

フライアッシュの活性度改善に関する基礎的研究
(その11: メタけい酸ナトリウムによる活性度の改善効果に関する検討)

准会員 ○ 遠藤 史崇*1 准会員 澤田 陽*4
同 後藤 紘希*2 正会員 犬飼 利嗣*5
正会員 片桐 彰吾*3

フライアッシュ 微粉砕 メタけい酸ナトリウム
アルカリ 活性度 圧縮強さ

1. はじめに

筆者らは、フライアッシュ(以下、FAという)の有効利用を拡大する観点から、FAの活性度を改善し、セメントの代替材とすることを目的として研究を進めてきた。しかし、微粉砕したFA(以下、F7という)の置換率が25%より大きくなると活性度の改善効果は大きく減少しており、FAをセメントの代替材とするには至っていない¹⁾。一方、FAをセメントの代替材とする技術として、最近では、非晶質の重縮合体を得るジオポリマーに関する研究^{2,3)}が注目されている。そこでジオポリマーのアルミナシリカ粉末(活性フィラー)とアルカリシリカ溶液の反応^{2,3)}に着目し、メタけい酸ナトリウム(以下、NSという)によるFAの活性度の改善効果に関する予備的な実験を試みた。しかし、図-1に示すように、単位セメント量が比較的大きいF7の置換率が25%の条件では、NSの濃度が0.2~1.0mol/Lの範囲で圧縮強さが直線的に減少する傾向がみられた。このような傾向には、図-2からも分かるように、セメントの圧縮強さが減少する一因にもなるアルカリ含有率による影響⁴⁾が大きく起因していると推察し、NSによるFAの活性度の改善効果については再検討する必要があることを考察した。

そこで本報(その11)では、NSの濃度を0.2 mol/L以下の条件とし、NSによるFAの活性度の改善効果について検討することとした。

2. 実験概要

2.1 実験要因

表-1に、実験要因を示す。F7は単位セメント

表-1 実験要因

因子	水準
F7の置換率 (%)	0, 25, 50, 75
NSの濃度 (mol/L)	0.00, 0.04, 0.08, 0.12, 0.16, 0.20

表-2 モルタルの使用材料

材料名	種類	備考
セメント	普通ポルトランドセメント	比表面積 (cm ² /g): 3480
F7	JIS II種 微粉砕7000	比表面積 (cm ² /g): 7480
細骨材	標準砂	-
水	上水道水	-
添加剤	NS(Na ₂ SiO ₃ · 9H ₂ O)	-
混和剤	AE減水剤標準形 I 種	-

No.	F7 (F7 × %)	NS (mol/L)	FL	Air (%)	W/B ¹⁾ (%)	S/B ¹⁾	単位量 (kg/m ³)					供試体の記号
							W	C	F7	S	AD ²⁾	
1	0	0.00	190 ± 20	3 ± 1.5	50	3.18	240	480	-	1526	4.80	OPC
2		0.04				2.97	250	500	-	1484	5.00	OPC-004NS
3		0.08				2.97	250	500	-	1484	5.00	OPC-008NS
4		0.12				2.97	250	500	-	1484	5.00	OPC-012NS
5		0.16				2.97	250	500	-	1484	5.00	OPC-016NS
6		0.20				2.97	250	500	-	1484	5.00	OPC-02NS
7	25	0.00	190 ± 20	3 ± 1.5	50	3.47	225	338	113	1566	4.51	025F7
8		0.04				3.47	225	338	113	1566	4.51	025F7-004NS
9		0.08				3.47	225	338	113	1566	4.51	025F7-008NS
10		0.12				3.47	225	338	113	1566	4.51	025F7-012NS
11		0.16				3.47	225	338	113	1566	4.51	025F7-016NS
12		0.20				3.47	225	338	113	1566	4.51	025F7-02NS
13	50	0.00	190 ± 20	3 ± 1.5	50	3.83	210	210	210	1610	4.20	050F7
14		0.04				3.83	210	210	210	1610	4.20	050F7-004NS
15		0.08				3.83	210	210	210	1610	4.20	050F7-008NS
16		0.12				3.83	210	210	210	1610	4.20	050F7-012NS
17		0.16				3.83	210	210	210	1610	4.20	050F7-016NS
18		0.20				3.70	215	215	215	1589	4.30	050F7-02NS
19	75	0.00	190 ± 20	3 ± 1.5	50	3.92	205	103	308	1610	4.11	075F7
20		0.04				4.09	200	100	300	1634	4.00	075F7-004NS
21		0.08				4.24	195	98	293	1658	3.91	075F7-008NS
22		0.12				4.24	195	98	293	1658	3.91	075F7-012NS
23		0.16				4.24	195	98	293	1658	3.91	075F7-016NS
24		0.20				4.24	195	98	293	1658	3.91	075F7-02NS

