できる可能性が示唆された。

今後、推定式の定数に影響を与える要因などについて、更なる検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 高田龍一, 中村博, 神門誠, 周藤将司: 湿式動圧ろ過装置によるフライアッシュ改質分級とその評価に関する研究, コンクリート工学年次論文集 Vol.41, No.1, pp.173-177, 2019
- 2) 曾田彩歌, 周藤将司, 高田龍一, 神門誠: 湿式動圧ろ過装置によって改質されたフライアッシュを混和したモルタルの基本的性質, 第74回土木学会中国支部研究発表会, V-2, 2022