1) B:C+FA (F7)
2) ADはB×1%としWに含む

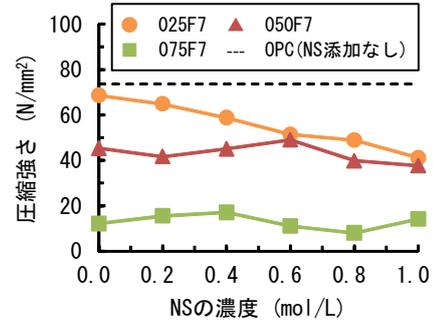


図-1 モルタルの圧縮強さとNSの濃度の関係(予備実験)

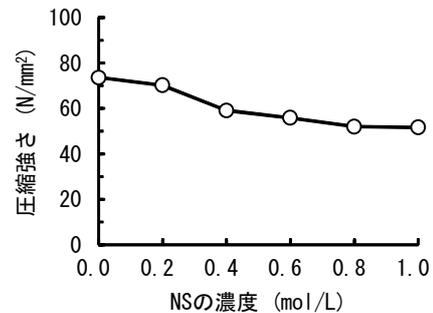


図-2 OPCモルタルの圧縮強さとNSの濃度の関係(予備実験)

表-3 モルタルの調査

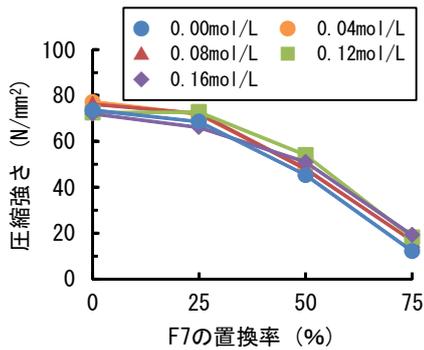


図-3 モルタルの圧縮強さとF7の置換率の関係

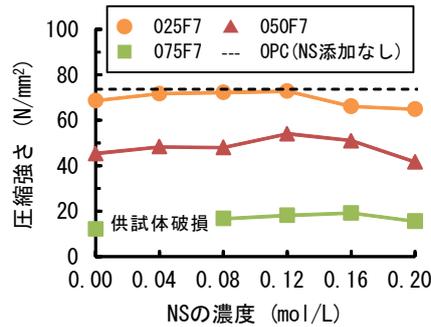


図-4 モルタルの圧縮強さとNSの濃度の関係

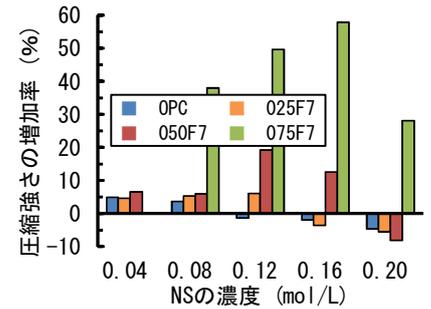


図-5 圧縮強さの増加率とNSの濃度の関係

量の内割で置換し、添加剤としたNSは練混ぜ水に溶解して添加した。

2.2 モルタルの使用材料および割合

表-2にモルタルの使用材料を、表-3にモルタルの割合を示す。なお、単位混和剤量は全粉体量の1%とし、単位水量は 190 ± 20 のフロー値が得られるよう予備実験で決定した。

2.3 モルタルのフローおよび圧縮強さ試験方法

モルタルのフローおよび圧縮強さ試験は、JIS A 6201 付属書2「フライアッシュのモルタルによるフロー値比及び活性度指数の試験方法」に準じて行った。なお、FAの活性度の改善効果は、材齢28日圧縮強さと、NSの添加のない供試体の圧縮強さを基準とした圧縮強さの増加率で評価した。

3. 実験結果および考察

図-3にモルタルの圧縮強さとF7の置換率の関係を示す。図から分かるように、圧縮強さはNSの濃度がいずれの条件でも同様の傾向にあり、F7の置換率が25%を超えると直線的に大きく減少している。

図-4に、モルタルの圧縮強さとNSの濃度の関係を示す。図から分かるように、F7の置換率が25%の条件では、圧縮強さはNSの濃度が0.12mol/Lになるまで緩やかに増加しており、0.04~0.12mol/Lの範囲ではOPCと同等の圧縮強さを示している。このようなNSの濃度による影響は、F7の置換率が50および75%の条件でも同様ではあるが、図-3からも分かるように、F7の置換率が25%を超えると圧縮強さは直線的に大きく減少するので、OPCと比較すると相当に小さくなっている。

図-5に、圧縮強さの増加率とNSの濃度の関係を示す。図から分かるように、圧縮強さの増加率はF7の置換率によって異なるようで、F7の置換率が大きくなると、圧縮強さの増加率は大きくなる傾向にある。また、圧縮強さの増加率が最大となるNSの濃度もF7の置換率によって異なる傾向にあり、F7の置換率が大きくなると、圧縮強さの増加率が最大となるNSの濃度も大きくなっ

ている。しかし、その一方で、F7の置換率が0~75%のいずれの条件でも、NSの濃度が過剰になると圧縮強さの増加率に減少傾向がみられる。

このような傾向には、NSによる C_3S の水和反応促進効果⁵⁾やポゾラン反応促進効果⁶⁾、およびアルカリ含有率による影響⁴⁾が考えられ、単位セメント量や単位F7量によって、その影響が異なることに起因していると考えられる。

4. まとめ

本実験結果をまとめると、以下ようになる。

- 1) F7の置換率が25%の条件では、NSの濃度を0.04~0.12mol/Lの範囲とすることで、OPCと同等の圧縮強さが得られる。
- 2) F7の置換率が50および75%の条件では、NSの濃度が0.16mol/L程度までの範囲で圧縮強さに増加傾向がみられるが、F7の置換率による影響が大きくOPCと比較すると圧縮強さは相当に小さい。
- 3) F7の置換率が大きくなると、圧縮強さの増加率は大きくなり、圧縮強さの増加率が最大となるNSの濃度も大きくなる。
- 4) NSの濃度が過剰になると、圧縮強さの増加率は減少する。

【参考文献】

- 1) 市川敬悟, 井戸 希, 犬飼利嗣: フライアッシュの活性度改善に関する基礎的研究(その8: フライアッシュの置換率に適合した活性度の改善手法に関する検討), 日本建築学会大会(北海道)学術講演梗概集, A-1, pp.513-514, 2013.8
- 2) 前川明弘, 三島直生, 畑中重光: ジオポリマーの圧縮強度に関する基礎的研究(その1: 使用材料の影響), 日本建築学会大会(北海道)学術講演梗概集, A-1, pp.1383-1384, 2013.8
- 3) 三島直生, 前川明弘, 畑中重光: ジオポリマーの圧縮強度に関する基礎的研究(その2: 水ガラス/粉体比, 粉体の混合使用, および養生条件の影響), 日本建築学会大会(北海道)学術講演梗概集, A-1, pp.1385-1386, 2013.8
- 4) A. M. Neville[三浦 尚(訳)]: ネビルのコンクリートバイブル, pp57-59, 2004.6
- 5) 笠井順一: コンクリート技術者のためのセメント化学雑論, セメント協会, pp.47-50, 1983.11
- 6) 田代忠一, 池田 攻: C&Cエンサイクロペディア[セメント・コンクリート化学の基礎解説], セメント協会, pp.87-88, 1996.7

*1 ダイダン株式会社

*2 東海旅客鉄道株式会社

*3 株式会社大林組

*4 岐阜工業高等専門学校専攻科建設工学専攻 専攻科生

*5 岐阜工業高等専門学校建築学科 教授・博士(工学)

*1 DAI-DAN CO., LTD.

*2 Central Japan Railway Company

*3 OBAYASHI CORPORATION

*4 Student, Advanced Course of Arch., National Institute of Technology, Gifu College

*5 Prof., Dept. of Arch., National Institute of Technology, Gifu College, Dr. Eng.